

计算机硬件系统

学 习 要 求

- 了解 CPU 的基本组成。
- 理解 CPU 的功能。
- 理解计算机输入/输出系统的组成。
- 掌握计算机常见的系统结构。

3.1 中央处理器

中央处理器是一块超大规模的集成电路,是计算机的运算核心和控制核心。它的功能主要是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。CPU 的基本组成部分有运算器、控制器和内部寄存器。

3.1.1 运算器

运算器由算术逻辑单元(ALU)、累加寄存器、数据缓冲寄存器和状态条件寄存器组成,它是数据加工处理部件。相对控制器而言,运算器接收控制器的命令而进行动作,即运算器所进行的全部操作都是由控制器发出的控制信号来指挥的,所以它是执行部件。运算器有以下两个主要功能。

- (1) 执行所有的算术运算。
- (2) 执行所有的逻辑运算,并进行逻辑测试。

3.1.2 控制器

控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序产生器和操作控制器组成,它是发布命令的“决策机构”,即完成协调和指挥整个计算机系统的操作。它的主要功能是从内存中取出一条指令,并指出下一条指令在内存中的位置;对指令进行译码或测试,并产

生相应的操作控制信号,以便启动规定的动作,指挥并控制 CPU、内存和输入/输出设备之间数据流动的方向。

3.1.3 内部寄存器

在 CPU 中至少有 6 类寄存器,这些寄存器用来暂存一个计算机字。根据需要可以扩充其数目。下面详细介绍这些寄存器的结构与功能。

1. 数据缓冲寄存器

数据缓冲寄存器(DR)用来暂时存放由内存储器读出的一条指令或一个数据字;反之,当向内存存入一条指令或一个数据字时,也将它们暂时存放在数据缓冲寄存器中。

数据缓冲寄存器的作用是:作为 CPU 和内存、外部设备之间信息传送的中转站;补偿 CPU 和内存、外部设备之间在操作速度上的差别;在单累加寄存器结构的运算器中,数据缓冲寄存器还可兼作操作数寄存器。

2. 指令寄存器

指令寄存器(IR)用来保存当前正在执行的一条指令。当执行一条指令时,先把它从内存取到数据缓冲寄存器中,然后再传送至指令寄存器。指令划分为操作码和地址码字段,由二进制数字组成。为了执行任何给定的指令,必须对操作码进行测试,以便识别所要求的操作,指令译码器就是做这项工作的。指令寄存器中操作码字段的输出就是指令译码器的输入,操作码一经译码即可向操作控制器发出具体操作的特定信号。

3. 程序计数器

为了保证程序能够连续地执行下去,CPU 必须具有某些手段来确定下一条指令的地址。而程序计数器(PC)正是起到这种作用,所以通常又称为指令计数器。在程序开始执行前,必须将它的起始地址,即程序的一条指令所在的内存单元地址送入 PC,因此 PC 的内容即是从内存提取的第一条指令的地址。当执行指令时,CPU 将自动修改 PC 的内容,以便使其保持总是指向将要执行的下一条指令的地址。由于大多数指令都是按顺序来执行的,所以修改的过程通常只是简单地对 PC 加 1。

但是,当遇到转移指令如 JMP 指令时,后继指令的地址(即 PC 的内容)必须从指令的地址段取得。在这种情况下,下一条从内存取出的指令将由转移指令来规定,而不是像通常一样按顺序来取得。因此,程序计数器的结构应当是具有寄存信息和计数两种功能的结构。

4. 地址寄存器

地址寄存器(AR)用来保存当前 CPU 所访问的内存单元的地址。由于在内存和 CPU 之间存在着操作速度上的差别,所以必须使用地址寄存器来保持地址信息,直到内存的读/写操作完成为止。

当 CPU 和内存进行信息交换,即 CPU 向内存存取数据时,或者 CPU 从内存中读出指令时,都要使用地址寄存器和数据缓冲寄存器。同样,如果把外部设备的设备地址作为像内存的地址单元那样来看待,那么,当 CPU 和外部设备交换信息时,同样使用地址寄存器和数据缓冲寄存器。

