

第七章 输入输出设备与系统

第七章 输入输出设备与系统

课前思考:

1. 什么是输入输出设备?
2. 常用的计算机输入/输出设备有哪些?
3. 输入/输出设备原理是什么样的?
4. 输入输出设备与主机怎样交换数据?

本章主要内容:

本章讲述输入输出设备的分类、具体的输入输出设备以及CPU与外部设备之间传输信息的方式。

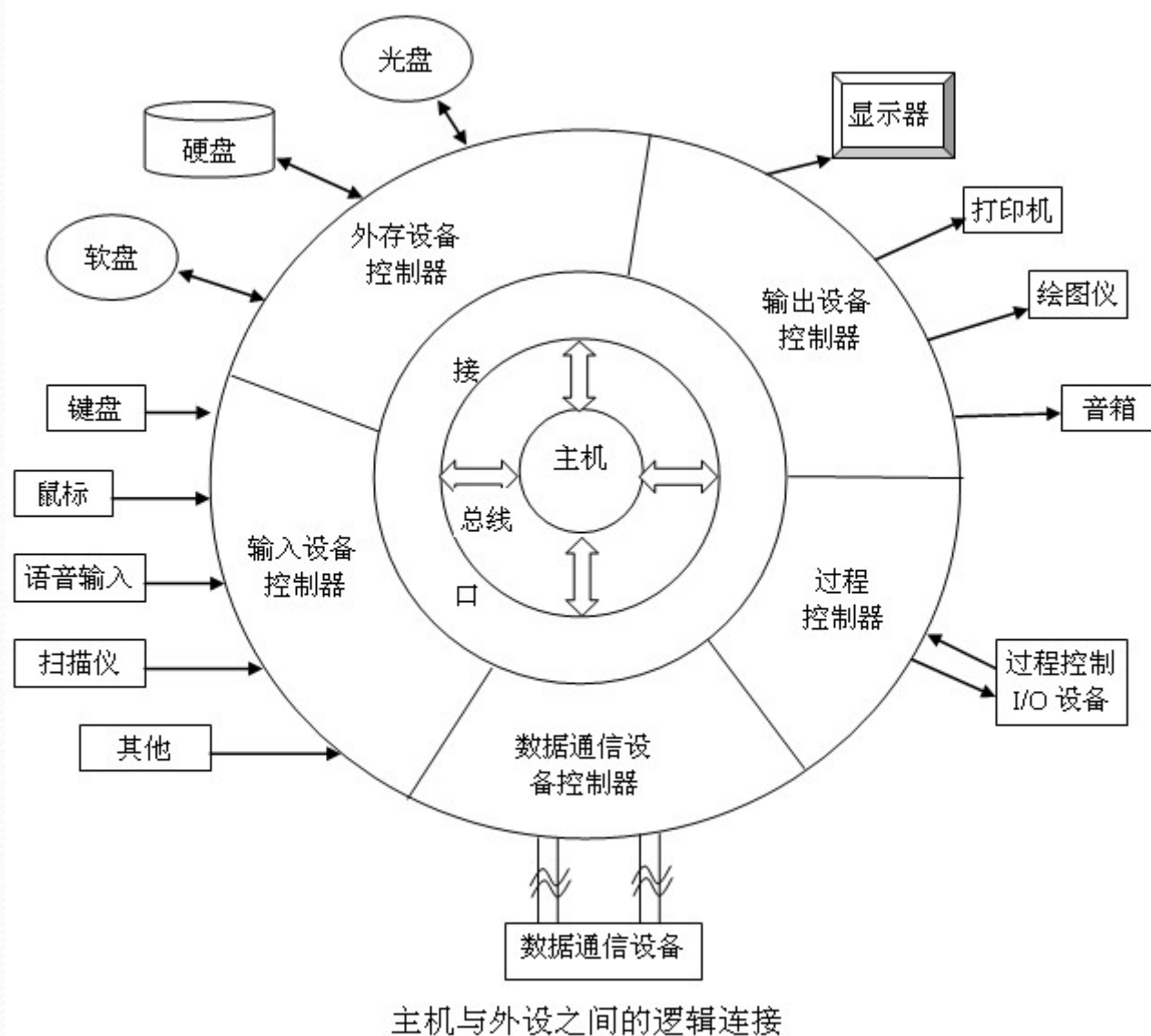
- (1) 程序查询方式
- (2) 程序中断方式
- (3) 直接存储器访问 (DMA) 方式
- (4) 通道方式

第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

输入输出设备的作用

输入输出设备的作用就是在计算机和其他机器之间，以及计算机与用户之间提供的联系。

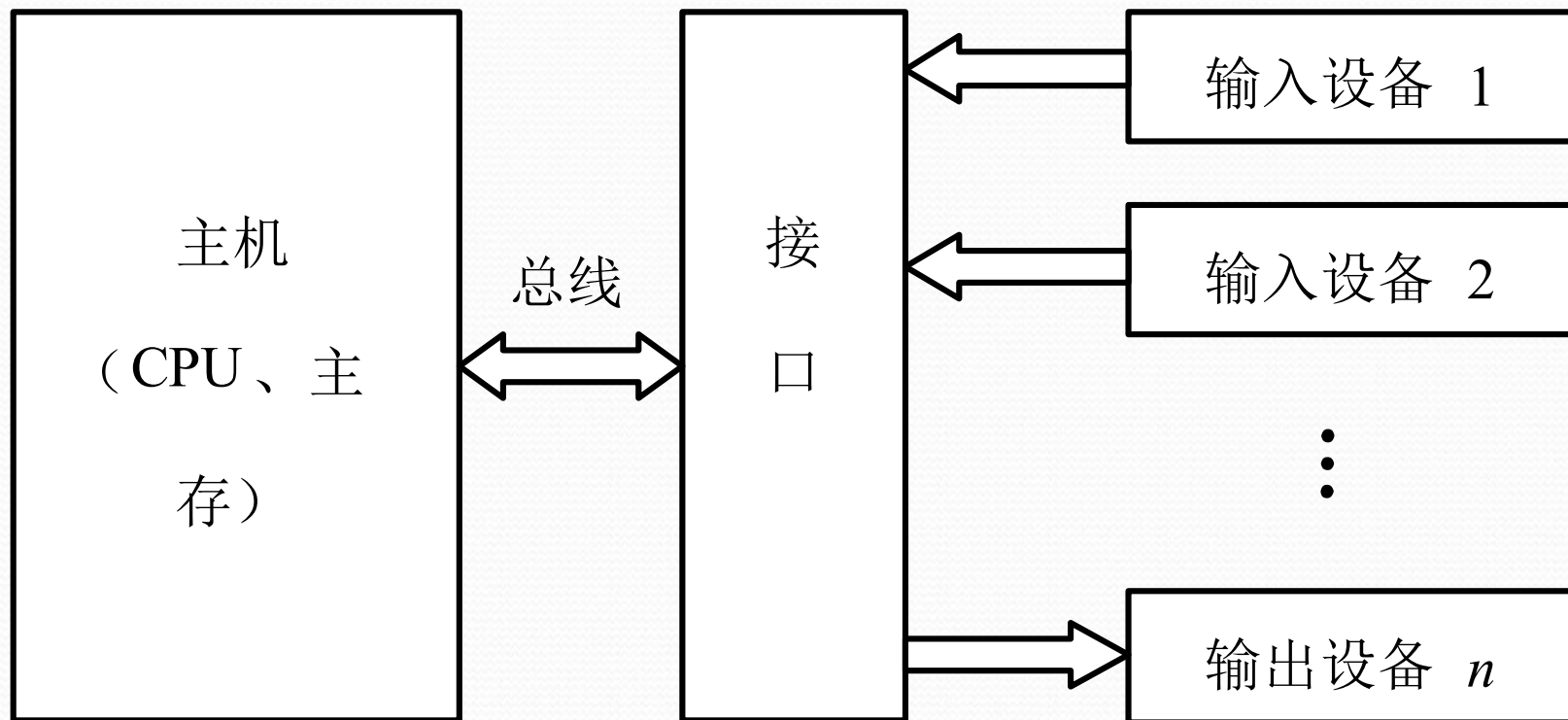


输入输出设备分类

根据设备完成任务的性质，输入输出设备一般可分为5类，即输入设备、输出设备、外存设备、数据通信设备和过程控制设备。

计算机系统中，输入/输出设备是通过接口，再经过总线和主机连接在一起的。

主机与外设之间的连接



第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

显示设备概述

以可见光的形式传递和处理信息的设备叫显示设备，显示设备是目前计算机系统中应用最广泛的人机界面设备。

按显示设备所用的显示器件分类：

阴极射线管（CRT）显示器、液晶显示器（LCD）、离子显示器（PD）

按所显示的信息内容分类：

字符显示器、图形显示器、图像显示器

显示设备常用概念

1. 分辨率和灰度级

分辨率是指显示器所能表示的像素个数。一般用 $m \times n$ 的形式表示；**灰度级**是指黑白显示器中所显示的像素点的亮暗差别，在彩色显示器中则表现为颜色数。

2. 刷新和刷新存储器

CRT发光是由电子束打在荧光粉上引起的。电子束扫过之后其发光亮度只能维持几十毫秒便消失。为了使人眼能看到稳定的图像显示，必须使电子束不断重复扫描整个屏幕，这个过程叫做**刷新**。为了不断提供刷新图像的信号，必须把一帧图像信息存储在**刷新存储器**，也叫**视频存储器**。其存储容量由图像分辨率和灰度级决定。

3. 随机扫描和光栅扫描

随机扫描是控制电子束在CRT屏幕上随机地运动，从而产生图形和字符。电子束只在需要做图的地方扫描，而不必扫描全屏幕，因此这种扫描方式画图速度快，图像清晰。**光栅扫描**是电视中采用的扫描方法。在电视中图像充满整个画面，因此要求电子束扫过整个屏幕。光栅扫描是从上至下顺序扫描，采用逐行扫描和隔行扫描两种方式。

字符显示原理

一般字符显示器在屏幕上可显示80列 \times 25行共2000个字符，即有2000个字符窗口。对应于每个字符窗口，所需显示字符的ASCII码被存放在视频存储器VRAM中，以备刷新，故VRAM应有2000个单元存放被显示的字符信息。

显示字符的方法以点阵为基础。点阵是由 $m \times n$ 个点组成的阵列，并以此来构造字符。在单色字符显示器中，常用的字符窗口为9 \times 14点阵，字符本身占7 \times 9点阵。

以字符“A”为例，它在窗口中的位置如下图所示。

字符显示原理

	7	6	5	4	3	2	1	0	
0000									10H
0001									28H
0010									44H
0011									82H
0100									82H
0101									82H
0110									FEH
0111									82H
1000									82H
1001									00H
1010									00H
1011									00H
1100									00H
1101									00H

“A”在字符窗口中的点阵格式

字符显示器的构成

每个字符窗口包含14个点阵字节，对于任何字符来说，各自的点阵字节是固定不变的，它们事先被存放在只读的字符发生器中，每个字符在字符发生器中占用14个字节，例如“A”字符存放在发生器中14个点阵字节为：

10H,28H,44H,82H,82H,82H,FEH,82H,82H,00H,00H,00H,00H,00H。

它们存放在字符发生器中的地址这样确定：

高位地址为该字符的ASCII码，低位地址为0000B~1101B（这个地址在实现过程中称为光栅地址计数器，用RA3~RA0表示），它具体指向这个字形点阵中的某个字节。

在显示过程中，按照VRAM中的ASCII码和光栅地址计数器访问ROM，依次取出字形点阵，就可以完成一个字符的输出。

对于字符“A”来说，它的点阵存储地址应该这样计算：高位地址为字符“A”的ASCII码，即41H，低位地址RA3~RA0为0000，即0H，高低位相拼接，形成410H即为字符“A”在ROM中的点阵存储地址，从410H开始的连续14个单元就是字符“A”的点阵信息。

例题

例：某CRT显示器可显示64种ASCII字符，每帧可显示64字
×25排；每个字符字形采用7×8点阵，即横向7点，字间间隔1点，纵向8点，排间间隔6点；帧频50Hz，采取逐行扫描方式。问：

