

第7讲 从多项式自动计算看机器程序 ——编码—指令与机器程序

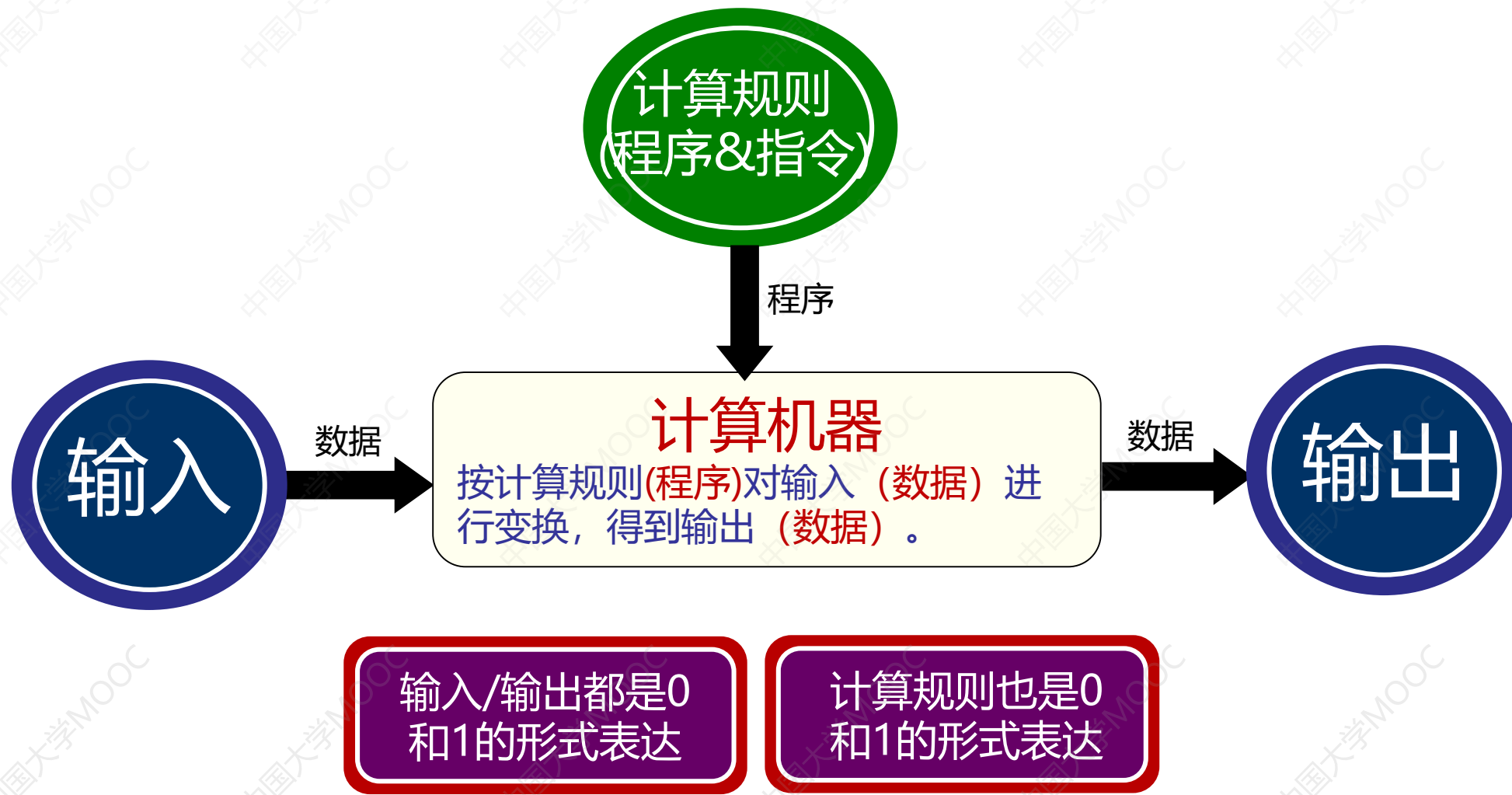
战 德 臣

哈尔滨工业大学计算学部教学委员会主任
国家教学名师

18686783018, dechen@hit.edu.cn

计算机器的功能与构成

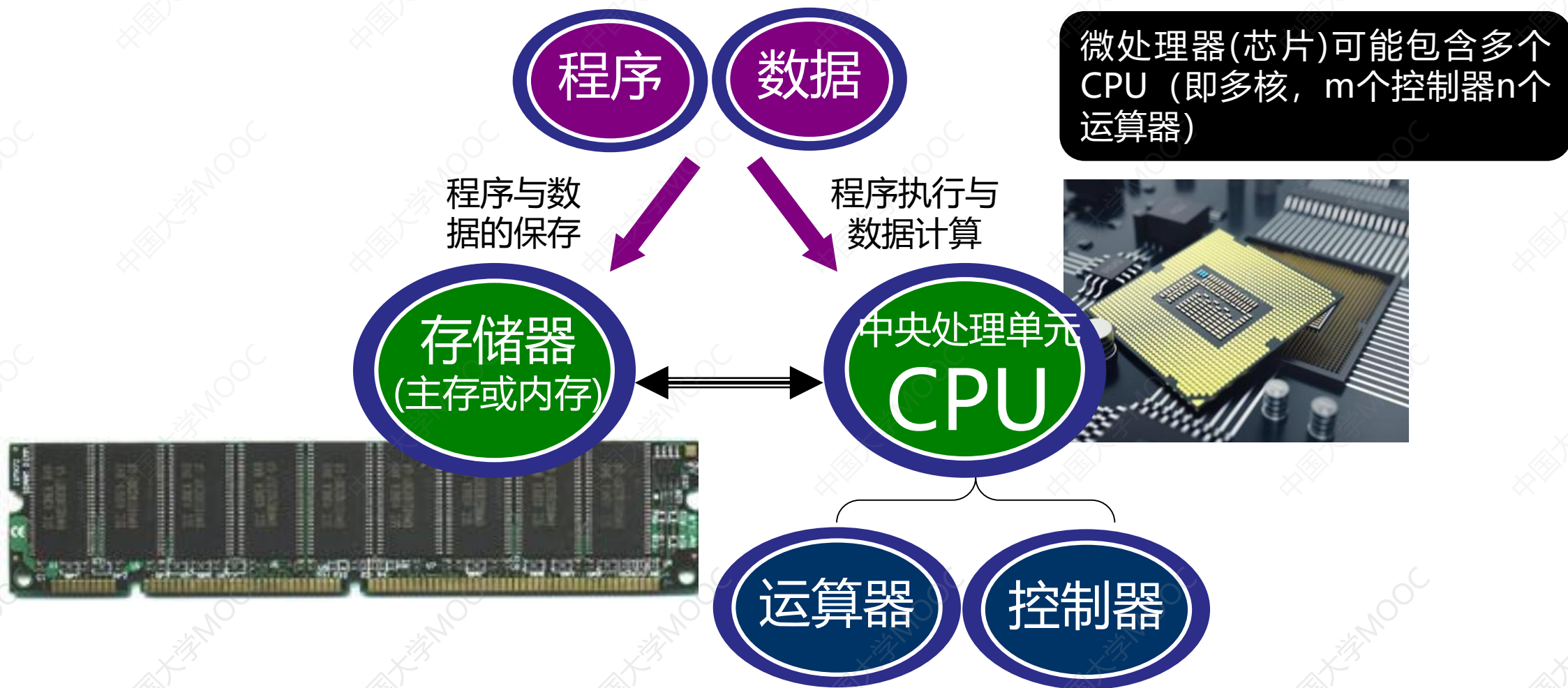
计算机器的基本功能



计算机器的功能与构成

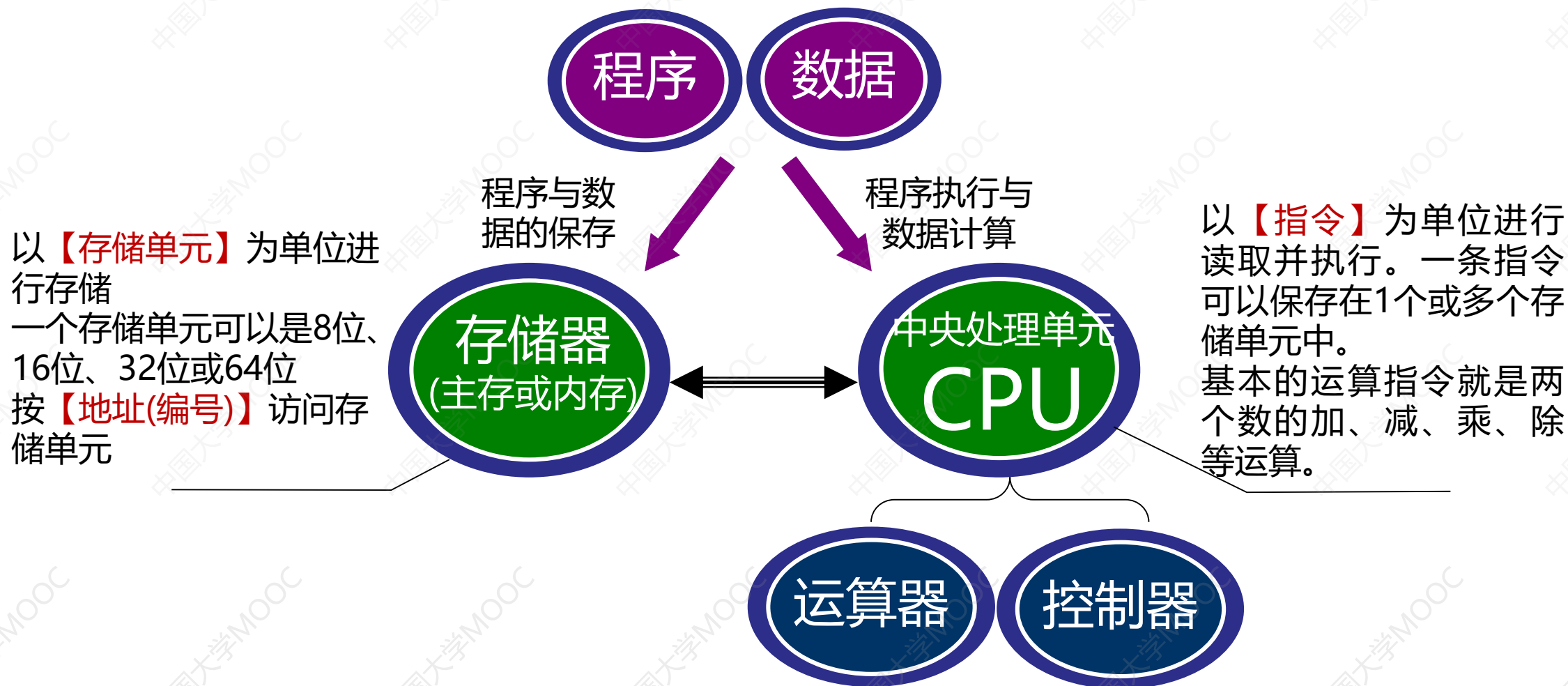
3

计算机器的核心



计算机器的功能与构成

计算机器的核心



机器指令与机器程序

5

计算机如何计算一个运算式？

$$8 \times 3^2 + 2 \times 3 + 6$$

机器指令与机器程序

机器级算法

算法---机器可以执行的求解问题的规则及步骤。

$$\text{计算 } 8 \times 3^2 + 2 \times 3 + 6 = ((8 \times 3) + 2) \times 3 + 6$$

计算方法

- Step 1:** 取出数3至运算器中
