

第二章

计算机系统组成与工作原理



何英华

hyh@tju.edu.cn

计算机科学与技术学院

内容

- 冯·诺伊曼理论
- 计算机的组成
- 微型计算机系统
- 计算机中的数据与编码

冯·诺伊曼理论

1. 计算机内部采用二进制形式表示数据和指令
2. 计算机硬件由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大部件组成
3. 计算机能够存储程序并自动执行

内存

0000H

0001H

0002H

0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0

存储单元
(字节)

内存

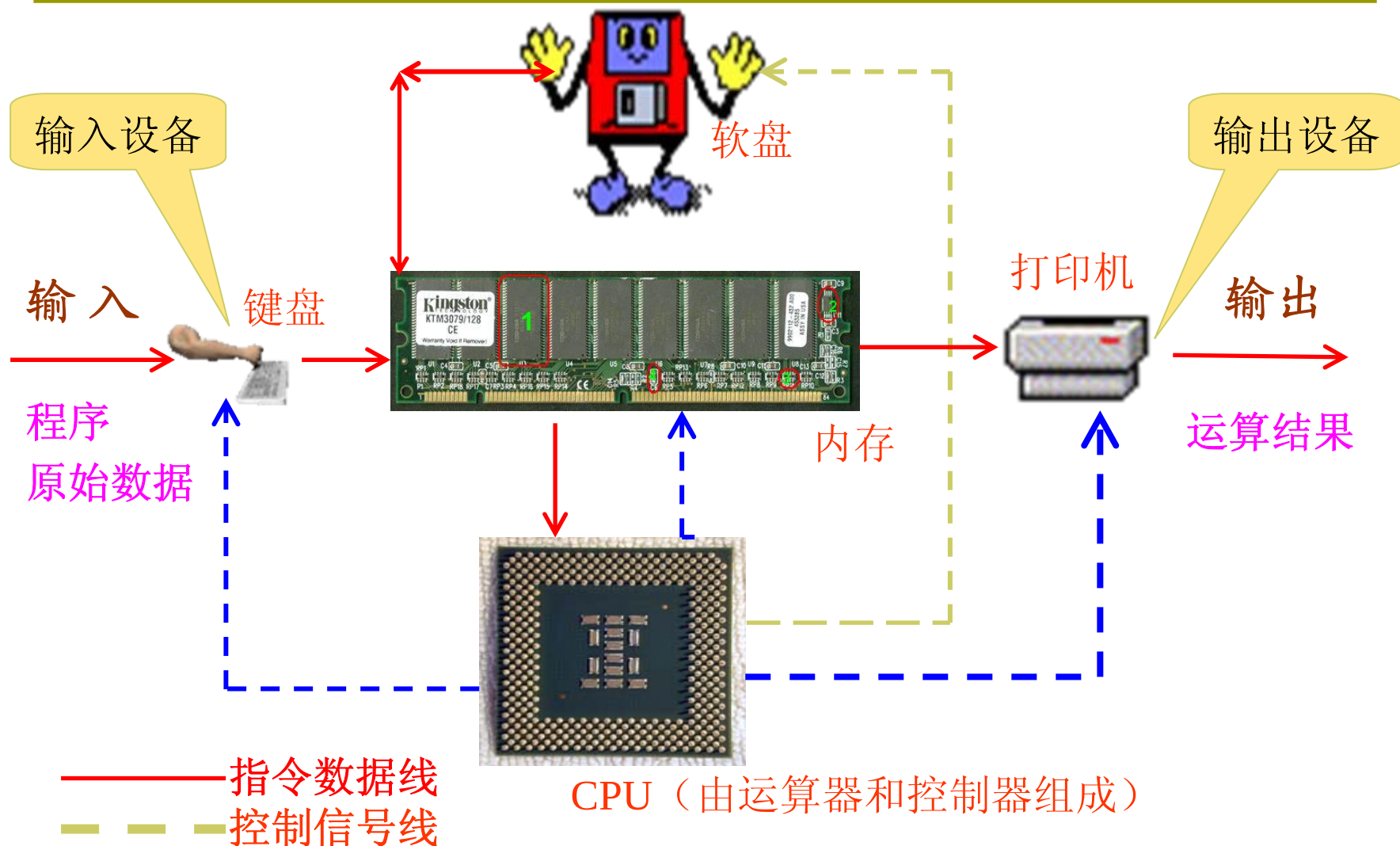
存储单元地址

FFFFH

1. 计算机内部采用二进制形式表示数据和指令

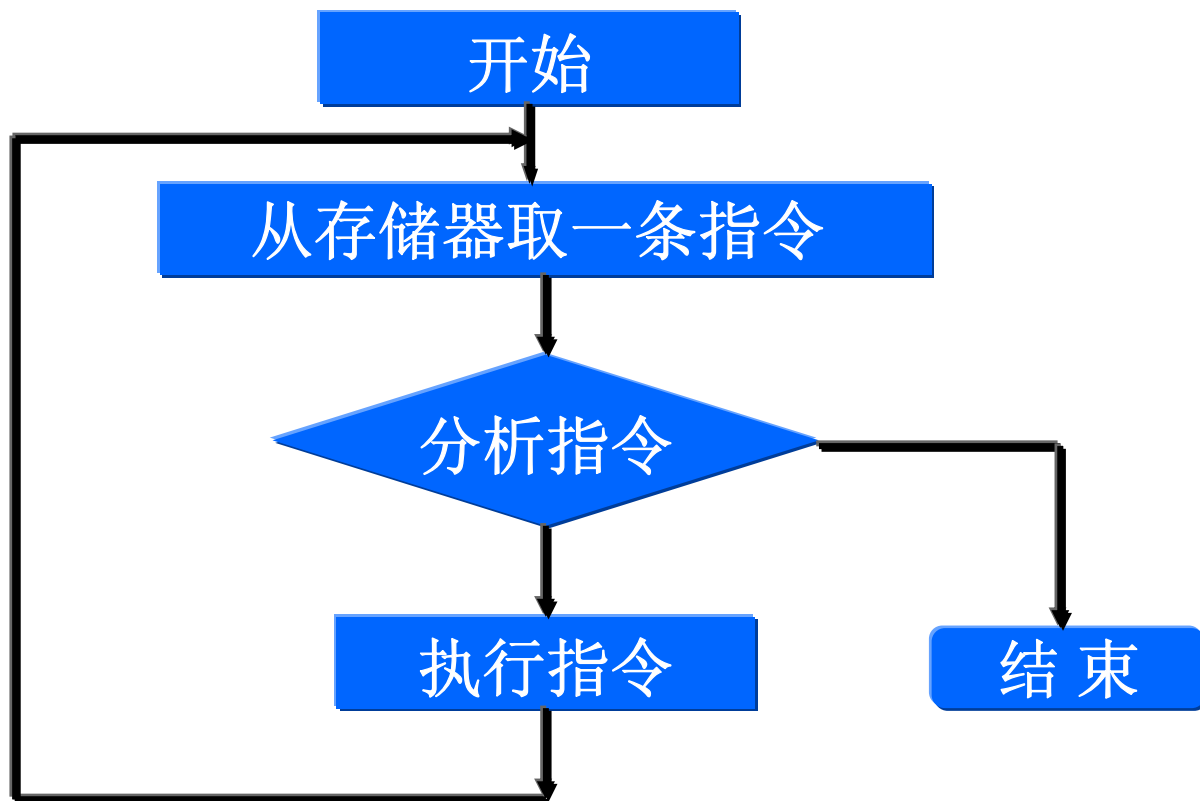
- 一条指令规定计算机执行的一个基本操作。
- 在微机的指令系统中，单地址指令由一个操作码和一个地址码组成。
- 程序是一个指令序列。一个程序规定计算机完成的一项完整的任务。

2. 计算机硬件由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大部件组成



3 计算机能够存储程序并自动执行

- 程序和相关数据存放在存储器中，计算的工作就是执行存放在存储器中的程序。程序的执行又自动地控制着整个计算机的全部操作。



内容

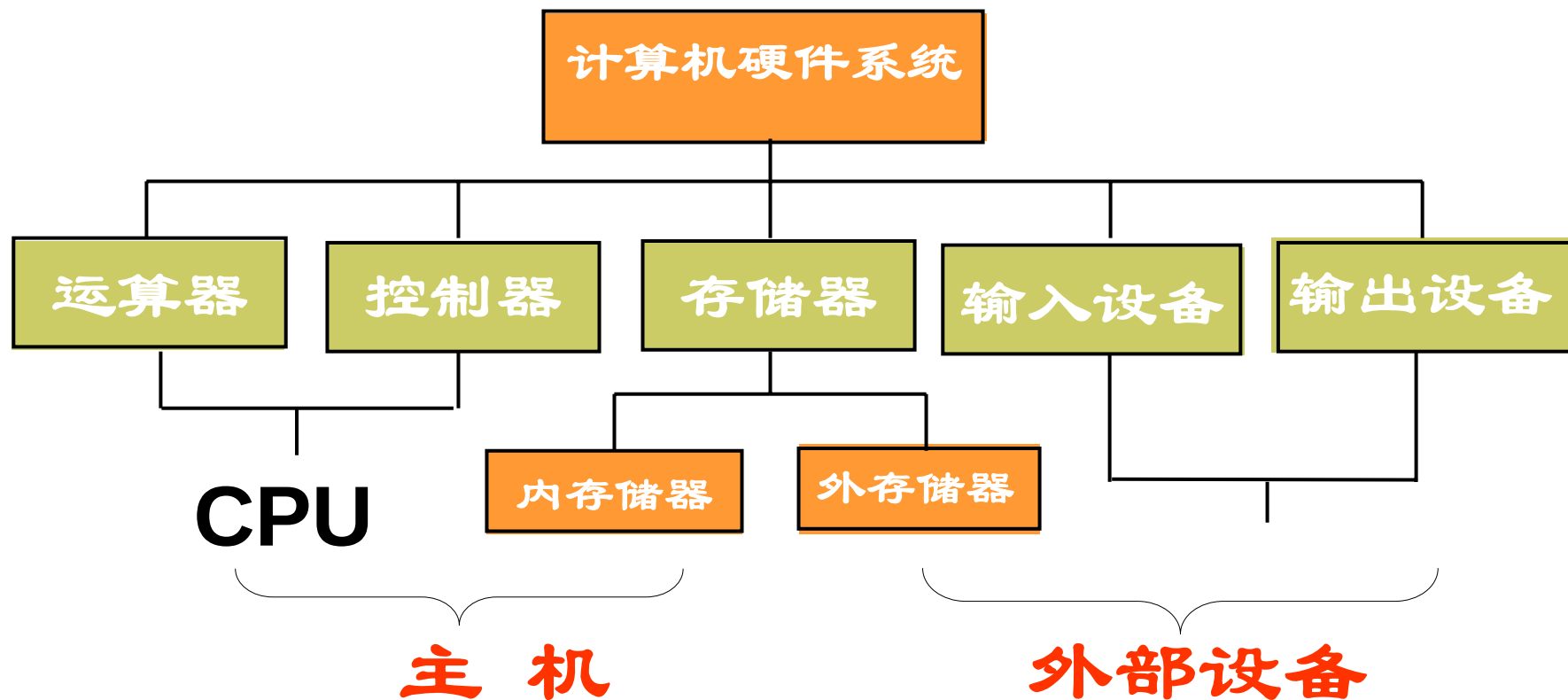
- 冯·诺伊曼理论
- 计算机的组成
- 微型计算机系统
- 计算机中的数据与编码