- (1) 缓存容量有多大？
- (2) 字符发生器（ROM）容量有多大？
- (3) 缓存中存放的是ASCII码还是点阵信息？
- (4) 缓存地址与屏幕显示位置如何对应？

例题

解：

由题意可知，每帧显示 $64 \times 25 = 1600$ 个字符，每个字符窗口为 $(7+1) \times (8+6) = 8 \times 14$ 。

则：每个字符需要14个字节的点阵信息。

(1) 缓冲容量为1600字节。

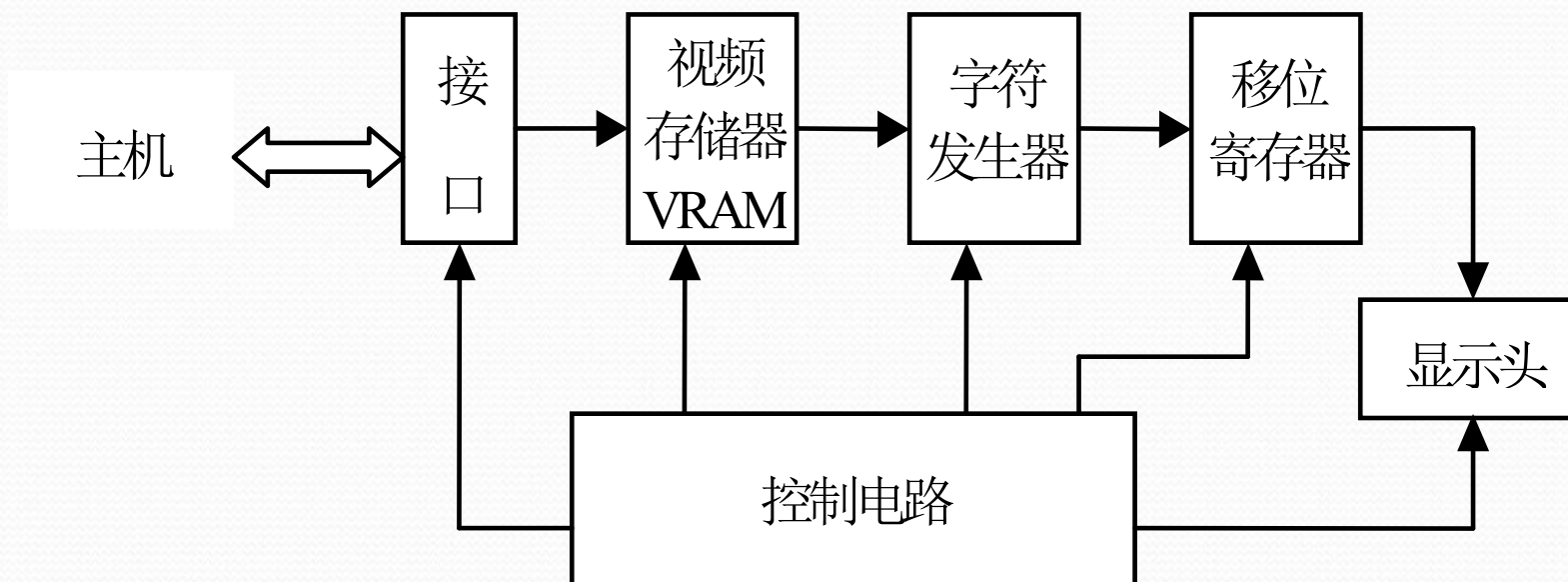
(2) 字符发生器的容量为 $64 \times 14 = 896$ 字节。

(3) 缓冲中存放的是ASCII码。

(4) 从缓冲的首地址开始，和屏幕从上至下、从左到右逐个对应。

字符显示器结构框图

字符显示器由以下六部分组成。



图像显示设备

图像显示设备是指以可见光的形式显示图像的输出设备。

图形是用计算机表示和生成的图，称作主观图像。在计算机中表示图形，只需存储绘图命令和坐标点，没有必要存储每个像素点。而**图像**所处理的对象多半来自客观世界，即由摄像机摄取下来存入计算机的数字图像，这种图像称为客观图像。由于数字化以后逐点存储，因此图像处理需要占用庞大的主存空间。

图像显示器采用光栅扫描方式，其分辨率在 **256×256** 或 **512×512** 个像素，与图形显示器兼容的图像显示器可达 **1024×1024** ， **1280×1024** ，有的甚至达到更高。灰度级也可达24位真彩（ 2^{24} ）。

