

## 第五章 输入输出系统

输入输出系统是人机对话和人机交互的纽带和桥梁。

计算机硬件系统由 CPU、存储器、输入输出系统三大部分组成。

本章重点要求掌握主机与 I/O 交换信息的三种控制方式(程序查询、程序中断和 DMA)以及它们各自所需的硬件及软件支持。

### 5.1.1 输入输出系统发展概况

(1) 早期阶段 I/O 设备种类较少, I/O 设备与主存交换信息必须通过 CPU。

(2) 接口模块和 DMA 阶段, 这个阶段 I/O 设备通过接口模块与主机相连, 计算机系统采用了总线结构。这个阶段实现了 CPU 和 I/O 设备并行工作, 但是在主机与 I/O 设备交换信息时, CPU 要中断现行程序。后来出现了直接存储器存取(DMA)技术, 采用 DMA 技术实现高速 I/O 设备与主机之间成组数据的交换。

(3) 具有通道结构的阶段。(计算机体系结构课程)

(4) 具有 I/O 处理机的阶段。(计算机体系结构课程)

### 5.1.2 输入输出系统的组成

(1) I/O 软件

I/O 软件的主要任务是将用户编制的程序(或数据)输入至主机内, 将运算结果输出给用户, 实现 I/O 系统与主机工作的协调。

不同结构的 I/O 系统所采用的软件技术差异很大。

当采用接口模块方式工作时, 应用机器指令系统中的 **I/O 指令**及系统软件中的管理程序, 便可使 I/O 与主机协调工作。当采用通道管理方式时, 除 I/O 指令外, 还必须有**通道指令**及对应的操作系统。即使都采用操作系统, 不同机器的操作系统的复杂程度差异也是很大的。

I/O 指令一般由操作码、命令码和设备码组成。

通道命令是对具有通道的 I/O 系统专门设置的指令, 又称通道控制字, 用来执行 I/O 操作, 如读、写、磁带走带及磁盘找道等。

(2) I/O 硬件

输入输出系统的硬件组成是多种多样的。

在带有接口的 I/O 系统中, I/O 硬件包括接口模块和 I/O 设备两大部分。

在具有通道或 I/O 处理机的 I/O 系统中, I/O 硬件包括通道(包括 I/O 处理机)、设备控制器和 I/O 设备几大部分。

### 5.1.3 I/O 设备与主机的联系方式

CPU 如何对 I/O 编址? 如何寻找 I/O 设备号? 信息传送是逐位串行还是多位并行? I/O 设备与主机以什么方式进行联络, 使它们彼此都直到对方处于何种状态? I/O 设备与主机是怎么连接的? 等等。。

这一系列问题统称为 I/O 设备与主机的联系方式。

I/O 设备的**编址方式**有与存储器统一编址和独立编址两种。

I/O 的**设备寻址**, 由于每台设备都赋予一个设备号, 因此, 当要启动某一设备是, 可有 I/O 指令的设备码字段直接指出该设备的设备号。通过接口电路中的设备选择电路, 便可选中要交换信息的设备。

I/O 的**传送方式**是指数据是串行传送还是并行传送。

I/O 的**联络方式**用来解决 I/O 与主机的联络问题, 通常按 I/O 的速度不同可分为三种联络方式。对于工作速度十分缓慢的 I/O 设备采用**立即响应方式**联络, 对于与主机速度不匹配的设备则采用**异步方式**联络, 对于要求与主机速度完全匹配的设备, 采用**同步方式**联络。

I/O 的**连接方式**指 I/O 与主机之间采用辐射式(分散连接)还是总线式连接。现代计算机大多采用总线连接方式。

#### 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、直接存储器方式 (DMA)、I/O 通道方式、I/O 处理机方式。

**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。

**程序中断方式**是在 CPU 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。

**DMA 方式**是在主存与 I/O 设备之间设置一条数据通路，使得主存与 I/O 设备能够交换信息。

### 5.2 I/O 设备

中央处理器和主存构成了**主机**，除主机外大部分硬件设备都可以称为 I/O 设备或外部设备(外设)。

I/O 设备通过 I/O 接口与主机相连，I/O 设备通过设备控制器来控制机、电、磁、光等部件。

I/O 设备大致可分为三类：

**人机交互设备**实现操作者与计算机之间互相交流的设备，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。

**计算机系统的存储设备**(第四章)用于存储系统软件和计算机的有用信息，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。

**机-机通信设备**(计算机网络课程)用来实现与其他计算机或与其他系统之间完成通信任务的设备。例如，两台计算机之间可利用电话线进行通信，它们可以通过调制解调器(Modem)完成。

#### 5.2.2 输入设备

输入设备完成输入程序、数据和操作命令等功能。当实现人工输入时，往往与显示器联用，以便检查和修正输入时的错误。

**键盘**。通过键盘上的每个键，按某种规范向主机输入各种信息，如汉字、数字、外文等。

键盘信息输入步骤：按下一个键->查出按下的是哪个键->将此键翻译成 ASCII 码，由计算机接收。

**鼠标**。鼠标是一种手持式的定位设备。

常用的鼠标有两种，一种是机械式的，底座装有一个金属球，球在光滑表面上摩擦使球转动，球与 4 个方向的电位器接触，测得上下左右 4 个方向的相对位移量，通过显示器来确定欲寻求的方位；另一种是光电式鼠标，需要与一块画满小方格的长方形金属片板配合使用，安装在鼠标底部的光电转换器可以确定坐标点的位置，同样有显示器显示所寻找的方位。

**触摸屏**。触摸屏是一种对物体的接触或靠近能产生反应的定位设备。

按原理的不同，触摸屏大致可分为 5 类：电阻式、电容式、表面超声波式、扫描红外线式和压感式。

任何一种触摸屏都是通过某种物理现象来测得人手触及屏幕上各点的位置，从而通过 CPU 对此做出响应，由显示屏再现所需的位置。

**其他输入设备**如光笔、画笔与图形板、图像输入设备等。

#### 5.2.3 输出设备

显示设备。以可见光的形式传递和处理信息的设备称为显示设备。(显示器在屏幕上的信息无法长期保存)

打印设备。打印设备可将计算机运行结果输出到纸介质上，并能长期保存，是一种硬拷贝设备。

其它 I/O 设备。如终端设备、磁盘、A/D 与 D/A 转换器、汉字处理设备等，既是输入设备，又是输出设备。

5.2.5 多媒体技术

媒体是指信息传递和存储的最基本的技术和手段，日常生活中最常见的媒体包括音乐、语言、图片、文件、书籍、电视、广播、电话等。人们可以通过媒体获取所需要的信息，同时也可以利用这些媒体将有用信息传送出去或保存起来。

5.3 I/O 接口

接口可以看成两个系统或两个部件之间的交接部分，它既可以是两种硬设备之间的连接电路，也可以是两个软件之间的共同逻辑边界。

I/O 接口通常是主机与 I/O 设备之间设置的一个硬件电路及其相应的软件控制。

接口和端口是两个不同的概念，端口是指接口电路中的一些寄存器，这些寄存器分别用来存放数据信息、控制信息和状态信息，相应的端口分别称为数据端口、控制端口和状态端口。若干个端口加上相应的控制逻辑才能组成接口。

