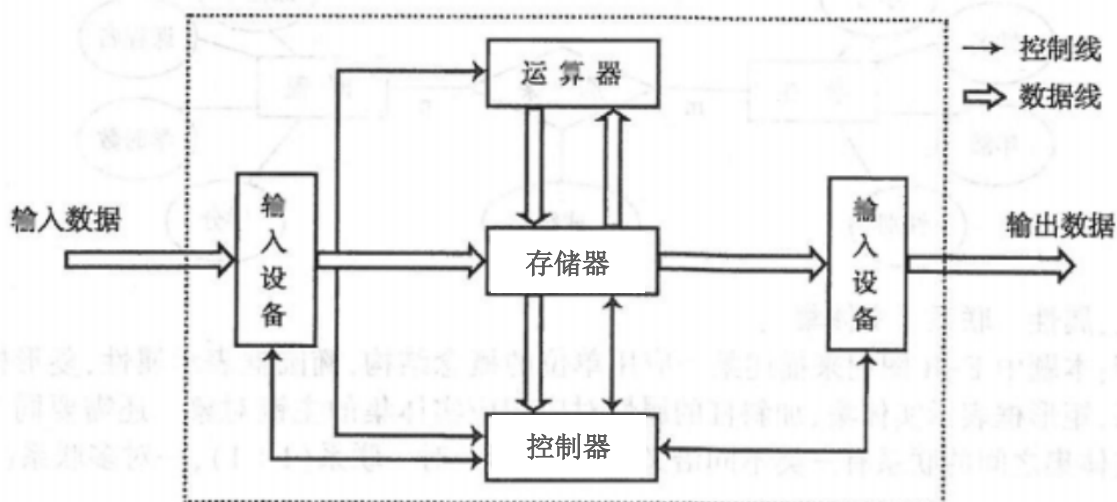


1.计算机硬件

1.1 计算机基本原理

- 1、1946 年美国宾州大学研制成功第 1 台数字电子计算机-**ENIAC**。
- 2、**冯·诺依曼**提出“**存储程序控制**”原理：程序和数据必须从外存调入内存，再交给 CPU。



3、计算机发展的四个阶段：

第一代**电子管计算机**时代（1946-1958）：真空电子管，使用**机器语言或汇编语言**。

第二代**晶体管计算机**时代（1959-1964）：晶体管，出现**高级程序设计语言**。

第三代**中小规模集成电路计算机**时代（1965-1970）：中小规模集成电路，**操作系统和数据库系统**出现。

第四代**大规模集成电路计算机**时代（1971-至今）：大规模和超大规模集成电路，网络技术，多媒体技术等出现。

4、计算机的分类：

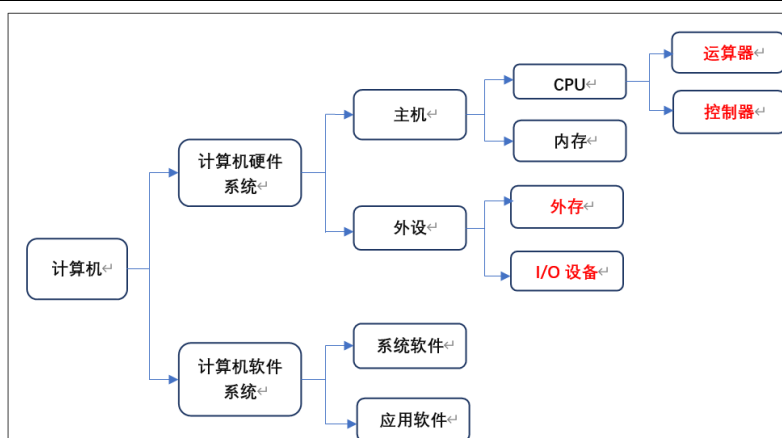
- （1）按照计算机的工作原理：数字式电子计算机、模拟式电子计算机、数字模拟混合式电子计算机。
- （2）按照计算机的用途：通用计算机、专用计算机。
- （3）按照计算机的性能（规模）划分：**巨型机（“神威”、“天河”系列等）、小巨型机、大型机、小型机、工作站、个人计算机（PC）、嵌入式计算机（核心是 SoC 片上系统）。**
- （4）按主机外型：台式、便携式。
- （5）按中央处理器的字长分：8 位、16 位、32 位、64 位等。

5、计算机的特点：**运算速度快、运算精度高、存储容量大、可靠性高、能进行逻辑判断、支持人机交互等。**

6、计算机的应用领域：科学计算、信息处理、计算机辅助技术（辅助设计 CAD;辅助制造 CAM、辅助教学 CAI、辅助测试 CAT、办公自动化 OA）、过程控制、人工智能、网络应用、多媒体等。

7、**计算机系统是由硬件系统和软件系统组成。**

硬件主要由**五大部件**构成：**运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备**，它们通过总线相互连接。如下图所示：



8、**CPU 即中央处理器**，由**运算器（ALU）、控制器(CU)和寄存器组（GPR）**构成用于执行系统软件和应用软件的处理器称为 CPU，CPU 是计算机必不可少的核心组成部件。

运算器用来对数据进行**各种算术或逻辑运算**，所以称为**算术逻辑部件（ALU）**，参加 ALU 运算的操作数通常来自通用寄存器 GPR，运算结果也送回通用寄存器 GPR。

(1) **运算器（ALU）**：对数据进行算术运算、逻辑运算等。

(2) **控制器（CU）**：控制单元，取出指令并保存，解释指令的功能，由此产生控制各部件工作的信号，**执行指令**。

9、**使用双核(或多核)处理器的 PC 机中，是几个 CPU？**集成在一块芯片上，物理上只有一个，逻辑上是**两（或多）个**。

10、**CPU 的主要任务是执行指令**，它按指令的规定对数据进行操作。

11、**存储器是用于存储以二进位形式的程序和数据**。分为**内存器（主存）和外存器（辅存）**。

12、**内外存储器的区别**：

(1) **存取速度**：内存要快，外存相对要慢。

(2) **存储容量**：内存要小（2G,4G，8G 等），外存要大（256G,512G,1T 等）

(3) **易失性**：内存断电后消失，外存断电后保持。

(4) **用途**：内存存放启动运行的程序和需要立即处理的数据，外存长期存放计算机系统中所有信息

(5) **与 CPU 关系系统**：CPU 从内存直接获得指令和数据进行处理，外存的程序和数据需要载入内存之后才能被 CPU 使用。

13、**输入设备**：把信息送入计算机的设备（以二进制形式）。常用的输入设备：**键盘、鼠标、扫描仪、麦克风等**

14、**输出设备**：将计算机中的信息输出的设备（文字、图形、图像、声音等）。常用的输出设备：**显示器、打印机、绘图仪、扬声器等**。

15、**总线**用于**连接 CPU、内存、外存和各种 I/O 设备并在它们之间传输信息的一组共享的传输线及其控制电路**。

(1) **CPU 总线（前端总线）**：用于连接 CPU 和主存之间的总线。一般 CPU 总线的数据线条目为 CPU 位数。目前 CPU(i3/i5/i7/i9) 都是 64 位。

(2) **I/O 总线**：用于连接主存和 I/O 设备（包括外设）总线（目前使用的 PCI 和 PCI-E）

(3) 总线组成：**地址总线、数据总线、控制总线**

①、**数据总线用于传送数据信息**。数据总线是双向三态形式的总线，它既可以把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件，也可以将其他部件的数据传送到 CPU。数据总线的位数是微型计算机的一个重要指标，通常与微处理器的字长相一致。

②、**地址总线是专门用来传送地址的**，由于地址只能从 CPU 传向外部存储器或：I/O 端口，所以地址总线总是单向三态的，这与数据总线不同。**地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存空间大小**。例如，

8 位微机的地址总线为 16 位，则其最大可寻址空间为 $2^{16}=64\text{KB}$ ；16 位微机的地址总线为 20 位，则其可寻址空间为 $2^{20}=1\text{MB}$ 。一般来说，若地址总线为 n 位，则可寻址空间为 2^n 字节。

③、控制总线用来传送控制信号和时序信号。控制信号中，有的是微处理器送往存储器和 I/O 接口电路的，如读/写信号、片选信号、中断响应信号等；也有的是其他部件反馈给 CPU 的，如中断申请信号、复位信号、总线请求信号、设备就绪信号等。因此，控制总线的传送方向由具体控制信号而定，一般是双向的。控制总线的位数要根据系统的实际控制需要而定。

(4) 总线带宽：

①、总线带宽指单位时间内总线上可以传输的最大的数据量。

②、总线带宽 (MB/s) = (总线位宽/8) × 总线工作频率 (MHz) × 每个总线周期数据传输的次数。

16、程序 (指令) 和数据均以二进制编码表示，均存放在存储器中。

17、程序运行时候，CPU 内存中一条一条取出指令和相应的数据，按指令操作码的规定，对数据进行运算处理，直到程序执行完毕为止。

18、指令是构成程序的基本单位，程序是由一连串指令组成。

19、指令的组成：操作码和操作数 (地址码)。操作码不可少，地址码可以没有。

(1) 操作码：指出 CPU 应执行何种操作的一个命令词，例如加、减、乘、除等

(2) 操作数 (地址码)：指出该指令所操作 (处理) 的数据或者数据所在位置

20、指令的执行过程：取指令 → 指令译码 → 执行指令 → 保存

(1) 取指令：CPU 的控制器从存储器读取一条指令并放入指令寄存器

(2) 指令译码：指令寄存器中的指令经过译码，决定该指令应进行何种操作、操作数在哪里

(3) 执行指令：取出操作数并进行相应运算

(4) 保存：运算结果的保存至寄存器，有时候也会保存至内存中。

21、指令系统：CPU 可执行的全部指令称为该 CPU 的指令系统，即它的机器语言

22、一般同一公司为解决软件兼容性问题，采用“向下兼容方式”开发新的处理器，即所有新处理器均保留老处理器的全部指令，同时还扩充功能更强的新指令。

23、智能手机和平板电脑使用的是 ARM 架构的 CPU，和 PC 上的 CPU 的指令系统不一样，所在不兼容。

24、影响 CPU 性能的主要因素：字长、指令系统、逻辑结构、高速缓存 (Cache)、主频、内核数目等

(1) 字长 (位数)：指通用寄存器和定点运算器的宽度 (即二进制整数运算的位数)

