

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Я.С. Парамуд

ПЕРИФЕРІЙНІ ПРИСТРОЇ, ІНТЕРФЕЙСИ ТА ДРАЙВЕРИ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Науково-методичною радою
Національного університету "Львівська політехніка"*

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2022

УДК 004
П ...

Рецензенти: Рак Т.Є., д.т.н., доцент,
 професор кафедри інформаційних технологій,
 проректор «ІТ СТЕП Університет» ;
 Сало А.М., к.т.н.,
 директор ТзОВ «Кіберенергія»;
 Пуйда В.Я., к.т.н., доцент, доцент кафедри ЕОМ
 Національного університету «Львівська політехніка»

*Рекомендовано Науково-методичною радою
 Національного університету «Львівська політехніка»
 як навчальний посібник
 для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
 (протокол № 65 від 20 жовтня 2022 року)*

Парамуд Я.С.

П... Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери:
 навчальний посібник / Я.С. Парамуд.– Львів:
 Видавництво Львівської політехнік.- 2022. – 210 с.
 Режим доступу: ...
 ISBN ...

Навчальний посібник містить комплекс методичних матеріалів до лекційних занять та виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери» студентами спеціальності «Комп'ютерна інженерія» галузі знань «Інформаційні технології»

УДК 004

© Парамуд Я.С., 2022

© Національний університет
 «Львівська політехніка», 2022

ISBN

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ТЕМА 1. ПОСЛІДОВНІ ПЕРИФЕРІЙНІ ІНТЕРФЕЙСИ ТА ДРАЙВЕРИ	11
1.1.:Інтерфейс RS-232C та драйвери на прикладі комунікаційних портів.	11
1.2.: Інтерфейс USB, його характеристики, транзакції та драйвери	23
1.3. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсів CL, CAN	31
1.4. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу MIL-1553B	46
1.5. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу I2C	51
1.6. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу SPI	59
ТЕМА 2. ПАРАЛЕЛЬНІ ПЕРИФЕРІЙНІ ІНТЕРФЕЙСИ ТА ДРАЙВЕРИ	66
2.1: Базові паралельні інтерфейси та драйвери периферійних підсистем	66
2.2.. Особливості та характеристики периферійних інтерфейсів Q-BUS, ISA, EISA	72
2.3: Особливості обміну інформацією і виконання основних операцій, драйвери інтерфейсів PCI, PCI-E, AGP	81
2.4. Основні характеристики, склад і призначення ліній зв'язку, особливості обміну інформацією і виконання базових операцій, драйвери інтерфейсів BS-4421, CENTRONIX, IEEE-488	96
2.5. Основні характеристики, склад і призначення ліній зв'язку, особливості обміну інформацією і виконання базових операцій, драйвери інтерфейсів ATA, SATA, SCSI	112
ТЕМА 3. ПЕРИФЕРІЙНІ ПРИСТРОЇ ТА ДРАЙВЕРИ	136
3.1. Периферійні пристрої, що використовують аналогові сигнали	136
3,2: принципи побудови, основи використання драйверів зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв	141
3:3. Принципи побудови, основи використання драйверів пристроїв введення текстової та графічної інформації	165
3.4: Принципи побудови, основи використання драйверів пристроїв виведення текстової та графічної інформації	177
3.5: Принципи побудови, характеристики, драйвери пристроїв введення та виведення мови	205
ЛІТЕРАТУРА	209

ВСТУП

Навчальний посібник з навчальної дисципліни “Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери” призначений для студентів третього курсу освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” галузі знань 12 “Інформаційні технології” спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія” спеціалізації “Комп’ютерні системи та мережі”. Навчальний посібник орієнтований на поглиблене вивчення особливостей, характеристик найбільш поширених периферійних пристроїв, інтерфейсів та отримання навиків розроблення відповідних програмних драйверів, які є складовими компонентами багатьох комп’ютерів та комп’ютерних систем. Матеріали навчального посібника дозволять студентам економніше використати час на якісне вивчення навчальної дисципліни “Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери”.

Важливими є основні визначення з периферійних пристроїв (ПП) комп’ютерних систем, їх інтерфейсів та драйверів, наведення основних технічних характеристик та класифікація інтерфейсів ПП та ліній зв’язку.

Периферійні пристрої – це пристрої, які знаходяться поза ядром комп’ютера чи комп’ютерної системи і призначені для виконання комп’ютером чи комп’ютерною системою певних функціональних завдань, в тому числі для введення інформації від джерел до ядра комп’ютера, прийняття інформації від ядра комп’ютера для її подальшого використання та зберігання, для оперативного обміну інформацією. При даному визначенні ядром комп’ютера вважають процесорні пристрої, основну пам’ять, центральні засоби введення/виведення інформації.

Периферійні пристрої займають вагому частку в комп’ютерах і комп’ютерних системах. В деяких випадках частка периферійних пристроїв досягає 90% вартості всієї системи.

Взаємодія між ядром комп’ютера та периферійними пристроями реалізовується із використанням різних периферійних інтерфейсів.

Інтерфейси периферійних пристроїв призначені для встановлення правил та визначення засобів взаємодії між периферійними пристроями і ядром комп’ютера. Периферійні пристрої становлять велику гаму різних типів. Інтерфейси периферійних пристроїв у значній мірі орієнтовані на уніфікацію взаємодії між периферійними пристроями та ядром. Тому переважна більшість

інтерфейсів стандартизована, широко використовуються міжнародні стандарти.

Драйвери периферійних пристроїв – це спеціальні апаратні та програмні засоби, які реалізують безпосередню взаємодію між ядром комп'ютера та ПП, реалізують безпосереднє управління обміном інформацією на фізичному рівні.

Кінцевою ланкою засобів програмної підтримки ПП в силу специфічності фізичних принципів їх реалізації неминуче є вузькоспеціалізовані програми низького рівня. Через те, що програмування на такому рівні складно навіть для загальносистемних, не кажучи вже про прикладних програмістів, є тенденція до підвищення рівня засобів програмування ПП за рахунок маскування специфіки ПП на рівні так званого *firmware* (внутрішнього програмного забезпечення-ВПО). Прикладом може бути маскування функцій безпосереднього управління дисковими накопичувачами на рівні внутрішніх команд дискових контролерів.

На рівень регістрів контролерів переважно виходять тільки спеціалізовані програми. В даний час ПП як правило, програміруються на рівні функцій системної BIOS, а програми більш високого рівня взагалі використовують стандартні функції операційної системи (ОС).

Класифікація периферійних інтерфейсів не стандартизована. Найчастіше використовуються класифікаційні ознаки. Найбільш поширеними є чотири класифікаційні ознаки, які дозволяють визначити основні класи та загальні особливості периферійних інтерфейсів:

1) За способом підключення периферійних пристроїв до засобів вводу/виводу, до контролерів вводу/виводу. За цією класифікаційною ознакою інтерфейси можуть бути наступних видів (див. рис. В.1).

- Радіальні – в таких інтерфейсах використовуються індивідуальні засоби зв'язку для кожного периферійного пристрою. Такий тип зв'язку передбачає можливість в довільний час реалізовувати взаємодію між периферійним пристроєм і ядром комп'ютера. Може бути реалізована висока продуктивність обміну інформацією. Досягаються високі показники надійності. До недоліків відносяться великі матеріальні затрати на реалізацію ліній зв'язку між пристроями;

- Магістральні – для взаємодії з периферійними пристроями використовується загальна сукупність ліній зв'язку (загальна магістраль), до

якої під'єднуються короткими зв'язками певна сукупність периферійних пристроїв. Такі інтерфейси досить прості для реалізації взаємодії ряду периферійних пристроїв, проста організація управління, невеликі матеріальні затрати на реалізацію ліній зв'язку. Недоліки: обмеження в продуктивності так як на магістралі в певний момент часу можуть взаємодіяти лише 2 пристрої (канал вводу/виводу), менші показники надійності так як поломка загальної магістралі призводить до порушення функціонування всієї системи;

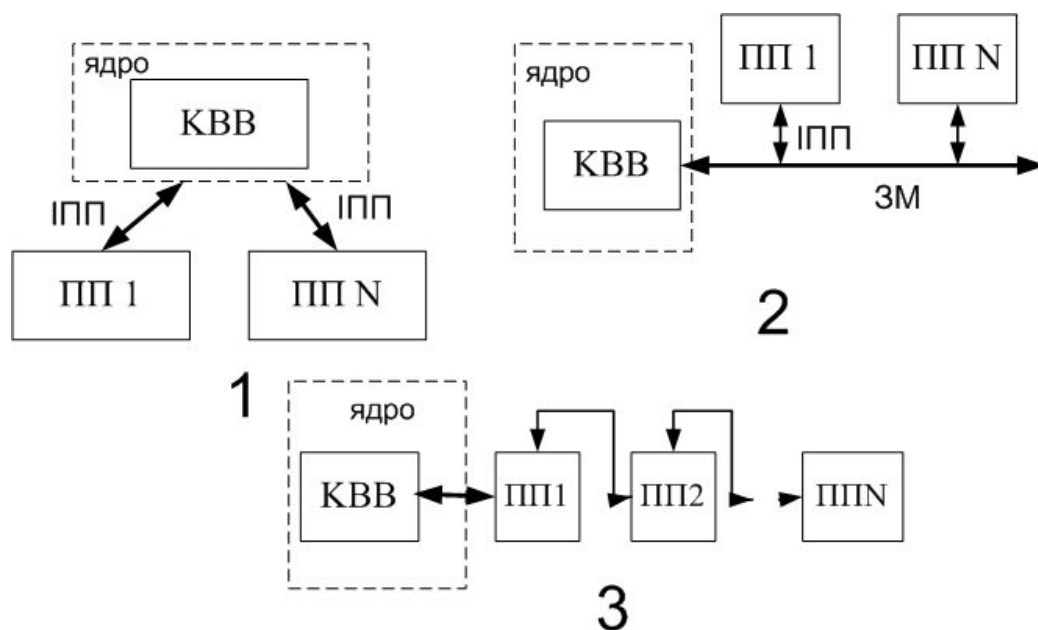


Рис. В.1. Класи інтерфейсів за способами підключення
1 – радіальний інтерфейс; 2 – магістральний інтерфейс; 3 – ланцюговий інтерфейс.

ПП- периферійний пристрій; ІПП – інтерфейс периферійного пристрою; КВВ – канал чи контролер введення/виведення; ЗМ – загальна магістраль.

- Ланцюгові – в таких інтерфейсах периферійні пристрої з'єднуються ланцюгом один за одним, починаючи від каналу вводу/виводу. Такі інтерфейси не мають особливих переваг перед попередніми, використовуються в деяких спеціалізованих системах;

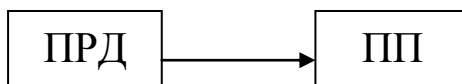
- Комбіновані – включають елементи із перших 3-х типів.

Дуже рідко використовується класичний інтерфейс одного із 3-х перших типів. Відповідно інтерфейси класифікуються за переважною більшістю типів зв'язків. За першою класифікаційною ознакою найбільш поширеними є радіальні та магістральні периферійні інтерфейси.

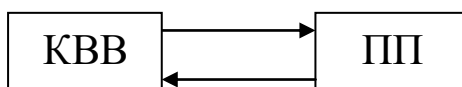
2) За кількістю інформації, яка передається за 1 такт. Якщо за 1 такт передається 1 біт даних, то такі інтерфейси називають послідовними. Якщо за 1 такт передається 2 або більше біт даних – паралельними. За другою класифікатором-характеристикою є інтерфейси паралельні і послідовні. В паралельних інтерфейсах за 1 такт передається кількість біт кратна 8-ми (1 байту). Паралельні інтерфейси бувають 8-ми розрядні (однобайтні), двобайтні. Паралельні інтерфейси є набагато продуктивнішими за послідовні, але вони вимагають більших матеріальних затрат на реалізацію ліній зв'язку. Тому паралельні інтерфейси використовуються там, де потрібна велика продуктивність при обміні інформацією, при цьому намагаються мінімізувати відстань між комп'ютерами. Послідовні інтерфейси використовуються у випадках, де вимагається набагато менша продуктивність, але при цьому може збільшуватись відстань між периферійним пристроєм і ядром.

3) За способом обміну інформацією. За способом обміну інформацією інтерфейси можуть бути:

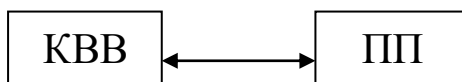
- Симплексні – коли дані передаються в одному напрямку від передавача (ПРД) до периферійного пристрою (ПП) приймача за схемою:



- Дуплексний – коли інформація може передаватися в двох напрямках між каналом введення/виведення (КВВ) та периферійним пристроєм через окремі лінії зв'язку за схемою:



- Напівдуплексний – коли дані можуть передаватися в обох напрямках між каналом введення/виведення (КВВ) та периферійним пристроєм в режимі розподілу часу через одні і ті ж лінії зв'язку за схемою:



Симплексні інтерфейси мають обмежені функціональні можливості і використовуються для спеціального типу периферійних пристроїв. Дуплексні – найбільш універсальні, можуть забезпечувати високу продуктивність обміну і

вимагають великих матеріальних затрат на реалізацію ліній зв'язку. Напівдуплексні інтерфейси мають менші можливості щодо продуктивності у порівнянні з дуплексними інтерфейсами, але вимагають менше затрат.

- **4) За способом синхронізації обміном інформацією.** Периферійні інтерфейси можуть бути: асинхронні; синхронні.

Ця ознака є найменш визначальною. Переважна більшість інформації працює в режимі керуючих сигналів типу запит-відповідь (асинхронні), може використовуватись режим асинхронної самосинхронізації. Синхронізуючі сигнали використовуються для невеликої кількості інформації. Синхронні інтерфейси використовують спеціальні засоби синхронізації і синхронізується практично кожен такт обміну інформацією. При синхронізації може досягатись більша продуктивність, але при цьому повинні бути додаткові затрати на реалізацію спеціальних засобів синхронізації.

Основні технічні характеристики інтерфейсів

1. Пропускна здатність інтерфейсу (швидкодія) – вона фактично визначається продуктивністю інтерфейсу безпосередньо при обміні даними. Кількісно вона характеризується кількістю бітів, яка передається за 1 секунду;
2. Максимальна відстань між засобом вводу/виводу і найбільш віддаленим периферійним пристроєм;
3. Достовірність обміну інформацією – це ймовірнісна характеристика, яка вказує на ймовірність правильного обміну даними при передачі певної кількості інформації.

Загальні підходи до стандартизації інтерфейсів

Для уніфікації обміну інформацією в інтерфейсах може бути передбачена електрична, конструктивна і програмна сумісність. Основними є електрична і програмна сумісність, коли встановлюють вимоги до параметрів електричних сигналів та до алгоритмів обміну інформацією. Конструктивна сумісність встановлює вимоги до типів з'єднувачів, які встановлюються на пристроях, на жгутах ліній зв'язку, а також до підключення певних сигналів на конкретних контактах цих з'єднувачів.

Лінії зв'язку та шини периферійних інтерфейсів

Для обміну інформацією фізично використовують лінії зв'язку – це, в переважній більшості, електричні кола, які обов'язково повинні становити замкнуте електричне коло з прямими і зворотніми провідниками. Лінії зв'язку можуть бути із звичайних дротів, із скруток дротів, із коаксіальних кабелів, із оптоволоконних провідників. Для безпосереднього обміну електричними сигналами використовуються спеціальні вузли, які називаються шинними формувачами або підсилювачами передавача на передавальній стороні, а на приймальній – використовуються підсилювачі приймання. Для кожного інтерфейсу встановлюється свій рівень сигналу (найчастіше використовуються рівні транзисторно-транзисторної логіки ТТЛ).

Прямі лінії зв'язку об'єднуються в шини. Шина – це група провідників, які мають подібні, близькі за значенням функції. Розрізняють 3 типи шин: даних, адрес, управління.

- Шини даних, через які передаються безпосередньо дані. В паралельних інтерфейсах використовуються шини даних кратні байту. Найбільш поширені 8-ми, 16-ти, 32-ох розрядні шини даних. В деяких інтерфейсах в шинах даних використовуються додаткові лінії зв'язку для контролю. Може бути одна додаткова лінія зв'язку на всю шину, або на кожен байт. Переважно використовують так званий поперечний контроль в кожному такті на непарність – це такий контроль коли к-сть логічних одиниць в контрольному масиві має бути непарною. Часом використовується контроль на парність, коли к-сть логічних одиниць в контрольному масиві парна. Але перевірка на парність має такий недолік, що коли передаються всі нулі то не можна розрізнити чи передача відбулась коректно.

- Адресні шини. Використовуються для адресування периферійних пристроїв, для адресування портів вв/вив і адресування комірок пам'яті. Використовується двійкове кодування адресів. К-сть ліній зв'язку в адресній шині визначає максимальну кількість адресованих пристроїв для даного інтерфейсу.

- Шини управління. Застосовуються для управління безпосереднім обміном даними, для логічної організації взаємодії між пристроями в тому числі для арбітражу, для організації переривань в роботі інтерфейсної системи. К-сть ліній зв'язку в шині управління визначається особливостями конкретного інтерфейсу.

-

Питання для самоперевірки.

1. Дайте визначення щодо периферійних пристроїв комп'ютера.
2. Дайте визначення щодо інтерфейсів периферійних пристроїв комп'ютера.
3. Дайте визначення щодо драйверів периферійних пристроїв комп'ютера.
4. Які класифікаційні ознаки використовуються для класифікації периферійних інтерфейсів?
5. Які класи периферійних інтерфейсів розрізняють за способом підключення периферійних пристроїв до засобів вводу/виводу, до контролерів вводу/виводу?
6. Які класи периферійних інтерфейсів розрізняють за кількістю інформації, яка передається за 1 такт?
7. Які класи периферійних інтерфейсів розрізняють за способом обміну інформацією?
8. Які класи периферійних інтерфейсів розрізняють за способом синхронізації обміном інформацією?
9. Які загальні підходи до стандартизації периферійних інтерфейсів?

ТЕМА 1. ПОСЛІДОВНІ ПЕРИФЕРІЙНІ ІНТЕРФЕЙСИ ТА ДРАЙВЕРИ

1.1.Інтерфейс RS-232C та драйвери на прикладі комунікаційних портів.

Інтерфейс RS-232C (спрощений стик „C2”) розроблений у 1969 році рядом корпорацій США для ПК і основним призначенням цього інтерфейса стало забезпечення обміну інформації між ПК і системами передачі інформації. Раніше розроблений інтерфейс системної передачі інформації Стик „C2” був досить складним, використовував біля сотні ліній зв’язку, передбачав багато режимів функціонування і для ПК був не ефективним. Тому при участі фірми IBM був розроблений спрощений інтерфейс, який отримав назву RS-232C (Reference Standard number 232 version C – стандарт обміну номер 232 версії C). Одним із прикладів практичного застосування інтерфейсу є СОМ-порти (комунікаційні порти) ПК. Інтерфейс переважно використовується для обміну даними між периферійним пристроєм та комп’ютером, чи між двома комп’ютерами.

Інтерфейс RS-232C за класифікацією - це послідовний, радіальний, дуплексний асинхронний інтерфейс. Він реалізовує стандарт передачі даних RS-232C який дозволяє будувати системи обміну даних між пристроями із різними швидкостями. Сучасні комп’ютерні технології широко застосовують для передачі даних послідовні інтерфейси. Інтерфейс RS-232C є одним із найстаріших та класичним представником цього класу інтерфейсів. Відповідно вивчення цього інтерфейсу є обґрунтованим.

Термін послідовний означає, що передача даних виконується по одиночному провіднику, а біти передаються послідовно один за другим. В певний момент часу в одному напрямку передається тільки один біт даних.

Термін радіальний означає, що ітерфейс забезпечує взаємодію тільки двох пристроїв, один із яких є комп’ютером.

Термін дуплексний означає, що ітерфейс забезпечує можливість передачі даних між пристроями в обох напрямках, використовуючи для цього два окремі сигнальні провідники чи дві окремі сигнальні шини.

Термін асинхронний означає, що при передачі даних не використовуються ніякі синхронізуючі сигнали, і окремі символи можуть передаватись з випадковими інтервалами, як, наприклад при вводі даних з клавіатури. Інтерфейс використовує оригінальну синхронізацію, коли кожному символу, який передається через послідовне з’єднання, мусить передувати стандартний стартовий сигнал, а завершувати його передачу – стоповий сигнал. Стартовий сигнал – це умовно нульовий біт, його ще називають стартовим бітом. Його

призначення – повідомити від передавального пристрою другому пристроєві, який приймає дані, про те, що наступні біти представляють собою поле даних. Поле даних, у залежності від паперед запрограмованих режимів функціонування, може мати 5, 6, 7, або 8 біт. Після поля даних передається запрограмований біт контролю, а завершується обмін одного слова передачею одного, чи півтора, чи двох стопових бітів, які дають сигнал про закінчення передачі відповідного слова. В пристроєві, який приймає дані, біти розпізнаються за появою стартового сигналу по середині кожного такту, а не по моменту їх передачі. Тривалість одного такта визначається запрограмованою швидкістю обміну даними для конкретного режиму функціонування інтеофейсу. Асинхронний інтерфейс, орієнтований на передачу окремих слів, передбачає значні непродуктивні затрати для ідентифікації кожного слова. Такі непродуктивні затрати можуть перевищувати 25 %.

За стандартом можуть використовуватись потенціальні електричні сигнали і струмові електричні сигнали (струмова петля). Однак в ПК струмова петля практично не використовується.

При використанні потенціальних сингналів дані кодуються інверсною логікою, при чому логічний „0” кодується напругою +5В або +15В, а логічна „1”: -5В або -15В. Можуть використовуватись не стабілізуючі джерела живлення для формування сигналу по лініях зв'язку і тоді логічний „0” може бути від +3 до +25В, а логічна „1” від -3 до -25В. При асинхронному обміні за один цикл передаються словами до 8 біт даних, структура одного циклу подана на рисунку:

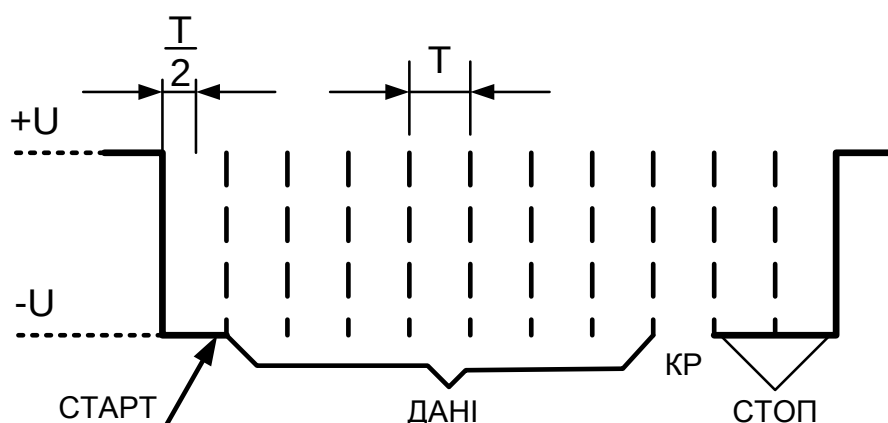


Рис. 1.1. Формат одного слова при асинхронному обміні.

Структура одного повідомлення (слова) включає: стартовий сигнал, який триває один такт, поле даних тривалістю 5-8 тактів, контрольний розряд (КР) тривалістю один такт, стоповий сигнал, який може тривати 1, 1.5, 2 такти. Тривалість одного такту T визначається швидкістю обміну даними, яка для даного інтерфейсу може змінюватись в досить широких межах від 50 біт/с до 115,2 Кбіт/с. Період T визначається як обернена величина швидкості обміну даних V ($T=1/V$). Є стандартні та нестандартні швидкості обміну. Номінальна швидкість обміну для даного інтерфейсу є 9600 біт/с. Швидкість обміну, збільшена в 2^N або зменшена в 2^N раз, вважається стандартною. Інші не стандартні. При швидкості обміну 9600 біт/с T приблизно дорівнює 100 мкс. Стандарт передбачає використання програмованих контролерів вводу виводу, які передбачені обміном даними програмою на конкретній швидкості обміну даними, на конкретну кількість біт. Контрольний біт може бути, а може бути відсутній. При наявності контрольного розряду може виконуватись контроль на парність або непарність.

Асинхронний режим обміну передбачає самосинхронізацію при прийманні даних. Приймач включається в роботу при переході напруги від +12 до -12 В. Включається схема синхронізації приймача, яка через $T/2$ аналізує стан шини даних чи є $-U$ і якщо це підтверджується приймає одне повідомлення в полі даних, потім контрольний розряд і сигнал стоп. Після закінчення повідомлення шина даних переходить в $+U$ і через один такт може початись нове повідомлення. Кожен біт даних, контрольний розряд і стопові біти приймаються посередині такту. Така особливість прийому бітів дозволяє надійно приймати дані і за час одного повідомлення схема синхронізації приймача не дозволить вихід за межі одного біту.

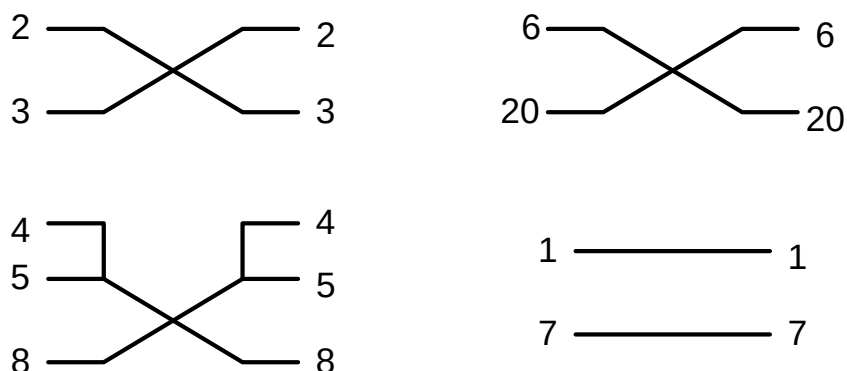
Крім сигналів даних, інтерфейс передбачає використання і сигналів керування. Перелік сигналів інтерфейсу з привязкою до стандартних з'єднувачів типу DP-25P, DP-25C:

- 1 – під'єднаний екран (PG);
- 2 – дані на передавання (-TxD)
- 3 – дані на приймання (-RxD)
- 4 - запит передавача (RTS)
- 5 – скидання передавача (CTS)
- 6 – готовність приймача (DSR)
- 7 – сигнальна земля (SG)
- 8 – виявлення несучої частоти сигналу (DCD)

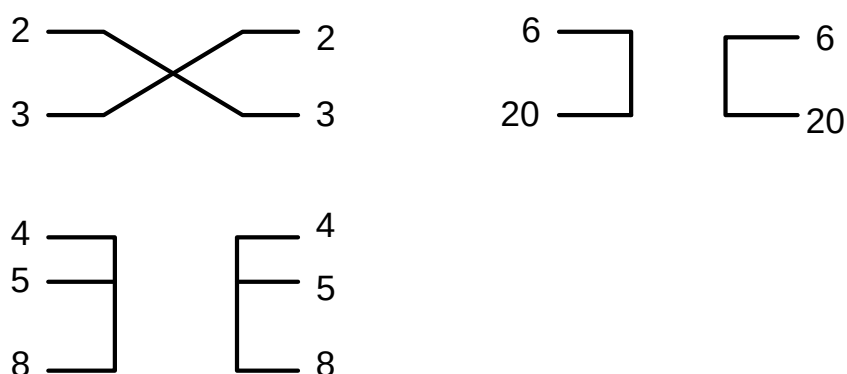
20 – готовність терміналу (PTR)

22 – показчик викликів (RI)

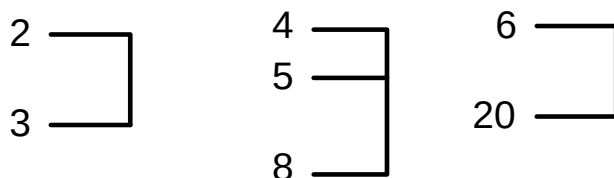
З'єднання між комп'ютером і модемом. З'єднуються одноіменні контакти. При з'єднанні двох комп'ютерів схема наступна:



Під'єднання до комп'ютера принтера подібне. Передбачається обмін даними без використання сигналів керування. Тоді схема підключення буде наступною:



Для контролю та тестування інтерфейсу передбачається режим обміну “сам на себе” за наступною схемою з'єднань контактів вихідного з'єднувача інтерфейсу:



Стандарт передбачає використання 9 – контактних з'єднувачів. Ідея використання сигналів аналогічна.

Для реалізації апаратних драйверів використовується спеціальні великі інтегральні схеми, які працюють з рівнями сигналів рівнів ТТЛ (+0 +5 В).

Перетворення сигналів рівнів TTL у рівні RS чи зворотнє перетворення здійснюється спеціальними мікросхемами.

Програмні драйвери налаштовують апаратні драйвери комп'ютера та периферійного пристрою на ідентичні режими функціонування, тобто на однакову швидкість обміну даними, однаковий формат слова, однаковий протокол управління потоком даних.

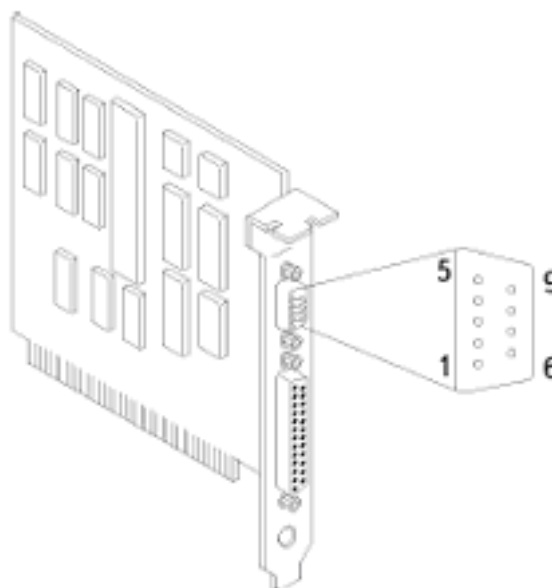


Рис.1.2. Приклад використання 9-контактного з'єднувача послідовного порта

До послідовного порта можна підключити самі різноманітні пристрої: модеми, плотери, принтери, інші комп'ютери, пристрої зчитування штрих-кодів, схему керування пристроями чи макетну плату. В основному у всіх пристроях, для яких потрібен низькошвидкісний, простий, двонаправлений зв'язок з комп'ютером, використовується відповідний порт.

Стандарт RS-232 в загальному випадку описує 4 інтерфейсні функції:

1. Визначення керувальних сигналів, що передаються через інтерфейс.
2. Визначення формату даних користувача, що передаються через інтерфейс.
3. Передачу тактових сигналів для синхронізації потоку даних.
4. Формування електричних характеристик інтерфейсу.

Інтерфейс RS-232 є послідовним асинхронним інтерфейсом, в якому перед бітами даних передається спеціальний стартовий біт, після бітів даних йде біт паритета та 1 чи 2 стопових біти. Така сукупність бітів носить назву старт-стопного символу. Кожний старт-стопний символ, як правило, у якості

бітів даних містить один інформаційний символ, наприклад, символ стандартного коду для обміну інформацією, що задається таблицею ASCII. Символи ASCII, що відображаються семибітовими кодовими словами, можуть передаватися із використанням 7-бітового поля даних. Так, наприклад, латинська буква А має код 1000001. Її передача рівнями транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ) зображена на часовій діаграмі (рис. 1.3.а). Передача рівнями сигналів RS - 232C для ліній зв'язку даних зображена на часовій діаграмі (рис. 1.3.б). Аналогічно формуються сигнали та відповідна часова діаграма при використанні 8-розрядної таблиці кодувань символів ASCII+.

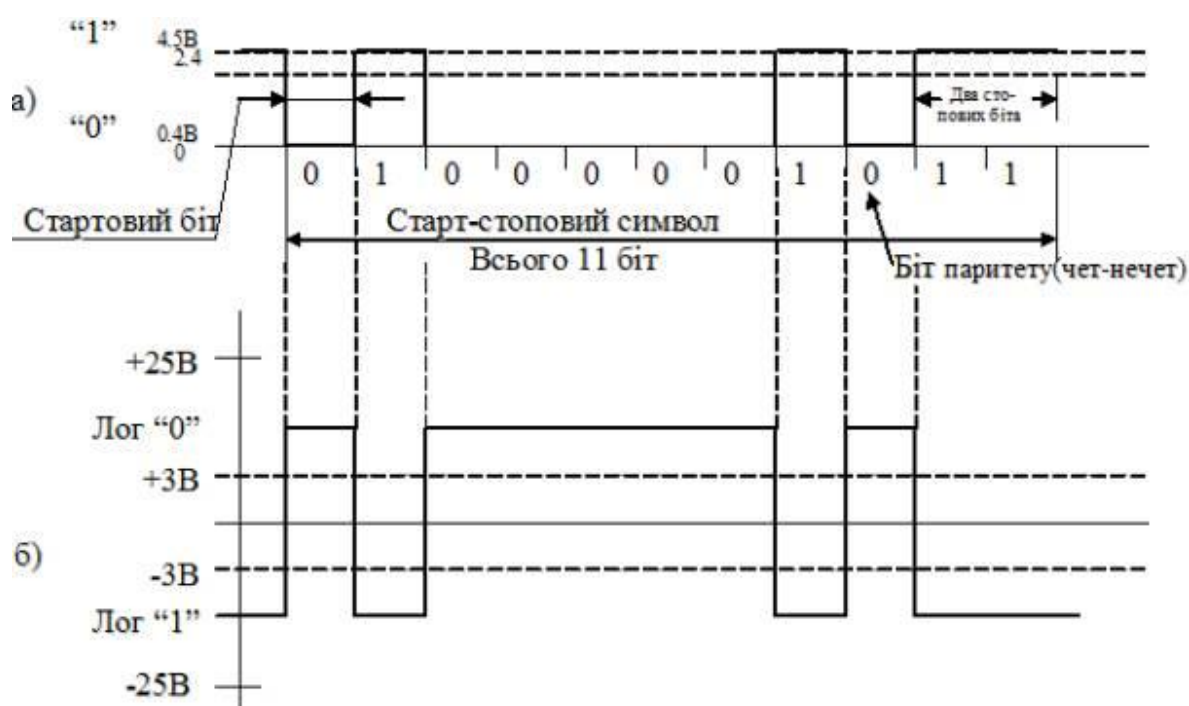


Рис. 1.3. Часові діаграми передачі символу для інтерфейсу RS-232C.

Початок асинхронного символу завжди відмічається логічним нулем стартового сигналу (логічний "0"). Після нього йдуть 7 біт даних, потім біт паритету, та 2 стопових біти. Біт паритету встановлюється в логічні "1", або "0", наприклад, непарний паритет характеризується тим, що загальна кількість одиниць в групі з семи біт (сім даних + один біт паритету) повинно бути непарним числом. Стопові біти передаються високим рівнем (логічна "1"). Рівні сигналів RS-232C на передавальному і приймаючому кінцях лінії зв'язку приведені на рис. 1.4.

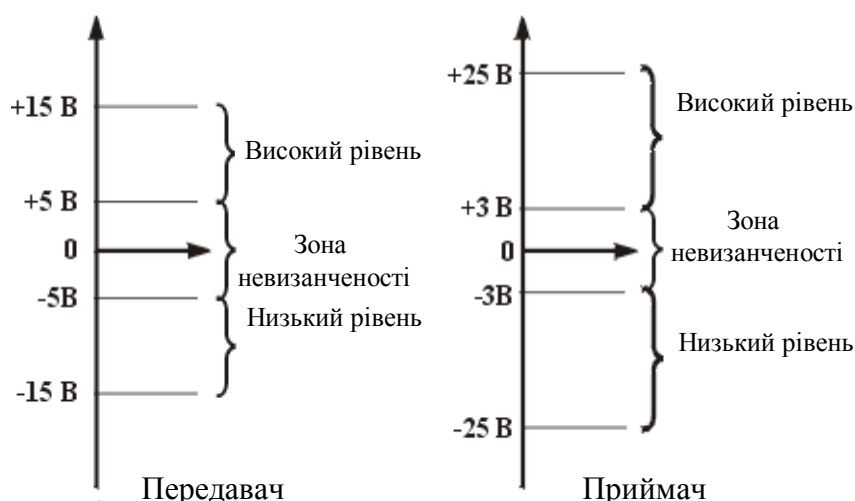


Рис. 1.4. Рівні сигналів RS-232C на передавальному і приймаючому кінцях лінії зв'язку

Швидкість передавання даних в асинхронному режимі може становити: 50, 75, 100, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, або 115200 біт/с. Швидкість програмується при налаштуванні режимів функціонування інтерфейсу. Програмні драйвери налаштовують апаратні драйвери комп'ютера та периферійного пристрою на ідентичні режими функціонування, тобто на однакову швидкість обміну даними, однаковий формат слова, однаковий протокол управління потоком даних. Тільки після такого налаштування може здійснюватися безпосередній обмін даними.

Комп'ютер має 25-контактний (DB25P) або 9-контактний (DB9P) з'єднувачі для підключення пристрою інтерфейсу. Розташування контактів з'єднувачів зображене на рисунку 1.5.. Рисунок засвідчує, що контакти з'єднувача DB25P використовуються неповно, тому більш ефективним є використання з'єднувача DB9P. Часто у з'єднувачі DB25P використовується контакт №1 для під'єднання захисного екрана. Використання стандартизованих з'єднувачів спрощує підключення до комп'ютера різноманітних периферійних пристроїв.

У випадку програмного протоколу управління потоками даних, коли застосовується спеціальний програмний драйвер, шина управління не використовуються, що зменшує загальну кількість ліній зв'язку. Тоді застосовується трьох- або чотирьохпровідний зв'язок (для двонаправленої передачі). Схема з'єднання для чотирьохпровідної лінії зв'язку показана на рисунку 1.6.

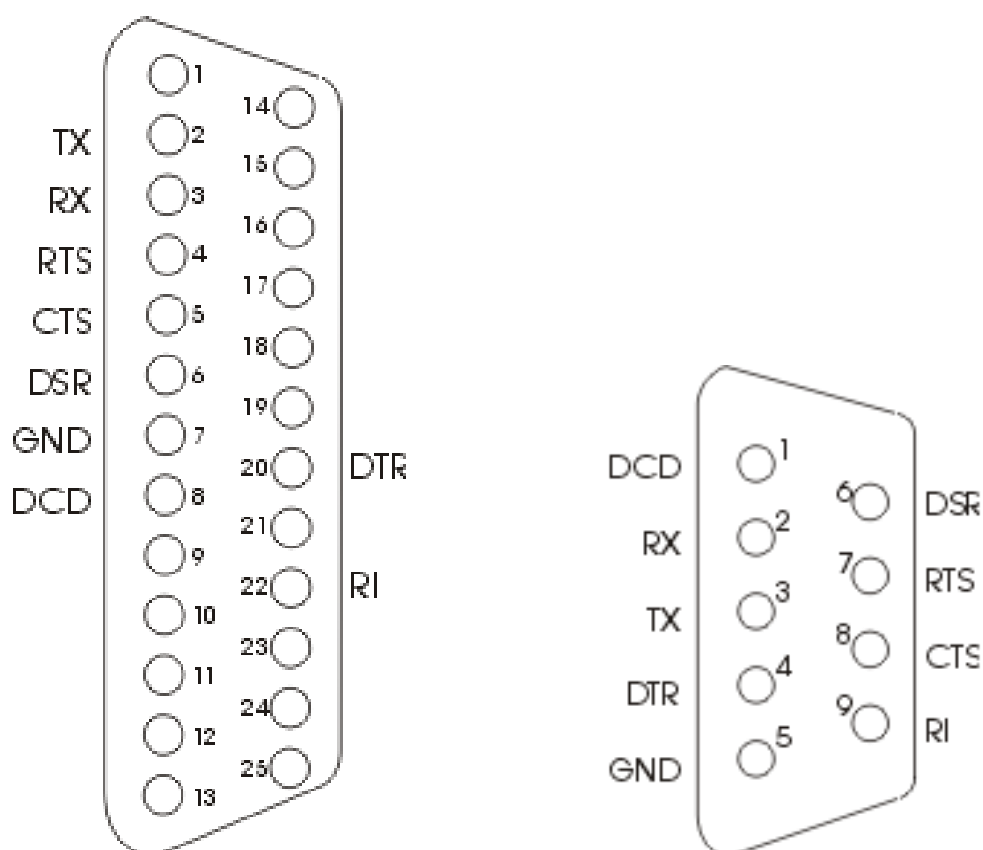


Рис. 1.5. Розташування контактів з'єднувачів DB25P та DB9P

Управління потоком даних (Flow Control) інтерфейса може відбуватися за двома протоколами: апаратним протоколом управління потоком даних (Hardware Flow Control) чи програмним протоколом управління потоком даних (Software Flow Control). Особливості цих протоколів наведено в подальших описах та відрізняються кількістю ліній зв'язку в інтерфейсній магістралі.

Лінії зв'язку інтерфеса можна умовно розділити на дві групи: шину даних та шину управління. Шина даних використовує дві лінії зв'язку для даних на передавання TXD та даних на приймання RXD. Цим забезпечується можливість реалізації повного дуплексного обміну даними. Шина управління має 6 ліній зв'язку, які використовуються для реалізації апаратного протоколу управління потоками даних. Призначення контактів з'єднувачів та відповідних сигналів приведене в таблиці 1.1. Напрямок обміну IN вказує, що передавачем сигналу є периферійний пристрій, а приймачем є контролер комп'ютера. Напрямок обміну OUT вказує, що передавачем сигналу є контролер комп'ютера, а приймачем є периферійний пристрій.

Таблиця 1.1.

Призначення контактів з'єднувачів DB25P та DB9P

Найменування сигналу	Контакт (з'єднувач DB25P)	Контакт (з'єднувач DB9P)	Напрямок обміну	Опис сигналу
DCD	8	1	IN	Carrie Detect (Визначення несучої)
- RXD	3	2	IN	Receive Data (Дані, що приймаються)
- TXD	2	3	OUT	Transmit Data (Дані, що передаються)
DTR	20	4	OUT	Data Terminal Ready (Готовність терміналу)
GND (SG)	7	5	-	System Ground (Сигнальна земля)
DSR	6	6	IN	Data Set Ready (Готовність даних)
RTS	4	7	OUT	Request to Send (Запит на відправку)
CTS	5	8	IN	Clear to Send (Готовність прийому)
RI	22	9	IN	Ring Indicator (Індикатор викликів)
FG	1	-	-	Захисне заземлення, екран

Всі 10 сигналів інтерфейсу, тобто шина даних та шина управління, переважно задіюються лише при з'єднанні комп'ютера з модемом. Досить часто в периферійних підсистемах використовується спрощене з'єднання із використанням лише однієї шини даних. Таке спрощене з'єднання отримало назву 4-х дротового (рис. 1.6). Для 4-х дротового зв'язку у випадку передачі з комп'ютера на зовнішній пристрій використовуються сигнали SG і TxD, а для зворотної передачі використовуються сигнали SG та RxD. Відповідно сигнали

управління задіюються на з'єднувачах перемичками за наведеною на рисунку схемою.

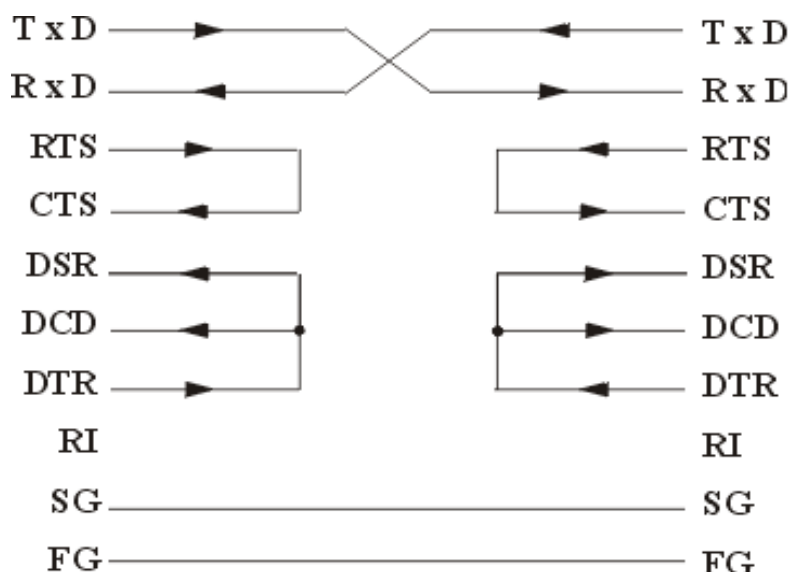


Рис.1.6. Схема 4-х дротового з'єднання для RS-232C

Управління потоком даних (Flow Control) інтерфейса має наступні особливості. Воно передбачає формування повідомлень про можливість чи неможливість передавання наступного слова. Можуть використовуватися два типи протоколу управління потоком даних: апаратний чи програмний.

Апаратний протокол управління потоком даних (Hardware Flow Control) на шині даних TXD, RXD використовує сигнали управління RTS, CTS. Сигнал CTS забезпечує зупинку передавання даних, якщо приймач не готовий їх приймати. Передавач передає у лінію зв'язку TXD чергове слово тільки при активному стані лінії CTS. Слово, яке вже почало передаватися, зупинити сигналом CTS неможливо, його передавання має завершитися. Це гарантує цілісність передачі. Якщо у периферійній підсистемі апаратний протокол не використовується, у передавача має забезпечуватися стан “включено” на лінії CTS перемиканням із лінією RTS. Апаратний протокол використовує лінії зв'язку шини управління, однак забезпечує мінімальний час реакції передавача на стан приймача.

Програмний протокол управління потоком даних (Software Flow Control) використовує тільки шину даних (лінії TXD, RXD). При цьому використовуються спеціальні байт-символи XON/XOFF. Протокол функціонує наступним чином. Якщо приймач в процесі приймання даних встановить, що він не зможе правильно продовжувати приймання, він через другу лінію зв'язку

шини даних посилає передавачу байт-символ XOFF (13h). Передавач, отримавши цей байт-символ, не передає наступного слова. Якщо приймач знову буде готовим до приймання даних, він посилає байт-символ XON (11h). Передавач після його отримання відновлює передавання даних. Час реакції передавача на зміну стану приймача у порівнянні із апаратним протоколом збільшується щонайменше на час передавання байт-символа XON чи XOFF плюс час реакції драйвера передавача на приймання символу. При такому протоколі управління приймач має мати буфер достатньої величини для приймання даних. Додатковим недоліком є складність забезпечення повного дуплексного режиму обміну даними. Однак мінімізація дорогих ліній зв'язку за рахунок виключення сигналів управління робить програмний протокол управління потоком даних широко вживаним.

Обмін по RS-232C здійснюється за допомогою звернень по спеціально виділених для цього портах COM1 (адреси 3F8h...3FFh, переривання IRQ4), COM2 (адреси 2F8h...2FFh, переривання IRQ3), COM3 (адреси 3F8h...3EFh, переривання IRQ10), COM4 (адреси 2E8h...2EFh, переривання IRQ11). Формати звернень за цими адресами можна знайти в інформаційних довідниках драйверів контролерів послідовного обміну UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), наприклад, i8250, KP580BB51.

Апаратні драйвери інтерфейса переважно реалізуються за допомогою спеціалізованих мікросхем. Перетворення паралельного коду від ядра комп'ютера в послідовний для передачі через лінію зв'язку та зворотнє перетворення при прийманні даних виконують спеціалізовані мікросхеми UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter – універсальний асинхронний передавач та приймач). Вони формують та опрацьовують керуючі сигнали інтерфейса. Апаратні драйвери інтерфейса в IBM PC сумісних комп'ютерах переважно реалізуються на мікросхемах, сумісних на рівні регістрів з UART i8250: 8250; 8250A; 8250B; 16450; 16550. 16550A. Функціональні можливості та характеристики цих мікросхем постійно покращувалися і найбільш досконалою є остання.

Апаратний драйвер UART i16550A як програмна модель є набором регістрів, доступ до яких відбувається за певною адресою (зміщенням адреси регістра відносно базової адреси порта) та значенням біта DLAB (біта 7 регістра налаштування параметрів каналу LCR). В адресному просторі мікросхема займає 8 суміжних адрес. Регістри мікросхеми використовуються для

програмування апаратного драйвера на одну із стандартних швидкостей обміну даними, кількості біт (5,6,7,8) у полі даних слова, тип контролю (парність, непарність) чи відсутність контролю, кількості біт у полі стоп слова.

Апаратні драйвери UART використовують рівні сигналів TTL (транзисторно-транзисторна логіка). Для узгодження із сигналами ліній зв'язку інтерфейса використовуються спеціалізовані мікросхеми перетворення рівнів сигналів TTL у рівні сигналів RS-232C при передаванні та зворотнього перетворення при прийманні.

Питання для самоперевірки:

1. Яке основне призначення інтерфейсу RS-232C?
2. Наведіть класифікацію інтерфейсу RS-232C.
3. Який максимальний діапазон зміни напруги для сигналів інтерфейсу RS-232C?
4. Якими рівнями напруги кодуються логічні сигнали "0" та "1" для передавача та приймача?
5. Які інформаційні поля використовуються у форматі слова при асинхронному обміні даними?
6. Які швидкості обміну даними можуть застосовуватися в інтерфейсі RS-232C?
7. Як розраховується тривалість одного такта при асинхронному обміні даними?
8. Які сигнали входять до шини даних?
9. Які сигнали входять до шини управління?
10. Які стандартизовані інтерфейси рекомендовано для інтерфейсу RS-232C?
11. Які особливості апаратного управління потоком даних?
12. Які особливості програмного управління потоком даних?
13. Які особливості апаратних драйверів інтерфейсу RS-232C?
14. Які особливості програмних драйверів інтерфейсу RS-232C?
15. Які особливості мікросхем універсального передавача-приймача (UART)?

1.2. Інтерфейс USB, його характеристики, транзакції та драйвери

Інтерфейс USB (англ. Universal Serial Bus, аббревіатура читається ю-ес-бі) — УПШ (укр. універсальна послідовна шина) призначений для з'єднання периферійних пристроїв у периферійну підсистему комп'ютера. Шина USB представляє собою послідовний інтерфейс передачі даних для середньошвидкісних та низькошвидкісних периферійних пристроїв. Для високошвидкісних пристроїв на сьогодні кращим вважається FireWire. USB-кабель представляє собою дві виті пари: по одній парі відбувається передача даних в кожному напрямку (диференціальне включення), а інша пара використовується для живлення периферійного пристрою (+5 В, +3,3В). Завдяки вбудованим лініям живлення, що забезпечують струм до 500 мА, USB часто дозволяє використовувати пристрої без власного блоку живлення (якщо ці пристрої споживають струм потужністю не більше 500 мА). До одного контролера шини USB можна під'єднати до 127 пристроїв через ланцюжок концентраторів (вони використовують топологію «зірка»). На відміну від багатьох інших стандартних з'єднувачів, для USB з'єднувачів характерні довговічність та механічна міцність. Інтерфейс USB є послідовною, напівдуплексною, двонаправленою шиною. Шина дозволяє підключити до ПК до 127 фізичних пристроїв. Кожен фізичний пристрій може, у свою чергу, складатися з декількох логічних (наприклад, клавіатура з вбудованим манипулятором-трекболом). Кабельна розводка USB починається з вузла головного контролера (хост-host). Хост володіє інтегрованим кореневим концентратором (root hub), який надає декілька роз'ємів USB для підключення зовнішніх пристроїв. Потім кабелі йдуть до інших пристроїв USB, які також можуть бути концентраторами, і функціональних компонентів (наприклад, модем або акустична система). Концентратори часто вбудовуються в монітори і клавіатури (які є типовими складеними пристроями). Концентратори можуть містити до семи "витікаючих" портів. Для передачі сигналів шина USB використовує чотирипровідний інтерфейс. Одна пара провідників ("+5В" чи "+3,3В" і "загальний") призначена для живлення периферійних пристроїв з навантаженням до 500 мА. Дані передаються по іншій парі ("D+" "D-"). Для передачі даних використовується диференціальна напруга до 3 В (з метою зниження впливу шуму) і схема кодування NRZI (що позбавляє від необхідності виділяти додаткову пару провідників під тактовий сигнал). Всі концентратори повинні підтримувати на своїх витікаючих портах пристрої обох

типів, не дозволяючи високошвидкісному трафіку досягати низькошвидкісних пристроїв. Високопродуктивні пристрої підключаються за допомогою екранованого кабелю, довжина якого не повинна перевищувати 3 м. Якщо ж пристрій не формує особливих вимог до смуги пропускання, його можна підключити і неекранованим кабелем (який може бути тоншим і гнучкішим). Максимальна довжина кабелю для низькошвидкісних пристроїв - 5 м. Вимоги пристрою до живлення (діаметр провідників, споживана потужність) можуть зумовити необхідність використання кабелю меншої довжини. Із-за особливостей розповсюдження сигналу по кабелю число послідовно сполучених концентраторів обмежене шістьма і сімома п'ятиметровими відрізками кабелю.

Інтерфейсний драйвер має наступні особливості. Хост дізнається про підключення або відключення пристрою із повідомлення від концентратора (ця процедура називається опитуванням шини - bus enumeration). Потім хост привласнює пристрою унікальну адресу USB (1:127). Після відключення пристрою від шини USB його адреса стає доступною для інших пристроїв. Для індивідуального звернення до конкретних функціональних можливостей складеного пристрою застосовується 4-бітове поле кінцевої крапки. У низькошвидкісних пристроях за кожною функцією закріплюється не більше двох адрес кінцевих крапок: нульова кінцева крапка використовується для конфігурації і визначення стану USB, а також управління функціональним компонентом; а інша крапка - відповідно до функціональних можливостей компоненту. Пристрої з максимальною продуктивністю можуть підтримувати до 16 кінцевих крапок, резервуючи нульову крапку для завдань конфігурації і управління USB. Хост опитує всі пристрої і видає їм дозволу на передачу даних (розсилаючи для цього пакет-маркер - Token Packet).

Наведене засвідчує, що пристрої позбавлені можливості безпосереднього обміну даними - всі дані проходять через хост. Ця умова сильно заважала впровадженню інтерфейсу USB на ринок портативних пристроїв. В результаті в кінці 2001 року було прийнято доповнення до стандарту USB 2.0 - специфікація USB OTG (On-The-Go), призначена для з'єднання периферійних USB-пристроїв один з одним без необхідності підключення до хосту (наприклад, цифрова камера і фотопринтер). Пристрій, підтримуючий USB OTG, здатний частково виконувати функції хоста і розпізнавати, коли він підключений до повноцінного хосту (на основі ПК), а коли - до іншого периферійного

пристрою. Специфікація описує також протокол узгодження вибору ролі хоста при з'єднанні двох USB OTG-пристроїв.

Дані на шині передаються транзакціями, інтервал між якими складає 1 мс. Передбачено чотири типи транзакцій. Передачі, що управляють, використовуються для конфігурації заново підключених пристроїв (наприклад, привласнення ним адреси USB) та їх компонентів. Пристрої з максимальною продуктивністю можуть бути налаштовані на роботу з конфігураційними повідомленнями завдовжки 8, 16, 32 або 64 байти (за умовчанням - 8 байт). Пристрої з низькою продуктивністю в змозі розпізнавати повідомлення, що управляють, завдовжки не більше 8 байт. Групова передача (bulk) використовується для адресної пересилки даних великого об'сягу (до 1023 байт). Як приклад можна привести передачу даних на принтер або від сканера. Пристрої з низькою продуктивністю не підтримують цей режим. Передача даних переривання, наприклад, введених з клавіатури даних або відомостей про переміщення миші. Ці дані мають бути передані достатньо швидко для того, щоб користувач не відмітив ніякої затримки. Відповідно до специфікацій час затримки USB складає декілька мілісекунд. Можливі ізохронні передачі (передачі в реальному масштабі часу). Пропускна спроможність і затримка доставки обмовляються до початку передачі даних. До ізохронних даних алгоритми корекції помилок непридатні (оскільки час на повторну їх ретрансляцію перевищує допустимий інтервал затримки). За один сеанс в такому режимі може бути передано до 1023 байт. Пристрої з низькою продуктивністю не підтримують цей режим. Слід також відзначити, що різними виробниками пропонувалися специфікації, що описують інтерфейс різних апаратних реалізацій контролера USB. Фірмою Intel була запропонована специфікація UHCI (Universal Host Controller Interface), яка передбачає надзвичайно просту апаратну реалізацію контролера USB. В рамках даної специфікації основні функції контролю і арбітражу шини покладаються на програмний драйвер. Альтернативна специфікація була запропонована компаніями Compaq, Microsoft і National Semiconductor - OHCI (Open Host Controller Interface). Контролери по специфікації OHCI володіють уніфікованим абстрактним інтерфейсом, що передбачає апаратну реалізацію більшості функцій, що управляють інтерфейсом, Це полегшує їх програмування.

Для інтерфейсу USB розроблено декілька версій. Версія USB 1.0 представлена в січні 1995 року. Вона забезпечувала наступні технічні характеристики:

- високошвидкісне з'єднання — 12 Мбіт/с
- максимальна довжина кабеля для високошвидкісного з'єднання — 3 м
- низькошвидкісне з'єднання — 1,5 Мбіт/с
- максимальна довжина кабеля для низькошвидкісного з'єднання — 5 м
- максимальна кількість пристроїв підімкнення (враховуючи концентратори) — 127
- можливість підключення пристроїв з різними швидкостями обміну інформацією

напруга живлення для периферійних пристроїв — 5 В виявлені у версії 1.0, в основному пов'язані з концентраторами. Інтерфейс USB 1.1 декларує два режими: 1) низькошвидкісний підканал (пропускна спроможність - 1,5 Мбіт/с), призначений для таких пристроїв, як миші і клавіатури;

2) високопродуктивний канал, що забезпечує максимальну пропускну спроможність 12 Мбіт/с, що може використовуватися для підключення зовнішніх накопичувачів або пристроїв обробки і передачі аудіо- і відеоінформації.

• Версія USB 2.0 випущена в квітні 2000 року. USB 2.0 відрізняється від USB 1.1 лише швидкістю передачі, яка зросла, та незначними змінами в

- максимальний струм споживання на один пристрій — 500 мА

Версію USB 1.1 випущено в вересні 1998 року. Виправлені проблеми, протоколі передачі даних для режиму Hi-speed (480 Мбіт/сек). Існує три швидкості роботи пристроїв USB 2.0:

- Low-speed 10—1500 Кбіт/с (використовується для інтерактивних пристроїв: клавіатури, мишки, джойстики)
- Full-speed 0,5—12 Мбіт/с (аудіо/відео пристрої)
- Hi-speed 12—480 Мбіт/с (відео пристрої, пристрої зберігання інформації)

В дійсності ж хоча швидкість USB 2.0 і може досягати 480 Мбіт/с, пристрої типу жорстких дисків чи взагалі будь-які інші носії інформації ніколи не досягають її по шині USB, хоча і могли б. Це можна пояснити доволі просто, шина USB має доволі велику затримку між запитом на передачу інформацію і самою передачею даних («довгий ring»). Наприклад шина FireWire забезпечує максимальну швидкість у 400 Мбіт/с, тобто на 80 Мбіт/с менше чим у USB, дозволяє досягнути більшої швидкості обміну даними з носіями інформації.

Технологія USB On-The-Go розширює специфікації USB 2.0 для легкого з'єднання між собою периферійних USB-пристроїв безпосередньо між собою без задіяння комп'ютера. Прикладом застосування цієї технології є можливість підключення фотоапарату до друкарки. Цей стандарт виник через об'єктивну потребу надійного з'єднання особливо поширених USB-пристроїв без застосування комп'ютера, який в потрібний момент може і не виявитися під руками.

