

ЗАПОМНЯЩИ УСТРОЙСТВА

1

Общи принципи и термини

Устройството, в което се запазват данни и инструкции с цел тяхната по-нататъшно използване от микропроцесорната система, се нарича памет.

2

Общи принципи и термини

Основна характеристика на паметта е нейната способност да съхранява данните, които са записани в нея и след изключване на захранващото напрежение. Паметите, които запазват съдържанието си и след изключване на захранването, се наричат *енергонезависими памет*. Това е особено важно за паметта, в която са записани инструкциите на програмата, защото кратковременно прекъсване на захранването води да изтриване на инструкциите и от програмата трябва да се зарежда отново.

3

Общи принципи и термини

Освен това паметите се разделят според възможността съдържанието им да бъде или да не бъде променяно след първоначалния запис на данни в тях. Памет, от която микропроцесорната система може само да чете, се наричат **постоянни памет** (ROM). Памет, от която микропроцесорната система може да чете, и в която може до записва данни в процеса на изпълнение на програмата, се наричат **оперативни памет** (RAM).

4

Общи принципи и термини

Паметите (ROM и RAM), които се използват в микропроцесорните системи, представляват интегрална микросхема, която съдържа от няколко хиляди до няколко милиона клетки, в които се записват инструкциите от програмата и данните. Всяка клетка има свой собствен адрес.

5

Общи принципи и термини

При подаване на този адрес на входовете на интегралната микросхема на нейните изходи за дати се появява съдържанието на клетката, която е разположена на този адрес. Инструкциите от програмата се записват в клетки с последователни адреси. Броят на входовете за адреси на схемата зависи от броя на клетките. При 1024 клетки (памет 1KB) адресните входове на интегралната микросхема ще са десет ($2^{10} = 1024$).

6

Общи принципи и термини

Важна характеристика на паметта е размерът на клетката - това е броят на битове, които са записани в тази клетка. В микропроцесорните системи най-често се използват памети, които имат 8 бита - един байт. В микропроцесорната фамилия 8086 се използва памет с 8-битови клетки. При работа с 16-битови данни (дума) младшите 8 бита от думата са разположени на четния адрес (0, 2, 4 ...), старшите 8 бита - на следващия нечетен адрес (1, 3, 5 ...) на паметта.

7

Общи принципи и термини

Съществуват и памети, които имат клетки с един бит. За използване в конкретна микропроцесорна система се използват толкова броя от тези памети, колкото са проводниците от магистралата за данни. При 8-проводна магистрала трябва изходът за данни на всяка от осем памети да се свърже към един проводник от магистралата за данни. Адресните им входи се свързват паралелно.

8

Общи принципи и термини

В случаите, когато се изисква по-висока сигурност за верността на изпълняваните инструкции и обработваните данни, се използват и памети с клетки, съдържащи 9 бита. От тях осем бита се използват за съхранение на байт данни или инструкция, а 9-ят бит се използва за контрол по четност или нечетност на останалите осем бита. Произвеждат се и памети с 16 и 32-битови клетки, които намират приложение в съвременните компютри.

9

Общи принципи и термини

Адресните входи на паметите се включват към адресната магистрала на микропроцесорната система, а изходите за данни - към магистралата за данни. Към тези магистрали са свързани и други устройства. За да има определеност в кой момент адресът по адресната магистрала се отнася за паметта и съответно кога към шината за данни да бъде изведено съдържанието на клетката, намираща се на този адрес, паметите имат и входи за управление.

10

Общи принципи и термини

Към тези входи се подават сигнали за управление от системната магистрала. За работата на постоянните и на оперативните памети се използват различни сигнали за управление.

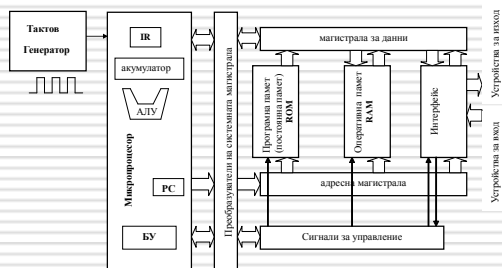
11

Общи принципи и термини

Написаното до тук е в сила за постоянните и оперативните памети, включени в представената на фиг. 1.1 блокова схема на микропроцесорна система.