CPU 通过输入指令，从端口读入信息，通过输出指令，可将信息写入到端口中。

接口的功能。

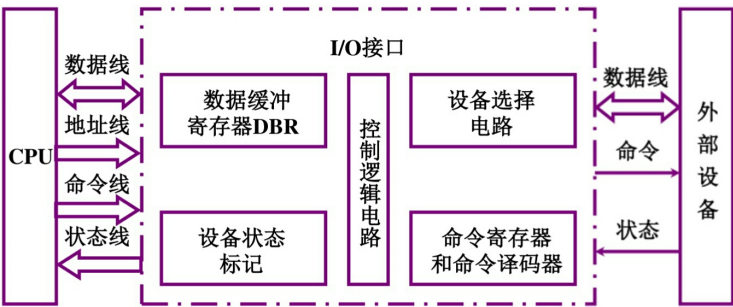
选址功能、传送命令的功能、传送数据的功能、反映 I/O 设备工作状态的功能。

接口功能	组成
选址功能	设备选择电路
传送命令的功能	命令寄存器、命令译码器
传送数据的功能	数据缓冲寄存器(这些寄存器称为端口)
反映设备状态的功能	设备状态标记

I/O 接口的基本组成

图中用来传送数据的数据缓冲寄存器又称数据口，传送命令的命令寄存器又可称为控制口，反映设备状态的各种标记又可称为状态口。CPU 同外设之间的信息传送实质上是对这些寄存器进行读或写。

**在接口(Interface)中，可以由 CPU 进行读或写的寄存器称为端口(Port)，在可编程的接口电路中，可对这些端口编程。**



接口类型。

按数据传送方式分类，有并行接口和串行接口。

按功能选择的灵活性分类，有可编程接口和不可编程接口。

按通用性分类，有通用接口和专用接口。

按数据传送的控制方式分类，有程序型接口和 DMA 接口。

## 5.4 程序查询方式

I/O 与主机交换信息的控制方式有**程序查询方式**、**程序中断方式**、**DMA 方式**、**I/O 通道方式**、**I/O 处理机方式**。

### 程序查询方式的特点

这种方式 CPU 一旦启动 I/O 设备，必须停止现程序的运行，并在现程序中插入一段程序。这种程序要在时刻查询 I/O 设备的准备状况，等待 I/O 设备准备就绪时可实现 I/O 设备与主机交换信息。

为了完成这种查询，通常要执行如下三条指令：

测试指令，用来查询 I/O 设备是否准备就绪。

传送指令，当 I/O 设备已准备就绪时，执行传送指令。

转移指令，当 I/O 设备未准备就绪时，执行转移指令，转至测试指令，继续测试 I/O 设备的状态。

这种方式的工作特点是 CPU 有踏步等待现象，CPU 与 I/O 设备处于串行工作状态。

### 程序查询流程

#### 程序查询方式的接口电路。

① 当 CPU 通过 I/O 指令启动输入设备时，指令的设备码字段通过地址线送至设备选择电路。

② 若该接口的设备码与地址线上的代码吻合，其输出 SEL 有效。

③ I/O 指令的启动命令经过与非门将工作触发器 B 置为 1,将完成触发器 D 置为 0。

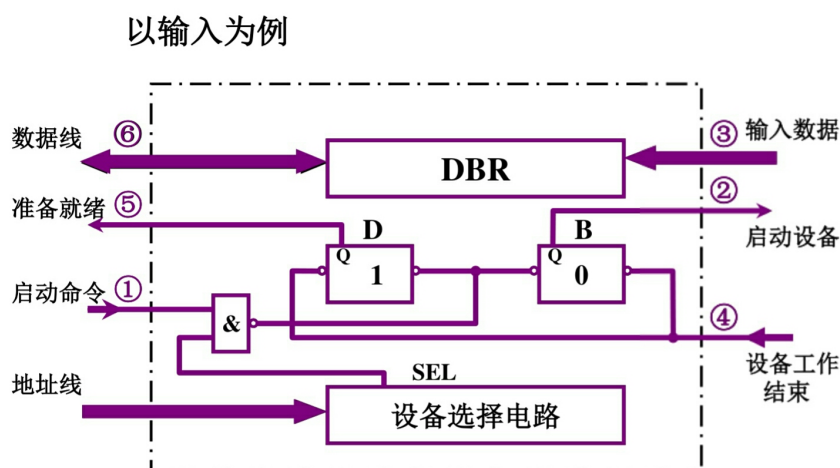
④ 由 B 触发器启动设备工作。

⑤ 输入设备将数据送至数据缓冲寄存器。

⑥ 由设备发设备工作结束信号，将 D 置 1，B 置 0,表示外设准备就绪。

⑦ D 触发器以“准备就绪”状态通知 CPU，表示数据缓冲满。

⑧ CPU 执行输入命令，将数据缓冲寄存器中的数据送至 CPU 的通用寄存器，再送入主存相关单元。



## 5.5 程序中断方式

### 中断的概念

CPU 在执行程序的过程中，遇到异常情况或特殊情况，要中断当前程序的运行，转向对这些异常情况或特殊请求的处理，处理结束后再返回到现程序的间断出，继续执行原程序，这就是中断。

### I/O 中断的产生

在 I/O 设备与主机交换信息时，由于设备本身机电特性的影响，其工作速度较低，与 CPU 无法匹配，因此，CPU 启动设备后，往往需要等待一段时间才能实现主机与 I/O 设备之间的信息交换。如果在设备准备的同时，CPU 不作无谓的等待，而继续执行现行程序，只有当 I/O 设备准备就绪向 CPU 提出请求后，再暂停中断 CPU 现行程序转入 I/O 服务程序，这便产生了中断。

程序中中断方式的接口电路

为处理 I/O 中断，在 I/O 接口电路中必须配置相关的硬件电路。

**中断请求触发器和中断屏蔽触发器。**中断请求触发器 INTR 为 1 时，表示该设备向 CPU 提出中断请求。多个中断源向 CPU 提出中断请求，必须对个中断源的请求进行排队，只能接受级别最高的中断源的请求。当屏蔽触发器 MASK 为 1 时，表示被屏蔽，即封锁中断源的请求。

**排队器。**就 I/O 中断而言，速度越高的 I/O 设备(CPU 不及时响应，其信息可能会丢失)，优先级越高。设备优先权的处理可采用硬件方法，也可采用软件方法(第 8 章)。

**中断向量地址形成部件(设备编码器)。**CPU 一旦响应了 I/O 中断，就要暂停现行程序，转去执行该设备的中断服务程序。不同的设备有不同的中断服务程序，每个服务程序都由一个入口地址，CPU 必须找到这个入口地址。入口地址的寻找也可采用硬件法和软件法。所谓**硬件向量法**，就是通过**向量地址**来寻找设备的中断服务程序入口地址，而且向量地址是由硬件电路产生的(设备编码器)。

程序中中断方式接口电路的基本组成。

### I/O 中断处理过程

CPU 响应 I/O 设备提出的中断请求的条件是必须满足 CPU 中允许中断触发器 EINT 为 1。该触发器可用中断指令置为(称为开中断);也可用关中断指令或硬件自动使其复位(称为关中断)。