(2) 指令系统：指令的类型、数目和功能等都会影响程序的执行速度

(3) 逻辑结构：CPU 包含的定点运算器和浮点运算器的数目、采用的流水线结构和级数、指令分支预测的机制、执行部件的数目等

(4) 高速缓存 (Cache)：高速缓存 (cache) 的容量与结构

(5) 主频 (CPU 内部时钟频率)：指 CPU 芯片中电子线路 (门、触发器) 的工作频率，它决定着 CPU 芯片内部数据传输与操作速度的快慢。主流高端 CPU 主频可以达到 3~4GHz，中低端可达到 2~3GHz。

(6) 内核数：1 个、2 个、…、6 个、8 个甚至更多

25、字长：指通用寄存器和定点运算器的宽度 (即二进制整数运算的位数)。字长都是字节的整数倍，以前都是 32 位的，目前 CPU (i3/i5/i7/i9) 都是 64 位处理器。

26、高速缓存 (Cache)：

(1) Cache 一般由 SRAM (静态随机存储器) 芯片组成，存取速度快于主存，小于 CPU。容量越大，级数越多，效果越好。Cache 缓解了 CPU 和内存之间速度不匹配的问题。

(2) 透明性：指 Cache 不能由程序或者程序员访问，不与主存统一编址。

(3) 命中率：指的是 CPU 需要的指令或数据在 Cache 中直接找到的概率。

(4) Cache 中的数据是主存中部分内容的映像 (副本)，数据调入 Cache 由 CPU 自行完成，无须人为干预。

(5) Cache 技术是利用程序访问的局部性原理，把程序中正在使用的部分存放在一个高速的、容量较小的 Cache 中，使 CPU 的访存操作大多数针对 Cache 进行，从而大大提高程序的执行速度。

27、**主频**：指 CPU 芯片中电子线路（门、触发器）的工作频率，它决定着 CPU 芯片内部数据传输与操作速度的快慢。

- (1) **CPU 的工作频率（主频）=外频（总线的工作频率、主存的工作频率）×倍频因子**，外频一般为 100MHz、133MHz、266MHz。
- (2) **主频越高，CPU 的速度越快。**
- (3) **单位一般是 Hz。**

1.2 集成电路

- 1、微电子技术是以集成电路为核心的电子技术。
- 2、电子元器件发展：**电子管、晶体管、中(MSI)/小(SSI)规模集成电路、大(LSI)/超大(VLSI)规模集成电路**
- 3、**集成电路（IC）**：以半导体单晶片作为基片,采用平面工艺，将晶体管、电阻、电容等元器件及其连线所构成的电路制作在基片上所构成的一个微型化的电路或系统
- 4、**按照电子元器件的不同，计算机被分为四代，目前计算机属于第四代（大/超大规模集成电路计算机）。**
- 5、现在集成电路使用的半导体材料主要是硅（Si），也可以是化合物半导体砷化镓（GaAs）或者半导体锗。
- 6、集成电路的特点：**体积小、重量轻、功耗小、成本低、速度快、可靠性高**
- 7、集成电路分类：
 - (1) 按用途分类：**通用集成电路（CPU 芯片、存储芯片等）和专用集成电路（手机芯片、洗衣机芯片、学平板芯片、数码相机芯片等）。**
 - (2) 按电路的功能分类：数字集成电路和模拟集成电路
 - (3) 按晶体管结构、电路和工艺分类：双极型电路、金属氧化物半导体（MOS）电路、双极-金属化物半导体集成电路等
 - (4) 按集成度（芯片中包含元器件数目）分类：小规模集成电路（SSI）、中规模集成电路（MSI）、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)、极大规模电路（ULSI）。
- 8、**摩尔定律（Moore）**：单块集成电路的集成度平均每 18 月至 24 个月翻一番。摩尔定律并不可能永远成立。
- 9、**IC 卡，即集成电路卡，它是把集成电路芯片密封在塑料卡基片内，使其成为能存储信息、处理和传递数据的载体。**
- 10、**IC 卡特点：存储信息量大、保密性能强、可以防止伪造和窃用、抗干扰能力强、可靠性高**
- 11、**IC 卡的类型（按芯片分类）**：
 - (1) **存储器卡**
 - ①、原理：封装的集成电路以存储器为主，信息可长期保存，也可通过读卡器改写。
 - ②、特点：有写保护和加密电路，可以对存储卡进行加密操作。
 - ③、适用场景：**校园卡、公交卡、医保卡、消费卡、门禁卡等。**
 - (2) **CPU 卡**：
 - ①、原理：封装的集成电路为中央处理器（CPU）、数据存储器、程序处理器，以及带有芯片操作系统。
 - ②、特点：处理能力强，保密性能更好
 - ③、适用场景：**银行卡、信用卡、证件、手机 SIM 卡等**
- 12、**IC 卡的类型（按使用方式分类）**
 - (1) **接触式 IC 卡（如电话卡）**
 - ①、工作原理：使用时必须将 IC 卡插入读卡机，通过金属触点传输数据
 - ②、特点：易磨损、怕脏、寿命短等
 - ③、适用场景：信息量大、读写操作复杂场合

(2) 非接触式 IC 卡（即射频卡、感应卡；如身份证）

- ①、原理：采用电磁感应方式无线传输数据，无源（卡中无电源）和免接触
- ②、特点：操作方便，快捷，采用全密封胶固化，防水、防污，使用寿命长
- ③、适用场景：用于读写信息较简单的场合，如身份验证等

(3) 双界面卡（如公交一卡通、银行 IC 卡）

- ①、原理：可通过接触方式的触点，也可相隔一定距离以射频方式使用的 IC 卡
- ②、特点：一卡多用、一卡通用、高度安全、快速交易等
- ③、适用场景：适用于恶劣工作环境和自助消费场所，适用于对安全性要求高的系统，可作为金融电子钱包应用。

1.3 PC 机组成

1、**PC 机组成**：主板（芯片组、BIOS、CMOS、PCI 插槽等）、机箱电源、**CPU**、**内存条**、声卡、网卡、显卡、插头（插座接口）、**输入设备**、**输出设备**（显示器、打印机、音箱/耳机）、**外存**（硬盘、软驱、光驱、移动硬盘、U 盘等）等。

为了便于不同 PC 机主板的互换，主板的物理尺寸已经标准化，目前使用的比较多的是 ATX 规格的主板。

2、**主板：又称母板。计算机最重要的部件之一。主板一般为矩形电路板，上面安装了组成计算机的主要电路系统，一般有 BIOS 芯片、I/O 控制芯片、键盘和面板控制开关接口、指示灯插接件、扩充插槽、主板及插卡的直流电源供电接插件等元件。**

3、主板的作用：安装所有电子器件、电路与连接件

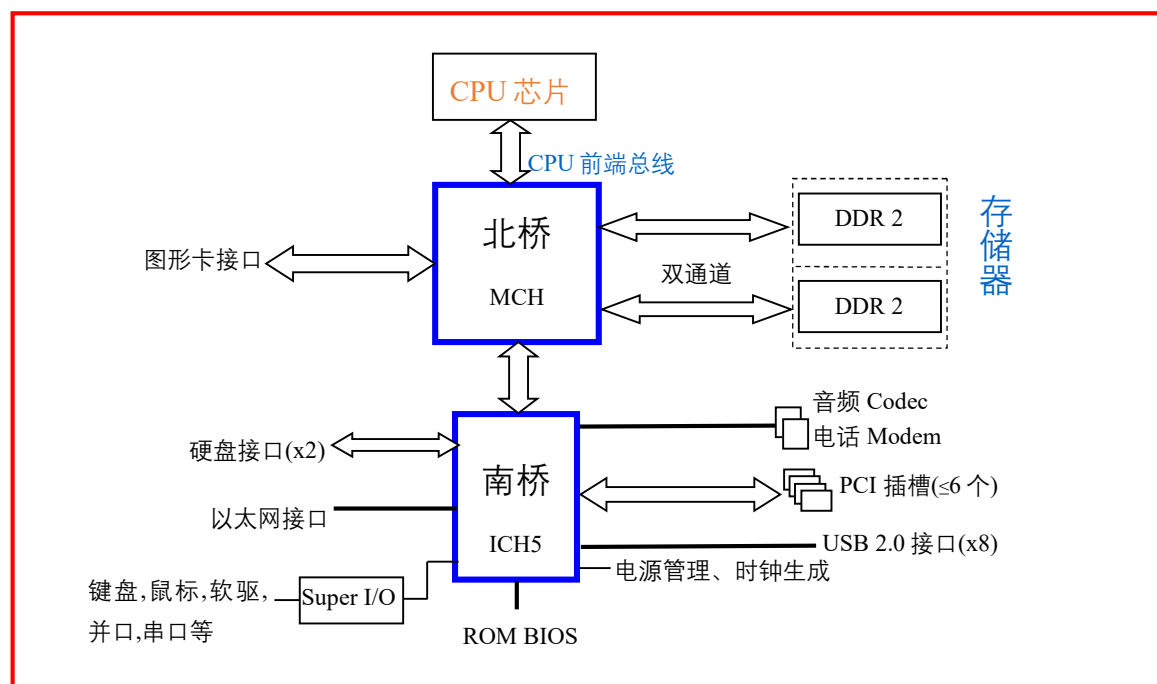
4、芯片组：是主板电路的核心部件，集中了几乎主板上所有控制功能，决定了主板的档次和级别。

