# 计算机系统概论

电子计算机

分类：电子模拟计算机、电子数字计算机。

电子数字计算机（电脑、电子计算机）

数字计算机分类：专用计算机、通用计算机。

通用计算机分类：超级计算机、大型机、服务器、PC机、单片机、多核机。

计算机的性能指标

吞吐量：表征一台计算机在某一时间间隔内能够处理的信息量。

响应时间：表征从输入有效到系统产生响应之间的时间度量。时间单位

利用率：在给定的时间间隔内系统被实际使用的时间所占的比率。百分比

处理机字长：处理机运算器中一次能够完成二进制运算的位数。

总线宽度：一般指CPU中运算器与存储器之间进行互联的内部总线二进制位数。

存储器容量：存储器中所有存储单元的总数目。KB、MB、GB、TB

存储器带宽：单位时间从存储器读出的二进制数信息量。B/s

主频/时钟周期：CPU的工作节拍受主时钟控制，主时钟不断产生固定频率的时钟。

CPU的主频f：主时钟的频率。MHz、GHz

CPU时钟周期T：主频的倒数。μs、ns

CPU执行时间t\_CPU：CPU执行一般程序所占用的CPU时间。

CPI（Cycles Per Instruction）：每条指令周期数，即执行一条指令所需的平均时钟周期数。

MIPS（Million Instructions Per Second）：平均每秒执行多少百万条定点指令数。

FLOPS（Floating-point Operations Per Second）：每秒执行浮点操作的次数，用来衡量机器浮点操作的性能。

程序中的指令总数I\_N

CPU时钟周期数N\_C

电子计算机硬件：运算器、存储器、输入设备、输出设备、控制器。

运算器（ALU、算数逻辑运算部件）

运算器长度。位

存储单元、地址、存储容量

外存储器：磁盘存储器、光盘存储器。内存储器：半导体存储器。

指令、（问题的）计算程序

指令的形式：操作码、地址码

存储程序：将解题的程序（指令序列）存放到存储器中。

程序控制：控制器依据存储的程序来控制全机协调地完成计算任务。

冯·诺依曼型计算机的设计思想：存储程序并按地址顺序执行。

冯·诺依曼结构：指令和数据放在同一个存储器。

哈佛结构：指令和数据分别放在两个存储器。

指令系统

取指周期、执行周期

中央处理机（|CPU）：把运算器和控制器合在一起。

中央处理器：存储器也放入到CPU芯片中。

字长：组成一个字的二进制位数。

数据字、指令字、指令流、数据流

外围设备：计算机的输入/输出设备。

适配器

系统总线

（这台计算机的）程序或软件系统：用于一台计算机的各种程序。

计算机软件分类：系统程序、应用程序。

系统程序分类：各种服务型程序、语言程序、操作系统、数据库管理系统。

应用程序：用户利用计算机来解决某些问题而编制的程序。

第5级：高级语言级、编译程序

第4级：汇编语言级、汇编程序

第3级：操作系统级（混合级）、操作系统

广义指令：操作系统定义和解释的软件指令。

第2级：一般机器级、微程序

第1级：微程序设计级（逻辑电路级）、直接由硬件执行

固件

# 运算方法和运算器

选择计算机的数的表示方式需要考虑的因素：要表示的数的类型（整数、实数、浮点数）、可能遇到的数值范围、数值精确度、数据存储和处理所需要的硬件代价。

计算机中常用的数据表示格式：定点格式、浮点格式。

定点格式：约定机器中所有数据的小数点位置是固定不变的。

通常将数据表示成纯小数或纯整数。

整数运算：定点数表示的运算。

浮点表示法：把数的范围和精度分别表示的方法，相当于数的小数点位置随比例因子的不同而在一定范围内可以自由浮动。

尾数mantissa、指数exponent、基数

尾数用定点小数形式表示。阶码：指数用整数形式表示。阶符、阶码、数符、尾数。

浮点数的规格化表示：当尾数的值不为0时，尾数域的最高有效位应为1。

IEEE754：

符号1位，阶码8位，尾数23位

符号1位，阶码11位，尾数52位

十进制数串表示方法：字符串形式（起始地址+位数）、压缩的十进制数串形式（首地址+数字位个数（不含符号位））。

压缩的十进制数串形式：符号位占半个字节并放在最低数字位之后。数位加符号位之和不为偶数时，在最高数字位之前补一个0。

真值：一般书写表示的数。

机器数（机器码）：机器中编码表示的数。

原码、补码、反码、移码。

字符与字符串的表示方法

符号数据：字符信息用数据表示。

汉字的表示方法

汉子的输入编码：数字编码、拼音码、字形编码。

汉字内码：用于汉字信息的存储、交换、检索等操作的机内代码。

汉字字模码：用点阵表示的汉字字形代码，是汉字的输出形式。

汉字库。字模点阵只能用来构成汉字库，不能用于机内存储。

