

图 5.7 异步串行联络方式

(3) 同步工作采用同步时标联络

同步工作要求 I/O 设备与 CPU 的工作速度完全同步。例如,在数据采集过程中,若外部数据以 2 400 bps 的速率传送至接口,则 CPU 也必须以 1/2 400 s 的速率接收每一位数。这种联络互相之间还得配有专用电路,用以产生同步时标来控制同步工作。

5. I/O 设备与主机的连接方式

I/O 设备与主机的连接方式通常有两种:辐射式和总线式。图 5.8 和图 5.2 分别示意了这两种方式。

采用辐射式连接方式时,要求每台 I/O 设备都有一套控制线路和一组信号线,因此所用的器件和连线较多,对 I/O 设备的增删都比较困难。这种连接方式大多出现在计算机发展的初级阶段。

图 5.2 所示的是总线连接方式,通过一组总线(包括地址线、数据线、控制线等),将所有的 I/O 设备与主机连接。这种连接方式是现代大多数计算机系统所采用的方式。

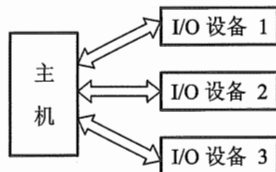


图 5.8 I/O 设备与主机的辐射式连接示意图

5.1.4 I/O 设备与主机信息传送的控制方式

I/O 设备与主机交换信息时,共有 5 种控制方式:程序查询方式、程序中断方式、直接存储器存取方式(DMA)、I/O 通道方式、I/O 处理机方式。本节主要介绍前 3 种方式,后两种方式在 5.1.1 节已进行了一般介绍,更详尽的内容将由“计算机体系结构”课程讲述。

1. 程序查询方式

程序查询方式是由 CPU 通过程序不断查询 I/O 设备是否已做好准备,从而控制 I/O 设备与主机交换信息。采用这种方式实现主机和 I/O 设备交换信息,要求 I/O 接口内设置一个能反映 I/O 设备是否准备就绪的状态标记,CPU 通过对此标记的检测,可得知 I/O 设备的准备情况。图 5.9 所示为 CPU 从某一 I/O 设备读数据块(例如从磁带上读一记录块)至主存的查询方式流程。当现程序需启动某 I/O 设备工作时,即将此程序流程插入运行的程序中。由图中可知,CPU 启动 I/O 设备后便开始对 I/O 设备的状态进行查询。若查得 I/O 设备未准备就绪,就继续查询;若查得 I/O 设备准备就绪,就将数据从 I/O 接口送至 CPU,再由 CPU 送至主存。这样一个字一个字地传送,直至这个数据块的数据全部传送结束,CPU 又重新回到原现程序。

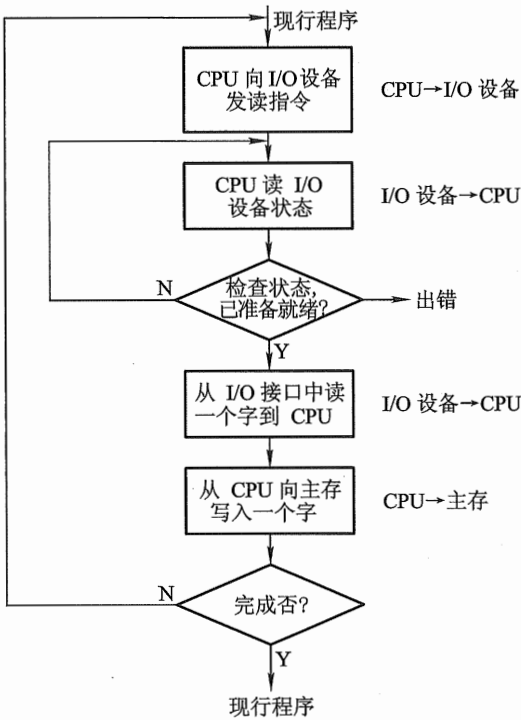


图 5.9 程序查询方式流程

由这个查询过程可见,只要一启动 I/O 设备,CPU 便不断查询 I/O 设备的准备情况,从而终止了原程序的执行。CPU 在反复查询过程中,犹如就地“踏步”。另一方面,I/O 设备准备就绪后,CPU 要一个字一个字地从 I/O 设备取出,经 CPU 送至主存,此刻 CPU 也不能执行原程序,可见这种方式使 CPU 和 I/O 设备处于串行工作状态,CPU 的工作效率不高。

2. 程序中中断方式

倘若 CPU 在启动 I/O 设备后,不查询设备是否已准备就绪,继续执行自身程序,只是当 I/O 设备准备就绪并向 CPU 发出中断请求后才予以响应,这将大大提高 CPU 的工作效率。图 5.10 示意了这种方式。