地址寄存器的结构和数据缓冲寄存器、指令寄存器一样,通常使用单纯的寄存器结构。信息的存入一般采用电位-脉冲方式,即电位输入端对应数据信息位,脉冲输入端对应控制信号,在控制信号作用下瞬时将信息打入寄存器。

5. 累加寄存器

累加寄存器(AC)通常简称为累加器,它是一个通用寄存器。其功能是当运算器的算术逻辑单元(ALU)执行算术运算或逻辑运算时,为 ALU 提供一个工作区。累加寄存器暂时存放 ALU 运算的结果信息。显然,运算器中至少要有一个累加寄存器。

目前,CPU 中的累加寄存器多达 16 个、32 个,甚至更多。当使用多个累加器时,就变成通用寄存器堆结构,其中任何一个既可存放源操作数,也可存放结果操作数。在这种情况下,需要在指令格式中对寄存器号加以编址。

6. 状态条件寄存器

状态条件寄存器(PSW)保存由算术指令和逻辑指令运行或测试的结果建立的各种条件码内容,如运算结果进位标志(C)、运算结果溢出标志(V)、运算结果为零标志(Z)、运算结果为负标志(N)等。这些标志位通常分别由一位触发器保存。

此外,状态条件寄存器还保存中断和系统工作状态等信息,以便使 CPU 和系统能及时了解机器运行状态和程序运行状态。因此,状态条件寄存器是一个由各种状态条件标志拼凑而成的寄存器。

3.1.4 多 CPU 系统

1. 多处理器系统

多处理器系统(Multiprocessor Systems)是指包含两台或多台功能相近的处理器,处理器之间彼此可以交换数据,所有处理器共享内存、I/O 设备、控制器及外部设备,整个硬件系统由统一的操作系统控制,在处理器和程序之间实现作业、任务、程序、数组及其元素各级的全面并行。

一般认为,多处理器的概念应包含以下几点。

- (1) 包含两个或多个功能相近的处理器,且彼此可交换数据。
- (2) 所有处理器共享内存。
- (3) 所有处理器共享 I/O 通道、控制器和外部设备。
- (4) 整个系统由统一的操作系统控制,在处理器和程序之间实现作业、任务、程序段、数组及其元素各级的全面并行。

目前,多 CPU 系统最常见的是双核处理器系统,双核处理器即基于单个半导体的一个处理器上拥有两个一样功能的处理器核心。换句话说,将两个物理处理器核心整合到一个核中。企业 IT 管理者们也一直坚持寻求增进性能而不用提高实际硬件覆盖区的方法。多核处理器解决方案针对这些需求,提供更强的性能而不需要增大能量或实际空间。

双核处理器技术的引入是提高处理器性能的有效方法。因为处理器实际性能是处理器在每个时钟周期内所能处理指令数的总量,因此增加一个内核,处理器每个时钟周期内可执行的单元数将增加一倍。在这里必须强调的一点是,如果能让系统达到最大性能,必

须充分利用两个内核中的所有可执行单元,即让所有执行单元都有活可干。

2. 多核处理器的创新意义

x86 多核处理器标志着计算技术的一次重大飞跃。这一重要进步发生之际,正是企业和消费者面对飞速增长的数字资料与互联网的全球化趋势,开始要求处理器提供更多便利和优势之时。多核处理器较之当前的单核处理器,能带来更多的性能和生产力优势,因而最终将成为一种广泛普及的计算模式。

多核处理器还将在推动 PC 安全性和虚拟技术方面起到关键作用,虚拟技术的发展能够提供更好的保护、更高的资源使用率和更可观的市场价值。普通消费者也将比以往拥有更多的途径获得更高性能,从而提高家用 PC 和数字媒体计算系统的使用。

在单一处理器上安置两个或更多强大的计算核心的创举开拓了一个全新的充满可能性的世界。多核处理器可以为挑战当今处理器设计提供一种立竿见影、经济有效的技术——降低随着单核处理器频率(即“时钟速度”)不断上升而增高的热量和功耗。多核处理器有助于为将来更加先进的软件提供卓越的性能。现有的操作系统(如 MS Windows、Linux 和 Solaris)都能够受益于多核处理器。

