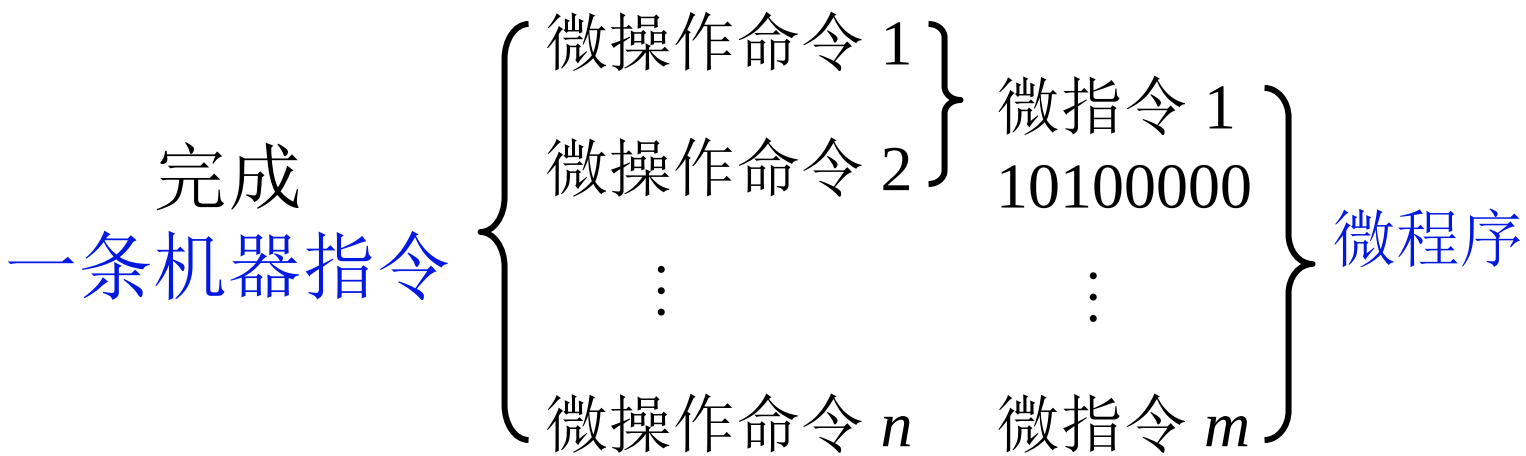
10.2 微程序设计

一、微程序设计思想的产生

1951 英国剑桥大学教授 Wilkes



一条机器指令对应一个微程序

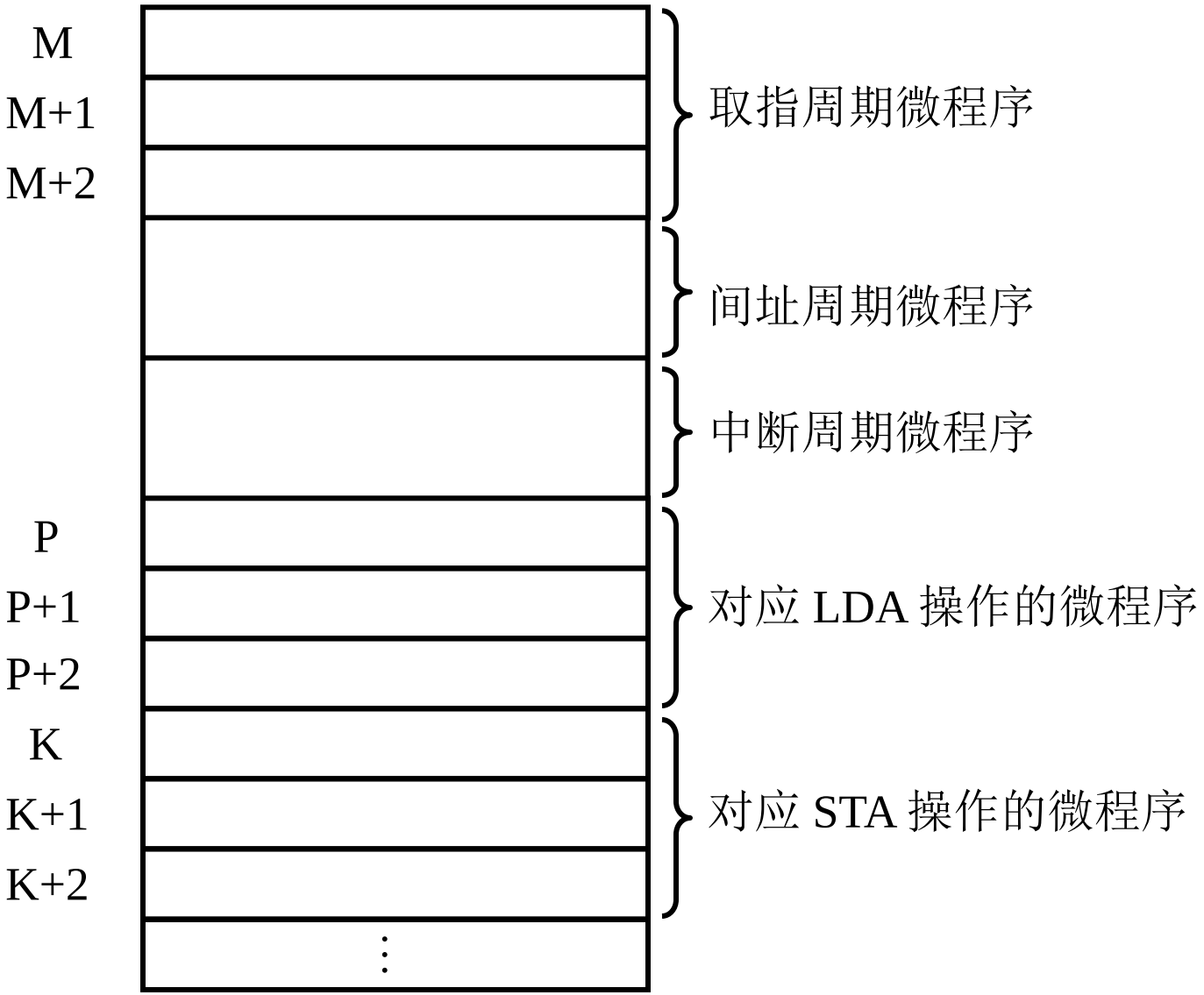
存入 ROM

存储逻辑

二、微程序控制单元框图及工作原理

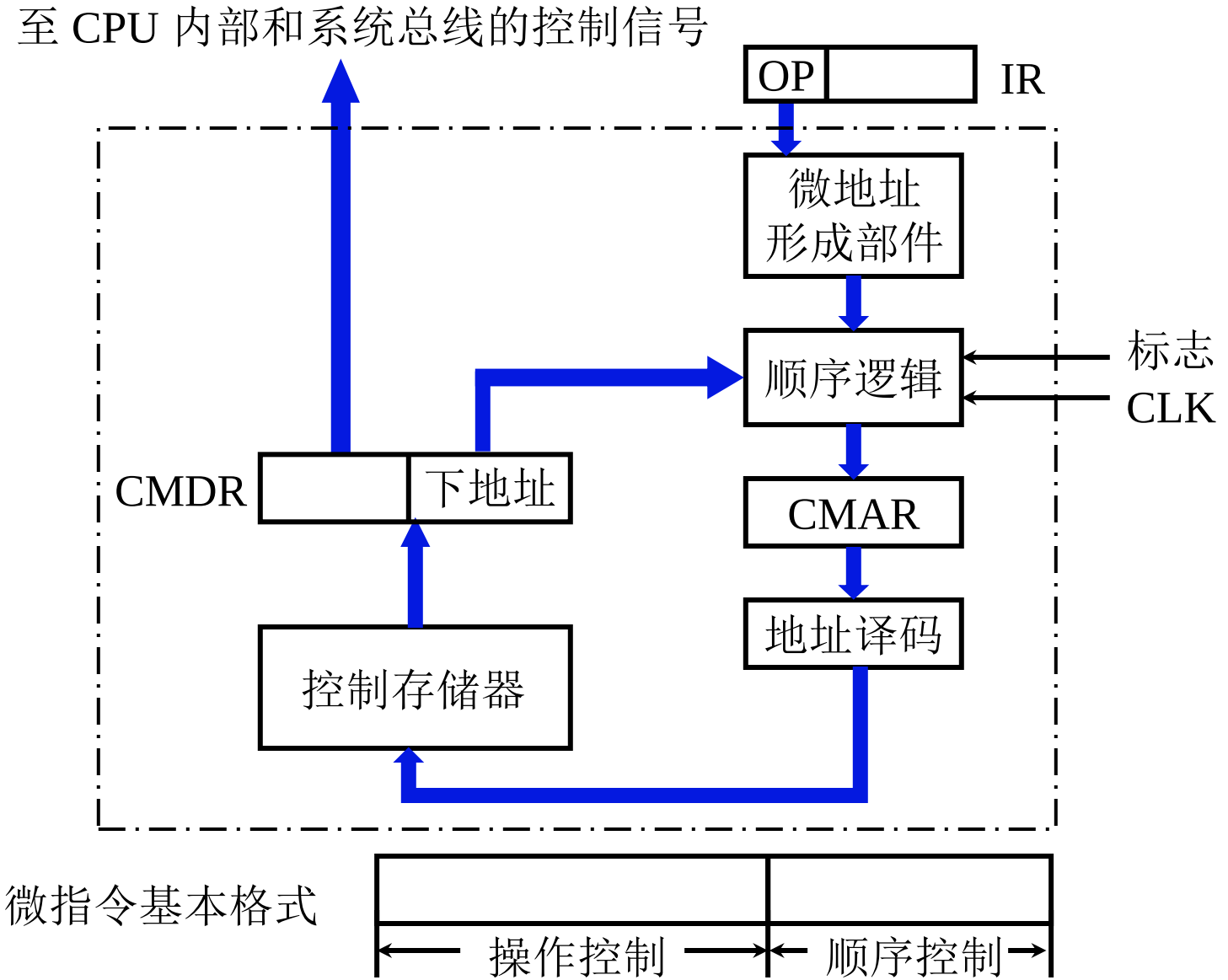
10.2

1. 机器指令对应的微程序