CPU 响应中断的时间是  $D = 1$  且  $MASK = 0$  时，在每条指令执行阶段的结束前，CPU 发中断查询信号(将 INTR 置 1)。

I/O 中断处理过程 P198

### 中断服务程序流程

保护现场。保护程序的断点(由中断隐指令完成)，保存寄存器和状态寄存器的内容(由中断服务程序完成)。

中断服务。中断服务程序的主体部分。

恢复现场。在推出服务程序前，将原程序中断时的现场恢复到原来的寄存器中。通常可用出栈指令完成。

中断返回。中断服务程序的最后一条指令，是其返回到原程序的断点处，以便继续执行原程序。

**多重中断。**计算机在处理中断的过程中，有可能出现新的中断请求，此时如果 CPU 暂停现行的中断服务程序，转去处理新的中断请求，这种现象称为中断嵌套，或多重中断。

**单重中断。**倘若 CPU 在执行中断服务程序时，对新的中断请求不予理睬，这种中断称为单重中断。

## 5.6 DMA 方式

DMA 方式中，主存与 DMA 接口之间有一条数据通路，因此主存和设备交换信息时，不通过 CPU，也不需要 CPU 暂停现行程序为设备服务，省去了保护现场和恢复现场，因此工作速度比程序中中断方式的工作速度高。

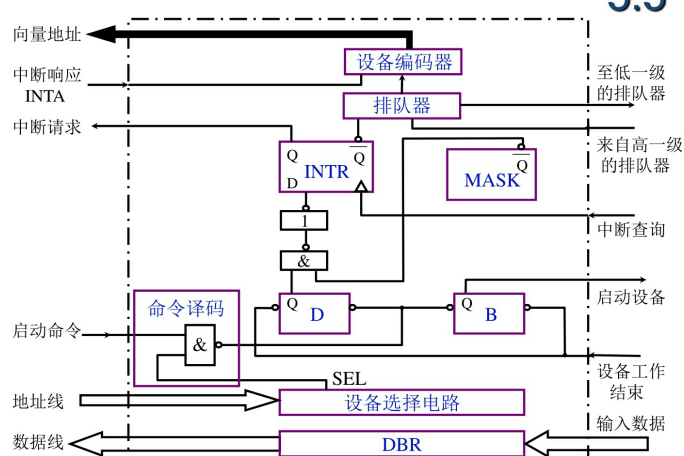
这一特点特别适合于高速 I/O 或辅存与主存之间的信息交换。

若出现高速 I/O(通过 DMA 接口)和 CPU 同时访问主存，CPU 必须将总线占用权让给 DMA 接口使用，即 DMA 采用周期窃取的方式占用一个存取周期。

在 DMA 方式中，由于 DMA 接口与 CPU 共享主存，就有可能出现两者争用主存的冲突，为了有效地分时使用主存，通常 DMA 与主存交换数据采用以下三种方法：**停止 CPU 访问主存、周期挪用、DMA 与 CPU 交替访问。**

### 4. 程序中中断方式接口电路的基本组成

5.5



## DMA 接口的功能

利用 DMA 方式传送数据时，数据的传输过程完全由 DMA 接口电路控制，故 DMA 接口又有 DMA 控制器之称。DMA 接口应具有如下几个功能：

- ① 向 CPU 申请 DMA 传送。
- ② 在 CPU 允许 DMA 工作时，处理总线控制权的转交，避免因进入 DMA 工作而影响 CPU 正常活动或引起总线竞争。
- ③ 在 DMA 期间管理系统总线，控制数据传送。
- ④ 确定数据传送的起始地址和数据长度，修正数据传输过程中数据地址和数据长度。
- ⑤ 在数据块传送完成结束时，给出 DMA 操作完成的信号。

## DMA 接口的基本组成

**主存地址寄存器(AR)**。用来存放主存中需要交换数据的地址。

**字计数器(WC)**。用来记录传送数据的总字数，通常以交换字数的补码值预警。

**数据缓冲寄存器(BR)**。用于暂存每次传送的数据。

**DMA 控制逻辑**。负责管理 DMA 的传送过程，由控制电路、时序电路及命令状态控制寄存器等组成。

**中断机构**。当字计数器溢出(全 0)时，表示一批数据交换完成，由溢出信号通过中断机构向 CPU 提出中断请求，请求 CPU 作 DMA 操作的后处理。

**设备地址寄存器(DAR)**。DAR 存放 I/O 设备的设备码或表示设备信息存储区的寻址信息，如磁盘数据所在的区号、盘面号和柱面号。具体内容取决于设备的数据格式和地址的编码方式。

## DMA 的工作过程

DMA 的传送过程：预处理、数据传送、后处理。

DMA 接口与系统的连接方式有两种：具有公共请求线的 DMA 请求、独立的 DMA 请求。

## DMA 小结

与程序中断方式相比，DMA 方式有如下特点：

- ① 从数据传送看，程序中断方式靠程序传送，DMA 方式靠硬件传送。
- ② 从 CPU 响应时间看，程序中断方式是在一条指令执行结束时响应，而 DMA 方式可在指令周期内的任一存取周期结束时响应。
- ③ 程序中断方式有处理异常时间的能力，DMA 方式没有这种能力，主要用于大批数据的传送，如硬盘存取、图像处理、高速数据采集系统等，可提高数据吞吐量。
- ④ 程序中断方式需要中断现行程序，故需保护现场；DMA 方式不中断现行程序，无需保护现场。
- ⑤ DMA 的优先级比程序中断的优先级高。

## 选择题

1. 在**单总线**的计算机系统中，外部设备可以和主存储器单元统一编址，因此可以不使用 I/O 指令。
2. 微型计算机中，主机和高速硬盘进行数据交换一般采用 **DMA** 方式。
3. 在数据传送过程中，数据由串行变并行或由并行变串行，这种转换是通过接口电路中的**移位寄存器**实现的。
5. 主机和与设备传达数据时，采用**程序查询方式**，主机与设备是**串行**工作的。
6. 主机与 I/O 设备传送数据时，采用 **DMA** 方式，CPU 的效率最高。
8. 中断发生时，程序计数器内容的保护和更新，是由**硬件自动**完成的。
9. 中断向量的地址是**中断服务程序入口地址**的地址。
10. 在中断响应周期，置 0 允许中断触发器是由**硬件自动**完成的。
11. 采用 DMA 方式传送数据时，每传送一个数据要占用一个**指令周期**的时间。
13. DMA 方式不能取代中断方式。
14. DMA 方式中，周期窃取是窃取一个**存取周期**。
16. I/O 编址通常可分统一编址和不统一编址，统一编址就是将 I/O 地址看成存储器地址的一部分，所用的指令与访存指令相似，不统一编址就是将 I/O 地址和存储器地址是分开的，所有对 I/O 设备的访问必须有专门的 I/O 指令。
17. 带有处理器的终端一般称为**智能终端**。
19. 通道程序是由**通道控制字**(或称通道指令)组成。
20. 打印机按是否能打出汉字来分类，分为**点阵式打印机**和**活字式打印机**。
21. 打印机从打字原理来分类，可分为**击打式**和**非击打式**。
22. 若计算机的 I/O 设备采用异步串行传送方式传送字符信息，字符信息的格式为：1 位起始位、7 位数据位、1 位检验位、1 位停止位。若要求每秒种传送 480 个字符，那么该 I/O 设备的数据传输速率应为  $480 \times 10 = 4800$  bps(位/秒)。
23. 以串行接口对 ASCII 码(7 位)进行传送，带一位奇检验位和 2 位停止位，当波特率位 9600 波特时，字符传送率为  $9600/10 = 960$  字符/秒。
25. I/O 与主机交换信息的方式中，中断方式的特点是 **CPU 与设备并行工作，传送与主程序串行工作**。
26. I/O 与主机交换信息的方式中，DMA 方式的特点是 **CPU 与设备并行工作，传送与主程序并行工作**。
27. 接口一定要和总线相连。
28. 计算机的外部设备指**输入输出设备**。
29. CPU 程序和通道程序可以并行执行，并通过**操作员干预**实现彼此间的通信和同步。
30. 通道对 CPU 的请求形式是**中断**。
31. CPU 对通道的请求形式是 **I/O 指令**。
32. 程序中断方式和 DMA 方式中都有中断请求，但目的不同。
33. 若一个 8 位组成的字符至少需 10 位来传送，这是**异步传送**方式。
35. I/O 采用统一编址时(I/O 设备看成存储器地址的一部分)，存储单元和 I/O 设备是靠**不同的地址码**来区分的，进行输入输出操作的指令是**访存指令**。
37. **中断向量的地址**是中断服务程序入口地址的地址。
39. DMA 方式的接口电路中有程序中断部件，其作用是向 CPU 提出传输结束。
40. 鼠标器适合于**中断方式**实现输入操作，键盘适合于 **DMA 方式**实现输入输出操作。
42. 中断请求一般用于处理随机出现的服务请求。
44. DMA 访问主存时，让 CPU 处于等待状态，等 DMA 的一批数据访问结束后，CPU 再恢复工作，这种情况称为**停止 CPU 访问主存**。
45. DMA 访问主存时，向 CPU 发出请求，获得总线使用权时再进行访存，这种情况称为**周期挪用**。
46. CPU 通过执行 **I/O 指令**启动通道。
51. 微型计算机中，VGA 代表**显示标准**。
56. 图形显示器显示的图像来自**主观世界**。