在将来市场需求进一步提升时,多核处理器可以为合理地提高性能提供一个理想的平台。因此,下一代软件应用程序将会利用多核处理器进行开发。无论这些应用是否能够帮助专业动画制作公司更快、更节省地生产出更逼真的电影,或开创出突破性的方式生产出更自然、更富灵感的 PC,使用多核处理器的硬件所具有的普遍实用性都将永远地改变计算世界。

虽然双核甚至多核芯片有机会成为处理器发展史上最重要的改进之一。需要指出的是,双核处理器面临的最大挑战之一就是处理器能耗的极限!性能增强了,能量消耗却不能增加。根据著名的汤氏硬件网站得到的文件显示,代号 Smithfield 的 CPU 热设计功耗高达 130W,比现在的 Prescott 处理器再提升 13%。由于今天的能耗已经处于一个相当高的水平,需要避免将 CPU 做成一个“小型核电厂”,双核甚至多核处理器的能耗问题将是考验 AMD 与 Intel 的重要问题之一。

3.1.5 中国科学院计算所自主研发的通用 CPU

龙芯是中国科学院计算所自主研发的通用 CPU,采用 RISC 指令集,类似于 MIPS 指令集。龙芯 1 号的频率为 266MHz,最早在 2002 年开始使用。龙芯 2 号的频率最高为 1GHz。龙芯 3A 是首款国产商用 4 核处理器,其工作频率为 900MHz~1GHz。龙芯 3A 的峰值计算能力达到 16GFLOPS。龙芯 3B 是首款国产商用 8 核处理器,主频达到 1GHz,支持向量运算加速,峰值计算能力达到 128GFLOPS,具有很高的性能功耗比。

3.2 存储器

3.2.1 主存储器概述

存储器(Memory)是计算机系统的重要组成部分,现代计算机的内存储器多采用半

导体存储器。存储器是计算机系统记忆设备,用来存放程序和数据。计算机中的全部信息包括输入的原始数据、计算机程序、中间运行结果和最终运行结果都保存在存储器中。它根据控制器指定的位置存入和取出信息。

自世界上第一台计算机问世以来,计算机的存储器在不断地更新,从一开始的汞延迟线、磁带、磁鼓、磁芯到现在的半导体存储器、磁盘存储器、光盘存储器、纳米存储器等,无不体现着科学技术的快速发展。

存储器的主要功能是存储程序和各种数据,并能在计算机运行过程中高速、自动地完成程序或数据的存取。存储器是具有“记忆”功能的设备,它采用具有两种稳定状态的物理器件来存储信息。这些器件也称为记忆元件。

在计算机中采用只有两个数码0和1的二进制来表示数据。记忆元件的两种稳定状态分别表示为0和1。日常使用的十进制数必须转换成等值的二进制数才能存入存储器中。计算机中处理的各种字符,如英文字母、运算符号等,也要转换成二进制代码才能存储和操作。

3.2.2 半导体存储器

半导体存储器(Semi-Conductor Memory)是一种以半导体电路作为存储媒体的存储器。由于对运行速度的要求,现代计算机的内存储器多采用半导体存储器。内存储器就是由称为存储器芯片的半导体集成电路组成。半导体存储器包括只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)两大类。

1. 只读存储器

只读存储器(Read-Only Memory,ROM)所存数据,一般是装入整机前事先写好的,整机工作过程中只能读出,而不像随机存储器那样能快速、方便地加以改写。ROM所存数据稳定,断电后所存数据也不会改变;其结构较简单,读出较方便,因而常用于存储各种固定程序和数据。除少数品种的只读存储器(如字符发生器)可以通用之外,不同用户所需只读存储器的内容不同。为便于使用和大批量生产,进一步发展了可编程只读存储器(PROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM)和电可擦可编程只读存储器(EEPROM)。

可编程只读存储器(Programmable ROM,PROM)一般可编程一次。PROM出厂时各个存储单元皆为1或皆为0,用户使用时再使用编程的方法使PROM存储所需要的数据。PROM需要用电和光照的方法来编写与存放的程序和信息。但仅仅只能编写一次,第一次写入的信息就被永久性地保存起来。