12

Блокова схема на микропроцесорна система



13

Общи принципи и термини

Разделянето на паметта на микропроцесорната система на два основни вида RAM и ROM е най-общо и отразява принципната възможност за използване на дадена памет.

14

Общи принципи и термини

Освен този основен принцип, паметите могат да се класифицират (разпределят) по следните начини:

- По начина на използване - вътрешни за микропроцесорната система (регистрови, оперативни, постоянни и буферни) и външни;

15

Общи принципи и термини

- По физически характеристики - полупроводникови, магнитни и оптически;
- По начина на съхранение на информацията - статични и динамични;
- По начина за избор на съдържание на клетка от паметта (адресиране) - с произволен достъп, с последователен достъп, с цикличен достъп и с асоциативен достъп.

16

Общи принципи и термини

От своя страна всеки от описаните видове памети може да се класифицира в подвидове. Например полупроводниковите памети могат да се разделят според броя на битовете, които са записани в една клетка - 1, 8, 9, 16 и т.н. битови памети.

17

Общи принципи и термини

Според начина на достъп и времето, което е необходимо, за да се прочете или запише информация, паметите могат да се разделят на:

- Вътрешни памети - те имат високо бързодействие. Времето за достъп до тях е в пределите на цикъла за четене и запис на микропроцесора. Обемът на съхраняваната информация е малък - от няколко байта (регистрови памети) до няколко милиона байта MB (КЕШ памети).

18

Общи принципи и термини

- Системни памети - те са сравнително бавни. В цикъла за четене и запис на микропроцесора трябва да се вмъкват тактове за изчакване на готовността на паметта. Обемът на съхраняваната информация е от няколко MB (буферна памет) до няколко милиарда байта GB (оперативни памети).

19

Общи принципи и термини

- Външни - информацията от тези памети първо се прехвърля в оперативната памет на микропроцесорната система и след това се използва. Обемът на съхраняваната информация е от няколко GB (магнитно оптични и оптични устройства - CD и DVD) до няколко терабайта TB (магнитни - HDD и лентови устройства).

20

Общи принципи и термини

- Архивни - използват се за бекъп (резервно копиране на цялата важна информация и програмно осигуряване с цел възстановяване на работоспособността след авария) и за създаване на архиви от данни. Обемът на съхраняваната информация е десетки терабайти TB.

21

Общи принципи и термини

От последната класификация на паметите е видно, че има обратна пропорционалност между времето за достъп и обема на информация, който се съхранява в паметите.

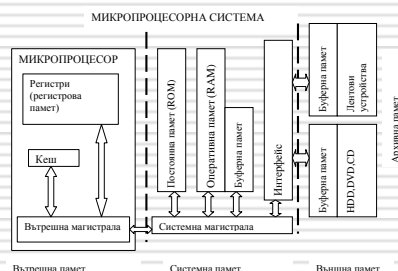
22

Общи принципи и термини

С цел оптимално съчетаване на необходимите бързодействие и обем, в микропроцесорните системи се използва комбинация от видовете памети, които се включват по йерархична структура. Пример за най-често срещания случай е представен на фиг. 4.2.

23

Пример за йерархична структура на паметта



24

Общи принципи и термини

След направената до тук класификация и примера за йерархия на паметите остава да се изясни какво е отношението на обемите на информация постоянната и в оперативната памет, а така също и какви са вариантите за тяхното използване. Оказва се, че това може съществено да повлияе на архитектурата и на предназначението на микропроцесорната система.

25

Общи принципи и термини

□ **Важно пояснение:** При разглеждане на запомнящите устройства от съществено значение са не само физическите им характеристики - обем, скорост на обмен и технология на запис, съхраняване и четене на информацията но трябва да се има предвид и използвания формат и логически принцип на запис на тази информация.