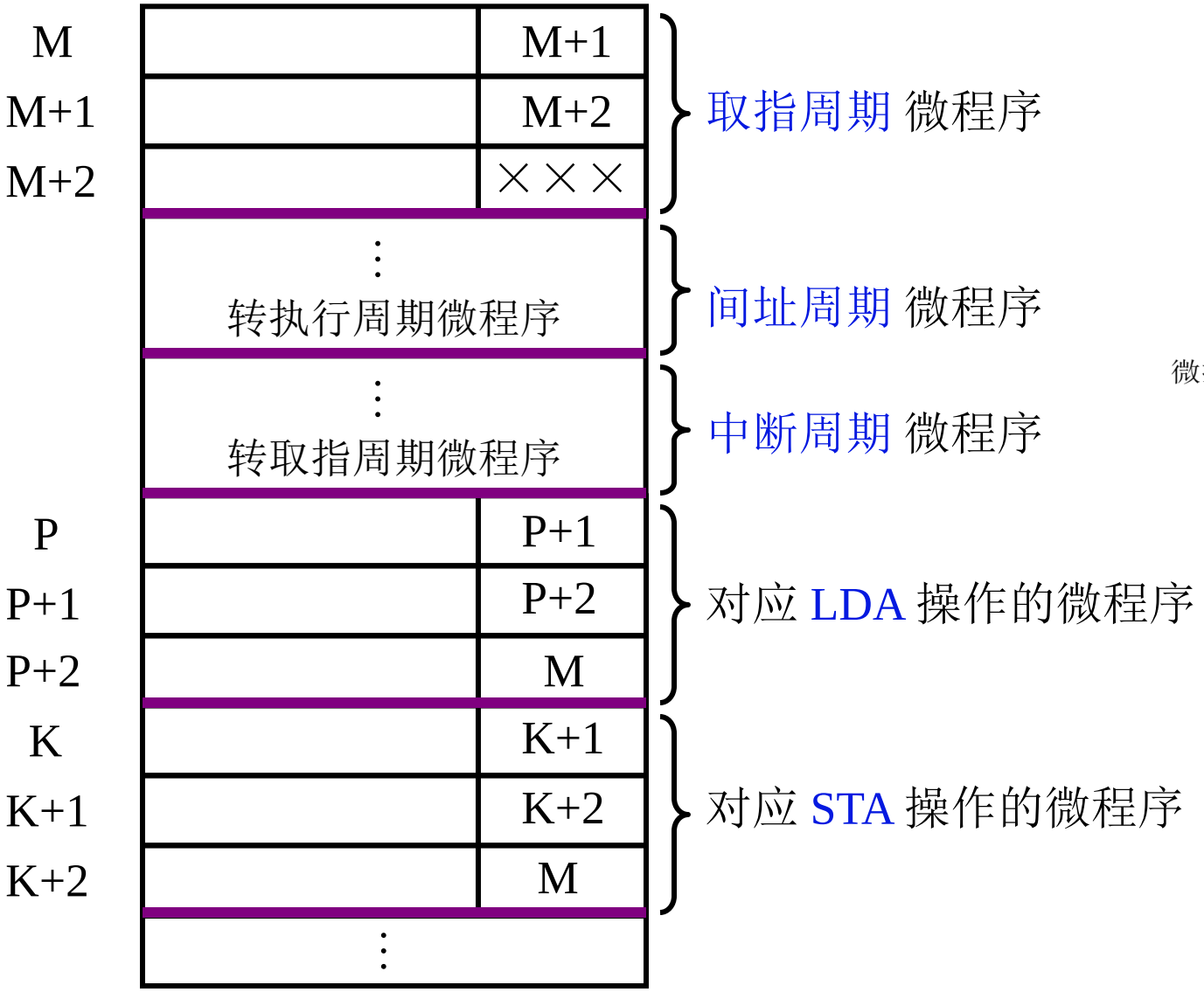


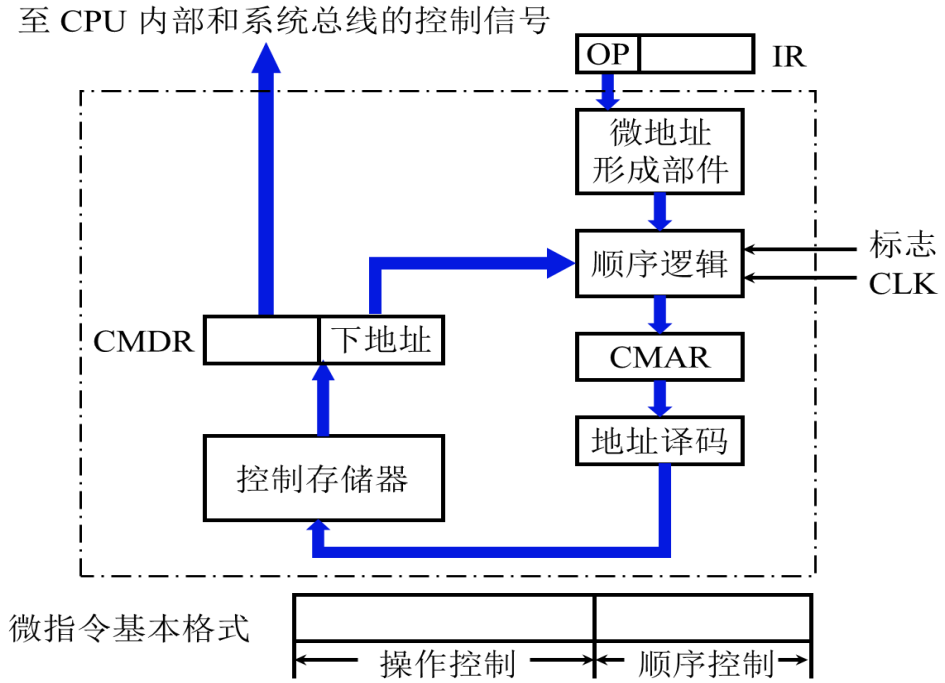
2. 微程序控制单元的基本框图

10.2

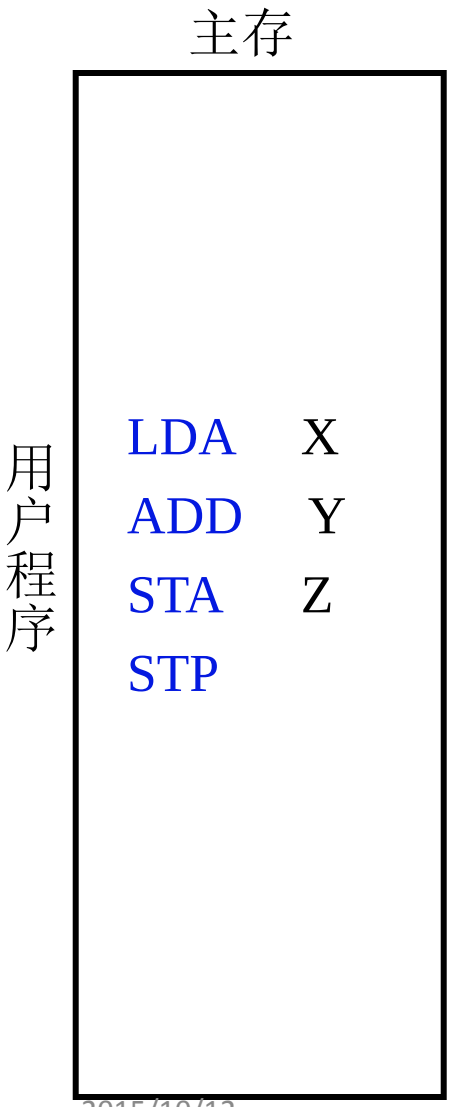


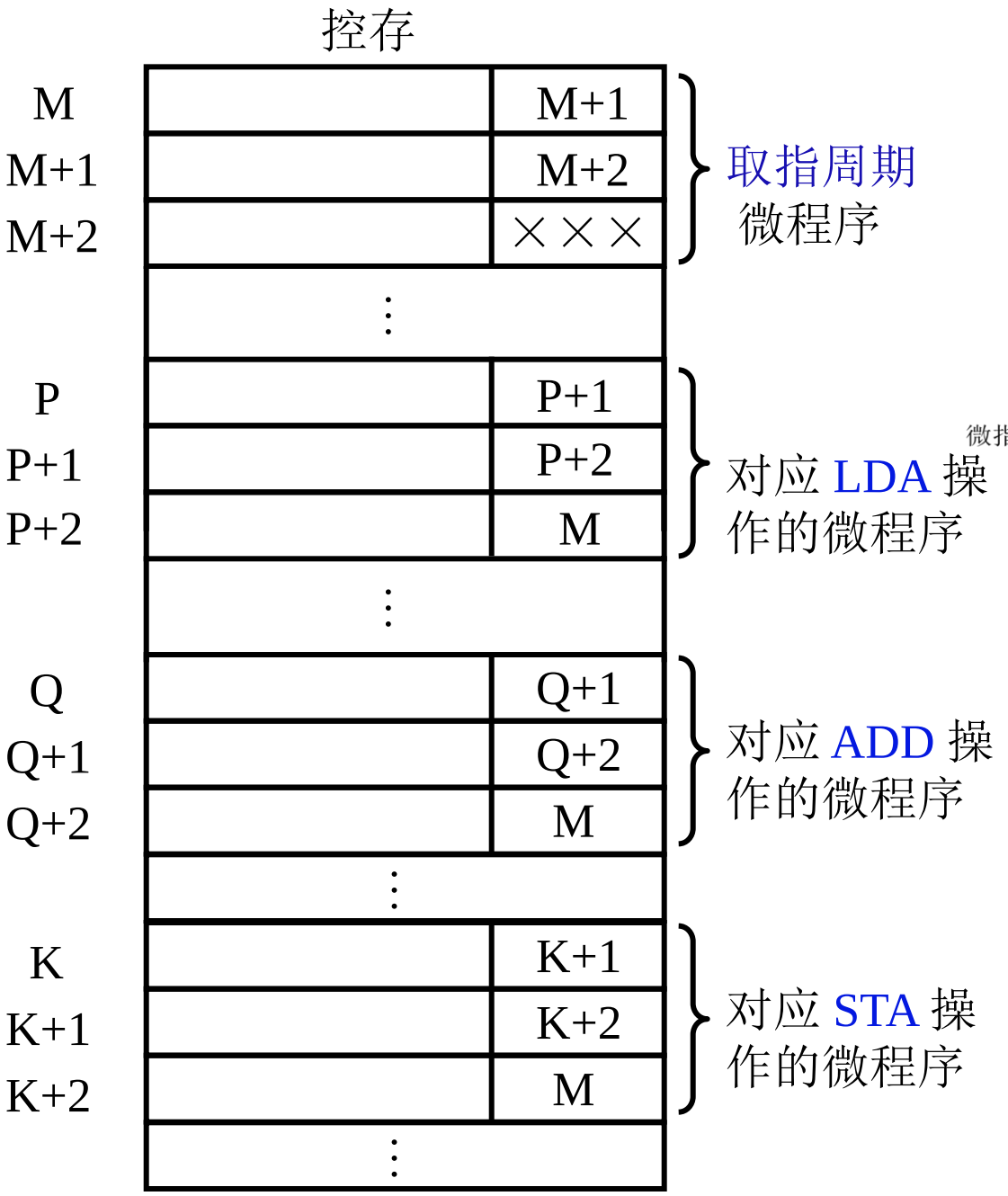
二、微程序控制单元框图及工作原理

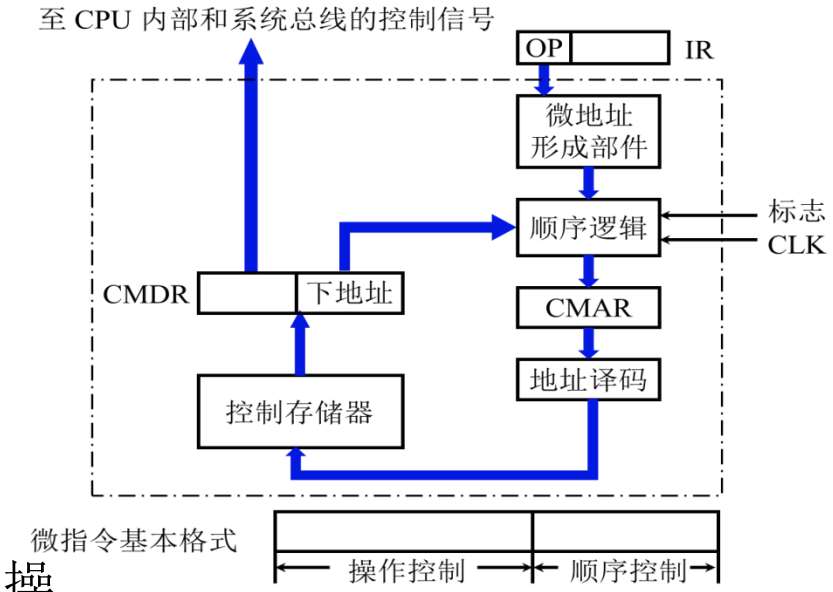




3. 工作原理


主存
用户程序
LDA X
ADD Y
STA Z
STP


控存
M
M+1
M+2
M+1
M+2
×××
P
P+1
P+2
P+1
P+2
M
Q
Q+1
Q+2
Q+1
Q+2
M
K
K+1
K+2
K+1
K+2
M
取指周期
微程序
对应 LDA 操作的微程序
对应 ADD 操作的微程序
对应 STA 操作的微程序


至 CPU 内部和系统总线的控制信号
OP
IR
微地址形成部件
顺序逻辑
标志
CLK
CMDR
下地址
CMAR
地址译码
控制存储器
微指令基本格式
操作控制
顺序控制