## 填空题

1. I/O 接口电路通常具有**选址、传送命令、传送数据和反映设备状态**的功能。
2. I/O 的编址可分为**不统一编址**和**统一编址**，前者需要独立的 I/O 指令，后者可通过访存指令和设备交换信息。
3. I/O 与 CPU 之间不论是采用串行传送还是并行传送，它们之间的联络方式可分为**立即响应、异步定时(采用应答信号)、同步定时(采用同步时标)**。
4. 主机与设备交换信息的控制方式中，程序查询方式主机与设备是串行工作的，**中断方式和 DMA 方式**主机与设备是并行工作的，且 **DMA 方式**主程序和**信息传送**是并行进行的。
5. CPU 在**指令执行周期结束**时刻采样中断请求信号，而在**存储周期结束**时刻采样 DMA 的总线请求信号。
6. I/O 与主机交换信息的方式中，**程序查询方式和程序中断方式**都需通过程序实现数据传送，其中**程序查询方式**体现 CPU 与设备是串行工作的。
7. 如果 CPU 处于开中断状态，一旦接受了中断请求，CPU 就会自动**关中断**，防止再次接受中断。同时为了返回主程序断点，CPU 需将**程序计数器送至存储器(或堆栈)**中。中断处理结束后，为了正确返回主程序运行，并允许接受新的中断，必须恢复**寄存器内容(或现场)**和**开中断**。
8. CPU 响应中断时要保护现场，包括对 PC 内容和寄存器内容的保护，前者通过**硬件自动(或中断隐指令)**完成，后者通过**软件编程**实现。
9. 一次中断大致可分为**中断请求、中断判优、中断响应、中断服务、中断返回**五个阶段。
10. 为了反映外围设备的工作状态，在 I/O 接口中都设有状态触发器，常见的有**工作触发器 B、完成触发器 D、中断请求触发器 INTR、中断屏蔽触发器 MASK**。
11. D/A 转换是将数字信号转换为模拟信号，A/D 转换是将模拟信号转换为数字信号。
12. 要将一个数字显示在 CRT 上或用点阵打印机打印出来，通常必须先将其转换成 **ASCII 码**，然后再分别转换成**光点代码和字符点阵代码**。
13. 按照主机与外设数据传输方式不同，接口可分为**并行传输接口和串行传输接口**两大类；按照主机与外设交换信息的控制方式不同，接口可分为**程序型接口和 DMA 型接口**。
14. 目前使用的打印机，从输出方式上可分为**串行打印机和并行打印机**，后者通常也称为行式打印机。从印字原理来分，又可分为**击打式打印机和非击打式打印机**。
- 就打印字符来说，字符的形成方式又分**活字方式和点阵方式**。
15. 键盘是实现人机联系的一种较简便的输入设备，每按一个键，其接口电路就将该键对应的 **ASCII 码**输入 CPU。识别哪一个键按下，可用**硬件编码键盘法和软件非编码键盘法**实现。
16. 微型计算机可以配置不同的显示系统，如 CGA、EGA 和 VGA，它们反映了显示设备的**显示分辨率和颜色种类**，其中 **VGA** 显示性能最好。
17. 若采用硬件向量法形成中断服务程序的入口地址，则 CPU 在中断周期需完成**保护程序断点、硬件关中断、向量地址送至 CPU** 操作。
18. 目前，微机系统中常见的几种显示标准有 MDA、CGA、EGA 和 VGA。
19. 目前常采用一个 DMA 控制器控制多个 I/O 设备，其类型分为**选择型和多路型**，其中**选择型**特别适合数据传输率很高的设备。
20. 多路型 DMA 控制器适合于**同时为多个慢速外围设备服务**，它又可分成**链式多路型和独立请求方式多路型**。
21. 在 DMA 方式中，CPU 和 DMA 控制器通常采用三种方法来分时使用主存，它们是**停止 CPU 访问主存、周期挪用和 DMA 和 CPU 交替访问主存**。
22. 显示器设备种类繁多，目前微机系统配有的显示器件有 **CRT 显示器、液晶显示器和等离子显示器**。显示器所显示的内容有**字符、图形、图像**三大类。
23. 一台微型计算机通常配置四种最基本的外部设备，即键盘、鼠标、显示器、打印机。
24. 通道是**具有特殊功能的处理器**，它由 **I/O 指令**启动，并以执行**通道指令**完成外围设备与主存之进行数据传送。