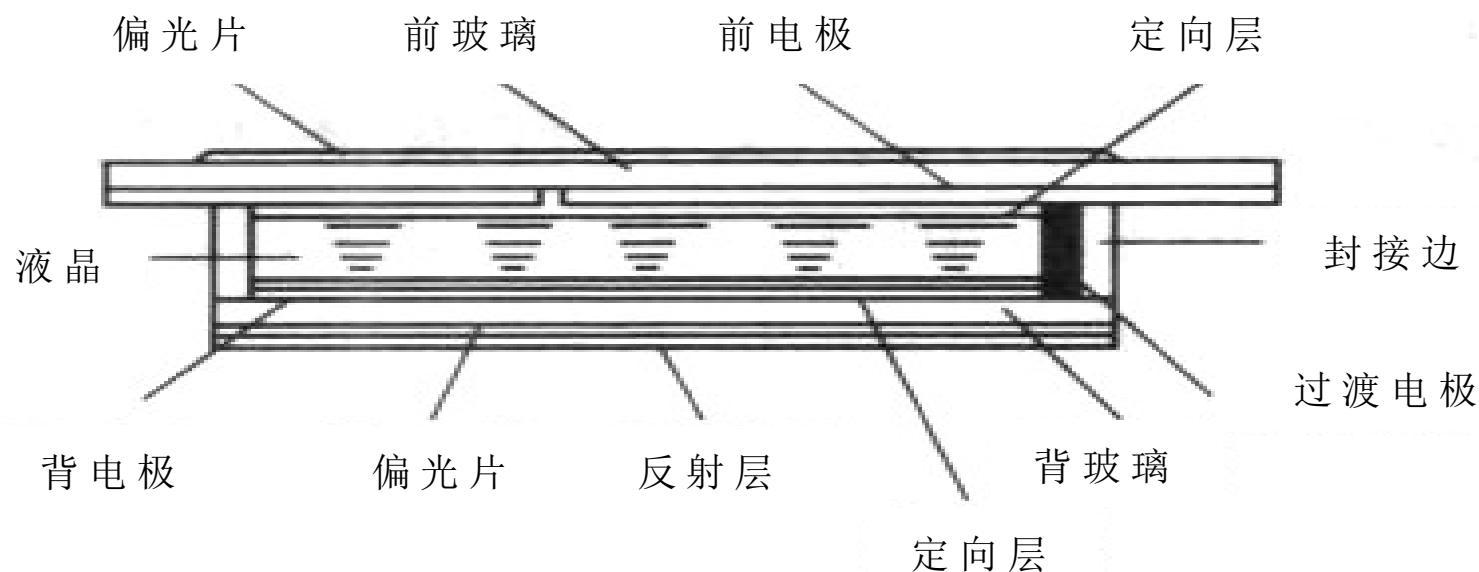
液晶显示器

1. 液晶显示器特点

低压且微功耗；平板型结构；被动型显示；显示的信息量大；易于彩色化；长寿命；无辐射且无污染。

2. 液晶显示原理

3. 液晶显示器件



第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

输入设备

常用的计算机输入设备分为图形输入、语音输入、图像输入等几类。

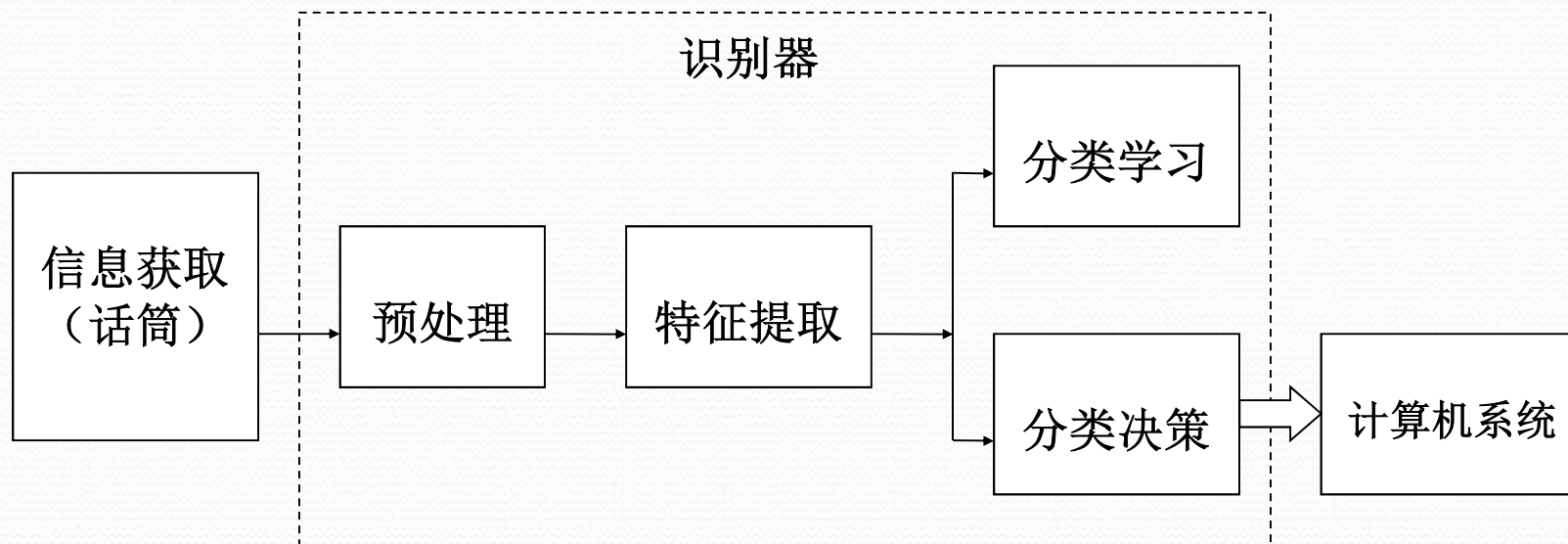
图形输入设备：

- (1).键盘输入
- (2).光笔输入
- (3).图形板和游动标输入
- (4).鼠标器输入

语音输入设备：

利用人的自然语音实现人--机对话是新一代多媒体计算机的重要标志之一。常用的语音输入设备包括麦克、话筒、语音笔等录音设备

语音输入设备



语音输入系统的系统构成

图像输入设备

最理想的图像输入设备是数字摄像机。



第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

打印设备分类

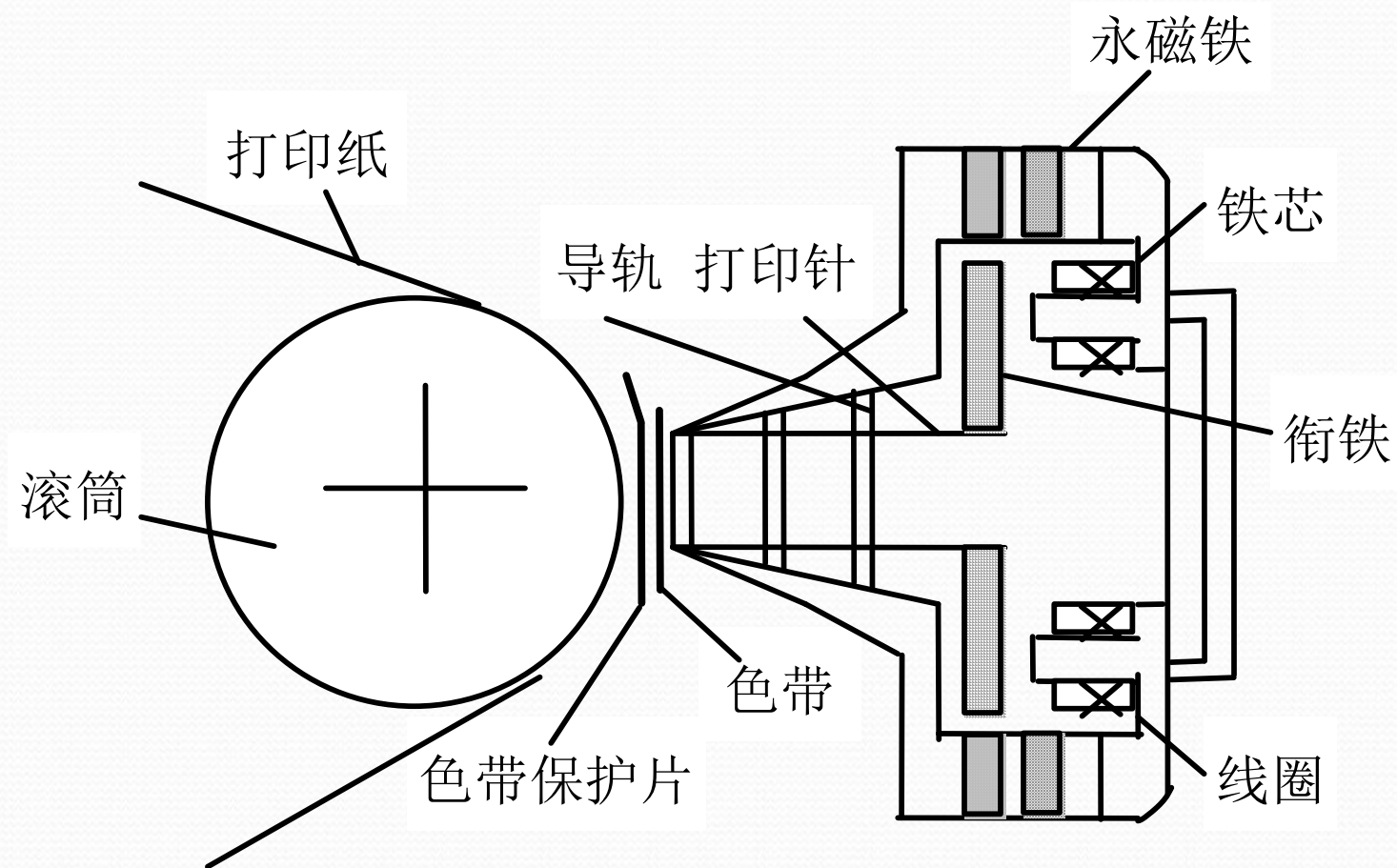
按印字原理分，分为**击打式**和**非击打式**两大类。

击打式打印机又分为**活字式打印**和**点阵针式打印**两种。

按工作方式分，可分为**串行打印机**与**行式打印机**两种。

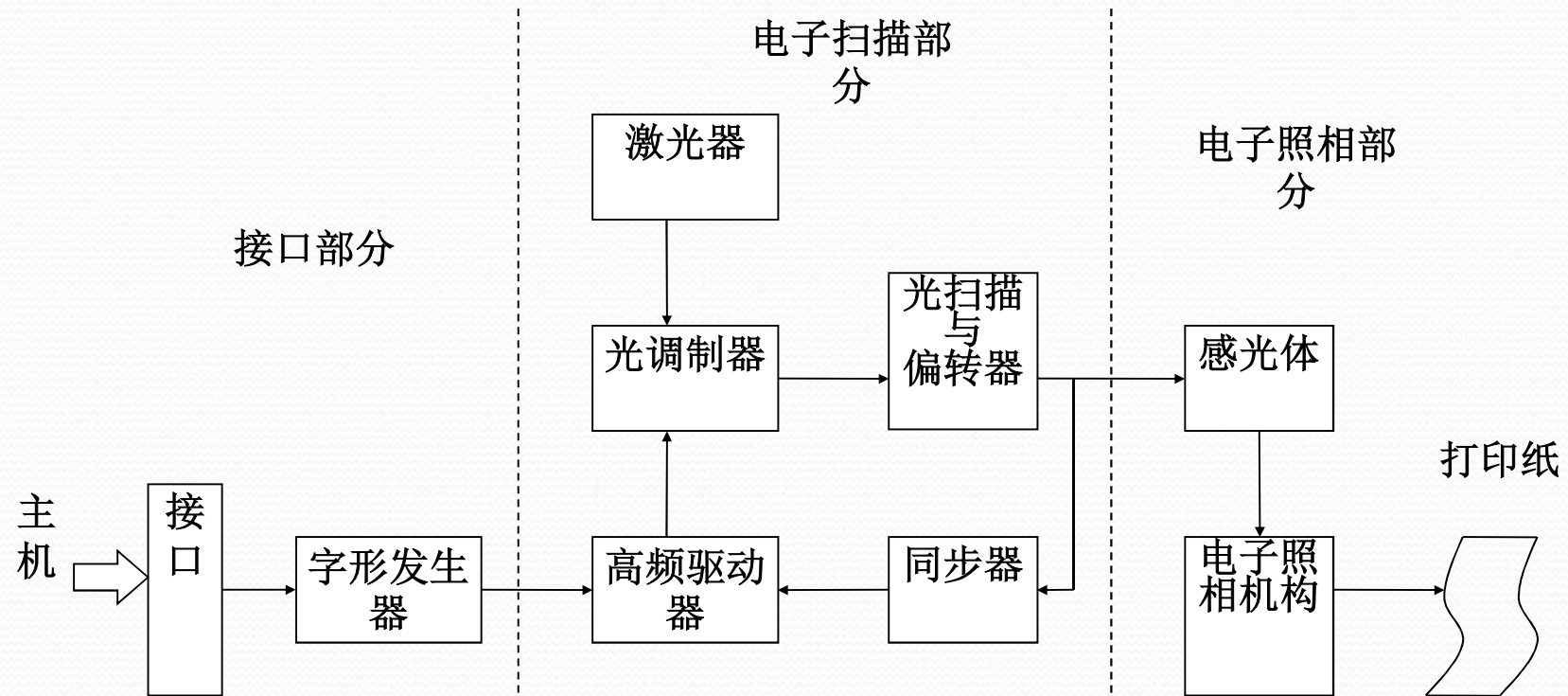
下面简单介绍**点阵打印机** 和**激光打印机**。

点阵针式打印机



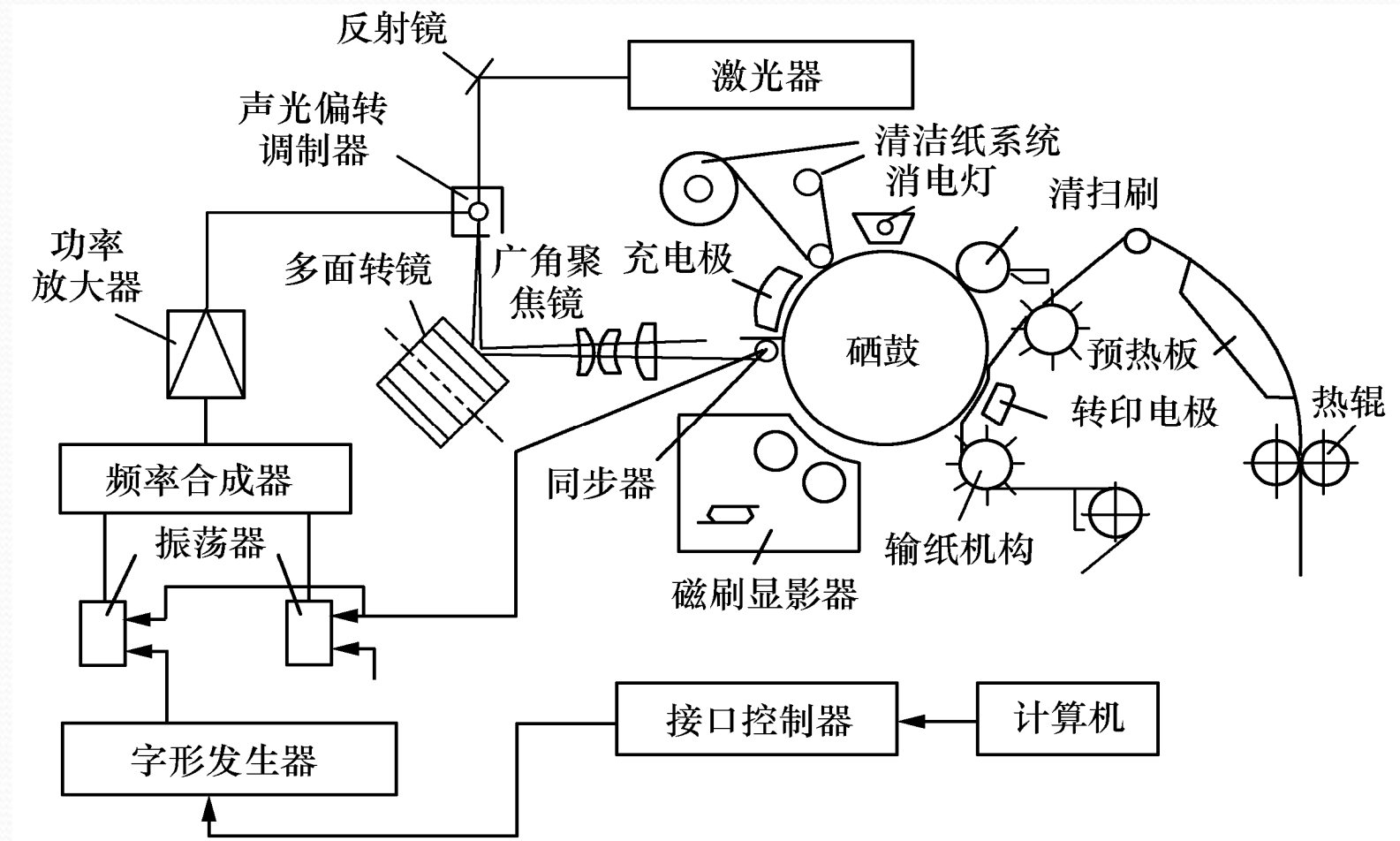
针式打印机的结构

激光打印机



激光打印机的组成

激光打印机的工作原理



激光打印机的工作原理

第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

接口的概念

接口技术是把由处理器等组成的基本系统与外部设备连接起来，从而实现计算机与外设通信的一门技术。

CPU和外设之间必须通过接口电路来连接。

接口的功能

- (1) 设置数据的寄存、缓冲逻辑，以适应两者速度上的差异。
- (2) 设置信息格式相容性转换逻辑，以满足两者各自对数据格式的要求。
- (3) 设置电器性能的适配逻辑，以确保两者的电路按各自要求的信号类型和电平工作。
- (4) 设置时序控制异步逻辑，以实现两者间异步传输的规程，满足双方各自对时序的要求。通常，用“握手应答”方式确保两者操作同步。
- (5) 设置地址译码和选择逻辑。
- (6) 设置设备控制及监测逻辑。
- (7) 设置中断和（或）DMA控制逻辑。

接口的构成

实现数据传送的接口电路主要由控制逻辑命令电路、状态存储和设置电路、数据存储与缓冲电路三部分组成。

CPU通过执行程序不断读取并测试外设状态，如果输入设备处于已准备好状态或输出外设处于空闲状态时，则CPU执行传送信息指令。查询方式又称为条件方式，它是CPU在不断查询外设当前状态以后才进行信息传输的，所以称为“查询方式”。因此，查询方式的接口电路应包括：传输数据端口及传输状态端口。当输入信息时，外设准备好后，将数据送入锁存器，并使接口的“准备好”标志置为1。当输出信息时，外设取走一个数据后，外设将标志位置成“空闲”状态，可以接收下一个数据。

程序查询方式

一个数据传送过程由3个环节组成：

- (1) CPU从接口中读取状态字；
- (2) CPU检测状态字的对应位是否满足“就绪”条件，如果不满足，则回到前一步继续读取状态字；
- (3) 如状态字表明外设已处于“就绪”状态，则传输数据。