PROM的典型产品是“双极性熔丝结构”,如果想改写某些单元,则可以给这些单元通以足够大的电流,并维持一定的时间,原先的熔丝即可熔断,这样就达到了改写某些位的效果。另外一类经典的PROM为使用“肖特基二极管”的PROM,出厂时其中的二极管处于反向截止状态,仍是用大电流的方法将反相电压加在“肖特基二极管”,造成其永久性击穿即可。可编程只读存储器是在1956年由周文俊发明的。PROM的总体结构、工作原理和使用方法都与掩膜ROM相同。不同的是,PROM器件出厂时在存储矩阵的每个交叉点上均设置了二极管,并且有快速熔丝与二极管串联。

可擦可编程只读存储器(EPROM)由以色列工程师 Dov Frohman 发明,是一种断电后仍能保留数据的计算机存储芯片,即非易失性的(非挥发性)。它是一组浮栅晶体管,被一个提供比电子电路中常用电压更高的电子器件分别编程。一旦编程完成后,EPROM 只能用强紫外线照射来擦除。通过封装顶部能看见硅片的透明窗口,很容易识别 EPROM,这个窗口同时用来进行紫外线擦除。将 EPROM 的玻璃窗对准阳光直射一段时间就可以擦除。

电可擦可编程只读存储器 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)是一种掉电后数据不丢失的存储芯片。EEPROM 可以在计算机上或专用设备上擦除已有信息,重新编程。一般用在即插即用。EEPROM 是用户可更改的只读存储器,其可通过高于普通电压的作用来擦除和重编程(重写)。

由于 EPROM 操作的不便,后来生产的主板上 BIOS ROM 芯片大部分都采用 EEPROM。EEPROM 的擦除不需要借助其他设备,它是以电子信号来修改其内容的,而且是以 Byte 为最小修改单位,不必将资料全部洗掉才能写入,在写入数据时仍要利用一定的编程电压,此时,只需用厂商提供的专用刷新程序就可以轻而易举地改写内容,所以它属于双电压芯片。

2. 随机存储器

随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)又称为随机存储器,可分为静态随机存取存储器(Static RAM, SRAM)和动态随机存取存储器(Dynamic RAM, DRAM)。SRAM 曾经是一种主要的内存,它以 6 个电子管组成一位存储单元,以双稳态电路形式存储数据,因此不断电时即可正常工作,而且它的处理速度比较快且稳定,不过由于它结构复杂,内部需要使用更多的晶体管构成寄存器以保存数据,它采用的硅片面积相当大,制造成本也相当高,所以现在常把 SRAM 用在比主内存小得多的高速缓存上。

而 DRAM 的结构相比之下要简单得多,其基本结构是一个电子管和一个电容,具有结构简单、集成度高、功耗低、生产成本低等优点,适合制造大容量存储器,所以现在用的内存大多是由 DRAM 构成的。但是,由于是 DRAM 将每个内存位作为一个电荷保存在位存储单元中,用电容的充放电来做储存动作,因电容本身有漏电问题,因此必须每几微秒就要刷新一次;否则数据会丢失。

“随机存取”是指当存储器中的数据被读取或写入时,所需要的时间与这段信息所在的位置或所写入的位置无关。相对地,读取或写入顺序访问(Sequential Access)存储设备中的信息时,其所需要的时间与位置就会有关系。它主要用来存放操作系统、各种应用程序、数据等。当电源关闭时 RAM 不能保存数据。如果需要保存数据,就必须把它们写入一个长期的存储设备中(如硬盘)。

RAM 和 ROM 相比,两者的最大区别是 RAM 在断电以后保存在上面的数据会自动消失,而 ROM 不会自动消失,可以长时间断电保存。随机存取存储器对环境的静电荷非常敏感。静电会干扰存储器内电容器的电荷,以致数据流失,甚至烧坏电路。故触碰随机存取存储器前,应先用手触摸金属接地。