计算机系统的组成

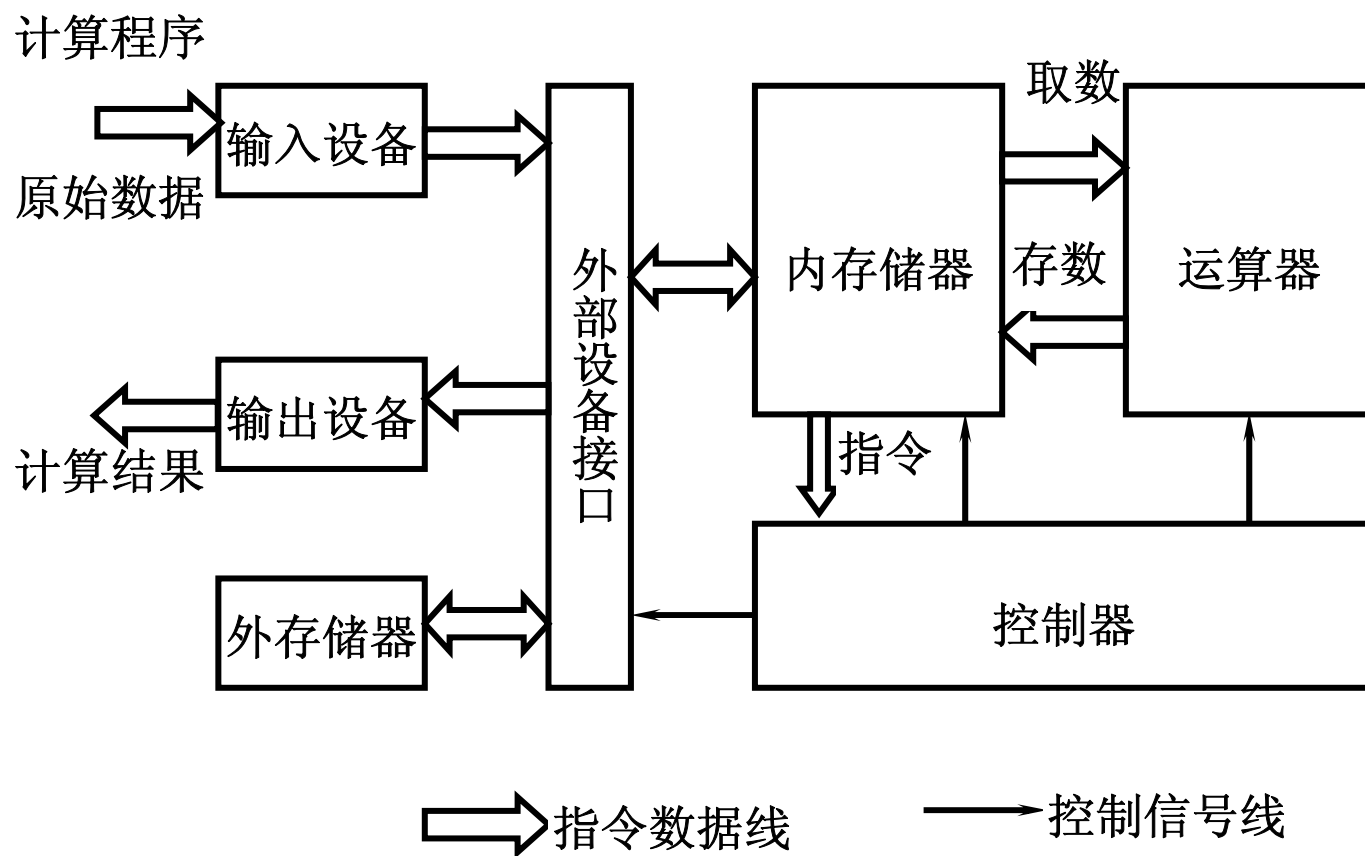
- 一台完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统组成

计算机硬件系统

- 硬件是指组成计算机的所有的电子的、电磁的、机械的、光的元件和装置及部件



计算机硬件结构关系图



计算机工作过程

- **计算机中有三种信息**（数据信息、地址信息和控制信息），它们分别在称为数据总线、地址总线和控制总线的线路上流动。
- 原始数据和程序都要由输入设备输入到存储器中存储。在运算过程中，根据存储器中的程序，到指定地址取出所需数据，送到运算器进行运算，运算结果由输出设备输出或再存放到存储器中。
- 整个过程是在控制器的控制下完成的。

各部件主要功能

- ❑ **运算器**：是对数据进行算术和逻辑运算的部件
- ❑ **控制器**：是整个计算机硬件系统的指挥控制中心，主要任务是不断从存储器取出指令、分析指令并执行指令
- ❑ 运算器和控制器合称**中央处理器**，简称**C P U**

各部件主要功能

- **存储器**：是计算机中存放程序和数据的部位。通常分为内存储器（简称内存）和外存储器（简称外存或辅存）
- **内存**又分为高速缓冲存储器（**Cache**）、只读存储器（**ROM--Read Only Memory**）、随机存储器（**RAM--Random Access Memory**）
- **外存**与内存储器相比，它的特点是存储容量大、成本低，可以永久脱机保存信息，但存取速度慢。常用的外存储器有磁带、软磁盘、硬磁盘、光盘等等

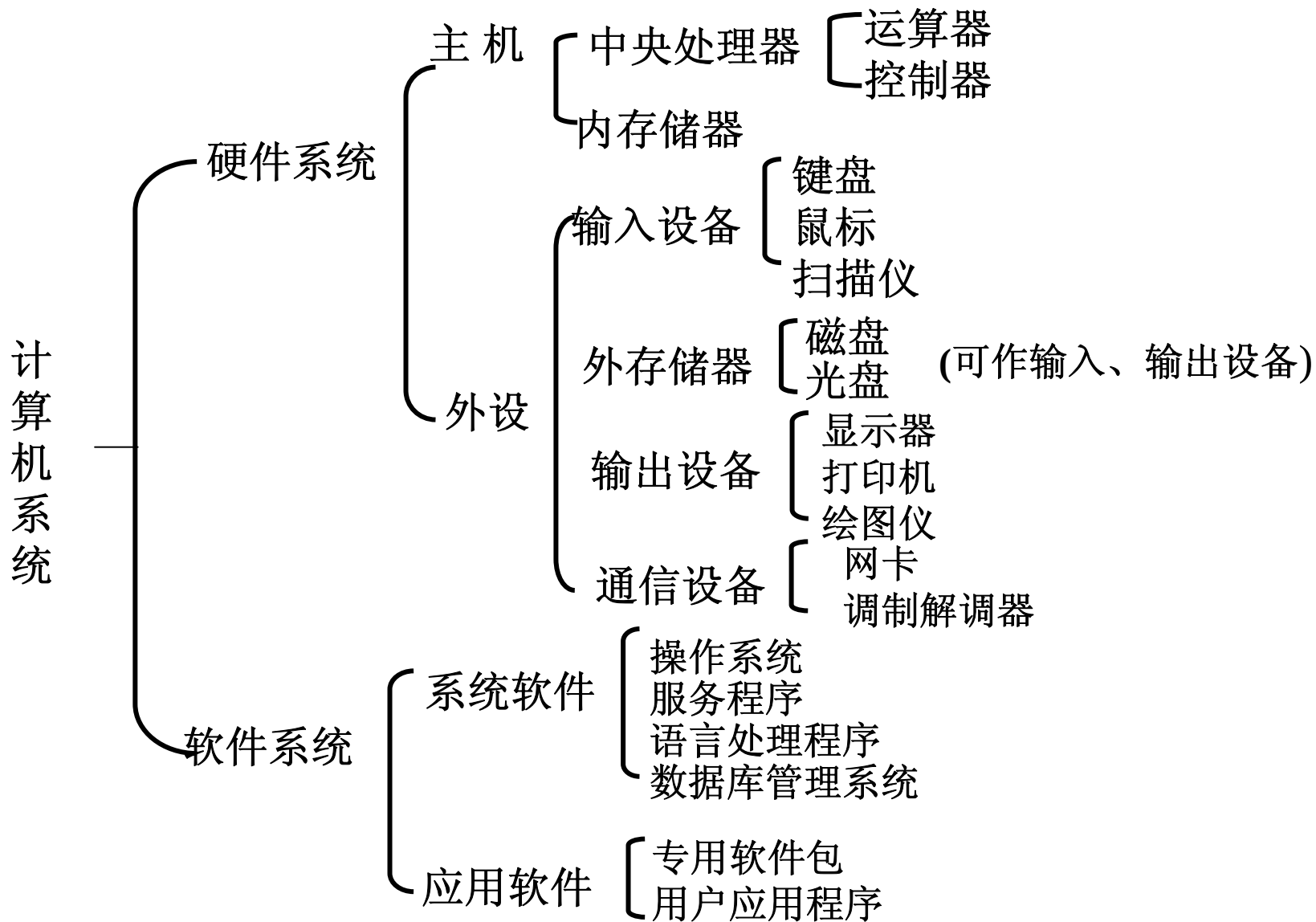
各部件主要功能

- ❑ **输入设备**：其作用是将程序和数据输入到计算机中，并转换成二进制代码，送入计算机主存（RAM）。常用的输入设备有：键盘、鼠标器、扫描仪、光笔等。
- ❑ **输出设备**：其作用是将计算机的执行结果输出。输出的形式是人们容易识别的形式，可以是数字、字符、图形、图像、声音等。常用的输出设备有：显示器、打印机、绘图仪、语音输出装置等。
- ❑ 输入和输出设备也统称为外部设备。外部存储器既可作为存储设备，又可作为输入输出设备使用，所以一般也将外部存储器划归为外部设备。