程序中断方式

在中断传送方式下，外设具有申请CPU服务的主动权，当输入设备将数据准备好或输出设备可以接收数据时，外设就可以向CPU提出中断请求，使CPU暂时停下目前的工作而和外设进行一次数据传输，等输入操作和输出操作完成之后，CPU继续进行原来的工作。

中断源—引起中断的原因

- 重新启动中断
- 机器检验出错中断
- 程序性错误引起的中断
- 访问管理程序中中断
- 外部事件中中断
- 输入输出中断

中断优先级

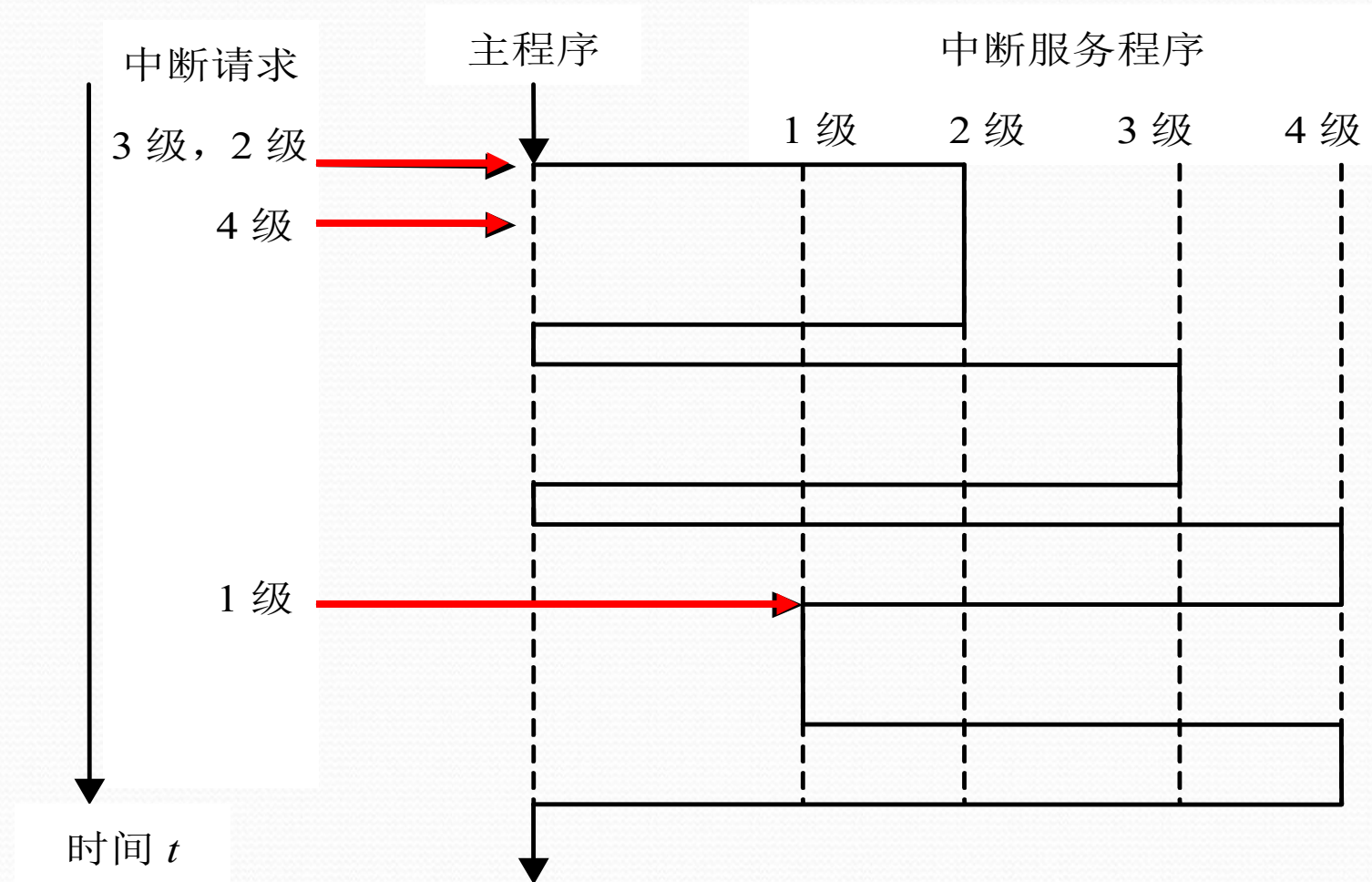
一般来讲，中断优先级考虑以下一些因素：

- ◆ 中断源的紧急程度
- ◆ 设备的工作速度
- ◆ 数据恢复的难易程度

程序中中断实例

例如，假设共有4个中断源，中断优先级别由高到低的顺序是：1级、2级、3级和4级。当处理机执行主程序时，同时有2级和3级提出中断申请。由于2级的优先级别较3级高，因此处理机先去响应2级中断源的中断服务。在响应2级中断服务的过程中，又有4级中断源提出中断申请，但是由于其优先级别最低，因此只能等待。于是中断服务的顺序是2级、3级和4级。假设在处理机为4级中断源服务的过程中，有1级中断源提出申请，由于其优先级别最高，因此将处理机正在服务的4级中断服务程序中断，转而处理1级中断源的中断服务，等1级中断服务处理完毕后，再去为4级中断源服务，直到完成中断服务，返回主程序。其响应顺序如图所示。

程序中中断实例



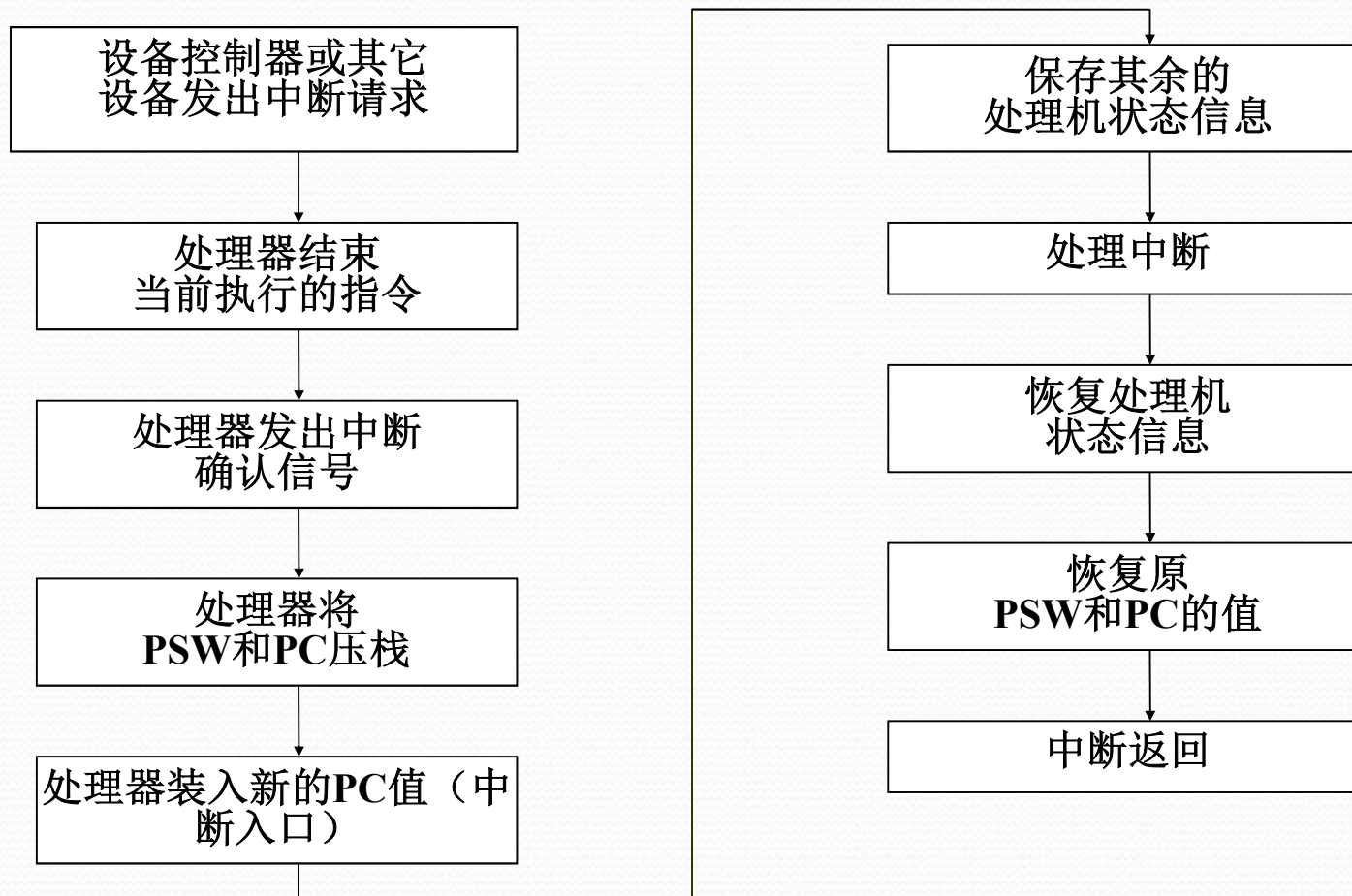
按照中断优先级响应中断请求实例

中断处理过程

一般的中断处理过程包括：

- 1) 中断条件判断
- 2) 确定响应中断
- 3) 识别中断源，找中断服务程序入口地址
- 4) 保护断点
- 5) 保护现场
- 6) 执行中断服务
- 7) 恢复断点和现场
- 8) 中断返回