现代的随机存取存储器依赖电容器存储数据。电容器充满电后代表 1(二进制),未充电代表 0。由于电容器或多或少有漏电的情形,若不作特别处理,数据会渐渐随时间流

失。刷新是指定期读取电容器的状态,然后按照原来的状态重新为电容器充电,弥补流失了的电荷。需要刷新正好解释了随机存取存储器的易失性。

随机存储器是与 CPU 直接交换数据的内部存储器,也叫主存(内存)。它可以随时读/写,而且速度很快,通常作为操作系统或其他正在运行中程序的临时数据存储介质。

内存是计算机中重要的部件之一,它是与 CPU 进行沟通的桥梁。计算机中所有程序的运行都是在内存中进行的,因此内存的性能对计算机的影响非常大。内存也被称为内存存储器,其作用是用于暂时存放 CPU 中的运算数据,以及与硬盘等外部存储器交换的数据。

3.3 辅助存储器

辅助存储器用来存放系统文件、大型文件、数据库等大量程序与数据信息,它们位于主机范畴之外,常称为外存储器,简称外存。常用的外存储器有磁盘存储器、光盘存储器和可移动外存储器。

3.3.1 磁盘存储器

1. 磁记录原理与记录方式

计算机的外存储器又称为辅助存储器,目前主要使用磁表面存储设备。磁表面存储是用某些磁性材料薄薄地涂在金属铝或塑料表面做载磁体来存储信息。磁盘存储器、磁带存储器、磁鼓存储器均属于磁表面存储器,目前主要使用磁盘存储器,磁带存储器和磁鼓存储器已被淘汰。

磁表面存储器的优点:存储容量大,位价格低;记录介质可以重复使用;记录信息可以长期保存而不丢失,甚至可以脱机存档;非破坏性读出,读出时不需要再生信息。

磁表面存储器的缺点:存取速度较慢,机械结构复杂,对工作环境要求较高。

磁表面存储器由于存储容量大,位成本低,在计算机系统中作为辅助大容量存储器使用,用以存放系统软件、大型文件、数据库等大量程序与数据信息。

1) 磁性材料的物理特性

磁性材料被磁化以后,工作点总是在磁滞回线上。只要外加的正向脉冲电流(即外加磁场)幅度足够大,那么在电流消失后磁感应强度 B 并不等于零,而是处在 $+B_r$ 状态(正剩磁状态);反之,当外加负向脉冲电流时,磁感应强度 B 将处在 $-B_r$ 状态(负剩磁状态)。

这就是说,当磁性材料被磁化后会形成两个稳定的剩磁状态,就像触发器电路有两个稳定的状态一样。如果规定用 $+B_r$ 状态表示代码 1, $-B_r$ 状态表示代码 0,那么要使磁性材料记忆 1,就要加正向脉冲电流,使磁性材料正向磁化;要使磁性材料记忆 0,则要加负向脉冲电流,使磁性材料反向磁化。磁性材料上呈现剩磁状态的地方形成了一个磁化元或存储元,它是记录一个二进制信息位的最小单位。

2) 记录方式

形成不同写入电流波形的方式,称为记录方式。记录方式是一种编码方式,它按某种

规律将一串二进制数字信息变换成磁层中相应的磁化元状态,用读/写控制电路实现这种转换。

在磁表面存储器中,由于写入电流的幅度、相位、频率变化不同,从而形成了不同的记录方式。常用记录方式可分为不归零制(NRZ)、调相制(PM)、调频制(FM)几大类。

3) 磁表面存储器的读/写原理

在磁表面存储器中,利用一种称为磁头的装置来形成和判别磁层中的不同磁化状态。磁头实际上是由软磁材料做铁心,并绕有读/写线圈的电磁铁。

(1) 写操作。当写线圈中通过一定方向的脉冲电流时,铁心内就产生一定方向的磁通。由于铁心是高磁导率材料,而铁心空隙处为非磁性材料,故在铁心空隙处集中很强的磁场。在这个磁场作用下,载磁体就被磁化成相应极性的磁化位或磁化元。若在写线圈里通入相反方向的脉冲电流,就可得到相反极性的磁化元。如果规定按图中所示电流方向为写1,那么写线圈里通以相反方向的电流时即为写0。上述过程称为写入。显然,一个磁化元就是一个存储元,一个磁化元中存储一位二进制信息。当载磁体相对于磁头运动时,就可以连续写入一连串的二进制信息。

