**Лекція 16. Відеосистема персонального комп’ютера**

**1. Структурна відео системи персонального комп’ютера**

В персональних комп'ютерах відеосистема складається з відеоадаптеру і монітору.

На рис. 1 наведена структурна схема відеосистеми персонального комп’ютера в текстовому режимі, на рис. 2 – структурна схема відеосистеми персонального комп’ютера в графічному режимі.

Основним засобом оперативного відображення інформації є монітор (дисплей), створений на базі електронно-променевої трубки (ЕПТ).

Відеоадаптер призначений для формування зображень, що спостерігаються на екрані монітору. Відеоадаптер являє собою друковану плату, що вставляється в один із з’єднувачів розширення (слотів) на материнській платі персонального комп'ютера. Однією з найбільш поширених моделей відеоадаптерів є відеоадаптер VGA (Video Graphic Array). Всі відеоадаптери містять електронні компоненти, що формують сигнали синхронізації, кольору та керують генеруванням текстових символів.

Крім того, в усіх відеосистемах є відеобуфер. Він являє собою окрему область адресного простору оперативної пам'яті і використовується для зберігання текстової або графічної інформації, яка виводиться на екран. Мікросхеми пам’яті, що утворюють відеобуфер, розташовані на платі відеоадаптеру.

Основна функція відеосистеми полягає в перетворенні даних з відеобуфера в сигнали, що керують монітором і формують зображення, яке спостерігається на екрані монітору.

Будь-яке текстове або графічне зображення на екрані складається з величезної безлічі дискретних точок, що називаються також пікселами або пелами (від picture element - елемент зображення).

Максимальна розрізнююча здібність адаптера VGA складає 640 х 400 пікселів в текстовому режимі і 640 х 480 пікселів в графічному режимі. Найсучасніші відеоадаптери мають розрізнюючу здібність 1600 х 1200 пікселів в графічному режимі. Символьна матриця має розмів 8 х 16 пікселів в текстовому режимі і 8 х 8 пікселів в графічному режимі.

Адаптер VGA розрахований на підключення аналогового кольорового або монохромного монітору.

Звичайно, від інженера детального знання схем адаптеру і монітору не вимагається. Однак, при розробці ефективних систем відображення інформації йому необхідно знати, де і як керуюча програма повинна взаємодіяти з апаратними засобами, щоб сформувати на екрані необхідне зображення.



Рис. 1. Структурна схема відеосистеми персонального комп’ютера в текстовому режимі



Рис. 2. Структурна схема відеосистеми персонального комп’ютера в графічному режимі

**2. Організація роботи з відеобуфером**

В будь-який відеосистемі потрібна пам'ять для зберігання інформації, що виводиться на екран монітору. Ця пам'ять повинна допускати операції зчитування та запису і вона називається відеобуфером (videobufer).

В персональних комп'ютерах відеобуфер є частиною адресного простору центрального процесора або, як ще говорять, в них реалізується дисплей з відображенням на пам'ять (memory-mapped display) (рис. 3).



Рис. 3. Організація роботи з відеобуфером

Кожний біт або група бітів в відеобуфері визначає колір і яскравість конкретної точки або символьної позиції на екрані. Таке розташування відеобуферу забезпечує наступні переваги:

* підвищення швидкодії відеосистеми;
* можливість для процесора "подивитися" на екран монітору.

Запис процесором даних про зображення в відеобуфер перетворюється в "запис на екран", а зчитування із відеобуферу еквівалентне "зчитуванню з екрану".

В текстовому режимі роботи відеосистеми кожній символьній позиції відповідають два байти у відеобуфері. Байт з парною адресою містить код символу, тобто він визначає, що виводиться в даній символьній позиції. Сусідній байт з більшою непарною адресою містить атрибути, що визначають, як формується зображення символу (звичайний, яскравий, мерехтливий). Байти, що містять коди і атрибути символів, розташовані у відеобуфері послідовно.

В графічному режимі роботи відеосистеми колір кожного пікселу зберігається як один або декілька біт в відеобуфері і зчитується (переноситься) на екран, можливо, з додатковим табличним перетворенням. Так як кожний піксел (точку) на екрані можна адресувати через відеобуфер, графічний режим часто називається режимом з адресуванням всіх точок (All Points Addressable - APA).