26

Общи принципи и термини

В микропроцесорната система се използват два формата на запис на информацията, което определя и начините на достъп до нея. В единия случай информацията е записана в двоичен вид и форматирана във вид на поредица от байтове (или думи, двойни думи и т. н. - кратни на 8 бита), които са записани в последователни клетки на вътрешната памет (регистрова, кеш, RAM, ROM).

27

Общи принципи и термини

Микропроцесорът, чрез инструкции за вътрешни операции, може да адресира тези клетки и да оперира със съдържащата се в тях информация. Във втория случай информацията е записана във вид на файлове във външните устройства (HDD, DVD, Flash). Микропроцесорът не може да адресира и да чете поредни инструкции направо от файл.

28

Общи принципи и термини

Информацията от файла, след анализ на името и служебното съдържание, се зарежда в оперативната памет чрез инструкции за вход и изход, и след това става достъпна за микропроцесора.

29

Вътрешна памет

□ **Регистрова памет.** Проблемът със съгласуване на скоростите на обмен между оперативната памет и по-бавните външни устройства съществува и на по-горното ниво от йерархията на паметите. Стремешът да се увеличава обема на записвана информация в оперативната памет води до увеличаване на времето за адресиране и прочитане (или запис) на информация от нужната клетка.

30

Вътрешна памет

На практика с развитието на електронните технологии, микропроцесорите работят при все по-голяма вътрешна тактова честота - от няколко MHz при 8086/8088 до над 3 GHz в момента (т. е. увеличение 1000 пъти!). В същото време обемът на съхранявана информация в оперативните памети също се увеличава в такъв порядък (от MB до GB), докато времето за достъп до клетките се е намалило съвсем малко - под десет пъти.

31

Вътрешна памет

В резултат бързодействието на оперативната памет може да се каже, че е изостанало около сто пъти от това на микропроцесорите. За решаване на този проблем се използват няколко подхода. Единият е създаване на КЕШ (бързо действащ буфер) за команди и за данни, а вторият - чрез увеличаване на броя на вътрешните регистри. В тези регистри, броят на които може да достигне до неколкостотин (това позволява да се говори за регистрова памет), се записват често използвани константи и данни.

32

Вътрешна памет

В този случай една част от инструкциите ще се изпълняват бързо, без да се изчаква обръщение към оперативната памет. Регистровата памет има най-голямо приложение в микроконтролерите. Основното приложение на микроконтролерите е в изграждането на автоматизирани системи за контрол и управление на обекти (от компютърна клавиатура до летателни апарати). При това основно се работи с информация от сензори, която рядко превишава един байт за отделен сензор.

33

Вътрешна памет

При това се оказва целесъобразно информацията от сензорите да се записва директно във вътрешните регистри на микроконтролера, което позволява да се използват кратки инструкции. По такъв начин съществено се повишава бързодействието и надеждността, като стойността се намалява, защото в повечето случаи отпада необходимостта от цял блок - оперативната памет.

34

Вътрешна памет

В микропроцесорните системи, изградени по архитектура "Фон Нойман" (например, персоналните компютри), в микропроцесора за запис на данни са отделени няколко регистри, а основната част с регистровата памет служи най-вече за съхраняване на базови и индексни адреси, чрез което се повишава ефективността на работа със сложно организираната оперативна памет.

35

Вътрешна памет

□ **Кешова памет.** За изграждане на оперативната памет в микропроцесорните системи с универсално приложение (компютрите) се използва предимно динамична памет (DRAM). Предимството на тази памет е това, че тя може да съхранява много голям обем информация (към настоящия момент - до 64 GB) при сравнително ниска цена и консумирана мощност.

36

Вътрешна памет

Недостатък е по-бавната ѝ работа в сравнение със статичните памети. Освен това, данните между микропроцесора и оперативната памет се обменят посредством системната магистрала сигналите в която са с доста по-ниска честота от тази, с която работи микропроцесорът. Поради това в йерархията на паметите е предвидена бърза вътрешна статична памет, изпълнена от тригерни елементи и работеща с честотата на микропроцесора.