中断处理过程

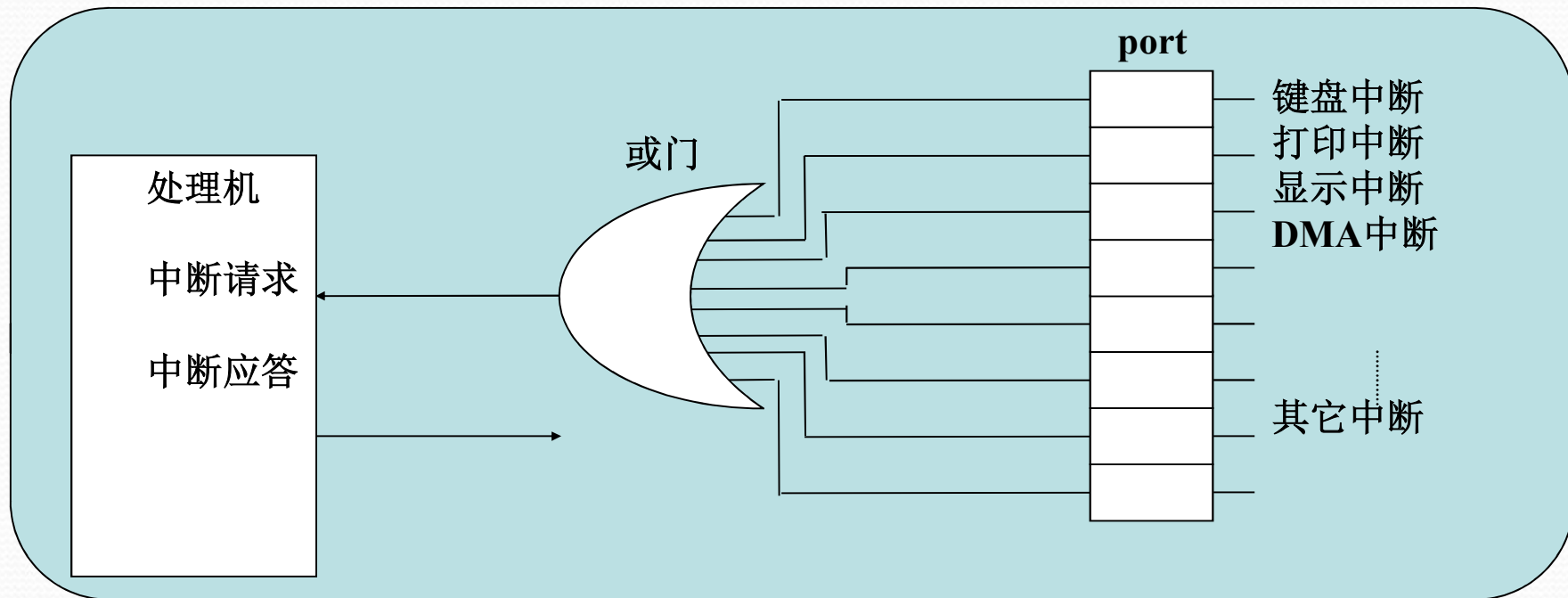


中断处理过程

中断源的识别方法

(1) 软件查询法

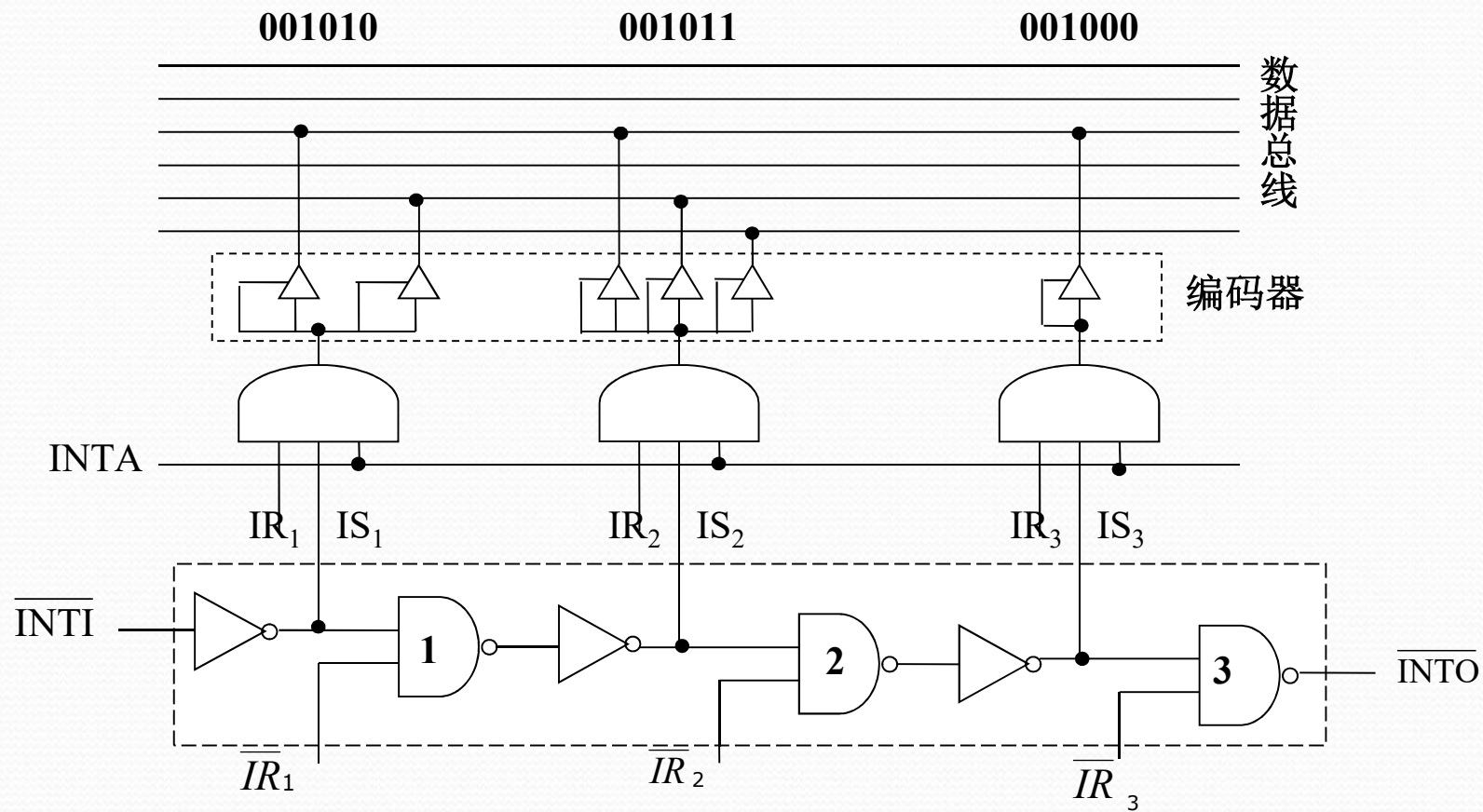
当处理机发现有中断申请时，只需查询是哪个中断源提出的便可，在查询的同时，也确定了它们的优先级别。



软件查询法识别中断源

中断源的识别方法

(2) 硬件菊花链式法



一种单级链式的中断优先级判断示意图

中断屏蔽

- 设置中断屏蔽位
- 改变处理机优先级

设置中断屏蔽位

中断屏蔽位可以分布在各个中断源中，也可以集中在处理机中，有的系统采用将中断屏蔽位放在处理机的状态字中实现。

例如：设有四个中断源 I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_4 ，它们的中断优先级由高到低分别是1级、2级、3级和4级。这些中断源的正常中断屏蔽码和改变后的中断屏蔽码如表所示，每个中断源1位屏蔽位，共有4位屏蔽码。

实例

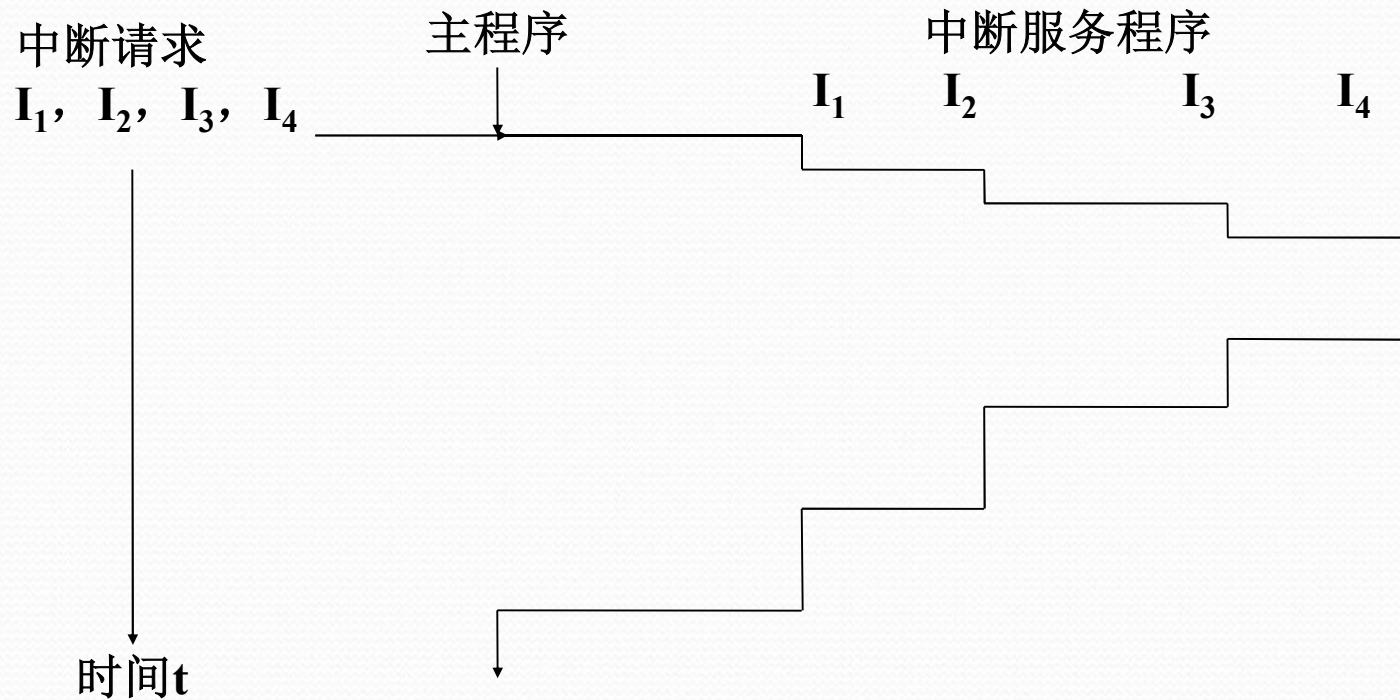
中断源名称	中断优先级	正常的中断屏蔽码				改变后的中断屏蔽码			
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
I ₁	1	1	1	1	1	1	0	0	0
I ₂	2	0	1	1	1	1	1	0	0
I ₃	3	0	0	1	1	1	1	1	0
I ₄	4	0	0	0	1	1	1	1	1

设置中断屏蔽位

如果四个中断源的中断服务程序中都使用正常的中断屏蔽码，处理机的中断服务顺序将严格按照中断源的中断优先级进行(如前面的示例)。当某一个中断优先级的中断源占有处理机，正在执行它的中断服务程序时，只有更高一级中断源的中断服务请求才能中断这个中断服务程序，同一级和比它级别低的中断源的中断请求都不能中断当前的中断服务程序。

如果采用上表中改变后的中断屏蔽码，当 I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_4 这四个中断源同时请求中断服务时，处理机实际为各个中断源服务的先后次序就会改变。处理机响应各个中断源的中断服务请求和实际中断服务的先后次序如下图所示。

设置中断屏蔽位



改变屏蔽码后处理机响应各个中断源的中断请求和实际中断服务的先后次序

改变处理机优先级

中断优先级不仅在处理响应中断源的中断请求时使用，而且为每个中断源的中断服务程序也赋予同样的中断优先级，因为中断服务程序必须在处理机上执行，因此，把这种设置中断屏蔽的方法称为改变处理机优先级的方法。

改变处理机优先级

设一台处理机共有 m 个中断源，则在处理机的状态字中需要设置 $\lceil \log_2(m+1) \rceil$ 个中断屏蔽位。这里，不把它称为中断屏蔽码，而是称为中断优先级。处理机本身的优先级一般设为最低，如“0”级。通常处理机执行主程序时将其优先级设为0级。另外，要为每一个中断源分别建立处理机状态字，通常把存放在主存储器的一个固定的区域。这些中断源的处理机状态字中同样也有一个中断优先级字段，每个中断优先级字段一般都可以由系统程序员通过软件来修改。

改变处理机优先级

处理机在响应一个中断源的中断服务程序后，就把属于这个中断源的处理机状态字作为当前处理机的状态字，这时候处理机的优先级也就随之变成了程序员为这个中断源设置的中断优先级。只有中断优先级高于当前处理机优先级的中断源才能中断当前的中断服务程序。

例如：设某处理机有四个中断源 I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_4 ，它们的中断优先级由低到高分别是1级、2级、3级和4级。处理机本身的优先级为0级，最低。在中断源 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 的处理机状态字中，程序员为它们设置的优先级分别为4级、3级、2级、1级。