5、芯片组是 PC 机各组成部分相互连接和通信的枢纽，实现了系统总线功能。

6、芯片组决定主板能安装的 CPU 的类型、主频。

7、芯片组决定主板能安装的主存的最大容量、速度和可使用的内存条的类型。

8、**芯片组是由南桥芯片和北桥芯片构成**，一般芯片组的结构图如下所示：



9、南桥芯片功能：

- (1) I/O 控制中心
- (2) 主要与 PCI 总线槽、USB 接口、硬盘接口、音频解码器、BIOS 和 CMOS 存储器等连接，并借助 Super I/O 芯片提供对鼠标键盘、串行口、并行口等的控制。

10、北桥芯片功能（目前大部功能都集成到 CPU 芯片中处理）：

- (1) 存储控制中心
- (2) 高速连接 CPU、存储器、显卡、并且是连接南桥芯片的枢纽

11、现在很多 I/O 控制器都不以扩展卡的形式出现。南桥芯片中已经集成了 I/O 控制器的功能。

12、BIOS

(1) BIOS: Basic Input/Output System,即“基本输入/输出系统”，存放在主板上只读存储器（ROM）芯片中的一组机器语言程序（固件，二进制语言程序，属于系统软件）。

(2) 特点：断电后保存的信息不会消失

(3) 功能作用：

- ①开机时诊断计算机故障（比如出现蓝屏）
- ②启动计算机工作
- ③启动阶段控制外设基本输入输出操作（键盘、鼠标、磁盘读写、屏幕显示等）

(4) 组成：

- ①加电自检程序（POST）：检测计算机硬件故障
- ②系统自举程序（Boot）：启动计算机，加载并进入操作系统运行态
- ③CMOS 设置程序：设置系统参数（日期、时间、口令等）
- ④常用外部设备的驱动程序：启动阶段对基本外设输入输出操作

(5) 计算机启动顺序：POST->引导装入程序（自举程序）->引导程序->操作系统。

13、CMOS

- (1) CMOS:互补金属氧化物半导体
- (2) CMOS 芯片是主板上的一块 RAM（随机存取存储器）。
- (3) CMOS 存放计算机一些基本参数（日期、时间、硬件启动顺序等），可以被修改。
- (4) 通过 BIOS 设置程序对 CMOS 参数进行设置与修改。
- (5) 断电后 CMOS 中的信息会丢失，所以 CMOS 芯片须由主板上的电池供电，来保证其在计算机断电后信息不会丢失。

14、内存储器

- (1) 计算机存储器分为两类：内存储器和外存储器。
- (2) 内存和外存的区别：
 - ①、内存存取速度快、容量小、成本高，大都是易失性存储器（临时存放正在运行的程序和数据）；外存存取速度慢，容量大，成本低，断电后信息不会丢失（文件长久存放系统中）。
 - ②、内存都是由半导体芯片构成的；外存的存储介质有：磁表面存储顺（硬盘），半导体芯片（U 盘）。
 - ③、内存按字节编址和存取；外存按数据块编址和存取。
 - ④、内存直接与 CPU 连接，CPU（指令）可以对内存中指及数据进行读、写操作；外存不与 CPU 直接连接，外存中的程序及相关数据需要先传递至内存中后才能被 CPU 使用。
- (3) 内存容量：内存容量的大小对 CPU 的速度几乎不存在影响，内存容量大小是计算机性能的指标之一。单位：MB 或 GB。
- (4) 存取时间：从 CPU 送出内存单元的地址码开始，到主存读出数据并送到 CPU（或者是把 CPU 数据写入主存）所需要的时间（单位：ns（纳秒）， $1\text{ ns} = 10^{-9}\text{ s}$ ）
- (5) DDR3 和 DDR4
 - ①、均采用双排直插式，其触点分布在内存条的两面
 - ②、PC 主板上一般配有两个或四个内存条插槽

(6) DDR 内存数据传输率计算:

①、数据传输率即内存带宽，指单位时间内通过内存的数据量，单位以 GB/s 表示。

②、计算公式：内存带宽=工作频率×位宽/8。

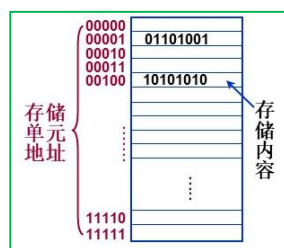
(7) 内存条的封装：目前内存的封装方式主要有 TSOP、BGA、CSP 等三种，封装方式也影响着内存条的性能优劣。

(8) 内存地址：

①、内存中是每一个字节都赋予唯一的编号，称为地址

②、操作系统使用地址对内存进行管理

③、内存的地址从 0 开始编址



④、内存寻址范围取决于地址线位数的多少 (n)，即受地址位数的限制。可寻址空间为 2^n 字节

15、半导体存储器

(1) 分类：RAM（随机存储器）和 ROM（只读存储器）

(2) 随机存储器（RAM）：SRAM（静态随机存储器）和 DRAM(动态随机存储器)

①、SRAM：不需要刷新，读写速度较快；电路相对复杂，集成度低，能耗高，成本较高；一般用于 Cache 存储器。

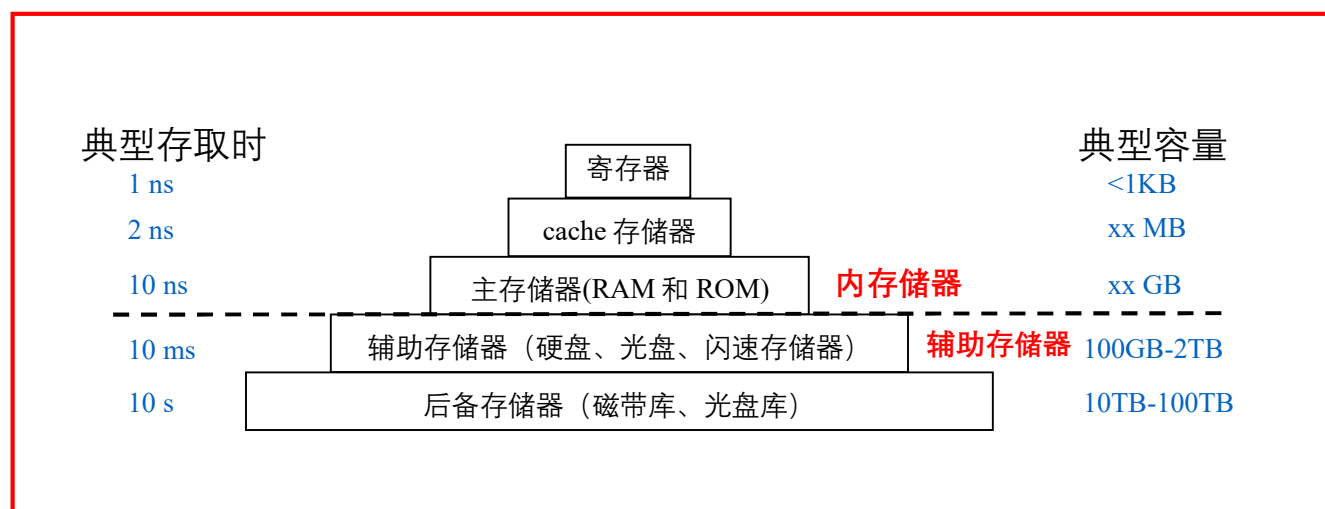
②、DRAM：每 10~100ms 刷新一次，读写速度较慢，电路相对简单，集成度高，能耗低，成本较低；一般用于主存。

(3) 只读存储器（ROM）：EEPROM(带电可擦可编程只读存储器)和 Flash ROM（闪存存储器）

①、EEPROM：非易失性存储器，断电后信息不会丢失，速度较慢，容量不大，价格便宜，在低端产品中用的较多。

②、Flash ROM：非易失性存储器，断电后信息不会丢失，高电压可读，低电压可写。用于 BIOS ROM、数码相机存储卡、固态硬盘、U 盘等。

16、计算机存储器的层次结构



(1) 速度（快->慢）：寄存器->Cache->主存->存外（硬盘、光盘、U 盘等）->后备存储（磁带库、光盘库等）

(2) 速度越快，成本较高。为了获得好的性能/价格比，计算机中各种存储器组成一个层状的塔式结构，取长补短，协调工作

(3) 工作过程：

- ①、CPU 运行时，需要的操作数大部分来自寄存器
- ②、如需要从(向)存储器中取(存)数据时，先访问 cache，如在，取自 cache
- ③、如操作数不在 cache，则访问 RAM，如在 RAM 中，则取自 RAM
- ④、如操作数不在 RAM，则访问硬盘，操作数从硬盘中读出→RAM→cache

17、I/O 操作

- (1) 输入和输出任务：I/O 操作也包括辅存与内存之间的数据传输
- (2) I/O 操作与 CPU 的运算可同时进行（并行）
- (3) 多个 I/O 设备的操作也可同时进行工作（并行工作）
- (4) 每类 I/O 设备都有各自的控制器，它们按照 CPU 的 I/O 操作命令，独立地控制 I/O 操作的全过程。

18、I/O 接口

- (1) 串行：一次传输 1 位数据；串行的传输速度不一定小于并行的传输速度。（COM 接口，USB）
- (2) 并行：一次传输 8 位（或 16 位、32 位）数据。（如 LPT 接口打印机或扫描仪、DVI、MIDI、VGA）
- (3) 独占式：只能外接 1 个设备（DVI、MIDI 等）
- (4) 总线式：可以扩展多个设备。（USB 等）