37

Вътрешна памет

Такава памет се нарича кеш памет. Кеш паметта се използва от микропроцесора за предварителна подготовка на данните от оперативната памет с цел по-бързата им обработка. Заложената от програмиста програма не може да адресира клетки от кеш паметта.

38

Вътрешна памет

Обикновено неголям размер от кеш паметта се интегрира в схемата на самия микропроцесор (кеш от първо ниво) и се предоставя възможност за увеличаване на кеша чрез включване на допълнителна бързодействаща памет между микропроцесора и оперативната памет (кеш от второ и трето ниво).

39

Вътрешна памет

В процеса на изпълнение на заложената програма в микропроцесорната система, отделни блокове информация (данни или кодове на инструкции) се копират от системната оперативна памет (RAM) в кеш паметта. Тази процедура се нарича кеширане и тя се извършва по заложен в микропроцесора алгоритъм чрез специален кеш контролер.

40

Вътрешна памет

Когато микропроцесорът извлича команди или данни, кеш контролерът проверява дали те се намират в кеш паметта. Ако необходимата информация е там, тя се извлича с тактовата честота на микропроцесора. Ако необходимата информация не се намира в кеш паметта, тя се прочита от оперативната памет и едновременно с това блокът, в който се намира тази информация, започва да се записва в кеш паметта, като се счита, че най-вероятно следващото извличане на информация ще е от този блок.

41

Вътрешна памет

Понятно е, че най-доброто разположение на кеш паметта е на кристала, на който са разположени блоковете на микропроцесора и в същото време да има колкото може по-голям обем. Това е много трудно изпълнимо. Така например кеш памет с обем 2 МВ заема почти 50 % от площта на кристала на микропроцесора. Поради това, както и с цел оптимизация на кеша, тя се разделя физически на няколко нива. В момента се използват системи с кеш памет, която има от 1 до 3 нива.

42

Вътрешна памет

Кеш паметта от първо ниво (Level 1) се разполага върху кристала на микропроцесора. Обикновено тя представлява два отделни блока свръхоперативна памет, всяка от които има свой собствен кеш контролер. Производителят обикновено указва сумарния обем на тази кеш памет, но реално тя се дели на равни части - за данни и за команди.

43

Вътрешна памет

Кеш паметта от второ ниво (Level 2), първоначално разполагана извън микропроцесора, вече се разполага на същия кристал, заедно с кеша от първо ниво. Кешът от това ниво е със значително по-голям обем (ако кешът от първо ниво е 8 KB, то на второ ниво достига до няколко мегабайта. Йерархичното разделяне на две нива спомага за повишаване на бързодействието.

44

Вътрешна памет

Кеш паметта от трето ниво (Level 3), ако има такава, се разполага на платката извън микропроцесора и функционално представлява буфер между оперативната памет. Обемът на паметта на това ниво обикновено е 8 MB.

45

Вътрешна памет

□ **Стекова памет.** Този вид памет в микроконтролерите, и в някои микропроцесори, е вътрешна памет и е особен случай на регистровата памет, адресирана от указател на стека. В микропроцесорите от поредицата x86 за стекова памет се отделя сегмент в оперативната памет, а за управлението ѝ е предназначена двойката вътрешни регистри - указателят на стека SP (Stack Pointer) и регистърът за адрес на сегмента на стека SS (Stack Segment).

46

Вътрешна памет

С изключение на тази разлика, управлението и използването на стековата памет е основано на един принцип, и четенето на данни в стековата памет се извършва чрез безадресни инструкции. Обменът се извършва по адрес, който е записан в указателя на стека. Ако се извършва запис в стека, текущото съдържание на указателя автоматично се увеличава с единица и записът се извършва по този адрес. При четене от стека информацията се извлича от клетката, адресът на която се взема от указателя на стека.