计算机软件系统

- ❑ 软件主要指支持计算机运行的各种程序。更准确地说，软件由程序、数据和文档三部分组成。
- ❑ 计算机软件系统可以分为系统软件和应用软件。
- ❑ 系统软件具有通用性和基础性，主要作用是充分发挥硬件的作用、简化计算机操作、支持应用软件运行。系统软件包括操作系统、语言和语言处理程序、数据库管理系统及服务程序等。
- ❑ 应用软件是为了解决某些具体问题而编制的软件。如图书馆资料检索软件。

计算机系统总体构成



内容

- 冯·诺伊曼理论
- 计算机的组成
- 微型计算机系统
- 计算机中的数据与编码

微型计算机系统

1. 微型计算机的发展概况
2. 微机的主要性能指标
3. 微型计算机的主要部件

1 微型计算机的发展概况

- 微机的硬件发展与微处理器的发展密切相关。
- 在Intel公司不断推出新的微处理器推动下，微机系统也在不断快速发展，微处理器从早期的8088，历经16位的8086，到引入保护模式的80286，再到32位的80386，80486，一直不断发展，Pentium(奔腾)、Pentium pro(高能奔腾)发展到Pentium MMX(多能奔腾)、Pentium II、Pentium III、Pentium IV、支持超线程(HT)技术的Pentium IV、酷睿双核处理器。

微型计算机的发展概况

- 随着微机硬件的发展，微机软件也不断推陈出新
- 微机操作系统从MS-DOS 1.0到MS – DOS 6.22十几个版本，其中MS -DOS 5.0、MS-DOS 6.20、MS-DOS 6.22应用最为广泛。1990年以后美国微软公司又推出了具有图形界面的Windows操作系统。它比DOS操作系统功能更强，使用更方便。其版本有indows3.1、Windows95、Windows 98、Windows ME、Windows NT、Windows 2000、Windows XP、Windows Server 2003及Windows Vista等。

2 微机的主要性能指标

- **字长**：在计算机中，作为一个整体参与运算、处理和传送的一串二进制数，称为一个“字”。字长越长，数据处理的精度越高。目前微机字长一般为**64**位。
- **内存容量**：存储容量是指存储器所能记忆信息的总量。常用字节(Byte)表示。计算机在工作时，必须把要运行的程序和数据调入内存，所以内存容量越大，存取速度越快，微机的速度也就越高。因此，内存容量的大小是计算机的一项重要指标。目前，微机的内存容量一般在几百兆字节至几千兆字节。

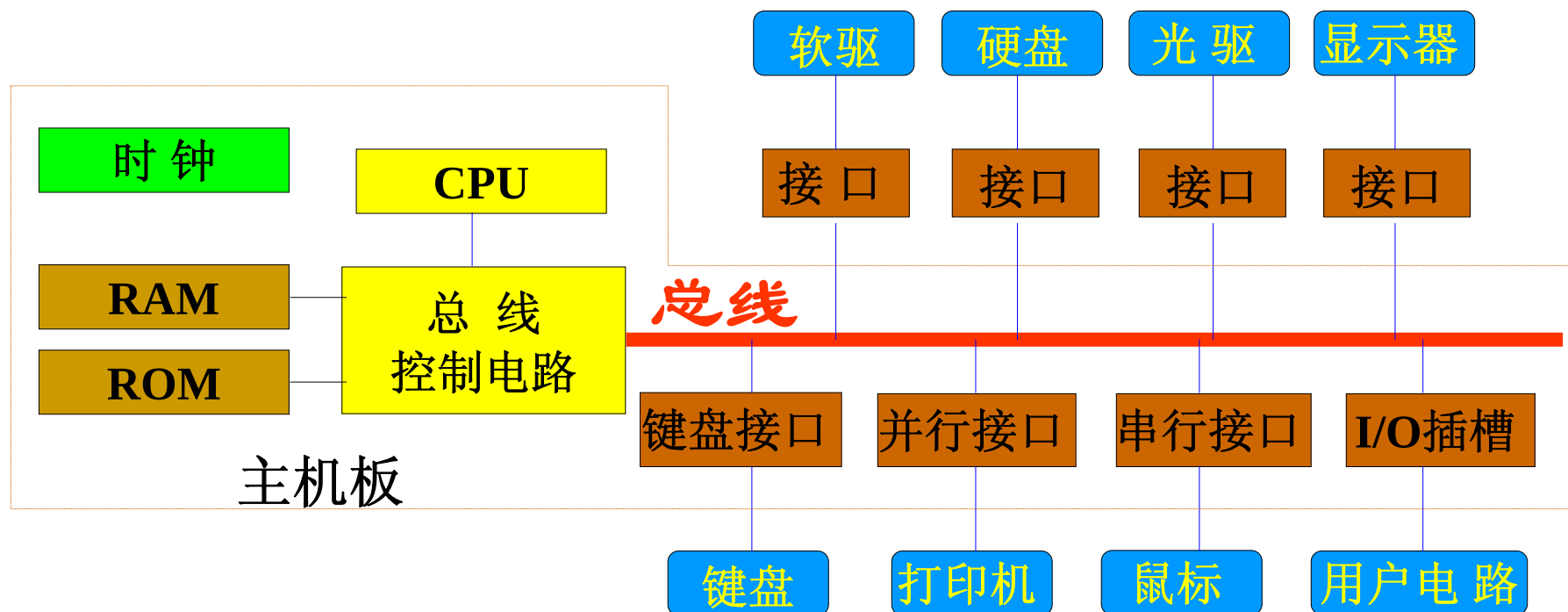
1KB=1,024B, 1MB=1,024KB, 1GB=1,024MB,
1TB=1,024GB, 1PB=1,024TB

2 微机的主要性能指标

- **运算速度**：是衡量计算机性能的一项重要指标，在CPU相同的微机中，该项指标主要取决于CPU的时钟频率（主频），时钟频率越高，计算机运算速度越快。时钟频率的单位是Hz，目前主流CPU主频在1GHz以上。也有以MIPS(百万条指令每秒)为单位来表示运算速度。
- **软件配置**：能不能充分发挥硬件的功能取决于软件的配置，因此，只关注硬件的类型和性能是很不全面的。通常，应该根据用户的需求和经济能力具体确定系统软件和应用软件的配置。
- **外部设备的配置**：也是计算机系统的重要组成部分。