19、I/O 控制器

- (1) I/O 控制器是用于实现 CPU 对设备的控制部件。
- (2) I/O 控制器是控制计算机输入输出的一个最基本的控制系统，可指挥计算机的各个部件按照指令的功能要求协调工作的部件。
- (3) 组成：指令寄存器 IR、程序计数器 PC、操作控制器 OC。
- (4) I/O 控制器的功能：
 - ①、接收设备 CPU 指令：CPU 的读写指令和参数存储在控制寄存器中
 - ②、向 CPU 报告设备的状态：I/O 控制器中会有相应的状态寄存器，用于记录 I/O 设备的当前状态。（比如 1 代表设备忙碌，0 代表设备就绪）
 - ③、数据交换：数据寄存器，暂存 CPU 发来的数据和设备发来的数据，之后将数据发给控制寄存器或 CPU。
 - ④、地址识别：类似于内存的地址，为了区分设备控制器中的各个寄存器，需要给各个寄存器设置一个特定的地址。I/O 控制器通过 CPU 提供的地址来判断 CPU 要读写的是哪个寄存器。
- (5) 常见 I/O 控制方式：
 - ①、程序直接控制方式：CPU 向 I/O 模块发出读写指令，CPU 会从状态寄存器中读取 I/O 设备的状态，如果是忙碌状态就继续轮询检查状态，如果是已就绪，就代表 I/O 设备已经准备好，可以从中读取数据到 CPU 寄存器中，读到 CPU 后，CPU 还要往存储器（内存）中写入数据，写完后执行下一套指令。
 - ②、中断驱动方式：中断驱动方式的思想是允许 I/O 设备主动打断 CPU 的运行并请求服务，从而“解放”CPU，使得其向 I/O 控制器发送读命令后可以继续做其他有用的工作。
 - ③、DMA（直接存储方式）：DMA 方式的数据流向是从设备直接放入内存（设备→内存），或者是从内存直接到设备（内存→设备），不再使用 CPU 作为中间者。
 - ④、通道控制方式：通道是一种硬件，可以理解为“低配版的 CPU”。通道与 CPU 相比的话，CPU 能够处理的指令种类比较多，而通道只能执行单一指令。使用这种控制方式，CPU 干涉频率极低，通道会根据 CPU 的指令执行响应程序，只有完成一组数据块的读写后才需要发出中断信号让 CPU 干预。

	完成一次读/写的过程	CPU干 预频率	每次I/O的数 据传输单位	数据流向	优缺点
程序直接控制方式	CPU发出I/O命令后需要不断轮询	极高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	每一个阶段的优点都是解决了上一阶段的 最大缺点。 总体来说，整个发展过程就是要尽量减少CPU对I/O过程的干预，把CPU从繁杂的I/O控制事务中解脱出来，以便更多地去完成数据处理任务。
中断驱动方式	CPU发出I/O命令后可以 做其他事，本次I/O完成后 设备控制器发出中断信号	高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	
DMA方式	CPU发出I/O命令后可以 做其他事，本次I/O完成后 DMA控制器发出中断信号	中	块	设备→内存 内存→设备	
通道控制方式	CPU发出I/O命令后可以 做其他事。通道会执行通道 程序以完成I/O，完成后通 道向CPU发出中断信号	低	一组块	设备→内存 内存→设备	

20、I/O 总线带宽

(1) **并行总线带宽(MB/s)=并行总线时钟频率(MHz)*并行总线位宽(bit/8=B)*每时钟传输几组数据(cycle)**

- **PCI** 总线位宽是 32 位，总线频率 33MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 127.2MB/s，即 1017.6Mbps。
- **PCI2.1** 总线位宽是 64 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 508.6MB/s，即 4068.8Mbps。
- **AGP** 总线位宽是 32 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 254.3MB/s，即 2034.4Mbps。
- **AGPPro** 总线位宽是 32 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 254.3MB/s，即 2034.4Mbps。
- **GPPPro** 是 AGP 的改进型，它使工作站级主板也能利用 AGP 的加速性能，降低了 AGP 所需的电压供应，并没有什么太大的改变。
- **AGP2X** 总线位宽是 32 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 2 组数据，它的带宽为 508.6MB/s，即 4068.8Mbps。
- **AGP4X** 总线位宽是 32 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 4 组数据，它的带宽为 1017.3MB/s，即 8138.4Mbps。
- **AGP8X** 总线位宽是 32 位，总线频率 66MHz，每时钟传输 8 组数据，它的带宽为 2034.6MB/s，即 16276.8Mbps。
- **ISA** 总线位宽是 16 位，总线频率 8.3MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 15.9MB/s，即 127.2Mbps。
- **EISA** 总线位宽是 32 位，总线频率 8.3MHz，每时钟传输 1 组数据，它的带宽为 31.8MB/s，即 254.4Mbps。

(2) 串行总线

串行总线带宽(MB/s)=串行总线时钟频率(MHz)*串行总线位宽(bit/8=B)*串行总线管线*编码方式*每时钟传输几组数据(cycle)

- **PCI Express x1** 总线位宽是 1 位，总线频率 2500MHz，串行总线管线是 1 条，每时钟传输 2 组数据，编码方式为 8b/10b，它的带宽为 476.84MB/s，即 3814.7Mbps。(带宽是 PCI 的 3.75 倍)

公式是 $2500000000(\text{Hz}) \times 1/8(\text{bit}) \times 1(\text{条管线}) \times 8/10(\text{bit}) \times 2(\text{每时钟传输 2 组数据}) = 5000000000\text{B/s} = 476.8371582\text{MB/s}$ ，即 3814.6972656Mbps。

- **PCI Expressx2** 的带宽为 953.68MB/s，即 7629.4Mbps。(此模式仅用于主板内部接口而非插槽模式)
- **PCI Expressx4** 的带宽为 1907.36MB/s，即 15258.9Mbps。

- **PCI Expressx8** 的带宽为 3814.72MB/s，即 30517.8Mbps。
- **PCI Expressx16** 的带宽为 7629.44MB/s，即 61035.5Mbps。(带宽是 AGP8X 的 3.75 倍。)
- **PCI Expressx32** 的带宽为 15258.88MB/s，即 122071Mbps。

注：以下都是理论值，实际上达不到，就像实际网速与带宽一样会有差距。

21、PCI 插槽和 PCI-E 插槽(PCI-E x1 和 PCI-E x16)

一个 PCI Express 连接可以被配置成 x1, x2, x4, x8, x12, x16 和 x32 的数据带宽。x1 的通道能实现单向 312.5MB/秒(2.5Gbit/s*1/8 位)的传输速率，同理 x32 通道连接就能提供 10GB/秒的速率，但考虑使用 8b/10b 编码实际上有 20%左右的消耗，实际的传输速率大概是 8GB/S(x32 单向)。一般的显卡使用的 PCI-E X16 标准，数据传输率为 4.8GB/S,远远高于现在最流行的 AGP 8X 的 2.1GB/S 的数据流量。

(1) PCI 插槽：

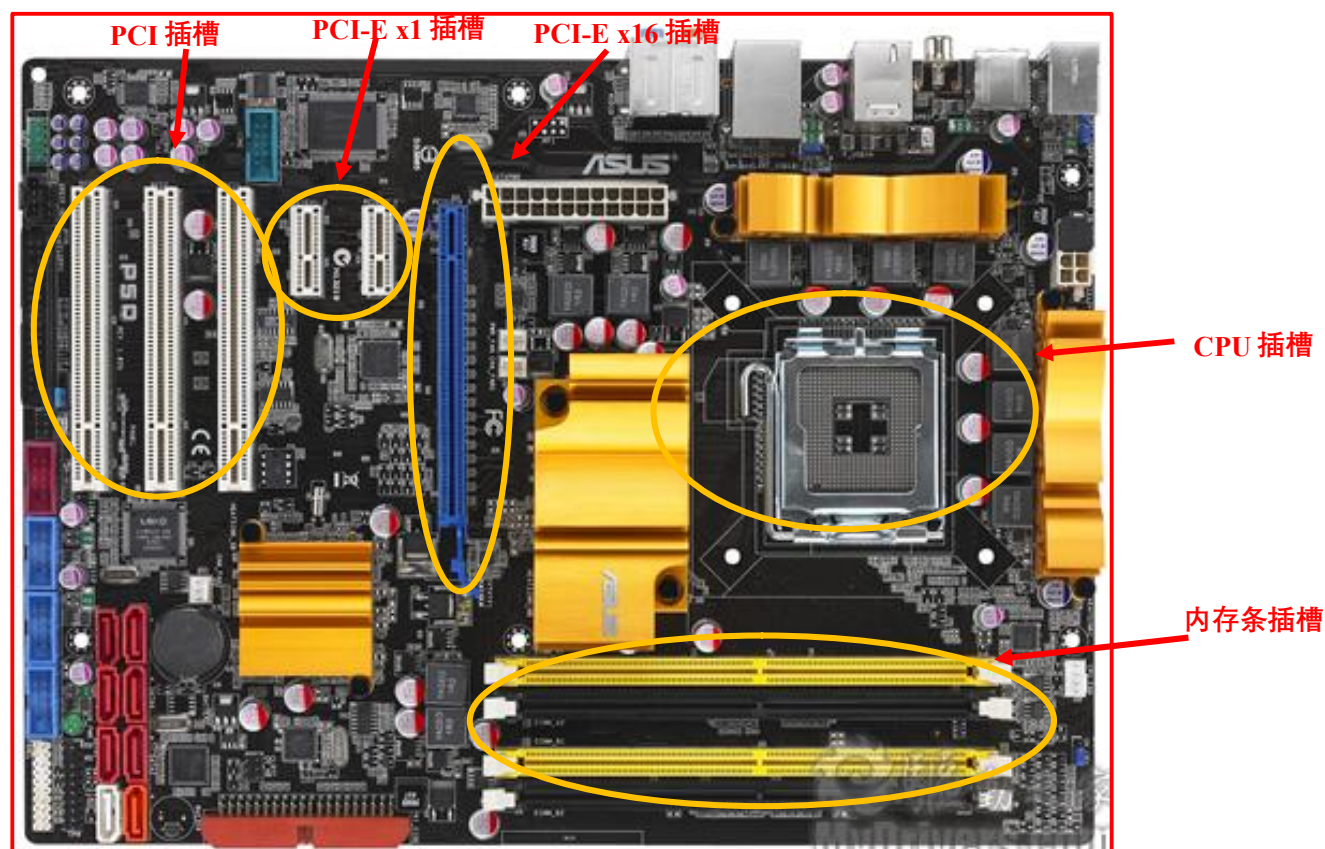
- ①、工作频率 33MHz,
- ②、数据线:32 位
- ③、传输速率:133MB/s