Офіційна специфікація протоколу бездротового USB була анонсована в травні 2005 року. Дозволяє організовувати бездротовий зв'язок з високою швидкістю передачі даних до 480 Мбіт/с на відстані 3 метрів та до 110 Мбіт/с на відстані 10 метрів. Для бездротового USB часом використовують аббревіатуру WUSB. Розробник протоколу USB-IF віддає перевагу практиці іменування протокол офіційно Certified Wireless USB.

Протокол USB 3.0 орієнтований на передавання сигналів за допомогою оптоволоконного кабелю. USB 3.0 є зворотно сумісним з USB 2.0 та USB 1.1. Створенням USB 3.0 займаються компанії: Intel, Microsoft, Hewlett-Packard, Texas Instruments, NEC и NXP Semiconductors.

Теоретична пікова пропускна здатність інтерфейсу складає 4,8 Гбіт/с. Специфікація периферійної шини USB була розроблена лідерами комп'ютерної і телекомунікаційної промисловості (Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC і Northern Telecom) для підключення комп'ютерної периферії поза корпусом ПК з автоматичною автоконфігурацією (Plug&Play). Перша версія стандарту з'явилася в 1996 р. Агресивна політика Intel по впровадженню цього інтерфейсу стимулює поступове зникнення таких низькошвидкісних інтерфейсів, як RS 232C, Access.bus і тому подібне. Проте для високошвидкісних пристроїв строгішими вимогами до продуктивності (наприклад, доступ до видаленого накопичувача або передача оцифрованого відео) конкурентом USB є інтерфейс IEEE 1394.

Для інтерфейсу стандартизовано два типи з'єднувачів: а та в (рис. 1.7).

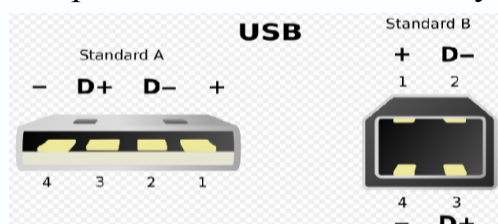


Рис.1.7. Типи USB - з'єднувачів

У кабелях використовуються провідники та сигнали згідно таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Розведення сигналів та провідників на контактах з'єднувачів

Номер контакту	Позначення	Колір провідника
1	V BUS	червоний
2	D-	білий
3	D+	зелений
4	GND	чорний

GND — ланцюг «корпусу» для живлення периферійних пристроїв, VBus — +5 В, також для ланцюгів живлення. Дані передаються по провідникам D+ і D— диференційно (стан 0 і 1 (в термінології офіційної документації diff0 и diff1 відповідно) визначаються по різниці потенціалів між лініями більше 0,2 В і при умові, що на одній із ліній (D— у випадку diff0 и D+ при diff1) потенціал відносно GND вище 2,8 В. Диференційний спосіб передачі є основним, проте не єдиним (наприклад, при ініціалізації пристрій повідомляє хосту про режим, що підтримується пристроєм (Full-Speed або Low-Speed), підтягуванням однієї із ліній даних до V_BUS через резистор 1.5 кОм (D— для режиму Low-Speed і D+ для режиму Full-Speed, пристрої, що працюють в режимі Hi-Speed, ведуть себе на цій стадії як пристрої в режимі Full-Speed). Також інколи навколо провідників присутня волокниста обмотка для захисту від фізичних пошкоджень.

Інтегруванням напівпровідникової пам'яті та інтерфейсу USB створена флеш пам'ять. Це тип пам'яті, яка може довготривало зберігати певну інформацію на своїй платі, зовсім не використовуючи живлення. В додаток можна сказати, що флеш пам'ять пропонує високу швидкість доступу до інформації (хоча вона не настільки висока як у DRAM) і кращий опір до кінетичного шоку, ніж у вінчестерах. Ці характеристики пояснюють популярність флеш пам'яті для приладів, що залежать від батарейок. Іншою приманкою флеш пам'яті є те, що коли вона скомпресована в суцільну «карту пам'яті», стає майже неможливо зруйнувати її стандартними фізичними методами, що дає змогу витримувати високий тиск і кип'ячу воду.

Флеш пам'ять зберігає інформацію в масиві «комірок», кожна з яких традиційно зберігає по одному біту інформації. Кожна комірка - це транзистор із плаваючим затвором. Новіші пристрої (інколи їх ще називають

багатозарядними пристроями) можуть містити більше, ніж 1 біт в комірці, використовуючи два чи більше рівні електричних зарядів, розташованих при плаваючому затворі комірки. У флеш пам'яті типу NOR кожна комірка схожа на стандартний MOSFET (оксидний напівпровідниковий польовий транзистор), але у ній є не один затвор, а два. Як і будь-який інший польовий транзистор, вони мають контрольний затвор (КЗ), а, окрім нього, ще й інший — плаваючий (ПЗ), замкнений всередині оксидного шару. ПЗ розташований між КЗ і підкладкою. Оскільки ПЗ відокремлений власним заізолюваним шаром оксиду, будь-які електрони, що попадають на нього відразу потрапляють в пастку, що дозволяє зберігати інформацію. Захоплені плаваючим затвором електрони змінюють (практично компенсують) електричне поле контрольного затвору, що змінює порогову напругу (V_p) затвору. Коли з комірки «зчитують» інформацію, до КЗ прикладають певну напругу, в залежності від якої в каналі транзистора протікатиме або не протікатиме електричний струм. Ця напруга залежить від V_p комірки, яка в свою чергу контролюється числом захоплених плаваючим затвором електронів. Величина порогової напруги зчитується і передоковується в одиницю чи нуль. Якщо плаваючий затвор може мати кілька зарядових станів, то зчитування відбувається за допомогою вимірювання сили струму в каналі транзистора. Для запису інформації в комірку NOR необхідно зарядити плаваючий затвор. Цього досягають, пропускаючи через канал транзистора сильний струм, при якому виникають гарячі електрони, що мають достатню енергію для подолання оксидного шару. Для очищення плаваючого затвору від електронів (стирання інформації) до контрольного затвору прикладають значну напругу, яка створює сильне електричне поле. Захоплені плаваючим затвором електрони висмоктуються цим полем, тунелюючи через оксидний шар. У приладах з однотипною напругою (теоретично всі чіпи, які доступні нам на сьогоднішній день) ця висока напруга створюється генератором підкачки заряду. Більшість сучасних компонентів NOR пам'яті розділені на чисті сегменти, які часто називають блоками чи секторами. Всі комірки пам'яті в блоці повинні бути очищені одночасно. На жаль, метод NOR може в загальному випадку обробляти лише одну частину інформації типу byte чи word. NAND пам'ять використовує тунельну інжекцію для запису і тунельний випуск для вилучення. NAND'ова флеш пам'ять формує ядро легкого USB інтерфейсу запам'ятовуючих приладів, які також відомі як USB флешки. Тоді, коли розробники збільшують густину флеш приладів, індивідуальні комірки діляться і кількість електронів в будь-якій комірці стає дуже малою. Парування

між суміжними плаваючими затворами може змінити характеристики запису комірки. Нові реалізації, такі як заряджені пастки флеш пам'яті, намагаються забезпечити кращу ізоляцію між суміжними комірками.

Питання для самоперевірки:

1. Яке основне призначення інтерфейсу USB?
2. Скільки ліній зв'язку використовується в інтерфейсі USB?
3. Яка напруга живлення використовується в інтерфейсі USB?
4. Який максимальний струм може передаватися через лінії живлення?
5. Яку максимальну кількість пристроїв можна під'єднати до одного контролера USB?
6. Яку основну функцію виконують хаби (hub) в структурі зв'язків інтерфейсу USB?
7. Яке кодування даних застосовується в інтерфейсі USB?
8. Яку кількість розрядів має поле кінцевої крапки?
9. Яка кількість транзакцій використовується у повідомленнях інтерфейсу USB?
10. Яку максимальну кількість байт можна передати при груповій передачі?
11. Який діапазон швидкостей обміну даними для режиму Low-speed?
12. Який діапазон швидкостей обміну даними для режиму Full-speed?
13. Який діапазон швидкостей обміну даними для режиму Hi-speed?
14. Які стандартизовані швидкості обміну даними для бездротового USB?

1.3. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсів CL, CAN

1.3.1. Інтерфейс CL.

Інтерфейс CL призначений для передачі даних на великій відстані (до 1200м). В літературі часом використовується інша назва – інтерфейс радіальний послідовний (ІРПС). В цьому інтерфейсі використано багато алгоритмічних рішень інтерфейсу RS-232C. За класифікацією інтерфейс CL радіальний, послідовний, дуплексний, асинхронний.

Термін радіальний означає, що ітерфейс забезпечує взаємодію тільки двох пристроїв, один із яких є комп'ютером.

Термін послідовний означає, що передача даних виконується по одиночному провіднику, а біти передаються послідовно один за другим. В певний момент часу в одному напрямку передається тільки один біт даних.

Термін дуплексний означає, що ітерфейс забезпечує можливість передачі даних між пристроями в обох напрямках, використовуючи для цього два окремі сигнальні провідники чи дві окремі сигнальні шини.

Термін асинхронний означає, що при передачі даних не використовуються ніякі синхронізуючі сигнали, і окремі символи можуть передаватись з випадковими інтервалами

Швидкість обміну даними між пристроями в асинхронному режимі може становити: 50, 75, 100, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, або 115200 біт/с. Швидкість програмується при налаштуванні режимів функціонування інтерфейса. Програмні драйвери налаштовують апаратні драйвери комп'ютера та периферійного пристрою на ідентичні режими функціонування, тобто на однакову швидкість обміну даними, однаковий формат слова, однаковий протокол управління потоком даних. Тільки після такого налаштування може здійснюватися безпосередній обмін даними.

В інтерфейсі, як правило, використовується тільки 2 лінії зв'язку (дані на передаванняTXD та дані на приймання RXD).

Кожна лінія зв'язку інтерфейсу використовується як окрема струмова петля із використанням 2-х провідників, один з яких використовується для передавання струму в прямому напрямку, 2-й провідник для приймання зворотнього струму. В кожній лінії зв'язку використовується гальванічне розділення сигналів. Гальванічне розділення сигналів застосовується для того, щоб захистити електронну частину ЕОМ і периферійні пристрої від лінійних

пошкоджень, від завад високої потужності. Для реалізації підсилювача–передавача та підсилювача-приймача рекомендовано використовувати оптоелектронні пари-оптрони.

В інтерфейсі для кодування інформації використовуються струмові сигнали. Може використовуватись 20 або 40 мА струмова петля. При 20 мА струмовій петлі логічна одиниця відповідає струму 15-25 мА, логічний нуль відповідає силі струму 0-3 мА. При 40 мА струмовій петлі лог „1” відповідає 30-50 мА, лог „0” – 5-10мА.

Формат слова у логічних рівнях для CL приведено на рис. 1.8. Рівень “2” відповідає логічному нулю.

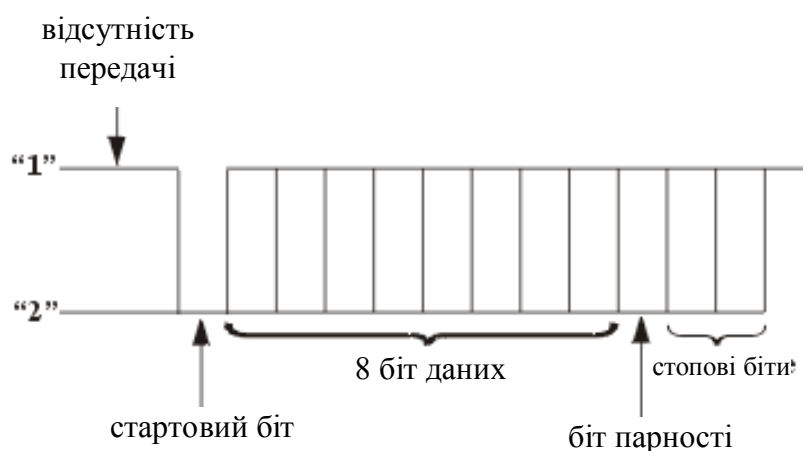


Рис. 1.8. Формат слова у логічних рівнях для CL

Формати слів, алгоритми функціонування інтерфейсів RS-232 та CL аналогічні, відповідно аналогічними є програмні драйвери.

Апаратні драйвери інтерфейса CL переважно реалізуються за допомогою спеціалізованих мікросхем. Перетворення паралельного коду від ядра комп'ютера в послідовний для передачі через лінію зв'язку та зворотнє перетворення при прийманні даних виконують спеціалізовані мікросхеми UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter – універсальний асинхронний передавач та приймач). Вони формують та опрацьовують керуючі сигнали інтерфейса. Апаратні драйвери інтерфейса в IBM PC сумісних комп'ютерах переважно реалізуються на мікросхемах, сумісних на рівні регістрів з UART і8250; 8250; 8250A; 8250B; 16450; 16550. 16550A. Функціональні можливості та характеристики цих мікросхем постійно покращувалися і найбільш досконалою є остання.

Апаратний драйвер UART i16550A як програмна модель є набором регістрів, доступ до яких відбувається за певною адресою (зміщенням адреси регістра відносно базової адреси порта) та значенням біта DLAB (біта 7 регістра налаштування параметрів каналу LCR). В адресному просторі мікросхема займає 8 суміжних адрес. Регістри мікросхеми використовуються для програмування апаратного драйвера на одну із стандартних швидкостей обміну даними, кількості біт (5,6,7,8) у полі даних слова, тип контролю (парність, непарність) чи відсутність контролю, кількості біт у полі стоп слова.

Апаратні драйвери UART використовують рівні сигналів TTL (транзисторно-транзисторна логіка). Для узгодження із сигналами ліній зв'язку інтерфейса CL використовуються спеціалізовані схемотехнічні рішення перетворення рівнів сигналів TTL у рівні сигналів CL при передаванні та зворотнього перетворення при прийманні.

Управління потоком даних (Flow Control) інтерфейса має наступні особливості. Воно передбачає формування повідомлень про можливість чи неможливість передавання наступного слова. Оскільки в інтерфейсі відсутні сигнали управління, то може використовуватися тільки програмний протокол управління потоком даних.

Програмний протокол управління потоком даних (Software Flow Control) використовує тільки шини даних (лінії TXD, RXD). При цьому використовуються спеціальні байт-символи XON/XOFF. Протокол функціонує наступним чином. Якщо приймач в процесі приймання даних встановить, що він не зможе правильно продовжувати приймання, він через другу лінію зв'язку шини даних посилає передавачу байт-символ XOFF (13h). Передавач, отримавши цей байт-символ, не передає наступного слова. Якщо приймач знову буде готовим до приймання даних, він посилає байт-символ XON (11h). Передавач після його отримання відновлює передавання даних. Час реакції передавача на зміну стану приймача у порівнянні із апаратним протоколом збільшується щонайменше на час передавання байт-символа XON чи XOFF плюс час реакції драйвера передавача на приймання символу. При такому протоколі управління приймач має мати буфер достатньої величини для приймання даних. Додатковим недоліком є складність забезпечення повного дуплексного режиму обміну даними. Однак мінімізація дорогих ліній зв'язку за рахунок виключення сигналів управління робить програмний протокол управління потоком даних широко вживаним.

Перетворювачі "USB - CL" дозволяють підключати периферійні пристрої з інтерфейсом CL:у вимірювально-керувальні вузли КС, термінали, касові апарати, лічильники електроенергії, газу і т.п. Приклад застосування. При необхідності обміну даними між двома комп'ютерами з USB-портами, що знаходяться на значній відстані один від одного (сотні, тисячі метрів), можна використовувати інтерфейс CL як проміжний, що дозволяє подовжити канал обміну даними. Підключення периферійних пристроїв - до гнізда DB-9, розташованому на корпусі перетворювача. Пристрій з інтерфейсом CL в дуплексному режимі - кабель прокладається: двома крученими парами. Пристрій з інтерфейсом CL в напівдуплексному режимі - кабель прокладається однією крученою парою.У перетворювачах виконано гальванічне розділення пристроїв один від одного. Сигнальні ланцюги перетворювачів мають захист від імпульсних перешкод і розрядів.

1.3.2. Інтерфейс CAN.

Інтерфейс CAN (Controller Area Network) (локальна мережа контролерів) призначений для побудови периферійних підсистем середньої продуктивності.

За класифікацією CAN магістральний, послідовний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс.

CAN протокол, створений фірмою Bosch для автомобільної електроніки в 80-х роках, добре узгоджується з основними вимогами нижнього рівня промислових мереж. Він володіє високою гнучкістю, неруйнуючим арбітражем доступу до шини, вбудованими ефективними засобами контролю та діагностики з можливістю відключення дефектних вузлів. В даний час CAN мережі - одна з найбільш перспективних технологій промислових мереж. CAN протокол давно вийшов за рамки фірмової розробки і затверджений в якості міжнародного стандарту. Існує ряд міжнародних організацій і об'єднань, які забезпечують необхідний рівень стандартизації. Наприклад, організація CiA об'єднує понад 300 фірм, які або розробляють і виробляють засоби для побудови CAN мереж, або зайняті їх впровадженням у різних сферах; CAN протоколи підтримуються міжнародною асоціацією автомобільних інженерів SAE.

CAN протокол, так само як і інші протоколи локальних мереж, визначає два рівні моделі OSI - фізичний і канальний. Технологія передачі даних заснована на тих же принципах: використання загальних ресурсів, стандартизація алгоритмів і процедур, інтелектуалізація засобів

реалізації цих алгоритмів та процедур. Для прикладних завдань протокол не потребує реалізації інших рівнів моделі OSI і тому дуже часто описується спрощеної трирівневої моделлю. Третій прикладний рівень виходить за рамки CAN протоколу і зазвичай називається HLP протоколом. В даний час застосовують різні HLP протоколи, хоча в ряді випадків їх застосування необов'язково. У той же час HLP протоколи можуть істотно полегшити узгодження вимог прикладних завдань з можливостями CAN мережі. CAN протокол у рамках стандартів ISO11898, ISO11519 і J1939 (SAE) затверджений на базі протоколу CAN 2.0 A / B (Bosch) і визначає фізичний і канальний (MAC) рівні телекомунікаційної мережі. На відміну від класичних комп'ютерних мереж, CAN мережі орієнтовані на передачу повідомлень невеликих розмірів - до 8 байт. Завдяки ряду особливостей підтримують роботу в реальному масштабі часу, мультимастерність, прийом і обробку повідомлень будь-якою кількістю вузлів мережі, неруйнівний механізм арбітражу, самоконтроль та самодіагностику вузлів, будь-який вузол має можливість запитувати необхідні дані. Всі ці особливості, а також розміри і формат повідомлень, сформовані за вимогами систем управління технічними об'єктами, визначають високу ефективність і популярність CAN мереж. Звичайно, багато питань побудови мережі виходять за рамки CAN протоколу. Вирішенню цих питань присвячені HLP протоколи. Це, наприклад, можливість передачі повідомлень великих розмірів та основні алгоритми контролю і відновлення загублених повідомлень (LLC процедури), ініціалізація мережі автоматичним визначенням параметрів передачі даних, способи визначення ідентифікаторів в мережі і їх розподіл між вузлами, структура повідомлень і багато іншого.

Основними особливостями CAN мережі є механізм неруйнівного арбітражу доступу до середовища передачі даних і відсутність явної адресації вузлів і повідомлень. У більшості випадків реалізується адресація повідомлень. Побітовий неруйнівний арбітраж доступу до середовища передачі даних (загальною шиною) реалізується використанням рецесивного та домінантного рівнів сигналів. За допомогою домінантного сигналу рівень пріоритету встановлюється для повідомлень, а не для вузлів, хоча і використовується близький до Ethernet метод імовірнісного доступу з прослуховуванням несучої.

Для побудови CAN мережі застосовуються стандартні апаратні засоби: CAN - контролери та трансивери (прийомопередавачі). Багато провідних виробників випускають такі пристрої у вигляді інтегральних схем. Трансивери

забезпечують прийом і передачу сигналів через лінії зв'язку (фізичний рівень). CAN - контролери управляють доступом до середовища передачі даних, а також проводять підготовку та обробку переданих кадрів (канальний і частково фізичний рівень)

Фізичний рівень CAN мережі.

Передача сигналів здійснюється по двопровідній лінії, класичний варіант - вита пара. Можуть застосовуватися й інші фізичні лінії зв'язку, наприклад, передбачається можливість передачі по лінії зв'язку і сигналів, і живлячої напруги. Швидкість передачі даних стандартизована і може лежати в діапазоні від 10 кбіт / с до 1 Мбіт / с. Через особливості алгоритму арбітражу застосовується сигнальний код NRZ, а максимальна довжина лінії зв'язку й швидкість передачі даних жорстко пов'язані. Час подвійного обороту, що визначається затримкою сигналів, повинно бути менше тривалості одного бітового інтервалу. На кількість вузлів обмежень немає.

Побітовий неруйнівний арбітраж використовує домінантний і рецесивний рівні сигналів у лінії зв'язку. Якщо трансивери двох вузлів формують різні рівні сигналів, то в лінії зв'язку буде передаватися домінантний рівень. Протокол передбачає контроль рівня сигналу в лінії зв'язку паралельно з передачею, якщо сигнал в лінії відрізняється від переданого, вузол зобов'язаний перервати передачу. Таким чином, передача повідомлення з домінантними сигналами завжди буде продовжуватися, а передача повідомлення з рецесивними сигналами може бути перервана при одночасній роботі декількох трансиверів.

CAN протокол амплітуду сигналів жорстко не визначає, межі сигналів задані на рівні $1/3$ від напруги живлення. При стандартній напрузі 5 В ці межі становлять 1,5 В та 3,5 В. Домінантний сигнал (0) відповідає напрузі більше 3,5 В на шині CAN H і напрузі менше 1,5 В на шині CAN L. Рецесивний сигнал (1) - однакові напруги на обох шинах. Входи трансиверів ідентифікують сигнали за різницею напруг, тому синфазні перешкоди не призводять до спотворення сигналів. Для підвищення надійності в трансиверах рекомендується застосовувати стандартні засоби гальванічного розділення схем.

Синхронізація вимагає виділення синхросигналів із прийнятих сигналів. Оскільки код NRZ припускає перемикання сигналів тільки на кордонах бітових інтервалів, протокол забороняє передачі довгих послідовностей однакових сигналів. Використовуваний алгоритм біт-стаффінга реалізує додавання протилежного біта після будь-якої послідовності, яка містить п'ять однакових

біт. Це дозволяє забезпечити надійну синхронізацію при передачі довільних бітових послідовностей. Крім того, послідовності, що містять більше п'яти однакових біт поспіль, використовуються як повідомлення про помилки.

Тактові генератори всіх вузлів автономні і мають працювати на номінально однакових частотах. Для забезпечення надійної синхронізації бітовий інтервал (час передачі одного біта, визначається швидкістю передачі) розбивається на часові кванти (період тактових імпульсів). У бітовому інтервалі за стандартом може міститися від 8 до 25 часових квантів. Для синхронізації завжди використовується перший часовий квант кожного бітового інтервалу, а ідентифікація сигналу проводиться в останній чверті бітового інтервалу (sample point). Максимальна розбіжність у часових межах не перевищує одного часового кванта для вузлів з дещо відмінними реально тактовими частотами (частоти збігаються тільки номінально). І ця розбіжність не виводить точку ідентифікації (sample point) за припустимі межі. Синхроімпульси формуються по кожному переключенню з домінантного в рецесивний рівень. Оскільки біт-стаффінг забороняє в кадрі передачу більш 5 однакових біт поспіль, синхроімпульси будуть формуватися не рідше одного разу за десять бітових інтервалів. Різниця в тактових частотах вузлів мережі не повинна приводити до помилок синхронізації за цей період, що нескладно забезпечити сучасними апаратними засобами.

Рекомендовані значення швидкостей передачі (із зазначенням максимальної довжини ліній зв'язку), часових квантів (величина зворотна тактовій частоті) і кількості часових квантів у бітовому інтервалі наведені в таблиці. Стандартне номінальне значення тактової частоти, необхідне для синхронізації на максимальній швидкості, становить 8 МГц. Для вирішення основних завдань фізичного рівня випускаються інтегральні схеми трансіверів для різних стандартних напруг живлення і типів ліній зв'язку відповідно до вимог CAN протоколу.

Канальний рівень CAN мережі.

Реалізація процедур CAN протоколу проводиться спеціальними апаратними засобами - CAN контролерами. Ці контролери випускаються або у вигляді окремих інтегральних схем, або є вбудованими елементами більш складних пристроїв. CAN контролер в комплекті з IC CAN трансівера забезпечує роботу локальної мережі, реалізуючи всі необхідні функції: від управління доступом до середовища передачі даних (MAC - процедури) до передачі сигналів по лінії зв'язку. Для HLP протоколів залишаються тільки

функції налаштування мережі: автоматичний вибір і завдання швидкості передачі, підтримка алгоритмів контролю повідомлень, передача повідомлень великого обсягу, автоматичний розподіл ідентифікаторів в мережі і т.п. Ці завдання можуть бути вирішені без HLP протоколів, при проектуванні мережі можна вручну задати всі необхідні параметри і режими і провести налаштування CAN контролерів. HLP протоколи дозволяють автоматизувати ці процедури і в ряді випадків змінювати їх у процесі роботи.

CAN мережа мультимайстерна, тобто всі вузли мають рівні права доступу. Якщо шина вільна, кожен з вузлів у довільний момент часу може починати передачу повідомлення (кадру). Все що передаються повідомлення приймаються усіма вузлами, CAN контролер кожного вузла містить фільтр повідомлень. Цей фільтр може бути налаштований на обробку повідомлень з певними ідентифікаторами, всі інші повідомлення будуть ігноруватися. Тобто повідомлення в мережі можуть прийматися і оброблятися будь-яким числом вузлів залежно від налаштування їх вхідних фільтрів. Це дозволяє, наприклад, обробляти повідомлення одного датчика усіма вузлами, яким ці дані необхідні. При спробі одночасної передачі кадрів декількома вузлами працює механізм порозрядного неруйнівного арбітражу, що забезпечує першочерговий доступ повідомленнями з високим рівнем пріоритету (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration on Message Priority - CSMA / CD + AMP). Передача пріоритетного повідомлення буде продовжена, а інші вузли повинні перервати передачу до звільнення шини. Рівень пріоритету визначається станом і кількістю доміантних біт у полі арбітражу, в якому передається ідентифікатор повідомлення. Меншому значенню ідентифікатора відповідає більш високий рівень пріоритету.

Кожен передавальний вузол, формуючи сигнали на шині, контролює її стан і продовжує передачу до тих пір, поки стан шини і сигнали, що передаються збігаються. Припинення передачі відбувається тільки при передачі рецесивного біта, якщо одночасно який-небудь інший вузол передає доміантний біт. При цьому вузол, формуючий доміантний біт, передачу повідомлення продовжить.

Зміст переданих даних визначається 11-бітним ідентифікатором (29-бітний ідентифікатор у розширеному форматі), що стоїть на самому початку повідомлення. Особливістю є те, що цей ідентифікатор визначає пріоритет. Крім того, ідентифікатори присвоюються не вузлами, а повідомленнями визначаються та містяться в повідомленнях даними. Такий тип розсилки

повідомлень називається "схема адресації, орієнтована на вміст". При цьому один вузол може відправляти повідомлення з різними ідентифікаторами в залежності від характеру переданих даних, а також приймати і обробляти повідомлення з різними ідентифікаторами в залежності від налаштування вхідних фільтрів.

У результаті застосування схеми адресації, орієнтованої на вміст, забезпечується висока ступінь конфігурується і гнучкості системи. Додавання в мережу нових вузлів може здійснюватися без модифікації апаратної або програмної частини мережі.

CAN протокол передбачає два алгоритми передачі даних: передавальний вузол самостійно передає кадр даних, інші вузли його приймають і обробляють; вузол може послати запит на необхідні дані, за цим запитом вузол-джерело даних передає повідомлення, яке, як і в першому випадку, приймається і обробляється.

Дані передаються в кадрі даних (data frame), а для запиту даних передбачений кадр запиту (remote frame), що має схожу структуру. Кадр для передачі по шині складається з семи основних полів. CAN протокол підтримує два формати кадрів (стандартний і розширений), які різняться тільки завдовжки ідентифікатора (ID).

Кадр стандартного формату починається стартовим бітом "початок кадру" (SOF - Start of Frame). За ним слідує поле арбітражу, що містить 11-бітний ідентифікатор і біт RTR запиту віддаленої передачі (Remote Transmission Request). Цей біт вказує, чи передається кадр даних (0) або кадр запиту (1), в якому відсутнє поле даних.

Управляюче поле містить біт розширення ідентифікатора (IDE - identifier extension), який вказує тип формату кадру - стандартний (0) або розширений (1). (У розширеному форматі після біта IDE слідує 18 додаткових біт ідентифікатора). Крім того, в цьому полі знаходяться зарезервовані на майбутнє біт R0 і чотири біта DLC для вказівки довжини поля даних. За керуючим полем йдуть поле даних (0-8 байт) і поле (15 біт + рецесивний біт обмежувача цього поля) циклічного контролю CRC, використовуване для контролю кадру ($x_{15} + x_{14} + x_{10} + x_8 + x_7 + x_4 + x_3 + 1$).

Поле підтвердження (ACK) складається з області ACK довжиною в 1 біт і обмежувача поля ACK. ACK-біт поміщається на шину передавачем як рецесивна (логічна 1). Приймачі, коректно прийняли ці дані, перетворюють його в логічний 0, роблячи його домінантним. Таким чином, передавальний вузол

отримує підтвердження, що хоча б один приймач правильно прийняв його повідомлення. Повідомлення підтверджуються приймачами незалежно від результату тестування даних при прийомі. Кінець повідомлення вказується EOF (7 рецесивних біт), після якого йде пауза. Довжина паузи дорівнює мінімальній кількості бітів (3 біта), що відокремлюють послідовні повідомлення.

На відміну від інших шинних систем, в CAN протоколі не використовуються підтверджуючі повідомлення. Замість цього він сигналізує про виникнення помилки передачі. Всього в CAN-протоколі реалізовано п'ять механізмів перевірки на наявність помилок. Прапор помилки - це повідомлення, що містить 6 доміантних біт поспіль. Інші вузли, прийнявши таку послідовність, також можуть передати прапор помилки. Тому максимальна довжина цього поля може досягати 12 доміантних біт. Завершується кадр помилки обмежувачем прапора помилки з 8 рецесивних біт, після стандартної паузи (3 біта), перервана кадром помилки передача повинна бути повторена.

Перші три алгоритми контролю реалізовані на рівні повідомлень: Циклічний контроль. Контрольовані поля кадру від SOF до CRC. При використанні цього методу в кінці передачі додаються біти циклічного надлишкового коду. При прийомі повідомлення відбувається його повторне обчислення і порівняння з отриманим кодом циклічного контролю. Якщо ці два значення не збігаються, то виявляється помилка CRC "Контроль кадру" та перевіряється відповідність структури переданого кадру його фіксованим форматом та розміром. Помилки, які можуть виникнути при перевірці кадру, отримали назву "Помилки формату".

Помилки підтвердження. Як вже раніше було сказано, прийняті кадри підтверджуються всіма приймачами. Якщо передавач не отримав жодного підтвердження, то це може означати, що приймачі виявили помилку (спотворено поле АСК), або приймачі взагалі відсутні в мережі. Наступні два алгоритми визначення помилок реалізовані в протоколі CAN на бітовому рівні.

Моніторинг шини. Одна з особливостей CAN мережі полягає в тому, що передавальний вузол може контролювати свій власний сигнал на шині під час передачі. Таким чином, кожен вузол може спостерігати за рівнем сигналу на шині і визначати відмінність переданого і прийнятого біта. Розбіжність сигналів у полі арбітражу вимагає припинення передачі, а розбіжність в інших полях кадру генерує помилку.

Заповнення бітами. У CAN використовується сигнальний код NRZ. Однак, якщо поспіль йде занадто багато бітів з одним і тим же значенням, то можливий збій синхронізації. Якщо в повідомленні поспіль йдуть п'ять бітів з однаковим значенням, то передавач автоматично вставляє додатковий біт. Цей біт автоматично видаляється з повідомлення приймачами. Якщо буде отримано шість послідовних бітів з одним і тим же значенням, то по CAN протоколу це вважається помилкою.

Якщо протягом передачі кадру хоча б одна станція знайде помилку за допомогою одного з алгоритмів контролю (локальна помилка), то вона передає кадр помилки, який аварійно завершує поточну передачу. У цьому випадку всі вузли мережі не обробляють отримане повідомлення, чим досягається несуперечність даних у всій мережі. Вузли мережі, які не виявили помилку, після прийому кадру помилки повинні повторити передачу кадру помилки (глобалізація помилки), тому максимальна довжина цього поля може досягати 12 доміантних біт. Завершується кадр помилки обмежувачем прапора помилки з 8 рецесивних біт, після стандартної паузи (3 біта), перервана кадром помилки передача повинна бути повторена. Як правило, повторна передача починається протягом періоду часу, відповідного передачі 23 бітів, який починається з моменту виявлення помилки.

Для реалізації процедур самоконтролю кожен вузол CAN мережі містить два лічильники: лічильник помилок прийому (REC) і лічильник помилок передачі (TEC). Лічильники автоматично інкрементуються після виявлення кожної помилки і декрементуються після коректної передачі або прийому кадру. Залежно від стану лічильників помилок вузол може перебувати в одному з трьох станів: активної помилки, пасивної помилки, відключений від шини. Стан активної помилки є основним для вузла CAN мережі і передбачає його нормальне функціонування. При виявленні помилки в цьому стані вузол посилає кадр активної помилки (6 доміантних біт). Стан активної помилки буде тривати до тих пір, поки число помилок у будь-якому з лічильників не перевищує 127. Якщо число помилок перевищує 96, мікроконтролеру вузла передається повідомлення про критичне число помилок. При числі помилок більше 127, але менше 256 вузол переходить в стан пасивної помилки. Стан пасивної помилки свідчить про часто повторюваних помилках. Вузол з цього стану може самостійно повернутися до активної помилки, якщо число помилок у лічильниках стане менше 128. При виявленні чергової помилки вузол має право передати тільки кадр пасивної помилки (6 рецесивних біт), який не

може змінити поточну передачу будь-якого іншого вузла. При повторенні перерваної передачі цього вузла повинна бути зроблена додаткова пауза (8 рецесивних біт) для того, щоб не заважати передачі кадрів інших вузлів.

Якщо число помилок у будь-якому з лічильників перевищить 255, вузол повинен відключитися від шини (на практиці REC містить тільки 8 дв. розрядів і тому число помилок прийому не може перевищити цей поріг). Самостійно CAN контролер вузла не може повернутися в робочий стан. Якщо проведене зовнішнє скидання, CAN контролер повертається в стан активної помилки і після паузи 128x11 (1408) може передавати повідомлення. CAN протокол визначає правила накопичення кількості помилок в лічильниках REC и TEC. Залежно від виду помилки збільшення числа помилок в лічильниках може бути від 1 до 8 при виявленні одноразової помилки. Декремент вмісту лічильників у стані активної помилки змінюється завжди тільки на 1. Це дозволяє присвоювати різні ваги різних помилок. Наприклад, виявлення помилки при прийомі збільшує REC на одиницю одночасно з відправкою кадру активної помилки; якщо приймається домінантний біт після відправки вузлом кадру активної помилки, REC збільшується на 8, так як це означає, що лише цей вузол виявив помилку. Успішний прийом кадру вузлом зменшує REC (якщо він був не нульовим) на 1 в стані активної помилки; якщо вузол був у стані пасивної помилки, в REC встановлюється величина від 119 до 127 (тобто при TEC менше 128 вузол перейде в стан активної помилки). Будь-який вузол може також послати кадр перевантаження (overload frame), якщо, по-перше, він не встигає обробляти повідомлення і не може забезпечити приймання наступного повідомлення, по-друге, при прийомі домінантних біт в паузі між кадрами (це може означати втрату синхронізації при прийомі). Кадр перевантаження має такий же формат, як і кадр помилки, але передається завжди тільки після завершення прийому кадру. А кадр помилки може бути переданий тільки в процесі передачі кадру. Кадр перевантаження не збільшує стан лічильників помилок і не призводить до повторної передачі кадрів. Допускається передача вузлом не більше 2 кадрів перевантаження поспіль. У відповідності з усіма процедурами контролю: передача кадру вважається успішною, якщо не виявлено помилок до кінця поля EOF; прийом кадру вважається успішним, якщо не виявлено помилок протягом міжкадрового інтервалу (3 біта після EOF).

Необхідно пам'ятати, що CAN протокол не містить ефективних засобів контролю та відновлення змінених даних крім процедури контролю CRC.

Процедури LLC не передбачені. Незважаючи на високу завадостійкість можливі пропадання та вставки. Якщо необхідні додаткові засоби контролю даних, вони повинні реалізовуватися HLP протоколами.

В даний час випускають CAN контролери, які підтримують одну з трьох версій протоколу. Версія CAN 2.0A підтримує роботу тільки з кадрами стандартного формату, що мають 11-бітний ідентифікатор. CAN 2.0B passive забезпечує передачу кадрів стандартного формату, а прийом і обробку кадрів і стандартного формату, і розширеного формату з 29-бітним ідентифікатором. CAN 2.0B active забезпечує обробку кадрів обох форматів.

Очевидно, що CAN контролер повинен містити буферні запам'ятовуючі пристрої для переданих даних та для даних, що приймаються. Реалізація процедур CAN протоколу, як правило, проводиться апаратно з передачею через трансивер вихідних сигналів вузла (Tx) і вхідних сигналів з шини (Rx). Приймальний фільтр апаратно виробляє селективний запис прийнятих кадрів за їх ідентифікаторів на буферну пам'ять. Передбачається, що буфер передачі повинен забезпечувати зберігання, принаймні, одного повідомлення, а буфер прийому - не менше двох повідомлень. Найчастіше CAN контролери мають більший обсяг буферних запам'ятовуючих пристроїв. Доступ до даних в буферних запам'ятовуючих пристроїв може здійснюватися за алгоритмом FIFO або в більш складних реалізаціях з урахуванням рівня пріоритету, який визначається ідентифікатором. Інтерфейс CAN контролера з керуючим мікровузлом - стандартний. Через цей інтерфейс відбувається налаштування параметрів, режимів, приймального фільтра, а також обмін даними з CAN шиною. В даний час серійно випускається досить велике число керуючих мікроконтролерів, які містять вбудовані засоби для обміну даними по CAN мережі.

У зв'язку з тим, що CAN протокол визначає тільки процедури фізичного і MAC рівнів, а побудова мережі потребує вирішення й інших завдань, пов'язаних, наприклад, з процедурами LLC, процедурами автоматичного вибору параметрів і режимів при ініціалізації роботи вузлів, розроблені так звані CAN HLP протоколи.

До теперішнього часу відомо вже більше чотирьох десятків CAN HLP. Серед CAN HLP найбільшого поширення в системах промислової автоматизації отримали чотири, підтримувані асоціацією CiA: CAL/CANopen, CAN Kingdom, DeviceNet і SDS.

Висновок. Протокол CAN один із найкращих для систем, у яких має передаватися небагато інформації (на відміну від USB чи Ethernet) до будь-якого чи всім вузлам мережі. Він має певні переваги, серед яких:

- Багатокористувацький доступ з опитуванням стану шини дозволяє кожному вузлу одержати доступ шині з урахуванням пріоритетів.
- Неадресована структура повідомлень дозволяє організувати багатоабонентську доставку даних із скороченням трафіку шини.
- Швидка стійка передача інформації і системи контролю помилок дозволяє відключати несправні вузли від шини, яка гарантує доставку критичних за часом повідомлень.

З огляду на те, що у ринку запропонований великий асортимент вузлів вводу/виводу, датчиків і приводів для прикладних протоколів CANopen і DeviceNet, можна стверджувати, що CAN незамінний нових розробок, у яких важливе значення мають такі параметри як реальне час, стабільність зв'язку, отказобезопасность, доступність надійних стеків і інструментальних коштів на прикладних протоколів.

Отже, розробник може використовувати надійне програмне забезпечення прикладного рівня практично всіх доступних мікроконтролерів, що дозволяє знизити ризик, прискорити просування ринку і знизити видатки розробки.

Питання для самоперевірки:

1. Яке основне призначення інтерфейсу CL?
2. Яке основне призначення інтерфейсу CAN?
3. Які швидкості обміну даними можуть застосовуватися в асинхронному режимі обміну даними інтерфейсу CL?
4. Скільки ліній зв'язку використовується в інтерфейсі CL?
5. Який тип ліній зв'язку використовується в інтерфейсі CL?
6. Яке призначення гальванічного розділення сигналів у інтерфейсі CL?
7. Які сигнали використовуються для кодування інформації в інтерфейсі CL?
8. Які особливості апаратних драйверів інтерфейсу CL?
9. Які особливості управління потоком даних в інтерфейсі CL?
10. Які два рівні моделі OSI використовує CAN протокол?
11. Які функції виконують CAN-трансивери?
12. Які функції виконують CAN-контролери?
13. Які межі амплітуди сигналів на інтерфейсній шині CAN?
14. Які відмінності між домінантними та рецесивними сигналами CAN?

15. Скільки часових квантів може міститися у бітовому інтервалі CAN?
(8-25)
16. Скільки розрядів у ідентифікаторах змісту переданих даних CAN? (11
та 29)

1.4. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу MIL-1553B.

Інтерфейс MIL 1553B призначений для побудови периферійних підсистем, здатних функціонувати у середовищах з високою інтенсивністю завад. Розроблено для ВПС США як основу передавання даних у військових літальних апаратах. Пізніше його скопіювали у міжнародний стандарт та розширили сферу застосування. Мережа, згідно з цим стандартом, має високу перепускную здатність, надійність, незначну чутливість до завад. Бортова система забезпечує обмін даними між різними автономними підсистемами, що розміщені в різних частинах літака. Такі підсистеми призначені для розв'язування задач обчислювального типу, збирання та первинного опрацювання інформації від давачів. Відповідно до стандарту MIL 1553B бортові підсистеми, які називають терміналами, з'єднують за допомогою двопроводової інформаційної магістралі, виконаної у вигляді екранованої скрученої пари дротів. Для підвищення надійності на борту можуть бути дві або більше резервних магістралей.

Периферійна підсистема передбачає взаємодію через загальну магістраль контролера (К), що є складовою частиною комп'ютера, та до 31 периферійних пристроїв, які для цього інтерфейсу отримали назву кінцевих пристроїв (КП).

Пристрої приєднують до магістралі за допомогою адаптера. Адаптер складається з розв'язувального трансформатора, приймача-передавача, генератора тактових імпульсів, шифратора-дешифратора. Шифратор-дешифратор виконує головні функції перетворення даних, а саме: кодування-декодування даних у коді Манчестер-II, перетворення з паралельного коду в послідовний і навпаки, контроль достовірності прийнятого слова, декодування адреси терміналу та ін. Слова формує термінал. З використанням стандарту MIL 1553B за допомогою магістрального інтерфейсу можна об'єднати до 31 терміналу.

Розглянемо фізичний рівень підключення абонента до магістралі. Стандарт передбачає два види підключення - з одинарною чи подвійною трансформаторною розв'язкою. Вибір схеми підключення визначається відстанню від абонента до магістралі (рис.1.9). Тут ІТ - ізолюючий трансформатор; СТ - узгоджувальний трансформатор; $R_{i1} = 55 \text{ Ом}$; $R_{i2} = 0,75Z_0$; Z_0 - хвильовий опір лінії магістралі (characteristic impedance), яке

становить 70-85 Ом на частоті 1 МГц; V_{p-p} - значення напруги peak-to-peak (розмах).

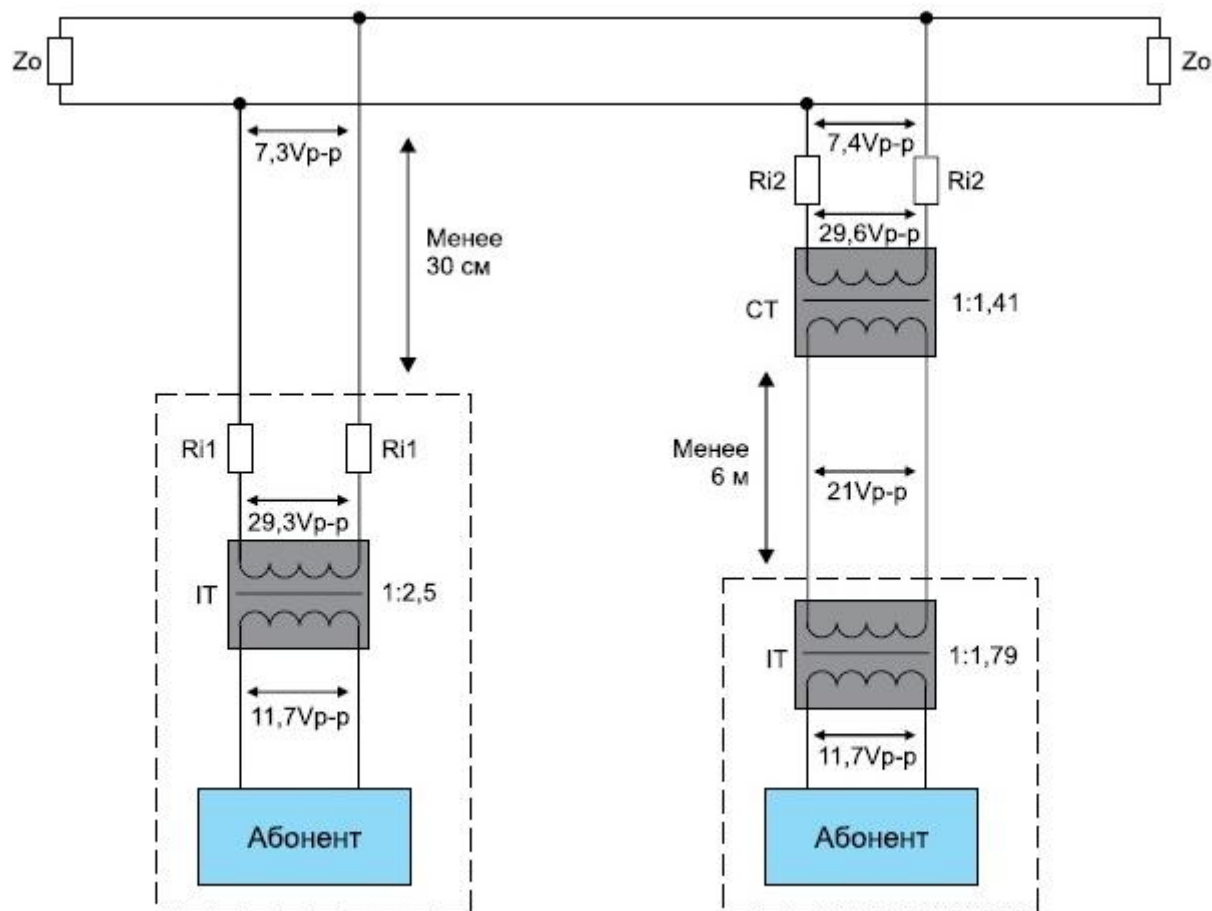


Рис. 1. 9. Схеми підключення абонента до магістралі

Одинарне трансформаторне розділення використовується, якщо протяжність з'єднання до основної магістралі не перевищує 30 см. Подвійне трансформаторне розділення використовується, якщо протяжність з'єднання не перевищує 6 м.

Під абонентом розуміється цифрова система управління для організації і обробки пакетів протоколу на логічному рівні, а також драйвер фізичного рівня. В якості цифрової системи управління може використовуватися мікроконтролер або ПЛІС. Апаратний драйвер - це пристрій, призначений для перетворення рівнів напруг в магістралі в логічні рівні КМОП або ТТЛ.

Протокол логічного рівня має наступні особливості Інформація в мультиплексному каналі передається з частотою 1 МГц словами по 20 біт. Слова передаються пакетами. Кількість слів в пакеті може бути різним, залежно від виду пакета.

Необхідно відзначити, що вся інформація на магистралі передається в коді «Манчестер-2». Це означає, що периферійна підсистема повинна мати в своєму складі кодер і декодер цього коду.

Код «Манчестер-2» відноситься до фазоманіпульованих кодів і має нульову постійну складову. Передача нулів і одиниць визначається не рівнем, а переходом з рівня на рівень посередині такту (рис. 1. 10).

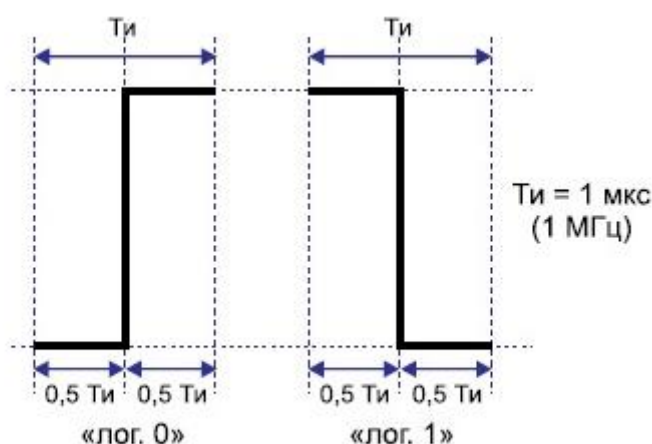


Рис. 1.10. Передача логічних нуля і одиниці в коді «Манчестер-2»

Відповідно до стандарту цього протоколу слова можуть мати три різних формати: командне слово (КС); інформаційне слово (ІС); слово відповіді (СВ). Бітовий склад цих слів наведено на рис. 1.11.



Рис. 1.11. Формати інтерфейсних слів

Командне слово передається від контролера каналу кінцевому пристрою. Командне слово містить в собі адресу КП (Address Remote Terminal, ADDR RT), якому призначена інформація, субадрес (sub-address, SUBADDR) і скільки саме

слів (N) буде передано на це КП або прийнято від нього. Біт прийому-передачі (Write-Read, WR) говорить про те, в якому напрямку будуть передаватися наступні за командним словом інформаційні слова. Якщо $WR = 0$, контролер каналу передає дані на термінал. Якщо $WR = 1$, контролер каналу приймає дані від кінцевого пристрою.

Якщо командне слово містить не субадресу, а ознаку команди (Command Indication, CI), то замість кількості слів передається команда (Command, COM).

Інформаційне слово містить тільки дані розрядністю 16 біт і може передаватися як від контролера каналу до кінцевого пристрою, так і в зворотному напрямку.

Слово відповіді передається кінцевим пристроєм на контролер каналу. Воно необхідне для підтвердження того, що периферія прийняла пакет. Для того щоб контролер каналу знав, від кого прийшло у відповідь слово, в ньому міститься адреса КП. Решта біти несуть службову інформацію: А - ознака помилки в повідомленні; В - інструментальний біт; С - запит на обслуговування; Х - зарезервовано, може використовуватися на розсуд розробника; D - ознака прийняття групової команди; Е - ознака зайнятості абонента; F - прапор несправності абонента; G - ознака прийняття управління каналом; Н - прапор несправності.

У кожному з цих слів використовується біт паритету (Parity, P). Біт паритету повинен мати таке значення, щоб загальна кількість одиниць в слові (за винятком синхросигналу) було непарним. Якщо поле ADDR RT має значення «1111», то посилка адресована всім кінцевим пристроям. Саме це пояснює те, що всього кінцевих пристроїв може бути не 32, а 31.

Ознака команди CI має значення «00000» або «11111». Всі інші значення - це субадрес (SUBADDR). Використання додаткових команд управління дозволяє, наприклад, блокувати і розблокувати передавач резервної лінії. (Детально про це написано в стандарті.)

Слід згадати інструментальний біт (В). Використання інструментального біта дозволяє моніторам відрізнити командні слова від відповідних. Значить, при використанні цього біта кількість можливих значень SUBADDR скорочується з 30 до 14. Якщо в поле «кількість слів» N вказана цифра 0, то мається на увазі 32 слова.

Передаванням даних керує одна з підсистем - контролер. Обмін даними відбувається асинхронно в напівдуплексному режимі. На початку слова є спеціальний синхронізаційний символ, довжина якого становить три

інформаційні розряди. У кінці слова є один розряд для перевірки на парність. Дані передаються в послідовному коді зі швидкістю 1 Мбіт/с і до 47 тисяч інформаційних слів за секунду. Довжина магістралі не перевищує 100 м. Ймовірність появи помилки під час передавання слова не більше 0,1%.

У випадку передавання даних від контролера до термінала контролер передає командне слово, в якому зазначено адресу термінала, вимогу виконати операцію приймання даних і кількість інформаційних слів. Далі відбувається передавання інформаційних слів. Потім контролер чекає від термінала слово стану, яке підтверджує, що збоїв нема.

Передавання даних від термінала до контролера відбувається так. Контролер ініціює обмін передаванням командного слова, у якому є вимога виконати операцію передавання даних, адреса термінала, кількість інформаційних слів. Термінал, який бере участь в обміні, відповідає контролеру словом стану, після чого починає передавати задану кількість інформаційних слів.

У випадку передавання даних між двома терміналами контролер передає магістралю два командні слова. У першому з них зазначено адресу термінала, який повинен прийняти дані, вимогу виконати операцію приймання, кількість інформаційних слів, у другому - адресу термінала, який передає дані, вимогу виконати операцію передавання, кількість інформаційних слів. Закінчується обмін тим, що термінал-приймач пересилає слово стану для контролера.

Можна також організувати передавання даних усім терміналам відразу. У цьому випадку контролер передає в магістраль слово з фіксованою адресою, яку розпізнають усі термінали.

Стандарт допускає передавання в одному повідомленні до 32 інформаційних слів, а також команд без інформаційних слів.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса MIL-1553B.
2. Які загальні особливості інтерфейса MIL-1553B?
3. Яка продуктивність інтерфейса MIL-1553B?
4. Які типи слів передбачені в інтерфейсі MIL-1553B?
5. Яка тривалість інтерфейсних слів у тактах? (20)
6. Скільки кінцевих пристроїв може бути у периферійній підсистемі?

1.5. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу I2C.

Інтерфейс I²C — послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем, розроблена фірмою Philips на початку 1980-х як проста шина внутрішнього зв'язку для створення керуючої електроніки. Використовується для з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з материнською платою, вбудовуваними системами та мобільними телефонами. Назва є аббревіатурою слів Inter-Integrated Circuit.

За класифікацією це магістральний, послідовний, напівдуплексний, синхронний інтерфейс.

I²C використовує дві двонаправлені лінії, підтягнуті до напруги живлення та керовані через відкритий колектор або відкритий стік — послідовна лінія даних (SDA, англ. Serial DATA) і послідовна лінія тактування (SCL, англ. Serial CLOCK). Стандартні напруги +5 В або +3,3 В, проте допускаються й інші.

Приклад схемотехнічного та структурного рішень наведений на рис. 1.12, часова діаграма передавання даних — на рис. 1.13.

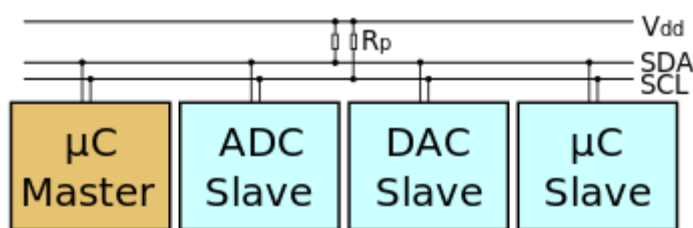


Рис. 1.12. Приклад схемотехніки з одним мікроконтролером (uC Master) і трьома підлеглими (Slave) пристроями

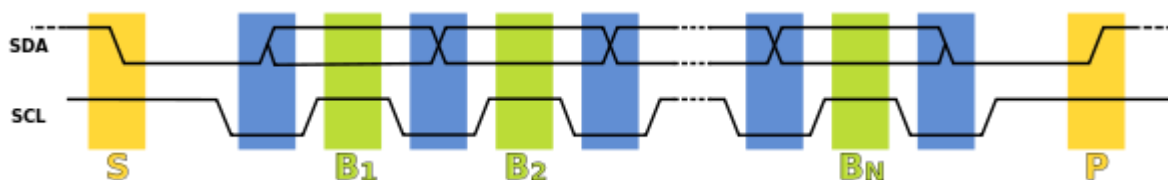


Рис. 1.13. Тактування послідовності передачі даних

Класична адресація включає 7-бітовий адресний простір з 16 зарезервованими адресами. Це забезпечує до 112 вільних адрес для підключення периферії на одну шину.

Основний режим роботи — 100 кбіт/с; 10 кбіт/с в режимі роботи із зниженою швидкістю. Зауважимо, що стандарт допускає припинення тактування для роботи з повільними пристроями.

Після перегляду стандарту 1992 року стає можливим підключення ще більшої кількості пристроїв на одну шину (за рахунок можливості 10-бітної адресації), а також збільшити швидкість обміну даними до 400 кбіт/с у швидкісному режимі. Відповідно, доступна кількість вільних вузлів зросла до 1008. Максимальна допустима кількість мікросхем, приєднаних до однієї шини, обмежується максимальною ємністю шини в 400 пФ.

Версія стандарту 2.0, випущена 1998 року представила високошвидкісний режим роботи зі швидкістю до 3,4 Мбіт/с зі зниженим енергоспоживанням. Версія 2.1 2001 року включила лише незначні доопрацювання.

Принцип формування стану початку передавання даних СТАРТ і завершення передавання даних СТОП у наступному (рис.1.14). Процедура обміну починається з того, що провідний (вузол, який ініціює передачу даних) формує стан СТАРТ: генерує перехід сигналу лінії SDA з високого стану в низький при високому рівні на лінії SCL. Цей перехід сприймається усіма пристроями, підключеними до шини, як ознака початку процедури обміну. Генерація синхросигналу — це завжди обов'язок провідного; кожний провідний генерує свій власний сигнал синхронізації при пересиланні даних по шині. Процедура обміну завершується тим, що провідний формує стан СТОП — перехід стану лінії SDA з низького стану в високий при високому стані лінії SCL. Стани СТАРТ і СТОП завжди виробляються провідним. Вважається, що шина зайнята після фіксації стану СТАРТ. Шина вважається звільненою через деякий час після фіксації стану СТОП. При передачі послідовностей по шині I2C кожний провідний генерує свій синхросигнал на лінії SCL. Після формування стану СТАРТ, провідний опускає стан лінії SCL в низький стан і виставляє на лінію SDA старший біт першого байта повідомлення. Кількість байт в повідомленні не обмежена. Специфікація шини I2C дозволяє зміни на лінії SDA лише при низькому рівні сигналу на лінії SCL. Дані дійсні та повинні залишатися стабільними лише під час високого стану синхроімпульсу. Для підтвердження прийому байта від провідного-передавача веденим-приймачем в специфікації протоколу обміну по шині I2C вводиться спеціальний біт підтвердження, який виставляється на шину SDA після прийому 8 біта даних.