В текстових і графічних режимах відеобуфер складається з чотирьох паралельних банків пам’яті. Початкова адреса відеобуфера відображається на адресу B800:0000h (текстовий режим) або B000:0000h (графічний режим). В текстовому режимі данні, що відображаються на екран, містяться у банках 0 та 1. Байти з парними адресами (що містять коди символів) знаходяться в банку 0, а байти з непарними адресами (що містять атрибути) розміщуються в банку 1. Така організація «невидима» для процесора, так як зверненням до банків 0 та 1 управляє контролер CRTC. В графічному режимі всі чотири банки пам’яті містять інформацію про колір пікселів.

Відзначимо, що застосування дисплею з відображенням на пам'ять вимагає більш складної організації відеобуфера. Звернення до нього здійснюють процесор (точніше, програма, що виконується процесором) і адаптер для безперервного регенерування зображення. Отже, відеобуфер повинен бути реалізований як двопортова пам'ять, що містить додаткові схеми для синхронізації звернень до неї з боку процесора і адаптера.

**3. Формування зображення символів на екрані монітору**

Кожен символ, якій відображається на екрані, складається із сукупності пікселів, що забезпечує його візуальне сприйняття. Піксельне представлення кожного символу має вигляд прямокутної матриці і не залежить від того в якому місці екрану він знаходиться. Таким чином відеосистемі необхідно десь зберігати піксельні представлення символів. Найбільш зручно зберігати сукупність піксельних представлень символьного набору (character set) у вигляді регулярної таблиці, що називається таблицею визначення символів (character definition table), таблицею шрифту (font table) або просто шрифтом (font).

При роботі відеосистеми у текстовому режимі формування зображення символів виконується за допомогою апаратного знакогенератора (hardware character generator), що є складовою частиною відеоадаптеру. Робота апаратного знакогенератора базується на використання таблиці шрифтів, що знаходиться в пам’яті. При цьому таблиця повинна бути розміщена у конкретній області пам’яті так, щоб до неї міг звертатись апаратний знакогенератор.

Знакогенератор отримує код символу з відеобуферу та номер поточного рядка розгортки на символьній матриці від контролеру ЕПТ і видає відповідний двійковий код, що перетворюється відповідними схемами у відеосигнал.

У відеоадаптері VGA апаратний знакогенератор використовує таблиці шрифтів із 256 символів, котрі знаходяться в банку 2 відеобуфера. Відеоадаптер VGA підтримує вісім таких таблиць. Кожна таблиця містить 256 32-байтних двійкових наборів, тому максимальна висота символьної матриці складає 32 строки розгортки. Коли висота символьної матриці на екрані складає менше 32 строк, знакогенератор просто ігнорує лишні байти у визначенні кожного символу.

Під час роботи в текстовому режимі у відеобуфері поряд з кодами символів міститься інформація, що показує як повинно формуватися зображення символу. Така інформація для конкретної символьної позиції називається атрибутами. Прикладами атрибутів можуть служити підвищена яскравість, мерехтіння, підкреслення, негативне зображення, колір символу і фону навкруги символу. Атрибутний контролер сприймає атрибути кожного символу і відповідним чином впливає на формування відеосигнала, що подається на монітор.

При роботі відеосистеми у графічному режимі формування зображення символів виконується за допомогою програмного знакогенератора (software character generator). Програмний знакогенератор – це відповідна частина програмного коду, що входить у склад базової системи введення-виведення або операційної системи. Робота програмного знакогенератора базується на використання таблиці шрифтів, що знаходиться в пам’яті. При цьому таблиця повинна бути розміщена у конкретній області ОЗП так, щоб до неї міг звертатись апаратний знакогенератор.

Часто з’являється необхідність у зміні екранних шрифтів, наприклад, у випадку відображення на екрані символів української та російської мови. Цю зміну можна виконати для відеоадаптерів, які підтримують шрифти, що завантажуються (loadable font або download font). До таких відеоадаптерів належить і відеоадаптер VGA.