(2) PCI-E x1 插槽：

- ①、1 个串行传输通道；
- ②、最高传输速率:250MB/s

(3) PCI-E x16 插槽：

- ①、16 个串行传输通道；
- ②、最高传输速率:5GB/s



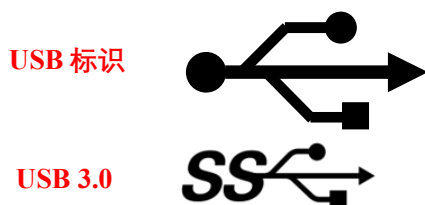
22、USB 接口

(1) 通用串行总线式接口

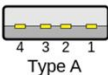
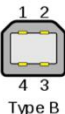


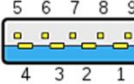


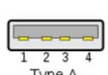
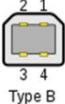





(2) 高速、可连接多个设备、串行传输

(3) 传输速率：USB1.1(1.5MB/s)、USB2.0(60MB/s)、USB3.0(625MB/s)、USB3.1(1250MB/s)

- (4) USB2.0 使用 4 线标准连接器；USB3.0 使用 6 线标准连接器
 (5) 使用“USB 集线器”扩展 USB 接口，最多可连接 127 个设备
 (6) 可通过 USB 接口由主机向外设提供电源(+5V, 100~500 mA)
 (7) USB 支持“即插即用”和“热插拔”。
 (8) 图标：



- (9) 可外接设备：打印机、鼠标、键盘、扫描仪等。
 (10) 接口类型：TypeA、TypeB、TypeC 等。

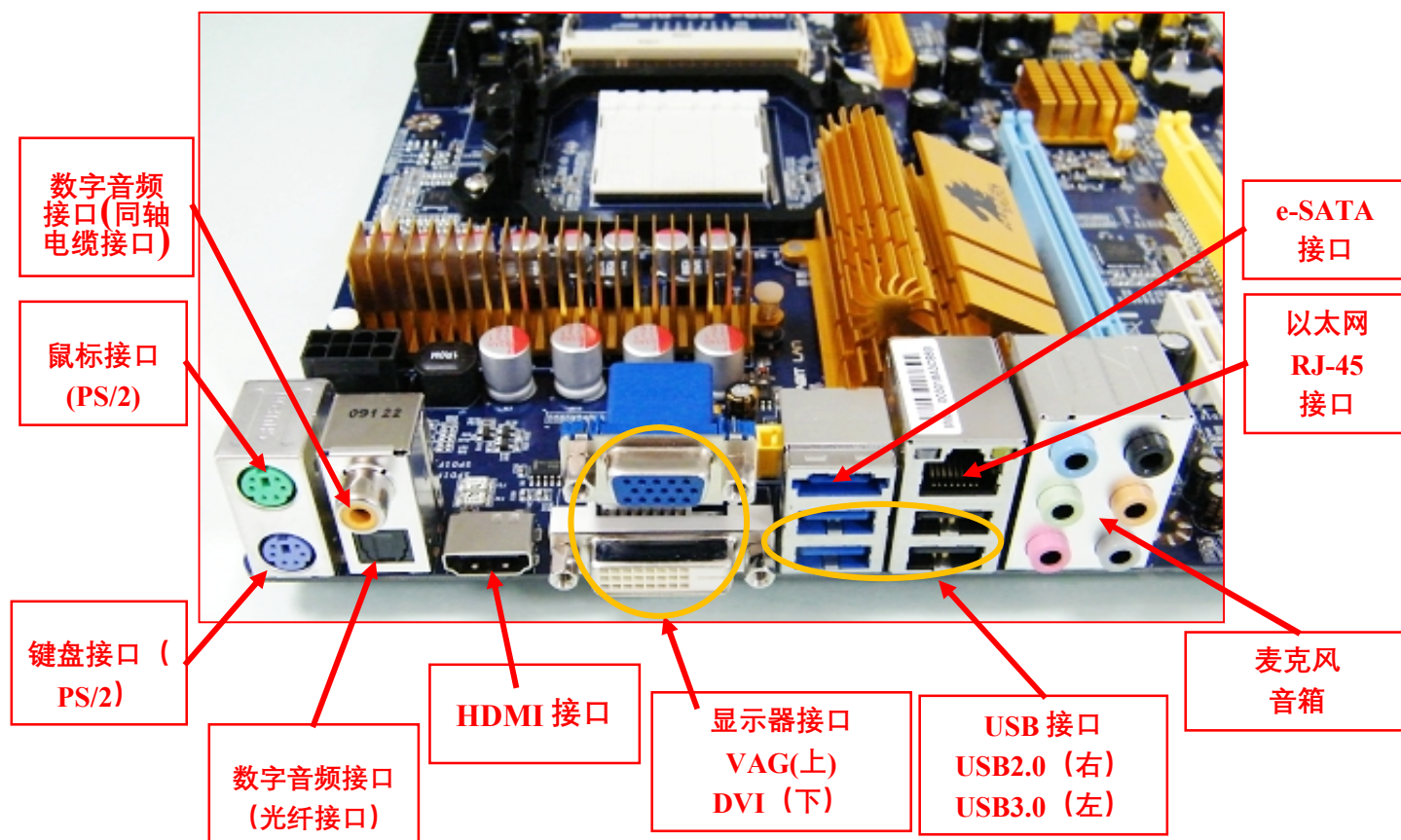
	USB 2.0				USB 3.0		USB 3.1
特点	带宽：480Mb/s；供电：4.4—5.25 V，100~500 mA				带宽：5Gb/s；供电：+5V，150~900 mA		带宽：10Gb/s；
	标准 A	标准 B	小型 B	微型 B	标准 A	微型 B	USB-C
插头	 Type A	 Type B	 Mini-B	 Micro-B	 Type A	 Type B	 Type-C
插座	 Type A	 Type B	 Mini-B	 Micro-B	 Type A	 Type B	 Type-C
说明	PC 主机使用	PC 外设使用	数码产品	手机等移动终端	PC 主机使用	外置硬盘、U 盘、蓝光光驱等	各种设备的通用连接器

- (11) 使用串口转换工具（器）转串口或并口。
 (12) 相互兼容的。为了向下兼容 2.0 版,USB 3.0 采用了 9 针脚设计,其中四个针脚和 USB 2.0 的形状、定义均完全相同,而另外 5 根是专门为 USB 3.0 准备的。

23、其他接口

- (1) 硬盘常用接口：IDE、SATA(e-SATA)、USB(移动硬盘)等
 (2) 键盘和鼠标常用接口：USB、PS/2 接口等
 (3) 网络接口：RJ-45 接口
 (4) 显示接口：AVG、DVI(24 针)、MIDI (19 针，高清数字音频和视频接口) 等
 (5) 串口 RS232:可以连接鼠标、投影仪等
 (6) 并口：打印机、扫描仪等。
 (7) IEEE-1394 接口：串行方式传输，连接大量数据的音、视频设备，采用 6 线连接器。

24、主板常见接口示例图：



1.4 常用输入设备

1、键盘（字符与命令输入设备）

- (1) 向计算机输入字母、数字、符号、命令等信息
- (2) 布局：功能键（ESC、F1~F12）、打字键盘（字母键、数字键、符号、修饰键（Ctrl、Shift、Alt 等））、光标控制键、小键盘（数字、数学运算符号等）、其他键（Windows 控制键、多媒体播放控制键等）
- (3) 键盘是计算机必不可少的输入设备
- (4) 为了方便盲打，键盘上有两个定位，分别是“F”键和“J”键
- (5) 键盘有机械式（早期使用）和电容式（目前主流）。
- (6) 常用接口：USB(2.0、3.0)、PS/2（紫色接口）、无线接口（红外或者无线电波，需接收器插入 USB 接口）。



USB 键盘



PS/2 键盘



无线键盘

- (7) 电容式键盘特点：无磨损和接触不良问题，耐久性、灵敏度和稳定性都比较好，击键声音小，手感较好，寿命较长。

2、鼠标（命令输入设备）

(1) 作用：控制屏幕上的鼠标箭头准确地定位在指定的位置处，然后通过按键（左键或右键）发出命令，完成各种操作。

(2) 鼠标不是计算机必备输入设备，是常用输入设备。

(3) 鼠标分类：机械式鼠标（过去使用）和光电式鼠标（目前主流）。

(4) 光电式鼠标通过激光或红外线识别鼠标器移动的方向和距离

(5) 光电鼠标使用微型镜头拍摄其下方的图像，由 DSP（数字信号处理）分析判断鼠标器的移动方向和距离。

(6) 鼠标的分辨率是指鼠标每移动 1 英寸光标在屏幕上通过的像素数目。使用 dip(dot per inch)表示。

(7) Windows 下常鼠标操作及功能：

①、单击左键：选择对象（Ctrl+左单：选择多个不连续的；Shift+左单：选择多个连续），或选择执行某个菜单


②、双击左键：打开文件/文件夹，或运行应用程序


③、左键拖放：移动对象/复制对象（Ctrl+左键拖）/创建对象快捷方式（Alt+左键拖）等





④、单击右键：弹出所指对象的快捷菜单


⑤、向前/向后转动滚轮：显示窗口中前面/后面的内容（滚屏）


(8) Windows 下常见鼠标状态：


①、标准选择：


②、文字选择：

③、调整窗口： (垂直)  (水平)  (对角线)  (对角线)

④、移动对象：

⑤、后台操作：

⑥、帮助选择：

⑦、忙：

(9)常用鼠标接口：RS-232(已不使用)、PS/2（绿色，很少使用）、USB（主流）、无线鼠标（需要接收器）



RS-232 鼠标



PS/2 鼠标



USB 鼠标



无线鼠标

3、笔输入设备（手写板）

(1) 作用：兼容有键盘、鼠标和写字笔的功能（可替代键盘、鼠标输入字符、命令和作图），输入汉字需要运行“手写汉字识别软件”。

(2) 手写板分类：电阻式、电容式、电磁感应式

(3) 电磁感应笔：电磁感应笔发出电磁波，基板接受到电磁波后计算出笔的位置信息，然后传送给主机，主机立刻在屏幕上显示出笔的运动轨迹。笔尖相当于鼠标左键、按钮 1 相当于鼠标右键、按钮 2 相当于鼠标滚轮。

