

第一次作业

1. 名词解释

ALU：是计算机中执行算术和逻辑运算操作的部件，是 CPU 的核心组成部分，主要功能是进行二进制的算术运算，其中基本操作包括加、减、乘、除四则运算，与、或、非、异或等逻辑操作，以及移位、比较和传送等操作。ALU 是中央处理器(CPU)的执行单元。

数据通路：指 CPU 内部数据流经的路径以及路径上的部件，包括数据运算(ALU)、存储(寄存器)和传送(总线)的部件。

程序计数器：用于存放下一条将要被执行的指令的地址。当执行一条指令时，首先需要根据 PC 中存放的指令地址，将指令由内存取到指令寄存器中，此过程称为“取指令”。与此同时，PC 中的地址或自动加 1 或由转移指针给出下一条指令的地址。此后经过分析指令，执行指令，完成第一条指令的执行，而后根据 PC 取出第二条指令的地址，如此循环，执行每一条指令。

指令寄存器：是临时放置从内存里面取得的程序指令的寄存器，用于存放当前从主存储器读出的正在执行的一条指令。当执行一条指令时，先把它从内存取到数据寄存器 (DR, Data Register) 中，然后再传送至 IR。

控制器 (Control Unit)：是计算机系统的控制中心，是 CPU 的重要组成部分。控制器指挥计算机各部分协调地工作，保证计算机按照预先规定的目标和步骤有条不紊地进行操作及处理。控制器由指令寄存器 IR(Instruction Register)、程序计数器 PC(Program Counter)和操作控制器 OC(Operation Controller)三个部件组成。控制器从存储器中逐条取出指令，分析每条指令规定的是什么操作以及所需数据的存放位置等，然后根据分析的结果向计算机其它部件发出控制信号，统一指挥整个计算机完成指令所规定的操作。计算机自动工作的过程，就是在控制器的控制下自动执行程序的过程，程序中的每条指令都是由控制器来分析执行的，它是计算机实现“程序控制”的主要设备。

控制器和运算器合称为中央处理器 (Central Processing Unit, CPU)。

指令系统：指令系统是指计算机所能执行的全部机器指令的集合，是计算机硬件的语言系统，它是软件和硬件的主要界面，反映了计算机所拥有的基本功能。

ISA：是计算机硬件与系统软件之间的接口，指机器语言程序员或操作系统、编译器、解释器设计人员所看到的计算机功能特性和概念性结构。其核心部分是指令系统、同时还包含数据类型和数据格式定义、寄存器组织、I/O 空间的编址和数据传输方式、中断结构、计算机状态的定义和切换、存储保护等。ISA 设计的好坏直接决定了计算机的性能和成本。

2. (1) 冯诺依曼计算机的组成：

- 存储器：存放数据和指令；
- 控制器：自动取出指令、译码，控制计算机的各部件执行指令；
- 运算器：进行加减乘除基本算术运算及逻辑运算和其它附加运算；
- 输入设备：外部向计算机输入信息的通道
- 输出设备：计算机向外部输出信息的通道

工作方式：存储程序

(2) 摩尔定律：当价格不变时，集成电路上可容纳的元器件的数目，约每隔 18-24 个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。

5.

(1) P2：从执行之间可以看出，M2 更快，比 M1 快 1 倍；

P1：从执行之间可以看出，M1 更快，比 M2 快 1 倍；

(2) M1 上的 MIPS (每秒百万条指令)：

$$P1: 200/10 = 20\text{MIPS}$$

$$P2: 300 \times 10^3 / (3 \times 10^{-3}) = 100\text{MIPS}$$

M2 上的 MIPS (每秒百万条指令)：

$$P1: 150 / 5 = 30\text{MIPS}$$

$$P2: 420 \times 10^3 / (6 \times 10^{-3}) = 70\text{MIPS}$$

从执行速度看，对于 P2，M1 更快一些，快 $(100-70)/70 = 43\%$

(3) 假定 M1 和 M2 的时钟频率各是 800MHz 和 1.2GHz，则在 M1 和 M2 上执行 P1 时的平均时钟周期数 CPI 各是多少。

程序 CPI = 需要的时钟周期总数/执行的指令总数

= CPU 主频 \times 执行时间/执行的指令总数

$$CPI_{M1} = 800\text{M} \times 10 / 200\text{M} = 40$$

$$CPI_{M2} = 1200\text{M} \times 5 / 150\text{M} = 40$$

(4) 仅对 P1，用户关心响应时间：用时短，速度快

单独看时间，显然 M2

综合：M1 的价格是 M2 的 62.5%，但性能只有 50%，所以 M2 更合算

“算力”：每一块钱可以买到的计算能力，这里用 MIPS 来衡量。

$$M1: 20\text{MIPS} / 5000 = 0.004\text{MIPS}$$

$$M2: 30\text{MIPS} / 8000 = 0.00375\text{MIPS}$$

M1 要划算

性价比 1：“算力”的另外一种解释）获得同样的速度的花费

如，达到 60MIPS 的“并行计算能力”