校验码：检测错误、校正错误。

检错码：奇校验、偶校验、……

补码加法依据：[x+y]补=……=[x]补+[y]补（mod 2^总位数）

补码减法依据：[x-y]补=……=[x]补-[y]补（mod 2^总位数）

→：作包括符号位在内的求反操作。

+2^(-n)：最末位加1。

[-y]补+[y]补=……=0

[-y]补=-[y]补=2^总位数-[y]补（mod 2^总位数）

[-y]补=→[y]补+2^(-n)

溢出概念与检测方法

溢出：运算过程中出现大于字长绝对值的现象。

正溢：两个正数相加，结果大于机器字长所能表示的最大正数。

负溢：两个负数相加，结果小于机器所能表示的最小负数。

双符号位法（变形补码）：（mod 2^(总位数+1)），最高符号位表示结果的正确符号。

单符号位法：最高有效位产生进位、符号位无进位，产生正溢；最高有效位无进位、符号位有进位，产生负溢。

带符号的阵列乘法器：对2求补电路（输出=输入取反加1）。

定点除法运算

恢复余数法：不够减时恢复原来的余数，以便再继续往下运算。

不恢复余数法（加减交替法）：不够减时不恢复余数，根据余数符号继续往下运算。

逻辑数：不带符号的二进制数。

逻辑运算：逻辑非（求反）、逻辑加（逻辑或）、逻辑乘（逻辑与）、逻辑异（按位加）。

多功能算数/逻辑运算单元（ALU，Arithmetic Logic Unit）

控制参数S3、S2控制组合函数Xi，控制参数S1、S0控制组合函数Yi。

两种工作方式：对正逻辑操作数来说，算数运算称高电平操作，逻辑运算称正逻辑操作。

内部总线：CPU内各部件的连线。

外部总线：系统总线，即CPU与存储器、I/O系统之间的连线。

浮点运算方法和浮点运算器

浮点加法、减法运算：0操作数检查、对阶操作、尾数加减、结果规格化、舍入处理、溢出处理。

舍入处理：就近舍入、朝0舍入、朝+∞舍入、朝-∞舍入。

溢出处理：阶码上溢、阶码下溢、尾数上溢、尾数下溢。

浮点乘法、除法运算：0操作数检查、阶码加/减操作、尾数乘/除操作、结果规格化、舍入处理、确定积的符号。

舍入处理：尾数处理：截断处理、舍入处理。

线性流水线：具有线性优先关系的流水线。

过程段：处理一个子任务的过程。

# 多层次的存储器

存储位元、存储单元、存储器

分类方法：存储介质、存取方式、存储内容可变性、信息易失性、系统中的作用。

内存储器：CPU能直接访问的存储器，包括cache和主存储器。

分级：高速缓冲存储器（|cache）、主存储器（|主存）、外存储器（|外存）。

字存储单元、字地址

按字寻址的计算机、按字节寻址的计算机。

主存储器的性能指标：存储容量、存取时间（取写操作时间等于读操作时间）、存储周期、存储器带宽

半导体存储器分类：静态读写存储器（SRAM）、动态读写存储器（DRAM）

SRAM用一个锁存器（触发器）作为存储元。

地址线、数据线、控制线（R/W#线）。

读周期事假、写周期时间、存取周期（取读周期时间等于写周期时间）

DRAM存储器的存储元是由一个MOS晶体管和电容器组成的记忆电路。

与SRAM不同：增加行地址锁存器和列地址锁存器（容量很大，分时传送地址码）、增加刷新计数器和相应的控制电路。

刷新计数器的长度等于行地址锁存器。

刷新周期

刷新操作：集中式刷新、分散式刷新。共同点：每个刷新周期内，所有行都刷一次。

内存条：由若干个CDRAM芯片组成的模块做成小电路插件板形式。

ROM分类：掩模ROM、可编程ROM。

可编程ROM分类：一次性编程的PROM、多次编程的EPROM、E^2PROM。

FLASH存储器

编程操作、读取操作、擦除操作。

并行存储器

双端口存储器：由SRAM或DRAM构成。

地址线、数据线、控制线（R/W#、片选控制CE#、输出驱动控制OE#、BUSY#）。

Z表示高阻态。

多模块交叉存储器

地址在各模块中安排方式：顺序方式、交叉方式（可实现多模块流水式并行存取）。

交叉存取度m，模块数大于等于m。

存取一个字的时间T=m\*总线传送周期τ。

零等待存取：连续地址字的读取之间不必插入等待状态。

cache

程序运行的空间局部性、时间局部性。

CPU与cache之间的数据交换以字为单位，cache与主存之间的数据交换是以块为单位。

相联存储器CAM（Content-Addressable Memory）：存放分配给cache的地址。

最近最少使用LRU（Least Recently Used）

命中率

主存慢于cache的倍率=cache访问时间/主存访问时间

效率=cache访问时间/[cache/主存系统的平均访问时间]