- Step 2:** 乘以数3在运算器中
- Step 3:** 乘以数8在运算器中
- Step 4:** 存数 $8 \times 3 \times 3$ 至存储器中
- Step 5:** 取出数2至运算器中
- Step 6:** 乘以数3在运算器中
- Step 7:** 加上 $8 \times 3 \times 3$ 在运算器中
- Step 8:** 加上数6在运算器中

计算方法 (优化)

- Step 1:** 取出数3至运算器中
- Step 2:** 乘以数8在运算器中
- Step 3:** 加上数2在运算器中
- Step 4:** 乘以数3在运算器中
- Step 5:** 加上数6在运算器中

问：怎么看待算法节省的步数？
--算法需要优化

机器指令与机器程序

7

机器指令

机器指令--是CPU可以直接分析并执行的指令，一般由0和1的编码表示。

指令 \approx 操作码 + 地址码；

操作码

地址码

000001 00 00000111

(如取数，加法等操作) (操作中的数据来源)

000100 0000001010

000100 0000000100

000011 0000001100

000011 0000001000

机器指令		对应的功能
操作码	地址码	
取数	α	α 号存储单元的数 取出送到运算器；
000001	0000000100	
存数	β	运算器中的数 存储到 β 号存储单元；
000010	0000010000	
加法	γ	运算器中的数 加上 γ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000011	0000001010	
乘法	δ	运算器中的数 乘以 δ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000100	0000001001	
打印		打印指令
000101	0000001100	
停机		停机指令
000110		

机器语言—机器能够执行的所有指令的集合。

机器指令与机器程序

8

机器程序：将机器级算法用机器指令进行表达

假设数字3、8、2、6分别存储在8号、9号、10号和11号存储单元

$$((8 \times 3) + 2) \times 3 + 6$$

计算方法 (优化)