(4) 手写板接口：串行口、USB。

(5) 触摸屏（现在使用的）是在液晶面板上覆盖一层压力板，它对压力很敏感，当手指或笔尖施压其上时会有电流产生以确定压力源的位置，并对其进行跟踪，然后通过软件识别出用户所输入的信息。

4、扫描仪（图像输入设备）

(1) 扫描仪是将原稿（图片、照片、底片、书稿）输入计算机的一种输入设备

(2) 扫描仪输入到计算机中的是原稿的“图象”(bitmap, 格式为：TIF),不是图形

(3) 工作原理（平板式）：进行光电转换（CCD 电荷耦合器件），产生电流并输出

(4) 常见扫描仪类型：平板式、滚筒式和胶片专用、手持式扫描仪

(5) 扫描仪主要性能指标：

①、光学分辨率（dpi）：反映图像大小，dpi 越高清晰。例如：1200×2400 dpi

②、色彩位数（色彩深度）：反映色彩逼真度，色彩位数越多，图像越真实。例如：32 bit

③、扫描幅面：指被扫描的原稿的尺寸（最大）；例如：A3、A4 等

④、与主机的接口类型：SCSI，USB，IEEE 1394 接口。

5、数码相机（图像输入设备）

(1) 功能：获取现实世界中景物的数字图像

(2) 成像芯片：CCD（电荷耦合器）或 CMOS（互补金属氧化物半导体）

(3) 与传统相机的镜头、快门等设备基本相同

(4) 数码相机默认使用 JPG（JPEG 的简称）格式。但有些专业摄影师会使用高级相机拍 RAW 格式，是一种无损压缩图像格式。

(5) 性能指标：分辨率（dpi）、存储容量（存储容量越大，并不一定存储图像越多，还要看单个图像的分辨率）。

(6) 接口：USB、IEEE 1394 接口。

6、摄像头（视频输入设备）

(1) 是一种视频输入设备，获取现实世界中景物的连续图像数字化输送至计算机中进行处理。

(2) 分类：数字摄像头和模拟摄像头

(3) 主要组成部件：镜头、CCD/CMOS、电源

(4) 性能指标：分辨率（dpi）、色域（RGB24、YUV）、图像压缩方式（静态 JPEG）、彩色深度

(5) 接口：RS232、USB、IEEE 1394 接口。

7、传感器（输入设备）

(1) 传感器是一种检测装置，能将感到的被检测的信息，并将其换成电信号供计算机处理（测量、转换、存储、显示或传输）。

(2) 触摸屏、摄像头、微型话筒等设备的核心都是传感器

1.5 常用输出设备

1、显示器（输出设备）

(1) 计算机必不可少的图文输出设备

(2) 功能：将数字信号转化为光信号，使文字和图像在屏幕上显示出来

(3) 分类：CRT（阴极射线管显示器）和 LCD（液晶显示器）

①、CRT（阴极射线管显示器）：过去使用的

②、LCD（液晶显示器）：目前主流的。

- 工作原理：利用液晶在电场的作用下快速地展曲、扭曲或者弯曲的特性，通过光的折射产生图像来工作。
- 特点：功耗低、工作电压比较低、辐射危害较小，屏幕不闪烁，适用于大规模集成电路驱动，体轻薄、易于实现大画面显示灯等。
- 分类：反射型 LCD、透射型 LCD、半穿透反射式 LCD

(4) LCD 显示器的参数

- ①、显示屏尺寸：对角线长度度量，如 19 吋
- ②、显示分辨率：水平像素个数 X 垂直像素个数，如：1920X1200
- ③、刷新速率：画面每秒钟更新的次数。刷新速率越高，图像稳定性越好。
- ④、响应时间：响应时间越小越好，越小时显示器看速动画面时不会出现尾影拖拽的现象
- ⑤、背光源类型：LED（白色发光二极管）或荧光灯管

2、显卡（显示控制器）

(1) 分类：

独立显卡：自带 GPU（图形处理器）和显存

集成显卡：GPU（图形处理器）集成在 CPU 中，共享系统内存，性能较弱

并非所有的 Intel Core CPU 都具有集成显卡。这些处理器以“F”结尾，表示它们没有 GPU，例如 Core i3-9350KF，i5-9600KF 和 i9-9900KF。

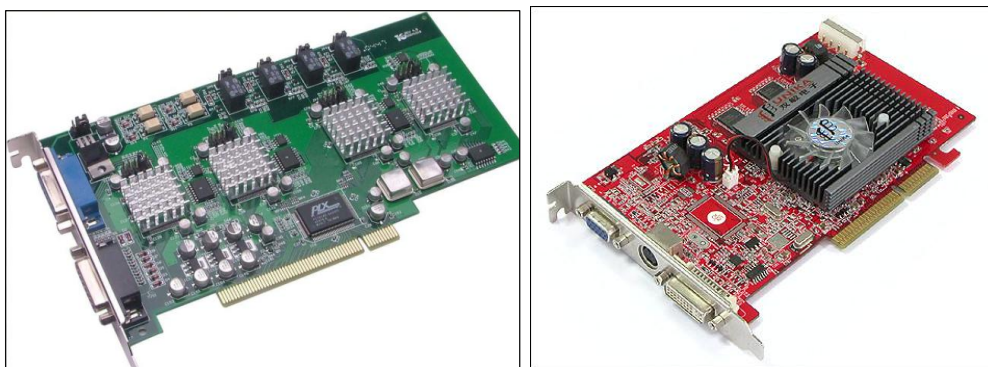
(2) **主要组成部件**：**显示控制电路**（对显卡的操作进行控制）、**图形处理器**（GPU,显示的核心）、**显存**（显示存储器）和**接口**（主机接口、输出接口）等。

(3) 接口

- ①、独立显卡与主板接口：**PCI-E x16（主流）、AGP x4,x8(目前已经很少使用)**
- ②、显卡与显示器接口：
 - **VGA(过去使用多，模拟接口)**
 - **DVI(现在使用多，数字接口)**
 - **HDMI（全高清多媒体接口，同时传送未经压缩的数字视频和多声道音频信号)**

(4) 显存容量：一般在 128MB~2GB（采用 DDR2,GDDR3 或 GDDR4 存储器组成）

(5) 显卡设备图：



3、打印机（输出设备）

(1) **打印机**是计算机常用输出设备，将程序、数据、字符、图形打印输出在纸上。

(2) 打印机分类：**针式打印机（击打式）、激光打印机（非击打式）、喷墨打印机（非击打式）。**

(3) **针式打印机**：

- ①、工作原理：钢针垂直排列，每次击打打印一个字符的一列。
- ②、耗材成本低、能多层套打、打印质量不高，噪声大、速度慢
- ③、耗材是色带。

④、热敏打印机也属于针式打印机；打印速度要快、噪音低，打印清晰，使用方便；应用于 POS 机、ATM 柜员机等

⑤、银行、证券、邮电、商业等领域用于打印存折和票据等。

(4) 激光打印机：

①、属于非击打式打印机

②、原理：激光技术与复印技术的结合

③、特点：打印清晰、质量好、速度快；可以打印黑白和彩色效果，但彩色输出价格比较高，效果不如喷墨打印机。

④、耗材是碳粉、硒鼓。

(5) 喷墨打印机：

①、属于非击打式打印机

②、大多数彩色打印，其效果比较好

③、特点：似全彩色图打印，低噪音，使用低电压，环保；墨水成本高，消耗快。

④、关键设备是喷头。

⑤、耗材是墨盒（一个黑色和一个彩色是三色、四色、六色等）或墨水。

(6) 打印机性能指标：

①、打印精度（分辨率）：用每英寸多少点（像素）表示，单位 dpi。例如：300dpi（低于它时打印出来图案会有锯齿）、400dpi

②、打印速度（激光/喷墨）：页数/分（PPM），即每分钟打印页数（正常每分钟打 3~10 页）

③、打印速度（针式打印机）：通常以每秒钟打印的字符的个数或者行数来度量。

④、色彩数目：色彩表现能力

⑤、打印幅面：A3,A4 等

⑥、打印成本：耗材、纸张等

(7) 打印与主机接口：

USB、并行口、火线接口(IEEE 1394)等。

1.6 外存储器

1、外存储器，简称外存，也称辅存。一般有硬盘、光盘、软盘、U 盘等。

2、硬盘

(1) 非易失性存储器，可以长期保存二进制信息

(2) 存储原理：通过磁头对盘片（铝合金或玻璃）上磁性材料粒子的不同磁化方向来记录数据。

(3) 硬盘物理结构：磁盘的磁道和扇区

①、磁道：盘面上有几千个磁道，由里向外有一圈一圈的同心圆，每个同心圆就是一个磁道。相同磁道的存储数据量相同，相同磁道的存储密度不相同。每个磁道都有一个编号，最外面的是 0 磁道（由外往里递增）

②、扇区：每个磁道被划分为若干段（段又叫扇区），每个扇区的存储容量为 512 字节。

(4) 硬盘存储容量=磁头数*柱面数*扇区数（每个磁道上）*每扇区字节数（正常就是 512B）

(5) 硬盘的主要性能指标：容量、平均等待时间、平均存取时间、数据传输速率等

①、容量：GB 为单位，目前已经出现 TB 级的硬盘

②、平均等待时间=最大等待时间和最小等待时间的平均=磁盘旋转一圈时间的一半。

以 7200 转硬盘为例，磁盘旋转一圈的时间为 $60s/7200=0.00833s=8.33ms$

最好的情况，数据恰好在磁头下，这是最小等待时间 $T1=0$

最坏的情况，数据恰好在盘片对面，这是最大等待时间 $T_1=8.33\text{ms}$

由于硬盘是匀速转动的，所以平均等待时间是最大等待时间和最小等待时间的平均 $= (0+8.33)/2=4.165\text{ms}$
即平均等待时间 $= 60\text{s}/7200/2=4.165\text{ms}$