25. 利用访存指令与设备交换信息，这在 I/O 编址方式中称为**统一编址**。
26. 中断接口电路通过**数据总线**将向量地址送至 CPU。
27. I/O 与主机交换信息共有程序查询方式、程序中断方式、DMA 方式、通道方式和 I/O 处理机方式五种控制方式。
28. 字符显示器接口电路中，显示 RAM 存放的是 **ASCII 码**，经过**字符发生器**可将其转换成光点代码。
29. 若显示器接口电路中刷新存储器容量为 1MB，当采用 800×600 的分辨率模式(16 种颜色、每像素 4 位)时，每个像素最多可以有  $2^{16}$  种颜色。
30. 外部设备按其功能大致可分为**人机交互设备、信息存储设备和机-机通信设备**。
31. 鼠标主要有**机械式和光电式**，其中**光电式**需有特别的垫板与鼠标配合使用。
32. 显示器的主要性能指标是图像的**分辨率和灰度级**。其中，**分辨率**越高，显示的图像就越清晰。
33. 一个单色的字符显示器，若每屏可显示 80 列×25 行字符，字符为 7×9 点阵，则其接口电路中显示 RAM 的容量为 **2000 字节**。
34. 终端由**键盘和显示器**组成，具有**输入和输出**功能。
35. 激光打印机采用了**激光技术和照相技术**。
36. 单重中断的中断服务程序的执行顺序为**保护现场、设备服务、恢复现场、开中断和返回中断**。
37. 多重中断的中断服务程序的执行顺序为**保护现场、开中断、设备服务、恢复现场和返回中断**。
38. 串行点阵针式打印机是按**字符**打印的，喷墨打印机是按**字符**打印的，激光打印机是按**页**打印的，行式点阵打印机是按**行**打印的。上述四种打印机的速度由快到慢的顺序是**激光打印机、行式点阵打印机、喷墨打印机、串行点阵针式打印机**。
39. I/O 接口电路通常需配置**设备选择电路、命令寄存器和命令译码器、设备缓冲寄存器和反映设备状态的标记**。
40. 单重中断和多重中断的主要区别是**多重中断的服务程序中要提前开中断(提前到保护现场之后即开中断)**，而**单重中断的服务程序中只有在最后中断返回之前才开中断**。
41. 多重中断的必要条件是**只有级别更高的中断源才能中断级别低的中断源的请求**。
42. 当 CPU 响应中断后会向中断接口电路发出**中断响应信号**，将向量地址送至 CPU。
43. 硬件向量法是由**硬件产生向量地址**，再由向量地址找到入口地址。
44. DMA 方式的数据传送过程可分为**预处理、数据传送和后处理**。
45. 当 DMA 接口向 CPU 申请占用总线时，会遇到 **CPU 此时不访存、CPU 正在读存和 CPU 和 DMA 接口同时请求访存**三种情况，只有在 **CPU 和 DMA 接口同时请求访存**情况下会出现中期挪用。
46. 中断方式中中断请求用于**数据传送**，DMA 方式中中断请求用于**后处理**。
47. 从数据传送看，程序中断方式靠**程序**传送数据，DMA 方式靠**硬件**传送数据。
48. 一个中断服务程序流程大致可分为**保护现场、其他服务、恢复现场和中断返回**四部分。
49. 在多重中断系统中，中断处理系统按**中断优先等级**确定是否响应其他中断请求。
50. I/O 与主机交换信息的方式中，**程序查询方式**设备与 CPU 串行工作，而且传送与主程序串行工作；**程序中断方式**传送与主程序也是串行工作，但设备与 CPU 并行工作，**DMA 方式**设备与 CPU 不仅并行工作，而且传送与主程序也是并行工作的。

#### 问答题

1. 为什么外围设备要通过接口与 CPU 相连？接口有哪些功能？

答：外围设备要通过接口与 CPU 相连的原因主要有：

- (1) 一台机器通常配有多台外部设备，它们各自有其设备号(地址)，通过接口可实现对设备的选择。
- (2) I/O 设备种类繁多，速度不一，与 CPU 速度相差可能很大，通过接口可实现数据缓冲，达到速度匹配。
- (3) I/O 设备可能串行传送数据，而 CPU 一般并行传送，通过接口可实现数据的串并转换。
- (4) I/O 设备的入/出电平可能与 CPU 的入/出电平不同，通过接口可实现电平转换。
- (5) CPU 启动 I/O 设备工作，要向外设发各种控制信号，通过接口可传送控制命令。

(6) I/O 设备需将其工作状况(忙、就绪、错误、中断请求等)及时报告 CPU, 通过接口可监视设备的工作状态, 并保存状态信息, 供 CPU 查询。

归纳起来, 接口应具有选址的功能、传送命令的功能、反映设备状态的功能以及传送数据的功能(包括缓冲、数据格式及电平的转换)。

2. I/O 的编址方式有哪几种? 各有何特点?

答: 统一编址和不统一编址。

统一编址即在主存的地址空间划出一定的范围作为 I/O 地址, 这样通过访存指令即可实现对 I/O 的访问。但是主存容量相应减少了。

所谓不统一编址即 I/O 和主存的地址是分开的, I/O 地址不占主存空间, 故这种编址不影响主存容量, 但访问 I/O 时必须有专用的 I/O 指令。

3. I/O 与主机交换信息有哪几种控制方式? 各有何特点?

答: 主机与 I/O 交换信息的控制方式有:

(1) 程序查询方式。其特点是主机与 I/O 串行工作。CPU 启动 I/O 后, 时刻查询 I/O 是否准备好, 若设备准备就绪, CPU 便转入处理 I/O 与主机间传送信息的程序; 若设备未做好准备, 则 CPU 反复查询, 踏步等待直到 I/O 准备就绪为止。可见这种方式 CPU 效率很低。

(2) 程序中断方式。其特点是主机与 I/O 并行工作。CPU 启动 I/O 后, 不必时刻查询 I/O 是否准备好, 而是继续执行程序。当 I/O 准备就绪时, 向 CPU 发出中断请求信号, CPU 在适当的时候响应 I/O 的中断请求, 暂停现程序为 I/O 服务。这种方式消除了踏步现象, 提高了 CPU 的效率。

(3) DMA 方式。其特点是主机与 I/O 并行工作, 主存和 I/O 之间有一条直接数据通路。CPU 启动 I/O 后, 不必查询 I/O 是否准备好, 当 I/O 准备就绪后, 发出 DMA 请求, 此时 CPU 不之间额参与 I/O 和主存间的信息交换, 只是把外部总线(地址线、数据线及有关控制线)的使用权交赋予 DMA, 仍然可以完成自身内部的操作(如加法、移位等), 故不必中断现程序, 只需暂停一个存取周期访存(周期挪用), CPU 效率更高。

(4) 通道方式。通道是一个具有特殊功能的处理机, CPU 把部分权利下放给通道, 由它实现对外围设备的统一管理和外围设备与主存之间的数据交换, 大大提高了 CPU 的效率, 但它是花费更多的硬件为代价的。

(5) I/O 处理机方式。它是通道方式的进一步发展, CPU 将 I/O 操作及外围设备的管理权全部交给 I/O 处理机, 其实质是多机系统, 因而效率有更大提高。

4. 一般小型或微型机中, I/O 与主机交换信息有哪几种方式? 各有何特点? 哪种方式 CPU 效率最高?

答: 小型或微型机中, I/O 与主机交换信息一般有程序查询、程序等待和 DMA 三种方式。各自参考第三题。DMA 方式效率最高。

5. 什么是通道? 通道的基本功能是什么?

答: 通道是一个具有特殊功能的处理器, 它有自己的指令和程序, 专门负责数据输入输出的传输控制(CPU 把传输控制的功能下放给通道)。通道受 CPU 的 I/O 指令启动、停止或改变其工作状态。通道的基本功能是按 I/O 指令要求启动 I/O 设备, 执行通道指令, 组织 I/O 设备与主存进行数据传输, 向 CPU 报告中断等。

6. 解释通道指令和通道程序。

答: **通道指令**又叫通道控制字(CCW), 它是通道用于执行 I/O 操作的指令, 它可以由管理程序存放在主存的任何地方, 由通道从主存取出并执行。**通道程序**由通道指令组成, 它完成某种外围设备与主存传送信息的操作, 如将磁带记录区的部分内容送至指定地址的主存缓冲区内。

7. I/O 指令和通道指令有何区别？

答：I/O 指令是 CPU 指令系统的一部分，是 CPU 用来控制输入输出操作的指令，有 CPU 译码后执行。在具有通道结构的机器中，I/O 指令不实现 I/O 数据传送，主要完成启、停 I/O 设备，查询通道和 I/O 设备的状态及控制通道进行其他一些操作。