Step 1: 取出数3至运算器中

Step 2: 乘以数8在运算器中

Step 3: 加上数2在运算器中

Step 4: 乘以数3在运算器中

Step 5: 加上数6在运算器中

```
000001 0000001000
000100 0000001001
000011 0000001010
000100 0000001000
000011 0000001011
000010 0000001100
000101 0000001100
000110 0000000000
```

机器级
算法

机器
程序

机器指令		对应的功能
操作码	地址码	
取数	α	α 号存储单元的数 取出送到运算器;
000001	0000000100	
存数	β	运算器中的数 存储到 β 号存储单元;
000010	0000010000	
加法	γ	运算器中的数 加上 γ 号存储单元的数, 结果保留在运算器;
000011	0000001010	
乘法	δ	运算器中的数 乘以 δ 号存储单元的数, 结果保留在运算器;
000100	0000001001	
打印		打印指令
000101	0000001100	
停机		
000110		

机器语言
与机器指令

机器指令与机器程序

9

将机器程序和数据装载进存储器中？

计算 $8 \times 3^2 + 2 \times 3 + 6$ 的程序

000001 0000001000
000100 0000001001
000011 0000001010
000100 0000001000
000011 0000001011
000010 0000001100
000101 0000001100
000110 0000000000

机器程序



地址 (编号)

00000000 00000000
00000000 00000001
00000000 00000010
00000000 00000011
00000000 00000100
00000000 00000101
00000000 00000110
00000000 00000111
00000000 00001000
00000000 00001001
00000000 00001010
00000000 00001011
00000000 00001100

存储单元

0000010000001000
0001000000001001
0000110000001010
0001000000001000
0000110000001011
0000100000001100
0001010000001100
0001100000000000
0000000000000011
0000000000001000
0000000000000010
0000000000000011

存储器

程序

数据

机器指令与机器程序

10

你能读懂这段程序吗？

对应的十进制地址	存储单元的地址	存储单元的内容		说明
		操作码	地址码	
0	00000000 00000000	000001	0000001000	指令：取出 8 号存储单元的数(即 3)至运算器中
1	00000000 00000001	000100	0000001001	指令：乘以 9 号存储单元的数(即 8)得 8×3 在运算器中
2	00000000 00000010	000011	0000001010	指令：加上 10 号存储单元的数(即 2)得 $8 \times 3 + 2$ 在运算器中
3	00000000 00000011	000100	0000001000	指令：乘以 8 号存储单元的数(即 3) 得 $(8 \times 3 + 2) \times 3$ 在运算器中
4	00000000 00000100	000011	0000001011	指令：加上 11 号存储单元的数(即 6)得 $8 \times 3^2 + 2 \times 3 + 6$ 至运算器中
5	00000000 00000101	000010	0000001100	指令：将上述运算器中结果存于 12 号存储单元
6	00000000 00000110	000101	0000001100	指令：打印
7	00000000 00000111	000110		指令：停机
8	00000000 00001000	000000	0000000011	数据：数 3 存于 8 号单元
9	00000000 00001001	000000	00000001000	数据：数 8 存于 9 号单元
10	00000000 00001010	000000	00000000010	数据：数 2 存于 10 号单元
11	00000000 00001011	000000	000000000110	数据：数 6 存于 11 号单元
12	00000000 00001100			数据：存放结果

程序与数据以同等地位存于存储器中

机器指令与机器程序

11

换一种写法-你能读懂吗?

地址（二进制）	存储单元（二进制）
00000000 00000000	0000010000001000
00000000 00000001	0001000000001001
00000000 00000010	0000110000001010
00000000 00000011	0001000000001000
00000000 00000100	0000110000001011
00000000 00000101	0000100000001100
00000000 00000110	0001010000001100
00000000 00000111	0001100000000000
00000000 00001000	000000 0000000011
00000000 00001001	000000 0000001000
00000000 00001010	000000 0000000010
00000000 00001011	000000 0000000110
00000000 00001100

地址(十六进制)	存储单元（十六进制）
0000	0408
0001	1009
0001	0C0A
0003	1008
0004	0C0B
0005	080C
0006	140C
0007	1800
0008	0003
0009	0008
000A	0002
000B	0006
000C

机器指令与机器程序

12

改改机器程序，体验机器程序

计算 $8 \times 3^2 + 2 \times 3 + 6$ 的程序

计算 $5 \times 4^2 + 3 \times 4 + 7$ 的程序

计算 $ax^2 + bx + c$ 的程序?