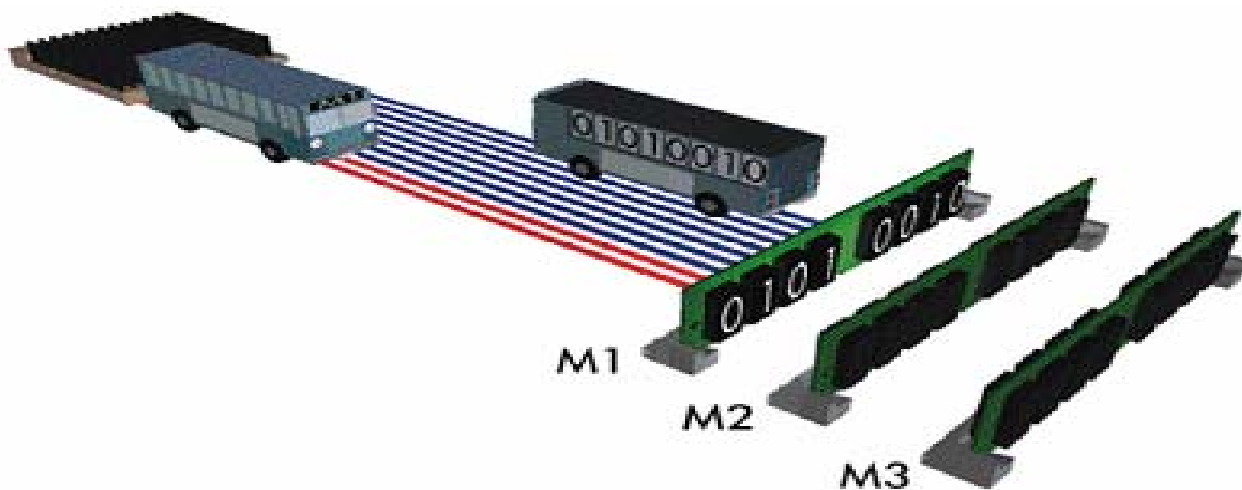
3 微型计算机的主要部件

- 微机硬件系统的具体部件，包括总线、主板、CPU、存储器、显示系统、键盘、鼠标、接口、打印机等。



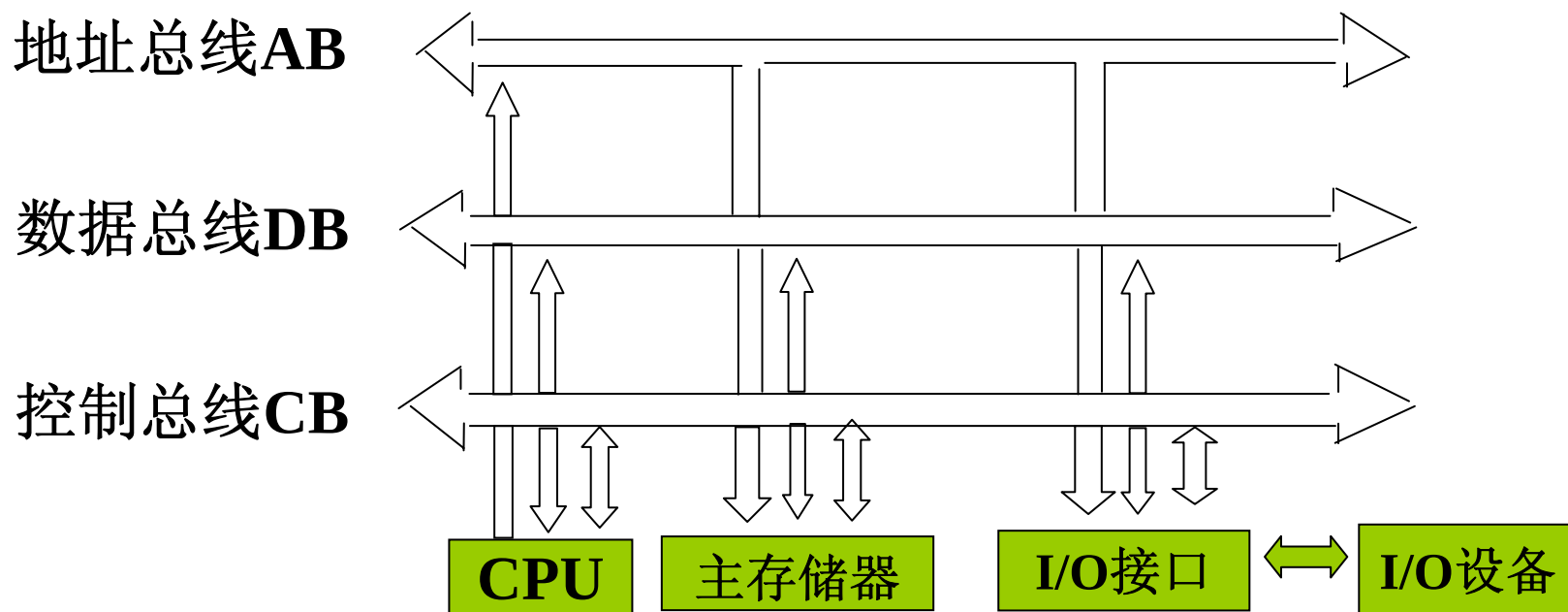
总线

- **总线**由一组导线和相关的控制、驱动电路组成。在计算机系统中，总线被视为一个独立部件看待。
- 在微机系统的复杂结构中，各部件之间需要有一个能够有效高速传输各种信息的通道，这就是总线。微机基本结构是由总线将CPU、主存储器和输入输出接口电路连接起来，并与外界实现信息传送。



总线的结构

- 微机系统的总线由地址总线**AB**、数据总线**DB**及控制总线**CB**组成。（地址总线是单向的）



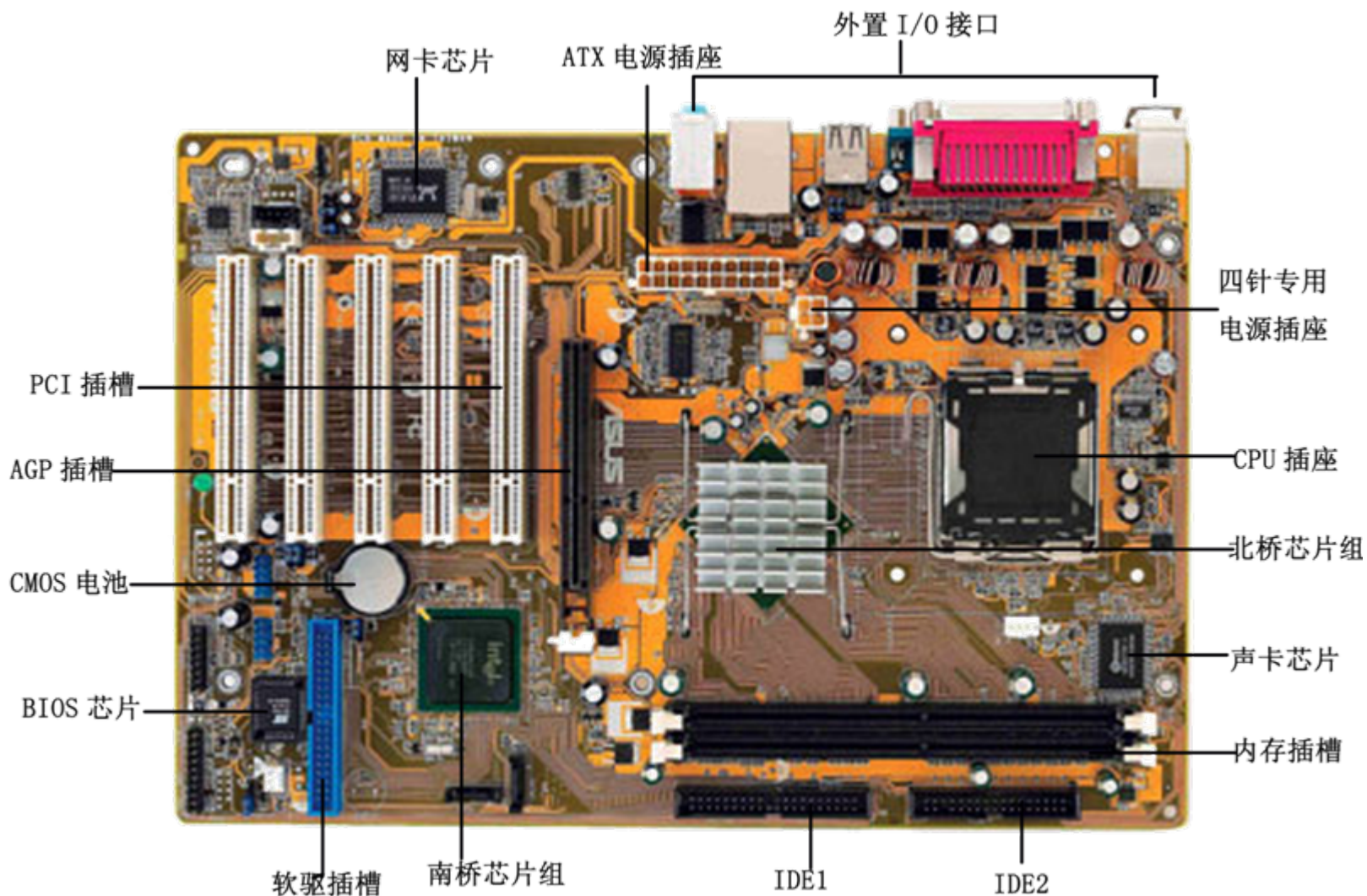
总线的标准

- ❑ 为了方便CPU与主存储器和各种I/O接口的连接，总线设计必须按照统一的标准，以便适应按照这些标准设计各类I/O接口。
- ❑ 常用的微机总线有ISA总线、EISA总线、PCI总线、AGP总线等。
- ❑ 总线不同，最大数据位数、最高时钟频率、最大稳态数据流量和最大负载能力不同。

主板

- ❑ 主板是微机内最大的一块电路板。主板连接着主机箱内的其他硬件，是其他硬件的载体。
- ❑ 主板上**有CPU插槽、内存槽、高速缓冲存储器、控制芯片组、总线扩展（ISA、PCI、AGP）、外设接口（键盘接口、鼠标接口等）、晶振、CMOS、主板BIOS、键盘BIOS等部件。**
- ❑ 芯片组是主板的核心组成部分，按照在主板上的排列位置的不同，通常分为北桥芯片和南桥芯片。北桥芯片提供对**CPU的类型和主频、内存的类型和最大容量、ISA/PCI/AGP插槽等的支持。**南桥芯片则提供对**键盘控制器、时钟控制器、USB和高级能源管理等的支持。**

某型号的主板



CPU

- **CPU**是“中央处理器”或“中央处理单元”的简称，对微型机来说也称为“微处理器”。由于它将运算器和控制器集成在一块芯片中，所以又称为“运算控制器”，CPU的性能在很大程度上决定了计算机系统的整体性能。



CPU的组成

- ❑ **控制部件**：产生一系列的控制信号以控制计算机中的所有部件按指令操作。
- ❑ **算术逻辑运算部件ALU(Arithmetic Logical Unit)**：实现指令所指定的各种算术和逻辑运算操作。
- ❑ **各种寄存器**：用于存放指令、指令地址、操作数及运算结果等。
- ❑ **CPU内部数据通路**：用以连接CPU内部各部件，为信息传送提供通路。
- ❑ 其中，ALU和通用寄存器组成了运算器，控制部件和专用寄存器组成了控制器。

CPU的性能指标

- **CPU字长**指CPU能一次同时处理的二进制数的位数。能处理字长为8位数据的CPU通常就称8位CPU。同样32位的CPU指能一次同时处理32位的二进制数据。目前使用的主流CPU是64位的。
- **CPU外频**指CPU总线频率，是由主板为CPU提供的基准时钟频率，是CPU与其他部件之间的工作频率。
- **CPU主频**指CPU的工作频率，是CPU内部电路的实际运行频率，是分辨CPU快慢的最主要的性能指标。目前使用的微处理器，其主频都在1 GHz以上。

存储器

- 存储器主要用于存放计算机的程序和数据，对存储器的基本要求是容量大、速度快、价格低。
- 单一的存储器硬件（主存储器）难以满足要求。所以就提出了多层次的存储体系结构：**Cache—主存—外存**（软盘、硬盘、光盘、移动存储）。

内存

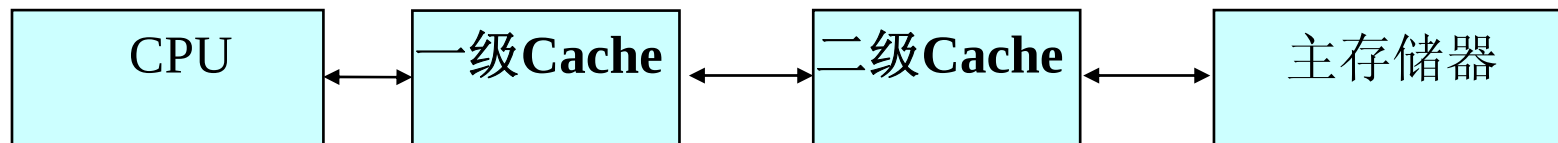
- 内存存储器包括ROM(只读存储器)、RAM(随机存储器)，但人们通常所说的内存主要指主内存(主存)RAM



- RAM指标：
 - 容量**：容量一般以Byte(字节)为单位，目前微机中RAM的容量有128MB、256MB、512MB、1GB等。
 - 速度**：速度又称存取时间或读写时间、读写周期，一般以ns(纳秒)为单位，它表示存储芯片的最长读写时间。
- RAM可分为 **SRAM**(Static RAM—静态随机存储器)和 **DRAM**(Dynamic RAM—动态随机存储器)，二者的最大区别是，DRAM必须定时刷新，否则数据将丢失。