地址映射

cache的透明性

行：cache的数据块大小。

块：主存的数据块大小。

行与块是等长的。

全相联映射方式：cache行的标记部分存块地址

直接映射方式：（mod cache行数），cache行的标记（tag）部分存块地址的左log2(n)-log2(cache行数)位，右log2(cache行数)位隐含了。

组相联映射方式：（mod 组数）所有块分成[组数]组，cache行的标记部分存块地址的左log2(n)-log2(组数)位，右log2(组数)位隐含了。

每组行数=行数/组数

[每组行数]路组相联cache

替换策略

最不经常使用（LFU，Least Frequently Used）算法、近期最少使用（LRU，Least Recently Used）算法、随机替换。

cache的写操作策略

写回法、全写法、写一次法（第一次写命中要写回，其它cache监听到后作废或复制）。

虚拟存储器

虚地址（逻辑地址）、虚存空间（逻辑地址空间）

实地址（物理地址）、物理存储空间（主存空间）

程序的再定位

页式虚拟存储器

逻辑页、逻辑页号、页内地址（偏移量）

物理页、物理页号、页内地址

在大多数系统中，每个进程对应一个页表。页表中对应每一个虚存页面有一个表项。

另一些系统采用二级页表结构。每个进程有一个页目录表。

反向页表（inverted page table），所占空间小，查表时间长。

转换后援缓冲器（TLB，Translation Lookaside Buffer，快表），存页表中最活跃部分的高速存储器，加快地址变换。

慢表

内页表：虚地址到主存物理地址的变换表。

外页表：虚地址到辅存地址的变换表。

段式虚拟存储器

段

段表：虚地址到实主存地址的变换表。每个程序设置一个段表。

段表本身是一个段。

分页对程序员是不可见的，分段对程序员是可见的。

虚存的替换算法：FIFO算法、LRU算法、LFU算法、FIFO+LRU算法……

# 指令系统

指令分类：微指令、机器指令（|指令）、宏指令。

每一条指令可完成一个独立的算数运算或逻辑运算操作。

指令系统：一台计算机中所有指令的集合。

系列计算机：基本指令系统相同、基本体系结构相同的一系列计算机。

复杂指令系统计算机（|CISC，Complex Instruction Set Computer）

精简指令系统计算机（|RISC，Reduced Instruction Set Computer）

完善的指令系统的要求：完备性、有效性、规整性、兼容性。

指令字：表示一条指令的机器字。

指令格式：指令字用二进制代码表示的结构形式，通常由操作码字段和地址码字段组成。

几操作数指令（几地址指令）

二地址指令分类：存储器-存储器（SS）型指令、寄存器-寄存器（RR）型指令、寄存器-存储器（RS）型指令。

指令字长度：一个指令自重包含二进制代码的位数。

机器字长：计算机能直接处理的二进制数据的位数。机器字长通常与主存单元的位数一致。

指令分类：单字长指令、半字长指令、双字长指令。

等长指令字结构、变长指令字结构

指令助记符

数据分类：地址数据、数值数据（定点整数或定点小数、浮点数、压缩十进制数）、字符数据、逻辑数据（逻辑性数据）。

操作数或指令字写入或读出的方式：地址指定方式、相联存储方式、堆栈存取方式。

寻址方式：采用地址指定方式时，形成操作数或指令地址的方式。

寻址方式分类：指令寻址方式、数据寻址方式。

指令的寻址方式：顺序寻址方式、跳跃寻址方式。

程序计数器又称指令指针寄存器。

操作数的寻址方式

操作数地址、有效地址、形式地址A（偏移量）

寻址过程：把操作数的形式地址，变换为操作数的有效地址的过程。

隐含寻址、立即寻址、直接寻址、间接寻址、寄存器寻址、寄存器间接寻址、偏移寻址（相对寻址、基址寻址、变址寻址）、段寻址、堆栈寻址。

线性地址LA

指令分类：数据处理、数据存储、数据传送、程序控制。

数据传送指令、算术运算指令、逻辑运算指令、程序控制指令、输入输出指令、字符串处理指令、特权指令、其他指令。