3. 工作原理

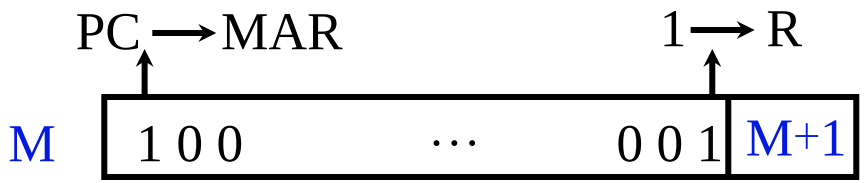
(1) 取指阶段　　执行取指微程序

M ⟶ CMAR

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

形成下条微指令地址　M + 1

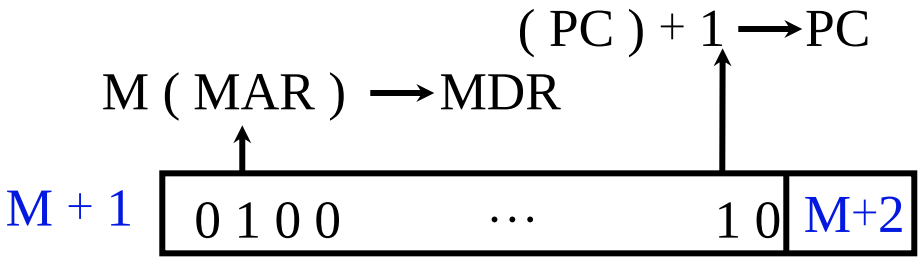


Ad (CMDR) ⟶CMAR

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

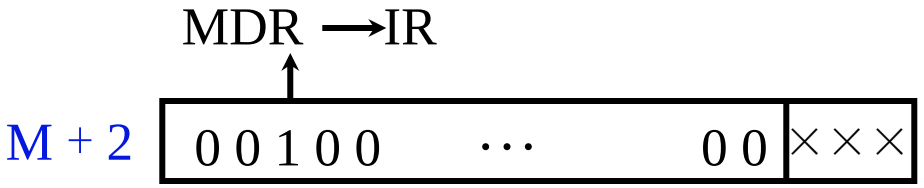
形成下条微指令地址　M + 2

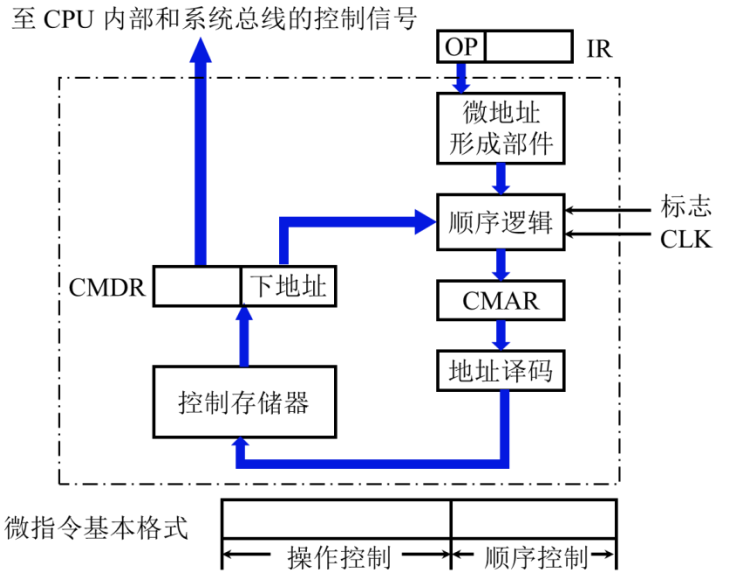


Ad (CMDR) ⟶CMAR

CM (CMAR) ⟶CMDR

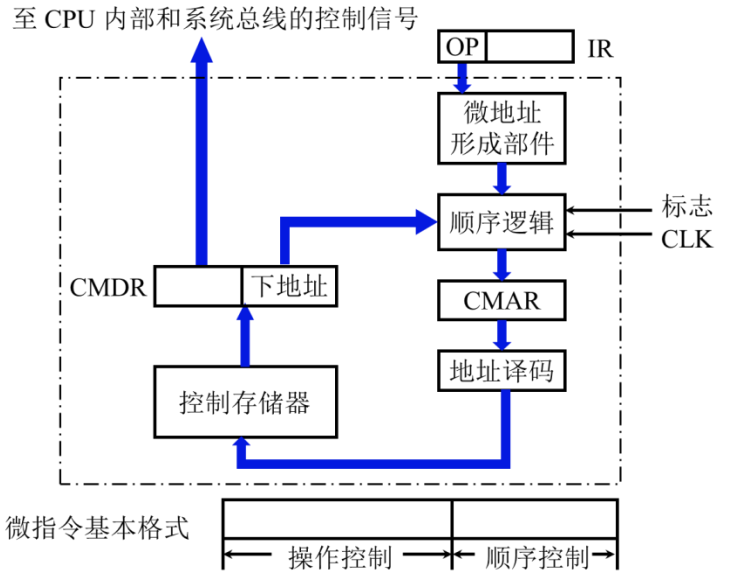
由 CMDR 发命令





(2) 执行阶段　执行 LDA 微程序

10.2



OP (IR) ⟶微地址形成部件 ⟶CMAR　(P ⟶ CMAR)

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

形成下条微指令地址　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

Ad (IR) ⟶MAR　　1⟶ R

P	0 0 0 1	…	0 0 1	P+1

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

形成下条微指令地址　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

M (MAR) ⟶MDR

P + 1	0 1 0 0	…	0	P+2

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

形成下条微指令地址　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

MDR ⟶ AC

P + 2	0 0 0 0 0 0 1	…	0	M

(M ⟶CMAR)