Cache

- 由于内存的处理速度远远低于CPU，CPU在处理指令时往往花费很多时间在等待内存。为了解决这个问题，人们使用了比内存快许多的**Cache**，也称**高速缓存**。
- 但**Cache**的价格贵，为了解决存取速度、存储容量和存储器件价格这三方面的矛盾，人们使用了容量较小的**Cache**，并使**Cache**处于CPU与存储器之间。当存储器接收到读命令后，先在**Cache**中查找此信息，若存在，则从**Cache**中取出，不存在才从主存中取出。
- **Cache**被分级管理，速度最高的为一级高速缓存，速度差一点的为二级高速缓存，依此类推等等。

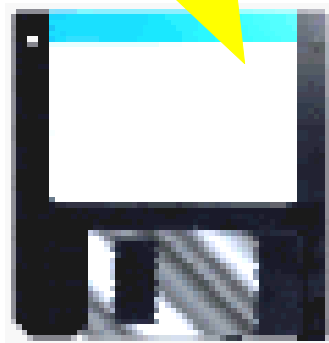


软盘存储器

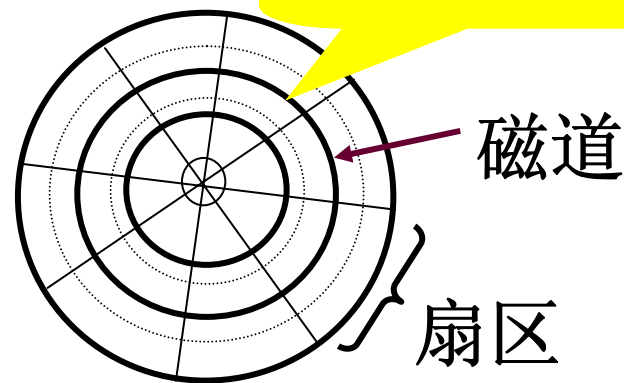
3.5英寸软驱



3.5英寸软盘



3.5英寸软盘片

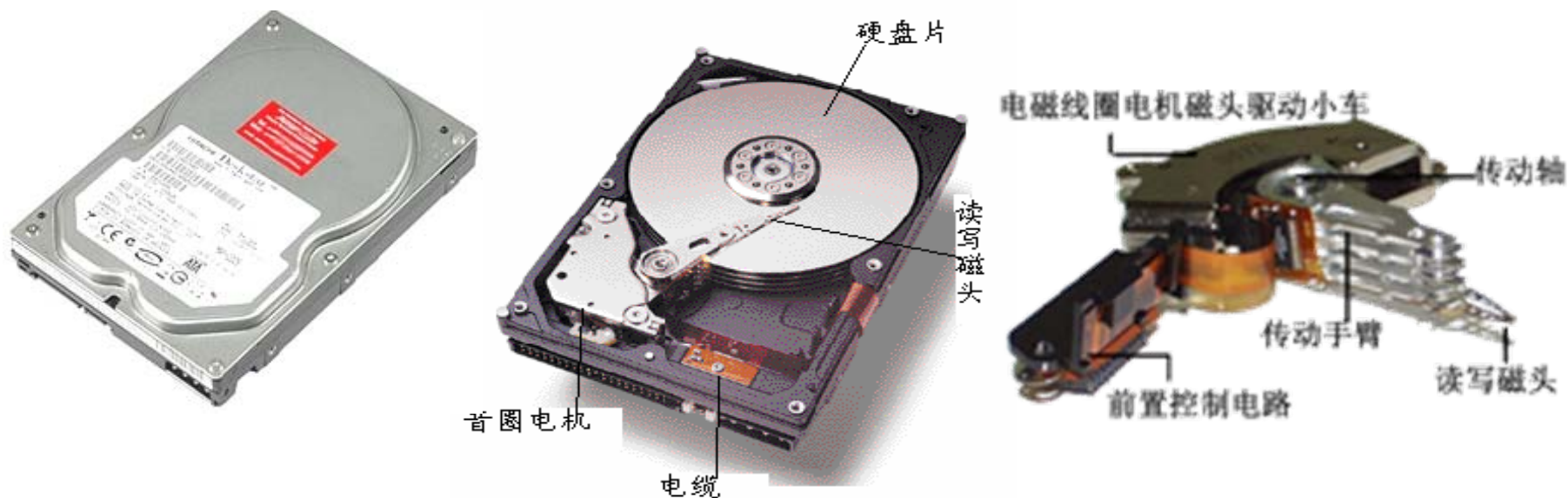


软盘存储器由软盘片和软盘驱动器组成。容量可按以下公式计算： $\text{软盘容量} = \text{盘面数} \times \text{每面磁道数} \times \text{扇区数} \times \text{每扇段字节数}$

目前常用的是双面高密度3.5英寸软盘，盘上每面有80个磁道，分为18个扇区，每个扇区的容量为512B。盘的容量为：

$3.5\text{英寸软盘容量} = 2 \times 80 \times 18 \times 512 = 1,474,560 \text{ bit (即 } 1.44\text{MB)}$

硬盘



硬盘将磁头、盘片和驱动电机等装配在一个封闭体内，采用浮动磁头技术读写(读写时磁头与盘片不接触)。硬盘的读写速度比软盘快得多，存储容量也大。

硬盘容量 = 磁头数 × 柱面数 × 每磁道扇区数 × 每扇区字节数

硬盘的初始化工作包括：低级格式化、分区和高级格式化三个步骤。目前微机常用硬盘容量在几十GB甚至几百GB，普通硬盘转速5400转/min或7200转/min，甚至10,000转/min。

光盘存储器

- 光盘存储器是利用光学原理读写信息的存储器。光盘存储器包括：光盘盘片和光盘驱动器。



- 光盘包括CD和DVD两大类。

CD驱动器与CD光盘

- ❑ **CD-ROM**光盘具有容量大（一般为**640MB/张**）、成本低、可靠性高、易于长期保存等优点。读取**CD-ROM**光盘必须要有专用设备，这个专用设备就叫**CD-ROM**驱动器，简称光驱。
- ❑ **倍速与数据传输率**：倍速是指光驱读盘的最大速度，用多少倍的方式来标称。**CD-ROM**光驱倍速从早期的单倍速发展到了今天的**48倍速**、**52倍速**（通常记作**48X**、**52X**）。光驱倍速衡量的是光驱在**1秒钟**时间内所能读取的最大数据量，以**150K**字节为单位。
- ❑ **CD-ROM**是只读光盘驱动器。**CD-R**光盘刻录机是一种可单次写入，多次读取的驱动器。**CD-RW**刻录机能够反复地对**CD-RW**光盘进行刻写，可以把上面的信息抹掉后再次地写入新信息。

DVD驱动器和DVD光盘

- ❑ 一张DVD光盘的容量可达4.7GB甚至更高，DVD向下兼容CD、VCD和CD-ROM等格式的光盘。
- ❑ DVD驱动器的速度：是指DVD驱动器的倍速，采取与CD-ROM驱动器倍速一样的标注方式，以多少倍来表示。DVD-ROM驱动器的1倍速约等于CD-ROM驱动器的9倍速。DVD光盘驱动器数据的传输速率单倍速时为1.385MB/S。目前普遍使用的DVD光盘驱动器的传输速率8倍速或16倍速。
- ❑ DVD驱动器和DVD光盘也分成DVD±R 和DVD±RW，其中±是因厂商不同，De11、HP生产DVD+RW，先锋和夏普公司生产DVD-RW

移动存储

- 移动存储目前常用的有U盘和移动硬盘

U盘

- ❑ U盘也称优盘、闪存盘。它是一种可移动的外存储设备，采用**USB**接口，不需要物理驱动器，只要将之插入电脑上的**USB**接口就可以独立地存储读写数据了。容量从几百MB到几GB等。
- ❑ 优盘的核心部分是控制芯片和Flash芯片，是微型的大容量移动存储设备。优盘不需要外接电源。目前微机多使用**USB2.0**接口，其传输率可480Mbps。
- ❑ 注意：使用优盘后要想拔除优盘，应先卸载然后拔除，否则可能导致数据的破坏或损伤优盘。



移动硬盘

- 移动硬盘也称外置硬盘、活动硬盘。它是以硬盘为存储介质，强调便携性的外存储设备。移动硬盘在早期多以标准硬盘为基础，现在大多数采用2.5英寸超薄笔记本硬盘，也有部分产品使用的是1.8英寸的微型硬盘。



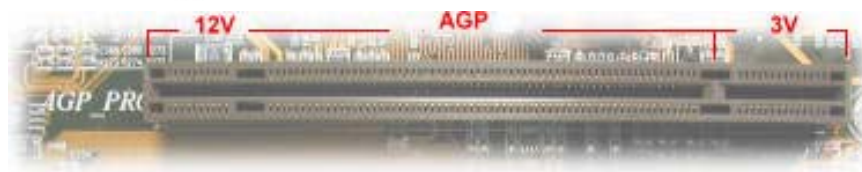
显示系统

- 显示系统主要是由显示器、显示适配器组成。
- 显示适配器： 俗称显示卡，是主机与显示器间的连接部件，通常插在主板的I/O扩展槽上。目前显示卡按与主板连接时所采用的接口方式主要分为：PCI显示卡和AGP显示卡。

显示器



显示适配器



AGP插槽

显示卡

- 显示卡的主要性能指标包括：显示内存的大小、支持分辨率、产生色彩多少、刷新速率及图形加速性能等。
- 显示卡支持分辨率要和相应的显示器配套，该指标也称显示卡的类型，主要有VGA(视频图形阵列显示卡)，标准VGA支持 640×480 ，16种颜色。现在流行增强VGA，如SVGA和TVGA等，它们支持分辨率可达 1024×768 ，甚至高达 1280×1024 、 1600×1200 等。

显示器

显示器也称监视器，通常微机上的显示器为阴极射线管显示器(CRT)和液晶显示器(LCD)等，它能以字符、数字、图形和图像方式显示各种信息。目前液晶显示器(LCD)是微机的主流产品，特点是辐射小、体积小、重量轻、耗电少。