000001 0000001000

000100 0000001001

000011 0000001010

000100 0000001000

000011 0000001011

000010 0000001100

000101 0000001100

000110 0000000000

机器程序



地址 (编号)

00000000 00000000

00000000 00000001

00000000 00000010

00000000 00000011

00000000 00000100

00000000 00000101

00000000 00000110

00000000 00000111

00000000 00001000

00000000 00001001

00000000 00001010

00000000 00001011

00000000 00001100

存储单元

0000010000001000

0001000000001001

0000110000001010

0001000000001000

0000110000001011

0000100000001100

0001010000001100

0001100000000000

0000000000000000

0000000000000000

0000000000000010

0000000000000110

存储器

程序

数据

机器指令与机器程序

13

读一读程序，能发现什么吗？

地址 (编号)	存储单元
00000000	00000000
00000000	00000001
00000000	00000010
00000000	00000011
00000000	00000100
00000000	00000101
00000000	00000110
00000000	00000111
00000000	00001000
00000000	00001001
00000000	00001010
00000000	00001011
00000000	00001100

取出11号存储单元的数(数字3)至运算器中
乘以10号存储单元的数(数字5)得 5×3 在运算器中
加上9号存储单元的数(数字4)得 $5 \times 3 + 4$ 在运算器中
乘以11号存储单元的数(数字3)得 $(5 \times 3 + 4) \times 3$ 在运算器中
加上8号存储单元的数(数字2)得 $5 \times 3^2 + 4 \times 3 + 2$ 至运算器中
将上述运算器中结果存于12号存储单元。

打印12号存储单元中的数
停机

2
4
5
3
7

机器指令		对应的功能
操作码	地址码	
取数	α	α 号存储单元的数 取出送到运算器；
000001	000000100	
存数	β	运算器中的数 存储到 β 号存储单元；
000010	0000010000	
加法	γ	运算器中的数 加上 γ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000011	0000001010	
乘法	δ	运算器中的数 乘以 δ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000100	0000001001	
打印		打印指令
000101	0000001100	
停机		停机指令
000110		

机器指令与机器程序

14

读一读程序，能发现什么吗？

存储单元的地址编码	存储单元的内容
0000000000001000	0000010000001000
0000000000001001	0000110000001001
0000000000001010	0000110000001010
0000000000001011	0000100000001010
0000000000001100	0001110000001010
... ..	

- 取出8号存储单元的数 (即数0000010000001000, 十进制为1032) 至运算器中
- 加上9号存储单元的数 (即数0000110000001001, 十进制为3081) 得到3081+ 1032, 即4113 在运算器中
- 加上10号存储单元的数 (即数0000110000001010, 十进制为3082) 得到4113+3082, 即7195在运算器中
- 将结果存入10号存储单元 (即7195的二进制数, 0001110000011011 存储到0000000000001010号 (即10号) 单元)
- 跳转到10号单元的指令继续执行 (10号单元存储的是什么)

程序

存储单元中的内容可能是指令，也可能是数据，还可能既是指令又是数据

当用跳转指令改变程序执行次序时，要注意其指向的是否是指令？可能会出现错误

存储器中的程序是可能被修改的，即初始时是执行预期的程序，而再执行时可能就不是了

指令系统

机器指令		指令能够完成的功能
操作码	地址码	
取数	α	将 α 号存储单元的数 取出 送到 运算器；
000001	0000000100	
存数	β	将运算器中的数 存储到 β 号存储单元；
000010	0000010000	
加法	γ	运算器中的数 加上 γ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000011	0000001010	
乘法	δ	运算器中的数 乘以 δ 号存储单元的数，结果保留在运算器；
000100	0000001001	
跳转	σ	跳转到 σ 号存储单元所存储的指令；
000111	0000001100	
打印	θ	打印 θ 号存储单元的数，将其输出；
000101	0000001100	
停机		停机指令
000110	0000000000	

机器指令与机器程序

15

小结

- 指令是一种01形式的编码
- 机器程序是用机器指令编制的程序
- CPU所能识别并执行的所有指令就称为指令系统。用该指令系统中的指令编写出的程序，该CPU能够执行
- 数据和指令以同等地位存储于存储器中，即一个存储单元存储的可能是指令，也可能是数据，还可能既是指令又是数据
- 存储在存储单元中的数据或指令在执行过程中可能被改变，也可能前一秒是指令，后一秒就为数据
- 机器程序编写好后，先存于存储器中，然后CPU会一条一条的读取该程序的每一条指令予以执行—存储程序