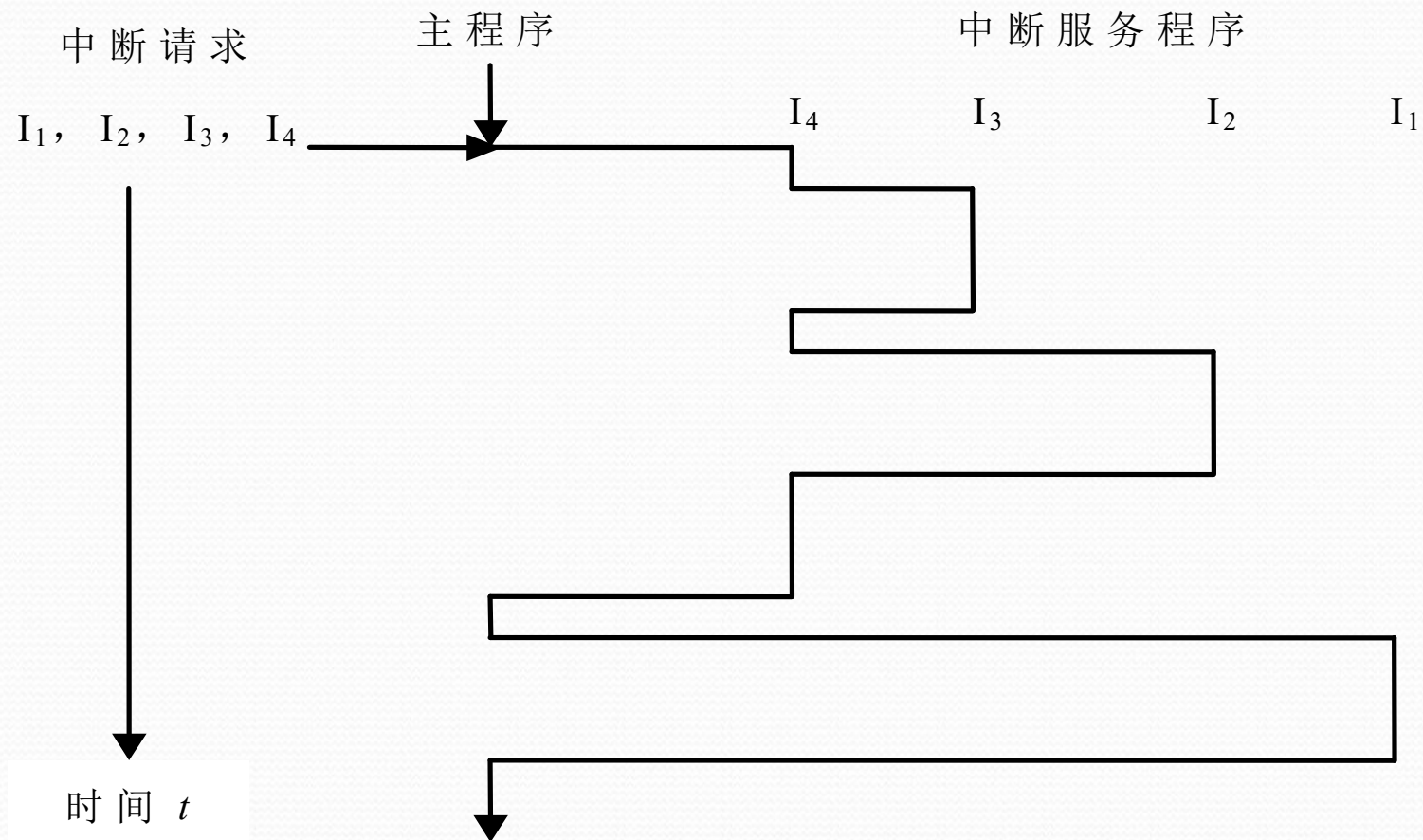
改变处理机优先级

当处理机运行主程序时，处理机的中断优先级为0级。4个中断源同时有中断服务申请。通过硬件排队电路选择优先级最高的中断源 I_4 为其服务，在响应的过程中将其中断优先级变为1级。这时，由于 I_1 、 I_2 、 I_3 三个中断源仍然在请求中断服务，而且，它们的硬件中断优先级都比当前处理机的优先级高，因此处理机要响应其中硬件中断优先级最高的中断源 I_3 的中断请求，并且把处理机的中断优先级变为2级。这时，还剩下 I_1 和 I_2 两个中断源在请求中断服务，它们的硬件中断优先级都不高于当前正在处理的优先级，因此中断源 I_3 中断服务一直能执行完成。

改变处理机优先级

当处理机从为 I_3 的中断服务返回到中断源 I_4 的中断服务程序中时，处理机的中断优先级又变成了1级。这时在还没有得到响应的两个中断源 I_1 和 I_2 中，只有中断源 I_2 的硬件中断优先级高于当前处理机的中断优先级。因此，**处理机立即响应中断源 I_2 的中断请求**，同时又把处理机的优先级变为3级。由于剩下的中断源 I_1 的硬件中断优先级低于当前处理机的中断优先级，因此处理机将把 I_2 的中断服务程序全部执行完毕之后才返回到中断源 I_4 的中断服务程序中去。这时，最后一个没有被响应的中断源 I_1 的硬件中断优先级与当前处理机的中断优先级相同，要等待处理机把中断源 I_4 的中断服务程序完成并返回到主程序之后，中断源 I_1 的中断服务请求才能得到响应。

改变处理机优先级



处理机优先级改变后响应中断的过程

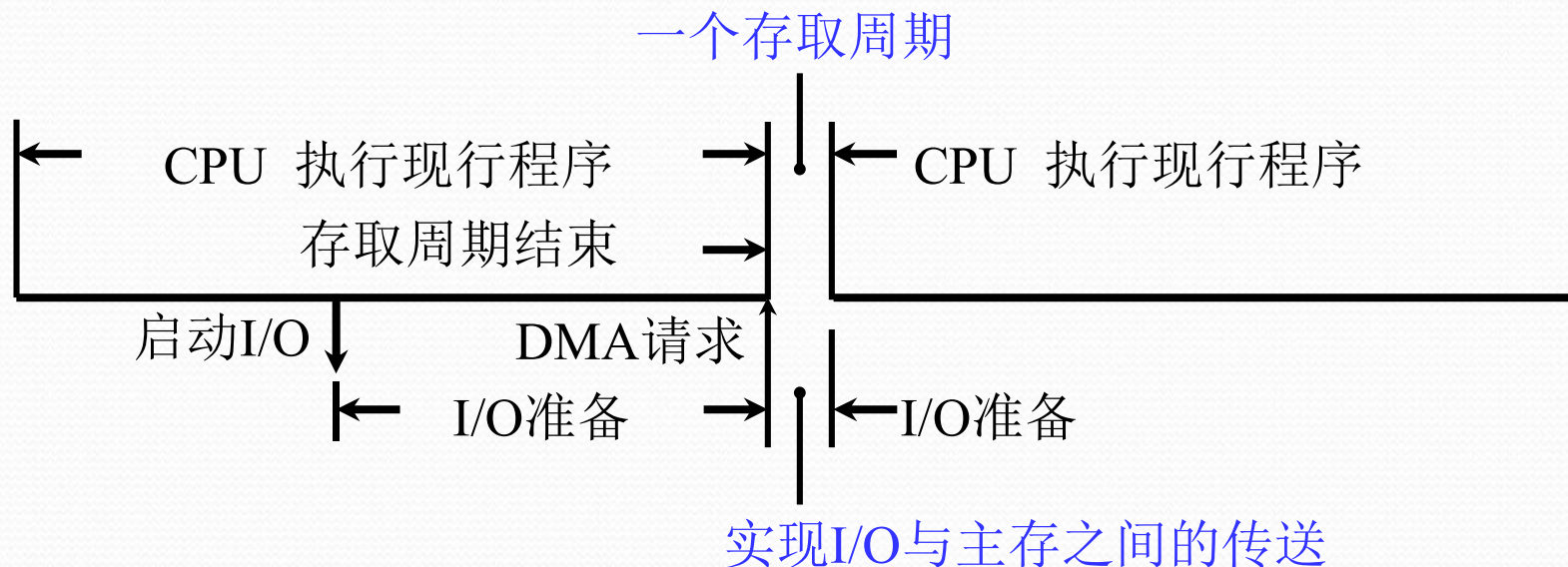
直接存储器存取方式(DMA)

主存和 I/O 之间有一条直接数据通道

不中断现行程序

周期挪用（周期窃取）

CPU 和 I/O 并行工作



DMA方式存取过程

- (1) 当外设准备就绪，希望进行DMA操作时，能向DMA控制器发出DMA请求信号，DMA控制器接到此信号后，应能向CPU发出总线请求信号。
- (2) CPU接到总线请求信号后，如果允许，则会发出DMA响应信号，从而CPU放弃对总线的控制，这时DMA控制器应能实现对总线的控制。
- (3) DMA控制器得到总线控制权后，要往地址总线发送地址信号，修改所用的存储器或接口的地址指针。
- (4) 在DMA传送期间，DMA控制器应能发出读/写控制信号。
- (5) 在DMA控制器内部必须有一个字节计数器，用来存放所传送的字节数，即数据长度。开始时由软件设置数据长度，在DMA传送过程中，每传送一个字节，字节计数器的值便自动减1，当减为0时，则DMA传送过程结束。
- (6) DMA传送过程结束时，DMA控制器应向CPU发出结束信号，将总线控制权交还给CPU。

第七章 输入输出设备与系统

- 7.1 输入输出设备概述
- 7.2 显示设备
- 7.3 输入设备
- 7.4 打印设备
- 7.5 输入输出系统
- 7.6 总线

总线概述

总线(BUS)是计算机系统中各个部件之间、主机系统与外围设备之间连接的和交换信息的通路。大致可分为以下三类：

- (1) 内部总线
- (2) 系统总线
- (3) I/O总线

总线的特性

物理特性：尺寸、形状、管脚数及排列顺序

功能特性：每根传输线的功能 (地址、数据、控制)

电气特性：传输方向和有效的电平范围

时序特性：信号的时序关系

总线的标准化

相同的指令系统，相同的功能，不同厂家生产的各功能部件在实现方法上可以有不同，但各厂家生产的相同功能部件却可以互换使用，其原因在于它们都遵守了共同的系统总线的要求，这就是系统总线的标准化问题。

总线的性能指标

- | | |
|-------------|-------------------|
| 1). 总线宽度 | 数据线 的根数 |
| 2). 标准传输率 | 每秒传输的最大字节数 (MBps) |
| 3). 时钟同步/异步 | 同步、不同步 |
| 4). 总线复用 | 地址线 与 数据线 复用 |
| 5). 信号线数 | 地址线、数据线和控制线的 总和 |
| 6). 总线控制方式 | 并发、自动、仲裁、逻辑、计数 |
| 7). 其他指标 | 负载能力 |

例题

例：总线宽度的含义是什么？什么是总线的传输率？某总线有104根信号线，其中的数据总线32根，地址总线25根，控制总线47根，总线工作频率为33MHz。问该总线的宽度是多少？其数据传输率是多少？

解：总线宽度是指总线系统中数据总线的位数，一般单位用位(bit)。总线传输率也称为总线的数据传输速率，指总线上每秒钟传输的最大字节量，一般用字节/秒(B/s)或兆字节/秒(MB/s)表示。

该总线中数据线32条，因此总线宽度： $w=32$ 位。

数据传输率：

$$c = \text{工作频率} f \times \text{总线宽度} w = 33\text{MHz} \times 32/8\text{B} = 132\text{MB/s}$$