显示器的技术参数主要有：屏幕尺寸、可视尺寸、横纵比、点距、像素数、显示分辨率和刷新频率等。点距越少，像素间隔越紧，图像显示的越细腻。显示分辨率指屏幕的水平点数 $\times$ 垂直点数，例如， 640×480 ， 800×600 ， 1024×768 等，它与显卡的类型有关。屏幕的像素经过一遍扫描（行扫描和场扫描）得到一帧画面，每秒屏幕画面更新的次数，称为刷新频率，刷新频率越高，画面闪烁越小，刷新频率一般为60HZ到70HZ。

CRT
显示器



液晶
显示器

键盘

- 常见的微机键盘**104**键盘。键盘通过连线一般接至计算机的**PS/2**接口或**USB**接口。

功能键区

主键盘区

打印屏幕键

英文字母区

Windows键

控制键区

数字小键盘区



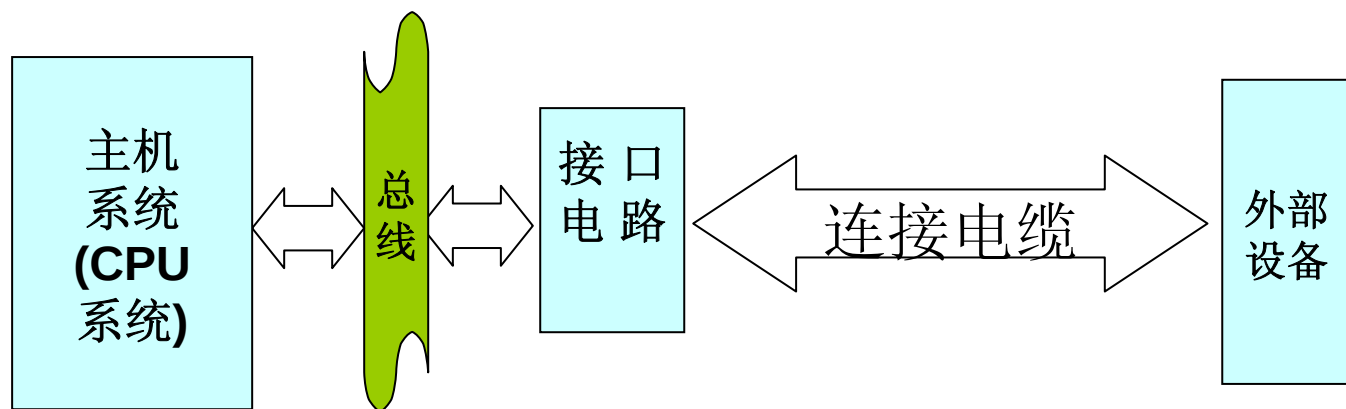
鼠标

- ❑ 鼠标分机械式和光电式两种，目前较为流行的是光电鼠标。机械鼠标注意防尘，并需要定期清洁内部。光电鼠标不要在太光滑的桌面或玻璃板上使用，这样会影响漫反射效果，使光电鼠标工作失灵。
- ❑ 按鼠标与计算机的连接形式，可分为有线鼠标和无线鼠标。在有线鼠标中，按鼠标与计算机连接的端口又可将鼠标分为三种类型：串行鼠标，PS/2鼠标，USB接口鼠标。



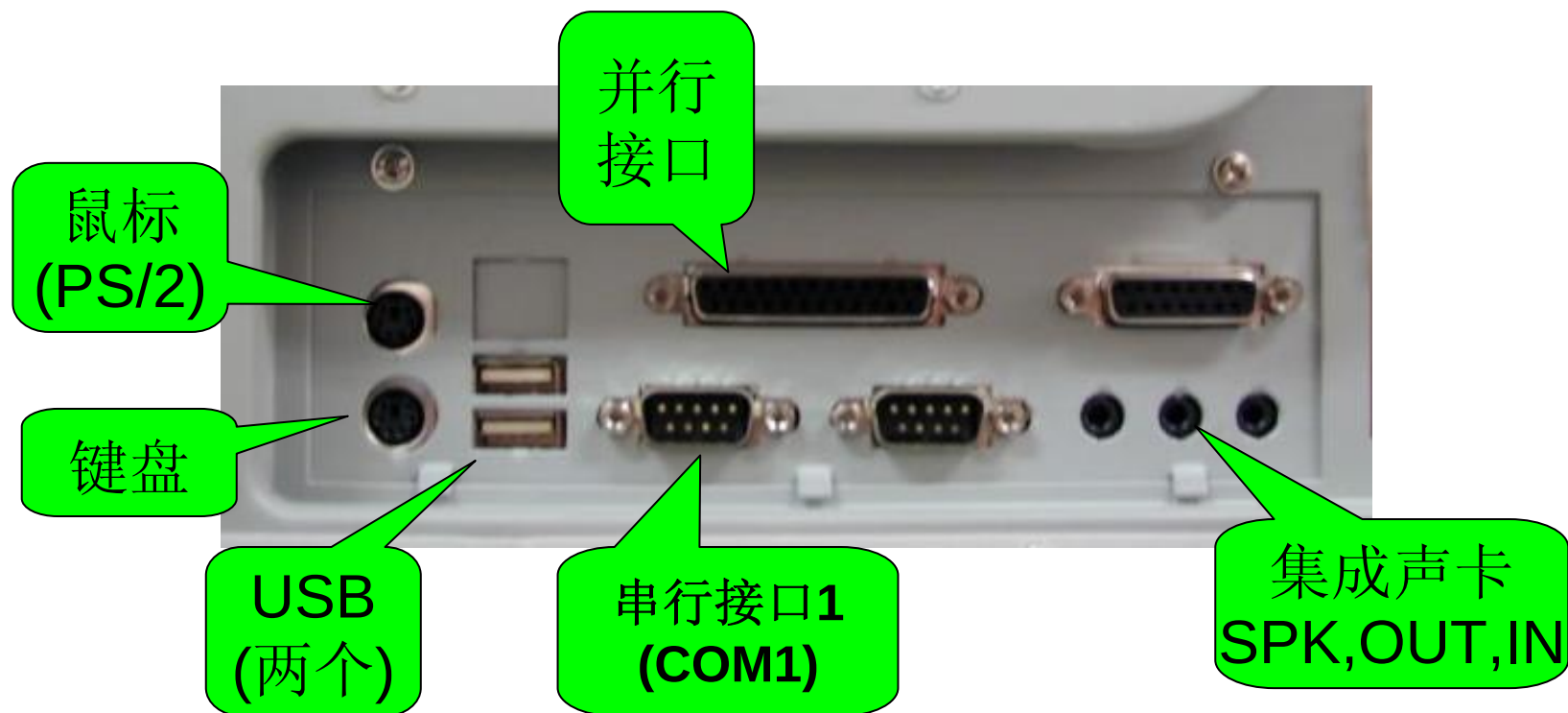
接口

- 接口指连接总线与外设的适配电路。
- 接口电路有板卡形式，直接插在主板的扩展槽上，如显示卡、声卡、网卡等。
- 微机同时提供了一些标准接口电路，主要有并行接口电路和串行接口电路，以及硬盘接口电路、软驱接口电路等。这些标准接口电路用于与标准设备的连接，如与打印机、鼠标、**MODEM**、硬盘、软驱等的连接。



标准接口

微机主板常提供的接口：



打印机

- 按工作方式分为： 击打式和非击打式
- 按打印颜色可分为：单色和彩色
- 打印机技术指标：
 - 分辨率，**DPI**(每英寸点数)
 - 打印速度
 - 能否连续色调打印
- 目前打印机支持的接口主要是：**LPT**和**USB**。



接PC机**LPT**

接打印机

常用的打印机类型

针式打印机

针式打印机是通过打印针击打色带进行工作。优点是结构简单，耗材省，维护费用低，可打印多层介质；缺点是噪声大，分辨率低，体积较大，打印速度慢。

现代针打越来越趋向于被设计成各种各样的专业类型，用以打印各类专业性较强的小票、报表、存折、发票、车票、卡片等。

喷墨打印机

喷墨打印机的基本原理是利用电阻加热喷墨（打印机的喷头也称墨头），使其中的墨水汽化而产生气泡，气泡膨胀后将墨水喷出喷嘴并印在纸上。

目前喷墨打印机主要用于家庭和打印较少的办公场合。

激光打印机

激光打印机是利用类似复印机的电子转印成像技术进行打印的。

目前激光打印机主要用于办公场合。

基本输入输出程序

- ❑ BIOS (Basic Input/Output System, 基本输入输出系统) 是一组被固化到电脑中, 为电脑提供最低级最直接的硬件控制的程序。
- ❑ BIOS中主要功能:
 - CMOS设置程序, 完成引导过程, 定义特殊热键, 对CMOS RAM的读写;
 - 自诊断程序, 通过读取CMOS RAM中的内容识别硬件配置, 并对其进行自检和初始化;
 - 系统自举装载程序, 在自检成功后将磁盘相对0道0扇区上的引导程序装入内存, 让其运行以装入操作系统;
 - 主要I / O设备的驱动程序和中断服务。
- ❑ 由于CMOS与BIOS都跟电脑系统设置密切相关, 所以才有CMOS设置和BIOS设置的说法。也正因此, 初学者常将二者混淆。CMOS RAM是系统参数存放的地方, 而BIOS中系统设置程序是完成参数设置的手段。因此, 准确的说法应是**通过BIOS设置程序对CMOS参数进行设置**。

内容

- 冯·诺伊曼理论
- 计算机的组成
- 微型计算机系统
- 计算机中的数据与编码

计算机中的数据与编码

在现代计算机系统中，任何信息都是以二进制来表示的，无论其外在形式是文字、数值、图形图像、声音，还是其他形式，在计算机内部都是以0、1代码的形式处理的。

1 数制与数制转换

2 字符编码

3 数的表示

1 数制与数制转换

- 数制

- 数值转换

- 二进制数的运算

数制

- **数制:** 称为进位计数制, 简称“进制”.