47

Вътрешна памет

След прочитане съдържанието на указателя на стека се намалява с единица. По такъв начин указателят винаги сочи клетка с последната записана информация. Организацията на стека може да е такава, че в началния момент на включване на системата указателят на стека да сочи върха на стековата памет. Това е клетката с най-голям адрес, след което указателят се намалява при запис и увеличава при четене. Вторият вариант е в началния момент на включване на системата указателят на стека да сочи дъното на стековата памет. Това е клетката с най-малък адрес, след което указателят се увеличава при запис и намалява при четене.

48

Вътрешна памет

Основното предназначение на стековата памет е да участва в процедурите по обслужване на прекъсванията. С цел изясняване на това да предположим, че микропроцесорната система изпълнява някаква инструкция от заложената програма. В този момент от устройствата за вход и изход постъпва заявка за преминаване към по-важна програма - например натискане на клавиш от клавиатурата (приоритетите на изпълнение на програмите са описани по-нататък).

49

Вътрешна памет

В този случай адресът на поредната инструкция от изпълняваната програма се записва автоматично в стека. След това се преминава към изпълнение на по-важната програма за обслужване на клавиатурата. Когато изпълнението на тази програма приключи, от стека се извлича автоматично адресът на поредната инструкция на прекъснатата програма и системата продължава да работи по нея. По такъв начин, чрез използване на стекова памет, обработката на прекъсвания е бърза и автоматизирана.

50

Вътрешна памет

Освен за обработка на прекъсванията, стековата памет се използва за временно съхраняване на текущи данни и константи, които да се ползват бързо и с кратки инструкции.

51

Външна памет

За външна памет на микропроцесорната система приемаме, че е такава памет, до която микропроцесорът няма непосредствен достъп за четене и запис. Те не влизат явно в адресното пространство на системата и информацията, която е записана в тях, не може да бъде прочетена чрез инструкция на програмата. Достъпът се извършва чрез интерфейсно устройство - контролер на външната памет.

52

Външна памет

Чрез поредица от команди, изпращани от микропроцесора към този контролер, информацията от външната вид памет първо се пренася в оперативната RAM памет и от там е достъпна за програмата. Информацията се пренася на блокове и се записва в един или два сегмента на оперативната памет. Пример за това е отварянето на текстов документ за четене и редактиране. Документът е записан във вид на файл във външната памет (обикновено в хард диска).

53

Външна памет

Съдържанието на този файл се прочита от външната памет изцяло или частично (в зависимост от неговата големина) и се записва в оперативната памет. След това документът може да се редактира.

54

Външна памет

Външните устройства могат да съхраняват големи обеми от информация, която може да достигне, дори и в масово използвани системи, десетки терабайта (ТВ). В зависимост от използвания физически носител и технологията за съхраняване на информацията външната памет се разделя на: магнитни устройства - хард диск HDD, флопи диск FDD и лентови устройства; оптични устройства - CD и DVD, магнитно-оптични устройства - RAM Disk; полупроводникови устройства - FLASH памет. Важна особеност на външните памет е това, че информацията в тях се запазва и след изключване на токозахранването.

55

FLASH памет

□ **Принцип на действие.** FLASH паметите са полупроводникови памет тип EEPROM (Electrically Erasable PROM). Най-близко до принципа на работа на FLASH паметта е динамичната памет RAM. Запомнящият елемент в динамичната памет е кондензаторът, а във FLASH паметта неговата роля се изпълнява от CMOS елемент със специална архитектура.

56

FLASH памет

Опростено може да се обясни по следния начин. В обикновения CMOS елемент има управляващ електрод, наречен гейт (Gate). При включване на този вход към маса (0 V) или към напрежение, близко до захранващото, напрежението на изхода се променя на обратното на входното. При това превключването на CMOS елемента зависи само от електростатичното поле, създавано от управляващия електрод, защото на практика той е изолиран от останалите изводи на елемента.

57

FLASH памет

Ако вместо този управляващ електрод се създаде някаква изолирана област, която да може да се наелектризира, то нейното поле ще изпълнява ролята на управляващ елемент. При наличие на електростатичен заряд в тази зона изходът на CMOS елемента ще е в едно логическо състояние, а при липса на заряд ще се превключи в обратното логическо състояние.