$$M1: 3 \text{ 台}, 3 \times 5000 = 1.5 \text{ 万元}$$

$$M2: 2 \text{ 台}, 2 \times 8000 = 1.6 \text{ 万元}$$

所以 M1 好些

性价比 2：花同样多的钱得到的性能

$$4 \text{ 万块钱买 } 8 \text{ 台 } M1, \text{ 完成 } 100 \text{ 个 } P1, \text{ 总用时 } 125\text{s}$$

$$4 \text{ 万块钱买 } 5 \text{ 台 } M2, \text{ 完成 } 100 \text{ 个 } P1, \text{ 总用时 } 100\text{s}$$

所以 M2 好

其它解法：(1) 时间 \times 价格，选小的

$$M1: 10 \times 5000 = 50000$$

$$M2: 5 \times 8000 = 40000$$

(2) $1/(\text{时间} \times \text{价格})$ ，选大的

$$M1: 1/(10 \times 5000) = 1/50000$$

$$M2: 1/(5 \times 8000) = 1/40000$$

(5) P1 和 P2 一样多，关心相应时间

P1 和 P2 一样多：执行次数一样，则显然 P1 占绝对的大头

单独看时间，显然 M2

综合：M1 的价格是 M2 的 62.5%，但性能只有 50%，所以 M2 更合算

“算力”：每一块钱可以买到的计算能力，这里用 MIPS 来衡量，取 P1 和 P2 的平均值

$$M1: (20\text{MIPS} + 100\text{MIPS}) / 2 / 5000 = 0.012\text{MIPS}$$

$$M2: (30\text{MIPS} + 70\text{MIPS}) / 2 / 8000 = 0.00625\text{MIPS}$$

M1 要划算

第二版 5 题：计算 $z = (x - y) * y$

主存地址	主存单元内容	内容说明	指令的符号表示
0	1110 0111	I1: $R[0] \leftarrow M[7]$; op=1110; 取数操作	load r0, 7#
1	0000 0100	I2: $R[1] \leftarrow R[0]$; op=0000; 传送操作	mov r1, r0
2	1110 0110	I3: $R[0] \leftarrow M[6]$; op=1110; 取数操作	load r0, 6#
3	0010 0001	I4: $R[0] \leftarrow R[0] - R[1]$; op=0010; 减操作	sub r0, r1
4	0011 0001	I5: $R[0] \leftarrow R[0] * R[1]$; op=0011; 乘操作	mul r0, r1
5	1111 1000	I6: $M[8] \leftarrow R[0]$; op=1111; 存数操作	store 8#, r0
6	0001 0000	操作数 x, 值为 16	
7	0010 0001	操作数 y, 值为 33	
8	0000 0000	结果 z, 初始值为 0	

	I1: 1110 0111	I2: 0000 0100	I3: 1110 0110	I4: 0010 0001	I5: 0011 0001	I6: 1111 1000
取指令	$IR \leftarrow M[0000]$	$IR \leftarrow M[0001]$	$IR \leftarrow M[0010]$	$IR \leftarrow M[0011]$	$IR \leftarrow M[0100]$	$IR \leftarrow M[0101]$
指令译码	op=1110, 取数	op=0000, 传送	op=1110, 取数	op=0010, 减	op=0011, 乘	op=1111, 存数
PC 增量	$PC \leftarrow 0000+1$	$PC \leftarrow 0001+1$	$PC \leftarrow 0010+1$	$PC \leftarrow 0011+1$	$PC \leftarrow 0100+1$	$PC \leftarrow 0101+1$
取数并执行	$MDR \leftarrow M[0111]$	$A \leftarrow R[0]$ 、mov	$MDR \leftarrow M[0110]$	$A \leftarrow R[0]$ 、 $B \leftarrow R[1]$ 、sub	$A \leftarrow R[0]$ 、 $B \leftarrow R[1]$ 、mul	$MDR \leftarrow R[0]$
送结果	$R[0] \leftarrow MDR$	$R[1] \leftarrow F$	$R[0] \leftarrow MDR$	$R[0] \leftarrow F$	$R[0] \leftarrow F$	$M[1000] \leftarrow MDR$
执行结果	$R[0]=33$	$R[1]=33$	$R[0]=16$	$R[0]=16-33=-17$	$R[0]=(-17*33)_{\text{mod}256}=CFH$	$M[8]=CFH$