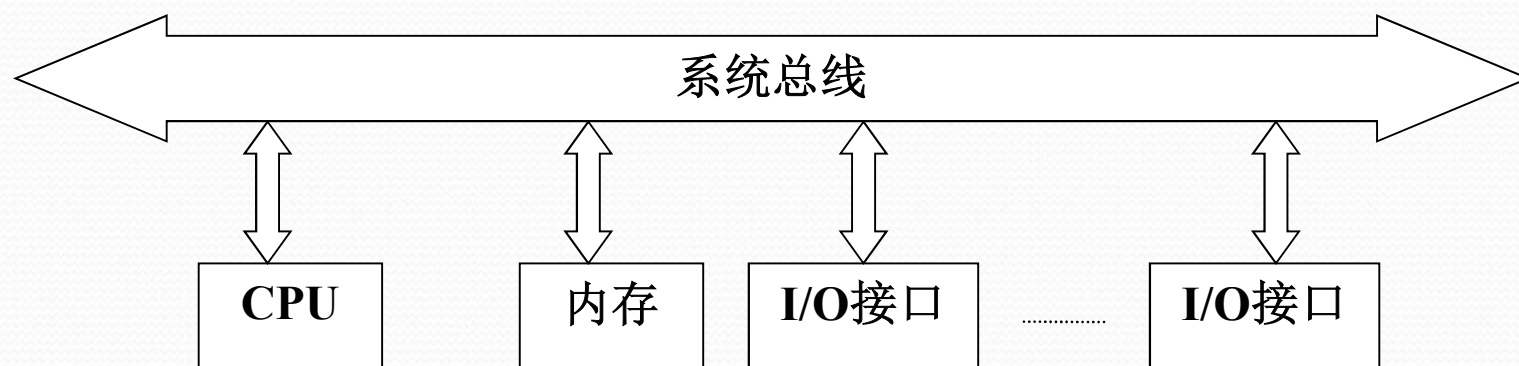
总线的连接方式

在计算机系统中，根据使用目的和系统设计的不同，总线的连接方式主要有以下三种。

- 单总线结构
- 双总线结构
- 三总线结构

单总线结构

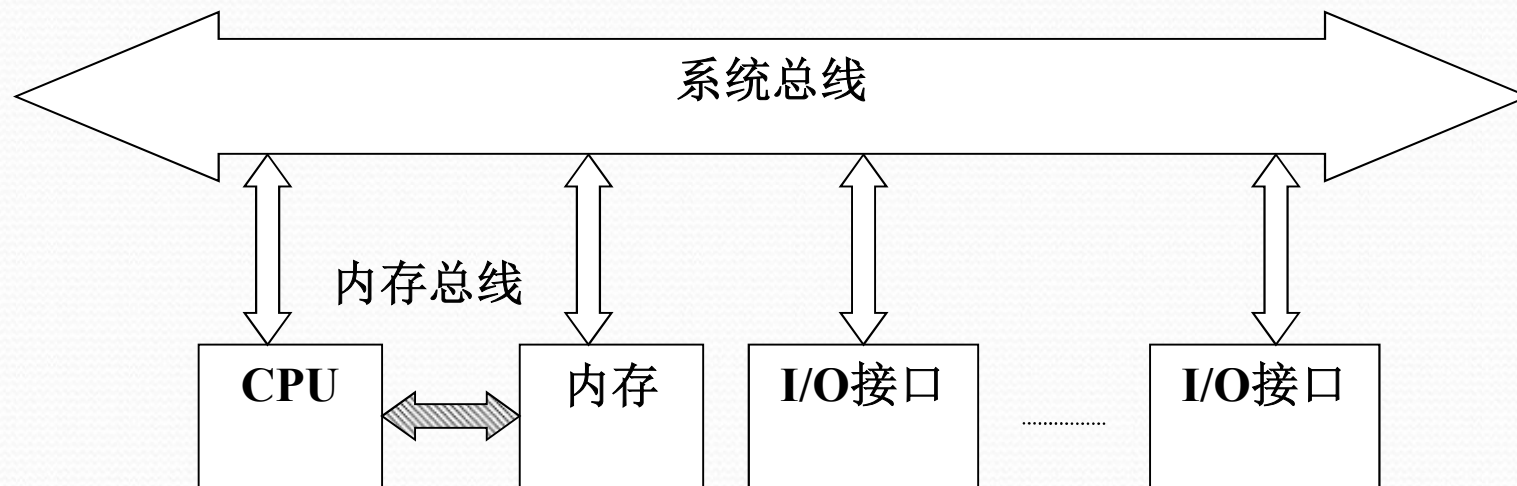
单总线结构是在单处理器的计算机中，使用一条单一的系统总线连接CPU、主存和I/O设备。



单总线结构

双总线结构

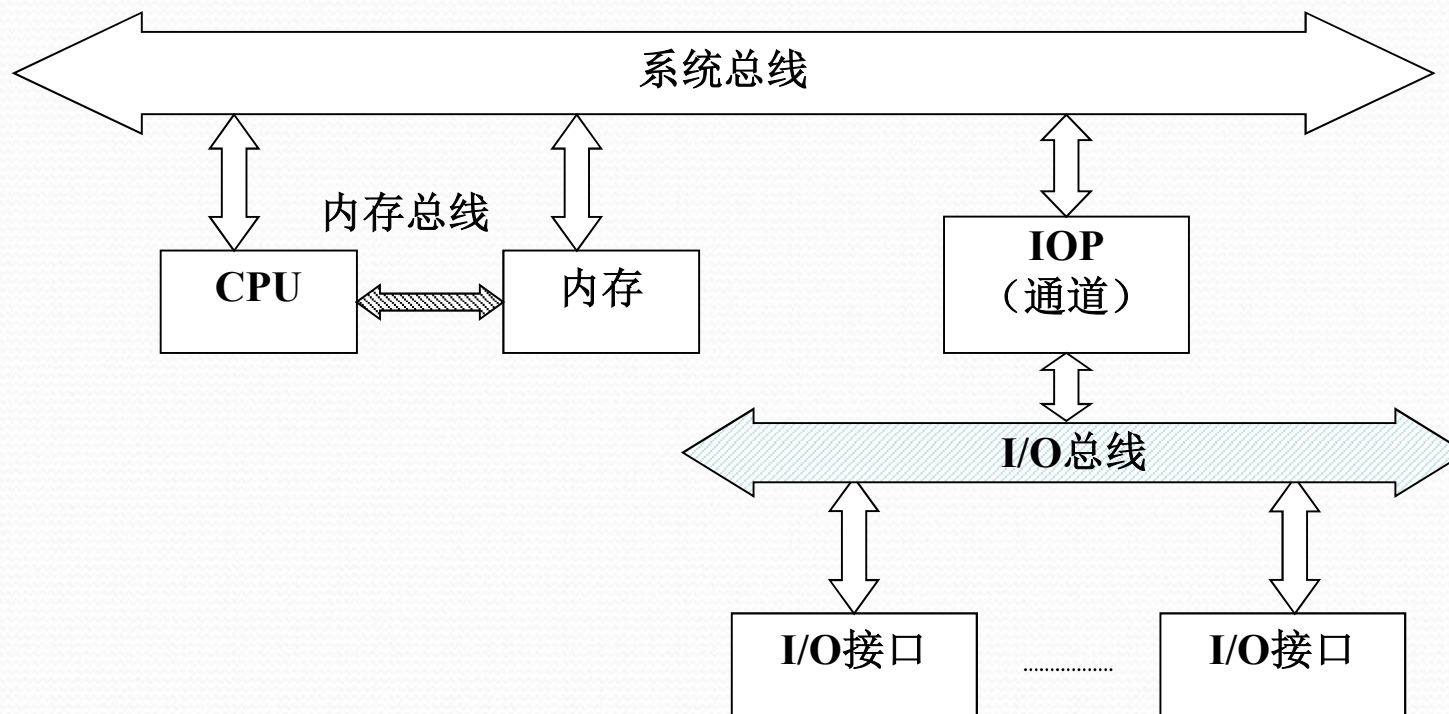
双总线结构是在CPU和内存之间增加了一组内存总线，专门解决CPU和内存之间数据交换。



双总线结构

三总线结构

三总线结构是在双总线结构的基础上增加了I/O总线。



三总线结构

总线的内部结构

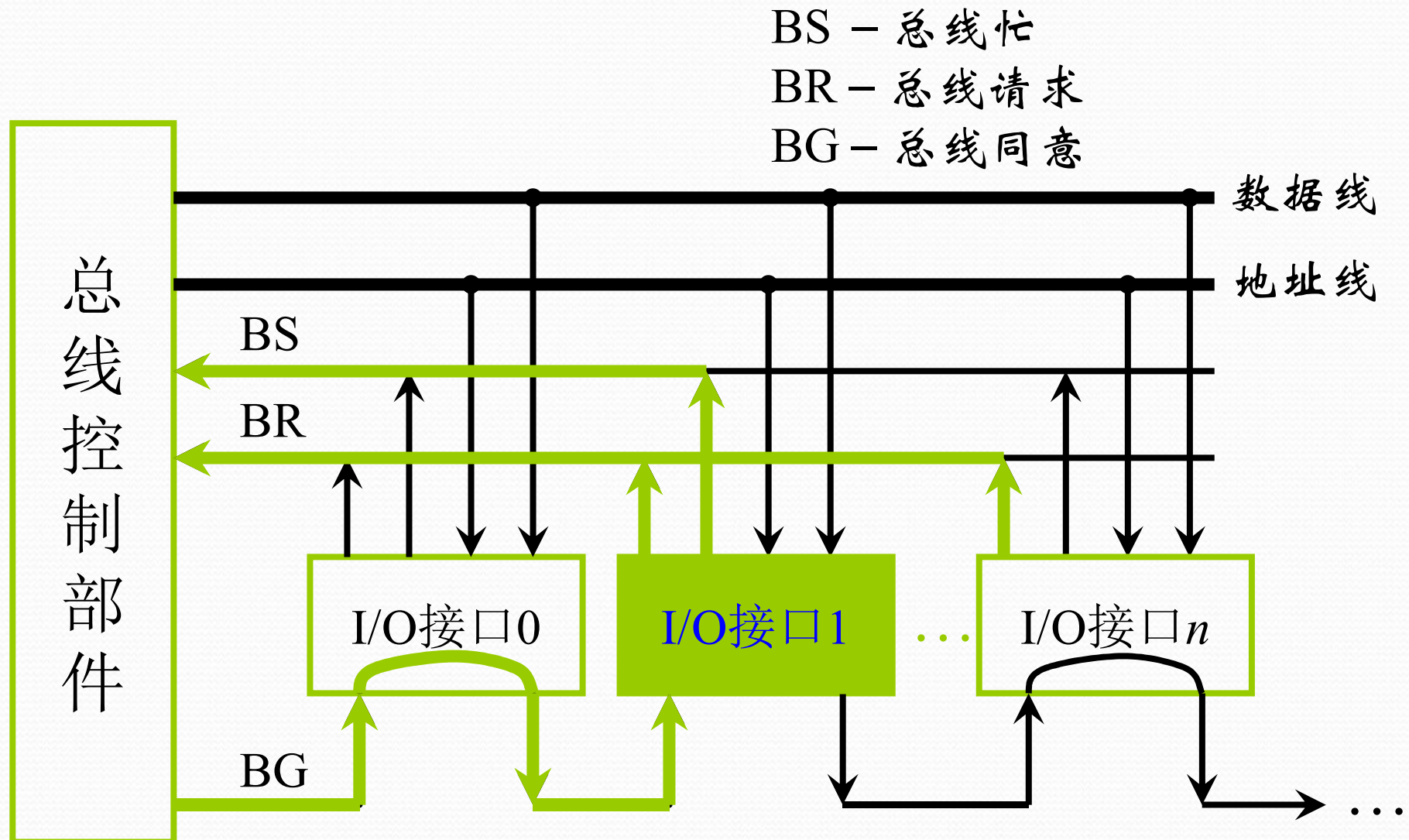
整个总线可分成如下4部分：

- （1）**数据传送总线**：由地址线、数据线、控制线组成。
- （2）**仲裁总线**：包括总线请求线和总线授权线。
- （3）**中断和同步总线**：用于处理带优先级的中断操作，包括中断请求线和中断认可线。
- （4）**公用线**：包括时钟信号线、电源线、地线、系统复位线以及加电或断电的时序信号线等。