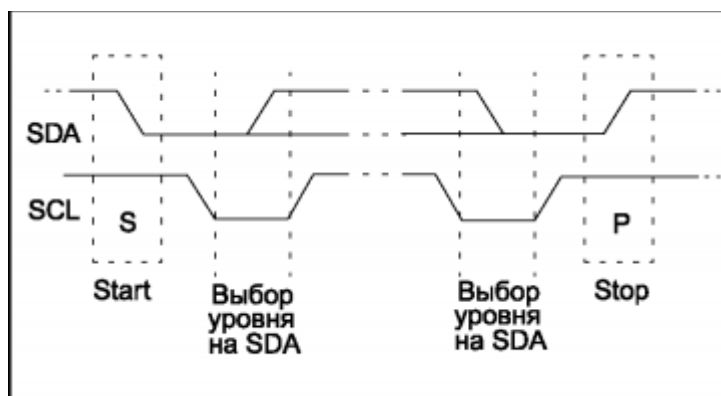


Рис. 1.14. Часова діаграма станів СТАРТ і СТОП

Передача 8 біт даних від передавача до приймача завершується додатковим циклом (формуванням 9-го тактового імпульсу лінії SCL), при якому приймач виставляє низький рівень сигналу на лінії SDA, як ознаку успішного прийому байта (рис. 1.15).

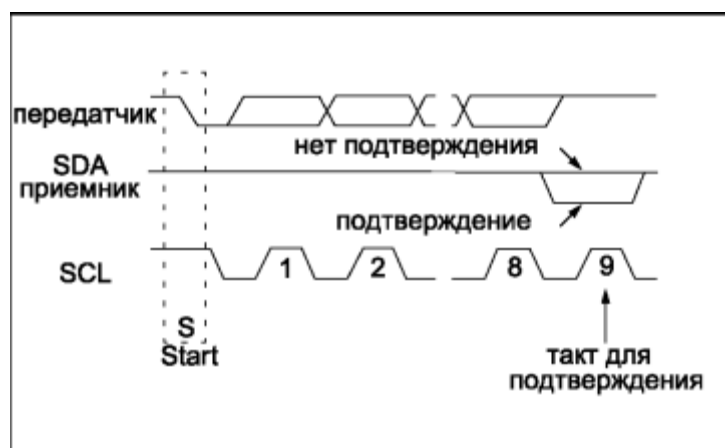


Рис.1.15. Підтвердження прийому

Підтвердження при передачі даних обов'язкове, крім випадків закінчення передачі веденою стороною. Відповідний імпульс синхронізації генерується ведучим. Передавач відпускає (високу) лінію SDA на час синхроімпульсу підтвердження. Приймач повинен утримувати лінію SDA протягом високого стану синхроімпульсу підтвердження в стабільному низькому стані. У тому випадку, коли ведений-приймач не може підтвердити свою адресу (наприклад, коли він виконує в цей момент будь-які функції реального часу), лінія даних повинна бути залишена в високому стані. Після цього провідний може видати сигнал СТОП для переривання пересилання даних. Якщо у пересиланні бере

участь провідний -приймач, то він повинен повідомити про закінчення передачі веденого-передавача шляхом непідтвердження останнього байта. Ведений-передавач повинен звільнити лінію даних для того, щоб дозволити провідному видати сигнал СТОП або повторити сигнал СТАРТ.

Синхронізація виконується з використанням підключення до лінії SCL за правилом монтажного І (рис. 1.16). Це означає, що провідний не має монопольного права на керування переходом лінії SCL з низького стану в високий. У тому випадку, коли веденому потрібен додатковий час на обробку прийнятого біта, він має можливість утримувати лінію SCL в низькому стані до моменту готовності до прийому наступного біта. Таким чином, лінія SCL буде знаходитися в низькому стані протягом найдовшого низького періоду синхросигналів.

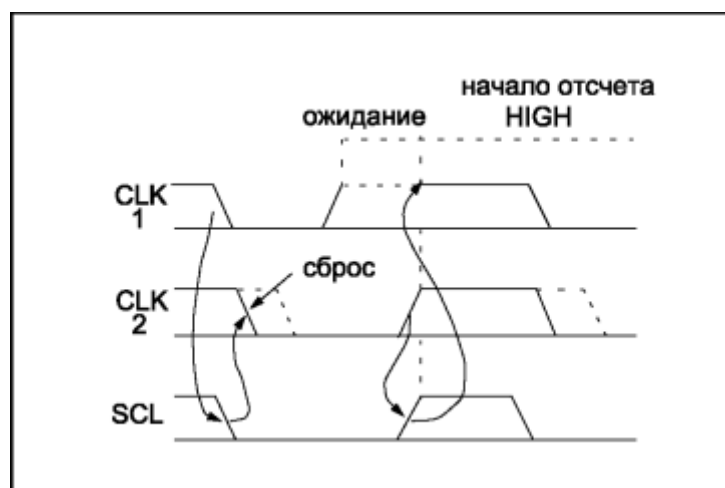


Рис. 1.16. Синхронізація тактового сигналу на шині I²C

Пристрої з більш коротким найнижчим періодом будуть входити в стан очікування на час, поки не закінчиться довгий період. Коли у всіх задіяних пристроїв скінчиться низький період синхросигналу, лінія SCL перейде в високий стан. Всі пристрої почнуть проходити високий період своїх синхросигналів. Перший пристрій, у якого скінчиться цей період, знову встановить лінію SCL в низький стан. Таким чином, низький період синхролінії SCL визначається найдовшим періодом синхронізації з усіх задіяних пристроїв, а високий період визначається самим коротким періодом синхронізації пристроїв.

Механізм синхронізації може бути використаний приймачами як засіб керування пересиланням даних на байтовому та бітовому рівнях.

На рівні байта, якщо пристрій може приймати байти даних з великою швидкістю, але вимагає певний час для збереження прийнятого байта або підготовки до прийому наступного, то воно може утримувати лінію SCL в низькому стані після прийому та підтвердження байта, переводячи таким чином передавач в стан очікування.

На рівні бітів, пристрій, такий як мікроконтролер без вбудованих апаратних схем I2C або з обмеженими схемами, може уповільнити частоту синхроімпульсів шляхом продовження їх низького періоду. Таким чином швидкість передачі будь-якого ведучого адаптується до швидкості повільного пристрою.

Адресація в шині I²C має наступні особливості. Кожен пристрій, підключений до шини, може бути програмно адресований за унікальною адресою. Для вибору приймача повідомлення передавач використовує унікальну адресну компоненту у форматі посилки. При використанні однотипних пристроїв, IC часто мають додатковий селектор адреси, який може бути реалізований як у вигляді додаткових цифрових входів селектора адреси, так і у вигляді аналогового входу. При цьому адреси таких однотипних пристроїв виявляються рознесені в адресному просторі пристроїв, підключених до шини.

У звичайному режимі використовується 7-бітна адресація (рис.1.17).



Рис. 1.17. Формат 7-розрядної адресації

Процедура адресації на шині I²C полягає в тому, що перший байт після сигналу СТАРТ визначає, який ведений адресується передавачем для проведення циклу обміну. Виняток становить адреса «Загального виклику», який адресує всі пристрої на шині. Коли використовується ця адреса, всі

пристрої в теорії повинні послати сигнал підтвердження. Однак, пристрої, які можуть обробляти «загальний виклик», на практиці трапляються рідко.

Перші сім бітів першого байта утворюють адресу веденого. Восьмий, молодший біт, визначає напрям пересилання даних. «Нуль» означає, що провідний буде записувати інформацію до обраного веденого. «Одиниця» означає, що провідний буде зчитувати інформацію з веденого.

Після того, як адреса послана, кожний пристрій в системі порівнює перші сім біт після сигналу СТАРТ зі своєю адресою. При збігу пристрій вважає себе обраним як ведений-приймач або як ведений-передавач, залежно від біта напрямку.

Адреса веденого може складатися з фіксованої та програмованої частини. Часто трапляється, що в системі буде кілька однотипних пристроїв (Наприклад ІМС пам'яті, або драйверів світлодіодних індикаторів), тому за допомогою програмованої частини адреси стає можливим підключити до шини максимально можливу кількість таких пристроїв. Кількість програмованих біт в адресі залежить від кількості вільних виводів мікросхеми. Іноді використовується один вивід з аналоговою установкою програмованого діапазону адрес. При цьому залежно від потенціалу на цьому адресному виведенні ІМС, можливе зміщення адресного простору драйвера так, щоб однотипні ІМС не конфліктували між собою на загальній шині.

Всі спеціалізовані ІМС, що підтримують роботу в стандарті шини I2C, мають набір фіксованих адрес, перелік яких зазначений виробником в описах контролерів. Комбінація біт 11110XX адреси зарезервована для 10-бітної адресації (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Формат 10-розрядної адресації

Як випливає з специфікації шини, допускаються як прості формати обміну, так і комбіновані, коли в проміжку від стану СТАРТ до стану СТОП провідний та ведений можуть виступати і як приймач, і як передавач даних. Комбіновані

формати можуть бути використані, наприклад, для керування послідовною пам'яттю.

Під час першого байта даних можна передавати адресу в пам'яті, яка записується у внутрішній регістр зсуву. Після повторення сигналу старту та адреси веденого видаються дані з пам'яті. Всі рішення про авто-інкремент або декремент адреси, до якої стався попередній доступ, приймаються конструктором конкретного пристрою. Тому, в будь-якому випадку найкращий спосіб уникнути неконтрольованої ситуації на шині перед використанням нової (або раніше не використовуваної) ІМС слід ретельно вивчити її опис (datasheet або referencemanual), отримавши його з сайту виробника. Більше того, виробники часто розміщують поруч більш докладні інструкції із застосування.

В будь-якому випадку, за специфікацією шини, всі пристрої, що розробляються, при отриманні сигналу СТАРТ або повторного СТАРТ повинні скинути логіку шини та підготуватися до прийому адреси.

Проте основні проблеми з використанням І2С шини виникають саме через те, що розробники «початківці», працюючи з І2С шиною, не враховують того факту, що провідний (часто — мікропроцесор) не має монопольного права ні на одну з ліній шини.

І2С знаходить застосування в пристроях, які передбачають простоту розробки та низьку собівартість виготовлення при відносно непоганий швидкості роботи. Інтерфейс підтримується багатьма операційними системами. У [Linux](#) підтримка І2С забезпечується спеціальним модулем для кожного пристрою, сумісного з цим стандартом. [Файл заголовків](#) для написання клієнта І2С-`/usr/include/linux/i2c.h`. В [OpenBSD](#) також додана підтримка основних [мікроконтролерів](#) та [сенсорів](#) І2С.

При написанні програмних драйверів дуже важливо контролювати час між операціями на шині, реалізованими різними підпрограмами, наприклад видача "START" і "STOP", умови передачі біта, передачі байта. При стикуванні цих підпрограм не повинні бути порушені мінімальні значення часу, що дуже легко відбувається при використанні високошвидкісних процесорів (AVR, PIC). Крім того, необхідно стежити, щоб час між зміною на лінії SDA і стробуванням позитивним імпульсом на лінії SCL був не меншим половини мінімальної тривалості напівперіоду SCL (2,4 мкс для швидкості 100 Кбіт/сек). Крім цього, деякі "Slave" -прилади можуть посилити вимоги до максимальної частоти обміну. В цьому випадку необхідно пропорційно зниженню частоти обміну збільшувати значення мінімумів часових допусків.

Питання для самоперевірки.

1. Наведіть класифікацію інтерфейса I2C.
2. Які загальні особливості інтерфейса I2C?
3. Яка продуктивність інтерфейса MIL- I2C?
4. Які типи слів передбачені в інтерфейсі I2C?
5. Які формати адресації передбачені в інтерфейсі I2C?

1.6. Основні характеристики, особливості обміну інформацією та драйверів інтерфейсу SPI

Serial Peripheral Interface (SPI) –популярний інтерфейс для послідовного обміну даними із спеціальними мікросхемами.

За класифікацією це радіально-ланцюговий, послідовний, дуплексний, синхронний інтерфейс

Інтерфейс SPI, на рівні з I2C компанії Philips, відноситься до широко використовуваних інтерфейсів для з'єднання із мікросхемами. Був розроблений та представлений компанією Motorola, а не теперішній час став міжнародним стандартом. Шина SPI організована по принципу Master-Slave(Ведучий-підлеглий). В якості ведучої шини зазвичай використовують мікроконтролер, але ним може бути також програмована логіка, DSP-контролер або спеціалізована ІС. Пристрої, що підключаються до провідного (ведучого) пристрою, є підлеглими шини. В ролі підлеглих пристроїв можуть виступати запам'ятовуючі пристрої (такі як EEPROM, Flash-пам'ять, SRAM), годинник реального часу(RTC), АЦП та ЦАП, спеціалізовані контролери та інші.

Ось типові застосування інтерфейсу SPI:

- обмін даними з іншими ЦП або мікроконтролерами;
- підключення апаратних кодеків;
- мікросхеми АЦП;
- мікросхеми ЦАП;
- перетворювачі частот дискретизації;
- цифрові передавачі і приймачі аудіо-стандартів SP/DIFабо AES/EBU.

Головним складовим блоком інтерфейсу SPI є зсувний регістр, сигнали синхронізації і вводу-виводу бітового потоку якого утворюють сигнали інтерфейсу. Таким чином, протокол SPI правильно називати не протоколом передачі даних, а протоколом обміну даними між двома зсувними регістрами, кожен з яких одночасно виконує і функцію приймача, і функцію передавача. Важливою умовою передачі даних по шині SPI є генерація синхронізуючого сигналу шини. Генерувати цей сигнал має право тільки ведучий шини і від цього сигналу повністю залежить робота підлеглої шини.

Особливості електричного підключення у наступному. Існує три типи підключення до шини SPI, у кожному з них беруть участь чотири сигнали, котрі наведені у таблиці 1.3. Інтерфейсна магістраль передбачає дві лінії зв'язку та відповідні сигнали для обміну даними, одну лінію зв'язку та відповідний

сигнал синхронізації, одну лінію зв'язку та відповідний сигнал вибірки підлеглого пристрою.

Таблиця 1.3.

Інтерфейсні сигнали

Ведучий шини			Підлеглий шини		
Основні позначення	Альтернативні позначення	Опис	Основні позначення	Альтернативні позначення	Опис
MOSI	DO, SDO, DOUT	Вихід послідовної передачі даних	MOSI	DI, SDI, DIN	Вхід послідовного прийому даних
MISO	DI, SDI, DIN	Вхід послідовного прийому даних	MISO	DO, SDO, DOUT	Вихід послідовної передачі даних
SCLK	DCLOCK, CLK, SCK	Вихід синхронізації передачі даних	SCLK	DCLOCK, CLK, SCK	Вхід синхронізації прийому даних
SS	CS	Вихід вибору підлеглого	SS	CS	Вхід вибору підлеглого

Найпростіше підключення, у якому беруть участь тільки два пристрої, наведено на рисунку 1.19. При такому підключенні найчастіше провідним пристроєм є контролер, а підлеглим використовується спеціальна мікросхема. На цьому рисунку ведучий шини передає дані по лінії MOSI синхронно із згенерованим ним сигналом SCLK, а підлеглий захоплює передані біти даних по визначених фронтах прийнятого сигналу синхронізації. Одночасно з цим підлеглий відправляє свої дані. Дану схему можна спростити, виключивши лінію MISO, якщо використовується підлегла мікросхема не передбачає відповідну передачу даних або якщо у такій передачі даних нема необхідності. Односторонню передачу даних можна зустріти у таких мікросхемах як ЦАП, цифрові потенціометри, програмовані посилювачі і драйвери.

Щоб підлегла мікросхема приймала і передавала дані, поміж синхронізуючого сигналу, потрібно, щоб лінія SS була переведена у низький стан. В іншому випадку лінія SS може активізовуватися за рахунок жорсткої установки низького рівня на вході вибору підлеглої мікросхеми. Таке рішення є не бажаним і може привести до збоїв або до неможливості передачі даних, бо

вхід вибору мікросхеми служить для переводу ІС в її вихідний стан і інколи ініціює вивід першого біту даних.

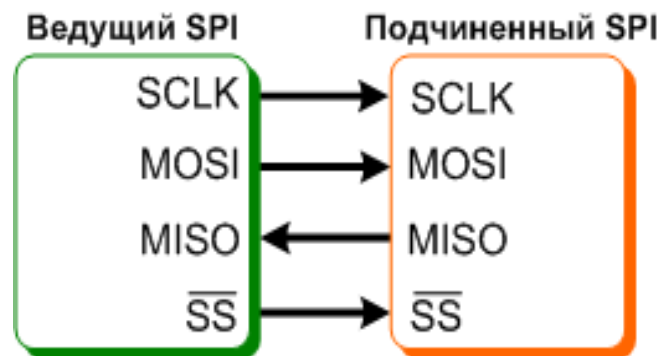


Рис.1.19. Найпростіше підключення до шини SPI

При необхідності підключення до шини SPI декількох мікросхем використовуються або незалежне(паралельне) підключення (рис.1.20), або каскадне(послідовне) (рис.1.21).

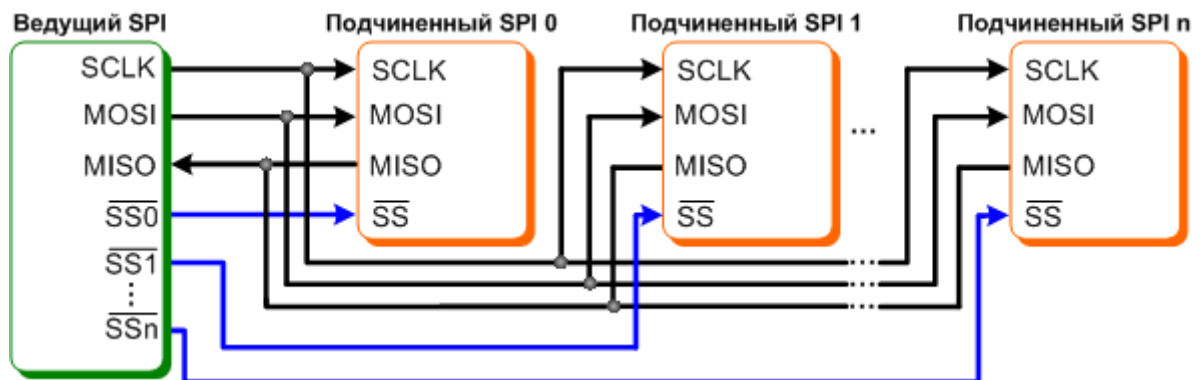


Рис.1.20. Незалежне підключення

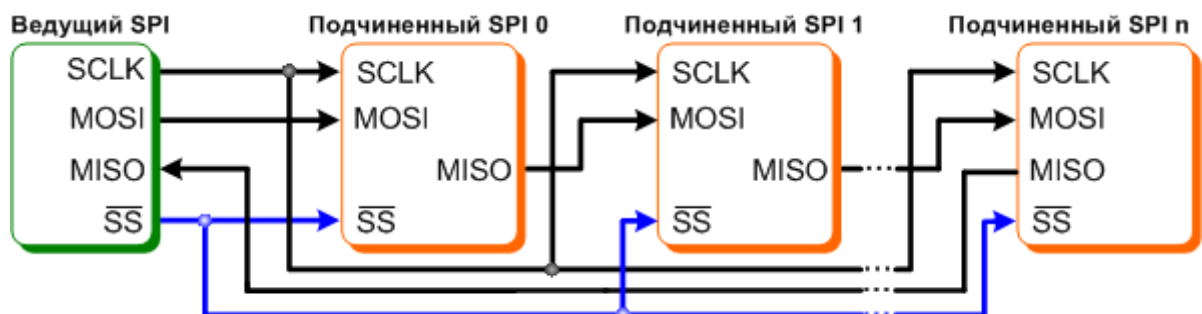


Рис. 1.21. Каскадне підключення

Незалежне підключення більш поширене, бо досягається при використанні будь-яких SPI-сумісних мікросхем. Всі сигнали, крім вибору мікросхем, з'єднані паралельно. Ведучий шини, переведенням того чи іншого сигналу $\overline{SS}$ в низький стан, задає, з якої підлеглої мікросхеми він буде обмінюватись даними. Головний недоліком такого підключення є необхідність в додаткових лініях для адресації підлеглих мікросхем (загальне число ліній зв'язку рівне $3+n$, де n – кількість підлеглих мікросхем). Каскадне підключення позбавлене такого недоліку, бо із декількох мікросхем утворюється один великий зсувний регістр. Для цього вихід вибору даних однієї ІС з'єднується з входом прийому даних іншого, як показано на рис.1.22. Входи вибору мікросхеми не з'єднані паралельно, тому загальна кількість ліній зв'язку рівна 4. Але використання каскадного можливе тільки тоді, коли його підтримка вказана у документації на використовувані мікросхеми. Щоб вияснити це необхідно знати, що таке підключення “daisy-chain”.

У конфігурації Daisy-Chain дані переміщуються з одного пристрою на інший. Остаточний підпорядкований пристрій може повернути дані провідному пристроєві.

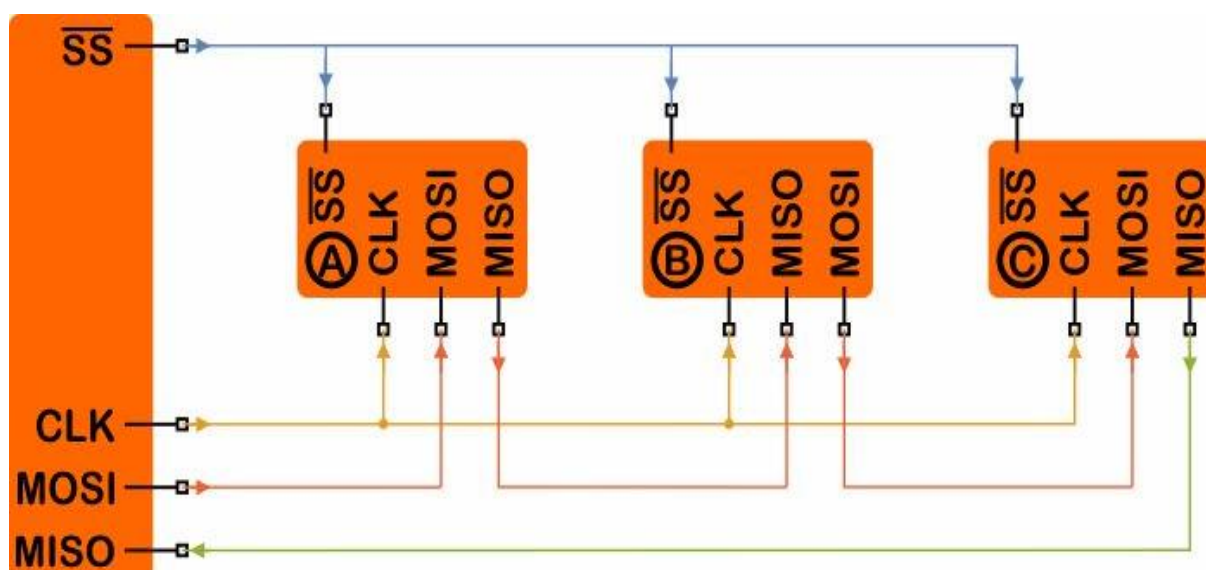


Рис.1.22. Підключення daisy-chain

У конфігурації daisy-chain всі підлеглі поділяються загальною лінією підлеглих. Дані зміщуються провідного пристрою до першого підлеглого, а потім від першого до другого і так далі. Дані йдуть вниз по лінії до останнього підлеглого, який потім може використовувати свою лінію MISO для надсилання даних на головний пристрій.

Ця конфігурація буде ефективною для окремих адресних світлодіодних ламп, які популярні під час свят.

Протокол передачі даних через інтерфейс SPI відносно простий і практично ідентичний до логіки роботи зсувного регістра, що полягає у виконанні операції зсуву і, відповідно, побітового вводу і виводу даних за окремими фронтами сигналу синхронізації. Установка даних при передачі і вибірка при прийомі завжди виконуються за протилежними фронтами синхронізації. Це необхідно для гарантування вибірки даних після надійного їх встановлення. Якщо до цього врахувати те, що в якості першого фронту в циклі передачі може виступати наростаючий або падаючий фронт, то всього можливі чотири варіанти логіки роботи інтерфейсу SPI. Ці варіанти отримали назву режимів SPI і описуються двома параметрами:

- CPOL – вихідний рівень сигналу синхронізації (якщо CPOL = 0, то лінія синхронізації до початку циклу передачі і після його завершення має низький рівень (тобто перший фронт наростаючий, а останній – падаючий), інакше, якщо CPOL = 1, - високий (тобто перший фронт падаючий, а останній – наростаючий));

- CPHA – фаза синхронізації; від цього параметра залежить, в якій послідовності виконується встановлення і вибірка даних (якщо CPHA = 0, то за переднім фронтом в циклі синхронізації буде виконуватися вибірка даних, а потім, за заднім фронтом, - встановлення даних; якщо CPHA = 1, встановлення даних буде виконуватися за переднім фронтом в циклі синхронізації, а вибірка – за заднім). Інформація по режимах SPI наведена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

Режими SPI

Режим SPI	0	1	2	3
CPOL	0	1	0	1
CPHA	0	0	1	1
Часова діаграма першого циклу синхронізації				

Драйвери для SPI мають наступні особливості. Багато мікроконтролерів мають вбудовані периферійні пристрої SPI, які обробляють всі деталі надсилання та отримання даних, і можуть робити це на дуже високих швидкостях. Протокол SPI також досить простий, щоб проєктанти могли писати свої власні процедури для маніпулювання лініями вводу-виводу в належній послідовності для передачі даних.

Якщо використовується Arduino, існує два способи з'єднання з пристроями SPI: Проєктанти можуть використовувати команди `shiftIn ()` і `shiftOut ()`. Це програмні команди, які працюватимуть на будь-якій групі штифтів, але будуть дещо повільними. Або можна скористатись бібліотекою SPI, яка підтримується обладнанням SPI, вбудованим в мікроконтролер. Це набагато швидше, ніж використання зазначених вище команд. Однак такий режим буде працювати тільки на певних штифтах.

Під час налаштування інтерфейсу користувачам потрібно буде вибрати деякі параметри. Ці параметри повинні відповідати параметрам пристрою, з яким організовується взаємодія. Потрібно перевірити таблицю пристрою, щоб побачити, що це потрібно.

Інтерфейс може передавати дані першим або найменш значущий біт (LSB) чи найважливішим бітом (MSB). У бібліотеці SPI Arduino це керується функцією `setBitOrder ()`. Контролер буде читати дані на або піднімаючому краю або падаючому краю тактового імпульсу. Крім того, годинник може вважатися "неактивним", коли він високий або низький. У бібліотеці SPI Arduino обидва ці параметри контролюються функцією `setDataMode ()`.

SPI може працювати на дуже високих швидкостях (мільйони байтів у секунду), що може бути надто швидким для деяких пристроїв. Щоб розмістити такі пристрої, користувач може налаштувати швидкість передачі даних. У бібліотеці Arduino SPI швидкість встановлюється функцією `setClockDivider ()`, яка розподіляє головний годинник (16 МГц на більшості Arduinos) до частоти між 8 МГц (/ 2) і 125 кГц (/ 128).

Якщо користуватися бібліотекою SPI, тоді потрібно використовувати надані сигнали SCK, MOSI та MISO, тому що апаратне забезпечення належним чином використовується для цих варіантів. Існує також спеціальний контакт SS, який можна використовувати (принаймні, повинен бути встановлений на виході для того, щоб апаратне забезпечення SPI функціонувало), але зауважте, що ви можете використовувати будь-які інші доступні вихідні контакти SS для підлеглого пристрою.

На старших Arduinos доведеться самотійно керувати контактами SS, зробити один з них низьким, перш ніж передавати дані, а потім високим. Нові пристрої Arduinos, такі як Due, можуть автоматично контролювати кожний SS-сигнал як частину процесу передачі даних.

Питання для самоперевірки.

1. Наведіть класифікацію інтерфейса SPI.
2. Які загальні особливості інтерфейса SPI?
3. Яка продуктивність інтерфейса SPI?
4. Наведіть особливості магістральних сигналів інтерфейсу SPI.

ТЕМА 2. ПАРАЛЕЛЬНІ ПЕРИФЕРІЙНІ ІНТЕРФЕЙСИ ТА ДРАЙВЕРИ

2.1. Базові паралельні інтерфейси та драйвери периферійних підсистем

2.1.1. Загальні особливості базових паралельних периферійних інтерфейсів. Особливості логічної взаємодії та драйвери базових паралельних інтерфейсів у значній мірі залежать від структури зв'язків між контролерами чи каналами введення/виведення та периферійними пристроями.

Особливості логічної взаємодії та драйвери в радіальних інтерфейсах наступні. В таких інтерфейсах найбільш проста логіка взаємодії між пристроями, прості та дешеві драйвери. Вони характеризуються високою продуктивністю. В таких інтерфейсах пристрій, який ініціює обмін, формує керуючий сигнал запиту про можливість обміну з другим пристроєм. Як правило для цього використовується сигнал готовності. При наявності такого сигналу відбувається операція запису або читання інформації. Запис – це коли ініціатор обміну передає інформацію, а читання – це коли він її приймає. При логічній організації взаємодії будуть використовуватись спеціальні сигнали стану, які інформують про стан даного пристрою.

Особливості логічної взаємодії та драйвери в магістральних інтерфейсах наступні. Логіка організації взаємодії в цих інтерфейсах досить складна, так як до однієї магістралі під'єднується багато пристроїв і потрібно однозначно організувати управління, щоб усунути конфліктні ситуації, коли декілька пристроїв хочуть обмінюватись інформацією через магістраль. Тому в магістральних інтерфейсах використовується спеціальна підсистема арбітражу, яка управляє процесом розподілу магістралі для пристроїв, які хочуть організувати обмін на магістралі. На магістралі розрізняють два типи пристроїв: активні – які можуть бути ініціаторами обміну, та пасивні – які тільки виконують роль виконавців інструкцій активних пристроїв. Активні пристрої в деяких інтерфейсах називаються замовниками обміну. Пасивними пристроями завжди є модулі пам'яті. Логіка арбітражу наступна: активний пристрій (чи декілька активних пристроїв), які хочуть організувати обмін інформацією, формують (виставляють) запит на обслуговування (на захоплення магістралі). В магістральних інтерфейсах кожний активний пристрій має свій пріоритет. Як тільки магістраль стає вільною, підсистема арбітражу надає магістраль одному із пристроїв у відповідності із прийнятою системою пріоритетів для організації обміну. Інші активні пристрої повинні перейти у

стан очікування. Активний пристрій, якому надана магістраль, формує адресу (номер) іншого периферійного пристрою, з яким він хоче обмінюватись даними. Одночасно активний пристрій визначає операцію обміну: запис або читання даних. При готовності пристрою виконавця відбувається обмін даними, як правило формується управляючий сигнал закінчення операції і магістраль звільняється. Далі процедура обміну повторюється із арбітражу. При виникненні нештатних ситуацій, а також для синхронізації в роботі периферійної системи, може також використовуватись система переривань в роботі периферійної магістральної підсистеми.

Ланцюгові інтерфейси. Тут як правило є один канал (контролер) введення/виведення (I/O), до якого ланцюговим способом під'єднується ряд пристроїв. Кожному із пристроїв визначається фіксований номер, фіксована адреса, яка використовується для організації логічного підключення периферійних пристроїв до каналу управління. В кожному із периферійних пристроїв є комутаційний вузол, який дозволяє транзитом пропускати сигнали у випадку, коли канал введення/виведення не звертається до даного перефрійного пристрою, або даний периферійний пристрій виключений. Після того, як канал I/O формує код номеру периферійного пристрою, кожен периферійний пристрій у відповідній схемі управління порівнює цей код із власним номером. При співпадині відповідний периферійний пристрій формує сигнал вибірки, перемикає лінії інтерфейсу на себе і реалізовує операцію обміну. У випадку, коли через фіксований час до каналу I/O не приходить сигнал вибірки, каналом це визнається як помилка розпізнавання і процедура розпізнавання може повторюватись. Після трьохразової помилки приймається рішення, що периферійний пристрій або вимкнений, або непрацездатний.

2.1.2. Паралельний периферійний інтерфейс ЕОМ IBM 360/370.

Одним із базових вважається периферійний інтерфейс ЕОМ IBM 360/370. Це перший стандартний інтерфейс, який дозволив масове підключення різнотипних периферійних пристроїв до різних типів і моделей ЕОМ. Цей стандарт започаткувала фірма IBM і він використовувався в ЕОМ багатьох моделей серій IBM 360 та IBM 370.

За класифікацією це магістральний, паралельний, дуплексний, асинхронний інтерфейс. Інтерфейс магістральний, в якому окремі лінії зв'язку організовуються ланцюговим способом. Інтерфейс паралельний і за 1 такт передбачалась можливість обміну даними у 2 байти, хоча наявна можливість

працювати і в 1-байтовому режимі. Інтерфейс асинхронний і функціонував в режимі запит – відповідь. Інтерфейс дуплексний, в якому використовувалась шина даних від каналу I/O до периферійних пристроїв (шина каналу) і шина даних від периферійних пристроїв до каналу I/O (шина абонентів). На кожен байт даних передбачалась одна лінія зв'язку для контролю на непарність. Тобто загальна кількість ліній зв'язку в шині даних була рівна 36. Шина адреси була відсутня і для адресації пристроїв використовувалась шина даних в режимі розподілу часу. Використовувалась досить потужна шина управління, яка реалізовувала широкі можливості обміну інформацією, в тому числі контроль за магістраллю і ліквідація нештатних ситуацій.

Інтерфейсні драйвери передбачали два режими обміну даними: монопольний і мультиплексний. При монопольному режимі обміну на магістралі до каналу I/O був логічно під'єднаний тільки один пристрій і після закінчення обміну цей пристрій логічно відключався та відбувалось логічне підключення іншого пристрою. Мультиплексний режим, при якому до каналу I/O логічно підключалось декілька пристроїв і канал I/O міг обмінюватись даними з кожним із цих логічно підключених пристроїв за способом розподілу часу. Тільки після завершення всієї програми обміну певний із периферійних пристроїв логічно відключався від магістралі.

В інтерфейсі передбачалось два типи каналів введення/виведення даних: селекторний і мультиплексний. Селекторний канал може функціонувати тільки в монопольному режимі. Мультиплексний канал міг функціонувати і в монопольному і в мультиплексному режимах.

Стандарт передбачав повну електричну, програмну та конструктивну сумісність. В якості лінії зв'язку використовувався коаксіальний мікро кабель. Були рекомендовані типові з'єднувачі з стандартизованим розведенням сигналів і екранів мікро кабелів на екранах цих з'єднувачів. Це високопродуктивний периферійний інтерфейс. Кращі канали I/O забезпечували швидкість обміну до 10Mb/s. Максимальна відстань між каналом I/O та найбільш віддаленим периферійним пристроєм могла досягати 60м. Передбачена можливість застосування підсилювачів ретрансляторів для ліній зв'язку, і при їх використанні загальна відстань між каналом I/O і периферійним пристроєм могла досягати 100м. Рівні сигналів магістралі для підсилювачів передавачів відповідали TTL (5В). Для підсилювачів передавачів нижній рівень логічної одиниці був зменшений до 1,7В. Для каналів I/O розроблена своя підсистема команд введення/виведення, яка забезпечувала

повну програмну сумісність. Програму роботи каналу I/O формував центральний процесор ЕОМ, він же і запуслав в роботу відповідний канал I/O командою "запуск каналу", де вказувалась адреса комірки пам'яті з початком роботи програми каналу. Далі канал I/O працював автономно без участі центрального процесора, чим забезпечувалась висока продуктивність ЕОМ.

2.1.3. Паралельний периферійний інтерфейс "Загальна шина".

До базових відносять інтерфейс "Загальна шина" фірми DEC. За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс. Інтерфейс магістральний, однак деякі лінії зв'язку реалізовані ланцюговим способом підключення. Інтерфейс паралельний і за один такт передбачений обмін 2-ма байтами. Можливий однобайтовий режим обміну даними. Інтерфейс напівдуплексний і через шину даних реалізований обмін в двох напрямках в режимі розподілу часу. Інтерфейс асинхронний і функціонує в режимі запит-відповідь.

Узагальнену структуру схеми з'єднань пристроїв з використанням інтерфейсу загальна шина можна подати рис. 2.1

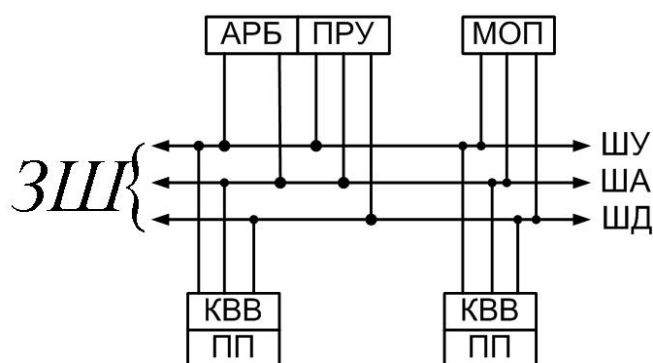


Рис. 2.1. Узагальнена структура схеми з'єднань пристроїв

На рис. 2.1. використані наступні скорочення: ЗШ – загальна шина; ШУ – шина управління; ША – шина адрес; ШД – шина даних; АРБ – схема арбітражу; ПРУ – процесорний пристрій (загальне управління); МОП – модулі основної пам'яті; КВВ – канали чи контролери введення/виведення даних; ПП – периферійні пристрій.

ШД включає 16 ліній зв'язку для безпосереднього обміну даними і додатково одну лінію зв'язку – контролю на непарність.

ША включає 18 основних ліній зв'язку і 6 додаткових, які забезпечують організацію сторінкової пам'яті. 18 основних адресних ліній нумерують адресний байтовий простір у двійковому коді і забезпечує 256 К адресів.

ШУ включає 16 ліній зв'язку (14 основних і 2 додаткові), які забезпечують керування безпосередніми операціями запису/читання, управління арбітражем та керування станом загальної шини.

Стандартом встановлено, що на магістралі можуть бути активні і пасивні пристрої.

Активні пристрої мають можливість управляти магістраллю.

Пасивні пристрої виконують інструкції активного пристрою. У кожний момент часу магістраль може бути надана одному активному пристрою, який встановлює логічний зв'язок з іншим пристроєм магістралі і взаємодія відбуваються тільки між двома пристроями. Інші пристрої або виконують локальні операції, або переходять в стан очікування.

Для усунення конфліктних ситуацій тут вперше була започаткована 5-ти рівнева схема арбітражу, де один із рівнів реалізовує прямий доступ до пам'яті, а 4 інші реалізують 4-х рівневу схему обслуговування пристроїв. Приклад структурної реалізації такого арбітражу наведено на рис. 2.2.

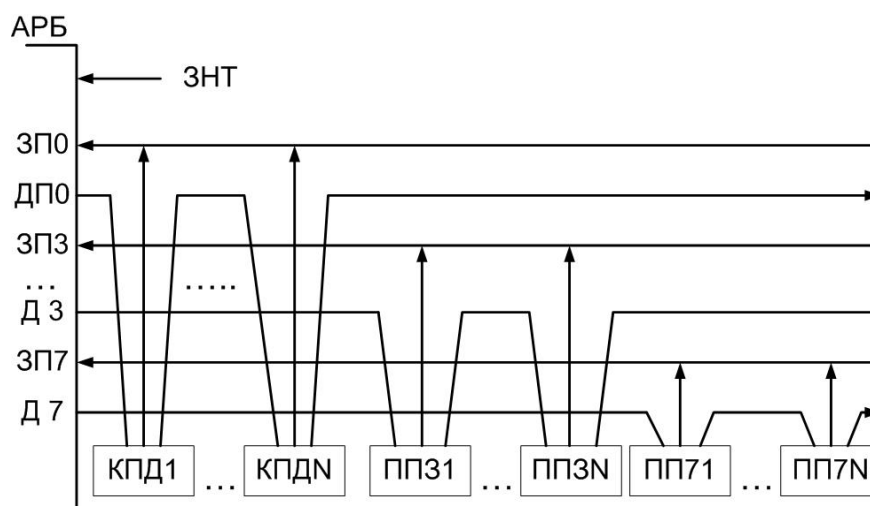


Рис. 2.2. Структурна схема арбітражу загальної магістралі.

На рис. 2.2. використані наступні скорочення: АРБ – контролер схеми арбітражу; ЗНТ – сигнал зайнятості магістралі; ЗПД – запит прямого доступу до пам'яті; ДПР – дозвіл прямого доступу до пам'яті; ЗП 3 – запит 3-го рівня; Д 3 – дозвіл 3-го рівня; ЗП7 запит 7-го рівня; Д7 – дозвіл 7-го рівня; КПД – контролер прямого доступу (1...N); ПП 3 - периферійні пристрої 3-го рівня (1...N); ПП 7 - периферійні пристрої 7-го рівня (1...N).

Сигнали запиту на певному рівні поступають до контролера схеми арбітражу за принципом логічного АБО (із використанням елементів з відкритим колектором), сигнал дозволу – ланцюговим способом. Найближчий до контролера схеми арбітражу пристрій має найвищий пріоритет на даному рівні, а подальші пристрої зменшують свій пріоритет. Останній пристрій має найнижчий пріоритет на даному рівні. Встановлюється пріоритет між рівнями. Найвищий пріоритет має рівень прямого доступу до пам'яті, найнижчий – 7-ий рівень.

Програмні драйвери цього інтерфейсу мають наступні особливості. Схема арбітражу працює тоді, коли магістраль вільна. Вона починає аналізувати стан запитів на кожному з рівнів. Якщо є запити на деяких рівнях, тоді схема арбітражу формує сигнал на найбільший пріоритет рівня.

Кожен з пристроїв, який формує запит на захоплення магістралі, розмикає перемикач у своєму пристрої на рівні ДПР. Він формує сигнал захисту зайнятої магістралі ЗАГ, встановлює зв'язок з іншими пристроями на магістралі, і після обміну даними магістраль звільняється. Наступний цикл обміну починається зі стану арбітражу.

Стандарт передбачає електричну, програмну та конструктивну сумісність пристроїв, тому його вимоги до підсилювачів передавачів та підсилювачів приймачів: максимальна відстань не перевищує 15м., швидкість обміну для роботи пристроїв досягає до 8 Мб/сек.

Інтерфейс започаткував загальні принципи обміну інформацією в магістральних паралельних інтерфейсах і більшість із цих загальних принципів використовується і в сучасних, більш продуктивних, магістральних паралельних інтерфейсах.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса “Загальна шина”.
2. Наведіть класифікацію периферійного інтерфейса ЕОМ IBM 360/370.
3. Які загальні особливості інтерфейса “Загальна шина”.
4. Які загальні особливості периферійного інтерфейса ЕОМ IBM 360/370?

2.2. Особливості та характеристики периферійних інтерфейсів Q-BUS, ISA, EISA.

2.2.1. Інтерфейс Q-bus (МПП – міжмодульний паралельний інтерфейс) призначений для побудови мікрокомп'ютерів та на їх основі цифрових систем керування.

Інтерфейс Q-bus був розроблений на основі інтерфейсу “загальна шина” фірми DEC і був орієнтований на широке використання мікропроцесорів.

За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс.

Підключення пристроїв з використанням інтерфейсу Q-bus пояснюється наступним рисунком:

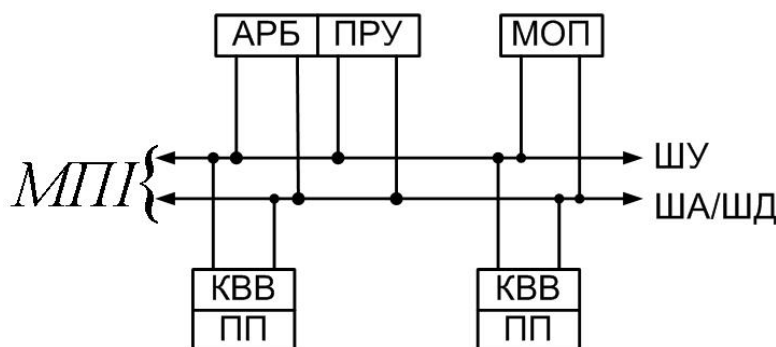


Рис. 2.3. Структурна схема інтерфейсних з'єднань

На рис. 2.3. використані наступні скорочення: МПП – загальна шина; ШУ – шина управління; ША / ШД – мультиплексована шина адрес/даних; АРБ – схема арбітражу; ПРУ – процесорний пристрій (загальне управління); МОП – модуль основної пам'яті; КВВ – канали чи контролери введення/виведення даних; ПП – периферійні пристрої;

На магістралі в певний момент часу можуть взаємодіяти тільки два пристрої. Один із цих пристроїв є ініціатором обміну, замовником обміну, провідним пристроєм. Схема арбітражу надає йому в управління магістраль. Другий пристрій є виконавцем інструкцій замовника, підлеглим пристроєм.

Основною особливістю інтерфейса є те, що в ньому використовується суміщена, мультиплексована 16-розрядна шина адреси/даних. Тому цикл обміну тут якби розділений на два етапи: коли на 1-му етапі між пристроями реалізовується обмін адресною інформацією, а на 2-му етапі – обмін даними.

Тому продуктивність такого інтерфейсу зменшується, швидкість обміну даними зменшується до 4-ох Мб/с. Інтерфейс реалізовує 2-ох байтовий обмін

інформацією (може працювати в однобайтному режимі). З шини адреси даних 16 ліній зв'язку використовуються в мультиплексованому режимі для обміну адресною інформацією та для обміну даними, додаткові 8 ліній зв'язку використовується для обміну адресною інформацією, переважно для організації сторінкової пам'яті.

Інтерфейс передбачає електричну, конструктивну і програмну сумісність пристроїв. Найбільша відстань між пристроями до 0,5 метра. Електричні сигнали рівнів TTL прямої та інверсної логіки.

2.2.2. Інтерфейс ISA (Industry Standard Architecture - укр. промислова стандартна архітектура) був розроблений фірмою IBM при участі інших фірм, зокрема Intel, і передбачалося використання цього інтерфейсу у мікро-ЕОМ та ПК. Тут знайшли подальший розвиток основні ідеї інтерфейсу “загальна шина” фірми DEC.

Це магістральний, паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс. Інтерфейс магістральний, однак деякі лінії зв'язку реалізовані ланцюговим способом. Інтерфейс паралельний і за один такт передбачає обмін даними в 2 байти. Можливий однобайтовий обмін даними.

Структурна схема під'єднання пристроїв аналогічна інтерфейсу “загальна шина” та пояснюється рис. 2.4. Однак тут було введено ряд вдосконалень щодо управління інтерфейсом. В першу чергу ШУ була вдосконалена.

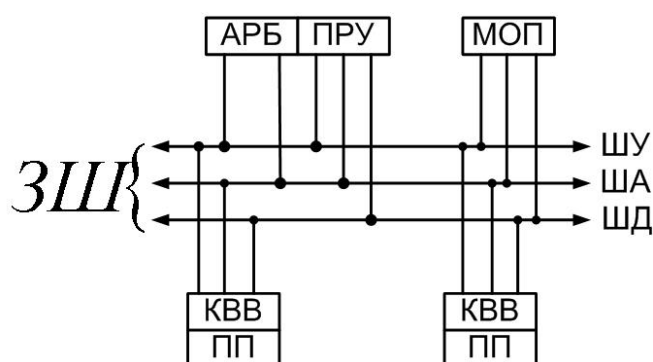


Рис. 2.4. Структурна схема з'єднань пристроїв

На рис. 2.4. використані наступні скорочення: ЗШ – загальна шина; ШУ – шина управління; ША – шина адрес, що має 24 лінії зв'язку; ШД – шина даних, що має 16 ліній зв'язку; АРБ – схема арбітражу; ПРУ – процесорний пристрій (загальне управління); МОП – модулі основної пам'яті; КВВ – канали чи контролери введення/виведення даних; ПП – периферійні пристрій.

Цей інтерфейс спочатку мав назву multibus, а потім був реалізований як індустріальний стандарт ISA для ПК. Інтерфейс суттєво вдоконалив схему арбітражу, де був реалізований послідовний, паралельний та програмний арбітражі.

Один із простих варіантів послідовного арбітражу наведено на рисунку нижче.

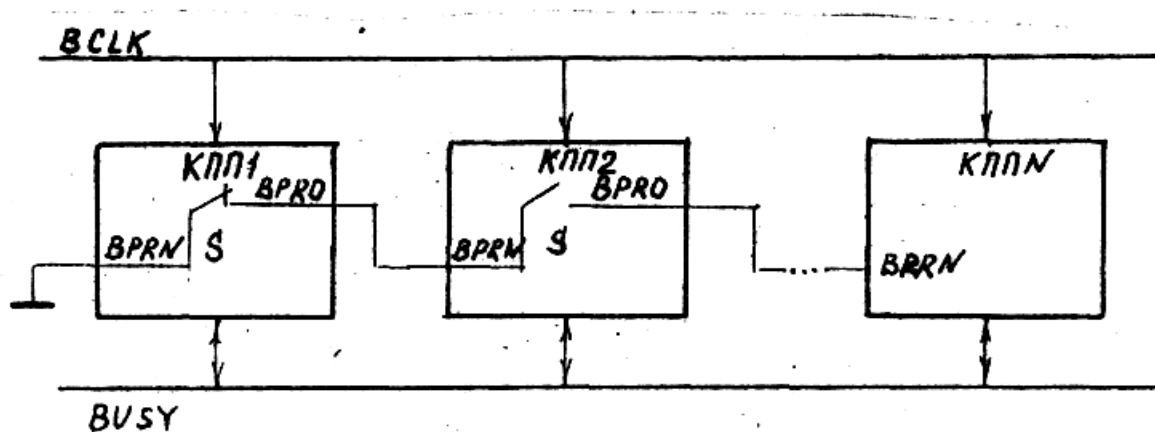


Рис. 4.3

На рисунку використані наступні скорочення: BCLK – сигнал синронізації; КПП – контролери периферійних пристроїв; BPRN – сигнал входу на пріоритетне обслуговування; BPRO – сигнал виходу на пріоритетне обслуговування; S – перемикачі ланцюгових з'єднань; Busy – сигнал зайнятості.

Вихідний сигнал BPRO КПП1 подається на вхід КПП2 контролеру з нижчим пріоритетом. Останнім у цьому ланцюзі підімкнено КПП N з найнижчим пріоритетом. Центральний арбітр у даній схемі відсутній, а взаємодія між пристроями за пріоритетним підімкненням до магістралі координується сигналом BCLK. Пристрій, який хоче логічно підімкнутися до магістралі, по передньому фронту сигналу BCLK розмикає перемикач S і аналізує виконання таких умов: наявність на його вході сигналу BPRN (тобто жодний з найпріоритетніших пристроїв не надіслав запиту) і відсутність сигналу на лінії BUSY (тобто магістраль не зайнята). Якщо ця умова виконується протягом часу тривалості сигналу BCLK, то по задньому фронту сигналу BCLK пристрій формує сигнал на лінії BUSY і займає магістраль.

Схема характерна тим, що тут відсутня централізація управління. У ланцюгу пристрої під'єднані за пріоритетом по відношенню до лінії BPRN, яка під'єднується до заземної шини. КПП 1 має найвищий пріоритет. Перемикачі S з нормально замкненими контактами.

Пристрої, які хочуть захопити магістраль, розмикають контакти S. По задньому фронту синхросигналу кожен з пристроїв аналізує стан, чи сигнал BPRN під'єднаний до землі (чи є низький рівень). Низький рівень BPRN буде в пристрої з найвищим пріоритетом, який хоче захопити магістраль.

Цей пристрій через перемикач не дозволяє пройти сигналу на менш пріоритетний пристрій. Пристрій з найвищим пріоритетом формує сигнал зайнятості магістралі, починаючи етап обміну даними.

Особливості паралельного арбітражу

Особливості паралельного арбітражу можна пояснити наступним рисунком:

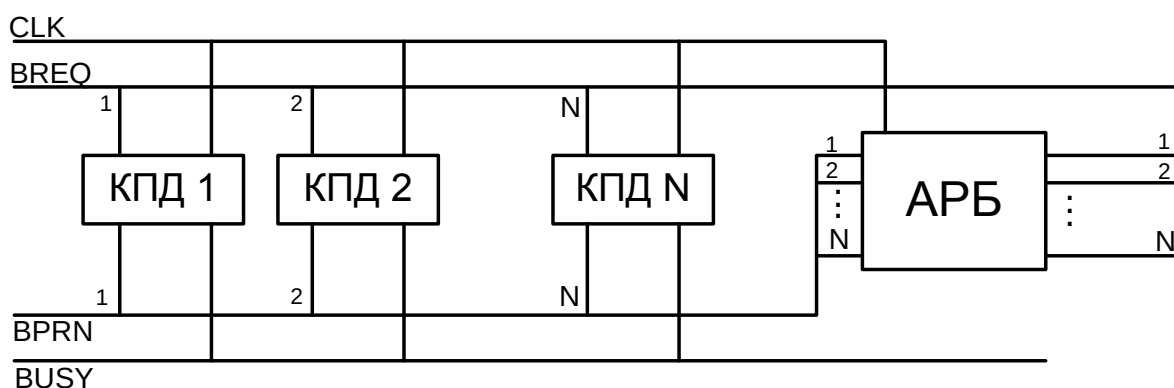


Рис. 2.6. Структурна схема паралельного арбітражу

На рисунку використані наступні скорочення: CLK – сигнал синхронізації; КД – контролери прямого доступу до пам'яті; BPRN -сигнал входу на пріоритетне обслуговування; BREQ - сигнал виходу на пріоритетне обслуговування; BUSY – сигнал зайнятості; АРБ – контролер паралельного арбітражу.

Пристрої, які беруть участь у паралельному арбітражі, обов'язково мають мати пріоритет на обслуговування. Запити на обслуговування BPRN передаються в схему арбітра. Схема арбітра є програмованим пристроєм, який може функціонувати як за попередньо встановленою програмою, так і за програмою, заданою процесором. Схема арбітражу постійно аналізує стан магістралі (BUSY) і як тільки магістраль звільниться, на виході схеми арбітражу формується один із сигналів дозволу зайняти магістраль. Відповідний пристрій, отримавши цей сигнал, організовує обмін інформацією на магістралі. При використанні постійної програми в схемі арбітражу запити обслуговуються за дисципліною обслуговування з відносним пріоритетом.

Якщо ж схема арбітражу працює за програмою від центрального процесора, дисципліни обслуговування можуть змінюватися, перепрограмовуватися, в тому числі часто використовувати циклічне обслуговування. Суть циклічного обслуговування в наступному: пристрій, якому на дана магістраль ставить в кінець черги, тобто йому присвоюється найнижчий пріоритет, а пріоритети всіх інших пристроїв збільшуються на один рівень.

В інтерфейсі широко застосовується програмний арбітраж, який реалізує схема пріоритетних переривань. Ця схема може працювати за векторним і безвекторним способами. При векторному способі переривань пристрій разом із запитом на переривання формує свій вектор переривань, за яким починає функціонувати програма. При безвекторному способі переривань пристрій формує тільки запит на переривання, а за тим запитом схема пріоритетних переривань знаходить вектор переривань своєму пристрою і реалізує переривання роботи системи. Отже, використання в даному інтерфейсі послідовного, паралельного та програмного арбітражів, забезпечує широкі можливості щодо організації обчислювального процесу і був кроком вперед в розвитку інтерфейсів класу загальна магістраль.

Драйвер обміну байтом даних інтерфейсу ISA функціонує наступним чином. На адресній шині виставляється адреса комірки RAM чи порту пристрою введення-виведення, у котрий необхідно передати байт. Потім на шину даних виставляється байт даних, і по одній з ліній шини керування передається сигнал запису WR, який є стробом. Контроль запису не проводиться, тому тактова частота шини ISA вибрана 8,33 МГц. Це зроблено з метою, щоб навіть найповільніші пристрої встигали проводити обмін даними чи командами через магістраль.

На шині ISA можуть функціонувати наступні пристрої.

Центральний процесор (ЦП) - є основним замовником на шині. За замовчуванням саме ЦП буде вважатися замовником на шині. Контролер прямого доступу до пам'яті (ПДП), а також контролер регенерації динамічної пам'яті (РГП) забороняють роботу ЦП на час своєї роботи.

Контролер ПДП - цей пристрій пов'язаний з сигналами запиту на режим ПДП і сигналами підтвердження режиму ПДП. Активний сигнал запиту на ПДП буде дозволяти подальший захоплення шини контролером ПДП для передачі даних з пам'яті в порти виводу або з портів введення в пам'ять.

Контролер регенерації пам'яті, ставши керівником шини, генерує сигнали адреси і читання пам'яті для регенерації інформації в мікросхемах динамічної пам'яті, як на материнській пам'яті, так і зовнішніх платах.

Зовнішня плата взаємодіє з іншими пристроями через з'єднувач на шині ISA. Може ставати замовником на шині для доступу до пам'яті або до пристроїв введення/виведення. Крім цього, на материнській платі комп'ютера є ряд пристроїв, які не можуть бути замовником на шині, але, тим не менш, взаємодіють з нею. Це наступні пристрої.

Годинник реального часу (Таймер-лічильник) - цей пристрій формує коди реального часу для підтримки дати і часу та включає таймер, як правило, на базі мікросхеми Intel8254A. Один з таймерів-лічильників цієї мікросхеми виробляє імпульси з періодом 15 мікросекунд для запуску контролера регенерації пам'яті на регенерацію.

Крос материнська плата - частина материнської плати, яка використовує з'єднувачі шини ISA для підключення зовнішніх плат з іншими ресурсами на материнській платі.

Пам'ять на материнській платі - частина або всі мікросхеми пам'яті прямого доступу (ОЗП), що використовуються для зберігання інформації ЦП. На зовнішніх платах також можуть бути розміщені мікросхеми додаткової пам'яті.

Контролер переривань - цей пристрій пов'язаний з лініями запитів переривань на шині. Переривання вимагають подальшого обслуговування ЦП.

Пристрої введення/виведення - частина або всі пристрої введення / виведення (паралельні або послідовні порти), що можуть розміщуватися як на материнській платі, так і на зовнішніх платах.

Перестановщик байтів даних - цей пристрій дозволяє обмінюватися даними між собою 16-розрядними чи 8-розрядними пристроями.

2.2.3. Інтерфейс EISA (англ. Extended Industry Standard Architecture укр. Розширена промислова стандартна архітектура) став подальшим розвитком інтерфейсу ISA. Вона була розроблена фірмами Epson, Hewlett-Packard, NEC, Intel, Compaq і Wyse, і має такі переваги:

- повна сумісність слота EISA із слотом ISA, що дає можливість встановлювати карти ISA в слоти EISA, а це, в свою чергу, відкидає необхідність замінювати всі карти розширення;

- шина EISA є 32-розрядною, що робить можливим використання відповідних карт — мережних, графічних, жорсткого диску;

- шина EISA (як і MCA) є інтелектуальною, тобто конфігурація карт розширення виконується не апаратно за допомогою DIP-перемикача і джамперів, а програмно.

За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс. Він реалізовує всі можливості інтерфейсу ISA, однак забезпечує більші можливості, щодо обіну даними, збільшений адресний простір, забезпечує можливості, щодо мультипроцесовної та мультирежимної організації роботи процесора. Шина даних забезпечує обмін даними 4, 2, 1 байт. Адресна шина була збільшена до 32-х ліній, чим забезпечує більший адресний простір. Цей інтерфейс спочатку використовувався як системний інтерфейс ПК, зараз так як інтерфейс ISA використовується, як інтерфейс периферійних пристроїв і з ядром комп'ютера взаємодіє з використанням спеціальних інтерфейсних мостів.

Перехід від XT - до AT - шині був революційним етапом і дав, в основному, зростання кількісних показників - числа розрядів адреси і даних, кількості рівнів переривання і каналів DMA. Якісно машини типу PC AT мало відрізнялися від PC XT.