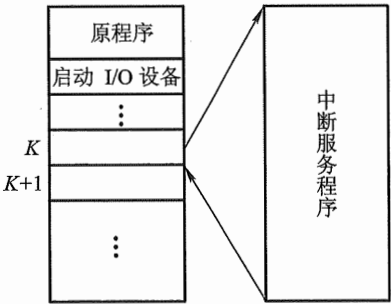


图 5.10 程序中中断方式示意图

由图中可见,CPU 启动 I/O 设备后仍继续执行原程序,在第 K 条指令执行结束后,CPU 响应了 I/O 设备的请求,中断了现行程序,转至中断服务程序,待处理完后又返回到原程序断点处,继续从第 $K+1$ 条指令往下执行。由于这种方式使原程序中断了运行,故称为程序中断方式。

图 5.11 示意了采用程序中断方式从 I/O 设备读数据块到主存的程序流程。

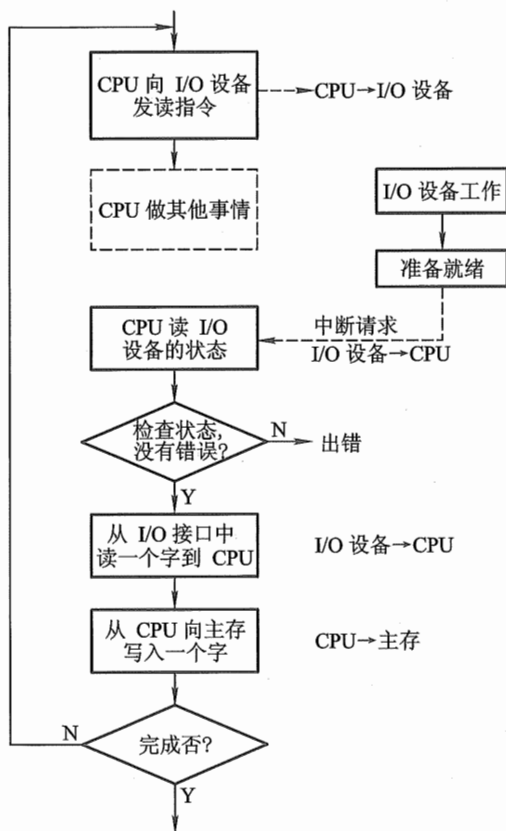
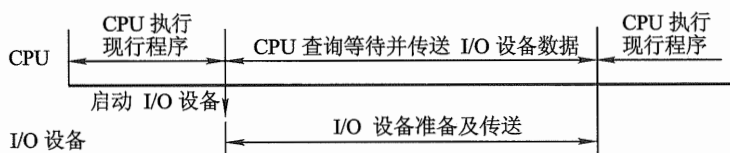


图 5.11 程序中断方式流程

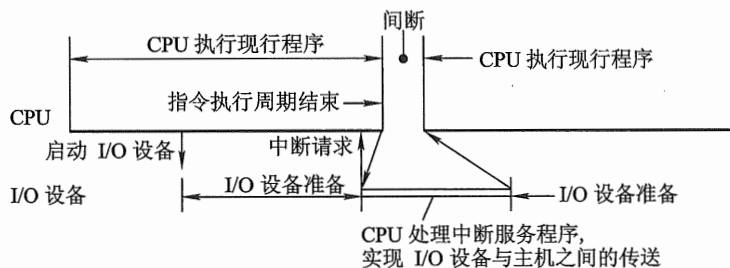
由图中可见, CPU 向 I/O 设备发读指令后, 仍在处理其他事情(如继续在算题), 当 I/O 设备向 CPU 发出请求后, CPU 才从 I/O 接口读一个字经 CPU 送至主存(这是通过执行中断服务程序完成的)。如果 I/O 设备的一批数据(一个数据块的全部数据)尚未传送结束时, CPU 再次启动 I/O 设备, 命令 I/O 设备再做准备, 一旦又接收到 I/O 设备中断请求时, CPU 重复上述中断服务过程, 这样周而复始, 直至一批数据传送完毕。

显然, 程序中断方式在 I/O 设备进行准备时, CPU 不必时刻查询 I/O 设备的准备情况, 不出现“踏步”现象, 即 CPU 执行程序与 I/O 设备做准备是同时进行的, 这种方式与 CPU 与 I/O 设备是串行工作的程序查询方式相比, CPU 的资源得到了充分的利用。图 5.12(a)、(b)分别示意了这两种方式 CPU 的工作效率。