Для того щоб працювати на комп’ютері з новими шрифтами текстового режиму, необхідно розробить нову таблицю шрифту, а потім зробить її доступною для апаратного знакогенератора, помістивши у відповідну область відеобуферу. Таблицю шрифта можна побудувати в будь-якій області ОЗП, а потім скопіювати її у відеобуфер. Можливо також загрузити цю таблицю у відеобуфер безпосередньо з дискового файла.

Копіювання таблиці шрифту в банк 2 відеобуферу потребує для прямої адресації цього банку відповідного програмування регістрів відеоадаптеру, що є досить складною задачею. Для її полегшення можна використати функцію 11h переривання INT 10h. Можливе також використання однієї з стандартних програм, призначених для модіфікації шрифтів текстового режиму (додаток 3).

Для того щоб працювати на комп’ютері з новими шрифтами графічного режиму, необхідно розробить нову таблицю шрифту, а потім зробить її доступною для програмного знакогенератора, помістивши у відповідну область ОЗП. Таблицю шрифту можна побудувати безпосередньо в ОЗП або загрузити цю таблицю з дискового файла.

Для полегшення цієї задачі можливе використання однієї з стандартних програм, призначених для модіфікації шрифтів графічного режиму.

**4. Контролер електронно-променевої трубки**

Схеми, що утворюють контролер ЕПТ (Cathode Ray Tube Controller – CRTC), використовуються для генерування сигналів горизонтальної і вертикальної синхронізації, формування на екрані курсору і збільшення лічильника адреси відеобуфера синхронно з утворенням растру. Інші складові частини відеоадаптеру считують дані з відеобуферу за адресою, що надходить з контролеру ЕПТ, декодують їх і видають сигнали кольоровості в монітор спільно з сигналами синхронізації від контролеру ЕПТ. Таким чином, однією з головних функцій контролеру ЕПТ є синхронізація даних, що зчитуються з відеобуферу, з сигналами керування монітором.

Окрім цієї функції контролер ЕПТ виконує декілька додаткових функцій. Серед них визначення форми і позиції апаратного курсору, вибір частини відеобуферу, що виводиться на екран, завдання апаратних атрибутів символів (підкреслення і мерехтіння).

**5. Растровий монітор**

Персональні комп'ютери комплектуються винятково растровими моніторами і тільки в більш дорогих і складних графічних станціях знаходять застосування векторні монітори. В растровому моніторі текст або рисунок формується електронним променем, що періодично сканує екран з утворенням на ньому стандартних близько розташованих рядків розгортки (scan lines), які займають весь екран і називаються растром. По мірі руху променю по рядку змінюється яскравість кожного з декількох сотень пікселів і на екрані з'являється зображення, яке сприймається людиною.

Які сигнали необхідно подавати в монітор? Звичайно, основним сигналом є аналоговий відеосигнал, що вказує, які піксели на рядку розгортки будуть світитися.

Інформація, що міститься в відеосигналі, повинна бути синхронізована з рухом променю по растру. Для синхронізації застосовуються спеціальні сигнали горизонтальної HSYNC і вертикальної VSYNC синхронізації (їх називають ще сигналами синхронізації строчної та кадрової розгорток, відповідно).

Кольоровий растровий монітор працює приблизно так же, але в ньому діють три електронних промені, що формуються окремими електронними джерелами і окремими схемами керування. Кожний промінь "відповідає" за індикацію одного з основних кольорів (червоного, зеленого, синього) адитивної кольорової схеми RGB. Будь-який з пікселів на екрані кольорового монітору фізично створений трьома невеликими і близько розташованими точками або смугами люмінесцентної речовини.

Сигнали кольору передаються з адаптеру в кольоровий растровий монітор по трьом окремим провідникам, що несуть сигнали трьох основних кольорів (рис. 4). Це забезпечує отримання найбільш високоякісних кольорових текстових і графічних зображень. В перших відеосистемах застосовувалися ТТЛ-рівні всіх сигналів. Сучасні адаптери формують аналогові сигнали і вимагають аналогових VGA-моніторів.