③、**平均存取时间（几 ms~几十 ms 之间）=寻道时间+旋转等待时间+数据传输时间**；由硬盘的旋转速度、磁头寻道时间和数据传输速率所决定

④、**数据传输速率**：外部传输速率（主机向硬盘缓存读写）、内部传输速率（盘片上读写）；内部传输速率小于外部传输速率。

(6) **与主机的接口**：并行 ATA（现在很少用），IDE、串行 SATA(目前主流)

(7) 使用事项：**断电插拔硬盘（防止读写过程中关电）、环境控制（防尘、防高温、防潮湿等）、即时清理硬盘(文件、目录、碎片等)、防计算机病毒等。**

(8) **分类**：机械硬盘、固态硬盘(SSD)、移动硬盘(USB3.0/3.1 接口)



机械硬盘



固态硬盘 (SSD)



移动硬盘

(9) 机械硬盘和固态硬盘的主要区别：固态硬盘的存取速度要比机械硬盘的快。

2、光盘和光盘驱动器

(1) **光盘存储原理**：光盘上有由里向外的连续螺旋形的光道，这一条光道是用于记录数据的，通过盘面上压制凹坑的方法来记录信息。凹坑边缘表示“1”，凹坑平坦部分表示“0”。

(2) 光盘分类：**CD（红外光, 650MB）盘片、DVD（红光,>=4.7GB）盘片、BD（蓝光, >=25GB）盘片**

①、**CD 盘片**：CD-ROM（只读）、CD-R（一次性可写）、CD-RW（可擦写）

②、**DVD 盘片**：只读盘片（DVD）、一次性可写盘片（DVD-R, DVD+R）、可擦写盘片（DVD-RW, DVD+RW DVD-RAM）

③、**蓝光盘片**：BD(只读)、BD-R（一次性可写）、BD-RE（可擦写）

(3) 光盘驱动器：只读光驱、可写光驱（光盘刻录机）

3、U 盘（闪速存储器）

(1) **属于半导体集成电路存储器，非易失性存储器**

(2) **U 盘**：采用 **NAND Flash 存储器**

(3) 容量：几个 GB 至几百个 GB

(4) 接口：USB,即插即用，热插拔

(5) 可以使用 U 盘制启动操作系统

(6) U 盘也是一个 8 位的嵌入式计算机

4、软盘

(1) **以前使用最早的可移介质**

(2) 软盘的读写是通过软盘驱动器来完成的。现在很多电脑上都没有软盘驱动器，甚至是光盘驱动器也没有。

(3) 软件的写保护是通过软件上左下小孔状态决定（闭合）

(4) 软件容量：**磁道数 × 扇区数 × 盘面数 × 每扇区存区数**

(5) 以 3.5 的磁盘片为例，其容量的计算如下：

$$80(\text{磁道}) \times 18(\text{扇区}) \times 512\text{bytes}(\text{扇区的大小}) \times 2(\text{双面}) = 1440 \times 1024\text{bytes} = 1440\text{KB} = 1.44\text{MB}$$

3.5 英寸软盘片，其上、下两面各被划分为 80 个磁道，每个磁道被划分为 18 个扇区，每个扇区的存储容量固定为 512 字节。

1.7 信息在计算机中的表示

1、比特

(1) 比特，即二进制位，一个 bit 即一个二进制位，即“0”或“1”表示。

(2) “0”和“1”表示两种状态：

- ①、电路的高电平状态（即，“1”）或低电平状态（即，“0”）
- ②、电容的充电状态（即，“1”）或放电状态（即，“0”）
- ③、两种不同磁化状态（磁盘）可以表示“1”或“0”
- ④、光盘面上的凹凸状态（光盘）：凹坑边缘表示“1”，凹坑平坦部分表示“0”

(3) 比特是组成数字信息的最小单位。

(4) 字节（B）是计算机中存储基本单位：

$$1\text{B} = 8\text{b}$$

内存中存储容量的计量单位：

- ①、KB（千字节）：1 KB = 1024 B = 2^{10}B
- ②、MB（兆字节）：1 MB = 1024 KB = 2^{20}B
- ③、GB（吉字节）：1 GB = 1024 MB = $2^{30}\text{KB} = 2^{30}\text{B}$
- ④、TB（太字节）：1 TB = 1024 GB = $2^{40}\text{MB} = 2^{40}\text{KB} = 2^{40}\text{B}$

外存中存储容量的计量单位：

- ①、1MB = $10^3\text{KB} = 1\,000\text{KB}$
- ②、1GB = $10^6\text{KB} = 1\,000\,000\text{KB}$
- ③、1TB = $10^9\text{KB} = 1\,000\,000\,000\text{KB}$

(5) 传输速率表示每秒可传输的二进制数目，基本单位是比特/秒（b/s，bps）

- ①、1kb/s（千比特/秒）= $10^3\text{b/s} = 1000\text{b/s}$
- ②、1Mb/s（兆比特/秒）= $10^6\text{b/s} = 1000\text{kb/s}$
- ③、1Gb/s（吉比特/秒）= $10^9\text{b/s} = 1000\text{Mb/s}$
- ④、1Tb/s（太比特/秒）= $10^{12}\text{b/s} = 1000\text{Gb/s}$
- ⑤、1KB/s = 8kb/s

(6) 二进制特点：

- ①、**技术实现简单**：计算机由逻辑电路组成，逻辑电路通常只有两个状态，即开关的接通与断开，这两种状态正好可以用“1”和“0”表示。
- ②、**简化运算规则**：两个二进制数和、积运算组合各有三种，运算规则简单，有利于简化计算机内部结构，提高运算速度。
- ③、**适合逻辑运算**：逻辑代数是逻辑运算的理论依据，二进制只有两个数码，正好与逻辑代数中的“真”和“假”相吻合。

2、进制与进制转换

(1)、日常生活使用十进制数，但在计算机中使用二进制数，程序员还会使用八进制和十六进制数

(2) 十进制

- ①、每位可出现（0、1、2、3、4、5、6、7、8、9）
- ②、规则：逢 10 进 1（低位到高位），借 1 当 10（高位到低位）

③、标志：尾部加“D”或者缺省

④、权值： 10^N （基数是 10，整数部分 N 为正[小数点左边依次往左是 0、1、2…]，小数部分 N 为负[小数点右边依次往右是 -1、-2、-3…]）

⑤、举例：

$$264.96 = 200 + 60 + 4 + 0.9 + 0.06 = 264.96$$

Weights shown: 2×10^2 , 6×10^1 , 4×10^0 , 9×10^{-1} , 6×10^{-2}

(3) 二进制

①、每一位使用一个比特表示，每位只可出现（0、1）

②、逢 2 进 1（低位到高位），借 1 当 2（高位到低位）

③、标志：尾部加“B”

④、权值： 2^N （基数是 2，整数部分 N 为正[小数点左边依次往左是 0、1、2…]，小数部分 N 为负[小数点右边依次往右是 -1、-2、-3…]）

⑤、举例：

$$101.01 \text{ B} = 4 + 0 + 1 + 0 + 1/4 = 5.25$$

Weights shown: 1×2^2 , 0×2^1 , 1×2^0 , 0×2^{-1} , 1×2^{-2}

⑥、二进制的算术运算：加法（逢 2 进 1），减法（借 1 当 2）

⑦、二进制的逻辑运算：

真（1 表示）假（0 表示）值；

逻辑乘法（逻辑与运算）：运算符（and \wedge ）、运算规则：按位运算，全 1 为 1，否则 0；

逻辑加法（逻辑或运算）：运算符（or \vee ）、运算规则：按位运算，全 0 为 0，否则为 1；

逻辑否定（逻辑非运算）：运算符（not \neg ）、运算规则：按位运算，1 取反为 0，0 取反为 1。

异或运算：运算符（ \oplus ）：相同为 0，否则（相异）为 1。

⑧、逻辑运算是按位运算，不会产生进位，也就不会出现溢出情况。

(4) 八进制

①、每位可出现（0、1、2、3、4、5、6、7）

②、规则：逢 8 进 1（低位到高位），借 1 当 8（高位到低位）

③、标志：尾部加“Q”

④、权值： 8^N （基数是 8，整数部分 N 为正[小数点左边依次往左是 0、1、2…]，小数部分 N 为负[小数点右边依次往右是 -1、-2、-3…]）

⑤、举例：

$$365.2Q = 192 + 48 + 5 + 2/8 = 245.25$$

Diagram showing the breakdown of 365.2Q into its components with weights:

- 3×8^2 (192)
- 6×8^1 (48)
- 5×8^0 (5)
- 2×8^{-1} (2/8)

(5) 十六进制

- ①、每位可出现 (0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F)
- ②、规则：逢 16 进 1 (低位到高位)，借 1 当 16 (高位到低位)
- ③、标志：尾部加“H”
- ④、权值： 16^N (基数是 16，整数部分 N 为正[小数点左边依次往左是 0、1、2...]，小数部分 N 为负[小数点右边依次往右是 -1、-2、-3...])
- ⑤、举例：

$$F5.4H = 240 + 5 + 4/16 = 245.25$$

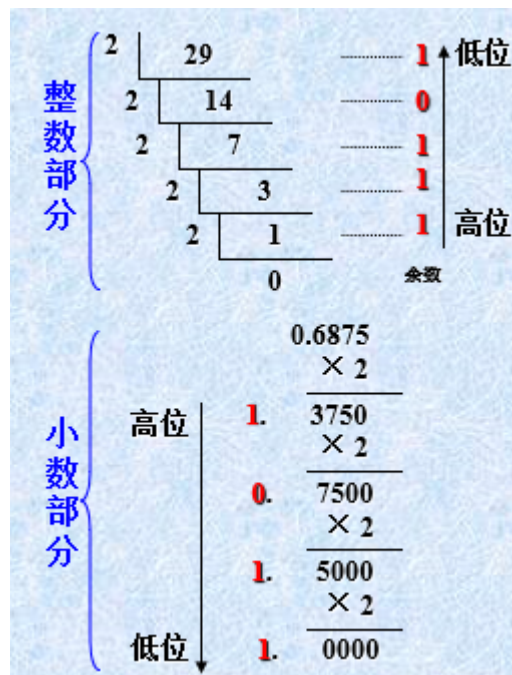
Diagram showing the breakdown of F5.4H into its components with weights:

- 15×16^1 (240)
- 5×16^0 (5)
- 4×16^{-1} (4/16)

(6) 十进制数与二进制数的转换

- ①、十进制数转二进制数：整数部分除 2 逆序取余，小数部分乘 2 顺序取整 (有时候会无法精确化为二进制小数，只能即近似值，比如 0.63--> 0.1010 1010 ...)