(3) 取指阶段　执行取指微程序

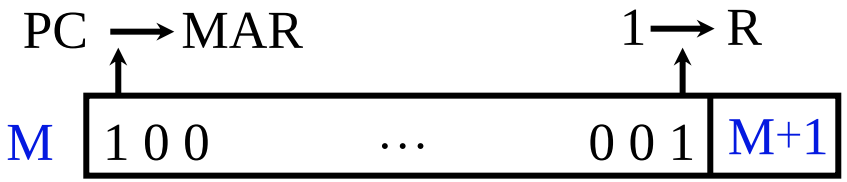
10.2

M ⟶ CMAR

CM (CMAR) ⟶CMDR

由 CMDR 发命令

⋮

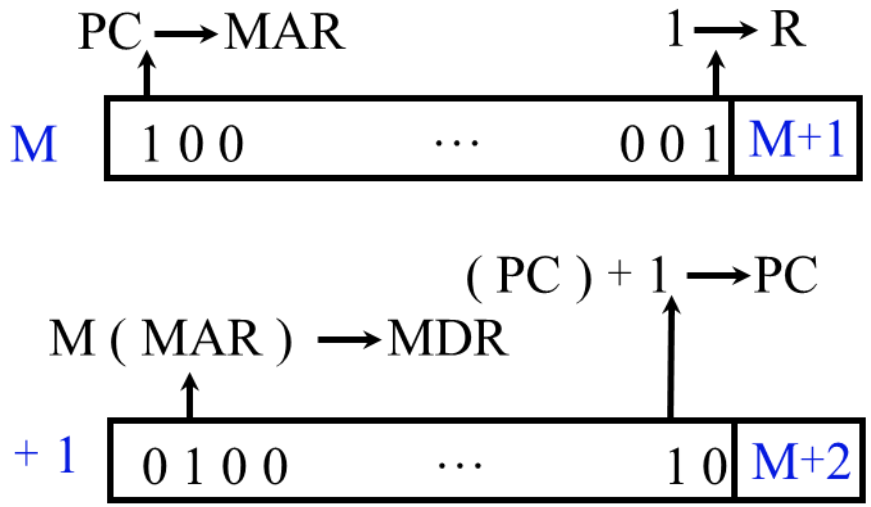


全部微指令存在 CM 中，程序执行过程中 只需读出

关键

- 微指令的 操作控制字段如何形成微操作命令
- 微指令的 后续地址如何形成

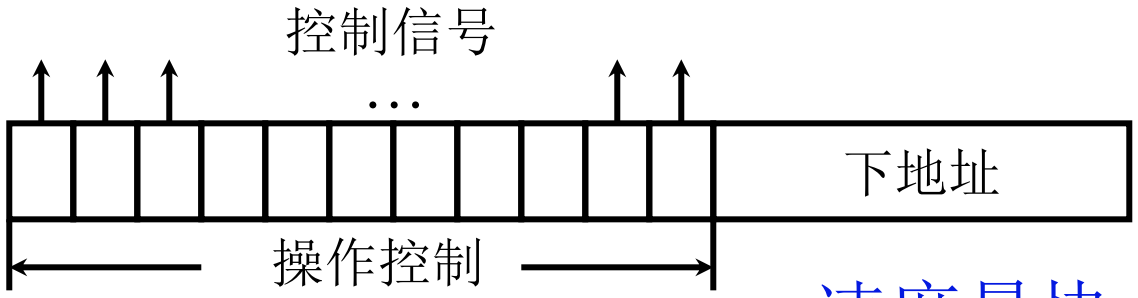
三、微指令的编码方式（控制方式）



1. 直接编码（直接控制）方式

在微指令的操作控制字段中，

每一位代表一个微操作命令



速度最快

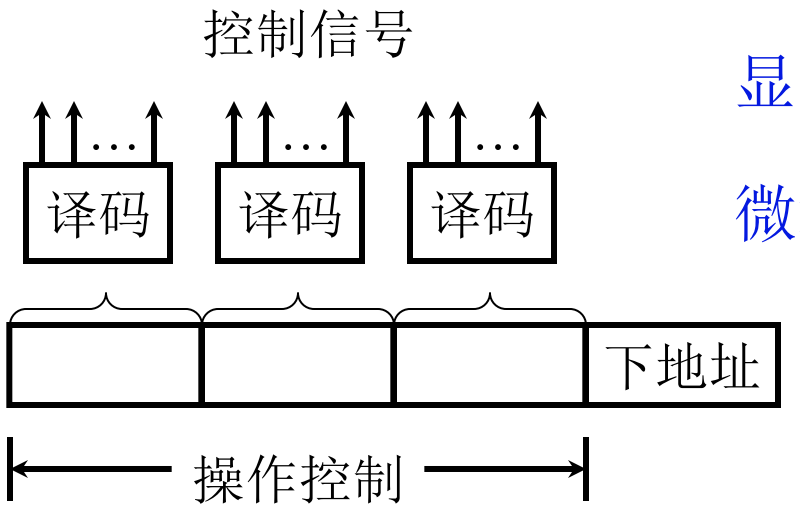
某位为“1”表示该控制信号有效

2. 字段直接编码方式

10.2

将微指令的控制字段分成若干 “段”，

每段经译码后发出控制信号



显式编码

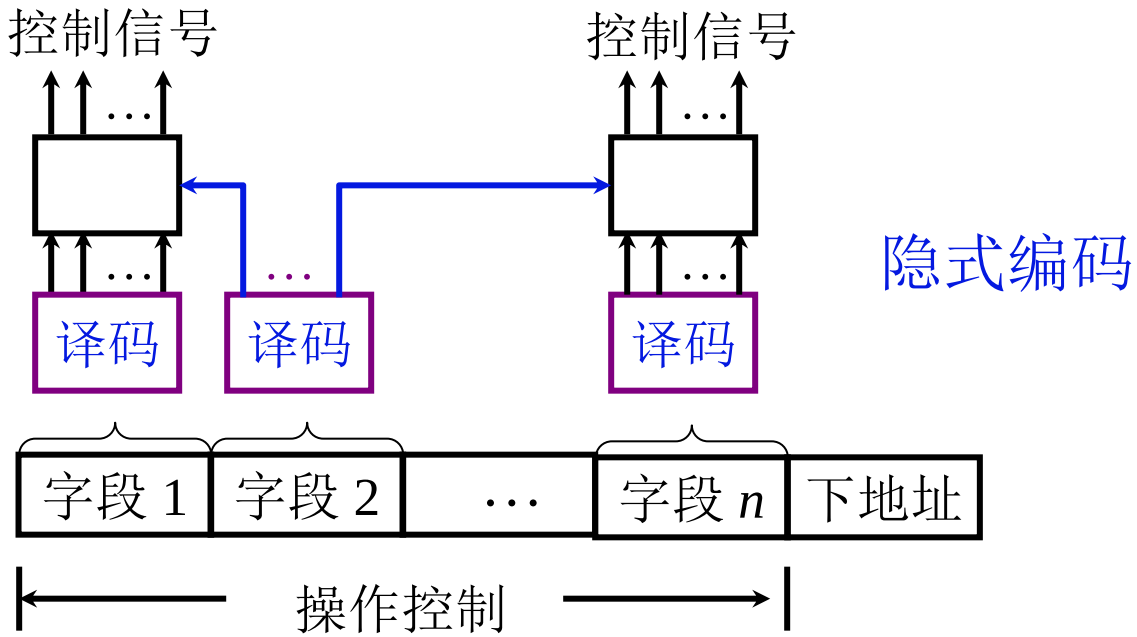
微程序执行速度较慢

每个字段中的命令是 互斥 的

缩短 了微指令 字长，增加 了译码 时间

3. 字段间接编码方式

10.2



隐式编码

4. 混合编码

直接编码和字段编码（直接和间接）混合使用

5. 其他

四、微指令序列地址的形成

1. 微指令的 下地址字段 指出

2. 根据机器指令的 操作码 形成

3. 增量计数器

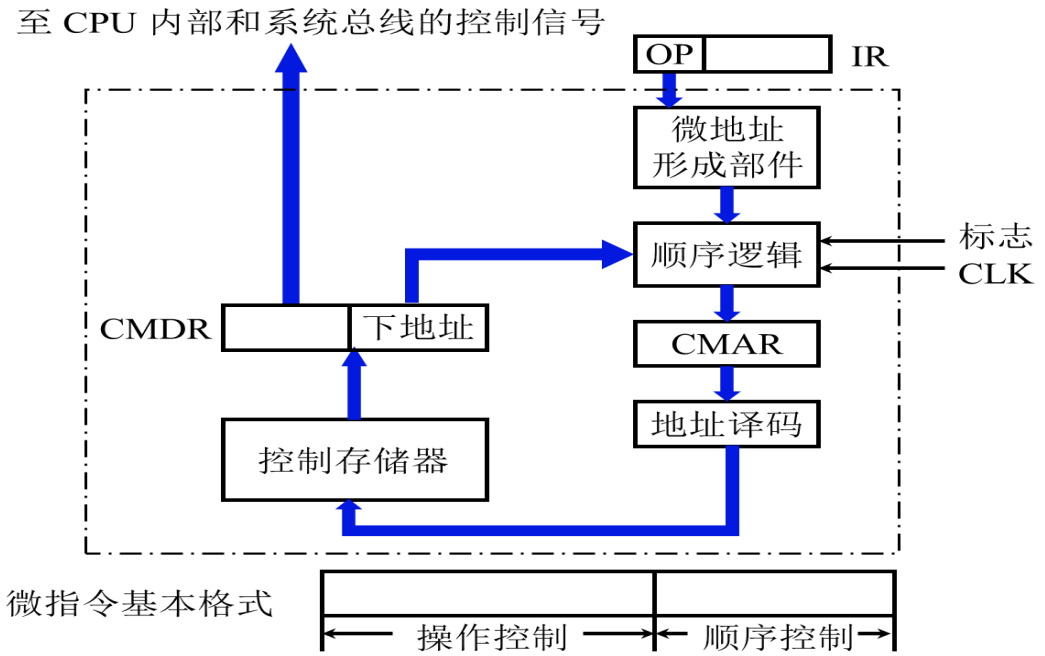