58

FLASH памет

Ако тази зона (наречена плаващ гейт) е досъатъчно добре изолирана, то зарядът няма да може да се разсее и съответно получаваме енергонезависим запомнящ елемент, който запомня последното състояние, в което е бил неограничено дълго време, независимо дали има или няма захранващо напрежение.

59

FLASH памет

Остава само да се реши въпросът по какъв начин да се индуцира заряд в плаващия гейт и съответно как той да се изтрива. Идеята не е нова в EPROM. Това става като електростатичният заряд се получава чрез прилагане на напрежение, по-високо от нормалното, а изтриването се извършва чрез облъчване с ултравиолетова светлина.

60

FLASH памет

Недостатъците на това решение са много и са описани подробно в литературата. При FLASH паметта за натрупване на заряда се използва методът на инжекция на електрони като се подава висок потенциал, достатъчен за да може електроните да преодолеят тънкия изолационен слой на плаващия гейт. Изтриването става като се подава потенциал с обратна полярност.

61

FLASH памет

Принципът на действие на FLASH паметта е описан съвсем опростено. На практика се използват доста сложни технологични и иновативни решения, за да може да се достигне до възможност за създаване на големи памети с висока степен на интеграция и използване само на едно захранващо напрежение.

62

FLASH памет

Във връзка с разработената възможност да се контролира зареждането на гейта не до две, а до няколко фиксирани нива са реализирани FLASH памети, в които един запомнящ елемент може да има няколко състояния - тоест. чрез един елемент да се запомнят два бита (4 състояния). Това съответно повишава 4 пъти обема на записваната информация.

63

FLASH памет

За момента единственото нецелесъобразно приложение на FLASH паметите е за оперативна (RAM) памет и съответно като КЕШ или буферна памет, защото са сравнително бавно действащи. Според принципа на действие четенето е бързо, както при всички полупроводникови памети, но за натрупване на заряда при запис и за неговото разсейване, при изтриване от практически изолирана област, се изисква технологично време, многократно по-голямо от това запис на информация в полупроводников тригер (статична RAM) или зареждане/разреждане на микрокондензатор (динамична RAM).

64

FLASH памет

Освен това гарантираният брой презаписи е ограничен, за разлика от статичните и динамични RAM памети, за които няма ограничение на циклите запис/четене.

65

Буферна памет

□ До тук разгледаните полупроводникови статични и динамични RAM памети бяха разгледани в качеството им на оперативна памет на микропроцесорната система. Микропроцесорът обменя информация с тях като подава адрес по адресната магистрала за избор на определена клетка от паметта и след това, чрез управляващ сигнал, прочита съдържанието на тази клетка през магистралата за данни.

66

Буферна памет

Когато е необходимо микропроцесорът да обменя информация с външни устройства (операции за вход и изход) поради редица съображения, това се извършва като информацията (която може да е от един до милиони байтове) първо се записва в оперативната памет, а след това се обработва в съответствие с програмата.

67

Буферна памет

При това положение микропроцесорната система би трябвало да спре и да изчака прехвърлянето на цялата информация между паметта и външното устройство (например HDD или DVD) и чак след това да я обработва. Това разбира се е неефективно и затова се използва буферна памет, с която се извършва високоскоростен обмен на информация с оперативната памет RAM, а във времето, през което буферната памет извършва обмен на тази информация с външното интерфейсно устройство микропроцесорната система работи по заложената програма.

68

Буферна памет

Буферната памет най-често е разположена в контролера на устройството за вход и изход. Пример за това е буферната памет на контролера на хард диска HDD, която е монтирана на платката с електронни елементи на диска.

69

Буферна памет

Обикновено тя е от порядъка на 8 MB. Друг пример за буферна памет е паметта на видеоконтролера. Визуалната информация, която се изобразява на дисплея, е записана в електронен вид в паметта. Първоначално за тази цел се е отделяла част от оперативната памет. В съвременните микропроцесорни системи видеопаметта е разположена във видеоконтролера. В зависимост от видеокартата (и цената) тя обикновено е от 64 MB до 512 MB.

70

Край на част 4

71