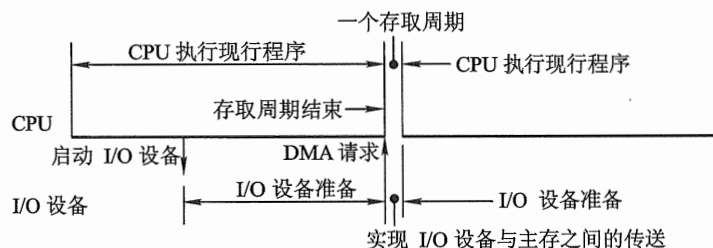
当然, 采用程序中断方式, CPU 和 I/O 接口不仅在硬件方面需增加相应的电路, 而且在软件方面还必须编制中断服务程序, 这方面内容将在 5.3 和 5.5 节中详细讲述。



(a) 程序查询方式



(b) 程序中断方式



(c) DMA 方式

图 5.12 三种方式的 CPU 工作效率比较

3. DMA 方式

虽然程序中断方式消除了程序查询方式的“踏步”现象,提高了 CPU 资源的利用率,但是 CPU 在响应中断请求后,必须停止现行程序而转入中断服务程序,并且为了完成 I/O 设备与主存交换信息,还不得不占用 CPU 内部的一些寄存器,这同样是对 CPU 资源的消耗。如果 I/O 设备能直接与主存交换信息而不占用 CPU,那么,CPU 的资源利用率显然又可进一步提高,这就出现了直接存储器存取(DMA)的方式。

在 DMA 方式中,主存与 I/O 设备之间有一条数据通路,主存与 I/O 设备交换信息时,无须调用中断服务程序。若出现 DMA 和 CPU 同时访问主存,CPU 总是将总线占有权让给 DMA,通常把 DMA 的这种占有称为窃取或挪用。窃取的时间一般为一个存取周期,故又把 DMA 占用的存取周期窃取周期或挪用周期。而且,在 DMA 窃取存取周期时,CPU 尚能继续做内部操作(如乘法运算)。可见,与程序查询和程序中断方式相比,DMA 方式进一步提高了 CPU 的资

源利用率。

图 5.12(c) 示意了 DMA 方式的 CPU 效率。当然,采用 DMA 方式时,也需要增加必要的 DMA 接口电路。有关 DMA 方式的详细内容将在 5.6 节讲述。

5.2 I/O 设备

5.2.1 概述

中央处理器和主存构成了主机,除主机外的大部分硬件设备都可称为 I/O 设备或外部设备,或外围设备,简称外设。计算机系统没有输入输出设备,就如计算机系统没有软件一样,是毫无意义的。

随着计算机技术的发展,I/O 设备在计算机系统中的地位越来越重要,其成本在整个系统中所占的比重也越来越大。早期的计算机系统主机结构简单、速度慢、应用范围窄,配置的 I/O 设备种类有限,数量不多,I/O 设备价格仅占整个系统价格的几个百分点。现代的计算系统 I/O 设备向多样化、智能化方向发展,品种繁多,性能良好,其价格往往已占到系统总价的 80% 左右。

I/O 设备的组成通常可用图 5.13 点画线框内的结构来描述。

图 5.13 中的设备控制器用来控制 I/O 设备的具体动作,不同的 I/O 设备完成的控制功能也不同。机、电、磁、光部件与具体的 I/O 设备有关,即 I/O 设备的具体结构大致与机、电、磁、光的工作原理有关。本节主要介绍有关设备控制器的内容,要求读者能理解 I/O 设备的工作原理。现代的 I/O 设备一般还通过接口与主机联系,至于接口的详细内容将在 5.3 节中讲述。

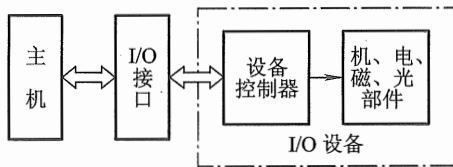


图 5.13 I/O 设备的结构框图

I/O 设备大致可分为三类。

(1) 人机交互设备

它是实现操作者与计算机之间互相交流信息的设备,能将人体五官可识别的信息转换成机器可识别的信息,如键盘、鼠标、手写板、扫描仪、摄像机、语音识别器等。反之,另一类是将计算机的处理结果信息转换为人们可识别的信息,如打印机、显示器、绘图仪、语音合成器等。

(2) 计算机信息的存储设备

系统软件和各种计算机的有用信息,其信息量极大,需存储保留起来。存储设备多数可作为计算机系统的辅助存储器,如磁盘、光盘、磁带等。