通道指令是通道自身的指令，用来执行 I/O 操作，如读、写、磁带走带及磁盘找道等。

8. CPU 和 I/O 之间有哪几种联络(定时)方式？各有何特点？分别适用于哪类设备？

答：CPU 与 I/O 之间的联络(定时)方式有三种。

(1) 立即响应方式。对于一些速度极慢或简单的外部设备，它们与 CPU 联络时，通常早已使其处于某种状态，因此只要 CPU 命令一到，它们就立即响应。

(2) 异步方式。对于一些慢速或中速的外设，由于与主机工作速度不匹配，且本身又在不规则时间间隔下操作，大多采用异步方式。即交换信息前，I/O 与 CPU 各自完成本身的任务，仅当出现联络信号时，彼此才交换信息。联络时采用应答方式，如 Ready 和 Strobe 可分别用来表示准备就绪和响应的含义。

(3) 同步方式。对于一些高速外设，它们是以相等的时间间隔操作的，而 CPU 也是以同等的速率执行输入输出指令。如某外设以 2400bps 的速率传输信息，而 CPU 需每隔  $1/2400$  s 的速率接收每一位数，这就是同步定时方式。

9. 试比较程序型接口和 DMA 型接口。

答：按照 I/O 设备输入输出的控制方式来分，接口可分为程序型接口和 DMA 型接口。

程序型接口用于连接速度较慢的 I/O 设备，如显示终端、行式打印机等。它适合于程序中中断方式实现 I/O 和主机交换信息。这种接口中通常设有设备选择电路、数据缓冲寄存器、反映设备状态及中断请求的触发器，并能接受 CPU 发来的各种命令。

DMA 型接口适用于连接高速 I/O 设备，如磁盘、磁带等。它适合于 DMA 方式实现 I/O 和主机交换信息。这类接口中的硬件电路比程序型接口复杂，主要有数据缓冲寄存器、字计数器、主存地址计数器、设备地址寄存器、DMA 控制逻辑及中断机构。它负责管理 I/O 和主存间的信息传送，可向 CPU 发出总线使用权的请求，在一组数据传送结束时，还可向 CPU 提出中断请求。

10. 程序查询方式和程序中中断方式都要有程序实现外围设备的输入输出，它们有何不同？

答：程序查询方式是用户在程序中安排一段输入输出程序，它由 I/O 指令、测试指令和转移指令组成。CPU 一旦启动 I/O 后就进入这段程序，时刻查询 I/O 准备的情况，若未准备就绪就踏步等待；若准备就绪就实现传送。在输入输出的全部过程中，CPU 停止自身的操作。

程序中中断方式虽也要用程序实现外部设备的输入、输出，但它只是以中断服务程序的形式插入到用户现行程序中。即 CPU 启动 I/O 后，继续自身的工作，不必查询 I/O 的状态。而 I/O 被启动后，便进入自身的准备阶段，当其准备就绪时，向 CPU 提出中断请求，此时若满足条件，CPU 暂停现行程序，转入该设备的中断服务程序，在服务程序中实现数据的传送。

11. 采用程序中中断方式实现主机与 I/O 交换信息的接口电路中一般有哪些硬件？各有何特点？

答：采用程序中中断方式实现主机与 I/O 交换信息的接口电路中一般有：

- (1) 设备选择电路，用以识别来自地址线的设备号，若与本接口的设备号一致，便给出设备选中信号。
- (2) 命令寄存器和命令译码器，传送来自 CPU 的命令信号。
- (3) 数据缓冲寄存器，用来存放来自设备的信息(输入)或从主机来的信息(输出)。
- (4) 反映设备状态的各类触发器，如工作、完成、中断请求、中断屏蔽等。
- (5) 中断向量逻辑(包括排队器)，用以产生设备的向量地址。

12. 以 I/O 设备的处理中断过程为例, 说明一次程序中断的全过程。

答: 以 I/O 设备的中断处理过程为例, 一次程序中断大致可分为五个阶段。

(1) 中断请求。CPU 启动 I/O 设备后, 设备进入自身准备阶段, 当其准备就绪时, 便向 CPU 提出中断请求。

(2) 中断判优。当同时出现多个中断请求是, 中断判优逻辑(硬件排队或软件排队)选择出优先级最高的中断请求, 待 CPU 处理。

(3) 中断响应。如果允许中断触发器为 1, 请求中断的设备又未被屏蔽, 系统便进入中断响应周期。在该周期内, CPU 自动执行一条中断隐指令, 将程序断点及程序状态字保存起来, 同时硬件关中断, 并把向量地址送 PC。

(4) 中断服务。中断响应周期结束后, CPU 转入取指周期, 此时按向量地址取出一条无条件转移指令(或按向量地址查入口地址表), 转至该向量地址对应的中断服务程序入口地址, 便开始执行中断服务程序(包括保护现场、与 I/O 传送信息和恢复现场)。

(5) 中断返回。中断服务程序的最后一条指令即是中断返回指令, 执行该指令即返回到程序断点, 至此一次程序中断结束。

13. DMA 方式的主要特点是什么? DMA 接口电路中应设置哪些硬件?

答: DMA 方式的主要特点是: I/O 和 CPU 并行工作; 主存和 I/O 接口间有一条直接数据通路; 不中断现行程序, 无需保护现场、恢复现场; 当 DMA 请求占用总线控制权时, 若采用周期挪用的方式, CPU 暂停一个存取周期访问主存, 但可继续自身内部的操作(如乘法等), 即传送和主程序是并行的。

DMA 接口电路中应有主存地址寄存器、字计数器、数据缓冲寄存器、设备地址寄存器、中断机构和 DMA 控制逻辑。

14. 在 DMA 方式中有没有中断请求? 为什么?

答: 在 DMA 方式中有中断请求。虽然 DMA 方式不靠中断请求传送信息, 在主存和 I/O 接口之间有直接数据通路, 但在一组数据传送完毕时, 仍需向 CPU 提出中断请求, 报告传送结束。此时 CPU 将中断现行程序, 去做一些 DMA 结束处理工作, 如测试传送过程中是否出错, 这种工作 DMA 接口是无法完成的, 只有靠中断服务程序来处理。

15. DMA 方式中的中断请求和程序中断方式中的中断请求有何区别?

答: DMA 方式中的中断请求不是为了传送信息(信息是通过主存和 I/O 间的直接数据通路传送的), 只是为了报告 CPU 一组数据传送结束, 有待 CPU 做一些后处理工作, 如测试传送过程中是否出错, 决定是否继续使用 DMA 方式传送等。而程序中断方式的中断请求是为了传送数据, I/O 与主机交换信息完全靠 CPU 响应中断后转至中断服务程序完成的。

16. 在 DMA 方式中, CPU 和 DMA 接口分时使用主存有哪几种方法? 简要说明之。

答: 在 DMA 方式中, CPU 与 DMA 接口分时使用主存, 通常采用三种方法。

(1) 停止 CPU 访问主存。这种方法 DMA 在传送一批数据时, 独占主存, CPU 放弃了地址线、数据线和有关控制线的使用权。在一批数据传送完毕后, DMA 接口才把总线的控制权交回给 CPU。显然, 这种方法在 DMA 传送过程中, CPU 基本处于不工作状态或保持原状态。