Перехід до EISA-шини - принципово новий крок у розвитку системних інтерфейсів ПЕОМ. Крім зростання кількісних показників (32 - розрядні передачі, 32 адресних ліній зв'язку, що дають можливість прямої адресації до 4 Гадрес), він приніс в ПЕОМ ряд нових якостей, які є традиційними атрибутами системних шин міні-ЕОМ. Інтерфейс EISA забезпечує:

- ефективну підтримку багатозадачного режиму мікропроцесора;
- засобів децентралізованого обміну між інтелектуальними пристроями і підсистемами.

Основні характеристики інтерфейсу EISA наступні.

- Програмна, апаратна і конструктивна сумісність з 8- і 16 - розрядними XT/AT платами розширення. У кожному циклі обміну - ідентифікація типу виконавчого пристрою і автоматичне налаштування на відповідний тип обміну. Реалізація резервів продуктивності стандартних XT/AT - плат за рахунок введення нових типів передачі.

- Для всіх активних пристроїв EISA - шини (ЦП, контролера DMA, задатчиків) - підтримка 8-, 16- і 32-розрядних передач в 32-розрядному адресному просторі.

- Автоматичне узгодження (вирівнювання) формату даних взаємодіючих пристроїв - перетворення одного 32-розрядного циклу обміну в два 16-розрядних (для плат ISA / EISA-16) або в чотири 8-розрядних циклу (для плат ISA / EISA-8).

- Доповнення магістральних ліній зв'язку індивідуальними для кожного роз'єму розширення (роз'ємно-специфіковані лінії зв'язку). Це забезпечує для EISA-плат географічну адресацію і режим автоконфігурації при включенні живлення ПЕОМ та усуває необхідність використання перемикачів і перемичок для налаштування на потрібну адресу, рівень переривання, канал DMA і рівень замовника.

- У підсистемі переривання - можливість вибору одного з двох видів запуску процедури: фронтом або рівнем. У другому випадку на один пріоритетний рівень може бути підключено кілька пристроїв.

- Вдосконалена підсистема прямого доступу до пам'яті (ПДП).

- На додаток до стандартного циклу ПДП обміну вводяться три додаткових (типи А, В, С), кожен з можливістю 8-, 16- і 32-розрядних передач. Швидкість ПДП-передач до 33 Мбайт / сек.

- Алгоритм арбітражу - однаково доступний як в межах одного контролера ПДП (каскаду), так і між каскадами; частота обслуговування каналів 5-7 в чотири рази вище, ніж для каналів 0-3; за коло обслуговування каналів 5-7 обслуговується один з каналів 0-3; перешкоджає монополізації шини одним каналом і гарантує обслуговування з будь-якого пріоритетного каналу ПДП протягом певного часу.

Архітектура EISA-шини не передбачає самостійної підсистеми замовників. Пристрій, що захоче захопити магістраль, може отримати управління шиною штучно за допомогою контролера ПДП, якщо спеціально запрограмований один із його каналів.

В архітектуру EISA-шини введена підсистема взаємодіючих замовників, що має наступні характеристики:

- число рівнів пріоритета замовників на з'єднувачах розширення - шість; центральному процесору присвоюється незалежний унікальний рівень пріоритету;

- арбітраж запитів на доступ до EISA-шини виконується централізованим контролером замовників на системній платі за допомогою однонаправлених магістральних ліній запитів та відповіді;

- рівні замовників - фіксовані, задаються при монтажі системи; до кожного рівня можна підключити тільки один пристрій;

- алгоритм опрацювання запитів рівнодоступний, кільцевий; в моменти надання магістралі замовникам шиною управляють по чергові ЦП та один із групи замовників, в межах якої реалізується кільцевий пріоритет; це гарантує центральному процесору доступ до EISA-шини після закінчення поточного сеансу обміну з замовником;

- протокол обміну в фазі арбітражу – асинхронний типу запит - відповідь;

- арбітраж замовників виконується одночасно з обміном даними через шину;

- підтримуються блокові передачі, максимальна тривалість яких обмежена величиною тайм-аута, з можливістю припинення блокової передачі при наявності запитів на доступ до магістралі від інших замовників.

В інтерфейсі EISA передбачена програмне налаштування кожного пріоритетного рівня або на режим фронтового запуску (з метою сумісності з ХТ/АТ-платами, що використовуються), або на режим порівневого запуску. В останньому випадку завадостійкість підвищується і до одного пріоритетного рівня допускається підключення декількох пристроїв (стандартом не обмежено).

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса ISA.
2. Наведіть класифікацію інтерфейса EISA.
3. Наведіть класифікацію інтерфейса Q-Bus.
4. Які загальні особливості інтерфейса ISA?
5. Які загальні особливості інтерфейса EISA?
6. Які загальні особливості інтерфейса Q-Bus?
7. Яка розрядність шини даних інтерфейса Q-Bus?
8. Яка розрядність шини даних інтерфейса Q-Bus?
9. Яка розрядність шини даних інтерфейса ISA?
10. Яка розрядність шини адрес інтерфейса ISA?
11. Яка розрядність шини даних інтерфейса EISA?
12. Яка розрядність шини адрес інтерфейса EISA?

2.3: Особливості обміну інформацією і виконання основних операцій, драйвери інтерфейсів PCI, PCI-E, AGP.

2.3.1. Інтерфейс PCI (Peripheral Component Interconnect bus) - шина для під'єднання периферійних пристроїв. Стала масово застосовуватися для Pentium-систем, але використовують і з 486 процесорами. Частота шини від 20 до 66 МГц, теоретично максимальна швидкість 132/264 Мбайт/с для даних 32/64 біт. У середовищі сучасних материнських платах частота на шині PCI задається як 1/2 вхідної частоти процесора, тобто за частоти центрального процесора 66 MHz на PCI буде 33 MHz, при 75 MHz - 37.5 MHz.

За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, синхронний інтерфейс.

Стандарт на шину PCI визначає:

фізичні параметри (наприклад, роз'єми і розведення сигнальних ліній);

електричні параметри (наприклад, напруги);

логічну модель (наприклад, типи циклів шини, адресацію на шині).

Розвитком стандарту PCI займається організація Special Interest Group.

Хоча багато користувачів комп'ютерів думають про PCI як про спосіб підключення електричних проводів, насправді це повний набір специфікацій, що визначають, як повинні взаємодіяти різні частини комп'ютера.

Специфікація PCI охоплює більшість питань, пов'язаних з комп'ютерними інтерфейсами. Шина PCI досягає кращої продуктивності за рахунок використання більш високої тактової частоти, ніж ISA; вона працює на 25 або 33 МГц (фактичне значення залежить від частоти системи), і недавно були розгорнуті також 66 МГц і навіть 133 МГц реалізації. Крім того, вона оснащена 32-х розрядної шиною даних і в специфікацію було включено 64-х розрядне розширення. Незалежність від платформи є важливою метою в розробці комп'ютерної шини і ця особливість характерна для PCI, оскільки в світі ПК завжди домінували стандарти інтерфейсів, залежні від процесора. В даний час PCI широко використовується на системах IA-32, Alpha, PowerPC, SPARC64 і IA-64, а також в інших платформах.

Однак, найбільш актуальною для розробника драйвера є підтримка PCI автовизначення інтерфейсуних плат. PCI пристрої безджамперні (на відміну від більшості старої периферії) і налаштовуються автоматично під час завантаження. Потім драйвер пристрою повинен бути в змозі отримати доступ до інформації про конфігурацію в пристрої з метою завершення ініціалізації. Це відбувається без необхідності здійснювати тестування.

Конфігурація інтерфейсних підсистем має наступні особливості. PCI-пристрої з погляду користувача налаштовуються самостійно (plug and play). Після старту комп'ютера системне програмне забезпечення обстежує конфігураційний простір PCI кожного пристрою, підключеного до шини й розподіляє ресурси. Кожен пристрій може зажадати до семи діапазонів в адресному просторі пам'яті PCI або в адресному просторі вводу-виводу PCI. Крім того, пристрої можуть мати ПЗП, що містить код для процесорів x86 або PA-RISC, Open Firmware (системне ПЗ комп'ютерів на базі SPARC) або драйвер EFI.

Налаштування переривань здійснюється також системним програмним забезпеченням (на відміну від шини ISA, де налаштування переривань здійснювалося перемикачами на карті). Запит на переривання на шині PCI передається за допомогою зміни рівня сигналу на одній з ліній IRQ, тому є можливість роботи декількох пристроїв з однією лінією запиту переривання. Системне ПЗ намагається виділити кожному пристрою окреме переривання для збільшення продуктивності.

Адресація в PCI має наступні особливості. Кожен периферійний пристрій PCI ідентифікується номером шини, номером пристрою і номером функції. Специфікація PCI дозволяє одній системі містити до 256 шин, але через те, що 256 шин не є достатньою кількістю для багатьох великих систем, Linux тепер підтримує домени PCI. Кожен домен PCI може містити до 256 шин. Кожна шина містить до 32 пристроїв і кожен пристрій може бути багатофункціональною платою (наприклад, як аудіо-пристрій з супроводжуючим приводом CD-ROM) з максимум вісьмома функціями. Тому кожна функція може бути ідентифікована на апаратному рівні 16-ти розрядною адресою, або ключем. Однак, драйверам пристроїв, написаним для Linux, не потрібно мати справу з цими двійковими адресами, тому що вони використовують для роботи з пристроями спеціальну структуру даних, названу `pci_dev`.

Останні робочі станції мають принаймні дві шини PCI. Підключення більше однієї шини в одній системі виконується за допомогою мостів, периферії PCI спеціального призначення, завданням якої є об'єднання двох шин. Загальна схема системи PCI являє собою дерево, де кожна шина пов'язана з шиною верхнього рівня, аж до шини 0 в корені дерева. Система карт ПК CardBus (стандарт шини для PCMCIA) також підключена до системи PCI через мости.

16-ти розрядні апаратні адреси, пов'язані з периферійними пристроями PCI, найчастіше приховані в об'єкті `struct pci_dev`, але іноді все ще видимі, особливо коли використовуються списки пристроїв. Однією з таких ситуацій є додаток `lspci` (частина пакета `pciutils`, доступного в більшості дистрибутивів) і розташування інформації в `/proc/pci` і `/proc/bus/pci`. Подання пристроїв PCI в `sysfs` також показує цю схему адресації з додаванням інформації про домен PCI. Деякі архітектури також показують інформацію PCI домену в файлах `/proc/pci` і `/proc/bus/pci`). При відображенні апаратна адреса може бути показана у вигляді двох значень (8-ми розрядний номер шини та 8-ми розрядні номери пристроїв і функцій), або як три значення (шина, пристрій і функція), або як чотири значення (домен, шина, пристрій і функція). Всі значення, як правило, відображаються в шістнадцятковому коді.

Апаратна схема кожної периферійної плати відповідає на запити, які стосуються трьох адресних просторів: осередків пам'яті, портів введення / виведення і регістрів конфігурації. Перші два адресних простори є загальними для всіх пристроїв на одній шині PCI (тобто, коли ви звертаєтесь до пам'яті, всі пристрої на цій шині PCI бачать цей цикл шини одночасно). Простір конфігурації, з іншого боку, використовує географічну адресацію. Запити конфігурації в один момент часу адресують тільки один слот, тому вони ніколи не конфліктують.

Простір конфігурації PCI складається з 256 байт для кожної функції пристрою (за винятком пристроїв PCI Express, які мають 4 КБ конфігураційного простору для кожної функції) і стандартизовану схему регістрів конфігурації. Чотири байта конфігураційного простору кодують унікальний ID функції, тому драйвер може визначити свій пристрій, дивлячись на заданий для такої периферії ID. Конкретний ID будь-якого пристрою можна знайти у технічному описі для обладнання. Перелік, включений в файл `pci.ids`, частина пакета `pciutils` і вихідні тексти ядра, не претендує на повноту. Це просто список найбільш відомих постачальників і пристроїв. Версія ядра цього файлу не буде включена в майбутні серії ядра. Таким чином, кожна плата пристроїв адресуються географічно для отримання її регістрів конфігурації; потім інформація в цих регістрах може бути використана для виконання звичайного доступу введення / виведення, без необхідності подальшої географічної адресації.

Основна специфікація шини PCI:

частота шини — 33,33 МГц або 66,66 МГц, передача синхронна;

кількість ліній зв'язку інформаційної шини — 32 або 64, шина мультиплексована (адреси і дані передаються в різні моменти часу);

пікова пропускна здатність для 32-розрядного варіанту, що працює на частоті 33,33 МГц — 133 Мб за секунду;

адресний простір пам'яті — 32 біт (4 байти);

адресний простір портів введення-виведення — 32 біт (4 байти);

конфігураційний адресний простір для однієї функції 256 байтів;

напруга 3,3 або 5 вольт.

Типи PCI-слотів наступні.

PCI 2.0 — перша версія базового стандарту, що одержала широке поширення, використовувалися як карти, так і слоти із сигнальною напругою тільки 5V. Пікова пропускна здатність — 133 Мб/с.

PCI 2.1-3.0 — відрізнялися від 2.0 можливістю одночасної роботи декількох пристроїв bus-master (так званий конкурентний режим), а також появою універсальних карт розширення, здатних працювати як на 5V, так і на 3.3V слотах (з частотою 33 і 66 МГц відповідно). Пікова пропускна здатність для 33 МГц — 133 Мб/с, а для 66 МГц — 266 Мб/с.

Версія 2.1 — робота з 3.3V картами і наявність відповідних ліній живлення, була опціональною.

Версія 2.2 — зроблені відповідно до цього стандарту карти розширення мають універсальний з'єднувач і здатні працювати практично в усіх пізніших різновидах слотів шини PCI, а також, в деяких випадках, і в слотах 2.1.

Версія 2.3 — несумісна з картами PCI 5V, незважаючи на триваюче використання 32-бітних слотів з 5V-ключем. Карти розширення мають універсальний з'єднувач, але не здатні працювати в 5V-слотах ранніх версій (до 2.1 включно).

Версія 3.0 — завершує перехід на карти PCI 3.3V, карти PCI 5V більше не підтримуються.

PCI 64 — розширення базового стандарту PCI, що з'явилося у версії 2.1, подвоює число ліній даних і, отже, пропускну здатність. Слот PCI 64 є продовженою версією звичайного PCI-слота. Формально сумісність 32-бітних карт із 64-бітними слотами (за умови наявності загальної підтримуваної сигнальної напруги) повна, а сумісність 64-бітної карти з 32-бітним слотом є обмеженою (втрата продуктивності є в обох випадках). Працює на тактовій частоті 33 МГц. Пікова пропускна здатність — 266 Мб/с.

Версія 1 — використовує слот PCI 64-біта напруги 5V.

Версія 2 — використовує слот PCI 64-біта напруги 3.3V.

PCI 66 — це PCI 64, що працює на тактовій частоті 66 МГц, використовує 3.3V-слоти, карти мають універсальний, або 3.3V форм-фактор. Пікова пропускна здатність — 533 МБ/с.

PCI 64/66 — комбінація PCI 64 и PCI 66, дозволяє вчетверо збільшити швидкість передачі даних у порівнянні з базовим стандартом PCI, і використовує 64-бітні 3.3V слоти, сумісні тільки з універсальними та 3.3V 32-бітними картами розширення. Карти стандарту PCI64/66 мають універсальний (який має обмежену сумісність із 32-бітними слотами) або 3.3V форм-фактор (останній варіант принципово не сумісний із 32-бітними 33 МГц слотами популярних стандартів). Пікова пропускна здатність — 533 МБ/с.

PCI-X — розширення PCI64, для всіх варіантів шини існують наступні обмеження по кількості пристроїв, що підключаються до кожної шини: 66 МГц — 4, 100 МГц — 2, 133 МГц — 1 (або 2 якщо один або обидва пристрої не перебувають на платах розширення, а вже інтегровані на одну плату разом з контролером), 266 МГц, 533 МГц і вище — 1.

Версія 1.0 — введено дві нові робочі частоти: 100 і 133 МГц, а також механізм роздільних транзакцій для поліпшення продуктивності при одночасній роботі декількох пристроїв. Як правило, зворотно сумісна з усіма 3.3V та універсальними PCI-картами. Карти звичайно виконуються в 64-бітному 3.3V форматі й мають обмежену зворотну сумісність зі слотами PCI64/66, а деякі здатні працювати в універсальному форматі (хоча практичної цінності це майже не має) та у звичайному PCI 2.2/2.3. Пікова пропускна здатність — 1024 МБ/с.

Версія 2.0 — уведено дві нові робочі частоти: 266 й 533 МГц, а також функція коду корекції помилок під час передачі даних (an error-correcting code, error checking and correction, ECC). Розширює конфігураційний простір PCI до 4096 байт і допускає розщеплення на 4 незалежні 16-бітні шини, що застосовується винятково у промислових системах, сигнальна напруга знижена до 1.5 V, але збережена зворотна сумісність з'єднувачів з усіма картами, що використовують сигнальну напругу 3.3 V. Теоретична пікова пропускна здатність — 4096 МБ/с.

Mini PCI — новий форм-фактор PCI 2.2 для використання переважно у ноутбуках.

Cardbus — PCMCIA форм-фактор для 32-бітних, 33 МГц PCI.

CompactPCI — використовує модулі розміру Eurocard, що входять в PCI backplane.

PC/104-Plus — індустріальна шина, що використовує сигналізацію PCI з іншим з'єднувачем.

PMC — PCI mezzanine card, мезонінна шина, відповідає стандарту IEEE P1386.1.

ATCA або AdvancedTCA — шина наступного покоління для телекомунікаційної індустрії.

2.3.2. Інтерфейс PCI EXPRESS є подальшим розвитком інтерфейсу PCI. Будь-яка комп'ютерна технологія проходить свій шлях від народження, тріумфу до звалища історії. Все б нічого, та кожне чергове нововведення, як правило, загрожує серйозними перетрушуваннями системних блоків і невизначеністю для користувачів — пора використовувати чи ще почекати з апгрейдом? Суттєвими здаються всі нововведення, які ляжуть на голови покупців при змінах у системном інтерфейсі. Такої всебічної руйнівної дії на основі платформи не було вже давно - зміняться процесорні з'єднувачі (у Intel настане час Socket 775, в AMD, відповідно, Socket 939); дійсно новою буде називатися система лише з 240-контактними модулями DDR2; навздогін до всього цього наближається поява нових форм-факторів самих плат - BTX. Але самим радикальним все ж таки стане повалення старих звичних елементів ландшафту системної плати - з'єднувачів PCI і AGP, на заміну яким прийдуть більш прості та дешевші.

Нове покоління технологій приносить нові швидкості і нові технологічні рішення. Правда, на ділі траплялося не раз, що революційні нововведення виявлялися не завжди своєчасними і не такими вже корисними, як гарно заявлялося при їх запуску. Традиційно, оплачувати експерименти доводиться кінцевим покупцям. Прикладів самих передових, але неоцінених або незатребуваних технологій, можна навести безліч - шина EISA, пам'ять RDRAM, слоти AMR / CNR і багато іншого. Не торкаючись тупикових гілок еволюції ПК, варто поговорити про своєчасність впровадження нових технологій на прикладі шини PCI Express. Можна з упевненістю сказати, що від переходу на цей шинний стандарт нікуди не дітисся. Розглянемо ключові особливості новоявленої шини, її подібності та відмінності від поширених PCI і AGP. Перш за все, не варто розглядати PCI Express як банального спадкоємця традицій PCI. Консорціум розробників нового інтерфейсу, раніше носив назву

3GIO, ставив перед собою мету розробити нову високошвидкісну шину з максимальною масштабованістю, простим розведенням, низьким рівнем паразитних випромінювань і електромагнітних завад. Це лише короткий перелік вимог до нового інтерфейсу, деякі особливості його реалізації в конкретних умовах, як, наприклад, підтримка "гарячого" підключення, потрібні лише в певних специфічних програмах.

Перші розробки шини PCI, що стартували на початку 90-х років, були покликані позбутися від безлічі присутніх на той момент несумісних шинних інтерфейсів - VLB (VESA Local Bus), EISA, ISA і Micro Channel. Поряд з цим переслідувалася мета позбутися тяжкої спадщини фрагментованої шини ISA і вперше добитися з'єднань класу "чіп-чіп".

На момент появи в 1993 році базової версії шини Peripheral Component Interconnect (PCI) - IEEE P1386.1, передбачалися революційні удосконалення: розширення шини даних до 32 біт, підтримка адресації до 4 ГБ даних (32 біта), а також використання режиму синхронного обміну даними. На ті часи тактова частота шини 33 МГц задовольняла умовам роботи з периферією в настільних і серверних системах, всі були задоволені. За цим різкий стрибок тактових частот процесорів і пам'яті привів до збільшення тактової частоти PCI до 66 МГц, хоча, тактові частоти процесорів за цей же період стрибнув з 33 МГц до 3,0 ГГц +. Усі наступні варіанти PCI - AGP, PCI-X, MiniPCI, CardBus, незважаючи на привнесення певних додатків, наприклад, інших форм-факторів з'єднувачів, нових сигнальних рівнів і навіть передачі даних по фронтах імпульсу (Double Data Rate / Quadruple Data Rate), тим не менше, несли в собі обмеження, що накладаються самої топологією інтерфейсу.

Можливості нарощування пропускної здатності шини PCI за рахунок збільшення тактової частоти без ускладнення схем розведення і відповідного адекватного подорожчання були вичерпані повністю. На черзі з'явилися такі актуальні інтерфейси, як 1 / 10 Gigabit Ethernet, IEEE 1394В, які повністю вибирають пропускну можливість шини одним пристроєм і навіть виходять за ці рамки. На PCI впливає зростання швидкості периферії, критичними стають обмеження щодо кількості сигнальних контактів шини, гальмування процесів реального часу і вимоги з енергозбереження сучасних ПК. Якщо згадати найбільш продуктивні версії шини PCI, наприклад, серверну PCI-X і графічну AGP, то в цьому випадку впираємося в укорочення провідників шини за рахунок високої частоти, вимога до установки свого контролера на кожен слот і досить високу вартість її реалізації.

Відповідно, традиційні паралельні шини себе вичерпали. Рано чи пізно погляди розробників повинні були звернутися у бік швидкісних послідовних. За результатами технологічного прогресу практично всі індустріальні інтерфейси перейшли на нові принципи обміну даними. Мова йде не тільки про мережеві інтерфейси, які за призначенням мають бути послідовними. Багато інших ключових шин вже використовують швидкісний послідовний обмін даними.

Між іншим, зовнішні інтерфейси вже давно перебралися на послідовну топологію і в своїх реалізаціях - USB 2.0, IEEE1394b, показують швидкості, які конкуретні із батьма паралельними з'єднаннями. З цієї точки зору шина PCI в комп'ютерах виглядає своєрідним анахронізмом.

Особливості PCI Express в наступному. Основою нового інтерфейсу, як відомо, в загальному випадку будуть диференціальні сигнальні пари контактів, які вчиняють обмін даними за схемою "точка-точка". Завдяки новій топології отримуємо ряд позитивних моментів: здешевлення конструкції, зниження габаритів, більш проста розводка друкованих доріжок з спрощеними вимогами до боротьби з паразитного випромінювання, і, головне, можливість роботи на більш високих частотах з підтримкою "гарячої" заміни периферійних пристроїв. Відходить у минуле такий важливий для паралельного інтерфейсу параметр, як необхідність в синхронізації сигнальних ліній всієї шини.

Архітектуру PCI Express можна розглядати пошарово, у порівнянні з адресною моделлю PCI. Конфігурація PCI Express є стандартною для пристроїв, визначених plug-and-play специфікаціями PCI: програмний рівень генерує запити читання / запису; рівень транзакцій транспортує ці запити до периферійних пристроїв за допомогою розділеного пакетного протоколу. Для підтримання високої продуктивності шини з'єднувальний (link) рівень додає пакетам черговість і CRC. Базовий фізичний рівень складається з подвійного симплексного каналу, що здійснює функції приймальної і передавальної пари. Таким чином, вихідна швидкість 2,5 Гб / с у кожному напрямку дозволяє говорити про створення дуплексного комунікаційного каналу продуктивністю на рівні 200 МБ/с, що в чотири рази перевищує можливості класичної шини PCI.

Розглядаючи процеси, що протікають в шині на сигнальному рівні, не можна не відзначити унікальні плюси PCI Express - значне зниження загасання в лініях передачі і підвищена чутливість приймальної частини інтерфейсу. З чого напрошується висновок про менш критичні вимоги до імпедансу вхідних ланцюгів, а також можливість збільшення довжини розводки провідників шини.

У нинішній версії стандарту PCI-E вони лімітуються 12 дюймами для системних плат, 3,5 дюймами для контролерів і 15 дюймами для межчіпових з'єднань. При цьому не пред'являється ніяких додаткових вимог до технології розведення друкованої плати: можуть використовуватися як звичайні 4-слойні РСВ товщиною 0,062 дюйма, так і варіанти з шістьма і більше шарами.

Теоретично вимоги, що висуваються стандартом PCI Express, з легкістю можуть бути адаптовані для потреб пристроїв будь-якого рівня - від мобільного телефону до сервера рівня підприємства, а також, у перспективі, можуть бути перекладені для застосування в інших фізичних типах носіїв. Саме така гнучкість і необхідна для інтерфейсу, який збирається прослужити стандартом на найближче майбутнє.

Використання нових з'єднувачів та інших конструктивних можливостей, обумовлених специфікаціями нового стандарту, дозволяє говорити про збільшення енергоспоживання кінцевих контролерів до 75 Вт (при струмі до 5,5А).

Такі потужні контролери потребуватимуть додаткових заходів щодо відведення тепла з корпусу, зате відпаде потреба у використанні з'єднувачів додаткового живлення, які так характерні для нинішнього покоління відеокарт AGP 8х.

Системи живлення комп'ютерів з підтримкою різних варіантів PCI Express відрізняються від звичних нам специфікацій ATX12 і схожі на вимоги, що пред'являються до живлення серверних систем. Так, звичний 20-контактний з'єднувач живлення ATX подовжується і в ньому з'являються чотири додаткових контакти для посилення силових шин +12 В, 5,0 В та +3,3 В. Відповідно, до 75 Вт підвищуються обмеження на живлення одного слоту в BIOS. При цьому нижня межа потужності для блоків живлення встановлюється на рівні приблизно 300 Вт. Хоча зміни в ланцюгах живлення і не носять такий радикальний характер, як при переході з АТ на АТХ, з думкою про неминучі зміни в блоках живлення доведеться звикнути.

Варіантів PCI Express декілька. Версії PCI Express будуть впроваджуватися в залежності від того, які ставляться перед інтерфейсом завдання і який тип пристрою. Наприклад, сервери, де затребувана максимальна пропускна здатність, будуть обладнані максимальною кількістю слотів PCI Express з максимальними показниками. У той же час, для потреб ноутбуків в більшості випадків буде достатньо архітектури PCI Express x1. Для

настільних ПК і робочих станцій знадобиться комбінація з різних варіантів реалізації шини.

Абсолютно нові вимоги висуваються до механічних показників PCI Express. Для того, щоб периферійні плати не мали можливості вивалитися з слота при вібрації або транспортуванні, розроблені підвищені вимоги до засувки і кріплення з'єднувачів PCI Express.

Незважаючи на те, що новий стандарт дає певну свободу кінцевим виробникам при розробці кріплення, жорстко обумовленими залишаються наступні вимоги: енергоспоживання - не більше 75 Вт, вага - не більше 350 грамів, висота - не більше 115,15 мм.

Звичайно, під такими монстрами прозоро мають на увазі графічні карти з інтерфейсом PCI Express 16x; у всіх інших випадках вимоги до кріплення та інших характеристик контролерів значно скромніші.

Осібнo стоїть реалізація PCI Express для мобільних пристроїв у вигляді стандарту ExpressCard. Першими підтримку модулів цього підстандарту отримають ноутбуки і мініатюрні настільні ПК, хоча вже відомі випадки подання концепцій серверних плат з роз'ємом ExpressCard. Основна перевага застосування таких модулів - підключення периферії практично без потреби використання кріпильного інструменту, а також інсталяції додаткових драйверів. Технологія ExpressCard замінить собою всі застарілі паралельні шини, в результаті залишаться тільки три сучасні інтерфейси - PCI Express, USB 2.0 і FireWire. В даний час розроблено два форм-фактори модулів ExpressCard - ExpressCard/34 (ширина 34 мм) і ExpressCard/54 (ширина 54). Обидва модулі мають висоту 5 мм, як у стандарті PC Card Type II. Довжина модулів 75 мм, що на 10,6 мм менше, ніж у PC Card. При цьому модулі ExpressCard/34 і ExpressCard/54 мають однаковий інтерфейс. Кожен слот під модулі ExpressCard може обслуговувати шину PCI Express x1.

Переваги PCI Express в наступному. Порівнюючи можливості паралельної шини PCI і архітектуру PCI Express бути перспективними на протязі багатьох років, можна виділити п'ять найбільш значущих переваг останньої.

- Висока продуктивність - підвищення пропускної спроможності версії x1 як мінімум удвічі в порівнянні з PCI, можливість лінійного нарощування продуктивності шляхом лінійного розширення шини. Крім цього, PCI Express є реально дуплексною шиною.

- Спрощення розводки периферії - стандартизація там, де раніше використовувалися всілякі варіанти PCI - AGP, PCI-X і ін; зниження комплексних витрат на розробку і впровадження систем.

- рівнева архітектура - основні витрати на розвиток PCI Express надалі лягають лише на розробку відповідної обв'язки, можна економити на можливості роботи з колишнім програмним забезпеченням.

- Наступне покоління периферії - PCI Express дозволяє реалізувати нові можливості обміну даними з мультимедійним контентом за рахунок ізохронної природи передачі (тобто рознесення окремих частин сигналу за часом).

- Простота використання - виробляти апгрейд і доопрацювання систем пристроями PCI Express стане значно легше. Тепер з'явиться можливість використовувати PCI Express карти з "гарячим" підключенням.

На закінчення спробуємо відповісти на поставлене на початку питання - чи дійсно, чи вчасно поява? Тональність

Відповідь щодо вчасності появи PCI Express явно буде різною в залежності від того, кому поставлено питання - розробнику, виробнику або кінцевому покупцю. У першому випадку, відповідь буде в більшості своїй захоплено-ствердна., Адже саме розробників апаратури порадує уніфікація сигнальних рівнів і топології більшості шин системи. Виробники системних плат, відеокарт та іншої обв'язки ПК, швидше за все, з досадою пригадають Конфуція з його зауваженням про життя в епоху змін. Адже їм тепер доводиться наперед прораховувати баланс попиту на системи з новою, старою і змішаною архітектурою. Це тягне за собою невпевненість у правильності обраної стратегії в плані маркетингу та логістики. З іншого боку, неоднозначність ситуації - підходящий момент для того, щоб змінити розстановку сил на ринку і вибитися в лідери.

Напевно, в самій дивній ситуації залишаться споживачі, котрі стежили за останніми розробками і прикупили собі самі просунуті версії відеокарт з шиною AGP 8x. Ось вже кого запевняли, що крутіше нікуди і це надовго! Так, можливості цього інтерфейсу дійсно, до кінця так і не були використані, але час не чекає, на горизонті - нова 16x вершина, яку, начебто, обіцяють надовго. Слабкою втіхою можуть служити дві тези: по-перше, PCI Express - це дійсно надовго; по-друге, ніхто від старих добрих слотів відмовлятися не поспішає. В більшості своїй нові плати будуть володіти всім набором шин, включаючи PCI, AGP і PCI Express. Основні характеристики інтерфейсних шин даного класу наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Характеристики інтерфейсних шин

Тип слота	Кількість контактів у з'єднувачі	Швидкість обміну даними теоретична (Мбайт/с)	Швидкість обміну даними ефективна (Мбайт/с)
PCI (32 біт, 33 МГц)	120	133	110
PCI-X (64 біт, 133 МГц)	184	1064	900
PCI Express x1	36	250	220
PCI Express x4	64	1000	800
PCI Express x8	98	2000	1600
PCI Express x16	164	4000	3200
PCI Express x32	294	8000	6400
AGP-8x	124	2133	2000

Важливою відмінністю є те, що довжина інтерфейсної частини з'єднувачів PCI Express варіюється в залежності від числа ліній. Для версії ...x1 зовсім крихітна, ...x16 порівнянна за розмірами з звичайним слотом PCI або AGP, слот ...x32 навіть більший з'єднувачів PCI-X (див. табл. 2.1). В реальних пристроях шина x32 буде застосовуватися не скоро. Встановити більш швидку плату в більш повільний роз'єм (x4 в x1, наприклад) не передбачено - вона просто туди не поміститься. Установка повільної плати (наприклад, x1) у швидкий слот (x4, x8 або x16) не повинна викликати проблем (при цьому плата, природно, буде працювати на нижчій швидкості).

2.3.3. Інтерфейс AGP (від англ. Accelerated Graphics Port, прискорений графічний порт) - розроблений в 1997 році компанією Intel, спеціалізована 32-бітова системна шина для відеокарти. З'явилася одночасно з чіпсетами для процесора Intel Pentium MMX чіпсет MVP3, MVP5 із Super Socket 7. Основним завданням розробників було збільшення продуктивності та зменшення вартості відеокарти за рахунок зменшення кількості вбудованої відеопам'яті. За задумом Intel, великі обсяги відеопам'яті для AGP-карт були б не потрібні, оскільки технологія передбачала високошвидкісний доступ до загальної пам'яті.

За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, синхронний інтерфейс.

Основні відмінності інтерфейса AGP від базової шини PCI:

- робота на тактовій частоті 66 МГц;

- збільшена пропускна здатність;
- режим роботи з пам'яттю DMA і DME;
- поділ запитів на операцію і передачу даних;
- можливість використання відеокарт з більшим енергоспоживанням, ніж PCI.

Перша версія (специфікація AGP 1.0) AGP-1x використовується рідко, оскільки не забезпечує необхідної швидкості роботи з пам'яттю в режимі DME. При проектуванні була додана можливість посилати 2 блоки даних за один такт, це AGP-2x.

За основу інтерфейсу AGP 1.0 була взята шина PCI 2.1, а точніше, її варіант PCI 32/66 - 32x розрядна шина з частотою роботи 66MHz. У стандарті AGP 3.0 передбачено розширення розрядності до 64-х біт при збереженні зворотної сумісності, але поки що такі конфігурації не реалізовані. Версія інтерфейсу AGP 1.0 отримала наступні розширення:

- Черга запитів. На AGP, на відміну від PCI, для передачі наступної адреси чекати закінчення поточної передачі зовсім не обов'язково - можна зробити відразу декілька запитів на читання (запис), а потім послідовно зчитати (передати) дані.
- Часткове демультимплексування шин адреси і даних. Реалізація вельми оригінальна - на додаток до стандартної 32x-бітної мультимплексованих шині (AD) є 8-ми розрядна "бічна" шина адреси (SBA). Алгоритм такий: при порожній черзі запитів декілька перших передач адреси проводиться стандартно, через мультимплексовану шину AD, а після того, як підуть затребувані дані, передачі наступних адрес в чергу будуть здійснюватися через шину SBA.
- Режим DDR для ліній даних. У режимі 2x - передачі по лініях AD і SBA з подвоєною частотою, по передньому фронту та спаду синхросигналу.

Швидкий розвиток системної пам'яті призвело до того, що її цикл запису/читання перевищував пропускну здатність AGP 1.0 навіть в режимі 2x. Тому 1998 році вийшла модифікація специфікації AGP 2.0 - версія AGP 4x, яка могла пересилати вже 4 блоки за один такт і володіла пропускною здатністю майже 1 ГБ / с. Крім дрібних вдосконалень режиму Bus Master, що залишився від PCI, було одна, але глобальна зміна специфікації - для реалізації передач QDR (4 передачі за такт) сигнальні рівні інтерфейсу були знижені до 1.5V замість 3.3V в AGP 1.0. Через те, що при таких частотах ємність провідників починає грати вже істотне значення, пониження рівня логічної "1" здатне

зменшити споживання вихідних каскадів і підвищити швидкодію і стабільність. Напруга ліній зв'язку, по яких подається живлення для чіпа і пам'яті (або їх стабілізаторів), не змінилося - всі 3 лінії, VDD 3.3, VDD 5 і VDD 12 так і залишилися в роз'ємі. З ліній зв'язку 3.3V до 1.5V змінилося тільки VDDQ - напруга вихідних каскадів чіпа.

Шина AGP 8x (специфікація AGP 3.0) передає вже 8 блоків за один такт. Таким чином, пропускна здатність шини досягає 2 ГБ / с. Також у стандарті була закладена можливість використання двох відеокарт (аналогічно ATI CrossFire, Nvidia SLI), однак ця можливість не була використана виробниками. У новому стандарті 3.0 рівень логічної "1" в черговий раз був змінений - зменшений до 0.8V. Опорна частота інтерфейсу так і не змінилася, просто був введений режим ODR - передача по лініях AD і SBA з частотою, у 8 разів перевищуючу опорну. Додано дві нові лінії - GC_AGP8X_DET # і MB_AGP8X_DET # - відповідно, що визначають підтримку AGP 3.0 у відеокарти і материнської плати. З'єднувач залишився тим же самим - AGP 4X/1.5V Only.

Забезпечуючи теоретичну пропускну здатність у 2,1 Гб / с, AGP 8X також дозволяє розробникам більш ефективно управляти сценами зі складною геометрією і динамічно переключатися на нові сцени в реальному часі. Знижуючи навантаження, пов'язане із збереженням і формуванням складних текстур або потоків даних з пам'яті, AGP 8X підвищує загальну пропускну здатність шини AGP. Це в свою чергу, призводить до значного підвищення візуальної якості сцен зі складними текстурами і геометрією та забезпечує більшу реалістичність.

Підвищення загальної пропускної здатності AGP 3.0 позитивно впливає на всі операції з графікою, що включають роботу зі складною геометрією, текстурами або потоковою передачею. Одна з нових можливостей AGP 3.0 - ізохронний режим роботи. Режим особливо оптимізує операції з графікою, що вимагають постійного, безперервного потоку даних. Колишні версії інтерфейсу AGP не могли гарантувати необхідної пропускної спроможності для подібних передач. Їх можна було використовувати для більшості режимів, але все ж вони не годилися при випадкових довгих затримках і приводили до втрати даних. Поточкові програми, які орієнтовані на передачу інформації в реальному часі для відеоповіщення або завантаження через мережу, виключають втрати даних і потребують постійної передачі. Більш того, для недорогих продуктів необхідний спосіб підтримки ізохронної передачі без збільшення обсягів

дорогої буферизації. Ізохронний режим роботи AGP 3.0 задовольняє цим прикладним вимогам, будучи при цьому недорогим рішенням.

Специфікація AGP 3.0 надає можливість плавного переходу до AGP 8X. Механічна частина специфікації не змінилася. Продуктивність і можливості AGP 8X досягаються за рахунок деяких деяких невикористаних контактів, але при цьому полегшуючи підтримку карт AGP 8X існуючими системами AGP 2X і 4X, а також новими системами з повною підтримкою інтерфейсу 8X. Графічні рішення NVIDIA AGP 8X можуть визначити версію AGP хост-системи та автоматично налаштувати інтерфейс AGP на роботу в режимі 3.0 (зі швидкостями 4X або 8X) або в режимі 2.0 (2X або 4X). Нові графічні рішення NVIDIA повністю підтримують швидкості 8X і повністю сумісні з системами 2X, 4X і 8X. Карти на базі процесорів NVIDIA автоматично налаштовуються на максимальну швидкість системи.

Пропускна здатність AGP 8X теоретично вдвічі більше, ніж AGP 4X. Загальна продуктивність варіюється в залежності від особливостей програмних засобів.

Складні програми, сучасні динамічні програми та ігри стануть працювати значно швидше через подвоєння продуктивності AGP 8X. Заздалегідь завантажуючи геометрію і текстури в буфер кадрів, вони залежать від швидкості обміну між пам'яттю і підсистемою графіки. Додатка з високоточними даними та великими текстурами стануть краще працювати, вимагаючи великої продуктивності для обміну даними.

Сучасні відеокарти вимагають великої потужності від джерела живлення, понад 40 Вт. Таку потужність шина AGP дати не може. Відповідно з'явилася специфікація AGP Pro з додатковими з'єднувачами для живлення.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса PCI.
2. Які загальні особливості інтерфейса PCI?
3. Які загальні особливості інтерфейса PCI-E?
4. Які загальні особливості інтерфейса AGP?
7. Яка розрядність шини даних інтерфейса Q-Bus?
8. Яка розрядність мультиплексованої шини адрес/даних базового інтерфейса AGP?
9. Яка розрядність мультиплексованої шини адрес/даних базового інтерфейса PCI?

2.4. Основні характеристики, особливості обміну інформацією і виконання базових операцій, драйвери інтерфейсів BS-4421, CENTRONIX, IEEE-488.

2.4.1. Інтерфейс BS 4421 за класифікацією є радіальним, паралельним, симплексним, асинхронним. Його використовують для підключення до комп'ютера периферійних пристроїв, в першу чергу друкуючих пристроїв середньої продуктивності. Аналогічним можна вважати інтерфейс з абревіатурою ІРІР (інтерфейс радіальний паралельний), який також використовується для спряження з комп'ютером друкуючих пристроїв. Інтерфейс уможливорює паралельне передавання не більше як 16 біт. Лінії інтерфейса однонапрямлені і зв'язують один передавач /ПРД/ і один приймач /ПРМ/. Склад ліній зв'язку і відповідних електричних сигналів інтерфейса наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Лінії зв'язку інтерфейса BS 4421

Позначення	Назва
D0...D7	Дані молодшого байта
DP0	Контрольний розряд молодшого байта
D8...D15	Дані старшого байта
DP1	Контрольний розряд старшого байта
S0	Готовність передавача
A0	Готовність приймача
SC	Строб передавача
AC	Запит приймача
S1...S8	Стан передавача
A1...A8	Стан приймача
Z	Нуль
S	Екран

Сигнал S0 означає, що передавач готовий до роботи. Якщо сигнал S0 відсутній ("лог.0"), то обмін даними неможливий і стан інших ліній не враховується. Сигнал A0 виробляється приймачем, передається передавачу і означає готовність ПРМ приймати дані. Часову діаграму сигналів при виконанні обміну даними показано на рис. 2.7. Сигнал SC формується передавачем і використовується для стробування даних на лініях D0...D15. Сигнал AC означає, що ПРМ готовий прийняти черговий квант інформації від ПРД. Сигнали DP0, DP1 використовують для супроводження передавання молодшого та старшого байтів даних контролем на парність. Сигнали стану

передавача $S1...S8$, приймача $A1...A8$, видаються синхронно із сигналами даних, але в технічно обґрунтованих випадках можна використовувати асинхронні сигнали, які можуть змінювати свій стан у будь який момент часу. Ці сигнали належать до станів, які безпосередньо не пов'язані з передаванням даних, і зберігаються на лініях протягом усього часу наявності відповідного стану. Номінальна швидкість обміну даними 250 Кбайт/сек.

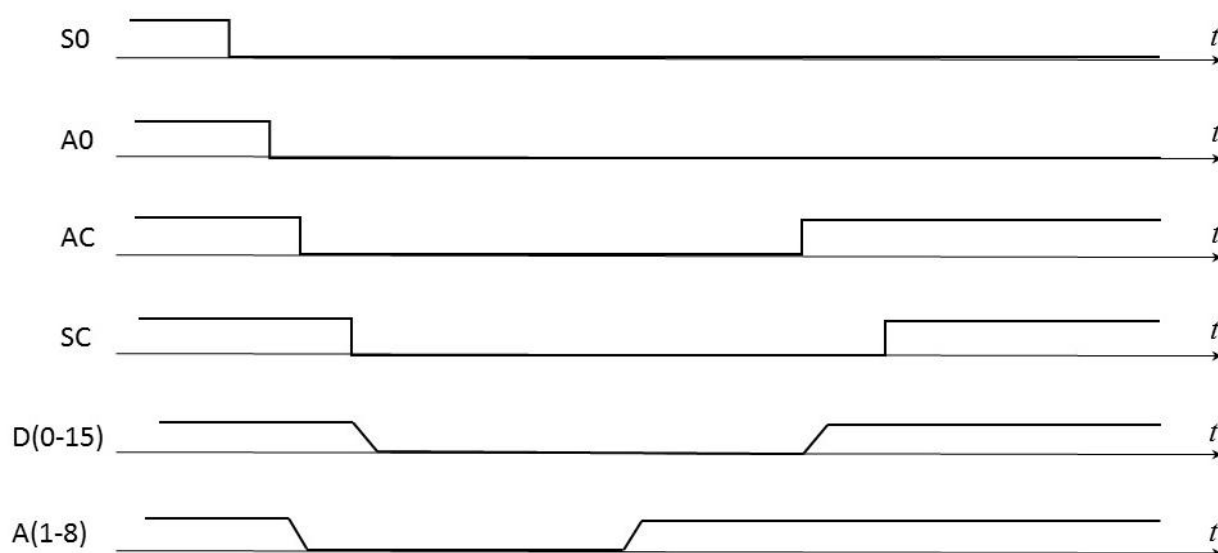


Рис 2.7. Часова діаграма обміну даними

Сигнали на лініях відповідають ТТЛ-рівням, логіка більшості сигналів від'ємна. У схемах використовують передавачі з відкритим колектором із допустимою силою струму навантаження, не меншою за 40 мА. Довжина ліній інтерфейса не повинна перевищувати 15 м.

2.4.2. Інтерфейс Centronics за класифікацією є радіальним, паралельним, симплексним, асинхронним. Його використовують для підключення до комп'ютера ПП з невеликою швидкодією. Аналогічним можна вважати інтерфейс з абривіатурою ІРПР-М (інтерфейс радіальний паралельний модифікований), який часто використовують для під'єднання до комп'ютера друкуючих пристроїв. Інтерфейс забезпечує паралельне передавання одного байта. Лінії інтерфейса однонаправлені і забезпечують передавання даних між одним передавачем (ПРД) і одним приймачем (ПРМ). Склад ліній і відповідних сигналів інтерфейса наведено в табл 2.3.

Високий рівень сигналів на лініях даних відповідає “лог. 1”. Для конкретних пристроїв можна використовувати меншу кількість розрядів.

При “лог. 0” сигналу STROBE дані мають справжні значення. Тривалість імпульсу в стані “лог. 0” не повинна бути меншою 0,5 мкс.

Стан “лог. 1” сигналу підтвердження ACKWLG показує, що ПРМ готовий прийняти дані; стан “лог. 0” означає, що ПРМ не готовий прийняти дані, але прийняв попередні дані. Тривалість сигналу в стані “лог. 0” повинна перебувати в межах 2,5... 5,0 мкс.

Стан “лог. 1” сигналу BUSY означає, що ПРМ не може приймати дані. ПРМ може бути зайнятий у разі передавання даних, заповненого буфера та інших випадках, прийнятних для конкретних пристроїв.

Таблиця 2.3.

Лінії інтерфейсу Centronics

Позначення	Назва
D0...D7	Дані
STATE/1...8/	Стан
SLCT	Готовність приймача
-STROBE	Строб
-ACKWLG	Підтвердження
BUSY	Зайнято
-INIT	Обнулення
-SLCTIN	Добір
-ERROR	Помилка
-PE	Кінець паперу
-AVTOFD	Автоматичне переведення паперу
OV	Нуль
CG	Екран

Стан “лог. 0” сигналу вибору означає, що ПРМ підготовлений і прийматиме інформацію з ліній даних. При обміні даними використовують сигнали стробу, підтвердження, зайняття в режимі “запит – відповідь”. ПРД може передавати по лінії стробу сигнал “лог. 0” лише після того, як ПРМ передав через лінію підтвердження ACKWLG сигнал з “лог. 0” і на ній знову встановився рівень “лог. 1”. Часову діаграму сигналів при обміні даними показано на рис 2.8.

Стан “лог. 0” сигналу SLCT означає, що ПРМ готовий прийняти дані. Стан “лог. 0” сигналу INIT спричинює перехід ПРМ у початковий стан. Тривалість сигналу при “лог. 0” має бути орієнтовно 2,5 мкс. Стан “лог. 1” сигналу PE вказує на відсутність паперу в ПРМ. Сигнал PE асинхронний. Стан “лог. 0” сигналу AVTOFD означає, що ПРМ виконує самостійне переведення паперу на оин рядок після закінчення друку. Сигнал AVTOFD асинхронний. Стан “лог. 0”сигналу ERROR означає, що в ПРМ наявний стан помилки. Стан помилки в ПРМ може бути спричинений відсутністю паперу, зовнішньою зупинкою двигуна або іншим станом, спеціально зумовленим для конкретного пристрою. Сигнал помилки асинхронний. Сигнали на лініях відповідають ТТЛ-рівням.

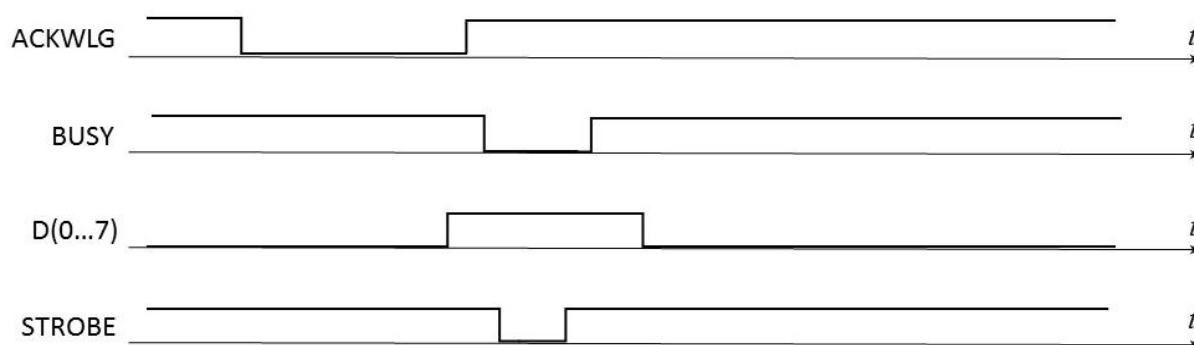


Рис 2.8. Часова діаграма обміну даними

В багатьох комп'ютерах інтерфейс Centronics реалізовується через **LPT-порт** (порт лінійного принтера). Адаптер паралельного інтерфейсу є набором регістрів, розташованих в адресному просторі введення/виведення (I/O). Регістри порту адресуються щодо базової адреси порту, стандартними значеннями якого є 3BCh, 378h і 278h. Порт може використовувати лінію запиту апаратного переривання, звичайно IRQ7 або IRQ5. Порт має зовнішню 8-бітну шину даних, 5-бітну шину сигналів стану і 4-бітну шину керуючих сигналів, BIOS підтримує до чотирьох (іноді до трьох) LPT-портів (LPT1-LPT4) своїм сервісом - перериванням INT 17h, які забезпечують зв'язок комп'ютера з принтером через інтерфейс Centronics. Цим сервісом BIOS здійснює виведення символу (за опитуванням готовності, не використовуючи апаратних переривань), ініціалізацію інтерфейсу й принтера, а також опитування стану принтера.

Стандартний порт має три 8-бітових регістра, розташованих за сусідніми адресами у просторі введення/виведення, починаючи з базової адреси порту (BASE). Data Register (DR) - регістр даних. Дані, записані в цей порт, виводяться на вихідні лінії інтерфейсу. Дані, прочитані з цього регістра, залежно від схемотехніки адаптера відповідають або раніше записаним даним, або сигналам на тих же лініях, що не завжди одне і те ж. Якщо в порт записати байт з одиницями у всіх розрядах, а на вихідні лінії інтерфейсу через мікросхеми з виходом типу "відкритий колектор" подати якийсь код (або з'єднати ключами якісь лінії зі схемною землею), то цей код може бути прочитаний з того ж регістра даних. Таким чином, на багатьох старих моделях адаптерів можна реалізувати порт введення дискретних сигналів, однак вихідним ланцюгам передавача інформації доведеться "боротися" з вихідним струмом логічної одиниці вихідних буферів адаптера. Схемотехніка TTL такі рішення не забороняє. Однак, якщо зовнішній пристрій виконано на мікросхемах КМОП, їх потужності може не вистачити для переваги в цьому шинному конфлікті. Сучасні адаптери часто мають у вихідному ланцюзі узгоджувальний резистор з опором 50 Ом. Вихідний струм короткого замикання виходу на землю зазвичай не перевищує 30 мА. Простий розрахунок показує, що в разі короткого замикання контакта з'єднувача на землю при виведенні "одиниці" на цьому резисторі падає напруга 1,5 В, що вхідний схемою приймача буде сприйнято як "одиниця". Так що такий спосіб введення не буде працювати на всіх комп'ютерах. На деяких адаптерах портів вихідний буфер відключається перемичкою на платі. Тоді порт перетворюється на звичайний порт введення.

Status Register (SR) - регістр стану. Являє собою 5-бітний порт введення сигналів стану принтера (біти SR.4-SR.7), адреси - 803E +7. Біт SR.7 інвертується - низькому рівню сигналу відповідає одиничне значення біта в регістрі, і навпаки.

Призначення біт регістра стану (у дужках дано номери контактів роз'єму):

SR. 7 - Busy - інверсні відображення стану лінії Busy (11): при низькому рівні на лінії встановлюється одиничне значення біта - дозвіл на виведення чергового байта.

SR.6 - Ack (Acknowledge) - відображення стану лінії Ack # (10).

SR.5 - PE (Paper End) - відображення стану лінії Paper End (12). Одиничне значення відповідає високому рівню лінії - сигналу про кінець паперу в принтері.

SR.4 - Select - відображення стану лінії Select (13). Одиничне значення відповідає високому рівню лінії - сигналу про включення принтера.

SR.3 - Error - відображення стану лінії Error (15). Нульове значення відповідає низькому рівню лінії - сигналу про будь-яку помилку принтера.

SR.2 - PIRQ - прапор переривання по сигналу Ackft (тільки для порту PS/2). Біт обнуляється, якщо сигнал Ack # викликав апаратне переривання. Одиничне значення встановлюється за апаратним скиданням і після читання регістра стану.

SR [1: 0] - зарезервовані.

Control Register (CR) - регістр управління, $\text{wres} \wedge \text{BASE} + 2$. Як і регістр даних, цей 4-бітний порт виведення допускає запис і читання (біти 0-3), але його вихідний буфер звичайно має тип "відкритий колектор". Це дозволяє коректно використовувати лінії даного регістра як вхідні при програмуванні в високий рівень. Біти 0, 1, 3 інвертуються.

Призначення біт регістра керування:

CR [7:6] - зарезервовані.

CR.5 - Direction - біт управління напрямом передачі (тільки для портів PS/2). Запис одиниці переводить порт даних в режим введення. При читанні стан біта не визначено.

CR.4 - AckIntEn (Ack Interrupt Enable) - одиничне значення дозволяє переривання по спаду сигналу на лінії Ack # - сигнал запиту наступного байта.

CR.3 - Select In - одиничне значення біта відповідає низькому рівню на виході Select In # (17) - сигналу, дозволяючим роботу принтера за інтерфейсом Centronics.

CR.2 - Init - нульове значення біта відповідає низькому рівню на виході - сигналу апаратного скидання принтера.

CR. 1 - Auto LF - одиничне значення біта відповідає низькому рівню на виході Auto LF # (14) - сигналу на автоматичне переведення рядка (LF - Line Feed) по прийому байта повернення каретки (CR). Іноді сигнал і біт називають AutoFD або AutoFDXT.

CR.0 - Strobe - одиничне значення біта відповідає низькому рівню на виході Strobest (1) - сигналу стробування вихідних даних.

Запит апаратного переривання (або IRQ7, або IRQ5) виробляється по від'ємному перепаду сигналу на виведення 10 з'єднувача інтерфейсу (Ack #) при установці CR.4 = 1. Щоб уникнути помилкових переривань контакт 10 з'єднаний резистором з шиною +5 В. Переривання виробляється, коли принтер

підтверджує прийом попереднього байта. Як вже було сказано, BIOS це переривання не використовує і не обслуговує.

Процедура виведення байта по інтерфейсу Centronics включає наступні кроки (в дужках наведено необхідну кількість шинних операцій процесора):

- витяг байта в регістр даних (1 цикл IOWR #).
- введення з регістра стану і перевірка готовності пристрою (біт SR. 7 - сигнал Busy). Цей крок зациклюється до отримання готовності або до спрацьовування програмного тайм-ауту (мінімум 1 цикл IORD #).

Після отримання готовності передавачам в регістр управління встановлюється строб даних, а наступним виведенням строб знімається (2 циклу IOWR #). Зазвичай, щоб переключити тільки один біт (строб), регістр управління попередньо зчитується, що додає ще один цикл IORD #. Видно, що для виведення одного байта потрібно 4-5 операцій вводу/виводу з регістрами порту (у кращому випадку, коли готовність виявлена за першим читанням регістра стану). Звідси впливає головний недолік виводу через стандартний порт - невисока швидкість обміну при значному завантаженні процесора. Порт вдається розігнати до швидкостей 100-150 Кбайт / с при повному завантаженні процесора, що недостатньо для друку на лазерному принтері. Інший недолік - функціональний - складність використання в якості порту введення.

Стандартний порт асиметричний - при наявності 12 ліній нормально працюють на введення тільки 5 ліній стану. Якщо необхідний симетричний двонаправлений зв'язок, на всіх стандартних портах працездатний режим напівбайтного обміну - Nibble Mode. У цьому режимі, званому також Hewlett Packard Bitronics, одночасно передаються 4 біти даних, п'ята лінія використовується для квітування. Таким чином, кожен байт передається за два цикли, а кожен цикл потребує щонайменше 5 операцій введення/виведення.

Розширення паралельного порту

Недоліки стандартного порту частково усували нові типи портів, що з'явилися в комп'ютерах PS/2. Двонаправлений порт 1 (Type 1 parallel port)-інтерфейс, введений в PS/2. Такий порт, крім стандартного режиму, може працювати в режимі вводу або двонаправленому режимі. Протокол обміну формується програмно, а для вказівки напрямку передачі в регістр управління порту введений спеціальний біт CR .5: 0 - буфер даних працює на виведення, 1 - на введення. Цей порт, що отримав назву enhanced bi-directional, не є аналогом протоколу EPP. Даний тип порту прижився і в звичайних комп'ютерах.

Порт з прямим доступом до пам'яті (Type 3 DMA parallelport) застосовувався в PS/2 моделей 57, 90, 95. Був введений для підвищення пропускної здатності і розвантаження процесора при виведенні на принтер. Програмі, що працює з портом, потрібно тільки поставити в пам'яті блок даних, що підлягають висновку, а потім висновок по протоколу Centronics проводився без участі процесора.

Пізніше з'явилися інші адаптери LPT-портів, що реалізують протокол обміну Centronics апаратно - Fast Centronics.

Деякі з них використовували FIFO-буфер даних - Parallel Port FIFO Mode. Не будучи стандартизованими, такі порти різних виробників вимагали використання власних спеціальних драйверів. Програми, що використовують пряме управління регістрами стандартних портів, не вміли більш ефективно їх використовувати. Такі порти часто входили до складу Мультикарта VLB. Існують їх варіанти з шиною ISA, в тому числі вбудовані.

Стандарт IEEE 1284

Стандарт на паралельний інтерфейс IEEE 1284, прийнятий в 1994 році, визначає порти SPP, EPP і ECP. Стандарт визначає 5 режимів обміну даними, метод узгодження режиму, фізичний і електричний інтерфейси. Згідно IEEE 1284, можливі наступні режими обміну даними через паралельний порт:

- режим сумісності (Compatibility Mode) - односпрямоване виведення за протоколом Centronics. Цей режим відповідає стандартного порту SPP;

- напівбайтний режим (Nibble Mode) - введення байта в два цикли (по 4 біта), використовуючи для прийому лінії стану. Цей режим обміну може використовуватися на будь-яких адаптерах;

- байтний режим (Byte Mode) - введення байта цілком, використовуючи для прийому лінії даних. Цей режим працює тільки на портах, що допускають читання вихідних даних (Bi-Directional або PS / 2 Type 1);

- режим EPP (Enhanced Parallel Port) (EPP Mode) - двонаправлений обмін даними. Керуючі сигнали інтерфейсу генеруються апаратно під час циклу звернення до порту. Ефективний при роботі з пристроями зовнішньої пам'яті і адаптерами локальних мереж;

- режим ECP (Extended Capability Port) (ECP Mode) - двонаправлений обмін даними з можливістю апаратного стиснення даних методом RLE (Run Length Encoding) і використання FIFO-буферів і DMA. Керуючі сигнали інтерфейсу генеруються апаратно. Ефективний для принтерів і сканерів.