(2) 读操作。当磁头经过载磁体的磁化元时,由于磁头铁心是良好的导磁材料,磁化元的磁力线很容易通过磁头而形成闭合磁通回路。不同极性的磁化元在铁心里的方向是不同的。当磁头对载磁体做相对运动时,由于磁头铁心中磁通的变化,使读出线圈中感应出相应的电势。

2. 硬磁盘机的基本组成和分类

硬磁盘机简称硬盘,是指记录介质为硬质圆形盘片的磁表面存储器。它主要由磁记录介质、磁盘控制器、磁盘驱动器三大部分组成。磁盘控制器包括控制逻辑与时序、数据串-并变换电路和数据串-并变换电路。磁盘驱动器包括写入电路与读出电路、读/写转换开关、读/写磁头与磁头定位伺服系统等。

写入时,将计算机并行送来的数据取至串-并变换寄存器,变为串行数据,然后一位一位地由写电流驱动器做功率放大并加到写磁头线圈上产生电流,从而在盘片磁层上形成按位的磁化元。

读出时,记录介质相对磁头运动,位磁化元形成的空间磁场在读磁头线圈中产生感应电势,此读出信息经放大检测就可还原成原来存入的数据。由于数据是一位一位地串行读出的,故要送至串-并变换寄存器变换为并行数据,再并行送至计算机。

硬磁盘机通常按以下方法分类:按盘片结构分成可换盘片式与固定盘片式两种;磁头也分为可移动磁头和固定磁头两种。

1) 可移动磁头固定盘片的磁盘机

其特点是一片或一组盘片固定在主轴上,盘片不可更换。盘片每面只有一个磁头,存取数据时磁头沿盘面径向移动。

2) 固定磁头磁盘机

其特点是磁头位置固定,磁盘的每一个磁道对应一个磁头,盘片不可更换。优点是存取速度快,省去磁头找道时间;缺点是结构复杂。

3) 可移动磁头可换盘片的磁盘机

盘片可以更换,磁头可沿盘面做径向移动。优点是盘片可以脱机保存,同种型号的盘片具有互换性。

4) 温彻斯特磁盘机

温彻斯特磁盘简称温盘,是一种采用先进技术研制的可移动磁头固定盘片的磁盘机。它是一种密封组合式的硬磁盘,即磁头、盘片、电动机等驱动部件乃至读/写电路等组装成一个不可随意拆卸的整体。工作时高速旋转在盘面上形成的气垫将磁头平稳浮起。优点是防尘性能好,可靠性高,对使用环境要求不高。

3. 磁盘驱动器和控制器

1) 磁盘驱动器

磁盘驱动器是一种精密的电子和机械装置,因此各部件的加工安装有严格的技术要求。对磁盘驱动器,还要求在超净环境下组装。各类磁盘驱动器的具体结构虽然有差别,但基本结构相同,主要由定位驱动系统、主轴系统和数据转换系统组成。

2) 磁盘控制器

磁盘控制器是主机与磁盘驱动器之间的接口。由于磁盘存储器是高速外存设备,故与主机之间采用数据成批交换方式。作为主机与驱动器之间的控制器,它需要有两个方面的接口:一个是与主机的接口,控制外存与主机总线之间交换数据;另一个是与设备的接口,根据主机命令控制设备的操作。前者称为系统级接口,后者称为设备级接口。

磁盘上的信息经读磁头读出以后送到读出放大器,然后进行数据与时钟的分离,再进行串-并变换、格式变换,最后送入数据缓冲器,经 DMA(直接存储器传送)控制将数据传送到主机总线。