$$(CMAR) + 1 \longrightarrow CMAR$$

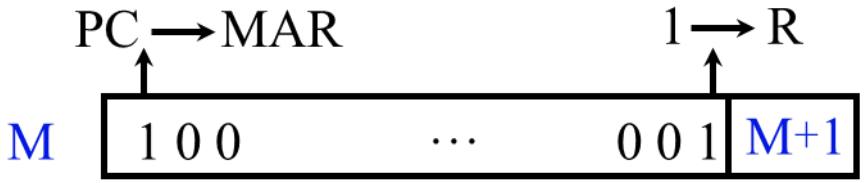
4. 分支转移

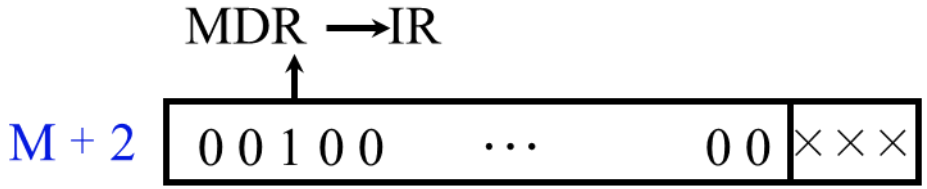
操作控制字段	转移方式	转移地址

转移方式　　指明判别条件

转移地址　　指明转移成功后的去向

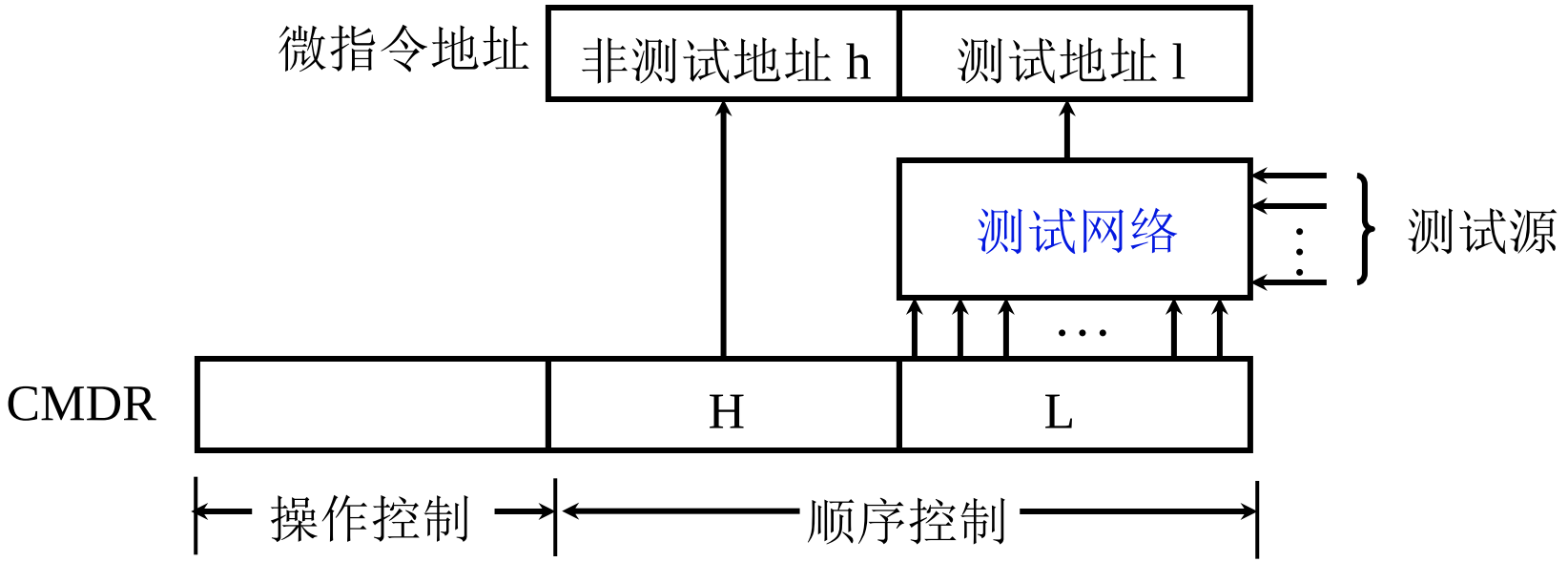






5. 通过测试网络

10.2

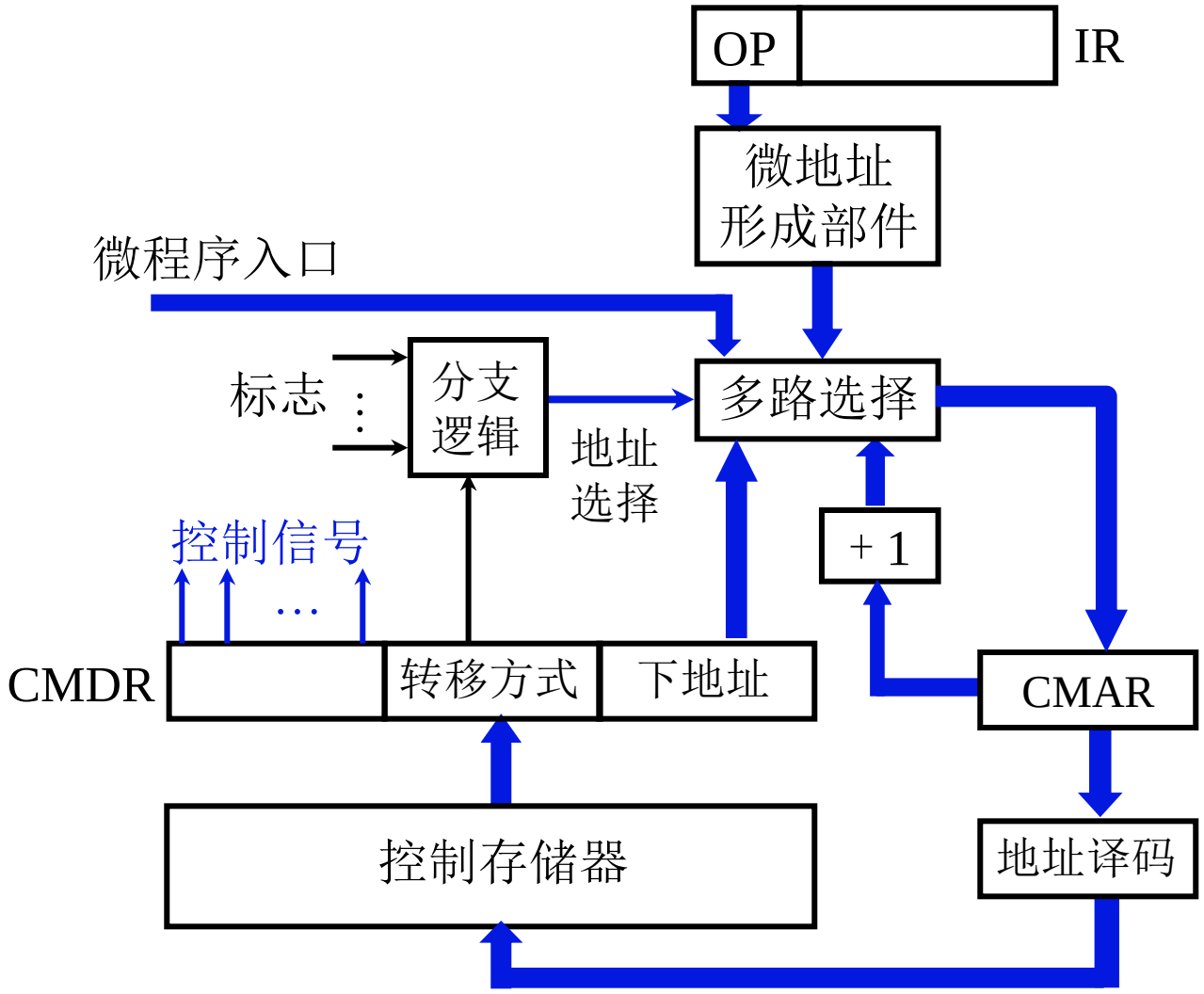


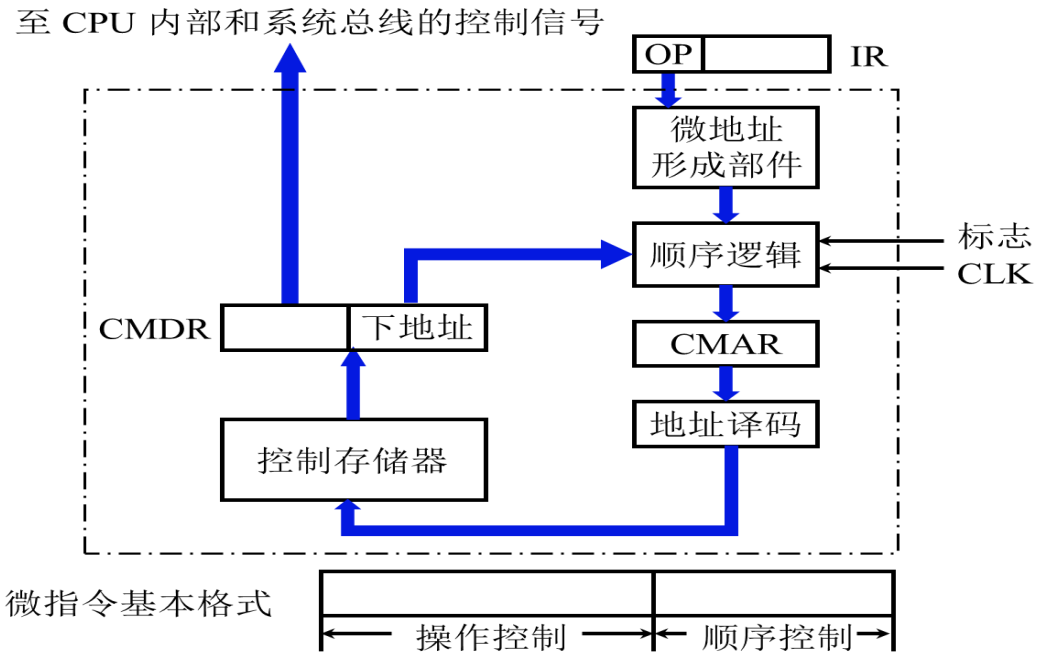
6. 由硬件产生微程序入口地址

第一条微指令地址　　由专门 硬件 产生

中断周期　　由 硬件 产生 中断周期微程序首地址

7. 后续微指令地址形成方式原理图





五、微指令格式

10.2

1. 水平型微指令

一次能定义并执行多个并行操作

如　直接编码、字段直接编码、字段间接编码、
直接和字段混合编码

2. 垂直型微指令

类似机器指令操作码 的方式

由微操作码字段规定微指令的功能

3. 两种微指令格式的比较

10.2

(1) 水平型微指令比垂直型微指令 并行操作能力强，灵活性强

(2) 水平型微指令执行一条机器指令所要的微指令 数目少，速度快

(3) 水平型微指令 用较短的微程序结构换取较长的微指令结构

(4) 水平型微指令与机器指令 差别大

六、静态微程序设计和动态微程序设计

10.2

静态　微程序无须改变，采用 ROM