У комп'ютерах з LPT-портом на системній платі режим - SPP, EPP, ECP або їх комбінація - задається в BIOS Setup.

Режим сумісності повністю відповідає стандартному порту SPP. Інші режими докладно розглянуто нижче.

Фізичний і електричний інтерфейси мають наступні особливості.

Стандарт IEEE 1284 визначає фізичні характеристики приймачів і передавачів сигналів. Специфікації стандартного порту не задавали типів вихідних схем, граничних значень величин навантажувальних резисторів і ємності, що вноситься ланцюгами і провідниками. На відносно невисоких швидкостях обміну розкид цих параметрів не викликав проблем сумісності. Проте розширені (функціонально і за швидкістю передачі) режими вимагають чітких специфікацій. IEEE 1284 визначає два рівні інтерфейсної сумісності. Перший рівень (Level I) визначений для пристроїв повільних, але використовують зміну напрямку передачі даних. Другий рівень (Level II) визначений для пристроїв, що працюють в розширених режимах, з високими швидкостями і довгими кабелями

До передавачів пред'являються наступні вимоги:

рівні сигналів без навантаження не повинні виходити за межі -0,5 та +5,5В;

рівні сигналів при струмі навантаження 14 мА повинні бути не нижче +2,4 В для високого рівня і вище +0,4 В для низького рівня на постійному струмі.

Вихідний імпеданс R_o , виміряний на з'єднувачі, має становити 50 ± 5 Ом для високого та низького рівнів. Для забезпечення заданого імпедансу використовують послідовні резистори у вихідних ланцюгах передавача. Узгодження імпедансу передавача та кабелю знижує рівень імпульсних перешкод.

Швидкість наростання (спаду) імпульсу повинна перебувати в межах 0,05-0,4 В / нс.

Вимоги до приймачів:

допустимі пікові значення сигналів -2,0 ... +7,0 В;

пороги спрацьовування мають бути не вище 2,0 В ($V_i^{\wedge}$) для високого рівня і не нижче 0,8 В ($V_i^{\wedge}$) для низького;

приймач повинен мати гістерезис в межах 0,2 ... 1,2 В (гістерезисом мають спеціальні мікросхеми - тригери Шмідта);

струми спокою мікросхеми (що втікають і витікають) не повинні перевищувати 20 мкА, вхідні лінії з'єднуються з шиною живлення +5 В резистором 1,2 кОм;

вхідна ємність не повинна перевищувати 50 пФ.

Коли з'явилася специфікація ECP, фірма Microsoft рекомендувала застосування динамічних термінаторів на кожен ліній інтерфейсу. Проте в даний час йдуть специфікації IEEE 1284, в якій динамічні термінатори не застосовуються.

Стандарт IEEE 1284 визначає три типи з'єднувачів. Типи А (DB-25) і В (Centronics-36) використовуються в традиційних кабелях підключення принтера, тип С - новий малогабаритний 36-контактний.

Традиційні інтерфейсні кабелі мають від 18 до 25 проводів, в залежності від кількості провідників ланцюга GND. Ці провідники можуть бути як перевитими, так і звичайними. До екранування кабелю жорстких вимог не висувалося. Такі кабелі навряд чи будуть надійно працювати на швидкості передачі 2 Мбайт / с при довжині більше 2 м. Стандарт IEEE 1284 регламентує властивості кабелів.

Всі сигнальні лінії повинні бути перевитими з окремими зворотними (загальними) проводами. Кожна пара повинна мати імпеданс 62 ± 6 Ом в частотному діапазоні 4-16 МГц.

Рівень перехресних перешкод між парами не повинен перевищувати 10%.

Кабель повинен мати екран (фольгу), що покриває не менше 85% зовнішньої поверхні. На кінцях кабелю екран повинен бути з'єднаний з сигнальним контактом з'єднувачем.

Кабелі, що відповідають цим вимогам, маркуються написом "IEEEStd 1284-1994 Compliant". Вони можуть мати довжину до 10 метрів.

Внутрішня будова LPT порта має наступні особливості. Якщо говорити на побутовому рівні, то можна сказати, що LPT порт - це набір контактів, на яких ми можемо встановити напругу 0 або +5 В (логічна 0 і 1) з програми або це може зробити зовнішній пристрій зовні.

Виводи порта можна розділити на функціональні групи. Це 'земляні' виводи - контакти 18-25 (8 штук). Сигнальні дроти чорного кольору. Всі вони з'єднані між собою, тому для своїх розробок в якості землі можна використовувати будь-який з них.

Червоним кольором позначено виводи так званого регістру Data (контакти 2-9). Під регістром будемо розуміти (на побутовому рівні) об'єднання

групи контактів LPT порту. У регістрі Data їх 8 штук. Це найбільш універсальний регістр - він дозволяє нам як з програми, так і з зовнішнього пристрою встановити на його контактах логічну 0 або 1, тобто він двонаправлений. Саме він використаний в програмі Port.exe - підключаючи світлодіод до 2-го виводу порту (як тепер зрозуміло, цей вивід належить регістру Data, є його нульовим бітом) і 25 виводу (земля), і за допомогою програми управляли подачею напруги на вивід 2 щодо землі. Щоб звертатися до цього регістру, треба знати його адресу: 0x378 - в 16-вій або 888 у десятковій системах кодування.

У програмі Port.exe реалізовано звернення до регістру за допомогою наступної функції `_outp (Address, 0);` де змінна Address була попередньо визначена як 888. Тепер зрозуміло, що цим ми вказували функції `_outp`, що ми хочемо працювати саме з регістром Data.

Продовжимо розгляд порту. Залишилося ще два регістри. Наступним буде регістр Status (контакти 10-13, 15). Це односпрямований регістр. Керувати ним можна тільки з зовні, через зовнішній пристрій. Мається на увазі змінювати дані на ньому, читати можна з будь-якого регістра в будь-яку сторону. Він має адресу 0x379 - в 16-річній системі або 889 у десятковій.

Останнім буде регістр Control (контакти 1, 14, 16-17). Він має всього 4 контакти і може управлятися лише програмою. Його адреса: 890 в десятковій системі.

У результаті ми отримали:

8 двонаправлених контактів (регістр Data) - дані туди може записати і програма і зовнішній пристрій;

5 односпрямованих контактів (регістр Status) - дані туди може записати тільки зовнішній пристрій;

4 односпрямованих контакти (регістр Control) - дані туди може записати тільки програма.

Таким чином, у користувача є 17 виводів, якими він може управляти на свій розсуд.

Тепер розглянемо, а як відбувається запис і читання даних в регістри LPT порта, тобто як нам встановити 0 або 1 на потрібних виводах.

Драйвер запису / читання даних у регістр Data можна побудувати наступним чином.

Отже, розглянемо відразу практичну задачу. Необхідно, щоб на виводі регістру Data під номером 3 (3 - це номер виводу LPT порту) була встановлена

логічна 1 (тобто щоб між ним і землею було +5 В) і на інших виводах цього регістра (2,4-9 виводи порту) були нулі. Програмний код буде наступним:

```
int Address = 888;
int data = 2;
Out32 (Address, data);
```

При цьому використана функція Out32 бібліотеки inpout32.dll. Подальші приклади будемо розбирати саме на цій бібліотеці. Якщо цей код виконати, то вийде, що на виводі порту 3 є +5 В, а на 2,4-9 встановиться нуль. Цей процес має наступні особливості.

Першим параметром функції Out32 передаємо число 888. Це адреса регістра Data LPT порту. Тепер функція знає куди їй писати дані. Далі другим параметром передаємо число 2. Потрібно звернути увагу, що двійка в десятковій системі числення. Тоді функція як би "переводить цю двійку у двійкову систему числення". Якщо перевести число 2 з десяткової в двійкову систему числення то отримаємо 10. Кожен розряд двійкового числа записує по порядку в регістр починаючи з молодшого розряду D0 (вивід 2 порту) і закінчуючи старшим D7 (вивід 9). Функція бере перший розряд двійкового числа - це **0** (саму праву) і пише її в D0, далі бере **1** і пише її в D1. Оскільки регістр 8-ми розрядний (у нього є 8 контактів), функція продовжує брати дані з правої частини на ліву і писати в наступний біт регістра. Оскільки наше число закінчилося, то функція як би дописує нулями наше двійкове число зліва, щоб воно стало 8-ми розрядним. Ця операція змістом не суперечить.

Щоб стало зрозумілішим, в регістр Data запишемо число 245. Пишемо код:

```
int Address = 888;
int data = 245;
Out 32 (Address, data);
```

Знову переводимо 245 в двійкову систему числення і записуємо відповідні біти регістра. У результаті отримаємо, що на виводах LPT порту під номерами 2,4,6-9 присутня напруга +5 В (логічна 1), на виводах 3,5 нуль.

Треба відзначити, що діапазон десяткових чисел, які можна записати в регістр Data лежить в межах від **0** до **255**. Регістр 8-ми розрядний, значить максимальна кількість комбінації 0 і 1 на його виводах становить $2^8 - 1 = 256 - 1 = 255$.

Драйвер читання даних можна побудувати наступним чином. Отримаємо дані з порту, а саме з його регістра Data в програму. Ми повинні дізнатися, на

яких виводах регістра Data зараз високий рівень напруги, а на яких низький. Вважаємо, вище ми записали в порт число 245. Потрібно його отримати з порту. Пишемо код:

```
int Address = 888;
int data;
data = Inp 32 (Address);
```

Inp32 це функція для читання даних з порту бібліотеки inpout32.dll. Єдиним параметром для неї є адреса того регістра, звідки ми хочемо прочитати дані. На виході вона повертає десяткове число, відповідне поточному вмісту регістра. Виконавши цей код, змінна data буде містити число 245. Що це означає? Щоб розібратися, переводимо число 245 з десяткової в двійкову і сміливо можемо сказати, що на виводах порту 2,4,6-9 зараз +5 В, а на виводах 3,5 0 В.

До реєстра Data дані аналогічно може записати і зовнішній пристрій.

Драйвер запису / читання даних для регістра Control можна побудувати наступним чином. Він односпрямований, дані в нього може записати тільки програма. Регістр про містить лише чотири робочих виводи. Значить у нього можна записати число в діапазоні від 0 до $2^4 - 1 = 16 - 1 = 15$. Деякі з його виводів інвертовані, тобто якщо Ви на цей вивід пишете 1, то на ньому встановлюється 0. І навпаки, читаєте 1, а насправді там 0. Тому, значення записуваних даних і читаних дані не зовсім очевидні. Для розбору необхідно просто спробувати писати в регістр різні дані і дивитися, що виходить. Приклад запису числа в регістр Control. Пишемо код:

```
int Address = 890; // адреса регістра Control
int data = 10;
Out32 (Address, data);
```

І приклад читання:

```
int Address = 890; // адреса регістра Control
int data;
data = Inp32 (Address);
```

Драйвер запису / читання даних для регістра Status має наступні особливості. Він односпрямований, виводи (10-13, 15), адреса регістра 889. Дані в нього може записати тільки зовнішній пристрій. Зовнішній пристрій встановлює призначення кодів регістра. В програмі можемо тільки читати вміст цього регістру.

2.4.3. Інтерфейс IEEE-488 (GPIB) розроблено фірмою [Hewlett-Packard](#) в кінці 1960-х років для використання в автоматизованому вимірному обладнанні. У 1975 році стандартизований американським Інститутом інженерів електротехнічної й електронної промисловості як IEEE-488. Інтерфейс відомий також під назвою «Інтерфейсная шина загального призначення» (англ. General Purpose Interface Bus , GPIB), стандарт IEC-625 (МЭК 625.1).

За класифікацією – це магістральний паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс. На магістралі можуть взаємодіяти до 8 пристроїв. Інтерфейс паралельний та за один такт забезпечує обмін даними в один байт. Номінальна швидкість обміну даними 1 Мбайт/с. Для деяких додатків швидкість шини збільшена до 10 Мбайт / с.

Орієнтований на реалізацію простих периферійних підсистем. Інтерфейс передбачає і використовує контролери магістралі і периферійних пристроїв, які взаємодіють з використанням магістралі із 16 ліній зв'язку. Причому 8 ліній зв'язку утворюють інформаційну шину, яка використовується як шина даних, адресна шина, шина для обміну командами та інформація про стан пристрою. Інші 8 ліній зв'язку використовуються для безпосереднього обміну інформації через інформаційну шину, а також для загального керування магістраллю, для організації логічної взаємодії, для контролю за правилами функціонування магістралі. Ініціатором обміну як правило є контролер магістралі, який є складовою частиною комп'ютера. Однак стандарт передбачає взаємодію між двома периферійними пристроями магістралі. В такому випадку контролер комп'ютера тимчасово передає функції контролю магістралі одному із периферійних пристроїв і цей периферійний пристрій, як ініціатор обміну, встановлює логічний зв'язок з другим периферійним пристроєм. Відбувається обмін даними, після чого управління магістралі знову бере на себе контролер комп'ютера. Для реалізації програмної сумісності пристрою стандартом передбачена досить потужна система команд, яка включає 5 груп команд: адресну, універсальну, приймання даних, передавання даних, вторинну групу команд.

Команди мають одно і чотирьох байтові формати, обмін даними може відбуватися побайтно або в груповому режимі, коли за один логічний зв'язок може передаватись ціле повідомлення. Кожен із пристроїв, який під'єднаний до магістралі, має свій постійний номер, який використовується для організації логічної взаємодії між пристроями. В системі команд для основного контролю

магістралі передбачено ряд групових команд, які є загальними для всіх периферійних пристроїв магістралі. Це команди для встановлення периферійних пристроїв у початковий стан, які використовуються на початку роботи. Інтерфейс має широкий спектр функціональних можливостей і тривалий час використовується в комп'ютерах. Струм магістральних формувачів близько 40 мА. Максимальна відстань між пристроями не більша 20 м. Стандарт передбачає тільки електричну та програмну сумісності пристроїв периферійної підсистеми. Конструктивна сумісність не стандартизована.

Інтерфейсні драйвери формуються із використанням класичного протоколу IEEE-488.1 та модифікованого протоколу IEEE-488.2. **Протоколи** об'єднують набори керуючих послідовностей з тим, щоб виконати повну обчислювальну операцію. Визначено 2 обов'язкових і 6 опціональних протоколів. Протокол RESET забезпечує ініціалізацію всіх приладів. Протокол ALLSPOLL опитує кожен прилад послідовно і повертає байт статусу кожного приладу. Протоколи PASSCTL і REQUESTCTL забезпечують передачу управління шиною різних приладів. Протокол TESTSYS реалізує функцію самотестування кожного приладу. Протоколи FINDLSTN і FINDRQS підтримують управління системою GPIB. При цьому використовуються можливості, закладені в стандарті 488.1. Контролер виконує протокол FINDLSTN, генеруючи адреси приймача і перевіряючи наявність приладу на шині станом лінії NDAC. Протокол FINDLSTN повертає список «Слухачів», і виконання цього протоколу до початку роботи прикладної програми гарантує правильність поточної конфігурації системи. Для роботи протоколу FINDRQS використовується можливість перевірки лінії SRQ. Вхідний список пристроїв можна ранжувати за пріоритетами. Тим самим забезпечується обслуговування найбільш відповідальних приладів в першу чергу.

Стандарт IEEE-488 визначає для підключення 24-контактний **мікророз'єм стрічкового типу** Amphenol. Мікророз'єм стрічкового типу має D-подібний металевий кожух, який більший, ніж **D-роз'єм**. Іноді роз'єм помилково називаються «роз'єм **Centronics** », оскільки 36-контактний роз'єм такого ж типу застосовувався виробниками **принтерів** для відповідних підключень принтерів.

Незвичайна особливість роз'єму IEEE-488 полягає в тому, що зазвичай використовують «двоголовий» дизайн, з вилкою на одній стороні і гніздом на іншій стороні роз'єму (на обох кінцях кабелю). Це дозволяє здійснити

підключення з'єднувачів для простого ланцюгового підключення. Механічні особливості роз'єму обмежують число розташованих в одному вузлі з'єднувачів чотирма або меншою кількістю.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса Centronix.
2. Наведіть класифікацію інтерфейса BS-4421?
3. Наведіть класифікацію інтерфейса IEEE-488?
4. Які загальні особливості інтерфейса Centronix?
5. Які загальні особливості інтерфейса BS-4421?
6. Які загальні особливості інтерфейса IEEE-488?
7. Яка розрядність шини даних інтерфейса BS-4421?
8. Яка розрядність шини даних інтерфейса Centronix?
9. Яка розрядність шини даних інтерфейса IEEE-488?

2.5. Основні характеристики, особливості обміну інформацією і виконання основних операцій, драйвери інтерфейсів ATA, SATA, SCSI

2.5.2. Інтерфейс ATA (AT Attachment for Disk Drives) (приєднання до шини AT) призначений для підключення до ядра комп'ютера дискових накопичувачів. Розроблений в 1986 році, постійно модифіковувався і на даний час є конкурентоздатним. Це паралельний, радіальний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс. Основною метою створення цього інтерфейсу було наближення електронних вузлів управління до дискових накопичувачів і ця технологія отримала назву IDE (Integrated Device Electronic). Інтерфейс створювався для персональних комп'ютерів на базі інтерфейсу ISA. Основні технічні рішення орієнтовані на цей інтерфейс. Інтерфейс ATA є узгоджуючою ланкою між системним інтерфейсом комп'ютера та дисковими накопичувачами. При розробці інтерфейсу використані наступні схемо технічні та алгоритмічні рішення: шина даних ISA використана повністю, тобто в первинному варіанті це 16 розрядний паралельний інтерфейс. Шина адрес (ША) - три наймолодші розряди передаються безпосередньо в інтерфейсну магістраль. Старші розряди адрес разом із сигналом ідентифікації звернення до портів введення/виведення поступають на дешифратор, який формує 2 сигнали вибірки пристроїв ChipSelect0 та ChipSelect1. Із шини управління ISA використані сигнали запису/читання портів введення/виведення, управління розрядністю даними, переривання, прямого доступу до пам'яті. Інтерфейс передбачає використання host-адаптера (контролера), двох дискових накопичувачів і жгута – шлейфа, що має три 40-контактні стандартизовані з'єднувачі. Вибіркою дискових накопичувачів управляють сигнали ChipSelect0 та ChipSelect1. Дисковим накопичувачам відповідно присвоюються номер пристрій 0 та пристрій 1.

Пристрій 0 управляється сигналом ChipSelect0 і він є провідним пристроєм інтерфейсу (Master), а пристрій 1 управляється сигналом ChipSelect1 і є вторинним пристроєм (Slave). Якщо в комп'ютері використовується лише один пристрій, то він має бути 0 (Master). Для програмного управління дисковими розроблена оригінальна система команд, на основі якої створюються драйвери накопичувачів. При адресації використана, так звана, трьохмірна дискова адресація CHS (циліндр, головка, сектор). В подальшому із розвитком дискових накопичувачів введена лінійна блокова адресація LBA із розширеними функціональними можливостями.

За час використання інтерфейсу створено декілька модифікацій, до основних відносять наступні:

- АТА – базова версія для двох дискових накопичувачів;
- АТА-2 - це фактично 2-канальний інтерфейс АТА, який дозволяє під'єднувати 4 дискові накопичувача;
- Fast АТА-2 - це вдосконалений АТА-2, орієнтований на підвищення швидкості обміну до 13,3 МБ/сек;
- АТА-3 - це подальше вдосконалення Fast АТА-2 із покращеними засобами управління інтерфейсом, введенням парольного захисту та засобів самодіагностування;
- АТАPI-4 (АТА Packet Interface) - це подальше вдосконалення щодо швидкості обміну даними за рахунок введення потокового режиму обміну даними, забезпечуючи швидкість до 33,3 МБ/сек;
- SATA - послідовний АТА, орієнтований на зменшення кількості ліній зв'язку за рахунок використання високочастотних електричних сигналів, які передаються послідовними кодами через спеціальні лінії зв'язку.

Усі версії інтерфейсів АТА характеризуються відносною простотою технічних і програмних засобів і відповідно їхньою низкою вартістю при достатньо високих функціональних можливостях та високій швидкості обміну. Недоліком цього інтерфейсу є можливість застосування лише 4 накопичувачів і спрямування цього інтерфейсу на дискові накопичувачі.

У сучасних комп'ютерах пристрої для запису даних і програм на магнітні диски (їх часто називають твердими дисками чи "вінчестерами") є основним засобом довгострокового збереження інформації, тому базові принципи роботи дискових пристроїв корисно знати кожному. Це допоможе більш раціонально організувати використання диска, продовжити термін його служби, а також позбутися від зайвих проблем при установці в комп'ютер додаткового диска чи заміні старого.

У сучасних персональних комп'ютерах найбільш поширена дискова підсистема IDE/АТА, тому ми здійснемо розгляд властивостей та можливостей цього інтерфейсу. Стандарт SCSI і його наступні реалізації Fast-SCSI і Wide-SCSI, що також широко розповсюджені в сучасних системах (файлові сервери й інші високопродуктивні пристрої), вимагають окремого розгляду. Інші варіанти дискових інтерфейсів описані дуже коротко, скоріше як історичну довідку, ніж для роз'яснення принципів їхньої роботи.

Пристрій для збереження інформації на основі обертового магнітного диска було розроблено фірмою IBM на самому початку 70-х років. Цей громіздкий 14-дюймовий диск дозволяв записати 30 доріжок по 30 секторів у кожній з них. Позначення диска "30/30" нагадувало назву широко розповсюдженої моделі рушниці фірми "Winchester", у результаті чого в англійській мові для позначення дискових пристроїв з незнімними дисками стали широко застосовувати слово "winchester". У 1973 році фірма IBM створила перший накопичувач з декількома дисками об'ємом 140 Мб, що продавався за ціною \$8600.

При розробці першої моделі комп'ютера IBM PC у ньому не був передбачений вбудований вінчестер, однак вже в наступній моделі він був встановлений (20 Мб). У комп'ютері PC AT вінчестер вже був основним засобом підвищення ефективності комп'ютера - користувачам не було необхідності завантажувати операційну систему з дискет і шукати щораз нову дискету при початку роботи з якою-небудь програмою. Можливість збереження на вбудованому диску великих обсягів даних і програм значно розширила діапазон використання персональних комп'ютерів.

У 1988 був створений Комітет зі стандартизації методів доступу (Common Access Method Committee) для розробки периферійного інтерфейсу для дискових накопичувачів. Одним з результатів діяльності цього комітету з'явилася розробка специфікації інтерфейсу ATA (AT Attachment - приєднання до шини AT), відомого також під ім'ям IDE (Integrated Drive Electronics). Новий стандарт зробив справжній бум в індустрії дискових накопичувачів, коли виробники PC одержали можливість використання цих недорогих пристроїв. З кінця 80-х років інтерфейс ATA (така назва більш правильна, ніж IDE) став самим розповсюдженим серед недорогих настільних систем.

Розвиток ПК сприяв розроблений попередній стандарт ATA-2 (AT Attachment Interface with Extensions).

Існує також стандарт ATAPI (ATA Packed Interface) для підключення приводів CD-ROM і стримерів. Цей інтерфейс значно спростив задачу підключення приводів CD-ROM, увівши єдиний стандарт замість декількох раніше існували інтерфейсів (таких, як Mitsumi, Panasonic, Sony). З появою ATAPI відпала необхідність установки в комп'ютер звукової плати чи спеціального контролера для роботи з компакт-дисками.

Крім того, існує ще ряд інтерфейсів для підключення вінчестерів до комп'ютера - вони коротко розглянуті нижче. До дійсного моменту фактично

залишилися у вживанні тільки інтерфейси ATA і SCSI, кожний з яких перетерпів у своєму розвитку значні зміни в порівнянні з первісним варіантом.

Специфікація IDE/ATA була запропонована як недорога альтернатива інтерфейсам ESDI і SCSI для персональних комп'ютерів сімейств IBM PC XT/AT. У результаті співробітництва компанії Western Digital з Compaq Computer Corporation був розроблений інтерфейс IDE (Integrated Drive Electronics), називаний також ATA (AT attachment). Перші промислові пристрої на базі IDE/ATA були випущені в 1986 році. Інтерфейс був стандартизований (ANSI X3T9.2/90-143) у 1990р. як ATA (AT Attachment). Основною відмінністю нового інтерфейсу була реалізація більшості функцій контролера безпосередньо на платі дискового нагромаджувача. Такий підхід спростив і удешевив хост-адаптери, використовувані для підключення вінчестерів до комп'ютера, і дозволив забезпечити високий рівень сумісності пристроїв різних фірм.

Використовувані пристроями IDE адреси введення/висновку збігаються з адресами ST506/412, але функції контролера перенесені на плату управління приводом диска і голівок вінчестера. Інформація про геометрію диска (число голівок, циліндрів і секторів) зберігається в самому пристрої. Найчастіше в BIOS передаються логічні параметри диска, що не збігаються з його фізичними параметрами, тобто використовується трансляція, що дозволяє встановлювати вінчестери в комп'ютери зі старими BIOS, що не забезпечують можливість довільної установки параметрів пристрою.

Базовий набір команд інтерфейсу IDE цілком відповідав набору команд контролера WD1002/1003 компанії Western Digital, що був використаний у комп'ютері IBM PC AT. При стандартизації інтерфейсу IDE до 12 базових команд було додано ще стільки ж. Перенос більшості функцій контролера на плату керування дозволяє трохи підвищити швидкість обміну даними з диском. Як правило диски IDE мають невелику убудовану кеш-пам'ять (до 256 Кб) і дозволяють працювати з фактором чергування 1:1 (доріжка може бути прочитана цілком за один оборот диска).

Хост-адаптер для підключення дисків IDE найчастіше встановлюється на системній платі (Mother board) чи сполучається з контролером дисководів і портами введення-висновку (послідовними і рівнобіжним) на спеціальній, що вставляється в гніздо розширення, платі. Підключення пристроїв до хост-адаптера здійснюється за допомогою 40-провідного плоского кабелю, до якого можна приєднати два вінчестери. Для коректної адресації пристроїв один з вінчестерів повинен бути встановлений у режим Master (провідний), інший - у

режим Slave (підлеглий). Режим роботи диска задається за допомогою переминок, розташованих як правило біля сигнального роз'єму вінчестера.

Властивому інтерфейсу IDE/ATA обмеження гальмували розвиток недорогих комп'ютерних систем, розрахованих на масового користувача, у зв'язку з чим цілий ряд фірм почав спроби розширення можливостей класичного IDE. Найбільших успіхів на цьому шляху домоглася компанія Western Digital, що розробила специфікацію Enhanced IDE (EIDE), що дозволяє використовувати диски, розмір яких перевищує 528 Мб, і реальну можливість підключення, що забезпечила, до комп'ютера до чотирьох пристроїв IDE (не тільки вінчестерів, але і приводів CD-ROM чи стриммерів).

Іншим цікавим варіантом розвитку інтерфейсу IDE є технологія Fast ATA, розроблена компанією Seagate Technology за підтримкою фірми Quantum. Ця технологія спрямована в першу чергу на підвищення швидкості обміну даними з дисковими пристроями і не підтримує можливість підключення CD-ROM чи стриммерів, але забезпечує більш високий рівень сумісності за рахунок відповідності широко розповсюдженим промисловим стандартам.

Технологія Enhanced IDE компанії Western Digital була розроблена в результаті аналізу потреб сучасного ринку ПК. У 1984 році компанія Western Digital створила контролери дисководів (WD1002) і вінчестерів (ST506), що були використані фірмою IBM при розробці комп'ютера IBM PC AT. Успіх архітектури AT привів до значного розширення ринку IBM-сумісних ПК і зробив контролери Western Digital стандартом de facto.

У процесі становлення ринку персональних комп'ютерів фірма Western Digital прийшла до висновку про необхідність інтеграції електроніки контролера AT і дискового пристрою. У результаті співробітництва з Compaq Computer Corporation був розроблений інтерфейс IDE (Integrated Drive Electronics), називаний також ATA (AT Bus attachment). Перші промислові пристрої на базі IDE/ATA були випущені в 1986 році.

Продовжуючи лідирувати в сфері IDE-пристроїв, компанія Western Digital запропонувала розширення інтерфейсу IDE. Нова специфікація - Enhanced IDE - підвищує швидкість обміну з диском, допускає застосування більш швидкісних дисків і забезпечує можливість установки в комп'ютері до чотирьох пристроїв IDE. Крім того, Enhanced IDE дозволяє підключати до контролера не тільки вінчестери, але й інші пристрої (приводи CD-ROM, стриммери), що підтримують специфікацію ATAPI (AT Attachment Packet Interface). Ця специфікація визначає інтерфейс із приводами CD-ROM і іншими недисковими

пристроями, що дозволяє використовувати стандартні контролери і кабелі. Стандарт ATAPI одержав широку підтримку серед виробників CD-ROM-пристроїв і розроблювачів операційних систем, що ще більш розширило сферу поширення інтерфейсу IDE/ATA.

Специфікація EIDE дозволяє позбутися від цілого ряду обмежень, властивому інтерфейсу IDE/ATA. Таке розширення забезпечує істотний ріст можливостей пристроїв довгострокового збереження інформації без росту цін, ускладнення використання і втрати сумісності. Обмеження, властиві IDE, у порівнянні з іншими інтерфейсами (такими, як SCSI) не загрожують домінуванню IDE на сучасному ринку недорогих систем. Однак підвищення продуктивності процесорів, розробка нових ОС і високі запити сучасних додатків до дискового простору привели до того, що стандарт IDE уже не може задовольняти всім сучасним вимогам. Істотно і те, що стандартний інтерфейс IDE менш гнучкий і більш обмежений у порівнянні з SCSI:

- IDE підтримує тільки два вінчестери, а SCSI забезпечує можливість підключення великої кількості блокових пристроїв різних типів (принтери, CD-ROM, стриммери й ін.);
- розмір дисків IDE не може перевищувати 528Мб, оскільки для доступу до диска використовується інтерфейс Int 13 BIOS, тоді як SCSI не обмежує розмір диска;
- IDE забезпечує швидкість обміну з диском 2-3 Мб/сек, а SCSI - 10 чи 20Мб/сек (Fast/Wide).

Технологія Enhanced IDE дозволяє позбутися від основних обмежень стандарту IDE/ATA:

- граничний розмір диска 528Мб;
- мала швидкість обміну з диском;
- підтримка тільки двох пристроїв;
- неможливість підключення приводів CD-ROM і стриммерів.

Технологія Enhanced IDE містить у собі чотири основних компоненти, реалізовані спільно в периферійних пристроях, контролерах EIDE, BIOS і операційній системі:

1. *Використання вінчестерів розміром більш 528Мб.*
Ця можливість обумовлена внесеними в BIOS змінами, що дозволяють адресувати великі диски. Для роботи з дисками більш 528Мб потрібно підтримка з боку вінчестера, BIOS і операційної системи.

Вінчестер має підтримувати специфікацію ATA (цій вимозі задовольняє більшість сучасних вінчестерів).

BIOS також повинна підтримувати специфікацію ATA; більшість виробників системних плат і розроблювачів BIOS уже підтримують цей режим.

Може знадобитися підтримка роботи з великими дисками і з боку операційної системи. Початкові версії Windows не цілком відповідають ATA, тому приходиться використовувати спеціальні драйвери (Windows "32-bit disk access"), поставляючи разом з контролерами EIDE. Більшість 32-розрядних операційних систем (таких, як OS/2) постійно підтримують роботу з великими дисками.

2. Прискорений обмін даними, заснований на використанні швидкісних режимів програмованого введення-виведення (PIO mode 3) і прямий доступи до пам'яті (DMA mode 1). Ці режими забезпечують швидкість обміну 11.1 і 13.3 Мб/сек, відповідно. Для реалізації швидкісного обміну потрібна підтримка з боку вінчестера і BIOS.

BIOS повинна підтримувати один із швидкісних режимів обміну з диском (PIO mode 3 чи DMA mode 1), як правило це режим PIO.

З боку дискового пристрою також повинна забезпечуватися підтримка швидкісного обміну. Цю можливість забезпечує більшість сучасних вінчестерів (у тому числі диски Fast ATA).

Швидкісні режими обміну дозволяють повніше реалізувати можливості дискових контролерів, що використовують широкополосну локальну шину VESA чи PCI.

3. Підтримка двох портів ATA. Для забезпечення цієї можливості використовуються зарезервовані для другого контролера адреси портів введення-виведення і переривання IRQ15. Для реалізації цієї можливості потрібно підтримка з боку контролера (хост-адаптера), BIOS і операційної системи.

До самих пристроїв (вінчестерів, приводів CD-ROM чи стриммерів) не пред'являється ніяких додаткових вимог.

Контролер повинний забезпечувати можливість установки адрес другого порту (це реалізовано аж ніяк не у всіх сучасних моделях).

Не всі BIOS підтримують можливість використання чотирьох пристроїв IDE, однак сучасні розробки включають цей режим.

Важливу роль грає підтримка використання чотирьох пристроїв з боку операційної системи. Ця можливість реалізована в більшості 32-розрядних ОС і в останніх версіях DOS.

4. *Можливість підключення приводів CD-ROM і стримерів.*

Цей режим є недорогою альтернативою SCSI. Для забезпечення такої можливості потрібно підтримка декількох нових команд. Специфікація ATAPI (ATA Packet Interface), що знаходиться в стадії розробки, містить опис нових команд.

Для забезпечення можливості підключення до хост-адаптеру недискових пристроїв потрібно підтримка специфікації ATAPI з боку BIOS, хост-адаптера, операційної системи і самих периферійних пристроїв.

В даний час більшість пристроїв CD-ROM уже використовує інтерфейс IDE/ATAPI для підключення до другого порту сучасних контролерів.

Очевидно, що при такому достатку варіантів розширення можливостей IDE аж ніяк не всі пристрої, рекламовані як "Enhanced", підтримують усі чотири режими, додані в специфікацію Enhanced IDE. Не слід забувати також про те, що для забезпечення повної підтримки специфікації EIDE повинні задовольняти відповідним вимогам BIOS, хост-адаптер, операційна система і, нарешті, самі периферійні пристрої.

Обмеження розміру вінчестерів з інтерфейсом IDE/ATA (528 Мб) є результатом спільного використання стандарту IDE і програмного інтерфейсу Int 13 BIOS. Технологія Enhanced IDE дає можливість внести в BIOS зміни, що дозволяють позбутися від цього обмеження.

Існує два способи перебороти обмеження розміру диска. Перший спосіб полягає у використанні трансляції адрес CHS (циліндр-голівка-сектор) - перерахування реальних значень у фіктивним, задовольняючим обмеженням BIOS. Контролер і BIOS використовують у цьому випадку різну геометрію для адресації даних на диску. Якщо диск містить 1500 секторів і має 16 голівок, то в результаті трансляції BIOS буде сприймати його як пристрій з 750 циліндрами і 32 голівками.

Технологія Enhanced IDE використовує інший метод, названий логічною адресацією блоків (LBA - Logical Block Address). У цьому випадку використовується наскрізна нумерація секторів. Відповідно адреса CHS перетворюється в одне 28-бітове число LBA-адреси, що використовується для нумерації секторів. Метод LBA забезпечує більш ефективний спосіб роботи з великими дисками за рахунок простоти перетворення адреси. Крім того, цей

спосіб представляється більш ефективним при розробці нових операційних систем. Схема адресації з використанням LBA була вперше застосована фірмою Western Digital наприкінці 1993 року, створивши диск IDE ємністю 540Мб.

Шина ISA забезпечує можливість обміну даними з диском на швидкості 2-3Мб/сек. У порівнянні зі швидкостями SCSI-контролерів (5, 10 і 20Мб/сек), ця швидкість занадто мала. Донедавна обмеження швидкості обміну не грало істотної ролі, оскільки самі пристрої IDE не дозволяли читати чи записувати дані зі швидкістю вище 5 Мбіт/сек. В міру удосконалювання дискових технологій швидкість контролера 2-3Мб/сек почала все-таки обмежувати можливості вінчестерів IDE. Для підвищення продуктивності дискової підсистеми комп'ютерів довелося використовувати буферну пам'ять, що встановлювалася на платі вінчестера хост-адаптера. Сучасні вінчестери можуть забезпечувати швидкість читання/запису до 48 Мбіт/сек і проста буферизація для підвищення продуктивності роботи буде занадто дорогим рішенням.

Enhanced IDE включає операції, названі "керування потоком з використанням IORDY". Вони дозволяють диску включати пакетний режим передачі для 100% використання смуги пропускання шини. Режим керування потоком передає ініціативу пристрою (диску) і дозволяє позбутися від неефективних "сліпих" режимів PIO за рахунок установки смуги пропускання контролера відповідно до можливостей вінчестера. Це означає, що в тих випадках, коли доступна вся смуга, вінчестер буде керувати обміном даними з хост-адаптером.

Режим 3 PIO з періодом тактування 180нсек. забезпечує швидкість обміну 11Мб/сек., що перевищує швидкість Fast-SCSI (10Мб/сек.). Керування потоком з боку диска включається контролером за допомогою команди Set Features, у результаті чого такий обмін підтримується одночасно і диском, і контролером. Вінчестер AC2540 (540Мб) випущений у 1993 році фірмою Western Digital, підтримував керування потоком за допомогою IORDY, реалізоване за допомогою спеціалізованої мікросхеми-контролера. Основні можливості цього контролера пізніше були включені в стандартні набори мікросхем IDE.

Режими прямого доступу до пам'яті мають наступні особливості. Хоча режими програмованого введення-виведення (PIO) є стандартним методом, підтримуваним у серійних пристроях IDE, і відрізняються високою сумісністю, існують інші способи підвищення швидкості обміну з вінчестерами. Метод прямого доступу до пам'яті (DMA) заснований на передачі даних між диском і пам'яттю комп'ютера без використання центрального процесора CPU). Тип В

для DMA визначений у специфікації EISA, забезпечує обмін із швидкістю 4 Мб/сек. Цей метод має переваги в порівнянні зі стандартною швидкістю для шини ISA, але значно уступає Fast-SCSI.

З розвитком технології локальних шин у специфікації PCI був запропонований новий варіант обміну з використанням DMA (тип F), що забезпечує швидкість 8.33 і 6.67 Мб/сек. Відповідно до можливостей існуючих мікросхем була запропонована специфікація DMA Mode 1 з циклом 150 нсек., що забезпечує швидкість обміну 13 Мб/сек. за рахунок передачі декількох слів за один запит. Комплекти мікросхем з підтримкою DMA типу B (EISA) і типу F (PCI) поставляються з кінця 1993 року.

Режими PIO у дискових контролерах IDE одержали більш широке поширення в порівнянні з режимами DMA. З цієї причини переривання BIOS Int 13 і драйвери пристроїв операційних систем підтримують режим PIO, а не DMA. Це означає, що для використання режимів DMA буде потрібно заміна BIOS і драйверів пристроїв.

Технологія Enhanced IDE компанії Western Digital забезпечує можливість вибору між режимами PIO з керуванням потоком через IORDY (mode 3) і DMA (тип B чи F), реалізованими за допомогою драйверів.

В оригінальному IBM PC AT була зарезервована підтримка двох контролерів для роботи з вінчестерами і кожний з цих контролерів дозволяв підключити два диски. Однак BIOS і драйвери операційних систем не підтримували використання другого контролера, що обмежувало можливості дискової підсистеми ПК. Сьогоднішні операційні системи надають можливість використовувати в комп'ютері всі чотири пристрої IDE (два порти). Додавання другого порту IDE на плату хост-адаптера майже не збільшує вартості останнього. Більшість мікросхем, що використовуються для виготовлення контролерів, уже містять другий порт і пристрій декодування адреси, тому вартість розширення можливостей контролера фактично зводиться до вартості установки на платі додаткового 40-контактного з'єднувача для підключення кабелю. Розширення дискової системи комп'ютера до 4-х пристроїв за допомогою нових контролерів IDE економічно більш ефективно в порівнянні з використанням пристроїв SCSI.

Технологія Enhanced IDE компанії Western Digital дозволяє BIOS визначити другий контролер за номером диска, переданому перериванню Int 13. DOS версії 3.30 і вище, та дозволяє використовувати в комп'ютері до семи пристроїв. Відповідно для підтримки додаткових дисків IDE потрібно лише

змінити BIOS, щоб забезпечити можливість використання другого каналу IDE. Операційні системи типу OS/2 і Windows NT дозволяють використовувати чотири пристрої IDE при старих BIOS; Novell NetWare дозволяє встановлювати в комп'ютер чотири контролери IDE, до яких можна підключити вісім пристроїв.

Другий порт IDE не тільки дозволяє збільшити число дисків, але і забезпечує можливість підключення пристроїв, що не є вінчестерами - наприклад, приводів CD-ROM чи стриммерів. Підключення повільних пристроїв типу CD-ROM до другого порту забезпечує можливість роботи вінчестера без затримок навіть при відсутності роздільного тактування пристроїв (при відсутності роздільного тактування швидкість обміну з підключеними до одного порту пристроями визначається більш повільним з них).

Компанія Western Digital розробила специфікацію ATAPI (ATA Packet Interface) для підключення до контролера IDE нових пристроїв збереження, подібних до приводів CD-ROM і стриммерам. У традиційній комп'ютерній архітектурі використовувався механізм перенесення даних, заснований на регістрах. Сучасні варіанти архітектури використовують механізм передачі на основі пакетів. ATAPI є розширенням стандарту IDE, що забезпечує можливість роботи з пакетами. Специфікація ATAPI додає до IDE єдину нову команду, що розширює функції контролера, та дві нових команди адресації.

Сучасні технології пристроїв і контролерів IDE забезпечують їм можливість успішної конкуренції зі стандартом SCSI. IDE забезпечує гарну сумісність і простоту використання поряд з невисокою ціною. Крім того, сучасні варіанти IDE забезпечують не менш високу швидкість, чим SCSI (програючи тільки Fast/Wide SCSI). Істотна також можливість підключення недискових пристроїв до сучасних контролерів ATA/IDE.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса ATA.
2. Які загальні особливості інтерфейса ATA?

2.5.2. Інтерфейс SATA (англ. *Serial ATA*) (послідовний ATA) - периферійний інтерфейс обміну даними з накопичувачами інформації (як правило, з жорсткими дисками). SATA є розвитком інтерфейсу ATA (IDE), який після появи SATA був перейменований в PATA (Parallel ATA).

За класифікацією це радіальний, послідовний, дуплексний, асинхронний інтерфейс.

За даними аналітиків IDC, на теперішній час диски SATA складають вагомую частку від усіх комп'ютерних дискових накопичувачів.

SATA використовує 7-контактний роз'єм замість 40-контактного роз'єму в PATA. SATA-кабель має меншу ширину, за рахунок чого зменшується опір повітрю, що обдуває компоненти комп'ютера; поліпшується охолодження системи.

SATA-кабель за рахунок своєї форми стійкіший до багаторазового підключення. Шнур живлення SATA так само розроблений з урахуванням багаторазових підключень. Роз'єм живлення SATA подає 3 напруги: +12 В, +5 В і +3,3 В; однак сучасні пристрої можуть працювати без напруги +3,3 В, що дає можливість використати пасивний перехідник зі стандартного роз'єму IDE на SATA. Ряд SATA пристроїв постачається з двома роз'ємами живлення: SATA й Molex.

Стандарт SATA відмовився від традиційного для PATA підключення двох пристроїв на шлейф; кожному пристрою надається окремий кабель, що знімає проблему неможливості одночасної роботи пристроїв, що перебувають на одному кабелі (і затримок, що виникали звідси), зменшує можливі проблеми при збиранні (проблема конфлікту Slave/Master пристроїв для SATA відсутній), усуває можливість помилок при використанні нестандартизованих PATA-шлейфів.

Стандарт SATA передбачає гарячу заміну пристроїв і функцію черги команд (NCQ).

SATA пристрої використовують два роз'єми: 7-контактний (підключення шини даних) і 15-контактний (підключення живлення). Стандарт SATA передбачає можливість використати замість 15-контактного роз'єму живлення стандартний 4-контактний роз'єм Molex. Використання одночасно обох типів силових роз'ємів може привести до ушкодження пристрою.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса SATA.
2. Які загальні особливості інтерфейса SATA?

2.5.3. Інтерфейс SCSI (Small Computer System Interface) створювався на початку 1960-х років. За класифікацією це магістральний, паралельний, напівдуплексний, асинхронний інтерфейс.

У час розроблення інтерфейса в широко поширених великих машинах корпорації IBM застосовувалася байтова паралельна шина В/В, звана блок мультиплексним каналом та орієнтована на блокові передачі. Усвідомлюючи необхідність стандартизації інтерфейсів, комітет X3T9.3 Американського національного інституту стандартів (ANSI) на початку 1980-х років приступив до розробки подібного стандарту. Незважаючи на широку популярність блок-мультиплексного каналу корпорації IBM, комітет вирішив не приймати його в незмінному вигляді під тиском конкурентів компанії IBM. Стандарт, який розробляв ANSI, отримав назву інтелектуального периферійного інтерфейсу (IPI). Шина IPI представляла собою по суті функціональний еквівалент блок-мультиплексного каналу з додаванням деяких нових властивостей. Як альтернативою блок мультиплексному каналу корпорації IBM інші групи фахівців у той час розробляли власні паралельні шини В / В.

Так фірма Shugart Associates розробила Системний інтерфейс SASI (Shugart Associates System Interface). Ця фірма була одним з провідних виробників дискових накопичувачів, під впливом чого ряд інших виробників також застосував цей інтерфейс в своїх виробках. У результаті інтерфейс SASI отримав відносно широке поширення. Компанія Shugart була виключно зацікавлена в тому, щоб комітет прийняв її інтерфейсну шину, а не шину IPI. Коли з'ясувалося, що інтерфейс SASI може програти в цій боротьбі, компанія надала йому нову назву SCSI і подала в комітет X3T9.2, який зацікавився проблемами інтерфейсів нижнього рівня, де конкуренція була менш жорсткою.

У 1984 р. комітет ANSI закінчив розробку специфікації SCSI-1, і вона була опублікована в 1986 році. Наступні доповнення та удосконалення привели до створення специфікації SCSI-2.

Основна концепція інтерфейсу SCSI у наступному. Шина SCSI - це шина введення-виведення, а не системна шина і не інтерфейс приладового рівня. Інтерфейсні засоби типу шини SCSI особливо ефективні для машин, які вимагають підключення декількох дискових накопичувачів або інших ПП. Інтерфейс SCSI підвищує гнучкість і обчислювальну потужність системи, оскільки він дозволяє підключити до однієї шині декілька різних ПП, які можуть безпосередньо взаємодіяти один з одним. Швидкість передачі даних по

шині безумовно не буде обмежуючим фактором, оскільки цей показник для шини SCSI в даний час досягає 40 Мбайт / с.

Шина SCSI-1 передбачає можливість підключення до восьми пристроїв. На перший погляд це може здатися досить серйозним обмеженням, проте, якщо врахувати, що кожен пристрій може представляти вісім логічних блоків, а кожен логічний блок - 256 логічних підблоків, то очевидно, що можливості розширення тут більш ніж достатньо.

Кожному з пристроїв шини SCSI призначається індивідуальний ідентифікатор ID, значення якого зазвичай задається за допомогою комутаційних перемичок безпосередньо в пристрої. Ідентифікатор ID виконує дві функції: він ідентифікує пристрій на шині і визначає його пріоритет в арбітражі за доступ до шини (чим більше номер пристрою, тим вище його пріоритет).

Кожний з восьми пристроїв шини може грати роль ініціатора (initiator), виконавця (target), або поєднувати обидві ці ролі. Ініціатор - це частина хост (головного) адаптера SCSI, який служить для підключення головного комп'ютера до шини SCSI. У типовій системі до одного ініціатора підключається один або декілька виконавців. Система підвищеної складності може містити більше одного хост-адаптера SCSI (багато ініціаторів). У таких системах можуть встановлюватися взаємодія не тільки будь-якого процесора з будь-яким ПП, але також хост - адаптерів один з одним, оскільки хост - адаптер сам є пристроєм шини SCSI і може грати роль як ініціатора, так і виконавця. Два ПП (обидва виконавця), однак, не можуть взаємодіяти один з одним, оскільки тільки пара ініціатор - виконавець може вести обмін даними по шині у кожен конкретний момент часу.

Хост - адаптер містить апаратні і програмні драйвери для взаємодії з центральними процесором (ЦП).

Інтерфейс контролера SCSI і системної шини може бути як зовсім простим (будується за принципом програмного опитування каналу В / В), так і більш складним (передбачають високошвидкісні обміни даними в режимі прямого доступу до пам'яті, ПДП). Такі контролери сприймають високорівневі команди і звільняють ЦП від необхідності обробки і контролю сигналів шини SCSI.

Програмне забезпечення головного комп'ютера спрощується, оскільки йому не доводиться враховувати фізичні характеристики конкретного пристрою. Інтерфейс SCSI передбачає використання логічних, а не фізичних адрес для всіх блоків даних.

Для організації взаємодії між пристроями периферійної підсистеми використовуються фази роботи шини SCSI. Протокол шини SCSI передбачає вісім окремих фаз:

- Bus Free - «Шина вільна»;
- Arbitration - «Арбітраж»;
- Selection - «Вибірка»;
- Reselection - «Перевибірка»;
- Command - «Команда»;
- Data - «Дані»;
- Status - «Стан»;
- Message - «Повідомлення»;

Останні чотири фази називаються фазами передачі інформації. Шина SCSI в кожен конкретний момент часу може знаходитися тільки в одній з цих восьми фаз.

Фаза «Шина вільна» означає, що жоден пристрій в даний момент часу не працює з шиною SCSI в активному режимі, і шина вільна для звернення. Ця фаза зазвичай виникає після системного скидання або після скидання шини сигналом RST. Ознакою фази «Шина вільна» є відсутність сигналів зайнятості BSY та вибірки SEL.

Шина перемикається в фазу «Арбітраж», коли будь-який SCSI-пристрій хоче взяти на себе керування шиною, тобто стати ініціатором на шині. Це відбувається у випадках, коли ініціатор хоче вибрати виконавця або виконавець хоче зробити перевиборку запиту раніше ініціатора. У фазу «Арбітраж» шина може перемкнутися тільки з фази «Шина вільна». Після того як пристрій визначає, що шина вільна, починається фаза «Арбітраж». Для цього формується сигнал BSY на відповідну лінію зв'язку магістралі та видається ідентифікатор ID SCSI - пристрою (ID - біт). При цьому кожний з восьми можливих пристроїв шини SCSI може видавати свій ID - біт тільки на закріплену за ним лінію даних як ознаку своєї участі в арбітражі. Пристрій з максимальним значенням ідентифікатора ID виграє арбітраж і бере на себе управління шиною.

Фаза «Вибірка» дає можливість ініціатору вибрати виконавця, щоб ініціювати виконання ним відповідної функції, наприклад, команди читання READ або запису WIAD. Згідно з протоколом специфікації SCSI-2 фаза «Вибірка» завжди настає після фази «Арбітраж». У специфікації SCSI-1 передбачається варіант системи з одним ініціатором, де необхідність арбітражу відсутнє, і у фазу вибірки можна входити відразу ж після фази «Шина вільна».

В обох випадках для вибірки виконавця ініціатор видає його ID-біт на відповідну лінію даних шини SCSI і формує сигнал вибірки SEL.

Необов'язкова фаза “Перевибірка” можлива, коли виконавець хоче відновити зв'язок з тим ініціатором, який раніше послав йому команду. Ця фаза в принципі відповідає фазі «Вибірка» за винятком того, що разом з сигналом вибірки SEL переходить в активний стан лінія I / O, що дозволяє розрізняти ці дві фази.

Фази «Команда», «Дані», «Стан» і «Повідомлення» утворюють групу фаз передачі інформації, оскільки всі вони використовуються для передачі даних або керуючої інформації через шину даних. Щоб їх розрізняти, використовуються сигнали C / D - управління, I / O - введення-виведення і MSG - повідомлення, що виробляються виконавцем, який тим самим керує всіма переходами з однієї фази в іншу. Для управління передачею даних між виконавцем та ініціатором у фазах передачі інформації використовуються сигнали ліній REQ / ACK - запит / підтвердження (у версії SCSI-2 додатково застосовуються лінії REQB / ACKB).

Реальний обмін даними може здійснюватися синхронним і асинхронним способом. В обох випадках для виконання обміну використовуються сигнальні лінії ACK і REQ. Для виконавця режим синхронної передачі є обов'язковим. Ініціатор може зажадати, щоб виконавець здійснював синхронну передачу, одноко якщо останній відкине цей запит, то буде використовуватися асинхронний режим.

Щоб передати дані ініціатору в асинхронному режимі виконавець видає їх на лінії даних шини SCSI разом з сигналом REQ. Дані повинні утримуватися на шині до тих пір, поки від ініціатора не буде прийнятий сигнал підтвердження ACK. Після цього на шину видаються наступні дані, і процес повторюється. Якщо передача даних повинна відбуватися в протилежному напрямку, виконавець видає сигнал запиту REQ, що говорить про те, що він готовий до приймання даних. Ініціатор видає дані на лінію даних шини SCSI, а потім формує сигнал ACK. Ініціатор продовжує утримувати дані на шині до тих пір, поки лінія REQ не перейде в пасивний стан. Потім виконавець скидає сигнал REQ, ініціатор видає нові дані і процес повторюється.

Якщо у фазі «Повідомлення» пристрої погодилися використовувати синхронний режим обміну, то виконавець не буде чекати надходження сигналу підтвердження ACK перед видачею сигналу REQ для приймання наступних даних. Він може генерувати один або більше імпульсів REQ без очікування

відповідних імпульсів ACK (до заздалегідь обумовленого максимуму, визначеного зміщенням REQ / ACK).

При видачі всіх запланованих імпульсів REQ виконавець порівнює число запитів REQ і підтверджень ACK, щоб упевнитися в тому, що кожна група даних прийнята успішно. При підготовці синхронного режиму обміну пристрої задають зсув REQ / ACK і період передачі. Період передачі визначає інтервал часу між закінченням передачі чергового байта і початком передачі наступного.

Додаткові особливості специфікації SCSI-2 у наступному. Хоча вихідна специфікація SCSI опублікована в 1986 році, версія SCSI-1 представляла великий крок вперед. Однак у неї були окремі недоліки. Зокрема не було чіткої регламентації всіх аспектів, які гарантують сумісність між пристроями, були посилення на цілий ряд різних команд, однак насправді вимагалась обов'язкова реалізація лише однієї команди REQUEST SENSE («уточнити стан»). У результаті різні пристрої підтримували різні команди, що істотно обмежувало кількість контролерів, які могли б працювати в будь-якій SCSI-системі. Фахівці усвідомили це обмеження вже на завершальному етапі вироблення специфікації SCSI-1, тому була створена група з розробки єдиного набору команд (CCS), яка повинна була вирішити дану проблему, запропонувавши розширений набір команд SCSI. Набір команд був розширений для того, щоб пристрій міг посилати і приймати більш детальну інформацію. Підмножину команд було вибрано таким чином, щоб її могли без особливих зусиль реалізувати виробники периферійних пристроїв. Обмеження числа команд, на які має реагувати SCSI-пристрій, збільшує ймовірність того, що всі ці команди будуть реалізовані. Хоча документ CCS включений в специфікацію SCSI-1, він був опублікований додатково і його принципи були рекомендовані як стандарт де-факто, якому повинні слідувати виробники пристроїв з інтерфейсом SCSI. Завдяки цьому зменшиться рівень несумісності SCSI-пристроїв, що дозволяє використовувати готові ПП в системі без додаткових доробок.

Додаткові принципи були включені в специфікацію SCSI-2, де команди діляться на три категорії: обов'язкові, факультативні та визначаються виробником. SCSI-пристрої повинні підтримувати, як мінімум, всі обов'язкові команди пристроїв свого типу. У специфікації SCSI -2 були описані команди для ПП безпосереднього доступу (дискових накопичувачів), послідовного доступу (НМС), принтерів, процесорів, пристроїв пам'яті з однократним записом (оптичних дискових накопичувачів), ПЗП на базі компакт-дисків,

сканерів, пристроїв оптичної пам'яті, пристроїв з автоматизованою зміною носіїв комунікаційних пристроїв.

У специфікацію SCSI -2 була включена також ще одна концепція, запропонована в документі CCS, а саме концепція зворотної вибірки, або перевиборки. Згідно з протоколом SCSI -1, якщо ініціатор посилає команду виконавцю, він буде займати шину до тих пір, поки виконавець не завершить виконання цієї команди. Коли виконавець виконає команду, він через механізм арбітражу зажадає доступу до шини з метою перевиборки ініціатора, який видав йому цю команду. Операція завершується передачею виконавцем відповідних даних і статусу. Таким чином ініціатору не доводиться чекати, поки виконавець закінчить поточну команду, і він може в принципі посилати команди іншим виконавцям з метою їх паралельного виконання.

Це може бути корисно для системи, що містить більше одного виконавця, однак частіше буває необхідно надіслати наступну команду цьому виконавцю. Специфікація SCSI-1 передбачає передачу лише однієї команди від ініціатора логічного пристрою SCSI-контролера до виконавця. При роботі з дисковими накопичувачами такий режим може бути вельми неефективним. Припустимо, наприклад, що у ЦП є чотири окремих запити від операційної системи на читання секторів диска, що розміщуються на доріжках 1 і 50, 2 і 52. Оскільки ЦП працює з пристроями шини SCSI в термінах логічних блоків даних, він не має уявлення про те, де (або яким чином) ці дані зберігаються у пристрої. Відповідно, ЦП не в змозі оптимізувати послідовність команд перед їх видачею в SCSI-пристрій. Така можливість, названа формуванням черги або ланцюжка команд, передбачена в специфікації SCSI-2 (у чергу можуть бути встановлені до 256 команд).

Щоб пристрій міг одночасно стежити за декількома командами, що чекають виконання, кожній команді присвоюється тег черги, що визначає однозначний механізм звернення до неї. Коли пристрій вибрано на шині SCSI і передано повідомлення ідентифікації IDENTIFY, надсилається двухбайтове повідомлення тега черги QUEUE TAG, яке містить потрібну команду черги та ідентифікатор ініціатора. Коли контролер виконавця виробляє перевиборку ініціатора, це повідомлення з тегом надсилається після ідентифікатора пристрою. Команди, що їх посилають без тега черги, виконуються в порядку надходження, однак при цьому очікувати виконання може тільки одна команда, що регламентується стандартним протоколом SCSI-1.

У специфікації SCSI-2 передбачено також суттєве збільшення швидкості передачі даних, максимальне значення якої згідно специфікації SCSI-1 становило 5 Мбайт / с. Проблема підвищення швидкості була дозволена двома різними способами. Найбільш простим способом є збільшення числа розрядів шини даних. В даний час широкого поширення набули 16-ти і 32 - розрядні процесори, на тлі яких 8 - розрядна шина SCSI -1 виглядає просто примітивно. У зв'язку з цим в с специфікацію SCSI -2 був введений «широкий» багаторозрядних варіант шини (WIDE), що передбачає введення додатково 24 ліній даних, тобто збільшення їх загальної кількості до 32. Для підвищення пропускної здатності шини також було запропоновано збільшити тактову частоту обміну в два рази. Це складає суть «швидкого» (високошвидкісного) варіанту (FAST) шини SCSI -2.