4. 磁盘上信息的分布

盘片的上下两面都能记录信息,通常把磁盘片表面称为记录面。记录面上一系列同心圆称为磁道。每个盘片表面通常有几十个到几百个磁道,每个磁道又分为若干个扇区。

磁道的编址是从外向内依次编号,最外一个同心圆叫 0 磁道,最里面的一个同心圆叫 n 磁道, n 磁道里面的圆面积并不用来记录信息。

扇区的编号有多种方法,可以连续编号,也可以间隔编号。磁盘记录面经这样编址后,就可用 n 磁道 m 扇区的磁盘地址找到实际磁盘上与之相对应的记录区。除了磁道号和扇区号外,还有记录面的面号,以说明本次处理是在哪一个记录面上。例如,对活动头磁盘组来说,磁盘地址由记录面号(也称磁头号)、磁道号和扇区号三部分组成。

在磁道上,信息是按区存放的,每个区中存放一定数量的字或字节,各个区存放的字或字节数是相同的。为进行读/写操作,要求定出磁道的起始位置,这个起始位置称为索引。索引标志在传感器检索下可产生脉冲信号,再通过磁盘控制器处理,便可定出磁道起始位置。

磁盘存储器的每个扇区记录定长的数据,因此读/写操作是以扇区为单位一位一位串行进行的。每一个扇区记录一个记录块。

每个扇区开始时由磁盘控制器产生一个扇标脉冲。扇标脉冲的出现标志着一个扇区

的开始。两个扇标脉冲之间的一段磁道区域即为一个扇区(一记录块)。每个记录块由头部空白段、序标段、数据段、校验字段及尾部空白段组成。其中空白段用来留出一定的时间作为磁盘控制器的读/写准备时间,序标段被用来作为磁盘控制器的同步定时信号。序标段之后即为本扇区所记录的数据。数据之后是校验字段,它用来校验磁盘读出的数据是否正确。

5. 磁盘存储器的技术指标

磁盘存储器的主要指标包括存储密度、存储容量、平均存取时间及数据传输率。

1) 存储密度

存储密度分为道密度、位密度和面密度。道密度是沿磁盘半径方向单位长度上的磁道数,单位为道/in。位密度是磁道单位长度上能记录的二进制代码位数,单位为位/in。面密度是位密度和道密度的乘积,单位为位/in²。

2) 存储容量

一个磁盘存储器所能存储的字节总数,称为磁盘存储器的存储容量。存储容量有格式化容量和非格式化容量之分。格式化容量是指按照某种特定的记录格式所能存储信息的总量,也就是用户可以真正使用的容量。非格式化容量是磁记录表面可以利用的磁化单元总数。将磁盘存储器用于某计算机系统中,必须首先进行格式化操作,然后才能供用户记录信息。格式化容量一般是非格式化容量的70%~80%。目前,3.5英寸的硬盘机容量可达4TB。

3) 平均存取时间

存取时间是指从发出读/写命令后,磁头从某一起始位置移动至新的记录位置,到开始从盘片表面读出或写入信息所需要的时间。这段时间由两个数值决定:一个是将磁头定位至所要求的磁道上所需的时间,称为定位时间或找道时间;另一个是找道完成后至磁道上需要访问的信息到达磁头下的时间,称为等待时间,这两个时间都是随机变化的,因此往往使用平均值来表示。

平均存取时间等于平均找道时间与平均等待时间之和。平均找道时间是最大找道时间与最小找道时间的平均值,目前平均找道时间为10~20ms。平均等待时间和磁盘转速有关,它用磁盘旋转一周所需时间的一半来表示。目前,固定头盘转速高达10 000r/min。

4) 数据传输率

磁盘存储器在单位时间内向主机传送数据的字节数,叫数据传输率,数据传输率与存储设备和主机接口逻辑有关。从主机接口逻辑考虑,应有足够快的传送速度向设备接收/发送信息。从存储设备考虑,假设磁盘旋转速度为 n 转每秒,每条磁道容量为 N B,则数据传输率 $D_r = nN$ (B/s),也可以写成 $D_r = Dv$ (B/s),其中 D 为位密度, v 为磁盘旋转的线速度。目前,磁盘存储器的数据传输率可达几百MB/s。

3.3.2 光盘存储器

1. 光盘的分类

光盘存储器简称光盘。光盘采用聚焦激光束在盘式介质上非接触地记录高密度信