(2) 周期挪用。这种方法 CPU 按程序的要求访问主存, 一旦 I/O 设备有 DMA 请求, 则由 I/O 设备挪用一個存取周期。此时 CPU 可完成自身的操作, 但要停止访存。显然这种方法既实现了 I/O 传送, 又较好地发挥了主存和 CPU 的效率, 是一种广泛采用的方法。

(3) DMA 与 CPU 交替访存。这种方法适合于 CPU 的工作周期比主存的存取周期长的情况。如 CPU 的工作周期大于主存周期的两倍, 则每个 CPU 周期的上半周期专供 DMA 接口访存, 下半周期专供 CPU 访存。这种交替访问方式不需要总线使用权的申请、建立和归还过程, 使 DMA 传送和 CPU 工作效率最高, 但相应的硬件逻辑更复杂。

17. 解释周期挪用，分析周期挪用可能会出现几种情况。

答：所谓周期挪用，即在 DMA 传送方式中，当 I/O 设备没有 DMA 请求时，CPU 按程序的要求访问主存；一旦 I/O 设备有 DMA 请求并与 CPU 访存发生冲突时，CPU 要暂停一个存取周期访存，把总线控制权让给 DMA。这就好比 I/O 设备挪用了 CPU 的访存周期，故称周期挪用或周期窃取。

设备提出 DMA 请求可能会遇到三种情况：

(1) I/O 设备有 DMA 请求时，CPU 正在进行自身的操作(如乘法等)，并不需要访存，即 I/O 访存和 CPU 访存没有冲突，故不存在周期挪用。

(2) I/O 设备要求访存时，CPU 也要求访存，此时发生冲突。在这种情况下，I/O 设备的 DMA 请求优先(因为 I/O 访存有时间要求，前一个 I/O 数据必须在下一个访存请求到来前存取完毕)，即出现了周期挪用，CPU 需延缓一个存取周期访存。

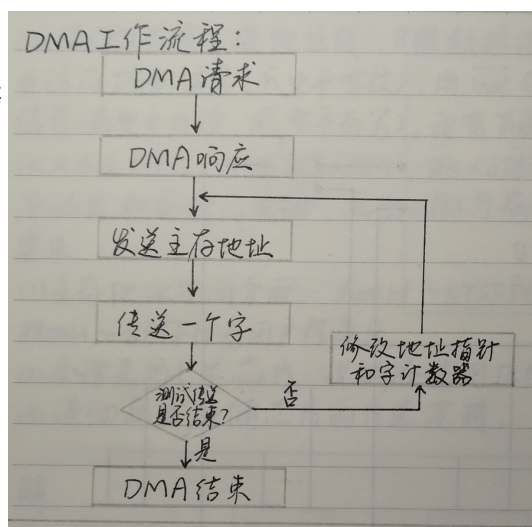
(3) I/O 设备有 DMA 请求时，存储器本身正处于忙状态(正在读或写)，此时必须待存取周期结束后才能进行 I/O 访存。

18. DMA 接口主要由哪些部件组成？在数据交换过程中它应完成哪些功能？画出 DMA 工作过程的流程图(不包括预处理和后处理)。

答：DMA 接口主要由数据缓冲存储器、主存地址计数器、字计数器、设备地址寄存器、中断机构和 DMA 控制逻辑等组成。

在数据交换过程中，DMA 的功能有：向 CPU 提出总线请求信号；当 CPU 发出总线响应信号后，接管对总线的控制；向存储器发地址信号(并能自动修改地址指针)；向存储器发读/写等控制信号；修改字计数器，并根据传送字数，判断 DMA 传送是否结束；发 DMA 结束信号，向 CPU 申请程序中断，报告一组数据传送完毕。

DMA 工作流程如右图：



19. 画出单重中断和多重中断的处理流程，说明它们的不同之处。

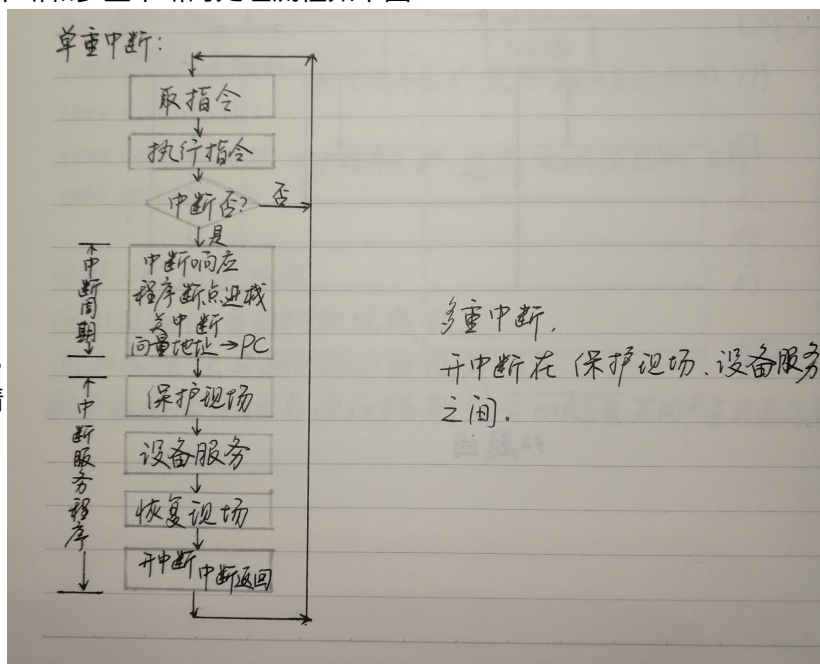
答：以程序断点存入堆栈为例，单重中断和多重中断的处理流程如下图：

它们的主要区别是：在中断服务程序中，开中断指令安排的位置不同。

单重中断的开中断指令安排在恢复现场之后，中断返回之前。

多重中断的开中断指令安排在保护现场之后。

由于 CPU 一旦响应的中断会自动关中断，因此单重中断在恢复现场之前，CPU 不可能再次响应任何新的中断请求。而多重中断在保护现场之后立即开中断，因此在此后 CPU 便可再次响应级别更高的中断源请求，实现多重中断。



20. 什么是向量地址？何时形成向量地址？指出向量地址形成部件是由什么电路组成？它的输入来自何处？又输出至何处？

答：向量地址是存放服务程序入口地址的存储单元地址，它由硬件形成。当有中断请求并且排队选中时，通过由组合逻辑电路(编码器)组成的向量地址形成部件可形成向量地址。其输入来自排队器输出，其输出在中断周期送至 PC。

21. 已知 A、B、C、D 四个外围设备，分别对应 4 个八进制的向量地址 11、12、13、14,设计一个向量地址形成部件，要求：

- (1) 用与非门。
- (2) 向量地址输至 PC(16 位)。
- (3) 指出向量地址何时送至 PC。

22. 字符显示器的接口电路中配有缓冲存储器和只读存储器，各有何作用？

答：字符显示器的接口电路中，缓冲存储器由 RAM 组成，用来存放计算机准备显示的字符编码。缓存的每一地址分别对应 CRT 显示器上的不同位置，缓存每一单元的内容即为欲显示字符的 ASCII 码。字符显示器接口电路中的只读存储器是用来存放每一个 ASCII 码对应的光点代码的，如果荧光屏上的字符是以 5×7 光点组成，则 ROM 可视为将 ASCII 码变为一组 5×7 光点矩阵的部件，又称字符发生器。