Поєднання швидкого і широкого варіантів реалізації шини SCSI дає можливість передавати дані з максимальною 40 Мбайт/с пропускною здатністю. Це може здатися дуже вражаюче підвищення продуктивності. Проте для більшості звичайних додатків шини SCSI настільки висока пропускна здатність просто не потрібно. Зрештою, така швидкість потрібна тільки для дискового накопичувача. Пристрої з інтерфейсом SCSI зазвичай містять буфери пам'яті, так що ефективність використання шини SCSI визначається об'ємом даних, прийнятих пристроєм з дискової пам'яті своєї буферної пам'яті, і інтелектуальністю алгоритму їх обробки. При цьому необхідно також враховувати, з якою швидкістю сама обчислювальна машина здатна приймати дані. Загалом не має сенсу витрачати зусилля, збільшувати вартість і швидкість шини SCSI, реалізуючи «швидкий» чи «широкий» її варіанти, якщо головна система не може скористатися збільшеною пропускною здатністю.

Хост-адаптер реалізує функції сполучення шини SCSI з системними ресурсами, перш за все з системною шиною і операційною системою комп'ютера. Він, як правило, виконує роль ініціатора на шині SCSI, хоча в складних (наприклад, в мультипроцесорних і мультимашинних) SCSI-системах може динамічно змінюватися (ініціатор / виконавець).

До числа основних функцій хост-адаптера, що визначають його структуру і характеристики, відносяться:

- реалізація протоколу шини SCSI, а також фізичних та електричних специфікацій стандарту;
- погодження з апаратними і програмними системними ресурсами.

Реалізація протоколу шини SCSI, як правило, здійснюється спеціалізованою BIC контролера шини SCSI. Зазвичай ця схема забезпечує і реалізацію електричних специфікацій стандарту.

Сполучення з апаратними системними засобами передбачає насамперед узгодження розрядності і пропускну здатності шини SCSI і системної шини хост-системи, а також реалізацію розвинених засобів доступу до системної пам'яті. Структура вузла узгодження розрядності шин залежить від призначення хост-адаптера і використовуваної версії стандарту SCSI (8 розрядів для SCSI-1; 16 або 32 розряди для SCSI-2). Основним засобом узгодження пропускну здатності системної і SCSI-шин є пам'ять, реалізована зазвичай у вигляді буфера FIFO, або двохпортового ОЗП. Найбільш поширений алгоритм доступу до системної пам'яті - прямий доступ, реалізований найчастіше за допомогою контролера ПДП хост-системи.

Взаємодія з програмними системами припускає наявність SCSI-драйвера для конкретної ОС.

Апаратні драйвери хост-адаптера мають наступні характеристики. Серед використовуваних BIC SCSI-контролерів для шини AT домінують моделі фірми NCR. Слідом ідуть відомі WD33C93 фірми Western Digital і ALC 6250/60 фірми Adaptec (США). Хост-адаптером найчастіше підтримують як синхронний, так і асинхронний режими обміну по шині SCSI. Швидкість обміну істотно залежить від типу використовуваного контролера. У простих хост-адаптерах вона коливається від 0,25 Мбайт /с до 1 Мбайт /с в асинхроннім і синхроннім режимах відповідно.

Розмір буфера даних також варіюється в досить широких межах: від використання внутрішніх буферів BIC SCSI-контролера невеликої ємності, до ОЗП значної ємності (1Мбайт). Наявність великого буфера істотно збільшує вартість хост-адаптера.

Програмні драйвери SCSI пристроїв мають наступні особливості. Завдання програмування SCSI систем і пристроїв є багаторівневим і може бути розділене на наступні відносно незалежні підзадачі:

- програмування апаратних засобів периферійних пристроїв;
- реалізація протоколів SCSI шини;
- реалізація SCSI команд;
- доступ до SCSI пристроїв ОС і прикладних задач.

На всіх перерахованих рівнях використовуються на практиці рішення, що слабо уніфіковані. Багато великих фірм пропонують свої оригінальні рішення.

Проте часто підходи не стикаються один з одним. Враховуючи, що в даний час в області програмування SCSI пристроїв стандарт фактично не склався, доцільно розглянути найбільш цікаві рішення на двох основних рівнях.

1. Програмування апаратних засобів периферійних пристроїв.

Кінцевою ланкою засобів програмної підтримки ПУ в силу специфічності фізичних принципів їх реалізації неминуче є вузькоспеціалізовані програми низького рівня. Через те, що програмування на такому рівні складно навіть для загальносистемних, не кажучи вже про прикладних програмістів, є тенденція до підвищення рівня засобів програмування ПП за рахунок маскування специфіки ПП на рівні так званого *firmware* (внутрішнього програмного забезпечення-ВПЗ). Прикладом може бути маскування функцій безпосереднього управління дисковими накопичувачами на рівні внутрішніх команд дискових контролерів WD2010, 8272 та інших.

Однак на рівень регістрів контролерів виходять тільки спеціалізовані програми. В даний час ПП переважно програміруються на рівні функцій системної BIOS, а програми більш високого рівня взагалі використовують стандартні функції ОС.

Використання інтерфейсу SCSI ще більше підвищує рівень програмування ПП за рахунок використання певного стандартного набору команд загального вигляду. Для прикладного програміста використання стандартних функцій BIOS стає при цьому практично неможливим. Однак як елемент управління природно зберігаються на рівні ВПЗ контролера ПП і реалізується або локальним мікропроцесором (МП) контролера, або мікроконтролером, вбудованим в базову ВІС контролера ПП.

З метою збереження напрацьованих програмних засобів управління електронікою ПП в даний час широко використовується емуляція стандартних інтерфейсів ПП, що припускає перетворення логічних адрес SCSI у фізичні адреси конкретного пристрою. Прикладом може служити контролер SmartConnex/ISA фірми Distributed Processing E Technology. Він використовує інтерфейс відомого дискового контролера WD1003 фірми Western Digital, в результаті чого комп'ютер "бачить" контролер як звичайний пристрій, сумісний з інтерфейсом ST-506.

Реально емуляцію інтерфейсу виконує невидимий для користувача драйвер, що запам'ятовується при форматуванні в останньому блоці НМД. Відповідні драйвери є для найбільш поширених ОС (MS-DOS, OS / 2, Xenix / Unix, Novell NetWare). Встановлення контролера SmartConnex в систему

здійснюється за допомогою спеціальних утиліт, що поставляється фірмою. У відомих контролерах WD 33C92/93 фірми Western Digital є навіть вбудовані команди перетворення форматів логічних адрес у фізичні.

Таким чином, для реалізації різних ПП в стандарті SCSI можуть використовуватися фрагменти готових програм, що підтримують такі стандартні функції управління ПП в MS-DOS, як INT 13, INT 11 та інші.

Слід зазначити, що такий підхід не в повній мірі відповідає ідеології SCSI, і в перспективі будуть використовуватися спеціальні програми безпосереднього управління SCSI пристроєм на базі SCSI-команд.

II. Реалізація протоколу SCSI-шини. При використанні інтерфейсу SCSI на ВПЗ хост-адаптера або контролера ПП покладається також функція підтримки SCSI - операцій.

При цьому ступінь необхідної програмної підтримки залежить від рівня інтелектуальності використовуваної ВІС контролера SCSI-шини. За деякими оцінками, при використанні ВІС SCSI-контролерів першого, другого і третього поколінь об'єм необхідного для реалізації SCSI-протоколу ВПЗ становить близько 2500 Мбайт і кілька сотень команд відповідно.

Контролери різних поколінь відрізняються числом і складністю покладених на них функцій прийняття рішення щодо ситуації в SCSI- системі.

Наприклад, контролер першого покоління NCR 5380 функціонує на рівні обробки та формуванні логічних сигналів SCSI-шини. Функції аналізу ситуацій і прийняття рішень повністю покладаються на ВПЗ. Такий режим характеризується великим об'ємом керуючого коду, високою інтенсивністю переривань на рівні ВПЗ і, як наслідок, високими накладними витратами на час виконання операцій.

Подібна схема використовується в SCSI-підсистемах ПК Macintosh фірми Apple. Для програмування SCSI-підсистем фірмою розроблено спеціальний програмний засіб - Mac's SCSI Manager, що включає 14 програм, які обслуговують різні фази протоколу SCSI шини. Серед них: читання / запис даних у різних режимах, участь в арбітражі, обробка команд, статусу, повідомлень, та інші.

Всі перераховані функції реалізуються шляхом безпосереднього програмування апаратних пристроїв SCSI-контролера. Оскільки у всіх комп'ютерах сімейства Mac використовуються хост-адаптери SCSI-шини на базі контролера NCR 5380, ВПЗ для всіх моделей будується по одному принципу. Однак є нюанси, які є важливими для програмування на нижньому

рівні. Наприклад, у різних моделях ПК контролер 5380 має різні адреси. Крім того, по-різному використовуються деякі режими роботи контролера 5380. Зокрема, є відмінність в реалізації операції читання / запису даних у синхронному режимі, що зумовлено різним ступенем апаратної підтримки процедури сумісності у різних моделях сімейства Mac. Якщо в моделі Mac Plus синхронний режим вимагає повного програмного контролю ліній читання / запису даних, то в машинах Mac SE і Mac II реалізована повна апаратна підтримка даного режиму. Особливістю моделі Mac Iіх є використання спеціальної замовної BIC - SCSI-контролера ПДП, до складу якої входить контролер 5830.

Схожі функції виконує і програмний інтерфейс ASPI (Advanced SCSI programming interface), пропонований фірмою Adaptec для програмування SCSI-пристроїв в середовищі MS-DOS. Інтерфейс ASPI також забезпечує виконання нижнього рівня протоколу SCSI-штини і включає шість команд, що дозволяють виконати наступні функції:

- визначення числа хост-адаптерів у складі системи;
- визначення типу периферійного SCSI-пристрою;
- визначення операції вводу / виводу на SCSI-шині;
- припинення виконання SCSI-операції;
- скидання пристроїв на SCSI-операції;
- установка параметрів хост-адаптера.

У контролерах другого покоління, як правило, в обов'язковому порядку апаратно підтримуються функції арбітражу, управління передачею даних через шину. У деяких моделях вводиться внутрішній набір команд, які, по-перше, спрощують процес програмування, а, по-друге, маскують типові для контролерів першого покоління переривання при зміні фаз на SCSI шині.

До третього покоління однокристальних SCSI-контролерів можна віднести BIC NCR 53C700, NCR53C710 фірми NCR, в яких впроваджена нова програмна концепція фірми NCR - так званий Script-процесор. Обидва контролери містять потужний вбудований процесор продуктивністю 2 млн. операцій у секунду, що забезпечує автономне керування операціями на SCSI-шині, а також управління ПДП.

Script-алгоритм включає програми управління такими операціями, як Вибір / Перевибори; Від'єднання / Повторне підключення; Зміна фази SCSI-шини; Передача інформації та інші. Реалізація розвинених керуючих алгоритмів, природно, вимагає великого об'єму пам'яті. Якщо цей алгоритм виконується

засобами хост-системи (за типом BIOS), він стає залежним від типу системної шини і, отже, втрачає свою інваріантність. Якщо ж він виконується самим контролером, потрібен великий об'єм внутрішньої пам'яті. Особливістю і незаперечною перевагою контролерів серії 53C7XX є їх здатність безпосередньо працювати з пам'яттю хост-системи, де і може бути розміщений Script-алгоритм.

Набір Script-команд включає три основних типи операцій:

-блокові пересилання, виконують передачу даних між SCSI шиною і основною пам'яттю. При цьому забезпечується вільний доступ за адресами, а також рівнозначність керуючої інформації на SCSI шині і користувача інформації;

-команди введення-виведення виконують різні операції на SCSI шині і безпосередньо адресують вузли SCSI-ядра контролера;

-команди управління дозволяють порівняти вміст внутрішніх регістрів з сигналами на SCSI-шині або з першим байтом переданої послідовності. За результатами порівняння управління може бути передано за іншою адресою. Таким чином, всі типи переходів (jump, call, return) у Script програмі можуть бути засновані на безпосередньому порівнянні фаз SCSI-шини, що зручно для прийняття рішень в реальному часі.

Потужні Script-команди істотно скорочують накладні витрати SCSI шини. Наприклад, при використанні команд блокового пересилання при роботі з розосередженими блоками даних за одну команду може бути передана сторінка даних для програми користувача.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію інтерфейса SCSI.
2. Які загальні особливості інтерфейса SCSI?
3. Наведіть класифікацію інтерфейса ATA.
4. Які загальні особливості інтерфейса ATA?
5. Які загальні особливості інтерфейса SATA?
6. Яка розрядність шини даних базового інтерфейса ATA?
7. Скільки пристроїв може обслуговувати базовий інтерфейс ATA?
8. Скільки пристроїв максимально може мати периферійна підсистема на основі 8-розрядного інтерфейса SATA?

аналоговий сигнал у цифрові коди $\{A_i\}$, які через УП1 та ІВВ поступають в ядро КС. Цифрові дані $\{A_i\}$ опрацьовуються за функціональним програмним забезпеченням, яке є оригінальним для кожного типу системи. Формує вихідні результати, множину цифрових даних $\{B_i\}$, яка через інтерфейс виведення ІВІВ та через УП2 поступає на ЦАП. ЦАП перетворює цифрові дані в аналоговий сигнал $\varphi(t)$, який керує виконавчими механізмами об'єкту, що змінюють у необхідній залежності його стан. Таку структуру відносять до замкнутої цифрової системою керування. В такій КС може бути велика кількість АЦП та ЦАП. Однак принцип функціонування такий самий. Може бути варіант побудови системи, коли виконується лише одна верхня ланка системи. Тобто системою розімкнутою, яку можна віднести до інформаційно-вимірювальних. У наведених типах систем аналогово-цифрові та цифро-аналогові перетворення повинні виконуватися за певними правилами.

Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення має виконуватися за певними правилами на основі дискретизації та квантування аналогового сигналу. Завдання цих процесів є перетворити аналоговий сигнал у множину цифрових кодів таким чином, щоб ця множина цифрових кодів із заданою точністю представляла характеристики аналогового сигналу. Відповідно цифро-аналогові перетворення повинні забезпечувати перетворення множини цифрових кодів в аналоговий сигнал, характеристики якого повинні лежати в межах заданої точності. Особливості процесів дискретизації і квантування в наступному. Вважаємо, що вихідний сигнал давача $f(t)$ (рис. 1) необхідно перетворити в множину цифрових даних $\{A_i\}$. Цей процес умовно розбивається на 2 етапи: дискретизацію у часі і квантування за величиною (рівнем) аналогового сигналу. Дискретизація передбачає заміну неперервного аналогового сигналу $f(t)$ в множину миттєвих значень цього сигналу $\{A_i^*\}$ у відповідні моменти часу t_i . Час між двома сусідніми виборками Δt називається кроком дискретизації.

$$\Delta t = t_{i-1} - t_i$$

Якщо $\Delta t = \text{const}$, тоді це рівномірна дискретизація, інакше - нерівномірна (адаптивна). Переважна більшість перетворень використовують рівномірну дискретизацію, бо ті легше реалізуються. Крок дискретизації визначає кількість даних за певний відрізок часу. Чим більший крок дискретизації, тим менший потік даних передається через ІВВ та ІВІВ, відповідно простий і АЦП. Однак, чим більший крок дискретизації, тим менша точність подання аналогового сигналу в цифровій формі, тобто менша інформативність

цифрових даних .Тому крок дискретизації потрібно вибирати виходячи з компромісу між кількістю даних і точністю відтворення аналогового сигналу в цифровій формі. На основі цих факторів крок дискретизації для аналогового сигналу довільної форми

$$\Delta t < 1 / 2F_b$$

де F_b –це верхня (найбільша) частота частотного спектру сигналу, яка забезпечує представлення сигналу із заданою точністю.

В окремих випадках, при рівномірній дискретизації, використовується поняття ”частота дискретизації”.

$$F_d = 1 / \Delta t > 2F_b$$

Якщо Δt зробити більшим ,тоді ми не зможемо за виборками мати інформацію про характеристику аналогового сигналу. На практиці найчастіше

$$F_d = (5 - 10) F_b .$$

Процес квантування полягає у заміні миттєвого значення вибірки сигналу найближчим квантованим рівнем, який використовується при перетворенні. Для кожного перетворення встановлюється фіксована різниця між двома квантованими рівнями ΔU і значення A_i повинні відповідати одному із цих значень. Воно повинно бути найближчим до $\{A_i^*\}$. Величина ΔU також впливає на точність представлення аналогового сигналу у цифровій формі за рівнем. Величину ΔU бажано мінімізувати.

Значення між сусідніми значеннями (ΔU) називають квантом перетворення .Якщо у системі задана похибка перетворення δ , тоді для мінімізації похибки перетворення $\Delta U \leq 2\delta$, хоча на практиці часто використовують співвідношення $\Delta U \leq \delta$.

В сучасних АЦП та ЦАП використовується подання множин $\{A_i\}$ і $\{B_i\}$ у двійковій системі числення . Для того , щоб вибрати кількість розрядів N , яка необхідна для подання множин $\{A_i\}, \{B_i\}$ використовується співвідношення :

$$N = E(\log_2 \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\Delta U}) ,$$

та взяти найближче більше ціле число

Виходячи з цих етапів перетворення вибирають основні характеристики перетворювачів. На основі процесу дискретизації вибирається крок дискретизації, час перетворення, тобто швидкодія перетворювача. На основі процесу квантування, заданих похибок перетворень вибирається кількість розрядів перетворювачів . Для реалізації процесів перетворення застосовують

спеціальні великі інтегральні мікросхеми (ВІС) АЦП та ЦАП. Однією з основних характеристик цих мікросхем є швидкодія чи час одноразового перетворення.

Для ВІС АЦП до основних характеристик відносять діапазон зміни вхідного аналогового сигналу, тобто різницю між максимальним та мінімальним значеннями аналогового сигналу, а також кількість вихідних двійкових розрядів цифрового коду.

Для ВІС ЦАП основними характеристиками є зворотні співвідношення – кількість двійкових розрядів вхідного коду та діапазон зміни вихідного аналогового сигналу.

Мікросхеми АЦП і ЦАП реалізуються за різними технологіями і різними схемотехнічними перетвореннями. Характеристики сучасних АЦП лежать в межах від 8 до 16 вихідних двійкових розрядів, а вхідний сигнал може змінюватися до 10 В. Одні з кращих перетворень мають розрядність до 25 двійкових розрядів. Це складні перетворювачі. Характеристики перетворювачів можуть змінюватися, можуть вноситися нові похибки. Похибки перетворення залежать:

- від нестабільності джерела живлення;
- від зміни температури навколишнього середовища;
- від часової зміни внутрішніх елементів перетворювачів.

Ці фактори можуть впливати на похибку перетворень. Щоб усунути цей вплив розрядність перетворень беруть на один-два розряди більшою від розрахункової.

Щоб забезпечити стабільні миттєві значення вхідного аналогового сигналу до складу АЦП включають схему виборки і зберігання. Ця схема включається в момент t_i на дуже короткий час, запам'ятовує миттєве значення $\{A_i^*\}$ вхідного аналогового сигналу та зберігає його постійним на протязі усього часу перетворення.

Узгоджуючі інтерфейсні пристрої мають забезпечувати введення та виведення інформації у реальному часі системи, тому мають мати відповідні характеристики стосовно швидкодії.

На теперішній час велика кількість мікроконтролерів та мікро-ЕОМ мають вбудовані АЦП та ЦАП із високими технічними характеристиками, що суттєво спрощує побудову вимірювально-керувальних вузлів та інших елементів кіберфізичних систем.

Питання для самоперевірки:

1. Які основні технічні характеристики мікросхем АЦП?
2. Які основні технічні характеристики мікросхем ЦАП?
3. Яке співвідношення використовується для визначення кроку дискретизації для рівномірної дискретизації?
4. Яке співвідношення використовується для визначення кванту перетворення?
5. Яке співвідношення використовується для визначення необхідної розрядності АЦП?

3.2 Принципи побудови, основи використання драйверів зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв.

Основне технічне призначення зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв (ЗЗП) – це довготривале зберігання великих масивів інформації поза ядром комп'ютера. Ці пристрої класифікують за різними ознаками. За фізичним способом запам'ятовування інформації розрізняють :

- 1) магнітні ;
- 2) оптичні ;
- 3) напівпровідникові.

Назва вказує , що в них використовується відповідно магнітні , оптичні і напівпровідникові властивості носіїв інформації .

Основними технічними характеристиками ЗЗП є:

- 1) Загальна кількість інформації яка може запам'ятовуватися при використанні даного пристрою.
- 2) Швидкість обміну інформацією між пристроєм і ядром комп'ютера.

Економичною характеристикою є вартість пристрою або питома вартість зберігання 1Мб інформації. Загальна вартість ділиться на загальну кількість інформації в Мб і отримується питома вартість.

4.2.1. Магнітні ЗЗП

Виділяють такі типи пристроїв :

- 1) Накопичувачі на твердих магнітних дисках .
- 2) Накопичувачі на гнучких магнітних дисках.
- 3) Накопичувачі на магнітних стрічках .
- 4) Накопичувачі на магнітних барабанах.
- 5) Накопичувачі на магнітних картках.

Носієм інформації для усіх цих типів є тонка плівка з магніто-твердого матеріалу , яка може знаходитися у трьох стабільних станах намагніченості. Ці стани визначаються так званою петлею магнітного гістерезису.

Один із станів – це стан розмагніченості (нульовий стан). Тоді елементарні магнітики знаходяться у довільному стані і не мають певні орієнтації. Якщо до магнітотвердого матеріалу прикласти зовнішнє магнітне поле, наприклад додатного напрямку, коли магнітний матеріал переходить на верхній рівень насиченості магнітної петлі гістерезису і після зняття зовнішнього магнітного поля магнітна плівка знаходиться у цьому ж стані намагніченості. Умовно називають його додатнім станом намагніченості. Властивості магнітних носіїв

такі, що у кожному із стабільних станів магнітні носії можуть знаходитись тривалий час. Для цього, щоб перевести магнітотвердий матеріал в інший стан, до стану нижнього рівня петлі гістерезису, потрібно прикласти зовнішнє магнітне поле іншого напрямку. Умовно називають цей стан – станом від’ємної намагніченості.

Переводячи при запису інформації мікро ділянки магнітного носія в один із трьох станів забезпечується її кодування з метою однозначного, достовірного читання записаної інформації.

Переважає більшість магнітних ЗЗП використовують взаємне переміщення носіїв інформації і елементів запису/читання. Носієм інформації є тонка магнітна плівка, яка наноситься на немагнітну основу, а елементами запису/читання є спеціальні вузли, які називаються магнітними головками.

Основу магнітної головки складає магнітне осердя, на якому знаходиться декілька витків шпульки провідників. На магнітному осерді є розрив невеликого розміру. Якщо через шпульку провести імпульс струму, тоді в магнітному осерді сформується магнітний потік, величина якого залежить від швидкості зміни струму і сили цього струму в шпульці, від кількості витків шпульки та від магнітних властивостей осердя. Магнітний потік у місці розриву осердя розсіюється у повітрі, формуючи мікросферу магнітного поля. Магнітна голівка розташовується над поверхнею магнітного носія таким чином, щоб ця сфера магнітного поля головки досягала магнітної плівки і формувала на поверхні необхідний стан намагніченості. Стан намагніченості формується напрямом імпульса струму, який проходить через шпульку магнітної головки.

Перемагнічення поверхні носія залежить від наступних факторів:

1. від магнітних властивостей плівки;
2. від електромагнітних характеристик магнітної голівки;
3. від відстані між голівкою і носієм;
4. від швидкості взаємного переміщення носіїв і голівки.

Операція читання інформації базується на формуванні в магнітній голівці електрорушійної сили самоіндукції, яка виникла у місцях зміни магнітного стану поверхні носія. Коли на поверхні носія змінюється стан намагніченості з додатного до від’ємного, тоді в магнітній голівці виникає імпульс електрорушійної сили одного напрямку. Якщо поверхня носія змінює стан намагніченості від від’ємного до додатного імпульс електрорушійної сили формується протилежного напрямку.

Величина цього імпульсу мала і залежить від магнітних властивостей плівки, від електромагнітних характеристик магнітної голівки, від відстані між голівкою і носієм, швидкості взаємного переміщення. Чим менша відстань між голівкою та плівкою, тим імпульс електрорушійної сили більший. Чим вища швидкість взаємного переміщення, тим імпульс електрорушійної сили більший.

Кодування інформації в магнітних ЗЗП базується на перемагніченнях носія відповідно до двійкового коду (0, 1). Основною задачею є забезпечення високої надійності та достовірності запам'ятовування інформації. Для запам'ятовування інформації магнітна поверхня носія розбивається на мікрочастинки і ця мікрочастинка відповідає одному біту інформації.

Елементи запису/читання синхронізують свою роботу, тактують роботу таким чином, щоб на кожній мікро ділянці надійно записувалася інформація при операції запису і забезпечувалася можливість достовірно прочитати записану інформацію. Як правило використовують спеціальні складні надлишкові способи кодування, які досягають розв'язку поставленої задачі щодо надійності та достовірності.

Для кодування інформації на магнітних носіях використовують 4 базових способи кодування:

1. із поверненням до 0 (RZ);
2. без повернення до 0 (NRZ);
3. фазове;
4. частотне.

Кодування з поверненням до нуля (RZ) передбачує використання 3-х станів намагніченості. Базовий стан плівки нульовий – розмагніченість. Кодування логічної “1” кодується перемагнічуванням мікро ділянки плівки в додатній стан і повернення до 0. Кодування логічного “0” : перемагнічення з нульового стану у від’ємний стан з наступним поверненням до 0. Такий спосіб забезпечує високу надійність, але є складним, бо використовує три стани намагніченості. Цей спосіб не забезпечує великої густини розміщення інформації на поверхні.

Переваги : надійність. Недоліки : складність, мала густина.

Кодування без повернення до нуля (NRZ) використовує 2 стани намагніченості плівки (доданню та від’ємну). Кодування „1” - забезпечується перемагнічуванням плівки, переведення з одного стану в інший. Кодування „0” – це відсутність перемагнічення.

Переваги: виключна простота, можливість забезпечення великої густини розміщення інформації. Недоліки: низька надійність, якщо іде велика кількість логічних 0, то може відбутися втрата синхронізації.

При фазовому кодуванні „0” і „1” здійснюється протилежними напрямками перемагнічення, змінюються фази перемагнічення на 180°. Логічна „1” кодується перемагніченням з від’ємного в додатній стан намагніченості, а логічний „0” навпаки.

Переваги : висока надійність, можливість забезпечення великої густини розміщення інформації на поверхні носія. Недоліки: складність управління, так як при запису наступного біта треба аналізувати, що було записано в попередньому біті. Якщо послідовно ідуть одиничні біти, тоді необхідно використовувати додатне перемагнічення носія.

Частотне кодування характеризується різною кількістю перемагнічень. Наприклад, логічна „1” закодовується одним перемагніченням, логічний „0” закодовується двома перемагніченнями.

Переваги : висока надійність. Недоліки: густина розміщення інформації зменшується, коли використовується велика кількість перемагнічень.

Найбільш поширеними магнітними ЗЗП є накопичувачі на твердих магнітних дисках (НТМД). Носієм інформації є магнітний диск, який має основу з ненамагнітного металу, переважно на алюмінієвій основі. Диск має внутрішній отвір для механічного закріплення і від внутрішнього отвору до зовнішнього краю диску з обох сторін є покриття з магнітної плівки. Основним фізичним розміром є зовнішній діаметр, за яким і стандартизують НТМД.

Найбільш поширеним є розмір 3,5”. Поверхня диску розбивається на концентричні смужки – доріжки. Для розпізнавання початку доріжки використовується індексний маркер.

Доріжка ділиться на сектори. Кількість секторів на доріжці визначають способом форматування, залежить від ОС з яким працює накопичувач.

Кожна доріжка ділиться на окремі поля, де міститься службова інформація, ідентифікатор доріжки та сектору, поле даних, контрольні поля. Початковий об’єм сектора становить – 571 байт, а після форматування стандартизований об’єм сектора становить 512 байт.

Диски можна конструктивно об’єднуватися у так звані модулі дисків. Коли один над одним розташовується кілька дисків.

Однотименні доріжки усіх робочих поверхонь дисків називають циліндром. Доріжки і циліндри нумеруються починаючи із зовнішнього діаметра. Найбільш віддалена доріжка має 0 номер.

Для кожної робочої поверхні пакету дисків використовується своя окрема головка запису/ читання, кожна з яких має свій номер . Сама верхня та сама нижня поверхні пакету дисків часто або зовсім не використовуються, або використовуються як додаткові службові поверхні для калібрування чи самодіагностики.

Як правило диски встановлюються на спеціальні механічні вузли, які забезпечують їх обертання навколо осі із фіксованою швидкістю . Найбільш поширеними є швидкості, кратні 180 обертам за хв. (5400,7200).

Для магнітних головок використовується спеціальна слідкуюча, керуюча система, яка у відповідності із заданим вхідним кодом забезпечує радіальне переміщення головок дискретно, відповідно до доріжок робочих поверхонь. Після переміщення кожна головка може розташовуватися над відповідною доріжкою по центру смужки. Головка може розташовуватися над довільною доріжкою. З довільної доріжки можна перейти на іншу довільну доріжку, у залежності від коду доріжки. Час переходу з доріжки на доріжку мінімізований за рахунок виконання різних швидкостей лінійного переміщення.

Накопичувачі обладнані системою давачів, блокувальними вузлами, які захищають накопичувач при виникненні нестандартних ситуацій, У магнітних накопичувачах безпосередньо магнітні диски, головки, вузли для переміщення головок реалізовані як конструктивно закінчений вузол, який герметизований від зовнішнього середовища, що не дозволяє попадати в середину мікропилинок.

Сучасні накопичувачі - це високо технологічні пристрої, які мають високі техніко- економічні характеристики, високу швидкість обміну інформацією з ядром, малий час доступу, низьку вартість. Недоліком є механічні вузли обертання дисків і вузли переміщення головок, при поломці яких фактично ламається весь накопичувач і втрачається інформація.

3.2.2. Оптичні ЗЗП. Ідея побудови ЗЗП з використанням оптичних властивостей носіїв виникла з появою перших комп'ютерів. Перша ідея побудови оптичних ЗЗП базується на голографічних способах запису\читання інформації. Через технічні складності голографічні оптичні ЗЗП не знайшли масового застосування.

В кінці 70-х років минулого століття дві компанії, Philips і Sony, серйозно зайнялися питанням цифрового звуковідтворення. Вони приступили до розробки нового типу носіїв, що базуються на оптичній технології запису і зчитування даних, який мав прийти на зміну вініловим грамплатівкам. Перші комп'ютерні CD-ROM з'явилися на ринку у 1984 році. Їх характеристики були визначені, виходячи з поставленої спочатку завдання - записи музики. З цим пов'язаний вибір спіральної доріжки (власне, як і на грамплатівках), більш придатної для послідовного, а не для довільного доступу до даних, характерного для комп'ютерних систем. Ємність перших вірців дисків становила 650 Мбайт і була вибрана з точки зору можливості запису 74 хв. музики.

Схоже, несподівано для самих творців новинка припала до двору в ПК. Саме завдяки приводам CD-ROM виникло поняття «мультимедіа», в комп'ютерах платформи PC з'явилися аудіочастина. Технологія розвивалася, слідом за «штампованими» заводськими CD-ROM були створені диски з одноразовим (CD-R) і багаторазовим (CD-RW) записом.

Подальша еволюція технологій запису інформації на оптичні носії інформації привели до створення DVD приводів і дисків з можливістю запису ще більшої кількості інформації (до 17 Гбайт на двошаровий двосторонній диск). Передумовою для розробки такого типу оптичних носіїв, спочатку називалися Digital Video Disc і потім перейменованих в Digital Versatile Disc, що підкреслює їх універсальність, послужило бажання слідом за музикою «перекласти на цифру» і фільми.

На диску CD-ROM промисловим способом записується інформація, і провести її повторний запис неможливо. Найбільшого поширення отримали 5-дюймові диски CD-ROM ємністю 670 Мбайт. За своїми характеристиками вони повністю ідентичні звичайним музичним компакт-дискам. Дані на диску записуються у вигляді спіралі (на відміну від вінчестера, дані на якому розташовуються у вигляді концентричних доріжок). З точки зору фізики лазерний промінь визначає цифрову послідовність одиниць і нулів, записаних на CD, за формою мікроскопічних ямок на його спіралі. Принцип читання інформації з оптичного диска можна наближено розбити на чотири етапи.

1. Промінь слабкого лазера випускається лазер-діодом приводу CD-ROM. Проходячи через систему лінз, він фокусується на областях спіралі даних компакт-диска, рухаючись за траєкторією, що задається сервоприводом. Сервопривід служить для переміщення спеціальної лінзи.

2. Промінь виробляє сигнал зчитування, відбиваючись з різною інтенсивністю від ріт-шару компакт-диска.

3. Відбитий промінь повертається, потрапляючи до групи призм. Там відбувається його заломлення і віддзеркалення на фотодетектор.

4. Фотодетектор визначає інтенсивність світлового потоку, перетворює його в електричний сигнал і переправляє цю інформацію до мікропроцесора дисководу, який завершує її аналіз, перетворюючи в цифрову послідовність.

Основу компакт-диска діаметром 12 см і товщиною 1,2 мм складає шар оптично чистої полікарбонатною пластмаси - це нижня сторона підкладка (back layer). На неї нанесений тонкий шар алюмінію, що надає диску необхідні відображають властивості. Від окислення і механічних пошкоджень його захищає лакування. Поверх лакового шару друкується етикетка диска.

Головною характеристикою приводу CD-ROM є швидкість читання даних, збільшити яку можна тільки одним способом - збільшенням частоти обертання диска. Оскільки для CD-ROM спочатку прийнята постійна лінійна швидкість читання (Constant Linear Velocity - CLV), то частота обертання диска є змінною величиною, обернено пропорційній відстані від голівки, що зчитує до центру. Для першого покоління пристроїв зі швидкістю читання 150 Кб / с (одношвидкісні, або 1X) вона лежить в діапазоні від 200 об / хв для зовнішньої частини доріжки диска до 530 об / хв для внутрішньої. У наступних поколіннях частоти обертання, а з ними швидкість читання, просто збільшувалися в ціле число разів (двошвидкісні - 2 X, чотиришвидкісні - 4X і т. д.). Так тривало досить тривалий час, поки швидкість висококласних моделей не досягла 12X (1800 Кб / с), а масових - 8X (1200 Кб / с). Для 12-швидкісних моделей діапазон частот обертання становить від 2400 до 6360 об / хв. Зрозуміло, що 6360 об / хв - це досить велика швидкість для змінного носія, яку технічно важко підтримувати. Ще важче швидко розкрутити диск до цієї швидкості, якщо голівка для зчитування чергової порції інформації перескакує, наприклад, з зовнішньої частини диска на внутрішню. Час розкрутки накладається на час переміщення і для швидкого доступу має бути мінімальним. Труднощі багаторазово зростають при спробі ще більше підвищити частоту обертання, тому 12-кратна швидкість є граничною для режиму CLV. Подальше збільшення швидкості читання можливо тільки при відмові від режиму CLV, тому в подальших моделях приводів CD-ROM всі провідні виробники замість «чистого» CLV почали використовувати в тій чи іншій мірі режим з постійною

кутовою швидкістю (Constant Angular Velocity - CAV), в якому частота обертання постійна (і близька до максимально можливої), а швидкість читання пропорційна радіусу. Режим CAV використовується або для всієї поверхні диска, або комбінується з CLV. Комбінований режим, коли для центральної частини диска використовується CAV, для периферійної CLV, називають CAV | CLV, Partial CAV або P-CAV.

Нові моделі приводів CD-ROM позиціонуються за максимальним значенням швидкості читання як 32-50-ти швидкісні, що не дає, однак, адекватного представлення про реальну швидкодію. Що стосується розташування інформації на диску, то слід враховувати, що, по-перше, заповнення диска починається від центру, і, по-друге, більшість дисків заповнені не повністю (в середньому лише наполовину). Тобто вирішальною для загальної швидкодії є швидкість читання на внутрішній частині диска. Наприклад, популярний тест CD-TACH при оцінці швидкості враховує внутрішню частину (0-215 Мб) диска з ваговим коефіцієнт 60%, середню (1215-430 Мб) -30% і зовнішню (430-615 Мб) - 10%. Приводи CD-ROM вищого класу мають швидкість читання для внутрішньої частини диска 12X, масові моделі - 8-10X. Швидкість читання зовнішньої частини досягає в деяких моделях 50X. Перехід від режиму CLV до режимів P-CAV і CAV не вимагав від виробників особливих витрат, так як максимальна частота обертання не збільшилася, і механічна частина, включаючи двигун, не піддалася істотним змінам. Тому ціни на нові пристрої, незважаючи на значно поліпшені параметри, залишилися на колишньому, досить невисокому рівні. Причому купувати краще пристрої зі швидкостями починаючи від 24x. Незважаючи на незначний приріст реальної швидкодії, тільки вони підтримують стандарт MultiRead.

Дисководи CD-ROM можуть мати різні інтерфейси. Переважна більшість підключаються до звичайного IDE виходу на материнській платі. Незважаючи на те, що процес встановлення приводу CD-ROM з інтерфейсом IDE дуже простий, варто звернути увагу на наступні моменти. Як відомо, будь-адаптер Enhanced IDE має два 40-контактних роз'єми, до яких підключаються по два пристрої: Primary Master і Slave і Secondary Master і Slave. Зі зрозумілих причин Primary Master - це завжди завантажувальний жорсткий диск (C:). Таким чином, привід CD-ROM може бути або Primary Slave, або Secondary Master, або Secondary Slave. Отже, перед підключенням кабелів живлення, інтерфейсу та аудіо на задній стінці накопичувача слід відповідним чином встановити

перемички Master і Slave (але краще все ж, підключити CD-ROM до другого IDE, окремим шлейфом).

Диски **CD-R** (CD-Recordable) мають наступні особливості. Аббревіатурою CD-R позначена технологія одноразової оптичного запису, яку можна використовувати для архівації даних, створення прототипів дисків для серійного виробництва і для дрібносерійного випуску видань на компакт-дисках, записи аудіо та відео. На CD-R, зокрема, заснована система Photo CD фірми Kodak.

Призначення пристрою CD-R - запис даних на компакт-диски CD-R, які потім можна читати на накопичувачах CD-R, CD-ROM і CD-RW. До недавнього часу вони використовувалися в основному для створення та тиражування аудіо-, відеодисків і дистрибутивів програмного забезпечення. Однак, якщо подивитися на ці пристрої з іншої точки зору, то виявляється, що накопичувачі CD-R - ідеальний вибір як пристрій для архівування даних. Якщо говорити про швидкість читання / запису, то накопичувачі CD-R сильно програють традиційним накопичувачів на жорстких магнітних дисках, мають приблизно однакові можливості з JomegaZip з інтерфейсом SCSIn значно перевершують JomegaZip з інтерфейсом LPT.

Швидкість запису для недорогих моделей становить 32x, швидкість читання - 42-50X. Не дуже високі швидкості запису пов'язані з певними технічними труднощами. У моделях більш високого класу швидкість запису доведена до 40-50X. Отримання більш високих швидкостей пов'язане зі значними труднощами, тому що різко зростають вимоги до стабільності технічного тракту. Швидкість читання / запису, безумовно, важливий, але не єдиний показник, який визначає вибір накопичувача для архівації даних. Не менш важлива питома вартість одного мегабайта даних, що зберігаються. І носії CD-R тут поза конкуренцією - при обсязі в 650 Мбайт ці диски стоять у роздріб близько 0,4 \$ за штуку, що дає рекордно низьку питому вартість одного мегабайта даних, що зберігаються. Слід також зазначити, що компакт-диски більш надійні при тривалому зберіганні інформації, ніж магнітні носії: останні вельми чутливі до електромагнітних полів і ударних навантажень.

У будь-якому компакт-диску дані кодуються і записуються у вигляді послідовності ділянок з різними коефіцієнтами відбиття променю лазера. Під час запису CD-R сфокусованим потужним лазерним променем нагріваються невеликі ділянки шару барвника. Барвник передає тепло суміжній з ним підкладці, під дією якого вона змінює свої властивості і починає розсіювати

світло. В областях, не нагрітих лазером, підкладка залишається прозорою й при зчитуванні даних пропускає промінь. Останній проходить до металевому шару, відбивається від нього і через підкладку потрапляє на світлочутливий приймач.

Хоча способи запису інформації на звичайні компакт-диски і на диски CD-R різні, результат ми маємо один і той же - послідовність ділянок з різним відбиттям світла, яку може прочитати будь-який привід CD-ROM. При читанні диска на нього направляється малопотужний лазерний промінь, і світлочутливий датчик сприймає послідовність відбитих сигналів. Ще один фактор, який необхідно враховувати, - режим запису. Існують два режими: односеансний і багатосеансний. У односеансному режимі запис всього диска повинен здійснюватися за один прохід без перерви. У багатосеансному режимі дані записуються за кілька сеансів, внаслідок чого інформація на диску представляється у вигляді декількох окремих томів. Не всі накопичувачі CD-ROM здатні читати диски, записані подібним способом. Режим багатосеансного запису дозволяє записати частину даних, зупинитися, а потім продовжити запис. Одне з досягнень технології запису CD-дисків - спосіб "запису пакетами" (Packet Writing). При використанні пакетного запису у користувача створюється повна ілюзія роботи з звичайним жорстким диском: ви можете скопіювати файл на диск, відредагувати або видалити його, створити ще кілька файлів на диску і т. д. Для запису даних в пакетному режимі необхідно встановити додаткове програмне забезпечення - наприклад, один із програмних пакетів - Adaptec DirectCD або CeQuadrat PacketCD. При цьому формати пакетним способом Adaptec DirectCD і CeQuadrat PacketCD сумісні один з одним - тобто диски, записані за допомогою одного пакету, можуть бути прочитані і дописані за допомогою іншого. При використанні цього режиму, частина обсягу лазерного диска стає недоступною (залишається близько 550 Мб). Дані, записані в режимі Packet Writing на одному дисководі, не завжди будуть читатися на іншому. Так що про універсальність цього способу запису поки говорити не доводиться.

Однією з найбільш гострих проблем, що стояли до недавнього часу перед розробниками накопичувачів CD-R і CD-RW, була проблема можливої нестачі даних у буфері, що приводить до помилки Buffer Underrun. Причиною цієї помилки можуть бути недостатня потужність комп'ютера або одночасне виконання декількох завдань, через що він не встигає доставляти в буфер необхідну кількість даних.

CD-RW накопичувачі дають можливість працювати з перезаписуваними CD-RW (CD-ReWritable), відомими також як CDE. Ємність носія CD-RW складають 650 Мбайт і дорівнює ємності дисків CD-ROM і CD-R. CD-RW-привод автоматично розпізнає тип встановленого носія. CD-R-диски сумісні з більш ніж 600 млн. різноманітних CD-ROM-носіїв і плеєрів звукових компакт-дисків, які існують сьогодні у світі, вони можуть працювати і в деяких DVD-ROM-приводах (не у всіх). Диски CD-RW зчитуються лише на сучасних універсальних CD-ROM-пристроях і DVD-ROM, розрахованих на роботу з різними носіями (задовільняють специфікації MultiRead). CD-RW випускаються і для IDE / ATAPI-інтерфейсу, і для SCSI. Всі пристрої забезпечують режими запису Track at Once і Disc at Once, багатосесійний запис (MultiSession), фіксований та змінний пакетні режими запису, а також всі стандартні формати запису компакт-дисків (в тому числі і музичних). Запис CD-R заснований на "випалюванні" лазером кожного біта інформації на записувальному шарі. Відповідно змінюються відбивальна здатність диска, яку лазерний промінь фіксує при читанні. Рівень запису в CD-RW визначається спеціальним комбінованим шаром, який реверсивно змінює свої характеристики. Запис проводиться при зміні стану речовини записуючого шару, коли речовина під нагріванням переходить з кристалічного стану в аморфне. Такий процес називається фазовим переходом і широко застосовується в магнітооптичних пристроях. Але на відміну від магнітооптики запис на CD-RW визначається зміною характеристик відбиття світла від поверхні. У зв'язку з цим CD-RW-диски більш "капризні" при читанні, так як зміна відбивних властивостей у них набагато менша, ніж в CD-R. Причинами популярності даних носіїв інформації можна вважати єдиний стандарт, сумісність з CD-ROM, доступність дисководів і відповідного ПЗ, доступність компакт-дисків, тривалий термін (до 10 років) і низька собівартість зберігання інформації. У приводах CD-RW вказується три числа, як правило, в такому порядку: перше - швидкість запису, друге - перезапису, третє - читання. Але зустрічається і інший порядок. У цьому разі керуйтеся наступним: найменше значення відповідає швидкості перезапису, середнє - швидкості первинного запису, а найбільше - швидкості читання. Серйозними конкурентами записуваних і перезаписуваних-компакт-дисків можуть стати друкарські пристрої DVD, проте їх широке застосування стримується поки що більш високими цінами. Поки ж, як варіант, користувачам пропонуються друкарські CD-R/RW приводи, з можливістю читання як CD так і DVD дисків. Коштують вони лише трохи дорожче.

Накопичувачі DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW мають наступні особливості. Стандарт із дисками та приводами DVD був створений з розрахунком на те, щоб замінити різні носії відразу в декількох областях - в індустрії відео, у сфері інформаційних технологій, у звукових записах і навіть, можливо в індустрії ігрових картриджів. За задумом розробників, це повинен бути якийсь «універсальний» носій, надзвичайно місткий і надійний. DVD (Digital VersatileDisk, раніше Digital Video Disk), тобто багатоцільовий цифровий диск - тип компакт-дисків, який зберігає від 4,7 до 17 Гбайт інформації, що цілком достатньо для повнометражного фільму. Майже всі вже впевнені, що DVD скоро витіснить як CD-ROM, так і звичайні VHS-відеокасети. Такий обсяг здатний задовольнити будь-якого виробника комп'ютерних ігор та енциклопедій, для випуску яких зазвичай потрібно кілька CD-ROM, викликаючи незручності у користувача. За розмірами ж диски CD і DVD абсолютно однакові - DVD лише трохи тонші. Природно, так само як і CD-диски, DVD виробляється у двох форм-факторах: 12 см (4,7 дюйма) і 8 см (3,1 дюйма). Найбільш поширеним, як і у випадку з CD, швидше за все, буде форм-фактор 12 см - адже саме на нього розрахована більшість дисководів і DVD-плеєрів. У чому ж полягають відмінності між DVD і CD? В першу чергу у DVD-дисків менший діаметр заглиблень, на доріжці вони розташовані з меншим «кроком» і самих доріжок на диску набагато більше. Використання насічок меншого розміру стало можливим завдяки застосуванню лазера з меншою довжиною хвилі, що посиляє більш «щільний» промінь. У той час як лазер у звичайному пристрої CD-ROM має довжину хвилі 780 нанометрів, пристрій DVD використовують лазер з довжиною хвилі 650 або 635 нм, що дозволяє покривати променем у два рази більше насічок на одній доріжці і в два рази більше доріжок. Крім того, на диску відведено для зберігання даних трохи більше, ніж в CD-ROM; DVD також передбачає інший формат секторів і більш надійний код корекції помилок. Всі ці нововведення дозволили досягти приблизно в сім разів більшої ємності дисків DVD, ніж традиційних CD. Але семиразовий приріст ємності диска - це далеко не межа. Мабуть, найцікавіше в специфікаціях DVD - це можливість створення двосторонніх і двох-шарових дисків. Двосторонній диск робиться просто: так як товщина диска DVD може складати лише 0,6 мм (половина товщини звичайного CD-ROM), з'являється можливість з'єднати два диски тильними сторонами та отримати двосторонній DVD. Щоправда, вам доведеться вручну перевертати його, але з розвитком технологій DVD з'являться приводи, здатні читати обидві сторони без

втручання користувача (пригадаємо ті ж самі тридюймові дисководи для floppy-дисків). Технологія створення двошарових дисків трохи складніша: дані записуються у двох шарах - нижньому і напівпрозорому верхньому. Працюючи на одній частоті лазер зчитує дані з напівпрозорого шару, працюючи на іншій - отримує дані «з дна». Всілякі комбінації всіх перерахованих вище технологій породили досить багато типів дисків DVD. Існують односторонні (SS - Single Sided) і двосторонні DVD (DS), одношарові (SL - Single Layer) і двошарові (DL). Варто відзначити, що місткість двошарових DVD-дисків не в два рази більше, ніж у одношарових, як слід було б очікувати, а трохи менше: щоб мінімізувати перешкоди, що виникають при проходженні променя лазера через зовнішній шар, мінімальний розмір заглиблень на доріжках був підвищений з 0,4 мм до 0,44 мм. До речі, в результаті трохи підвищилася швидкість читання інформації з таких дисків. З користувацької точки зору програми і дані, записані на диску в форматі DVD-ROM, аналогічно традиційному диску CD-ROM. Для зчитування таких дисків в комп'ютері повинен бути встановлений накопичувач DVD-ROM, який зовні схожий на привід CD-ROM, використовує той же інтерфейс IDE (ATAPI) і точно так само встановлюється. Причому DVD-ROM може читати і старі CD-ROM, а також відтворювати звукові компакт-диски. Однак не всі приводи DVD-ROM однакові, і, хоча технологія DVD розроблена порівняно недавно, у продажу проходили вже кілька поколінь накопичувачів DVD-ROM. Дисководи першого покоління не були розраховані на читання записуваних компакт-дисків CD-R і CD-RW (і, до речі, погано читали неякісні диски CD-ROM), але дисководи DVD наступних поколінь коректно працюють вже з усіма форматами. Загалом же слід відзначити, що швидкість передачі даних у дисководів DVD-ROM першого покоління приблизно дев'яти-кратна (по відношенню до одноразової швидкості читання CD-ROM), проте швидкість обертання дисків у перших приводів DVD-ROM була тільки в три рази вище, ніж в CD, так що диски CD-ROM вони читали тільки на трьохкратній швидкості. Основна маса сучасних приводів DVD-ROM читає диски CD-ROM уже на 40-кратних швидкостях. Тому можна з великою впевненістю сказати - зміна приводами DVD-ROM дисководів CD-ROM в найближчому майбутньому безсумнівно відбудеться. Деякі виробники дисководів CD-ROM уже планують припинити їх випуск на користь приводів DVD-ROM.

Всі DVD-плеєри та комп'ютерні приводи повинні читати двошарові диски - цього вимагає специфікація. Всі програвачі та дисководи також програватимуть двосторонні диски, але, як правило, їх треба перевертати.

DVD-R має наступні особливості. Розробником формату є Pioneer, він же і почав просування цього формату на ринок. Не дивлячись на це, DVD-R входить в сімейство форматів офіційно підтримуваних DVD Forum. DVD-R розроблявся з оглядкою на дуже успішний CD-R, тому має з ним багато спільного. Фізично DVD-R диск це 80 або 120 міліметровий оптичний диск, товщиною 1.2 міліметра. DVD-R диски можуть бути тільки одношаровими, але можливе створення двосторонніх дисків. Як і звичайні DVD-ROM диски, DVD-R склеєні із частин, 0.6 мм прозорий захисний шар, потім шар з світловідбивальним матеріалом, на який і проводитиметься запис, склеює шар, і такий же (0.6 мм) захисний шар, де може бути нанесений малюнок. Двосторонні диски мають два світловідбивних шари, розділені склеювальним шаром. Принцип, з яким здійснюється запис DVD-R точно такий же, як у його попередника, CD-R. Шар відбиття змінює свої характеристики під впливом променя лазера підвищеної потужності. Взагалі DVD-R не несе в собі нічого нового, технічно це той же CD-R, тільки розрахований на більш тонкі доріжки (але формат, в якому зберігаються дані на диску, звичайно ж, зовсім інший). Як CD-R, DVD-R одноразовий формат, диск записується один раз і назавжди. Ну, не зовсім назавжди. Pioneer стверджує, що створені ним DVD-R болванки здатні зберігати записану на них інформацію протягом 100 років.

При створенні DVD-R найпильнішу увагу приділено сумісності з існуючими DVD-ROM приводами. І це себе виправдало. На теперішній час DVD-R залишається самим сумісним форматом, записані з його допомогою диски читаються на максимально можливій кількості DVD-ROM, як комп'ютерних так і стаціонарних. Точних цифр немає, але за приблизними оцінками близько 85% коли-небудь випущених DVD-ROM пристроїв здатні читати DVD-R диски. Серед сучасних моделей це число ще вище. На теперішній час це найкращий результат серед усіх форматів запису DVD.

З метою завоювання нових ринків, починаючи з специфікації 2.0 формат розділили на DVD-R For Authoring і DVD-R For General. Принципова відмінність між ними, це довжина хвилі використовуваного лазера. В DVD-R (A) використовується той же самий 635 нм лазер, що і в перших DVD-R дисках. В DVD-R (G) використовується 650 нм лазер. Це робить неможливим запис дисків одного формату на приводі іншого формату. Хоча, звичайно ж, читати

диски записані іншим форматом можна. DVD-R (A) позиціонується як професійний стандарт, і є прямим спадкоємцем попередніх DVD-R. З якими має зворотну сумісність. Наприклад, болванки випущені по 1.0 та 1.9 специфікаціям можуть записуватися на DVD-R (A) приводах. З інших істотних відмінностей, які виникали в цьому варіанті DVD-R, можна відзначити підтримку Cutting Master Format (CMF). Це дозволяє використовувати DVD-R (A) диски в якості майстер дисків для подальшого друку, замість довго використовувалася для цього DVL стрічки. Це досягається можливістю використати частину lead-in зони диска для зберігання DDP (Disk Description Protocol) заголовка. Втім, незважаючи на CMF, можливість зберігати захищену CSS інформацію на DVD-R (A) так і не з'явилася. Але все одно, саме CMF дозволяє позиціонувати DVD-R (A) на професійний ринок.

DVD-R (G) позиціонується як формат для користувача. Саме цей формат, звичайно, мається на увазі, коли йдеться про DVD-R. Приводи, що працюють у цьому форматі, можуть писати тільки на спеціальні болванки, призначені для DVD-R General, і зроблені під 650 нм лазер. DVD-R диски, виготовлені відповідно до специфікаціями 1.0 і 1.9, можуть читатися, але не можуть записуватися. Не підтримується CMF, тому DVD-R (G) диски не можуть використовуватися в якості повноцінних майстер дисків. З іншого боку, для домашнього користувача це зовсім не критично, адже мало у кого в підвалі стоїть верстат для штампування DVD. Перевага DVD-R (G) в порівнянні з DVD-R (A) всього одна, зате виключно важлива. Моделей приводів, що підтримують DVD-R (що в 99.9% означає підтримку саме DVD-R (G)), досить багато, і ціни на них неухильно падають

DVD-RW має наступні особливості. Розробником формату є Pioneer, тому немає нічого дивного в тому, що DVD-RW побудований на тих же принципах що і DVD-R (G). Використовується той самий лазер, з довжиною хвилі 650 нанометрів, диски мають однаковий формат. Єдина відмінність в покритті. В CD-RW використовуються матеріали, які можуть багаторазово змінювати свої властивості відбивати світло під впливом лазерного променя різної потужності. DVD-RW диски фізично представляють 80 або 120 міліметровий оптичний диск, товщиною 1.2 міліметра. Теоретично, можливе створення двосторонніх DVD-RW дисків. Обсяг односторонніх DVD-RW дисків становить 4.7 гігабайти. За твердженням виробників DVD-RW дисків, вони можуть перезаписуватися не менше 1000 разів. Зараз відомі три види DVD-RW заготовок. Спочатку з'явилася 1.0 версія. Для запобігання копіювання

захищених CSS дисків, ці заготовки мали заздалегідь видавлену lead-in область. Іншим ефектом стали проблеми з програванням таких дисків на деяких стаціонарних плеєрах. На щастя, такі диски продавалися тільки в Японії.

Для вирішення проблем з сумісністю, з'явилися DVD-RW диски версії 1.1. Так само як і 1.0, вони мали заздалегідь записану lead-in область, для запобігання копіювання захищеного матеріалу. Але, на цей раз область записувалася стандартними засобами, а не видавлювати, завдяки чому плеєри розуміють такі диски набагато краще. Більшість DVD-RW дисків, які сьогодні можна зустріти у продажу, відносяться саме до версії 1.1. Для захисту вмісту DVD-RW дисків, в природі існує В версія стандарту 1.1. Зазвичай такі диски називають просто DVD-RW диски В-типу. Від простих ці диски відрізняються тим, що у службовій зоні приводу (BCA) записано унікальний 64 бітний номер (disk ID). За допомогою цього номера вміст диска шифрується по 56-bit C2 (Cryptomeria) алгоритмом. При програванні такого диска спочатку читається disk ID, потім з його допомогою розшифровується вміст диска. Загалом, схоже на CSS, тільки простіше. При копіюванні такого диска копіюється тільки вміст, але не унікальний disk ID, тому програти скопійоване не можна. При створенні DVD-RW дисків найпильнішу увагу приділялося сумісності формату з існуючими DVD плеєрами і приводами. Однак, сумісності, порівняної з тим, що вдалося досягти на DVD-R дисках не вийшло. Причина цього точно та ж, що з CD-RW дисками, які не читаються на багатьох старих приводах. Відображає здатність матеріалу який використовується в перезаписуваних дисках менше, ніж у просто записуваних, і набагато менше ніж у штампованих.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що основною перевагою та особливістю технології CD/DVD є можливість зберігання великого обсягу самої різної інформації на одному носіїві (тексту, високоякісні зображення, відео та аудіо інформації, та ін.)

3.2.3. Напівпровідникові ЗЗП (НПЗЗП). Тривалий час такі ЗЗП будувались на біполярних транзисторах і діодах та мали обмежене застосування тільки в спеціалізованих пристроях. Останнім часом НПЗЗП почали будуватись на польових транзисторах із плаваючим затвором. Створена технологія, яка забезпечує можливість перемикання однієї запам'ятовувальної комірки в логічний 0 чи 1. Побудова запам'ятовувальної матриці на напівпровідниковому кристалі дозволила створювати НПЗЗП досить великої ємності. На рівні 10 і більше ГБ. Подальші технологічні вдосконалення

дозволили перемикаати одну комірку в один із 4 стабільних станів, тобто кодувати 2 двійкові розряди (00, 01, 10, 11). Це ще дозволило майже в 2 рази збільшувати ємність запам'ятовувальної матриці. Інтеграція адаптера інтерфейсу USB разом із запам'ятовувальною напівпровідниковою матрицею дозволило створити ефективні переносні USB-Flash накопичувачі, які характеризуються високою ємністю (десятки ГБ), високою швидкістю обміну інформацією, малим часом пошуку інформації, малими масо-габаритними показниками, малою споживаною потужністю, що дозволяє використовувати блок живлення комп'ютера при роботі з цим ЗЗП.

До найбільш поширених напівпровідникових ЗЗП можна віднести флеш-пам'ять (Flash Memory). Вона використовує ЕП на транзисторах типу МОН з електричним стиранням і записуванням інформації. Вона відноситься до постійної пам'яті типу EEPROM, але ряд архітектурних і функціональних особливостей дозволили виділити флеш-пам'ять в окремий клас. Флеш-пам'ять використовує поряд з традиційними адресними і керуючими сигналами спеціальні команди. Інформація у мікросхемах флеш-пам'яті записується і зберігається в блоках визначеного розміру, іноді – призначення. При цьому стирання інформації здійснюється або для всієї пам'яті разом, або для великих блоків; це спрощує схеми управління. Флеш-пам'ять переважає EEPROM у тому, що не вимагає спеціальної апаратури для записування чи стирання даних.