动态　通过 改变微指令 和 微程序 改变机器指令，
有利于仿真，采用 EPROM

七、毫微程序设计

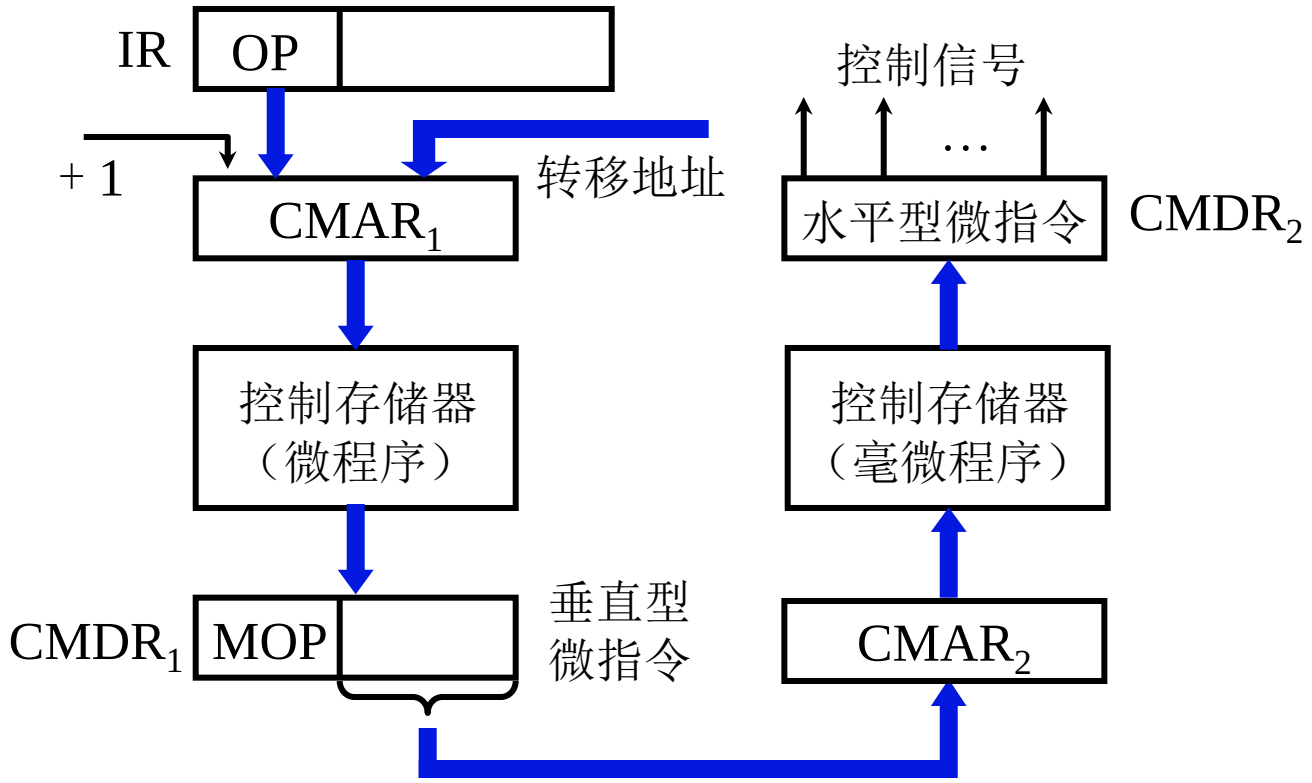
1. 毫微程序设计的基本概念

微程序设计　用 微程序解释机器指令

毫微程序设计　用 毫微程序解释微指令

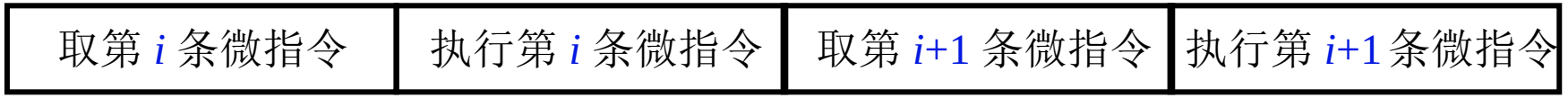
毫微指令与微指令 的关系好比 微指令与机器指令 的关系

2. 毫微程序控制存储器的基本组成 10.2

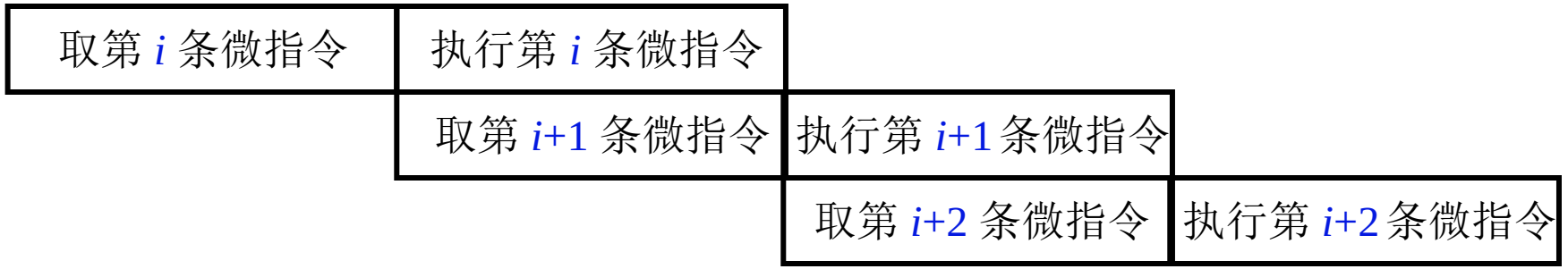


八、串行微程序控制和并行微程序控制 10.2

串行 微程序控制



并行 微程序控制



九、微程序设计举例

10.2

1. 写出对应机器指令的微操作及节拍安排

假设 CPU 结构与组合逻辑相同

(1) 取指阶段微操作分析

3 条微指令

T_0　PC ⟶ MAR　　1 ⟶ R

T_1　M (MAR) ⟶ MDR　　(PC) + 1 ⟶ PC

T_2　MDR ⟶ IR　　OP (IR) ⟶ 微地址形成部件

若需考虑 T_2 内安排这条微指令？

则取指操作需 3 条微指令

Ad (CMDR) ⟶ CMAR

OP (IR) ⟶ 微地址形成部件 ⟶ CMAR

(2) 取指阶段的微操作及节拍安排

10.2

考虑到需要 形成后续微指令的地址

T_0　PC ⟶ MAR　　1 ⟶ R

T_1　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_2　M (MAR) ⟶ MDR　(PC)+1 ⟶ PC