23. 什么是关中断？关中断有什么意义？

答：在 CPU 中有一个允许中断触发器，当其为 1 状态时，允许 CPU 响应中断；当其为 0 状态时，CPU 不能响应中断。使允许中断触发器置 0 即为关中断，意味着不允许 CPU 响应任何中断。

24. 试从五个方面比较程序中断方式和 DMA 方式有和区别。

答：DMA 方式和程序中断方式的区别为：

从数据传送看，程序中断方式靠程序传送，DMA 方式靠硬件传送。

从 CPU 响应时间看，程序中断方式在一条指令执行结束时响应，而 DMA 方式在存取周期结束时才能响应，即将总线控制器让给 DMA 传送。

程序中断方式有处理异常的能力，而 DMA 方式没有这种能力。

程序中断方式需要中断现行程序，故需保护现场，DMA 方式不需中断现行程序，无需保护现场。

DMA 的优先级比程序中断高。

25. 画出硬件向量法实现 I/O 与主机交换信息原理框图，并说明传送过程。

P124

26. 串行接口和并行接口的主要区别是什么？

答：按照设备传送数据位数的不同，接口可分串行接口和并行接口两大类。

串行接口把外设的串行输入码转换成计算机内部所需的并行码；也可以把计算机内的并行码转换成外设所需的串行码输出。并行接口是以字或字节宽度并行传送数据的接口。故串行接口中必须有实现串-并或并-串转换的移位寄存器。

27. 不同设备的外部设备与主机连接时，应考虑哪些主要问题？

答：应考虑速度差别、数据格式、传送主机命令、反映设备工作状态、识别和指示数据传送的地址等。这些问题可通过主机和外设间的接口完成。

28. 采用 DMA 方式实现主机与 I/O 交换信息的接口电路有哪些硬件？各有何作用？

答：DMA 接口电路中应配有主存地址寄存器，用以存放设备和主存交换信息时主存的地址(有计数功能)；字计数器，用来存放交换字数，有计数功能；数据缓冲寄存器，用来存放设备与主存间传送的信息；设备地址寄存器，用以存放设备地址；DMA 控制逻辑，控制管理 DMA 接口正常工作；中断机构，向 CPU 发 DMA 传送结束信号请求中断。

29. 试述 DMA 方式的特点，并与其他四种主机与 I/O 交换信息的控制方式进行比较。

答：DMA 方式的特点是主机与设备并行工作；设备通过 DMA 接口与主存有一条直接数据通路；当设备和主存交换信息时，不中断现执行程序；采用周期窃取方式(此时 CPU 只需将总线的控制器让给 DMA 使用，暂停一个存取周期访存)。  
其他四种方式见第三题。

31. 在什么条件和什么时间，CPU 可以响应 I/O 的中断请求？

答：CPU 响应 I/O 中断请求的条件是：允许中断触发器是 1 状态(即开中断)；I/O 本身有请求又未被屏蔽；经排队后又被选中。  
CPU 响应 I/O 中断请求的时间是每条指令执行阶段的结束时刻，因为此时由 CPU 发出中断查询信号，才能获取 I/O 的中断请求信号。

32. 试从下面七个方面比较程序查询、程序中断、DMA 三种方式的综合性能。

答：

	程序查询	程序中断	DMA
数据传送	依赖软件	依赖软件	依赖硬件
传送数据的基本单位	位	字	块
并行性	CPU 与 I/O 串行	CPU 与 I/O 并行 传输与主程序串行	CPU 与 I/O 并行 传输与主程序并行
主动性	CPU	设备	设备
传输速度	慢	慢	快
经济性	费用低	介于查询和 DMA 之间	费用高
应用对象	低速	较低	高速成批传输

33. CPU 对 DMA 请求和中断请求的响应时间是否一样？为什么？

答：CPU 对 DMA 请求和中断请求的响应时间是不一样的。响应中断请求是在每条指令执行周期结束的时刻，而响应 DMA 请求是在存取周期结束的时刻。因为中断方式是程序切换，而程序又是由指令组成，所以必须在一条指令执行完毕才能响应中断请求。而且 CPU 只有在每条指令执行周期的结束时刻才发出查询信号，以获取中断请求信号，此时若条件满足，便能响应中断请求。DMA 请求是由 DMA 接口根据设备的工作状况向 CPU 申请占用总线，此时只要总线未被 CPU 占用，即可立即响应 DMA 请求；若总线正在被 CPU 占用，则必须等待该存取周期结束时，CPU 才交出总线的使用权。



34. 假设某设备向 CPU 传达信息的最高频率是 40KHz，而相应的中断处理程序其执行时间为 40 微秒，试问该外部设备是否可采用程序中断方式与主机交换信息？为什么？

答： $1/40\text{KHz} = 25$  微秒，该设备每隔 25 微秒向 CPU 传送一次信息，如果采用程序中断方式，40 微秒才能处理一次数据，会造成数据丢失，所以不能用程序中断方式与主机交换信息。

35. 一个通用的输入输出接口应配置哪些电路？各有何作用？

答：一个通用的输入输出接口应配置：

设备选择电路，用以识别设备的地址。

命令寄存器，用以存放 I/O 指令中的命令码。

命令译码器，可对命令码译码，给出控制信号。

数据缓冲寄存器，存放主机和 I/O 之间准备交换的数据。

反映设备状态的各种标记，应包括工作触发器、完成触发器、中断请求触发器和屏蔽触发器等。

相应的控制逻辑电路，视不同的接口而定。

37. 试比较 DMA 方式和 I/O 通道方式的特点。

答：

(1) DMA 方式是借助硬件完成数据交换，而通道方式是它本身通过执行一组通道指令来完成数据交换。

(2) 一台外设配一个 DMA 接口，若一个 DMA 接口连接多台同类外设，则它们只能串行工作。而一个通道可以连接多台不同类型的外设，这些外设均可在通道控制下同时工作。

(3) DMA 适合于高速外设成组传送，通道则高低速外设均可使用。

38. 试比较程序中断方式和 I/O 通道方式的特点。

答：

(1) 程序中断方式由 CPU 终止现行程序，然后转至中断服务程序实现主机与 I/O 设备之间的数据传送。而通道方式是由通道程序实现主机与 I/O 设备之间的数据传送。

(2) 程序中断方式的中断服务程序与 CPU 现行程序是串行工作的。I/O 通道方式的通道程序与 CPU 现行程序是并行工作的。

(3) I/O 通道是集中独立的硬件，可连接多台快速或慢速的外设。程序中断方式一般适用于慢速的外设，而且每个外设都有自己的中断接口和中断服务程序。

39. I/O 端口和 I/O 接口有什么区别？主机与外部设备间信息交换通过访问什么来实现？80X86 微型计算机采用哪一种编址方式实现 CPU 对 I/O 的访问。

答：I/O 接口通常指主机与 I/O 设备之间的一个硬件电路及其相应的软件控制。它一般通过地址线、数据线和控制线与 CPU 连接，一边通过数据信息、控制信息和状态信息与外设连接。I/O 接口有多个寄存器，又称作 I/O 端口，它们可存放数据信息、控制信息和状态信息，这些端口是可编程的。主机与外设之间的信息交换是通过访问这些端口来实现的。

80X86 微型计算机采用独立编址(不统一编址)方式，采用专用的 I/O 指令，实现 CPU 对外设的访问。它包括直接寻址由立即数直接给出 I/O 端口地址，或间接寻址由 DX 寄存器间接给出 I/O 端口地址。