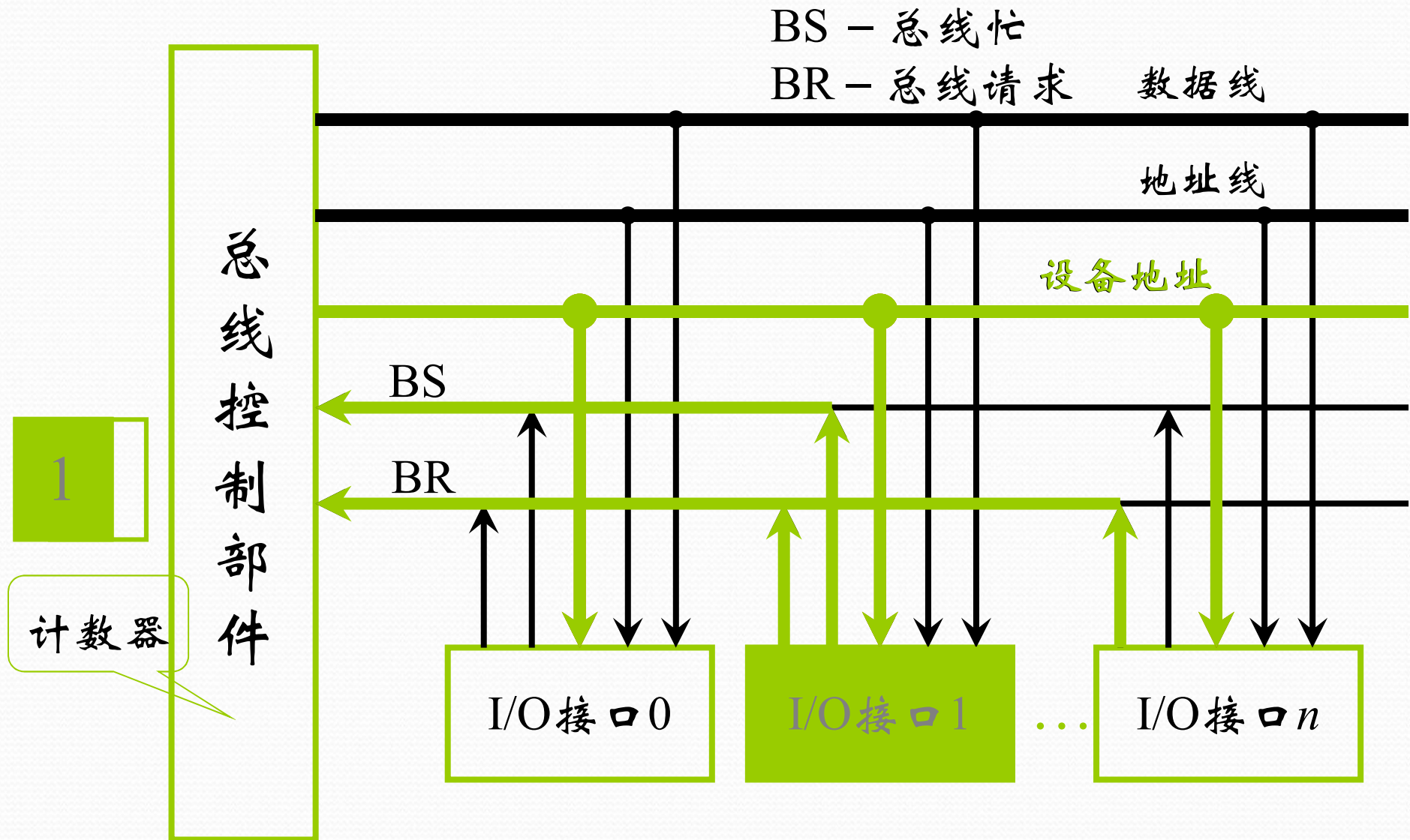
总线控制

- 主设备(模块) 对总线有 控制权
- 从设备(模块) 响应 从主设备发来的总线命令
- 总线判优控制
 - 集中式
 - 链式查询
 - 计数器定时查询
 - 独立请求方式
 - 分布式

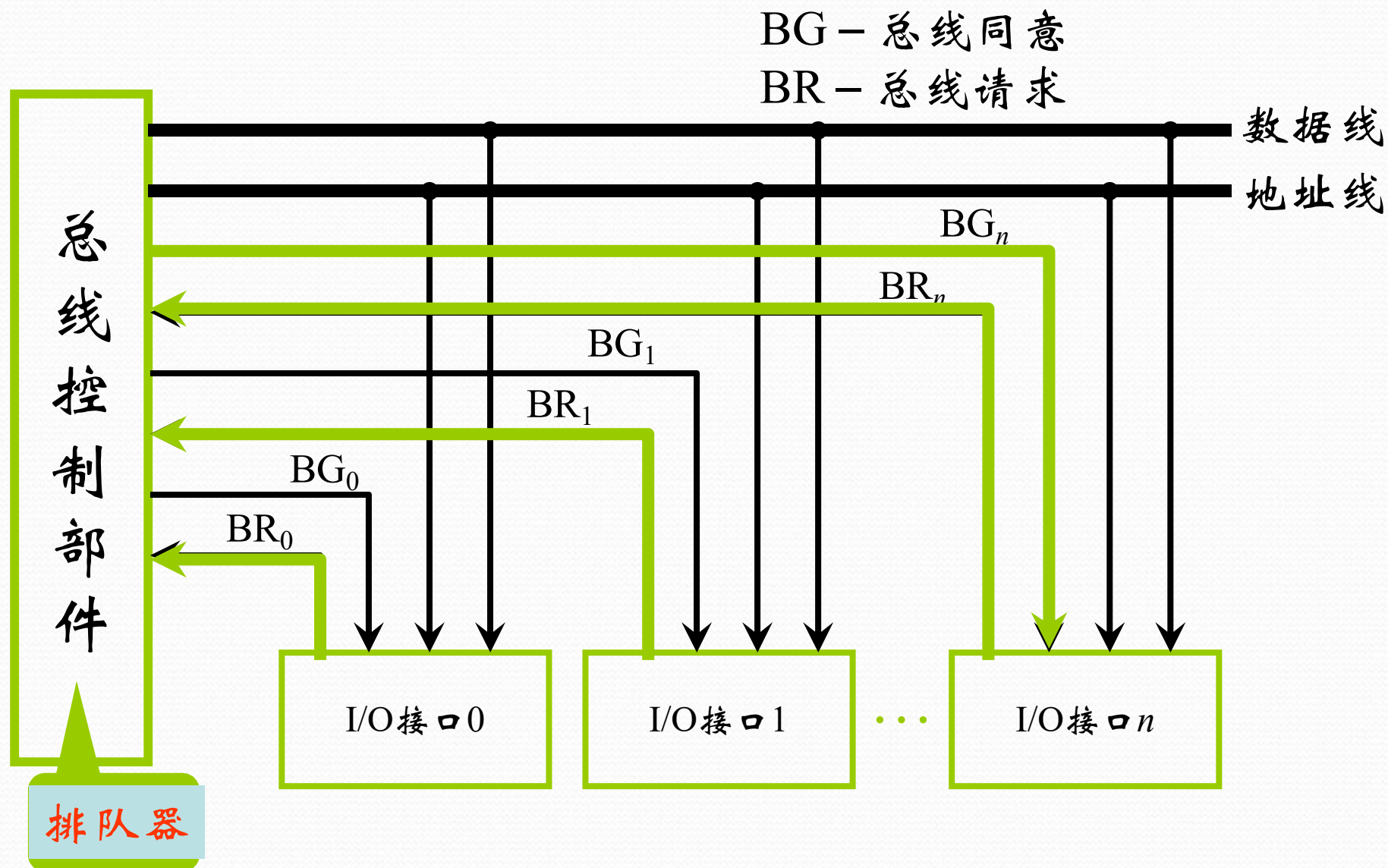
链式查询方式



计数器定时查询方式



独立请求方式



总线控制方式比较

链式查询方式

优点：控制线路少，容易扩充

缺点：故障敏感

计数器定时查询方式

特点：优先级可以方便更改，增加系统灵活性

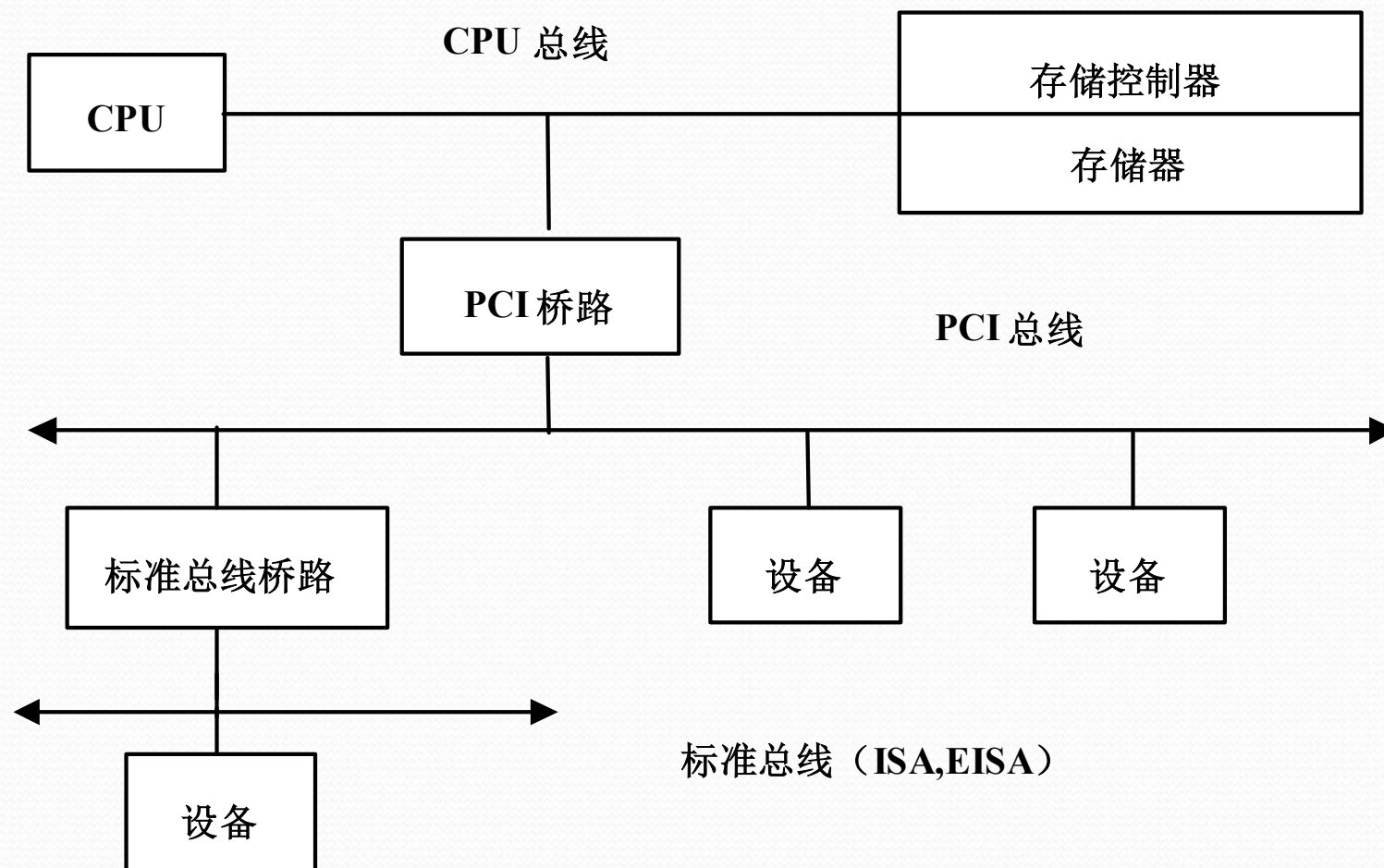
独立请求方式

优点：响应时间最快

缺点：增加了控制线路数量和硬件电路为代价

几种常用的总线结构

1. PCI总线



PCI总线的系统结构示意图

几种常用的总线结构

2. PCI Express总线

PCI Express总线技术是计算系统I/O接口速率演进的过程。PCI总线是一种33MHz@32bit或者66MHz@64bit的并行总线，总线带宽为133MB/s到最大533MB/s，连接在PCI总线上的所有设备共享133MB/s-533MB/s带宽。

随着计算机和通信技术的进一步发展，新一代的I/O接口大量涌现，比如千兆、万兆的以太网技术、4G/8G的FC技术，使得PCI总线的带宽已经无力应付计算系统内部大量高带宽并行读写的要求，PCI总线也成为系统性能提升的瓶颈，于是就出现了PCI Express总线。PCI Express总线技术在当今新一代的存储系统已经普遍的应用。PCI Express总线能够提供极高的带宽，来满足系统的需求。

几种常用的总线结构

3. USB总线

USB的优点:

- ◆ 易用性
- ◆ 可扩展性
- ◆ 快速性
- ◆ 可靠性
- ◆ 内置电源

小结

- 1.I/O设备 (输入设备、输出设备)
- 2.主机与外设传输信息的方式 (查询、中断、DMA)
- 3.总线

作业:

P.66-67: 3.1, 3.5, 3.16

P.212: 5.1, 5.4, 5.22

谢谢！