T_3　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_4　MDR ⟶ IR　　OP (IR) ⟶ 微地址形成部件

T_5　OP (IR) ⟶ 微地址形成部件 ⟶ CMAR

(3) 执行阶段的微操作及节拍安排

10.2

考虑到需形成后续微指令的地址

取指微程序的入口地址 M
由微指令下地址字段指出

- 非访存指令

① CLA 指令

T_0　0 ⟶ AC

T_1　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

② COM 指令

T_0　$\overline{\text{AC}}$ ⟶ AC

T_1　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

③ SHR 指令

T_0　　L (AC) ⟶ R (AC)　　$AC_0 \longrightarrow AC_0$

T_1　　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

④ CSL 指令

T_0　　R (AC) ⟶ L (AC)　　$AC_0 \longrightarrow AC_n$

T_1　　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

⑤ STP 指令

T_0　　0 ⟶ G

T_1　　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

- 访存指令

⑥ ADD 指令

T_0 Ad (IR) ⟶ MAR　　1 ⟶ R

T_1 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_2 M (MAR) ⟶ MDR

T_3 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_4 (AC) + (MDR) ⟶ AC

T_5 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

⑦ STA 指令

T_0 Ad (IR) ⟶ MAR　　1 ⟶ W

T_1 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_2 AC ⟶ MDR

T_3 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_4 MDR ⟶ M (MAR)

T_5 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

⑧ LDA 指令

10.2

T_0 Ad (IR) ⟶ MAR 1 ⟶ R

T_1 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_2 M (MAR) ⟶ MDR

T_3 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

T_4 MDR ⟶ AC

T_5 Ad (CMDR) ⟶ CMAR

10.2

- 转移类指令

⑨ JMP 指令

T_0　　Ad (IR) ⟶ PC

T_1　　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

⑩ BAN 指令

T_0　　$A_0 \cdot Ad(IR) + \overline{A}_0 \cdot (PC)$ ⟶ PC

T_1　　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

全部微操作　20个

微指令　38条

2. 确定微指令格式

10.2

(1) 微指令的编码方式

采用直接控制

(2) 后续微指令的地址形成方式

由机器指令的操作码通过微地址形成部件形成

由微指令的下地址字段直接给出

(3) 微指令字长

由 20 个微操作

确定 操作控制字段　　最少 20 位

由 38 条微指令

确定微指令的 下地址字段 为 6 位

微指令字长　可取 20 ＋ 6 ＝ 26 位

(4) 微指令字长的确定

10.2

38 条微指令中有 19 条

是关于后续微指令地址 ⟶ CMAR

其中 { 1 条　OP (IR) ⟶ 微地址形成部件 ⟶ CMAR

18 条　Ad (CMDR) ⟶ CMAR

若用 Ad (CMDR) 直接送控存地址线

则 省去了输至 CMAR 的时间，省去了 CMAR

同理　OP (IR) ⟶ 微地址形成部件 ⟶ 控存地址线

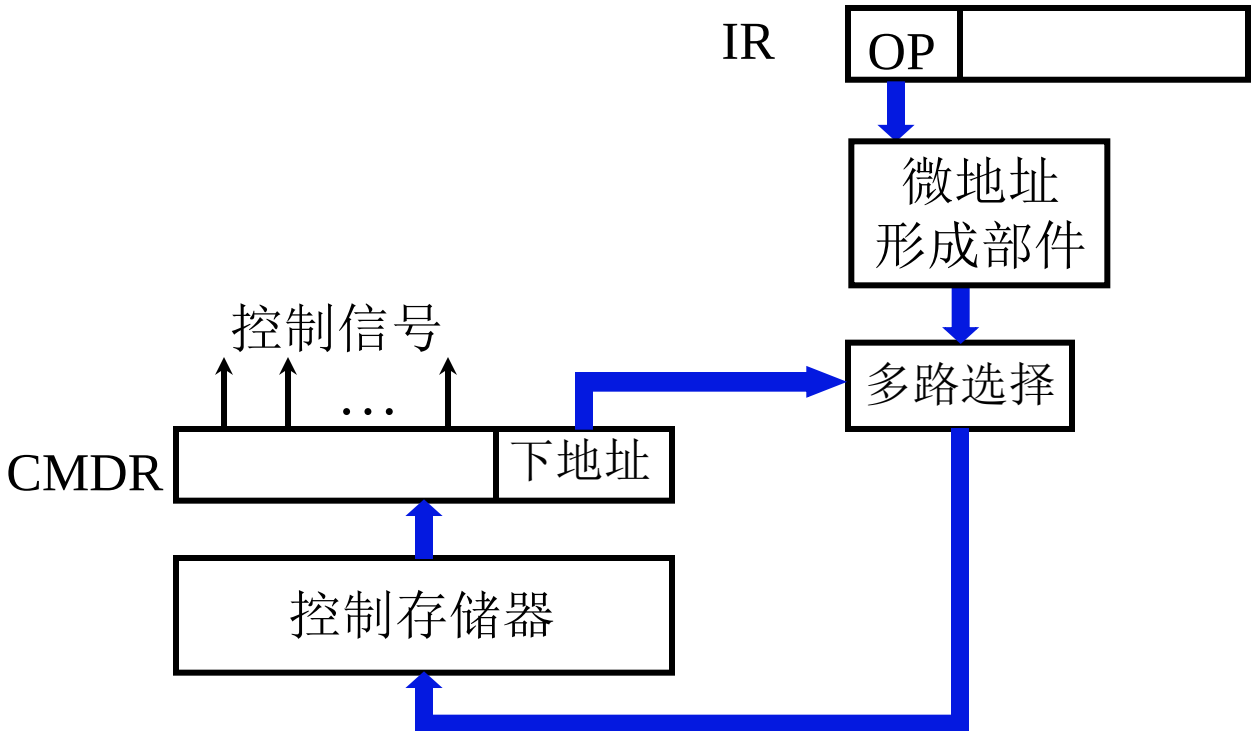
可省去 19 条微指令，2 个微操作

38 − 19 = 19　　20 − 2 = 18

下地址字段最少取 5 位　　操作控制字段最少取 18 位

(5) 省去了 CMAR 的控制存储器

10.2



考虑留有一定的余量

取操作控制字段 18 位→24 位
下地址字段 5 位→ 6 位
} 共 30 位

(6) 定义微指令操作控制字段每一位的微操作

3. 编写微指令码点

10.2

微程序名称	微指令地址(八进制)	微指令（二进制代码）														
		操作控制字段									下地址字段					
		0	1	2	3	4	…	10	…	23	24	25	26	27	28	29
取指	00	1	1								0	0	0	0	0	1
	01			1	1						0	0	0	0	1	0
	02					1					×	×	×	×	×	×
CLA	03										0	0	0	0	0	0
COM	04										0	0	0	0	0	0
ADD	10		1					1			0	0	1	0	0	1
	11			1							0	0	1	0	1	0
	12										0	0	0	0	0	0
LDA	16		1					1			0	0	1	1	1	1
	17			1							0	1	0	0	0	0
	20										0	0	0	0	0	0

$PC \xrightarrow{0} MAR$　　$1 \xrightarrow{1} R$

$M(MAR) \xrightarrow{2} MDR$　　$(PC)+1 \xrightarrow{3} PC$

$MDR \xrightarrow{4} IR$

$Ad(IR) \xrightarrow{10} MAR$