Розрізняють такі види флеш-пам'яті:

- файлова флеш-пам'ять (Flash File) – масив ЕП розділений на блоки однакового розміру (симетрична архітектура);
- флеш-пам'ять з несиметричною архітектурою (Boot Block) – масив ЕП розділений на блоки різного розміру; один з блоків має апаратні засоби для захисту інформації в ньому;
- флеш-пам'ять з можливістю стирання тільки всього масиву ЕП (Bulk Erase);
- флеш-пам'ять з можливістю записування інформації за різних напруг програмування (Start Voltage);
- пам'ять з використанням нових ЕП з чотирма станами, які зберігають по два біти (Strata Flash).

Файлова флеш-пам'ять орієнтована на заміну жорстких магнітних дисків. Такі ЗП в сотні разів зменшують споживану потужність, збільшують механічну міцність та надійність, зменшують їхні розміри і масу та на декілька порядків підвищують швидкодію при читанні даних. Мікросхеми, які замінюють магнітні диски, мають ідентичні блоки та розвинені засоби обміну

інформацією. Мікросхеми файлової флеш-пам'яті фірми Intel мають інформаційну ємність 4 – 32 Мбіт, час доступу – 70 – 150 нс. Мікросхеми Boot Block використовують однобайтову або перемикальну одно- чи двобайтову організацію і складаються з декількох блоків різного розміру. Один з блоків має додаткові апаратні засоби захисту від зміни даних; він призначений для зберігання дуже важливою інформації, яка не змінюється при модифікації даних в інших блоках. Мікросхеми Boot Block призначені для зберігання компонентів системного програмного забезпечення. Привілейований блок містить програму-завантажувач, яка записує з диска необхідні дані для ініціалізації пристроїв комп'ютера. Мікросхема Boot Block типу 28F00BX/N, яка часто застосовується для зберігання програм базової системи введення-виведення (BIOS) в ПЕОМ, має час доступу 75–150 нс, гарантується 105 циклів стирання – програмування. Мікросхема 28F00BX містить: основний блок об'ємом 112 Кбайт; два блоки параметрів ємністю по 4 Кбайт кожний; блок-завантажувач об'ємом 4 Кбайт, стирання і програмування якого можливе тільки за особливих умов. Основний блок і блоки параметрів захисту – рівноправні. Виділення невеликих блоків параметрів дозволяє зберігати в них інформацію, яка часто змінюється. Мікросхеми Bulk Erase мають однобайтову організацію ємністю 32–256 Кбайт, час доступу 65–200 нс і являють собою єдиний масив, який стирається відразу.

У флеш пам'яті типу NOR кожна комірка схожа на стандартний MOSFET (оксидний напівпровідниковий польовий транзистор), але у ній є не один затвор, а два. Як і будь-який інший польовий транзистор, вони мають контрольний затвор (КЗ), а, окрім нього, ще й інший — плаваючий (ПЗ), замкнений всередині оксидного шару. ПЗ розташований між КЗ і підкладкою. Оскільки ПЗ відокремлений власним заізольованим шаром оксиду, будь-які електрони, що попадають на нього, відразу потрапляють в пастку, що дозволяє зберігати інформацію. Захоплені плаваючим затвором електрони змінюють (практично компенсують) електричне поле контрольного затвору, що змінює порогову напругу (V_p) затвору. Коли з комірки «зчитують» інформацію, до КЗ прикладають певну напругу, в залежності від якої в каналі транзистора протікатиме або не протікатиме електричний струм. Ця напруга залежить від V_p комірки, яка в свою чергу контролюється числом захоплених плаваючим затвором електронів. Величина порогової напруги зчитується і перекодовується в одиницю чи нуль. Якщо плаваючий затвор може мати кілька зарядових станів, то зчитування відбувається за допомогою вимірювання сили струму в

каналі транзистора. Для запису інформації в комірку NOR необхідно зарядити плаваючий затвор. Цього досягають, пропускаючи через канал транзистора сильний струм, при якому виникають гарячі електрони, що мають достатню енергію для подолання оксидного шару. Для очищення плаваючого затвору від електронів (стирання інформації) до контрольного затвору прикладають значну напругу, яка створює сильне електричне поле. Захоплені плаваючим затвором електрони висмоктуються цим полем, тунелюючи через оксидний шар.

Флеш пам'ять зберігає інформацію в масиві «комірок», кожна з яких традиційно зберігає по одному біту інформації. Кожна комірка - це транзистор із плаваючим затвором. Новіші пристрої (інколи їх ще називають багатозарядними пристроями) можуть містити більше, ніж 1 біт в комірці, використовуючи два чи більше рівні електричних зарядів, розташованих при плаваючому затворі комірки.

У приладах з однотипною напругою (теоретично всі чіпи, які доступні нам на сьогоднішній день) ця висока напруга створюється генератором підкачки заряду. Більшість сучасних компонентів NOR пам'яті розділені на чисті сегменти, які часто називають блоками чи секторами. Всі комірки пам'яті в блоці повинні бути очищені одночасно. На жаль, метод NOR може в загальному випадку обробляти лише одну частину інформації типу byte чи word. NAND пам'ять використовує тунельну інжекцію для запису і тунельний випуск для вилучення. NAND'ова флеш пам'ять формує ядро легкого USB інтерфейсу запам'ятовуючих приладів, які також відомі як USB флешки. Тоді, коли розробники збільшують густину флеш приладів, індивідуальні комірки діляться і кількість електронів в будь-якій комірці стає дуже малою. Парування між суміжними плаваючими затворами може змінити характеристики запису комірки. Нові реалізації, такі як заряджені пастки флеш пам'яті, намагаються забезпечити кращу ізоляцію між суміжними комірками.

Флеш пам'ять — це тип пам'яті, яка може на довготривалий час зберігати певну інформацію на своїй платі, зовсім не використовуючи живлення. В додаток можна сказати, що флеш пам'ять пропонує високу швидкість доступу до інформації (хоча вона не настільки висока як у DRAM) і кращий опір до кінетичного шоку, ніж у вінчестерах. Ці характеристики пояснюють популярність флеш пам'яті для приладів, що залежать від батарейок. Іншою приманкою флеш пам'яті є те, що коли вона скомпресована в суцільну «карту пам'яті», стає майже неможливо зруйнувати її стандартними фізичними методами, що дає змогу витримувати високий тиск і кип'ячу воду[1].

Історія Флеш пам'ять (обидва типи — NOR та NAND) була винайдена доктором Фуджіо Масуока, коли він працював на компанію Toshiba у 1984 р. Якщо вірити Toshiba, назва «Флеш» прийшла на думку колезі доктора Масуока — містеру Шої Аріїзумі, оскільки процеси видалення вмісту пам'яті нагадували йому спалах фотокамери (англ. flash). Доктор Масуока репрезентував винахід у 1984 році на зустрічі про Міжнародні Електронні Прилади (IEDM), яка відбулася в місті Сан Хосе, Каліфорнія. Intel побачив високий потенціал цього винаходу і випустив перший комерційний чіп NOR флеш пам'яті у 1998 році.

Пам'ять, що базується на NOR, має довготривалі цикли запису-видалення інформації, проте повноцінний адресний/інформаційний інтерфейс, який дає довільний доступ до будь-якої локації. Це робить його ідеальним для збереження програмного коду, який не потрібно часто оновлювати. Прикладом є комп'ютерний BIOS або програмне забезпечення різноманітних приладів. Цей інтерфейс витримує від 10000 до 1,000000 циклів видалення інформації. Даний тип пам'яті став базою найперших переносних медіа; Compact Flash з самого початку базувався на ньому, хоча потім перейшов на дешевший варіант — NAND пам'ять. NAND флеш пам'ять, яку Toshiba представила на ISSCC у 1989 році, стала наступною. У ній швидше проходять цикли видалення-запису, вона має більшу внутрішню мережу, меншу ціну, і в 10 раз міцніша за свого попередника. Проте її інтерфейс вводу/виводу надає лише послідовний доступ до інформації. Саме тому її можна використовувати для пристроїв запису масової інформації, таких, як PC карточки, різні карти пам'яті і, в дещо меншій мірі, для комп'ютерної пам'яті. Перша картка, що базувалась на форматі NAND була SmartMedia, а після неї з'явилися: MMC, Secure Digital, Memory Stick та xD-Picture карти пам'яті. Нове покоління цих форматів стає реальністю з RS-MMC, мікро та miniSD варіанти Secure Digital і нова USB-карта пам'яті Intelligent Stick. Нові формати поставляються в значно зменшених розмірах, зазвичай менше, ніж 4 см .

Одним із обмежень флеш-пам'яті є те, що хоча вона і може читати чи запрограмувати одиницю інформації типу байт чи слово за один відрізок часу у вибіркового методі доступу, вона також повинна очистити «блок» за той самий час. Стандартно всі біти при такій операції в блоці замінюються на 1. Діючи вже із чистим блоком будь-яке місце в межах блоку може бути запрограмоване. Проте, як тільки біт стане рівним 0, лише видалення всього блоку змусить його повернутись назад в положення 1. Іншими словами, флеш пам'ять (особливо флеш NOR) пропонує вибіркового метод читання і програмування операцій, Але

не може дозволити вибірковий метод перезапису чи видалення. Хоча місце в пам'яті може бути переписаним до того часу, поки нові значення нульових бітів є надмножиною перезаписаних значень. Наприклад, число, яке складається з чотирьох байтів може бути очищене до 1111, тоді записане як 1110. Успішне звернення до цього числа може змінити його на 1010, тоді на 0010, і нарешті на 0000. Хоча структура інформації у флеш пам'яті не може бути оновлена кардинально простими шляхами, вона дозволяє «видаляти» її члени, позначаючи їх невірними. Ця техніка повинна бути дещо вдосконалена для багаторівневих приладів, де одна комірка пам'яті тримає більш, ніж 1 біт. Якщо порівнювати з вінчестером, іншим обмеженням є той факт, що флеш пам'ять має скінченну кількість циклів запису-видалення (більшість комерційно доступних флеш продуктів гарантують витримати 1 мільйон програмних циклів), тому це потрібно мати на увазі при переміщенні програмок, розрахованих для вінчестера (наприклад операційні системи) на такі носії флеш пам'яті, як CompactFlash. Цей ефект — часткове зміщення деякими драйверами до файлової системи, які обраховують записи і динамічні переміщення блоків, щоб розтягнути операції запису між секторами, або які обраховують підтвердження запису і переміщення, щоб розтягнути сектори у випадку невдалого запису. Ціна флеш пам'яті залишається значно вищою ніж відповідна ціна вінчестера, і це (якщо ще це можна докинути зверху до скінченної кількості циклів запису-видалення, про які ми згадували раніше) утримує флеш пам'ять від того, щоб стати основною заміною вінчестерів на нормальних настільних комп'ютерах чи ноутбуках.

Доступ на низькому рівні має наступні особливості. Низькорівневий доступ до фізичної флеш пам'яті драйвером даного приладу відрізняється від його отримання для звичних типів пам'яті. У випадках, коли звична RAM пам'ять просто буде відповідати на заклики читання та запису інформації і повертати результат цих операцій в ту ж мить, там флеш пам'ять потребує додаткових роздумів, особливо коли використовується програмна пам'ять на кшталт ROM'a. Коли зчитування даних може бути здійснена на індивідуальних адресах пам'яті NOR (але не NAND), операції розблокування (яка робить дії запису і видалення доступними), видалення і запису виконуються зовсім інакшим способом на всіх флеш пам'ятях. Типовий розмір блоку буде 64, 128 або 256 Кб. Одна група, яка носить назву ONFI (відкрита група щодо вдосконалення NAND інтерфейсу), направлена на розробку стандартизованого низькорівневого NAND флеш інтерфейсу, який зробить доступним можливість

взаємодії між NAND приладами від різних вендорів. Мета цієї групи включає розробку стандартизованого інтерфейсу на рівні чіпи (схема розподілу виходів) для NAND пам'яті, стандартний набір команд і механізм самоідентифікації.

Режим читання NOR пам'ятей подібний до читання зі звичайної пам'яті, забезпечені адреси та шина даних вірно прив'язані, тому пам'яті типу NOR виглядають майже так само як і будь-яка залежна від адреси пам'ять. Флеш пам'ять NOR може бути використана як пам'ять типу XIP (execute-in-place), а це означає що вона веде себе як ROM пам'ять, прив'язуючись до конкретних адрес. Флеш пам'ять NOR немає впорядкування внутрішніх поганих блоків, тому коли флеш блок втрачає свою внутрішню структуру, тоді або програма, яка використовує його, повинна вчинити деякі дії, або прилад зупиняє роботу. Розблоковуючи, видаляючи чи записуючи на NOR пам'ять спеціальні команди записуються на першу сторінку прив'язаної пам'яті. Ці команди визначають Загальний Стандартний інтерфейс (CFI), заснований Intel'ом, і флеш область представить список всіх доступних команд фізичного драйвера. Крім використання в ролі ROM'а, NOR пам'яті можуть бути розділені файловою системою і тоді використовуватись у будь-якому приладі. Проте файлові системи NOR зазвичай дуже повільні при записі, якщо порівнювати із файловими системами, які побудовані на NAND пам'яті.

NAND флеш пам'яті не можуть забезпечити принцип «миттєвий запис» (XIP) через інші конструкційні принципи. Доступ до цієї пам'яті може бути здійснений методом блокових розташувань, таким як у вінчестерах. Розмір блоків зазвичай має 512 або 2048 байт. В кожному блоці зарезервовано деяку кількість байт (зазвичай від 12 до 16), які зберігають різноманітні помилки і контрольну суму блоку. Прилади типу NAND зазвичай залежать від програмної обробки блоків. Це означає, що коли зчитують логічний блок, він прив'язується до фізичного блоку, і що коли прилад має деяку кількість блоків, встановлених за своїми межами, вони встановлюються зі зміщенням, компенсуючи втрату поганих блоків і зберігають первинну і вторинну таблицю прив'язки. Методи виправлення помилок та визначення контрольної суми зазвичай виявляють помилку, де один біт інформації в блоці невірний. Коли це трапляється, блок позначається як поганий в таблиці логічного розміщення, і його вміст (ще непошкоджений) копіюється у новий блок, а таблиця логічного розміщення знову змінюється. Якщо у пам'яті пошкоджено більше, ніж один блок, тоді вміст блоку практично втрачений, тобто стає неможливим відновити оригінальний вміст. Деякі прилади можуть навіть постачатись в комплекті з

вже запрограмованою таблицею поганих блоків від виробника, оскільки деколи просто неможливо виробити безпомилкові пам'яті типу NAND. Перший, вільний від помилок фізичний блок (блок № 0) завжди гарантує свою читабельність і не може бути пошкодженим. З цього випливає, що всі життєво важливі вказівники для розподілення пам'яті і впорядкування поганих блоків приладу повинні бути розміщені всередині цього блоку (зазвичай вказівник на погані таблиці блоків, і т.д.). Якщо прилад використовується, щоб завантажувати ОС, цей блок повинен містити Таблицю завантаження (Master Boot Record). Коли запускати програмне забезпечення з пам'ятей NAND, використовується наступна стратегія віртуальної пам'яті: вмісти пам'яті спочатку нумерується, або просто копіюється в розподілену пам'ять RAM, а тоді вже звідти виконується. Через цей фактор деякі системи будуть використовувати комбінації пам'ятей NOR та NAND, де менша NOR пам'ять використовуватиметься як програмний ROM, а більша NAND пам'ять розбивається на розділи файловою системою, щоб зберігати різну інформацію.

Стандартні частини флеш пам'яті (індивідуальні внутрішні компоненти, або «чіпи») дуже сильно відрізняються в об'ємі інформації, від кілобітів до гігабітів кожна. Чіпи часто з'єднують в один вузол, щоб досягнути вищих місткостей. Місткість флеш чіпів дотримується закону Мура, оскільки вони розроблені тими самими процесами, що використовуються й для вироблення інших інтегрованих циклів. Проте в даній технології були також стрибки поза законом Мура через різні інновації. У 2005 році Toshiba та SanDisk розробили флеш чіп типу NAND, який міг містити 8 гібібітів інформації, використовуючи технологію MLC (багаторівневі комірки), яка зберігала 2 біти інформації в одній комірці. У вересні 2005 року компанія Samsung Electronics анонсувала, що вона розробила перший у світі 16 гібібітний чіп. У березні 2006 року Samsung анонсує флеш вінчестери з місткістю у 32 гібібайти, по суті з таким самим розміром, як і в найменших вінчестерах ноутбуків. А у вересні 2006 року, Samsung анонсувала результат виготовлення 32 гібібітних чіпів, розміром в 40 нм. Відповідно вдосконалюються технології виготовлення флеш пам'яті.

Флеш пам'ять доступна у декількох швидкостях. Деякі визначають швидкість приблизно в 2Мб/с, 12 Мб/с, і т.д. Проте інші карточки просто мають рейтинг 100х, 130х, 200х, і т.д. Для таких карток за 1х беруть швидкість 150 Кб/с. Це була швидкість, якою могли передавати інформацію перші CD прилади, і її запозичили флеш картки пам'яті. Хоча коли порівнювати 100х

карточку до карточки, яка передає зі швидкістю в 12 Мб/с використовують наступні перетворення: $150\text{КБ} \times 100 = 15000 \text{ Кб/с}$

Пошкодження інформації та її відновлення. Найбільшою поширеною помилкою втрати інформації картки флеш пам'яті є те, що її витягують із пристрою, коли інформація ще записується. Ситуація погіршується, якщо використовувати несумісні файлові системи, що не розроблені для приладів, які виймаються, або якщо існує асинхронізація (коли інформація ще стоїть в черзі на запис, а в той момент відключають пристрій). В деяких випадках можливо відновити інформацію флеш пам'яті. Евристичний метод та метод Грубого втручання є прикладами відновлення, які можуть повернути загальну інформацію, збережену на карті флеш пам'яті.

Висновок. Напівпровідникові ЗЗП стали перспективними периферійними пристроями. Недоліком є дещо завищена вартість. Однак масове застосування ЗЗП цього класу веде до постійного зменшення вартості.

Питання для самоперевірки:

1. Які основні технічні характеристики зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв?
2. Які загальні особливості магнітних зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв?
3. Які загальні особливості оптичних зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв?
4. Які загальні особливості напівпровідникових зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв?

3.3. Принципи побудови, основи використання драйверів пристроїв введення текстової та графічної інформації.

Пристрої введення текстової інформації призначенні для формування кодів про текстові чи графічні документи і передачі цих кодів в ядро комп'ютера.

Текстові та графічні документи переважно різняться способом кодування інформації. Текстова інформація - це сукупність кодів символів, яка формується за попередньо встановленими правилами. Графічна інформація – це сукупність кодів про графічні об'єкти, яка формується або матричним представленням документа або із використанням графічних мов високого рівня.

Основним елементом набору текстового документу є символи.

Символи діляться на дві групи :

- графічні
- керування

Графічні символи діляться на підгрупи :

- цифри (0-9 на основі яких кодується цифрова інформація);
- букви (визначаються алфавітом, алфавітів є багато). Розрізняються великі і малі букви;
- псевдографічні символи (;%:?! і так далі).

Символи керування використовують в системах обміну інформації і призначні для формування різних режимів функціонування систем передачі інформації.

В комп'ютерній техніці всі символи кодуються двійковим кодом, для чого використовується спеціальна таблиця кодувань. Найбільш поширеною є 7-розрядна таблиця кодувань, яка забезпечує кодування 128 символів, та 8-розрядна таблиця кодів (256 символів).

Найбільш широкоживана є 8-розрядна таблиця кодування ASCII. Ця таблиця кодування орієнтована на використання латинського (англійського) алфавіту. Для кодування текстів з використанням інших алфавітів, в тому числі Кирилиці, часто використовують модифікації цієї таблиці. Недоліками такого підходу є обмежена кількість кодованих символів (256) та несумісність програмних продуктів, виготовлених на основі різних таблиць кодування. Збільшення кількості кодованих символів забезпечує 16-розрядна уніфікована таблиця кодування, однак вона є несумісною із 8-розрядними таблицями кодування.

Периферійні пристрої введення текстової інформації прийнято розрізняти на пристрої ручного введення та пристрій автоматизованого введення.

Сучасні пристрої введення дуже різноманітні. Існує безліч технологій від дотикових до голосових. Хоча вони працюють за різними принципами, але призначаються для реалізації одного завдання - дозволити користувачеві зв'язатися з комп'ютером. Головним пристроєм ручного введення у більшості комп'ютерних систем є клавіатура. Клавіатури в тому чи іншому вигляді швидше за все так і залишаться головним пристроєм введення, навіть незважаючи на розвиток технологій введення мови. Найпоширенішими представниками пристроїв автоматизованого введення є сканери.

Клавіатура забезпечує введення текстової інформації в ручному режимі, а також інтерактивну взаємодію користувача з комп'ютером. Введення символу забезпечує натиск клавіш, кожна з яких має хоча б одне функціональне призначення. Клавіатура досить складний електронно-механічний пристрій, який включає матрицю клавіш, вузол опитування, вузол читання інформації з клавіш і кодування їх в код символу, схему керування, інтерфейсний вузол і невеликі елементи індикації.

Майже вся клавіатура працює на принципі, що при натисканні клавіші, електронно з'єднуються дві ніби умовні координати матриці клавіш x та y . Електронне замикання координат може реалізовуватися за різними принципами. Матриця клавіш постійно циклічно опитується імпульсними електричними сигналами, які послідовно опитують провідники матриці координати x . При замиканні будь-якої з клавіш у вузлі перетворення координат x та y відбувається електричне з'єднання та імпульсний сигнал в певний момент часу з'являється на одному лінійному провіднику координати y . Ця перевірка визначення клавіш триває декілька разів (до 16 разів) для надійності встановлення натиснутої клавіші, для блокування спрацювання клавіатури від завад або помилки спрацювання вузла керування. Потім формується код символу. Через інтерфейсний вузол з використанням послідовного інтерфейсу клавіатури код символу поступає в ядро клавіатури.

Першим типом клавіатур стала клавіатура для перших IBM PC і PC XT. Ця розробка залишалася стандартом IBM до випуску моделі PC AT. Вона мала 93 клавіші. Два ряди функціональних клавіш розташовувалися вертикально, ліворуч від головної алфавітно-цифрової клавіатури. Клавіші керування курсором були об'єднані з окремими цифровими клавішами. Клавіша введення була малою. Не була передбачена ніяка індикація положення клавіш заголовного регістра, блокування службової інформації й блокування перегляду. Головна критика прийшлася на розташування периферійних клавіш.

Функціональна клавіатура, розташована під ліву руку, не відповідала ключам для перегляду екранних сторінок, як це було тоді прийнято. Відсутність індикаторів породила велику кількість помилок при введенні цифр або рухів курсора, а також великі букви часто помилково вводилися як рядкові.

Після декількох років критики IBM розробила і представила нову клавіатуру разом із новою моделлю комп'ютера АТ. Її клавіатура була обладнана спеціальною клавішею, призначеною для багатофункціонального використання. Клавіша введення стала більшою. Також забезпечувалася необхідна індикація. Але насправді зміни були більш суттєві. На відміну від клавіатури РС клавіатура АТ була програмованою. Їй було виділено ряд команд. Ці команди можуть надходити з центрального блока. Один цей факт зробив нову клавіатуру несумісною з РС і ХТ. Хоча і використовувалися ті самі роз'єми, клавіатура РС/ХТ не могла працювати при її підключенні до ХТ і навпаки. Разом із виробництвом модернізованих АТ IBM почала випускати новий тип клавіатури, названий IBM поліпшеною клавіатурою. Але всі інші називають її розширеною клавіатурою. Хоча ця клавіатура електрично цілком сумісна зі своєю попередницею (залишаючись несумісною з РС і ХТ), розташування клавіш на ній було знову змінене. Удосконалення виявилось в збільшенні кількості клавіш, коли їхня загальна кількість досягла 101, що відповідає стандарту США.

У міжнародних моделях додається ще одна клавіша. Додаткових ключів було кілька. Клавіші керування курсором були продубльовані, і вони були виділені в окрему групу. З'явилися дві нові функціональні клавіші — F11 і F12. Усі функціональні клавіші перемістилися на верхній ряд клавіатури, трохи відокремившись від алфавітно-цифрової зони. Клавіша Caps Lock зайняла стару позицію клавіші Ctrl. Таке розташування функціональної клавіатури пропонувалося користувачами відразу ж після появи перших АТ. Воно відповідало позиціям ключів на екрані. Але найбільш завзяті прихильники такого планування клавіатури незабаром переконалися в тому, що старий варіант є зручнішим, особливо коли необхідно набрати комбінацію функціональних ключів із Ctrl або Alt. Раніше можна було це зробити одною рукою, зараз необхідні дві. Однак нове розташування ключів виявилось незручним при роботі. Менша клавіша введення в новій конструкції частіше пропускалася при швидкій роботі. От і виходило, що нова клавіатура більше підходила для дилетантів, ніж для професійних друкарок, а критикували стару

клавіатуру переважно професіонали, хоча були й такі, що просили розташувати букви за абеткою.

Модель IBM PS/2 використовувала універсальну поліпшену клавіатуру IBM або клавіатуру зменшених розмірів, спеціально розроблену для дрібної моделі. Єдина відмінність удосконалених клавіатур PS/2 і XT/AT — це роз'єм кабелю. PS/2 використовує простий мініатюрний DIN-роз'єм замість стандартного DIN-роз'єму клавіатури PC/XT/AT. Цей кабель можна легко замінити для коректного підключення до іншої комп'ютерної системи.

Виробники сумісних PC ішли в ногу з IBM і адаптували свою клавіатуру до розширених стандартів. Деякі виробники, зважаючи на критику щодо розташування клавіш на клавіатурі IBM, спробували внести свої зміни в цей пристрій. Одне істотне поліпшення було зроблене рядом виробників сумісних комп'ютерів — вони встановили у днище клавіатури перемикач сумісності. Два положення цього перемикача дозволяють вибрати електричні параметри з'єднання при підключенні до PC/XT або AT. Отже, така клавіатура може використовуватися у двох типах систем.

Матриця клавіш є визначальним вузлом клавіатури. Вона визначає насамперед вартість клавіатури, а також тактильність (дотикальне відчуття). Для механічних клавіатур можливий вибір із кліком або без нього. Клік означає чітке відчуття натискання клавіші (супроводжуване звуком), що багатьом подобається. Тактильні параметри: твердість клавіш і довжина ходу. Тверда клавіатура не дає можливості швидко й легко набирати текст. Занадто м'яка, навпаки, наставить зайвих символів при випадковому легкому дотику. Форм-фактор визначальних клавіш (обидві Shift, Backspace і Enter). Коли клавіші мають зручну форму й розташування, то робота полегшується. Є 2 розкладки кирилиці, які за зручністю суттєво не відрізняються.

Клавіатури характеризуються ергономічністю. Вони менше стомлюють користувача, хоча займають більше місця і коштують дорожче.

Наявність підставки для рук знижує стомлюваність і поліпшує зовнішній вигляд.

В окремих випадках використовуються групи додаткових клавіш. Це можуть бути інтернетні, мультимедійні й інші групи клавіш. Прискорюють роботу, дозволяючи менше переключатися на мишу і назад. Розташування клавіш вимикання має бути таким, щоб випадково їх не зачепити.

Важливою характеристикою є інтерфейс клавіатури. Він пов'язаний з розвитком системних плат. Переважно це інтерфейс послідовного способу

передачі даних. Якщо зупинятися на USB, то далі можна вибирати, чи буде клавіатура служити USB хабом.

Існує 3 основні типи механізму клавіш: мембранний, напівмеханічний і механічний (із кліком або без нього). Цей параметр значною мірою визначає ціну моделі. Мембранні клавіатури зазвичай дешевші, ніж механічні, у кілька разів. Назва утворилася від того, що при натисканні клавіші замикаються дві мембрани. Повернення клавіші здійснюється гумовим куполом (із «шахтою» у центрі) Мембрани зазвичай виглядають як диски на пластиковій плівці, виконаній друкованим способом. Для відокремлення мембран використовується проміжна плівка з отворами. Через те що мембрани знаходяться на внутрішньому боці плівок, то конструкція добре захищена, наприклад від пролитої кави. У більш захищеній реалізації все виглядає як єдиний гумовий килимок із виступаючими куполами, розташованими під клавішами. Плюсами мембранного типу клавіш є захищеність, низький шум і низька ціна. Недолік цього типу - недовговічність.

У напівмеханічних клавіатурах використовуються більш довговічні й такі, що не протираються, металеві контакти. Усе це розміщається на друкованій платі. Клавіша повертається у початковий стан гумовим куполом.

У механічних клавіатурах клавіша повертається пружиною. Мінуси такого механізму відсутність герметичності й висока ціна. Наприклад, очищення від пролитої кави займе чимало часу. Правда, є моделі із захистом, але вони ще дорожчі. Плюсом є довговічність і надійність, особливо коли контакти позолочені.

Довговічність, тобто кількість натискань, при якій забезпечується надійний контакт, для мембранних клавіатур складає 10-40 млн, у механічних (напівмеханічних) — 50 млн і навіть 100 млн для позолочених контактів. Однак для звичайного користувача 20 млн при звичайній роботі вистачить на 10 років і більше. За цей час змінюється мінімум два покоління клавіатур.

Розкладка (тобто розташування букв на клавішах) Кирилиці буває двох типів: Windows — розпізнається за розташуванням букви Е в лівому верхньому куті й машинописна — розпізнається за розташуванням букви Е в правому нижньому куті. Машинописна розкладка, відповідно до назви, повторює клавіші друкарської машинки. Windows-розкладка з'явилася в ОС Windows. У порівнянні з машинописною в неї були внесені невеликі, але дуже ефективні удосконалення. Наприклад, дуже рідко використовувана буква Е була перенесена в далекий кут, а на її місце помістили клавішу з часто

використовуваними крапкою й комою. У машинописній розкладці вони винесені на верхній ряд і вводяться через верхній регістр. Дивним є те, що зручнішу розкладку розробила закордонна компанія. Деякі виробники наносять тільки кириличну розкладку, деякі наносять обидві, надаючи користувачеві можливість вибору. У кирилиці зустрічається 2 кольори (букви знаходяться в правому нижньому кутку клавіш): червоний (у більшості виробників) і темний. У другому випадку кирилиця плутається з латиницею навіть тоді, коли остання нанесена світлим подвійним контуром.

Протягом довгого часу клавіатури мали стандартні 101 клавішу і, здавалося, навіки набули закінченого вигляду. Однак розвиток ОС Windows вплинув на клавіатури. Почали з'являтися цілими групами нові клавіші й кнопки (останні мають менший розмір і дозволяють заощадити місце, коли їх додається багато). Зауважимо, що, крім розглянутих нижче кнопок із певним призначенням, ще можуть бути програмовані кнопки, функції яких задаються користувачем.

Група Windows-клавіш з'явилася першою (після виходу Windows 95). У групі 3 клавіші, що розміщаються між Alt і Ctrl. Windows Logo Key розміщені з обох боків, а Windows Application Key — тільки з одного. Таким чином, усього стало 104 клавіші. Windows-клавіші незабаром стали стандартними. У назвах таких клавіатур указують Win, Win95, 104 клавіші.

Часом застосовуються клавіші сну, клавіші й кнопки для Інтернету, мультимедійні кнопки.

Клавіатури бувають проводові й безпроводові (wireless, cordless т.д.). Останні, як видно з назви, не вимагають кабельного підключення (точніше, можуть працювати і так, і так). Вони використовуються рідко, тому що мають високу ціну. Для роботи їм потрібні батарейки, до того ж їхній розмір більший через розміщення в них блока приймача.

Коли говорять про інтерфейс, мають на увазі проводові клавіатури

Використовуються такі інтерфейси:

— AT, він же DIN. Використовується для системних плат із живленням AT. Являє собою товстий круглий роз'єм — 5-контактний DfN. Найчастіше на таких клавіатурах пишуть AT, рідше DIN, а іноді взагалі нічого не пишуть (що й означає M, тому що PS/2 завжди пишеться).

— PS/2. Використовується для системних плат із живленням XT. Являє собою тонкий круглий роз'єм - 6-контактний mini DIN. Такий самий використовується для PS/2 миші і, щоб їх не переплутати, у специфікації PC'99

для цих штекерів передбачене різнокольорове забарвлення: фіолетове для клавіатури і зелене - для миші.

— USB. Може використовуватися з усіма більш-менш новими системними платами, тому що в останніх є USB-порти й підтримка в BIOS. Роз'єм — плоскої прямокутної форми.

Сьогодні інтерфейси AT і PS/2 однаково представлені, тобто та сама модель доступна з обома інтерфейсами. Через те, що порти AT і PS/2 цілком сумісні, то існують перехідники в обох напрямках, що дозволяють підключати клавіатуру до порту іншого типу. Слід вибирати не твердий короткий перехідник, а з гнучким кабелем.

USB-інтерфейс є більш сучасним і надає більше можливостей, тим більше, що відповідно до специфікації PC'2001 не повинні підтримуватися порти, які працюють через шину ISA: COM, LPT, PS/2. Усіх їх замінять USB. До того ж USB-порт має більшу пропускну здатність, ніж зазначені порти старих типів, і дозволяє чіпляти шлейфом інші пристрої, наприклад, підключити до клавіатури мишу.

.Пристрої автоматизованого введення інформації забезпечують формування кодів про текстовий документ і передавання їх в ядро комп'ютера з мінімальною участю оператора . Переважна більшість таких пристроїв будується за принципом порядкового послідовного читання текстового документа із подальшим формуванням кодів символів .Цей принцип отримав назву сканування документа. Автоматичне читання текстового документа реалізується в більшості випадків за допомогою пристроїв сканерів . Автоматизоване введення текстової інформації умовно поділяється на 3 етапи :

- читання текстового документа;
- попереднє опрацювання отриманої інформації;
- формування кодів символів і передавання їх в ядро комп'ютера

Перший етап базується на особливостях текстових документів відбивати світло з різною інтенсивністю від контурів зображення символів та від загального фону носія текстової інформації .Документ послідовно з невеликим кроком освітлюється і сприймає відбите світло від документа. Відбите світло опрацюється оптичною системою , подається на фотоеlementи і на виході формуються електричні сигнали , величина яких суттєво відрізняється від місць, де є контури символів і від загального фону документа . Кожна опрацьована пікселя кодується (логічними 0 чи 1) , прив'язується до умовної

координатної сітки , і на цьому завершується перший етап . Це фактично і є процес сканування текстового документа .

Попереднє опрацювання отриманої інформації реалізовується за спеціальними алгоритмами на основі топологічних та геометричних описів символів. В результаті формується опис кожного прочитаного символу.

Формування кодів символів виконується з використанням наперед записаної в пам'ять пристрою інформації про еталонні описи символів .За спеціальними алгоритмами відбувається порівняння отриманого попереднього опису символу з еталонним описом символу. При забезпеченні заданої міри співпадання між попередньо прочитаним символом і еталонним описом символа приймається рішення щодо прочитаного символа і формується код . Через топографічні недоліки в тексті , через можливі завади в оптичній системі та перетворювачах сигналів , через неідеальність алгоритмів попереднього опису символів можуть виникати різні ситуації на етапі розпізнавання символів. Оптимальний випадок, коли попередній опис символа співпадає з еталонним описом, і це є правильне рішення .Однак можуть виникати і помилкові розпізнавання. Може бути випадок, коли попередньо описаний символ з деякою мірою точності відповідає двом еталонам символів , у такому випадку пристрій відмовляється від розпізнавання і замість прочитаного символу формується наперед встановлений символ. Помилкове розпізнавання , відмова розпізнавання – це імовірнісні характеристики пристроїв автоматизованого введення , які в першу чергу залежать від якості текстового документа та алгоритмів опрацювання інформації. Для визначення надійнісних показників пристрою введення, вони визначаються на текстових документах нормальної якості. За такими документами встановлюють відсоток помилкових розпізнавань до загальної кількості введених символів..

Реалізація процесу автоматизованого введення може бути за такою схемою:

- автономний пристрій , який реалізує усі три етапи .При чому другий і третій етапи реалізовані на спеціальних процесорних пристроях , які функціонують у відповідності з записаним у ці пристрої програмним забезпеченням . Такі пристрої досить складні і дорогі;

- базується на використанні ресурсів універсальних комп'ютерів (ПК) , а перший етап реалізований на відносно простих пристроях - сканерах. Безпосереднє сканування може відбуватися послідовно. В деяких пристроях

читання інформації може реалізовуватися матрицею світлоприймачів, що забезпечують більш швидку роботу.

На теперішній час серійно випускається велика кількість сканерів. Серед них можна виділити ручні, барабанні, планшетні. У користувачів персональних комп'ютерів популярністю користуються планшетні сканери. Планшетні сканери вельми універсальні. Вони нагадують верхню частину копіювального апарату: оригінал – або паперовий документ, або плоский предмет – кладуть на спеціальне скло, під яким переміщається каретка з оптикою і аналого-цифровим перетворювачем (проте існують «планшетники», в яких переміщається скло з оригіналом, а оптика і АПЦ залишаються нерухомими чим досягається вища якість сканування). Зазвичай планшетний сканер прочитує оригінал, освітлюючи його знизу, з позиції перетворювача. Щоб сканувати чітке зображення з плівки або діапозитива, потрібно забезпечувати підсвічування оригіналів з тильної сторони. Для цього і служить слайдова приставка, що є лампою, яка переміщається синхронно з скануючою кареткою і має певну колірну температуру.

До основних технічних характеристик сканерів відносять оптичний і інтерпольований дозвіл, глибину кольору, динамічний діапазон (діапазон щільності).

Оптичний дозвіл - вимірюється в крапках на дюйм (dots per inch, dpi). Характеристика, що показує, чим більший дозвіл, тим більше інформації про оригінал може бути введене в комп'ютер і піддане подальшій обробці.

Часто приводиться така характеристика, як “інтерпольоване дозвіл” (інтерполяційний дозвіл). Цінність цього показника сумнівна — це умовний дозвіл, до якого програма сканера “береться долічити” бракуючі крапки. Цей параметр не має ніякого відношення до механізму сканера і, якщо інтерполяція все ж таки потрібна, то робити це краще після сканування за допомогою хорошого програмного графічного пакету.

Глибина кольору – це характеристика, що позначає кількість кольорів, яку здатний розпізнати сканер. Більшість комп'ютерних застосувань, виключаючи професійні графічні пакети, такі як Photoshop, працюють з 24-бітовим представленням кольору (повна кількість кольорів — 16.77 млн. на піксел). У сканерів ця характеристика, як правило, вище - 30 бітий, і, у найбільш якісних з планшетних сканерів - 36 бітний і більш. Звичайно, може виникнути питання - навіщо сканеру розпізнати більш бітний, чим він може передати в комп'ютер. Проте, не всі отримані біти рівноцінні. У сканерах з ПЗС давачами два верхніх

біта теоретичної глибини кольору зазвичай є “шумовими” і не несуть точної інформації про колір. Найбільш очевидним результатом використання “шумових” бітів є покращення безперервних, гладких переходів між суміжними градаціями яскравості в оцифрованих зображеннях. Відповідно в 36 бітовому сканері “шумові” біти можна зрушити достатньо далеко, і в кінцевому оцифрованому зображенні залишиться більше чистих тонів на канал кольору.

Оптична щільність є характеристика оригіналу, рівна десятковому логарифму відношення світла падаючого на оригінал, до світла відбитого (або що пройшов - для прозорих оригіналів). Мінімальне можливе значення 0.0 D - ідеально білий (прозорий) оригінал. Значення 4.0 D – абсолютно чорний (непрозорий) оригінал. Динамічний діапазон сканера характеризує, який діапазон оптичної щільності оригіналу сканер може розпізнати, не втративши відтінку ні в світлових, ні в тіньових плямках оригіналу. Максимальна оптична щільність у сканера - це оптична щільність оригіналу, яку сканер ще відрізняє від повної темноти. Всі відтінки оригіналу темніше за цю межу сканер не зможе розрізнити. Дана величина дуже добре відокремлює прості офісні сканери, які можуть втратити деталі, як в темних, так і світлих ділянках слайду і тим більше, негативу, від професіональніших моделей. Як правило, для більшості планшетних сканерів дана величина лежить в межах від 1.7D (офісні моделі) до 3.4 D (напівпрофесійні моделі). Більшість паперових оригіналів, будь то фотографія або журнальна вирізка, володіють оптичною щільністю не більш 2.5D. Слайди вимагають для якісного сканування, як правило, динамічний діапазон більше 2.7 D (Зазвичай 3.0 – 3.8). І лише негативи і рентгенівські знімки володіють вищою щільністю (3.3D – 4.0D), і купувати сканер з великим динамічним діапазоном має сенс, якщо ви працюватимете в основному з такими документами.

За типом підключення до комп'ютера можна виділити такі сканери.

Сканери з паралельним або послідовним інтерфейсом, що підключаються до LPT- або COM-порту. Ці інтерфейси найповільніші і поступово зникають із ринку застосування..

Сканери з інтерфейсом USB. Їхня вартість трохи вища за попередні, але працюють значно швидше. Необхідний комп'ютер з USB-портом. Проблеми з установкою зазвичай легко усуваються.

Сканери з SCSI-інтерфейсом та з власною інтерфейсною платою для шини ISA або PCI, або підключаються до стандартного SCSI-контроллера. Ці сканери

швидші і дорожчі за представників двох попередніх категорій і відносяться до вищого класу.

Сканери з інтерфейсом FireWire (IEEE 1394). Спеціально розробленим для роботи з графікою і відео. Такі моделі призначені для професійних працівників.

Останнім часом виробники пропонують немало сканерів з двома інтерфейсами (наприклад, LPT і USB). Така універсальність може бути вельми корисною при використанні сканера на різних комп'ютерах.

Маніпулятор «миша» також можна віднести до периферійних пристроїв ПК. Мишею називається двомірний аналоговий маніпулятор, що підключається до персонального комп'ютера й забезпечує введення інформації..

Історія виникнення миші пов'язана з ім'ям відомого американського вченого Дага Енгельбарта і науково-дослідною лабораторією XeroxPARC, яка проводила дослідження щодо розробки нових інтерфейсів взаємодії людини з комп'ютером. Ці дослідження тривали з кінця 50-х років минулого століття. Прагнучи створити, можливо, першу у світі інтерактивну систему для роботи з текстами і зображеннями, вчені дійшли висновку, що жоден із маніпуляторів, які існували до того часу (світлове перо, джойстик і т. ін.), не відповідає їхнім вимогам. Щоб знайти ідеальний варіант, був виконаний аналіз можливостей маніпуляторів різних типів (у тому числі керованих стопою або коліном) і побудована таблиця властивостей, на зразок періодичної системи елементів. Уже за допомогою цієї таблиці аналітично були виведені необхідні параметри ще не існуючого на той час пристрою. Він і став мишею.

Пристрій дозволяв користувачеві вибирати функції меню, пов'язуючи його переміщення з перебором функцій на екрані. Одна або кілька кнопок, розташованих зверху цього пристрою, дозволяли користувачеві вказати комп'ютеру свій вибір.

Пристрій був досить мініатюрним і легко міг поміститися під долонею з розташуванням кнопок під пальцями. Підключення здійснюється спеціальним кабелем, що надає пристрою подібності з мишею з довгим хвостом. А процес переміщення миші й відповідного перебору функцій меню став позначатися терміном «проведення миші». Миші розрізняються за трьома характеристиками: кількістю кнопок, використовуваною технологією й типом з'єднання пристрою з центральним блоком.

Частково роботи по створенню миші спонсорувалися Національним космічним агентством (NASA). На його замовлення були проведені порівняльні випробування різних пристроїв, і хоча миша продемонструвала абсолютну

перевагу, але — така іронія долі — у силу своєї відомчої специфіки NASA втратило до цього маніпулятора інтерес: адже він не міг працювати в невагомості. Однак миша знайшла попит на землі.

Маніпулятор «миша» — як правило, найдешевший з компонентів комп'ютера, тому і ставлення до нього відповідне: дуже часто майже байдуже («аби була»). У той же час є очевидним, що миша — дуже важливий пристрій у складі ПК, оскільки разом із клавіатурою постійно використовується для введення інформації й управління нею усередині ПК. Отже, зручність миші, її відповідність до завдань користувача має велике значення.

Питання для самоперевірки:

1. Яке основне призначення пристроїв введення текстової інформації?
2. Яке основне призначення пристроїв введення графічної інформації?
3. Які загальні особливості клавіатури?
4. Які загальні особливості сканера?
5. Які загальні особливості таблиць кодування символів?

3.4. Принципи побудови, основи використання драйверів пристроїв виведення текстової та графічної інформації.

3.4.1. Пристрої реєстрації текстової та графічної інформації (друкуючі пристрої) призначені для приймання від ядра компютера сукупності відповідних кодів і формування текстового чи графічного документа на носіїві (переважно на папері).

Малоформатні друкуючі пристрої, що забезпечують виготовлення документів форматів А4, А3 переважно називають принтерами. Великоформатні друкуючі пристрої, що забезпечують виготовлення документів форматів А2, А1, А0, переважно називають плоттерами.

За принципами формування на документах зображень до найбільш поширених відносять ударні, струменеві та лазерні друкуючі пристрої.

Ударні друкуючі пристрої першими застосовані у компютерах. Для формування текстових документів використовувалися електронні друкарські машинки, які забезпечували повнопрофільне ударне формування символу. Кожному символу мав відповідати повнопрофільний ударний кулачок, який під дією електромагніта ударяв через фарбовану стрічку по носіїві і залишав на ньому відбиток символу. Такі пристрої неефективні, не надійні, на них важко реалізувати різні шрифти, мають великий рівень шуму. Після нових досліджень з'являються ударні матричні друкуючі пристрої. У таких пристроях кожен символ формується із сукупності крапок і для формування кожного символу використовується матриця крапок з певної кількості рядків та стовпців. Матриця 5*7 крапок забезпечує формування переважної більшості символів найбільш вживаних алфавітів. Однак якість текстових документів низька. Чим більша кількість крапок, тим краща якість. Матриця 9*9 крапок забезпечує непогану якість документів. Кожна крапка формується на документі від удару мікроциліндра невеликого діаметру. Голка керовано посиляється ударом на носій мікроелектромагнітом і повертається назад за допомогою пружинки, яка є елементом друкуючої головки. Ударні матричні друкувальні пристрої були кроком вперед. Вони відзначалися простотою, були невеликої вартості, вимагали невеликих затрат на розхідні матеріали, але мали суттєві недоліки: ненадійність, великий рівень шуму, якість друку низька.

Матричні принтери відносяться до знакосинтезувальних послідовних ударних пристроїв друкування динамічного типу. Такі принтери отримали досить значне поширення на сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки. Це поширення вони знайшли внаслідок нескладної механічної частини, що

дозволяє використовувати недорогі картриджі з стрічковим фарбником, а також порівняно невеликої потужності споживання, доброго огляду тексту, що друкується, можливості забезпечення друку як символної так і графічної інформації.

Матричні принтери до недавнього часу були поширеними пристроями виведення інформації, оскільки лазерні були дорогими, а струменеві мало надійними. Основною перевагою є низька ціна та універсальність, тобто спроможність друкувати на папері будь-якої якості.

Матричний принтер є механічним пристроєм, а робота механічних вузлів завжди супроводжується шумом.

Основними характеристиками матричних принтерів є такі. Швидкість друку. Вимірюється кількістю знаків, що друкуватимуться за секунду. Одиниця виміру cps (character per second - символів у секунду). Виробники вказують максимальну швидкість друкування у чорновому режимі (однопрохідне друкування). Однак, при виборі принтера слід врахувати, що для режиму підвищеної якості, а також при виводі графічних зображень, ця величина значно менша.

Об'єм внутрішньої пам'яті. Матричні принтери обладнані внутрішньою пам'яттю (буфером), що приймає дані від комп'ютера. У дешевих моделях об'єм буфера складає 4-6 Кбайт. У дорожчих сягає 175 Кбайт. Чим більше пам'яті, тим менше принтер звертається до комп'ютера за певною порцією даних, що дозволяє центральному процесору виконувати інші задачі. Друкування може відбуватись у фоновому режимі.

Роздільна здатність. Вимірюється кількістю точок, що друкуються на одному дюймі. Одиниця виміру dpi (dot per inch - точок на дюйм). Цей показник важливий для друкування графічних зображень.

Колірність друку. Існує декілька моделей кольорових матричних принтерів. Але, якість друкування 24-голчатим принтером із застосуванням різноколірної стрічки набагато гірше ніж якість друкування на струменевому принтері.

Шрифти. В пам'ять багатьох принтерів вбудовано широкий набір шрифтів. Але друкування може відбуватись будь-яким шрифтом True Type, розроблених для операційної системи Windows.

В матричних принтерах символи на носії формуються у вигляді крапок в матриці заданих розмірів. Для друку одного елемента зображення (крапки) використовується ударний механізм типу голки, діаметр якої до 0,2 мм. Цей

механізм управляється, як правило, швидкодіючим електромагнітом. Ударні механізми з швидкодіючими електромагнітами об'єднуються в спеціальну конструкцію малогабаритної друкувальної головки. В склад головки може входити від 7 до 24 голок. Найбільш поширені головки з 9 голками. Управління головкою реалізується за допомогою мікропроцесорного пристрою управління (контролером), який при друкуванні вибирає окремі електромагніти головки, посилаючи на них імпульси живлення в визначені моменти часу. Надходження в електромагніт імпульсу живлення викликає його спрацьовування і удар голки на папері через фарбувальну стрічку. Внаслідок удару на папері зостаються сліди у вигляді крапок, що і формують зображення символів. Головки можуть виконуватись у вигляді матриці, наприклад, для дев'ятиголовкового варіанта матриця може містити 7 колонок по 9 голок кожна.

Матричний принтер конструктивно складається з:

- а) механізмів приводу головки, паперу та фарбувальної стрічки;
- б) блоку керувальної електроніки;
- в) блоку живлення з мережними фільтрами;
- г) корпусу.

Ударні друкуючі пристрої дозволяють друкувати відразу декілька копій документа. Для цього аркуші перекладають копіювальною калькою. Матричні принтери не вимогливі і можуть друкувати на поверхні любого паперу - картках з картону, рулонному папері тощо.

Line-принтер або принтери паралельного друку складається з чотирьох основних вузлів: блоку друкуючих модулів, приводу друкуючих модулів (шатл-механізму), вентиляторів для видалення паперового пилу і керуючої електроніки.

Для послідовних матричних принтерів звичайно можливе використання як форматного, так і рулонного паперу. Голівка принтера може мати 9, 18 або 24 голок. Існують моделі принтерів як із широкою (формат А3), так і з вузькою (формат А4) кареткою. Висока якість друку досягається в режимах NLQ (Near Letter Quality) для 9-голчастих принтерів (майже машинописне) і LQ (Letter Quality) для 24-голчастих принтерів. Як правило, сучасні принтери оснащені резидентними або завантажувальними масштабованими шрифтами.

При ударному кольорового друку палітра і якість відтворених кольорів, як правило, залишають бажати кращого. До того ж з часом кольори стають все більш тьмяними, оскільки стрічка забруднюється в міру її використання. Втім, до переваг подібних пристроїв можна віднести низьку вартість сторінки

зображення, яка зазвичай не перевищує 2-5 центів. До того ж швидкість кольорового друку не відрізняється від монохромного.

Паралельні матричні принтери ударної дії (іmpact-принтери) володіють найкращим співвідношенням ціна / продуктивність, мають посторінкові операційні витрати з експлуатації в 3-5 разів нижче, ніж лазерні принтери, і забезпечують друк на багат шарових бланках або на носії великої товщини. Крім того, іmpact-принтери вкрай невибагливі, а кращі моделі можуть працювати цілодобово. Швидкість роботи звичайного матричного ударного принтера (serial-принтера), в якому використовується друкуюча головка з керованими голками, що рухається уздовж всього рядка, невелика і збільшити її не представляється можливим через перегрів голок, великого шуму і значної вібрації апарату, а також внаслідок обмеження швидкості руху каретки. Завдання швидкісного друку вирішується просто - обробляється вся рядок відразу. Пристрої, засновані на принципі рядкової друку, складають клас line-принтерів (принтерів паралельного друку).

Попри те, що технології матричної друку часто сприймаються як застарілі, матричні принтери знаходять застосування там, де потрібний факт незворотної деформації носія для запобігання підробки документа шляхом внесення змін (фінансова сфера), або недорогий масовий друк на багат шарових бланках (наприклад, на авіаквитках), або під копірку, а також у випадках, коли потрібний висновок значної кількості суто текстової інформації без пред'явлення особливих вимог до якості одержуваного документа (друк етикеток, ярликів, даних з систем управління і вимірювання); додаткова економія при цьому досягається за рахунок використання дешевого фальцьованого або рулонного паперу. Ще однією перевагою матричної друку є високий ресурс як самого принтера (8 млн. рядків) так і друкованої головки (30 млн. символів).

Основними недоліками матричних принтерів є:

- монохромність (можливість кольорового друку, як правило, обмежена чотирма кольорами);
- низька швидкість друку в графічному режимі;
- високий рівень шуму, який досягає 25 дБ.

Струменеві друкуючі пристрої мають достатньо широке застосування. Ці пристрої формують контури зображення символів за допомогою невеликих капелек фарби, які керовано посилаються з друкуючої головки на носій

вздовж контурів зображення символів і після висихання фарби формується документ. Є різні способи керованого формування капельок фарби.

Найбільш ранньою технологією, що зробила струминний друк доступним і порівняно дешевим, була технологія «сухого чорнила» — «dry ink jet». Під впливом високої температури частинки твердого барвника (найчастіше це був графіт) розплавлялися і під тиском наносилися на папір. Цей метод дотепер застосовується в калькуляторах і деяких типах принтерів. На сьогодні, однак, з'явився цікавий варіант цього методу, що одержав назву «сублімаційний друк».

Другий різновид струминного друку — «спарк» - технологія — в цілому аналогічна до попередньої, але використовує рідке чорнило.

Основними сучасними технологіями струминного друку є п'єзоелектрична і «бульбашкова» технології.

Перша з них, як видно з назви, використовує явище п'єзоелектрики для нанесення чорнила на папір (плівку). Це дозволяє дуже точно позиціонувати частинки барвника, однак вимагає складного й дорогого пристрою друку (картриджа).

«Бульбашкова» технологія полягає в нанесенні барвника шляхом виштовхування частинок чорнила з резервуара за допомогою бульбашки газу, що утворюється усередині картриджа в результаті різкого локального підвищення температури й тиску.

Вибір саме цієї технології можна цілком пояснити навіть з позицій звичайного користувача. Технологія bubble ink jet дозволяє реалізувати друкувальний вузол пристрою у вигляді дешевого знімного картриджа, вона досить толерантна до якості використовуваного чорнила (хоча, зрозуміло, завжди краще використовувати фірмове чорнило, або чорнило, рекомендоване виробником картриджа). І головне — «бульбашкова» технологія має те, що у світі апаратного забезпечення іменується масштабованістю. Інакше кажучи, збільшення роздільної здатності друку, скажімо, удвічі, для технології bubble ink jet є проблема технологічна, але не принципова.

Якість струминного друку залежить від трьох основних факторів: якості друкувального вузла (роздільна здатність), якості чорнила (передача напівтонів і кольору), типу використовуваного носія (він безпосередньо пов'язаний з попереднім фактором — наскільки добре це чорнило поєднується з певним типом паперу або плівки).

Безсумнівно, перший із зазначених факторів впливає на якість друку загалом. Однак він же викликає найбільші технологічні труднощі при реалізації

і впливає на кінцеву вартість виробу (на жаль, не в менший бік). При цьому вдалий вибір чорнила, емуляції високої роздільної здатності, а також конструкція картриджа, що зводить до мінімуму ефект «розтікання» чорнила на папері, дозволяють досягти результатів, які не дуже відрізняються від тих, котрі отримують при використанні дорожчого принтера з вищою роздільною здатністю.

Сьогодні в усьому світі струминеві друкуючі пристрої вийшли на одне із провідних місць за обсягами продажу. Принтери практично безшумні, із легкістю здійснюють кольоровий друк. Отримані за допомогою струминних принтерів друківані копії мають високу роздільну здатність фотографічної якості. Струминний принтер є бюджетним варіантом для звичайного користувача.

Лазерний принтер (англ. *laser printer*) — один з видів принтерів, що дозволяє швидко виготовляти високоякісні відбитки тексту і графіки на звичайному папері. Подібно до фотокопіювальних апаратів лазерні принтери використовують у процесі ксерографічного друку, однак відмінність полягає у тому, що формування зображення відбувається шляхом безпосередньої експозиції (освітлення) лазерним променем фоточутливих елементів принтера.

Принцип дії лазерного принтера полягає у наступному: на алюмінієву трубку (фотобарабан), покриту світлочутливим шаром, наноситься негативний статичний заряд. Після цього промінь лазера проходить по фотобарабану, і у тому місці, де потрібно щось надрукувати, знімає частину заряду. Після чого на фотобарабан наноситься тонер (це сухе чорнило, що складаються із суміші смол, полімерів, металевої стружки, вугільного пилу та іншої хімії), який також має негативний заряд, і тому прилипає до барабана у тих місцях, де пройшов лазер і зняв заряд. Далі барабан прокочується по паперу (що має позитивний заряд) і залишає на ньому весь тонер, після чого папір потрапляє у нагрівальний вузол, де під впливом високої температури тонер міцно припікається до паперу.

Для друку кольорового зображення всі кольори на барабан наносяться по черзі, або друк відбувається у 4 проходи (для друку чорного, блакитного, пурпурного і жовтого кольорів). Подібний метод друку використовується в копіювальних апаратах і деяких факсах. Схожа система використовується і в світлодіодних принтерах, однак у них замість лазера використовується нерухомий рядок зі світлодіодами — LED-технологія друку (Light Emitting Diode).

Особливості функціонування лазерних пристроїв у наступному. Одним із основних вузлів є фото-вал — циліндр з покриттям з світлочутливого напівпровідника (матеріалу, здатного змінювати свій електричний опір при освітленні). У деяких системах замість фотоциліндра використовувався фоторемінь — еластична закільцьована смуга з фотошаром.

Зарядка фотовала (фотобарабана) — нанесення рівномірного електричного заряду на поверхню обертового фотобарабана. Найпоширенішим матеріалом для фотобарабана слугує фотоорганіка — вимагає використання від'ємного заряду, проте є матеріали (наприклад, кремній), що дозволяють використовувати додатній заряд.

Спочатку зарядка здійснювалася з допомогою скоротрона (англ. *scorotron*) — натягнутого дроту, на який подається напруга відносно фотобарабана. Між дротом і фотобарабаном зазвичай поміщається металева сітка, яка служить для вирівнювання електричного поля.

Пізніше стали застосовувати заряджання за допомогою зарядного валика (англ. *Charge Roller*). Така система дозволила зменшити напругу і знизити проблему виділення озону при коронному розряді (перетворення молекул O_2 в O_3 під дією високої напруги), що призводило до проблеми прямого механічного контакту і зносу частин, а також очищення від забруднень.