- 计算机中几种常用的进制:
 - **十进制:** “逢十进一”
 - **二进制:** 有两个不同的数码符号 0 和 1, 按“逢二进一”
 - **八进制:** 有八个不同的数码符号 0 ~ 7, 按“逢八进一”
 - **十六进制:** 有16个不同的数码符号 0 ~ 9 和A、B、C、D、E、F, 按“逢十六进一”

数值转换

□ 任意进制数N 可以表示为：

$$N = a_{n-1}k^{n-1} + a_{n-2}k^{n-2} + \dots + a_1k^1 + a_0k^0 + a_{-1}k^{-1} + a_{-2}k^{-2} + \dots$$

其中 a_i 表示各数位上的数码，取值范围为 $0 \sim r-1$

r 称为基数，

k^i 称为权。

□ 对各种非十进制数，可利用此式转换为十进制数。

非十进制数转换为十进制数

【例】

$$(1101.11)_2$$

$$= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

$$= 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25$$

$$= (13.75)_{10}$$

非十进制数转换为十进制数

【例】

$$(456.124)_8$$

$$= 4 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} + 4 \times 8^{-3}$$

$$= 256 + 40 + 6 + 0.125 + 0.03125 + 0.0078125$$

$$= (302.1640625)_{10}$$

非十进制数转换为十进制数

【例】

$$\begin{aligned} & (2A4E)_{16} \\ &= 2 \times 16^3 + A \times 16^2 + 4 \times 16^1 + E \times 16^0 \\ &= 8192 + 2560 + 64 + 14 \\ &= (10830)_{10} \end{aligned}$$

十进制数转换成 r 进制数

□ 十进制数转换成 r 进制数：（ r 可以是任意进制）

十进制数转换成 r 进制数，要对整数和小数部分分别转换，最后再将两部分合成一个数。

□ 方法：

- ❖ 整数部分的转换用除以 r 取余数的方法，直至商为 0，余数依从右到左排列即为所求；
- ❖ 小数部分的转换用乘以 r 取整数，直至取走整数后余下的数为 0 止（如若干次后，取走整数部分后余下的数仍不为 0，满足精度要求停止计算），所取整数从左至右排列即为所求。

【例】将 $(237.625)_{10}$ 转换为二进制

除2取余	余 数		整 数	乘2取整
2 2 3 7	1	取值方向		0.625
2 1 1 8	0			$\times 2$
2 5 9	1		1	1.250
2 2 9	1			0.25
2 1 4	0			$\times 2$
2 7	1		0	0.50
2 3	1			$\times 2$
2 1	1		1	1.0
0				

转换结果为: $(237.625)_{10} = (11101101.101)_2$

十进制转换成八进制

【例】将 $(237.625)_{10}$ 转换成八进制:

除8取余	余 数		整 数	乘8取整
8 $\overline{) 237}$	5	取 值 方 向 ↑		0.625
8 $\overline{) 29}$	5			$\times \quad 8$
8 $\overline{) 3}$	3		5	5.000
0				

转换结果 : $(237.625)_{10} = (355.5)_8$

十进制转换成十六进制

【例】将 $(237.625)_{10}$ 转换成十六进制:

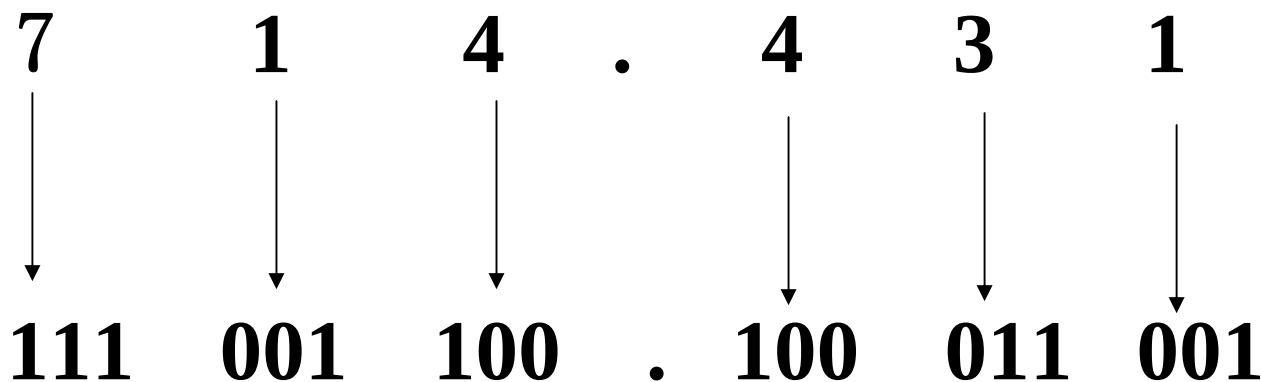
除16取余	余 数	整 数	乘16取整
$\begin{array}{r} 16 \overline{) 237} \\ \underline{160} \\ 77 \\ \underline{64} \\ 13 \\ \underline{16} \\ -1 \\ \underline{16} \\ -1 \\ 0 \end{array}$	$\begin{array}{l} D (13) \\ E (14) \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{取值} \\ \text{方向} \\ \downarrow \\ A \end{array}$	$\begin{array}{r} 0.625 \\ \times 16 \\ \hline 10.000 \end{array}$

转换结果: $(237.625)_{10} = (ED.A)_{16}$

将八进制数转换成二进制数

方法：以小数点为界，向左和向右的每一位八进制数用三位二进制数取代，不足三位补零。

【例】 $(714.431)_8 = (111001100.100011001)_2$



将二进制数转换成八进制数

方法：以小数点为界，向左和向右的每三位二进制数划分，再用相应的一位八进制数表示出来。

【例】将 $(11101110.00101011)_2$ 转换成八进制数：

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{011} & \underline{101} & \underline{110} & . & \underline{001} & \underline{010} & \underline{110} \\ 3 & 5 & 6 & . & 1 & 2 & 6 \end{array}$$

转换结果： $(11101110.00101011)_2 = (356.126)_8$

十六进制与二进制数的相互转换

十六进制转换成二进制数方法：

以小数点为界，向左和向右的每一位十六进制数用相应的四位二进制数取代，不足四位补零；

二进制转换成十六进制数方法：

以小数点为界，向左和向右的每四位二进制数用相应的一位十六进制数取代。

十六进制转换成二进制数

【例】将 $(1AC0.6D)_{16}$ 转换成二进制数：

1	A	C	0	.	6	D
↓	↓	↓	↓		↓	↓
0001	1010	1100	0000	.	0110	1101

转换结果：

$$(1AC0.6D)_{16} = (11010110000000 . 01101101)_2$$

将二进制转换为十六进制数

【例】将 $(10111100101.00011001101)_2$

转换为十六进制数

0101 1110 0101 . 0001 1001 1010

5 E 5 . 1 9 A

转换结果:

$(10111100101.00011001101)_2 = (5E5.19A)_{16}$

二进制数的运算

(1) 二进制数的算术运算

① 二进制数加法的运算规则为：

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+0=1 \quad 1+1=10$$

二进制数的加法与 【例】 $1001+101=1110$

十进制加法一样，

可用竖式演算。

$$\begin{array}{r} 1001 \\ + 101 \\ \hline 1110 \end{array}$$

二进制减法运算

②二进制减法运算运算规则:

$$0-0=0 \quad 1-0=1 \quad 1-1=0 \quad 10-1=1$$

【例】 $1011-111=0100$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ - 111 \\ \hline 0100 \end{array}$$

二进制数乘法

③二进制数乘法的运算规则：

$$0 \times 0 = 0 \quad 0 \times 1 = 0 \quad 1 \times 0 = 0 \quad 1 \times 1 = 1$$

【例】计算 $1101 \times 101 = 1000001$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \\ 0000 \\ +1101 \\ \hline 1000001 \end{array}$$

二进制数除法

④二进制数除法的运算规则：

$$0 \div 1 = 0 \quad 1 \div 1 = 1$$

【例】计算 $110010 \div 101 = 1010$

$$\begin{array}{r} 1010 \\ 101 \overline{) 110010} \\ \underline{101} \\ 101 \\ \underline{101} \\ 0 \end{array}$$

在计算机中,减法采用补码运算,这样便使减法由加法和移位实现;乘法也是由加法和移位来实现,而除法则由减法和移位实现。

二进制数的逻辑运算

① 逻辑“与”运算(AND)运算符用“.”或“ $\wedge$ ”表示,
运算规则为:

$$0 \cdot 0 = 0 \quad 0 \cdot 1 = 0 \quad 1 \cdot 0 = 0 \quad 1 \cdot 1 = 1$$

【例】计算 $11011001 \cdot 11110000 = 11010000$

$$\begin{array}{r} 11011001 \\ . \quad 11110000 \\ \hline 11010000 \end{array}$$

二进制数的逻辑运算

②逻辑“或”运算（OR）的运算符用“+”或者“ $\vee$ ”表示
运算规则为：

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+0=1 \quad 1+1=1$$

【例】计算 $11011001+00001111=11011111$

$$\begin{array}{r} 11011001 \\ + 00001111 \\ \hline 11011111 \end{array}$$

逻辑“非”运算

③逻辑“非”运算（NOT）（单目运算，常用运算符~或“—”表示）

运算规则为：

$$\sim 0 = 1 \quad \sim 1 = 0 \quad \text{或写成} \quad 0 = \overline{1} \quad 1 = \overline{0}$$

【例】计算 $\sim (1011) = 0100$

$$1011 = \overline{0100}$$

“异或”运算

④“**异或**”运算（**XOR**）的运算符用“ $\oplus$ ”表示，
运算规则为：

$$0 \oplus 0 = 0 \quad 0 \oplus 1 = 1 \quad 1 \oplus 0 = 1 \quad 1 \oplus 1 = 0$$

（即相同为0，不同为1）

【例】 计算 $11011000 \oplus 10001000 = 01010000$

$$\begin{array}{r} 11011000 \\ \oplus 10001000 \\ \hline 01010000 \end{array}$$

2 字符编码

- 为了对计算机中非数值的文字和符号进行处理，需用二进制数表示这些文字和符号。字符编码就是规定用怎样的二进制数编码来表示文字和符号。
- 主要包括：
 - BCD码
 - ASCII码
 - 汉字编码

BCD码

BCD 码 又 称 二 - 十 进 制 编 码 （ Binary Coded Decimal）

这种编码是把十进制数的每一位分别表示成四位二进制数形式的编码。

【例】

十进制数 12 的 BCD 码为： 0001 0010

十进制数 825 的 BCD 码为： 1000 0010 0101

在计算机中，用 BCD 码，可以进行十进制运算。

ASCII码

- ▣ 文本字符普遍采用ASCII码（American Standard Code for Information Interchange）即美国信息交换用标准代码。
- ASCII码有 7 位版本和 8 位版本，国际上通用的是 8 位版本。（教材第33页）
- 7 位版本的ASCII码有128个元素，每个元素用 7 个二进制位。 $2^7 = 128$ 。其中通用控制字符33个，阿拉伯数字10个，大小写英文字母52个，标点符号和运算符号33个