例如：29.6875 --> 11101.1011 B



- ②、二进制数转十进制数：整数与小数分别按位权值相加即可。

例: 11101.1011B

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 &\quad + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \\
 &= 29.6875
 \end{aligned}$$

③、常用 2^n 和二进制小数

$$2^1=2$$

$$2^2=4$$

$$2^3=8$$

$$2^4=16$$

$$2^5=32$$

$$2^6=64$$

$$2^7=128$$

$$2^8=256$$

$$2^9=512$$

$$2^{10}=1024=1K$$

二进制	十进制值
0.1	0.5
0.01	0.25
0.11	0.75
0.001	0.125
0.011	0.375
0.101	0.625
0.111	0.875

(7) 八进制与二进制数的转换

①、1 位八进制与 3 位二进制数对应关系:

八进制数	二进制数
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

②、八进制转二进制: 每一位八进制数换成 3 位等值二进制数, 且保持高低的次序不变

③、二进制转八进制:

整数部分从低位向高位每 3 位用一个等值的八进制数来替换, 不足 3 位时在高位补 0 凑满 3 位;

小数部分从高位向低位每 3 位用一个等值的八进制数来替换, 不足 3 位时在低位补 0 凑满 3 位。

(8) 十六进制与二进制数的互换

①、1 位十六进制与 4 位二进制数对应关系:

十六进制数	二进制数	十六进制数	二进制数
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

②、十六进制转二进制: 每一位十六进制数换成 4 位等值二进制数, 且保持高低的次序不变

③、二进制转十六进制:

整数部分从低位向高位每 4 位用一个等值的十六进制数来替换, 不足 4 位时在高位补 0 凑满 4 位;

小数部分从高位向低位每 4 位用一个等值的十六进制数来替换, 不足 4 位时在低位补 0 凑满 4 位。

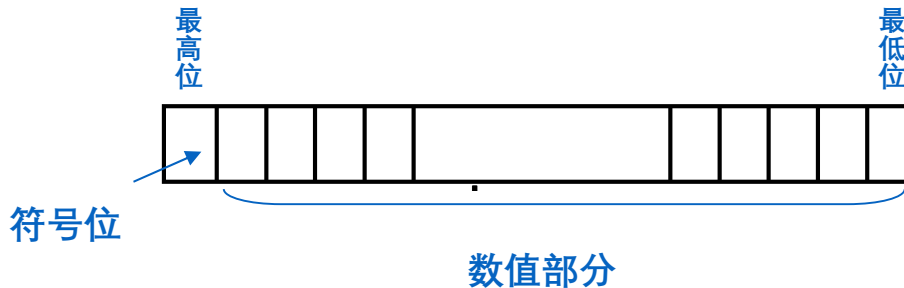
3、无符号整数的表示

(1) 采用“自然码”表示

(2) 取值范围：

- ①、8 位无符号数的表示范围是 $0 \sim 255$ ($2^8 - 1$)
- ②、16 位无符号数的表示范围是 $0 \sim 65535$ ($2^{16} - 1$)
- ③、n 位无符号数的表示范围是 $0 \sim 2^n - 1$

4、带符号整数的表示



(1) 表示：用一位表示符号，其余用来表示数值部分

(2) 符号用最高位表示：“0”表示正号，“1”表示负号

(3) 数值部分有两种表示方法：

- ①、原码表示：整数的绝对值以二进制自然码表示
- ②、补码表示：
 - 正整数：绝对值以二进制自然码表示
 - 负整数：绝对值使用补码表示

(4) 原码的表示

- ①、正数的原码等于反码等于补码
- ②、8 位原码表示范围： $-2^7 + 1 \sim 2^7 - 1$ ($-127 \sim 127$)
- ③、16 位原码表示范围： $-2^{15} + 1 \sim 2^{15} - 1$ ($-32767 \sim 32767$)
- ④、n 位原码表示范围： $-2^{n-1} + 1 \sim 2^{n-1} - 1$

(5) 补码表示

- ①、符号位为 0 表示正数，其数值等于真值，即正数的补码等于其反码。
- ②、符号位为 1 表示负数，由原码求补码的规则为：符号位不变，各位取反(得到反码)后再加 1。
- ③、8 位二进制补码的表示范围是 $-2^7 \sim 2^7 - 1$ ($-128 \sim 127$)
- ④、n 位二进制补码的表示范围是 $-2^{n-1} \sim 2^{n-1} - 1$

(5) 原码与补码的特点

- ①、正数的原码等于反码等于补码。
- ②、位数相同的情况下，补码的表示范围比原码的表示范围多一个。
- ③、补码的补码就是原码。
- ④、二进制原码的表示范围中，正数部分最大值和负数部分最小值的绝对值相等。
- ⑤、二进制补码的表示范围中，补码负数部分最小值的绝对值比正数部分的最大值绝对值大 1
- ⑥、补码排列问题口诀：补码补码，要大排大，要小排小。

(6) 0 的原码、反码与补码的表示

0 在原码和反码中有两种表示，在补码中只有一种表示方式。

	+0	-0
原码:	00000000	10000000
反码:	00000000	11111111
补码:	00000000	00000000

5、补码的计算题型：

(1) 第一类题型：给出十进制数，求其补码。求解方法：

- ①、若为正数：化为二进制，符号位置 0，根据题意，一般要求凑足 8 位。
- ②、若为负数：化为二进制，符号位置 1，根据题意，一般要求凑足 8 位。符号位不变，其余各位取反加 1。

(2) 第二类题型：给出补码，求其十进制数。求解方法：

- ①、补码的补码就是其原码。
- ②求得原码后再转换成相应的十进制数。

(3) 第三类题型：给出若干 0、1，要求利用给出的 0、1 求得最大数、最小数。是（求解方法：补码补码，要大排大，要小排小。

①、大数肯定是正数：0 排首位，后续排上 1，再排上 0。得到的是补码。一般还要根据得到的补码求得其原码，再计算出相应的十进制的值。

②、小数肯定是负数：1 排首位，后续排上 0，再排上 1。得到的是补码，一般还要根据得到的补码求得其原码，再计算出相应的十进制的值。

(4) 第四类题型：求 N 位补码的取值范围。求解方法：补码负数部分最小数的绝对值比正数部分最大值的绝对值大 1。

6、定点数（定点整数和定点小数）

(1) 定点整数

- ①、定点整数是小数点固定在有效数值部分最低位之后的定点数，等于就是纯整数了
- ②、数值范围为： $-(2^{n-1}-1) \leq X \leq 2^{n-1}-1$

(2) 定点小数

- ①、定点小数是小数点位置固定在符号位之后，有效数最高位之前的定点数，是纯小数
- ②、数值范围为： $-(1-2^{-(n-1)}) \leq X \leq 1-2^{-(n-1)}$

7、浮点数（实数）的表示

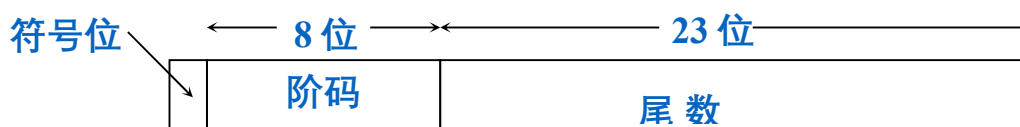
(1) 特点：

- ①、既有整数部分又有小数部分，小数点位置不固定
- ②、整数和纯小数是实数的特例
- ③、任何一个实数总可以表达成一个乘幂和一个纯小数之积
- ④、浮点数的表示方法比定点数复杂

(2) 实数表示： $N = \pm S \times 2^P$ （其中， \pm 是该数的符号；S 是 N 的尾数；P 是 N 的阶码）

- ①、乘幂中的指数（阶码）：表示实数中小数点的位置，决定范围，整数
- ②、纯小数部分(尾数)：表示实数中的有效数字部分，决定精度，越长精度越高
- ③、数的正负(符号)

(3) 32 位的单精度浮点数在计算机中可表示为：



8、计算机中的溢出

- (1) 计算机中溢出是指超出了该指令所指定的结果单元所能存储的数值范围
- (2) 两个正数相加，若结果为负，称为上溢。
- (3) 两个负数相加，若结果为正，称为下溢。
- (4) 溢出的特征：因为补码是连同符号位一起计算的，运算过程中，当最高有效数值位的运算进位与符号位的运算进位不一致时，将产生运算“溢出”。
- (5) 对溢出的检测：1、单符号位法 2、双符号位法。

9、左移与右移。

(1) 左移:扩大，每左移 n 位就是原数的值 m^n 倍。 m 为进制基数，如二进制就 2，十进制就是 10 等。
逻辑左移和算术左移都是右边（末尾）补 0。

(2) 右移:缩小，每右移 n 位就原数值的 m^{-n} 倍。 m 为进制基数，如二进制就 2，十进制就是 10 等。
逻辑右移，右移后左边补 0;算术右移，右移后左边补符号位（正数补 0 负数补 1）

常考的是二进制的左移或右移。