Лазерне сканування (засвічування) — процес проходження негативно зарядженої поверхні фотовалу під лазерним променем. Промінь лазера відхиляється обертовим дзеркалом і, проходячи через розподільну лінзу, фокусується на фотовал. Лазер активізується тільки у тих місцях, на які з магнітного вала (магнітного барабану) надалі повинен буде потрапити тонер. Під дією лазера ділянки фоточутливої поверхні фотовалу, які були засвічені лазером, стають електропровідними, і частина заряду на цих ділянках «стікає» на металеву основу фотовалу. Тим самим на поверхні фотовал створюється електростатичне зображення майбутнього відбитка у вигляді «малюнка» з ділянок з негативнішим зарядом, ніж загальний фон.

Негативно заряджений ролик при подачі тонера надає тонеру негативний заряд і подає його на ролик проявлення. Тонер, що знаходиться у бункері, притягається до поверхні магнітного валу під дією магніту, з якого виготовлена серцевина валу. Під час обертання магнітного вала тонер, що знаходиться на його поверхні, проходить через вузьку щілину, утворену між дозуючим лезом і магнітним валом. Після цього тонер входить у контакт з фотовалом і притягується на нього у тих місцях, де зберігся негативний заряд. Дуже

поширена помилка, що тонер притягається саме до місць відсутності заряду на фотовалі. Однак, тонер, будучи діелектриком, електризується у дипольно-заряджені частинки, які притягуються до будь-яких заряджених поверонь незалежно від знаку заряду останніх. Тонер не зможе утриматися на фотовалі у місцях без заряду.

Тим самим електростатичне (невидиме) зображення перетвориться у видиме (проявляється). Притягнутий до фотовалу тонер рухається на ньому далі, поки не торкається паперу.

У місці контакту фотовалу з папером (під папером) знаходиться ще один ролик, який називають роликот перенесення (коронатор). На нього подається позитивний заряд, який він передає паперу, з яким контактує. Часточки тонера, доторкаючись до позитивно зарядженого паперу, переносяться на нього і утримуються на поверхні за рахунок електростатики.

Якщо у цей момент подивитися на папір, на ньому буде сформовано повністю готове зображення, яке можна легко зруйнувати, провівши по ньому пальцем. Зображення складається з притягнутого до паперу порошку тонера, який нічим іншим, крім електростатики, на папері не утримується. Для отримання фінального відбитка зображення необхідно закріпити.

Папір з нанесеним тонерним зображенням рухається далі до вузла закріплення (нагрівача). Закріплюється зображення за рахунок нагріву і тиску. Нагрівач складається з двох валів: Верхнього, всередині якого знаходиться нагрівальний елемент (зазвичай — галогенна лампа), так званий термовал; Нижнього (притискний ролик), який притискає папір до верхнього за рахунок підпірної пружини.

За температурою термовала стежить термодавач (термістор). Нагрівач являє собою два дотичних вали, між якими проходить папір. При нагріванні паперу (180–220 °C) тонер, притягнутий до нього, розплавляється і в рідкому вигляді втискається в текстуру паперу. Вийшовши за межі нагрівача, тонер швидко твердне, що створює постійне зображення, стійке до зовнішніх впливів.

Щоб папір, на який нанесено тонер, не прилипав до термовалу, на ньому є віддільники паперу.

Однак термовал — не єдина реалізація нагрівача. Альтернативою є вузол, в якому використовується термоплівка: спеціальний гнучкий матеріал з нагрівальними елементами у своїй структурі.

Особливості програмних драйверів у наступному. Перші лазерні принтери, що з'явилися в 1984-85 роках, були настільки складні, що розробки

прийнятного програмного забезпечення довелося чекати майже два роки. До цього часу єдиним способом доступу до всієї безлічі технічних можливостей нових принтерів було використання спеціальних команд послідовностей символів, один вид яких викликав страх у недосвідчених користувачів. Перші програми, вирішивши в деякій мірі проблеми роздруківки текстів, не дозволяли користувачу формувати прямі лінії чи прямокутники, наносити тіні чи показувати відтінки, а також використовувати для роздруківки текстів різні гарнітури шрифтів. Тому з'явилося кілька основних стандартів обміну з принтерами і програмні драйвери для роботи в цих стандартах. Дві найбільш значимі мови PCL фірми Hewlett Packard і мова PostScript, розробка фірми Adobe.

Ці стандарти скоріше доповнюють один одного, чим конкурують між собою. Перший відрізняється тим, що працює з певними шрифтами і растровою графікою. Це дозволяє працювати тільки зі шрифтами обмеженого розміру (тому що шрифти великих розмірів вимагають значних обсягів оперативної пам'яті в принтері). Іншою складністю є те, що кожний кегль шрифту повинний розроблятися окремо. Друга мова дозволяє працювати зі шрифтами кеглем від 1 до 999 пунктів, тому що використовуються математичні описи форми букв, конкретне розташування крапок на відбитку розраховується в принтері. Крім того, графічне зображення також описується математично, а принтер оптимальним образом будує результуюче зображення. PostScript залишає простір для якості. Він дозволяє працювати з будь-яким дозволом. Вивідний пристрій завжди прагне повністю використовувати свої можливості. Недоліком є те, що розробка шрифтів є значно більш трудомісткою справою.

Принтери, що розуміють мову PostScript, зазвичай в півтора два рази дорожчі, ніж еквівалентні за продуктивністю принтери типу Laser Jet. Утім, практично всі сучасні принтери можна оснастити PostScript картою.

Лазерні принтери поступово розширюють сферу застосування. Виходячи з цього, при виборі принтера варто орієнтуватися ще і на необхідну швидкість друку, можливості використання шрифтів і роботи з графікою, на зручність використання і комфортність роботи, звичайно на ціну і вартість експлуатації теж. У кожного типу принтерів є свої особливості, що стосуються типів паперу, інтерфейсів, керування і т.д. Але якість і швидкість усе-таки залишаються основними факторами. Найбільш відомими на сьогоднішній день принтерами є принтери фірми Hewlett Packard (як у нашій країні, так і у світі).

Імовірно, популярність принтерів HP привела до того, що багато фірм конкуренти випускають принтери, зовні дуже схожі на вироби Hewlett Packard.

Але це не означає, що вони є копіями. Просто базою усіх цих апаратів є друкуючий механізм (по англійський engine, привід) фірми Canon. Він визначає компонування принтера, його розміри, швидкість друку і дозвіл, тип використовуваних видаткових матеріалів, максимальне поле друку. Але при усій своїй схожості кожний з них має індивідуальні особливості адже всю електронну начинку виготовлювач робить самостійно, він визначає, які шрифти будуть встановлені в принтер і як вони будуть обслуговуватися, які принтери можна буде емулювати. І саме головне, з якою швидкістю принтер буде формувати сторінку.

Метод поліпшеного розширення RET (Resolution Enhancement Technology), застосований фірмою Hewlett Packard, заснований на зміні розміру крапок, що принтер наносить на папір без фактичної зміни роздільної здатності. При цьому за допомогою модуляції лазерного променя в процесі побудови зображення вдається дозовано знімати заряд з барабана. В результаті змінюється розмір ділянки, до якої прилипає тонер. Це дозволяє, наприклад, загострити кути зарубок у букв і уникнути скупчування тонера в місцях перетинання ліній. Похилі лінії також стають більш гладкими. Фірма запевняє, що ефект від використання RET аналогічний підвищенню здатності приблизно в півтора рази.

Більш хитра технологія застосовується фірмою Laser Master. Вона одержала назву TurboRes. Суть її кардинально відрізняється від RET. Основна відмінність - реальне підвищення роздільної здатності принтера.

Горизонтальний дозвіл можна збільшити майже просто, для цього досить з більшою частотою викликати керуючі сигнали на лазер. Це реалізовано в технології TurboRes і інших технологіях багатьох фірм. Кожна крапка при використанні даного методу друку має форму стовпчика, а хитра побудова електроніки принтера дозволяє керувати висотою стовпчика. При цьому вдається реально підвищити дозвіл по вертикалі. На стандартних приводах друку принтери з TurboRes дають дозвіл до 1200 dpi. Можна відзначити, що принтери фірми QMS уже давно друкують 600x600 dpi на стандартних приводах фірми Canon.

Як GDI-принтери, так і пристрої, що використовують мови опису сторінок, виграють від збільшення швидкодії каналу зв'язку між комп'ютером і принтером, а за допомогою існуючих удосконалених паралельних портів можна прискорити пересилання даних. Звичайний паралельний порт типу Centronics забезпечує максимальну швидкість передачі даних від 120 до 200 Кбайт/с. З

появою специфікації удосконаленого паралельного порту (Enhanced Parallel Port - EPP), розробленого в 1991 р., планка піднялася до 500 Кбайт/с. Фірми Microsoft, HP і інші розробили на основі специфікації EPP стандарт порту з розширеними можливостями (Extended Capability Port - ECP), застосування якого робить роботу в багатозадачному середовищі більш плавною. Таке збільшення швидкості передачі даних може істотно зменшити час друку, як для GDI-машин, так і для принтерів, що працюють під керуванням мови PCL, особливо при роздрукуванні насичених графікою сторінок.

Нові специфікації порту стосуються не тільки підвищення швидкості пересилання даних. У традиційному паралельному порту типу Centronics передбачена 8-розрядна шина даних, що зв'язує комп'ютер із принтером, плюс чотири лінії, призначені для передачі сигналів про стан принтера, зокрема інформації про те, що принтер підключений, чи про відсутність папера. Ці лінії були перетворені в 4-розрядний канал даних, через який принтер може передати в комп'ютер свій ідентифікаційний код при запуску Windows, що забезпечує правильний вибір і автоматичне завантаження засобами придатного драйвера.

Багато драйверів принтерів операційних систем Windows забезпечують вичерпні можливості керування конфігурацією. Крім спрощення процедури установки базових параметрів, таких, як дозвіл друкування, характеристики напівтонових зображень, тип папера, багато драйверів мають засоби для виконання досить складних функцій, у тому числі для формування мініатюрних зображень (друку декількох сторінок на одному листі), плакатного друку (зі збільшенням односторінкового образу до розміру декількох аркушів), форматування документів для друку брошур і нанесення спеціальних "водяних знаків" (зображень, що друкуються блідо на кожній сторінці).

Комп'ютерне управління роботою лазерними принтерами дає можливість формувати зображення та друкувати знаки різноманітними шрифтами, різних розмірів та високої якості. Панування лазерних пристроїв на робочих місцях у даний час не підлягає сумніву. За даними фірми експертів, майже дві третини всіх застосовуваних у сфері бізнесу принтерів - лазерні. Причин, що пояснюють популярність лазерних принтерів, багато. У них використовується апробована технологія, що зарекомендувала себе високою надійністю; друкування швидке, безшумне і цілком доступне за ціною, якість у більшості випадків наближається до типографської.

Плоттери використовуються для виведення текстової та графічної інформації на паперовий чи інші носії великих форматів, переважно А1. Плоттери бувають різних типів зокрема: планшетні електромеханічні; струменеві; електростатичні; світлодіодні; лазерні.

Струменеві плоттери є одними із найбільш вживаних. Принцип роботи струменевих плоттерів заключається в керованому попаданні чорнила на папір за допомогою сотень дрібних форсунок друкуючої голівки. Кожній форсунці відповідає окремий мікроскопічний нагрівачий елемент (терморезистор), що миттєво нагрівається під впливом електричного імпульсу. При цьому в форсунці чорнила закипають, Пароподібне чорнило створює пухирець, який виштовхує краплю чорнила з форсунки. Після закінчення дії імпульса струму терморезистор швидко остигає, а пухирець зникає. Відбувається поповнення чорнила у форсунці від напівгерметичного резервуара (чорнильниці). Друкуючі голівки можуть бути також кольоровими і мати відповідні групи форсунок. При створенні зображення використовується кольорова схема СМΥК на основі 4-х кольорів. Відтінки кольорів утворюються змішуванням основних кольорів, при цьому створюються нові кольори, а їх відтінки утворюються шляхом розрідження чи згущення кульковідвідного кольору у фрагменті. Струменеві плоттери мають переваги за рахунок простоти, високої якості, низької потужності споживання, високої швидкості друку, доступної ціни. Струменеві плоттери мають попит у користувачів систем автоматизованого проектування для створення складних креслень великого формату.

Електростатичні плоттери мають принцип роботи на основі схованого електричного зображення (рельєфу потенційного) на поверхні спеціального електростатичного паперу, поверхня якого покрита тонкими шаром діелектрика, а основа просочена солями для забезпечення необхідної вологості і електропровідності. Коли папір проходить через вузол з рідким намагніченим папером, то частки паперу осідають на заряджених ділянках паперу. Якщо потрібно створити повно колірне зображення, то це здійснюється в чотири цикли створення схованого зображення і проходження через 4 вузли з відповідними паперами. Електростатичні плоттери вимагають підтримки стабільної температури і вологості, необхідності ретельного обслуговування. Вартість їх висока і відповідно сфера застосування обмежена.

Лазерні плоттери ґрунтуються на технології використання фізичних процесів внутрішнього фотоефекту у світлочутливих напівпровідникових плівках. Проміжний носій зображення, у темряві заряджається до потенціалу 100 В.

Промінь світла знімає цей заряд, створюючи на плівці електростатичне зображення. Воно притягує намагнічений тонер до плівки. Механічним способом тонер з плівки переноситься на папір. Після цього папір з тонером проходить через нагрівач і частки тонера запікаються, створюючи зображення. Керування переміщенням лазерного променя здійснює складна система обертових, дзеркальних багатогранників чи призм лінз. По цій причині такі плоттери бояться струсів та ударів.

Через ці складності з оптикою виникла можливість створити систему на основі лінійок крапкових напівпровідникових світлодіодів (LED). Світлодіодні плоттери мають високу швидкість і їх зручно використовувати як мережеві пристрої. Дані плоттери можуть працювати на звичайному папері, через це зменшуються їх експлуатаційні витрати. Світлодіодні плоттери набувають широкого застосування завдяки порівнянню невеликій вартості. Лазерні і світлодіодні плоттери найчастіше використовуються в тих аспектах, коли високі вимоги до якості і результативності, але не потрібно кольорового зображення. Найчастіше це є архітектура, технічні розробки, картографія та інше.

3.4.2. Пристрої відображення текстової та графічної інформації призначені для приймання кодів від ядра комп'ютера про текстовий чи графічний документ та відображення відповідного документа на екрані для короткотривалого використання. Ці пристрої умовно можна розділити на 2 частини: **а) екрани** (монітори), на яких безпосередньо формується зображення документа; **б) відеоконтролери** (відеоконтролери, відеокарти), які керують взаємодією між ядром комп'ютера та екраном, отримують коди про документ від ядра комп'ютера, формують інструкції та коди для управління екранами.

Екрани є визначальними для якісного відображення інформації. На теперішній час серійно випускається велика гама екранів. Тривалий час основними були екрани на електро-променевих трубках (ЕПТ).

Екрани на електро-променевих трубках почали використовувати давно, так як ЕПТ широко використовувалось у електро-вимірювальній техніці, телевізорах. ЕПТ – це електронний вакуумний пристрій з вузлами керування, який має екран із спеціального матеріалу (люмінофору), який може світитись під дією зфокусованих електронних променів. Для якісного відображення інформації використовується кольорові ЕПТ, які формують три електронних промені для базових червоного, зеленого, синього кольорів. Екран

умовно розділений на окремі мініатюрні плямки (піксели), що розташовані рядками та стовпцями на площині екрану. Кількість пікселів може бути різною і визначає роздільчу здатність екрану. Кожна піксель складається з 3 сегментів, що відповідають базовим червоному, зеленому, синьому кольорам та на які поступають відповідні електронні промені. Від співвідношення інтенсивності дії цих променів може формуватися широка гамма кольорів, яка у кращому випадку вимірюється мільйонами варіантів. Променеві трубки мають такі основні елементи. Катоди з електричним підігрівом, де формуються потоки променів. Електроди для надання швидкості переміщення електронів у сторону екрану. Електроди для фокусування електронних променів. Високовольтний анод для притягування електронів до екрану. Елементи для переміщення електронних променів до кожного пікселю екрану. Для цього використовується так звана рядкова розгортка монітора, яка послідовно рядками опитує кожен піксель екрану. Після повного проходження електронним променем всіх рядків починається повторне їх проходження. Цією процедурою управляє рядкова розгортка. Рядкова і рядкова розгортки мають частотні характеристики (різні). Рядкова – 30-60 КГц, рядкова – не менше 25 Гц. Чим вища частота розгортки – тим краще сприйняття зображення оком людини. Однак збільшення частоти вимагає більших затрат на формування кодів для підсвітки кожної пікселі. Тому частота рядкової розгортки не може бути занадто великою і лежить в межах 70-100 Гц.

ЕПТ мають певні позитиви та суттєві недоліки. Позитиви: висока технологічність, відпрацьована роками і яка забезпечує простоту виготовлення. Такі монітори дешеві і забезпечують високу якість зображення. Недоліки: вимагають використання високовольтних джерел живлення, велике енергоспоживання, великогабаритні, а найбільш суттєвий – це електро-магнітне випромінювання та електро-статичні поля, які негативно впливають на людське око. Через суттєві недоліки ЕПТ в комп'ютерах не використовуються.

Екрани на рідких кристалах (LCD, Liquid Crystal Display — рідкокристалічні дисплеї) зроблені з речовини (ціанофеніл), що знаходиться в рідкому стані, але при цьому має деякі властивості, притаманні кристалічним тілам. Фактично, це рідини, що характеризуються анізотропією властивостей, пов'язаних з упорядкованістю в орієнтації молекул. В екранах використовують властивість спеціальних органічних сполук змінювати колір відбитого світла чи змінювати інтенсивність пропускання через себе світла у залежності від прикладеної напруги.

Екран LCD-монітора являє собою масив маленьких сегментів (пікселів), якими можна маніпулювати для відображення інформації. Технологічні нововведення дозволили обмежити їхні розміри до маленької точки, відповідно на одній і тій самій площі екрана можна розташувати більшу кількість електродів, що збільшує роздільну здатність LCD-монітора і дозволяє нам відображати навіть складні зображення в кольорі. Для виведення кольорового зображення необхідним є підсвічування монітора ззаду.

З появою електричного поля молекули рідких кристалів частково вибудовуються вертикально уздовж поля, кут повороту площини поляризації світла стає відмінним від 90° і світло безперешкодно проходить через рідкі кристали. Поворот площини поляризації світлового променя непомітний для ока, тому виникла необхідність додати до скляних панелей ще два інші шари, які являють собою поляризаційні фільтри. Ці фільтри пропускають тільки той компонент світлового пучка, у якого вісь поляризації відповідає заданій. Тому при проходженні поляризатора пучок світла буде ослаблений залежно від кута між його площиною поляризації й віссю поляризатора. За відсутності напруги осередок прозорий, тому що перший поляризатор пропускає тільки світло з відповідним вектором поляризації. Завдяки рідким кристалам вектор поляризації світла повертається, і до моменту проходження пучка до другого поляризатора він уже повернутий так, що проходить через другий поляризатор без проблем.

У присутності електричного поля поворот вектора поляризації відбувається на менший кут, тим самим другий поляризатор стає тільки частково прозорим для випромінювання. Якщо різниця потенціалів буде такою, що поворот площини поляризації в рідких кристалах не відбудеться зовсім, то світловий промінь буде повністю поглинений другим поляризатором, і екран здаватиметься чорним (промені підсвічування поглинаються в екрані повністю). Якщо розташувати велику кількість електродів, які створюють різні електричні поля в окремих місцях екрана (осередку), то з'явиться можливість при правильному керуванні потенціалами цих електродів відображати на екрані літери й інші елементи зображення. Електроди розміщуються в прозорому пластику і можуть мати будь-яку форму.

Технологічні нововведення дозволили обмежити їхні розміри величиною маленької точки, відповідно на одній і тій самій площині екрана можна розташувати більшу кількість електродів, що збільшує оптичну роздільну здатність LCD і дозволяє відображати навіть складні зображення в кольорі. Для

виведення кольорового зображення необхідне підсвічування монітора позаду так, щоб світло виходило із задньої частини LCD. Це необхідно для того, щоб можна було спостерігати зображення з доброю якістю, навіть якщо навколишнє середовище не є світлим. Колір утворюється внаслідок використання трьох фільтрів, які виділяють із випромінювання джерела білого світла три основні компоненти. Комбінуючи три основні кольори для кожної точки або пікселя екрана, з'являється можливість відтворити будь-який колір.

STN – це скорочення, що означає Super Twisted Nematic. Технологія STN дозволяє збільшити торсійний кут (кут крутіння) орієнтації кристалів усередині LCD дисплея з 90° до 270° , що забезпечує кращу контрастність зображення зі збільшенням розмірів монітора. Часто STN осередки використовуються в парі. Така конструкція називається DSTN (Double Super Twisted Nematic), у якій один двошаровий DSTN-осередок складається з 2-х STN-осередків, молекули яких під час роботи повертаються в протилежні сторони. Світло, проходячи через таку конструкцію в замкненому стані, втрачає більшу частину своєї енергії. Контрастність і роздільна здатність DSTN досить висока, тому з'явилася можливість виготовити кольоровий дисплей, у якому на кожен піксель доводиться три рідкокристалічних осередки і три оптичні фільтри основних кольорів. Кольорові дисплеї не здатні працювати від відбитого світла, тому лампа заднього підсвічування є їхнім обов'язковим атрибутом. Для зменшення габаритів лампа перебуває з боку, а напроти неї дзеркало, тому більшість LCD у центрі мають яскравість вищу, ніж по краях (це не стосується настільних LCD). Також STN осередки використовуються в режимі TSTN (Triple Super Twisted Nematic), коли два тонких шари полімерної плівки додаються для поліпшення передачі кольору кольорових дисплеїв або для забезпечення доброї якості монохромних моніторів. Термін “пасивна матриця” (passive matrix) з'явився внаслідок поділу монітора на точки, кожна з яких, завдяки електродам, може задавати орієнтацію площини поляризації променю, незалежно від інших, внаслідок цього кожен такий елемент може бути підсвічений індивідуально для створення зображення.

Для поліпшення якості динамічного зображення було запропоновано збільшити кількість керуючих електродів. Тобто вся матриця розбивається на кілька незалежних підматриць (Dual Scan DSTN – два незалежні поля розгорнення зображення), кожна з яких містить меншу кількість пікселів, тому почергове управління ними займає менше часу. Внаслідок цього можна

скоротити час інерції LCD. Також кращих результатів з погляду стабільності, якості, оптичного розділення, гладкості й яскравості зображення можна досягти, використовуючи екрани з активною матрицею. В активній матриці (active matrix) використовуються окремі підсилювальні елементи для кожного осередку екрана, що компенсують вплив ємності осередків і дозволяють значно зменшити час зміни їхньої прозорості. Активна матриця має масу переваг порівняно з пасивною матрицею. Наприклад, кращу яскравість і можливість дивитися на екран навіть з відхиленням до 45° і більше (тобто при куті огляду 120° – 140°) без шкоди якості зображення, що неможливо у випадку з пасивною матрицею, яка дозволяє бачити якісне зображення тільки із фронтальної позиції стосовно екрана. Зауважимо, що дорогі моделі LCD з активною матрицею забезпечують кут огляду в 160° , і є всі підстави припускати, що технологія вдосконалюватиметься й надалі. Активна матриця може відображати зображення, що рухаються, без видимого мерехтіння, тому що час реакції дисплея з активною матрицею близько 50 мс проти 300 мс для пасивної матриці, крім того, контрастність моніторів з активною матрицею вища, ніж у CRT. Слід зазначити, що яскравість окремого елемента екрана залишається незмінною на всьому інтервалі часу між відновленням картинки, а не являє собою короткий імпульс світла, випромінюваний елементом люмінофором CRT відразу після проходження по цьому елементу електронного променя. Саме тому для LCD достатньою є частота вертикального (кадрового) розгорнення, що дорівнює 60 Гц.

Функціональні можливості LCD з активною матрицею майже такі самі, як у дисплеїв з пасивною матрицею. Різниця полягає в матриці електродів, що керує осередками рідких кристалів дисплея. У випадку з пасивною матрицею різні електроди одержують електричний заряд циклічним методом при порядковому відновленні дисплея, а внаслідок розряду ємностей елементів зображення зникає, тому що кристали повертаються до своєї початкової конфігурації. У випадку з активною матрицею до кожного електрода доданий запам'ятовувальний транзистор, що може зберігати цифрову інформацію (двійкові значення 0 або 1), і зображення зберігається доти, поки не надійде інший сигнал. Частково проблема відстрочки загасання зображення в пасивних матрицях вирішується за рахунок використання більшої кількості рідкокристалічних шарів для збільшення пасивності й зменшення переміщень. Тепер, при використанні активних матриць з'явилася можливість скоротити кількість рідкокристалічних шарів. Запам'ятовувальні транзистори мають

вироблятися з прозорих матеріалів, що дозволить світловому променю проходити крізь них, а відтак, транзистори можна розташовувати на тильній частині дисплея, на скляній панелі, що містить рідкі кристали.

З цією метою використовуються пластикові плівки, що називаються Thin Film Transistor (або просто TFT). TFT, тобто тонкоплівковий транзистор – це ті управляючі елементи, за допомогою яких контролюється кожен піксель на екрані. Тонкоплівковий транзистор дійсно дуже тонкий, його товщина 0,1 – 0,01 мікрона. У перших TFT-дисплеях, що з'явилися в 1972 р., використовувався селенід кадмію, що відзначається високою рухливістю електронів і підтримує високу щільність струму, але згодом був здійснений перехід на аморфний кремній (a-Si), а в матрицях з високою роздільною здатністю використовується полікристалічний кремній (p-Si). Технологія створення TFT дуже складна, при цьому є труднощі з досягненням прийнятного відсотка придатних виробів через те, що кількість використаних транзисторів дуже велика. Зазначимо, що монітор, який може відображати зображення з роздільною здатністю 800x600 пікселів у SVGA-режимі та тільки з трьома кольорами, має 1440000 окремих транзисторів. Виробники встановлюють норми на граничну кількість транзисторів, які можуть бути неробочими в LCD.

Кожен піксель являє собою комбінацію трьох кольорових осередків (фільтри червоний, зелений і синій) або субпіксельних елементів. Це означає, наприклад, що в дисплея, який має роздільну здатність 1280x1024, існує 3840x1024 транзистора й субпіксельних елемента. Розмір точки (пікселя) для 15.1" дисплея TFT (1024x768) приблизно дорівнює 0,0188 дюйма (або 0,30 мм), а для 18.1" дисплея TFT – близько 0,011 дюйма (або 0,28 мм). TFT мають ряд переваг перед CRT, серед яких – знижене споживання енергії та тепловіддача, плоский екран і відсутність сліду від об'єктів, що рухаються.

Нинішні параметри моніторів з тонким екраном або TFT-моніторів мають набагато кращі характеристики, ніж звичайні монітори з електронно-променевою трубкою. Рідкокристалічні монітори позбавлені надлишкового ефекту в зображенні, у них відсутній так званий шлейф, як на моніторах старого покоління. Переваги рідкокристалічних моніторів:

- більш економічні;
- не блимають, на відміну від традиційних моніторів;
- більша видима ділянка екрана;
- безпечніші для здоров'я користувача. У них майже відсутнє електромагнітне випромінювання;

- компактніші, невеликі розміри економлять робоче місце на столі;
- естетичний привабливий вигляд.

Недоліки рідкокристалічних моніторів:

- не підходять для усіх видів комп'ютерної роботи, зокрема, якщо важлива точність передачі кольору;
- обмежена роздільна здатність екрана;
- тональність настройки і відображення кольорів нижча, ніж у звичайних моніторах з електронно-променевою трубкою.

Екрани смартфонів (iphone) будуються на найновіших технологічних досягненнях та забезпечують високі техніко-економічні характеристики. При цьому вони постійно розвиваються і удосконалюються. Так, сучасні матриці відрізняються високою якістю зображення, яке було недоступне ще 5-10 років тому. Яскравим прикладом сучасних досягнень в технології екранів є дисплеї РЕТІНА. Вони відрізняються високою щільністю пікселів, завдяки чому людина бачить бездоганну картинку. Тому доцільно детальніше розглянути особливості таких екранів.

Вперше поняття «Retina» було використано компанією Apple на презентації нового смартфона під назвою iPhone 4. Винахідник в світі сучасних технологій Стів Джобс на презентації свого нового творіння приділив досить багато уваги новій технології матриці. Однак багато хто задається цілком логічним питанням, - чи не є «Retina» звичайним маркетинговим ходом? Чи справді це нове відкриття, яким може пишатися виробник «яблучної» продукції?

Відповідаючи на питання, що таке РК РЕТІНА дисплей, в першу чергу варто відзначити, що саме слово «Retina» в перекладі з англійської означає «сітківка». Таку назву технологія отримала неспроста. Справа в тому, що на сьогоднішній день назва Retina display використовується в загальних описах звичайних рідкокристалічних матриць, які мають підвищену щільність пікселів на квадратний дюйм, і використовуються в пристроях Apple. Іншими словами, відповідаючи на питання, що таке РК екран РЕТІНА, можна з повною впевненістю сказати, що це звичайні РК екрани, зроблені за технологією IPS, мають високу щільність пікселів від 220 ppi і вище. Існує також і неофіційна назва даної технології - Super Fine TFT (SFT). У наш час подібні матриці використовуються на всіх сучасних смартфонах, планшетах, макбуках та іншій продукції від компанії Apple.

Варто відзначити, що завдяки високій щільності пікселів точки на екрані неможливо побачити неозброєним оком, що веде до того, що зображення максимально наблизилося до картинок на сторінках глянцевого журналу за якістю і сприйняттям.

Основною особливістю дисплеїв RETINA є те, що це звичайна IPS матриця. Єдина відмінність полягає в підвищеній щільності пікселів. Відповідно, пристрій таких матриць абсолютно ідентичний пристрою IPS. Можна сказати, що дисплей RETINA - це свого роду підвид матриці IPS. Особливої уваги гідний той факт, що групі вчених, що працюють в компанії Apple, вдалося розділити пікселі і субпікселі, завдяки чому з'явилася можливість істотно зменшити відстань між ними. Це і є головна особливість даної технології.

Екран RETINA має ряд позитивів, серед яких особливої уваги гідна якість зображення. Дана технологія побудови матриць дозволяє істотно зменшити відстань між пікселями. Завдяки цьому зображення на дисплеї Retina має такий вигляд, що людське око просто не здатне розрізнити сітку або будь-які точки. Картинка здається максимально реалістичною.

Екран Retina заснований на IPS матриці і на сьогоднішній день такі дисплеї мають найкращі кути оглядів. При цьому швидкість відгуку не поступається іншим сучасним матрицям. Крім цього, до переваг належить високий рівень контрастності, показник якої дорівнює 900: 1. При цьому варто розуміти, що досягти таких показників змогли лише деякі види кращих дисплеїв, таких як Super AMOLED і останні типи IPS матриць, одним з яких є Retina.

Сучасні матриці RETINA володіють високою роздільною здатністю, яке перевищує Full HD (1920x1080). Крім цього, вони відрізняються чудовою передачею кольору, що робить картинку максимально реалістичною. Розробникам вдалося максимально наблизитися до того, щоб створити екран, який найбільш оптимально сприймається органами зору людини. Це означає, що зображення, що відображається такими матрицями, найбільш легко і приємно сприймається очима.

Екрани Retina також мають свої недоліки. Функція автоматичної настройки яскравості, яка є на будь-якому сучасному пристрої, не завжди працює бездоганно. У деяких випадках доводиться встановлювати рівень яскравості вручну. Однак це загальна проблема екрану, операційної системи пристрою, а також давачів освітлення. Ще один недолік полягає в тому, що такі

дисплеї мають досить сильне споживання енергії, яке перевершило навіть матрицю Amoled. Однак для компенсації цього недоліку виробник оснащує пристрої Apple більш ємними і потужними батареями.

Відеоадаптер (або відеоконтролер, відеокарта) – це периферійний пристрій практично кожного комп'ютера, який або інтегрується в системну плату, або реалізовується через самостійного компоненту – плату розширення. Головна функція, виконувана відеоадаптером, це перетворення отриманої від центрального процесора інформації і команд у формат, який сприймається електронікою монітора, для створення зображення на екрані. Монітор зазвичай є невід'ємною частиною будь-якої системи, за допомогою якого користувач одержує візуальну інформацію.

Відеоадаптер використовується для реалізації взаємодії між ядром комп'ютера та монітором. Для полегшення організації взаємодії вже на ранніх стадіях використовувалися стандарти щодо основних правил та алгоритмів взаємодії між відеоадаптером і монітором. Ці стандарти постійно знаходяться в розвитку, починаючи від монохромних адаптерів і закінчуючи кольоровими графічними відеоадаптерами. За структурою відеоадаптер складається з таких вузлів: вузел узгодження із системною магістраллю комп'ютера, спеціалізований процесор, відеопам'ять і вузол узгодження з монітором. Так як спосіб відображення інформації на екрані базується на піксельній технології, то основна задача відеоадаптера – формування кодів для засвічення пікселя. Якщо врахувати, що сучасний монітор є кольоровим, то на кожний піксель необхідно 3 інформаційних слова, розрядність якого визначається кількістю градацій кольору. Якщо взяти розрядність кожного інформаційного слова у 8 розрядів (байт) та на кожен піксель використовувати 3 слова, що визначить загальну довжину управляючого коду для одного пікселя у 24 розряди. Перемноживши кількість пікселей в одному кадрі і взявши середню частоту зміни кадру 70 Гц, можна порахувати загальну продуктивність спеціалізованого процесора відеоадаптера. Для забезпечення необхідної продуктивності відеоадаптера використовуються спеціальні сигнальні процесора, а також швидкодіюча пам'ять, спеціальні високопродуктивні внутрішні інтерфейси, двовходова пам'ять та інші схемотехнічні та структурні рішення. В сучасних відеоадаптерах можуть бути включені додаткові вузли щодо відображення телевізійної інформації, що розширює сферу застосування комп'ютерів.

Відеоадаптер включає відеопам'ять, в якій зберігається зображення, що відображається в даний момент на екрані дисплея, постійний пристрій, що запам'ятовує, в якому записані набори шрифтів, що відображаються відеоадаптером в текстових і графічних режимах, а також функції BIOS для роботи з відеоадаптером. Крім того, відеоадаптер містить складний пристрій, що забезпечує обмін даними з комп'ютером, формування зображення і деякі інші дії.

Відеоадаптери можуть працювати в різних текстових і графічних режимах, що розрізняються дозволом, кількістю кольорів, що відображаються і деякими іншими характеристиками.

Відеоадаптер призначений для зберігання відеоінформації і її відображення на екрані монітора. Він безпосередньо управляє монітором, а також процесом виведення інформації на екран за допомогою зміни сигналів рядкової і кадрової розгортки монітора, яскравості елементів зображення і параметрів змішення кольорів. Основними вузлами сучасного відеоадаптера є власне відеоконтроллер (спеціалізований мікропроцесор), відео BIOS, відеопам'ять, спеціальний цифроаналоговий перетворювач ЦАП (DAC - Digital to Analog Converter), кварцовий генератор (один або декілька) і мікросхеми інтерфейсу з системною шиною AGP або іншою. Важливим елементом відеопідсистеми є власна пам'ять. Для цієї мети використовується пам'ять відеоадаптера, яка часто також називається відеопам'яттю, або фрейм-буфером, або ж частина оперативної пам'яті ПК (у архітектурі з пам'яттю UMA, що розділяється).

Всі сучасні відео підсистеми можуть працювати в одному з двох основних відеорежимів: текстовому або графічному. У текстовому режимі екран монітора розбивається на окремі символні позиції, в кожній з яких одночасно може виводитися тільки один символ. Для перетворення кодів символів, що зберігаються у відеопам'яті адаптера, в точкові зображення на екрані служить так званий знакогенератор, який зазвичай є ПЗП, де зберігаються зображення символів, «розкладені» у рядках. При отриманні коду символу знакогенератор формує на своєму виході відповідний двійковий код, який потім перетворюється у відеосигнал. Текстовий режим в сучасних операційних системах використовується лише на етапі початкового завантаження комп'ютера.

В процесі розвитку ПК змінювалися стандарти на відеоадаптери. Серед найбільш вживаних можна відзначити наступні.

MDA (Monochrome Display Adapter - монохромний адаптер дисплея) - найпростіший відеоадаптер, що застосовувався в перших IBM PC. Працює в текстовому режимі з роздільною здатністю 80x25 (720x350, матриця символу - 9x14), підтримує п'ять атрибутів тексту: звичайний, яскравий, інверсний, підкреслений і миготливий. Частота рядкової розгортки - 15 КГц. Інтерфейс із монітором --цифровий: сигнали синхронізації, основний відеосигнал, додатковий сигнал яскравості.

HGC (Hercules Graphics Card - графічна карта Hercules) - розширення MDA з графічним режимом 720x348, розроблене фірмою Hercules.

CGA (Color Graphics Adapter - кольоровий графічний адаптер) – перший адаптер з графічними можливостями. Працює або в текстовому режимі з дозволами 40x25 і 80x25 (матриця символу - 8x8), або в графічному з дозволами 320x200 або 640x200. У текстових режимах є 256 атрибутів символу - 16 кольорів символу і 16 кольорів фону (або 8 кольорів фону і атрибут миготіння), в графічних режимах є чотири палітри по чотири кольору кожна в режимі 320x200, режим 640x200 - монохромний. Виведення інформації на екран вимагав синхронізації з розгорткою, в іншому випадку виникали конфлікти з відеопам'яттю, що проявляються у вигляді "снігу" на екрані. Частота рядкової розгортки - 15 КГц. Інтерфейс із монітором - цифровий: сигнали синхронізації, основний відеосигнал (три канали кольорів- червоний, зелений, синій), додатковий сигнал яскравості.

EGA (Enhanced Graphics Adapter - поліпшений графічний адаптер) -- подальший розвиток CGA, застосований в перших PC AT. Додано дозвіл 640x350, що в текстових режимах дає формат 80x25 при матриці символу 8x14 і 80x43 - при матриці 8x8. Кількість кольорів, що одночасно відображаються - 16, однак палітра розширена до 64 кольорів (по два розряди яскравості на кожен колір). Введено проміжний буфер для передачі на монітор потоку даних, завдяки чому відпала необхідність у синхронізації при виведеннях в текстових режимах. Структура відеопам'яті зроблена на основі так званих бітових площин - "шарів", кожен з яких у графічному режимі містить біти тільки свого кольору, а в текстових режимах по площинах розділяються власне текст і дані знакогенератора. Сумісний з MDA та CGA. Частоти рядкової розгортки - 15 і 18 КГц. Інтерфейс з монітором - цифровий: сигнали синхронізації, відеосигнал (по дві лінії на кожен з основних кольорів).

MCGA (Multicolor Graphics Adapter - багатобарвний графічний адаптер) -- введений фірмою IBM в ранніх моделях PS/2. Додано дозвіл 640x400 (текст),

що дає формат 80x25 при матриці символу 8x16 і 80x50 – при матриці 8x8. Кількість відтворюваних кольорів збільшено до 262144 (64 рівні на кожний з основних кольорів). Крім палітри, введено поняття таблиці кольорів, через яку виконується перетворення 64-кольорового простору кольорів EGA в простір кольорів MCGA. Введено також відеорежим 320x200x256, у якому замість бітових площин використовується подання екрану безперервної областю пам'яті об'ємом 64000 байт, де кожен байт описує колір відповідної йому точки екрану. Сумісний з CGA для всіх режимам, а з EGA - із текстовим, за винятком розміру матриці символу. Частота рядкової розгортки - 31 КГц, для емуляції режимів CGA використовується так зване подвійне сканування - дублювання кожного рядка формату Nx200 в режимі Nx400. Інтерфейс з монітором - аналогово-цифровий: цифрові сигнали синхронізації, аналогові сигнали основних кольорів, що передаються монітору без дискретизації.

VGA (Video Graphics Array - масив візуальної графіки)- розширення MCGA, сумісний з EGA, введений фірмою IBM в середніх моделях PS/2. Фактична стандарт відеоадаптера з кінця 80-х років. Долучено текстовий режим 720x400 для емуляції MDA і графічний режим 640x480 з доступом через бітові площини. У режимі 640x480 використовується так звана квадратна точка (співвідношення кількості пікселів по горизонталі і вертикалі збігається із стандартним співвідношенням сторін екрана - 4:3). Сумісний з MDA, CGA і EGA, інтерфейс з монітором ідентичний MCGA.

IBM XGA - наступний спеціалізований адаптер IBM. розширено колірний простір (режим 640x480x64k), доданий текстовий режим 132x25 (1056x400). Інтерфейс із монітором аналогічний VGA/MCGA.

SVGA (Super VGA - покращений VGA) - розширення VGA з додаванням більше високих дозволів і додаткового сервісу. Відеорежими додаються з ряду 800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x1024, 1600x1200 - всі зі співвідношенням 4:3. Кольоровий простір розширено до 65536 (High Color) або 16.7 млн. (True Color). Також додаються розширені текстові режими формату 132x25, 132x43, 132x50. З додаткового сервісу додана підтримка VBE.

Типовий склад відеоадаптера має чотири основні елементи: відеопам'ять, контролер, ЦАП і ПЗП.

Відеопам'ять характеризується об'ємом і типом. Що стосується об'єму, то це не менше два мегабайт. Причому об'єм необхідної пам'яті безпосередньо пов'язаний з дозволом, з яким планується працювати, і глибиною представлення кольору.

Дозвіл - це кількість пікселів, представлена бітами у відеопам'яті, або дозвіл, що адресується. Відеопам'ять може організовуватися співвідношенням пікселів по осі x (пікселів на рядку) до пікселів по осі y (на стовпці) і до розміру пам'яті, що відводиться на представлення глибини кольору. Стандартна відеопам'ять VGA 640 пікселів на 480 пікселів і, зазвичай з глибиною представлення кольору 8 біт. Чим вище дозвіл, тим більш детальне зображення, і тим більше потрібно зберігати про нього інформації. Але не вся інформація, що зберігається, може бути відображена на дисплеї.

Зображення на екрані складається з сотень тисяч пікселів, об'єднаних для формування зображення. Піксель є мінімальним сегментом растрового рядка, який дискретно управляється системою, що формує зображення. З іншого боку, це координата, що використовується для визначення горизонтальної просторової позиції пікселя в межах зображення. Пікселі на моніторі - це точки яскравого фону, що світяться, є мінімальним елементом цифрового зображення. Розмір пікселя не може бути менше крапки, яку монітор може утворити. На кольоровому моніторі крапки складаються з груп тріад. Тріади формуються трьома різними сегментами: червоним, зеленим і синім. Сегменти розташовуються уздовж сторін один до одного. Пікселі можуть відрізнятися розмірами і формою залежно від монітора і графічного режиму. Кількість крапок на екрані визначаються фізичним співвідношенням ширини до висоти екрана. Що стосується типу відеопам'яті, то рекомендується використовувати відеоадаптери з SGRAM, VRAM, WRAM або MDRAM.

Перш ніж стати зображенням на моніторі, двійкові цифрові дані обробляються центральним процесором, потім через шину даних прямують у відеоадаптер, де вони обробляються і перетворюються в аналогові дані і вже після цього прямують в монітор і формують зображення. Спочатку дані в цифровому вигляді з шини потрапляють у відеопроцесор, де вони починають оброблятися. Після цього оброблені цифрові дані прямують у відеопам'ять, де створюється образ зображення, яке повинне бути виведене на дисплеї. Потім, все ще в цифровому форматі, дані, створюючи образ, передаються в RAMDAC, де вони конвертуються в аналоговий вигляд, після чого передаються в монітор, на якому виводиться необхідне зображення.

Таким чином, майже на всьому шляху проходження цифрових даних над ними проводяться різні операції перетворення, стиснення і зберігання. Оптимізуючи ці операції, можна добитися підвищення продуктивності всієї

відеопідсистеми. Лише останній відрізок шляху, від RAMDAC до монітора, коли дані мають аналоговий вигляд, не можна оптимізувати.

Розглянемо докладніше етапи проходження даних від центрального процесора системи до монітора. Швидкість обміну даними між CPU і графічним процесором безпосередньо залежить від частоти, на якій працює шина, через яку передаються дані. Робоча частота шини залежить від чіпсета материнської плати. Для відеоадаптерів оптимальними за швидкістю є шина PCI та AGP. Чим вище робоча частота шини, тим швидше дані від центрального процесора системи дійдуть до графічного процесора відеоадаптера. Ключовий момент, що впливає на продуктивність відеопідсистеми, незалежно від специфічних функцій різних графічних процесорів - це передача цифрових даних, оброблених графічним процесором, у відеопам'ять, а звідти в RAMDAC. Найвужче місце будь-якої відеокарти - це відеопам'ять, яка безперервно обслуговує два головні пристрої відеоадаптера: графічний процесор і RAMDAC, які постійно переобтяжені роботою. У будь-який момент, коли на екрані монітора відбуваються зміни (іноді вони відбуваються в безперервному режимі, наприклад, рух покажчика миші, мигання курсора в редакторів і т.д.), графічний процесор звертається до відеопам'яті. В той же час, RAMDAC повинен безперервно читати дані з відеопам'яті, щоб зображення не пропадало з екрану монітора. Тому, щоб збільшити продуктивність відеопам'яті, виробники застосовують різні технічні рішення. Наприклад, використовують різні типи пам'яті з покращуваними властивостями і просунутими можливостями, наприклад, VRAM, WRAM, MDRAM, SGRAM, або збільшують ширину шини даних, по якій графічний процесор або RAMDAC обмінюються інформацією з відеопам'яттю, використовуючи 32-розрядну, 64-розрядну або 128-розрядну відеошину.

Один з варіантів - використовувати двохпортову відеопам'ять. Тобто графічний процесор здійснює читання з відеопам'яті або запис в неї через один порт, а RAMDAC здійснює читання даних з відеопам'яті, використовуючи другий незалежний порт. В результаті графічному процесору більше не треба чекати, поки RAMDAC завершить свої операції з відеопам'яттю, і навпаки, RAMDAC більше не потрібно чекати, поки графічний процесор не завершить свою роботу з відеопам'яттю. Іншим методом для збільшення продуктивності є збільшення розрядності шини, через яку графічний процесор і RAMDAC обмінюються даними з відеопам'яттю. Та найпоширенішим на сьогоднішній день методом оптимізації роботи відеоадаптерів є застосування підвищеної

тактової частоти, на якій працює графічний процесор, відеопам'ять і RAMDAC, що дозволяє збільшити швидкість обміну інформацією між компонентами плати.

Графічні акселератори (прискорювачі) — спеціалізовані графічні співпроцесори, що збільшують ефективність відеосистеми. Їх застосування звільняє центральний процесор від великого обсягу операцій з відеоданими, оскільки акселератори самостійно обчислюють, які пікселі відображати на екрані та якого кольору.

3D-акселератори є ефективними засобами прискорення тривимірної машинної графіки і характеризуються наступними особливостями. У комп'ютері тривимірні об'єкти представляються за допомогою геометричних моделей, що складаються з сотень і тисяч елементарних геометричних фігур, зазвичай трикутників. Задаються також просторове положення джерел світла, відбивні властивості матеріалу поверхні об'єкту, ступінь його прозорості і т.п. При цьому деякі об'єкти можуть частково загороджувати один одного, між ними може відображатись світло; простір може бути не абсолютно прозорим, а затягнутим туманом або серпанком. Для більшого реалізму необхідно врахувати і ефект перспективи. Щоб поверхня змодельованого об'єкту не виглядала штучною, на неї наноситься текстура — двовірна картинка невеликого розміру, що передає колір і фактуру поверхні. Всі перераховані тривимірні об'єкти з урахуванням застосованих до них ефектів повинні зрештою бути перетворені в плоске зображення. Цю операцію, звану рендерінгом, і виконує 3D-прискорювач.

Для підтримки функцій 3D-прискорювача в іграх і інших програмах існує декілька інтерфейсів прикладного програмування, або API (Application Program Interface), що дозволяють додатку стандартним чином використовувати можливості 3D-прискорювача.

Переважна більшість сучасних 3D-відеокарт володіють і функціями прискорення двовірної графіки, що забезпечує розширення сфери їх застосування.

Отже, всі відеоадаптери можуть відрізнятись один від одного за багатьма критеріями (інтерфейс підключення, швидкодія, розширення зображення, якість зображення, тощо). Але є одне спільне, всі вони побудовані для виконання однієї дії, формування зображення на моніторі (екрані).

За рахунок використання сучасних мікроелектронних технологій, великих інтегральних схем, ефективних алгоритмів опрацювання інформації,

ефективних структурних та схемотехнічних рішень сучасні відеоадаптери відповідають вимогам ринку. При доступній користувачу ціні, відеоадаптери мають всі необхідні технічні характеристики.

Питання для самоперевірки:

1. Яке основне призначення пристроїв виведення текстової інформації?
2. Яке основне призначення пристроїв виведення графічної інформації?
3. Які загальні особливості ударних матричних принтерів?
4. Які загальні особливості струменевих принтерів?
5. Які загальні особливості лазерних принтерів?
6. Які загальні особливості рідкокристалічних екранів?
7. Які основні функції відеоадаптерів?

3.5. Принципи побудови, характеристики, драйвери пристроїв введення та виведення мови.

3.5.1. Загальні положення. Пристрої вводу мови призначені для перетворення звуків мови в сукупність кодів, символи певного алфавіту для подальшого опрацювання цієї інформації. Пристрої виведення призначені для отримання від ядра комп'ютера сукупності кодів, символів та мовних повідомлень через звукові акустичні коливання. Забезпечення взаємодії користувача з комп'ютером є одним з самих проблематичних завдань у сфері комп'ютерної техніки. Вважається що взаємодія із використанням мови є найперспективнішою, однак на теперішній час ця проблема не має ефективного розв'язку і такі пристрої поки що не мають масового застосування.

Людська мова – звукові акустичні коливання, що мають певні амплітудні, частотні, фазові характеристики. Потужність цих коливань переважно визначається амплітудними характеристиками. Всі характеристики необхідно розглядати лише в комплексі. Частотний спектр мови лежить в звуковому діапазоні (від 20Гц-15КГц), хоча для високої якості звучання можуть бути і складові до 40 кГц, хоча людське вухо такі частоти не сприймає. Складність проблеми в тому, що є багато алфавітів за якими формується мова. Мова є суцільно індивідуальною характеристикою кожної людини, що має амплітудно-частотний характер. Звукові акустичні коливання розповсюджуються з різними характеристиками в залежності від характеру приміщень. Мовна інформація сприймається по різному, в залежності від відстані між джерелом мови та приймачем мовного повідомлення. Ця проблема є складною для ефективного технічного розв'язку. Людську мову ділять на елементарні звуки. Є різні підходи до поділу на елементарні звуки. Один з них заключається в наступному: елементарним звуком вважають фонему, що ставлять у відповідність одному з символів алфавіту. Фонему ділять на голосні і приголосні, дзвінки і глухі. Крім фонем розпізнають дифтонги. Це звуки, що виникли на переході від однієї фонему до іншої. Кожен елемент звуку характеризується амплітудно-частотною характеристикою та має декілька резонансних частот або фомант, на яких є різке збільшення амплітудної характеристики сигналу. Частотний спектр до 3,5 КГц є достатнім для забезпечення взаємодії користувача з комп'ютером.

3.5.2. Пристрої введення мови розробляються давно, тому вже запроваджено деякі схемотехнічні та алгоритмічні удосконалення пристроїв, але вони не зазнають кардинальних змін. Суть принципів, що лежать в основі пристроїв введення мови така: звукові акустичні коливання мови перетворюються в електричні сигнали звукового частотного діапазону, які за допомогою цифроаналогових перетворювачів дискретизуються, опрацьовуються, формуються логічні описи мовних повідомлень, порівнюються з еталонними описами, що зберігаються в пам'яті пристроїв, і перетворюються в коди символів, в текстову інформацію. Для ефективного функціонування пристрою необхідне попереднє налаштування пристрою на певного користувача. Опрацювання звукових акустичних коливань вимагає складних алгоритмів і відповідно складних пристроїв. Крім цього пристрої мають узгоджуватись з програмним забезпеченням, в першу чергу із операційними системами. Всі ці проблеми гальмують масове поширення пристроїв введення мови.

Аналогово-цифрове перетворення повинне мати певний крок дискретизації і частоту дискретизації не менше 10 КГц. Для більш якіснішого прийому звукової інформації цю частоту збільшують до 50 КГц. Це покращує інформативність введення мови, але вимагає більших затрат обчислювальних ресурсів та пам'яті.

3.5.3. Пристрої виведення мови мають наступні особливості. Вважається, що пристрої виведення є легшими в технічній і алгоритмічній реалізації у порівнянні із пристроями введення мови. Загальний підхід при побудові таких пристроїв заключається в тому, що пристрій отримує сукупність кодів повідомлення. Вони поступають на вузол опрацювання інформації та конструювання мовного повідомлення, з виходу якого керуюча інформація поступає на синтезатор мови. Його виходи - це аналогові сигнали звукового частотного діапазону. Сигнали поступають на формувачі звукових акустичних коливань, тобто на формувачі мовних повідомлень.

Пристрої виведення мови можуть використовувати еталонні звукові описи і такі пристрої називаються пристроями виводу мови із компілятивними синтезаторами. Звукові електричні сигнали можуть формуватись за кодами символів і такі пристрої отримали назву – пристрої виводу мови на основі формування елементарних звуків. Компілятивні пристрої вимагають пам'яті для еталонних звуків та слів. Засоби для опрацювання мовної інформації з

початкових кодів мовної інформації повинні знайти адреси комірок пам'яті, де зберігаються мовні описи та передати цю інформацію на цифро-аналоговий перетворювач, потім – передати сигнал на акустичну систему. Такі пристрої вимагають великої кількості пам'яті і складних процесорних пристроїв при опрацюванні мовної інформації, однак безпосередньо синтезатори є досить простими.

Недолік: Складність переорієнтації на іншу мову. Еталонні описи мови можуть базуватися на аналогово-цифровому і цифрово-аналоговому перетворенні. Цей принцип отримав назву кодо-імпульсна модуляція. В такому випадку вимагається найбільше пам'яті і якість – найкраща. Для зменшення ємності пам'яті використовується кодування з лінійними передбаченнями, параметричне кодування, стиснення інформації за дельта-модуляція. Використання такого кодування може зменшити ємність необхідної пам'яті в 20-30 раз, але якість виведення мови погіршується.

Пристрої на основі формування елементарних звуків передбачають формування звукового електричного сигналу за кодом символу за допомогою спеціальних електронних схем. В цих схемах використовуються генератори в нижньому і високому звукових діапазонах, керовані фільтри, змішувачі, підсилювачі звукових сигналів. Всі ці вузли синхронізуються в роботі та часі, і на виході формується послідовність електричних сигналів, що поступають на акустичну систему. Складність цих пристроїв - в технічній реалізації і в забезпеченні синхронної роботи всіх елементів. Принципово такі пристрої можуть забезпечити досить високу якість виведення мови, досить легко налаштувати систему на виведення мови з різними алгоритмами.

Пошуки інших нових принципових рішень проходять в межах багатьох програм провідних комп'ютерних фірм. Розроблено та впроваджено у практичне застосування багато пристроїв, які можуть використовуватися як елементи підсистем уведення-виведення мови. Серед них можна виділити звукові карти.

3.5.4. Звукова карта (яка також називається звуковою платою) - це плата, яка дозволяє працювати зі звуком на комп'ютері. Вона є невід'ємною частиною будь-якого персонального комп'ютера. В даний час звукові карти бувають як вбудованими в материнську плату, так і окремими платами розширення або зовнішніми пристроями.

Звукова карта (звукова плата, аудіокарта; англ. sound card) — додаткове обладнання персонального комп'ютера, яке дозволяє обробляти звук (виводити

на акустичні системи і/або записувати). На момент появи звукові плати представляли собою окремі карти розширення, встановлювані в відповідний слот. В сучасних материнських платах представлені в вигляді інтегрованого в материнську плату апаратного кодека (відповідно специфікації Intel AC'97 або Intel HD Audio).

Основними складовими є аналого-цифровий та цифро-аналоговий перетворювачі для перетворення неперервного (аналогового) звукового сигналу у цифровий двійковий код.

Типова звукова карта включає спеціалізовану мікросхему, що містить цифро-аналоговий перетворювач, який конвертує записаний або згенерований цифровий звук в аналоговий формат. Вихідний сигнал подається на підсилювач, навушники або зовнішній пристрій, використовуючи стандартні роз'єми, звичайно TRS або RCA. Якщо кількість чи розміри роз'ємів завеликі для задньої панелі комп'ютера, вони можуть бути винесені окремо. Більш сучасні звукові карти містять декілька мікросхем для досягнення вищої якості або поліпшення виконання різних операцій одночасно. Наприклад, для запису музики в реальному часі важливо, щоб синтез звуків відбувався з мінімальною затримкою процесора.

Відтворення звуку звичайно здійснюється за допомогою багатоканальних ЦАП, що підтримують одночасне відтворення звуків різної висоти й гучності, а також звукові ефекти в реальному часі. Багатоканальне відтворення звуку також використовується для синтезу звуку за допомогою цифрових банків інструментів, що займає невелику кількість постійної або флеш-пам'яті і містить звукові семпли MIDI-інструментів. Інший шлях синтезу звуків полягає у використанні "аудіо-кодеків". Цей шлях вимагає відповідного програмного забезпечення, сумісності з MIDI, та багатоканальної емуляції.

Питання для самоперевірки:

1. Які основні фізичні властивості мови?
2. Яке основне призначення пристроїв уведення мови?
3. Яке основне призначення пристроїв виведення мови?
4. Яке основне призначення звукової карти комп'ютера?

ЛІТЕРАТУРА

1. D. Kushnir and Y. Paramud, "Model for Real-Time Object Searching and Recognizing on Mobile Platform," 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2020, pp. 127-130, doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235407.

2. Kushnir D., Ocherklevich O., Paramud Y. Deep neural network model for text semantic analysis based on word embeddings // Advanced computer information technologies, ACIT'2021 : proceedings of the 11th International conference (Deggendorf, Germany, September 15-17, 2021). – 2021. – PP. 718–721.

DOI: 10.1109/ACIT52158.2021.9548393.

3. Dmytro Kushnir, Yaroslav Paramud. "The Algorithm of Cyber-Physical System Targeting on a Movable Object Using the Smart Sensor Unit". Advances in Cyber-Physical Systems, 2020, Volume 5, No 1, pp. 16-22. DOI: <https://doi.org/10.23939/acps2020.01.016>.

4. Y.Paramud. Digital interfaces in cyber-physical systems/ Andrii Grebeniak, Eugene Miyushkovych, Yaroslav Paramud// Advances in Cyber-Physical Systems.- Volume II, Number 1, 2017.- PP 6-10.

5. Кіберфізичні системи: технології збору даних: монографія. – О.Ю. Бочкар'юв, В.А. Голембо, Я.С. Парамуд, В.О. Яцук. За редакцією професора А.О. Мельника. Львів: "Магнолія 2006" – 2019.- 176 с.

6. Парамуд Я.С. Інтерфейси периферійних пристроїв ЕОМ: Навч. посібник.- К.: ІСДО, 1995. -76 с.

7. Парамуд Я.С. Телекомунікаційні підсистеми кіберфізичних систем/ Міюшкович Є.Г., Гребеняк А.В., Парамуд Я.С.// Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Збірник наукових праць. Серія "Комп'ютерні системи та мережі". – 2016.- № 857. - С.65-73.

8. Парамуд Я. С., Кушнір Д. О. Алгоритм оперативного наведення засобів вимірювально-керувального вузла кіберфізичної системи на рухомий об'єкт // Комп'ютерні системи та мережі. – 2020. – Вип. 2, № 1. – С. 44–52.

DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2020.01.044>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

«Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери»
Навчальний посібник

Автор: Парамуд Я.С., к. т. н, доцент

Редактор –

Комп'ютерне верстання – автора.

Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”