8 位版本的ASCII码

- 每个字符使用 8 位二进制数进行编码；
- 当最高位为 0 时，称为基本 **ASCII** 码（编码与 7 位 **ASCII** 码相同）；
- 当最高位为 1 时，形成扩充 **ASCII** 码，表示数的范围为 **128~255**，也可表示 **128** 种字符。通常各个国家都把扩充的 **ASCII** 码作为自己国家语言文字的代码。

汉字编码

- 解决汉字的输入、输出、存储以及汉字处理等所使用的编码。
- 汉字编码包括：
 - 汉字输入码
 - 汉字内部码
 - 汉字交换码
 - 汉字字形码等。

汉字编码

1) 汉字输入码（也称外码）

是为将汉字输入到计算机设计的代码。汉字输入码种类较多，汉字输入码可分为流水码、拼音类输入法、拼形类输入法和音形结合类输入法等几大类。

2) 汉字内部码（又称汉字机内码或汉字内码）

是计算机内部汉字的存储、加工处理和传输使用的统一代码。计算机接收到外部码后，要转换成内码进行处理和传送。

汉字编码

3) 汉字交换码

是国家规定的用于汉字处理及传送使用的代码。此代码标准为 **GB2312-80**，即《信息交换用汉字编码字符集·基本集》(又称国标码)。此标准规定了信息交换用的**7445**个图形字符，其中**6763**汉字和**682**个非汉字符号的代码。

国标码规定，每个汉字用两个字节表示，每个字节仅用低7位，最高位为0。

汉字的国标码和内码有一一对应的关系，即将最高位加**1**，国标码就变为内码。

汉字编码

4) 汉字字形码

用于汉字的显示和打印，又称输出码。

字形码即以点阵方式形成汉字。共有 $m \times n$ 个点，称为汉字点阵。如 **16 × 16** 点阵的汉字，共有 **256** 个点。

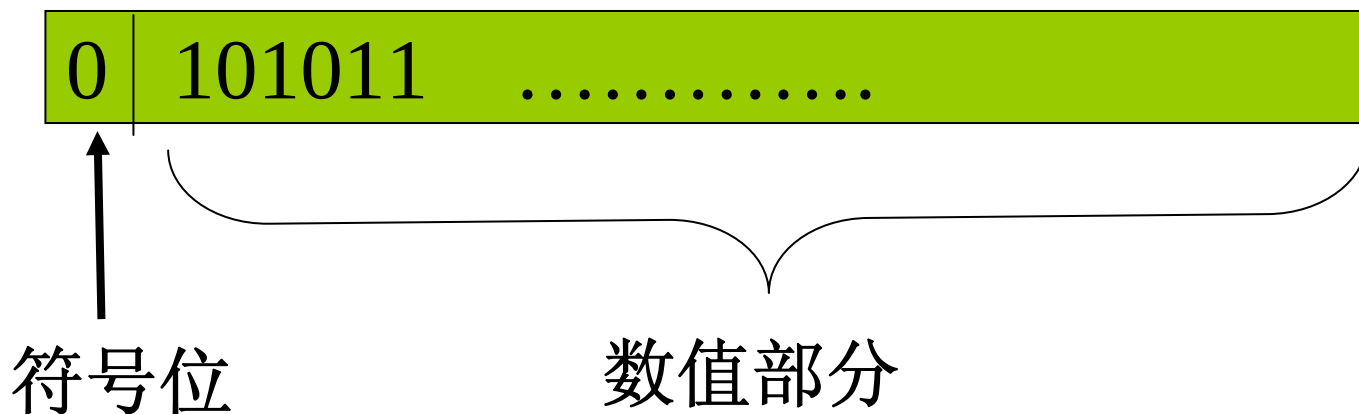
汉字点阵和字形的对应关系是，有笔画处的点为 **1**，无笔画处的点为 **0**。

汉字点阵越大，即组成字形的点越多，则输出的字体越美观。

3 计算机中数据的表示

在计算机中只能用数字表示数的正、负，并规定用“0”表示正号、“1”表示负号。这种表示数的形式称为机器数。

例如：一个字存储一个数，形式为：



数的编码

二进制数的表示： 原码、反码、补码。

(1) 原码

高位为符号位，数值部分即为原数。

如：八位的原码

$$X_1 = + 0001001 \quad [X_1]_{\text{原}} = 00001001$$

$$X_2 = - 1001001 \quad [X_2]_{\text{原}} = 10001001$$

在原码表示中，0有两种不同的表示形式：

$$[+ 0]_{\text{原}} = 00000000 \quad [- 0]_{\text{原}} = 10000000$$

数的编码

(2) 反码

正数的反码=原码;

负数的反码=原码尾数部分按位取反。

如：八位的反码：

$$X_1 = + 0001001B \quad [X_1]_{\text{反}} = 00001001$$

$$X_2 = - 1001001B \quad [X_2]_{\text{反}} = 11110110$$

在反码表示中，0也有两种不同的表示形式：

$$[+0]_{\text{反}} = 00000000$$

$$[-0]_{\text{反}} = 11111111$$

数的编码

(3) 补码:

正数的补码: 同原码

负数的补码: 按位求反, 末位加1

例: $x = -00101110$

00101110 ----原码

11010001 ----按位求反

$[x]_{\text{补码}}$: 11010010 ----末位加1

$[+0]_{\text{补码}} = 00000000$

11111111

00000000 = $[-0]_{\text{补码}}$

$\therefore 0$ 的表示唯一

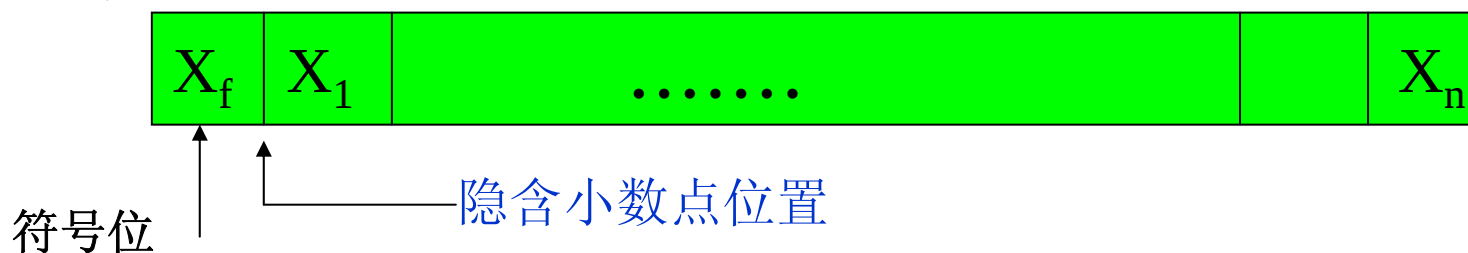
使用补码, 可以将减法用加法来实现。

机器数的定点与浮点表示

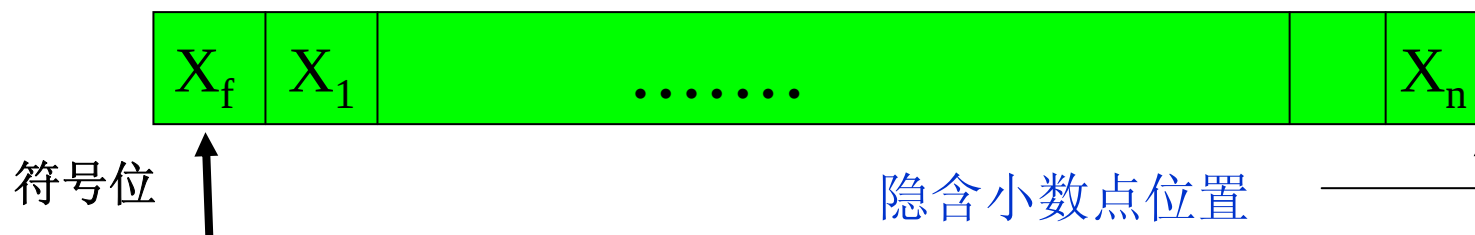
(1) 定点表示法

所有数据的小数点位置固定不变。小数点“.”在机器中的位置是隐含约定的，并不需要真正地占据一个二进制位。

定点小数



定点整数

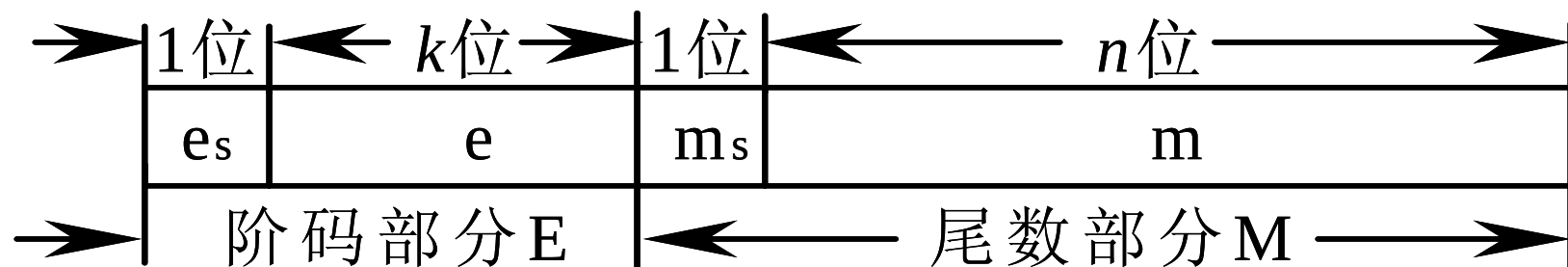


浮点表示法

(2) 浮点表示法

小数点的位置不固定，根据需要而浮动。任何一个数N的浮点表示形式为： $N=M \times 2^E$

式中：E和M都是带符号的定点数，E为阶码部分，M为尾数部分。在大多数计算机中，尾数为纯小数，阶码为纯整数。



e_s 阶码部分的符号位，反映了数N小数点的实际位置；
 m_s 尾数部分的符号位，它是整个浮点数的符号位。

浮点表示法与定点表示法比较

- 定点数所能表示的数值范围非常有限，计算机做定点运算时容易溢出，即计算结果的位数超出字长的位数，使运算发生错误
- 在相同字长下浮点数所能表示数的范围要大得多，使用比较方便