Рис. 4. Підключення кольорового VGA-монітору

Потрібно відзначити, що внутрішні схеми моніторів, як правило, не припускають прямого програмного впливу. Програмно доступні елементи знаходяться тільки в складі відеоадаптера і сигнали, що генеруються відеоадаптером, повністю визначають ті зображення, що спостерігається на екрані монітору.

**6. Кодування кольорів**

Відомо, що у відповідності з адитивною кольоровою схемою RGB будь-який колір є композицією трьох основних кольорів: червоного (Red), зеленого (Green), синього (Blue) (рис. 5). В залежності від того, яку інтенсивність має кожний з цих кольорів, одержується вся різноманітність кольорів оточуючого нас світу.

В комп’ютерах інтенсивність кожного кольору повинна бути представлена деякою дискретною величиною. В найпростішому випадку для кодування кожного з основних кольорів достатньо по одному біту (1 – колір присутній, 0 – колір відсутній). Ці біти називаються бітами R, G, і B. Разом з бітом інтенсивності I утворюється набір із 16 базових кольорів (табл. 1).

В адаптері VGA для формування кожного з трьох аналогових сигналів кольоровості використовується цифровий двійковий код довжиною 6 біт, тобто можливе число кольорів досягає величезної величини 256К. Однак водночас на екрані спостерігається не більше 256 кольорів (будь-які 256 кольорів з можливих 256К). Це обумовлено тим, що в режимі з максимальною кольоровістю кожний піксел кодується у відеобуфері 8 бітами.

В найсучасніших відеоадаптерах для кодування кольору піксела у відеобуфері використовується 24 біта (по 8 біт на кожен з трьох основних кольорів) і на екрані водночас можна спостерігати близько 16 мільйонів кольорів.



Рис. 4. Основні і додаткові кольори

Таблиця 1

Базове кодування кольорів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер кольо- | Компоненти (біти) | | | | Колір |
| ру | I | R | G | B |  | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Чорний (Black) | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Синій (Blue) | |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | Зелений (Green) | |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | Голубий (Cyan) | |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | Червоний (Red) | |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | Малиновий (Magenta) | |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | Коричньовий (Brown) | |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | Світло-сірий (Light-gray) | |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | Темно-сірий (Dark-gray) | |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | Світло-синій (Light-blue) | |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | Світло-зелений (Light-green) | |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | Світло-голубий (Light-cyan) | |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | Світло-червоний (Light-red) | |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | Світло-малин. (Light-magenta) | |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | Жовтий (Yellow) | |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | Білий (White) | |

**7. Система координат екрану**

В текстовому режимі екран поділяється на окремі символьні позиції (character positions або character boxes), в кожній з якої виводиться один символ. Символьні позиції визначаються двома координатами: номер текстового рядка (координата Y) і номер текстового стовпця (координата X). Початок координат (1, 1) знаходиться в верхньому лівому куту робочої області екрану, як показано на рис. 6.

В двох найбільш розповсюджених текстових режимах на екрані формуються 25 текстових рядків, що містять по 40 або 80 символів.



Рис. 6. Система координат в текстовому режимі

В графічному режимі можливий доступ до кожного окремого пікселу на екрані. Позиція пікселу визначається двома координатами: номер рядка (координата Y) і номер стовпця (координата X). Початок координат (0, 0) знаходиться в верхньому лівому куту робочої області екрану, як показано на рис. 7.



Рис. 7. Система координат в графічному режимі

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Григорьев В.Л. Видеосистемы ПК фирмы IBM. – М.: Радио и связь, 1993.

2. Григорьев В.Л. Программирование однокристальных микропроцессоров. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

3. Лю Ю - Ч., Гибсон Г. Микропроцессоры семейства 8086/8088. – М.: Радио и связь, 1987.

4. Нортон П. Программно - аппаратная организация IBM PC. – М.: Радио и связь, 1991.

5. Нортон П. Персональный компьютер фирмы IBM и операционная система MS DOS. – М.: Радио и связь, 1991.

6. Нортон П. Справочное руководство по MS DOS. – М.: Радио и связь, 1992.

7. Скэнлон Л. Персональные ЭВМ IBM PC XT. Программирование на языке ассемблера. – М.: Радио и связь, 1989.