

计算机组成原理

第10章 控制单元的设计

刘宏伟

哈尔滨工业大学

计算机科学与技术学院

第10章 控制单元的设计

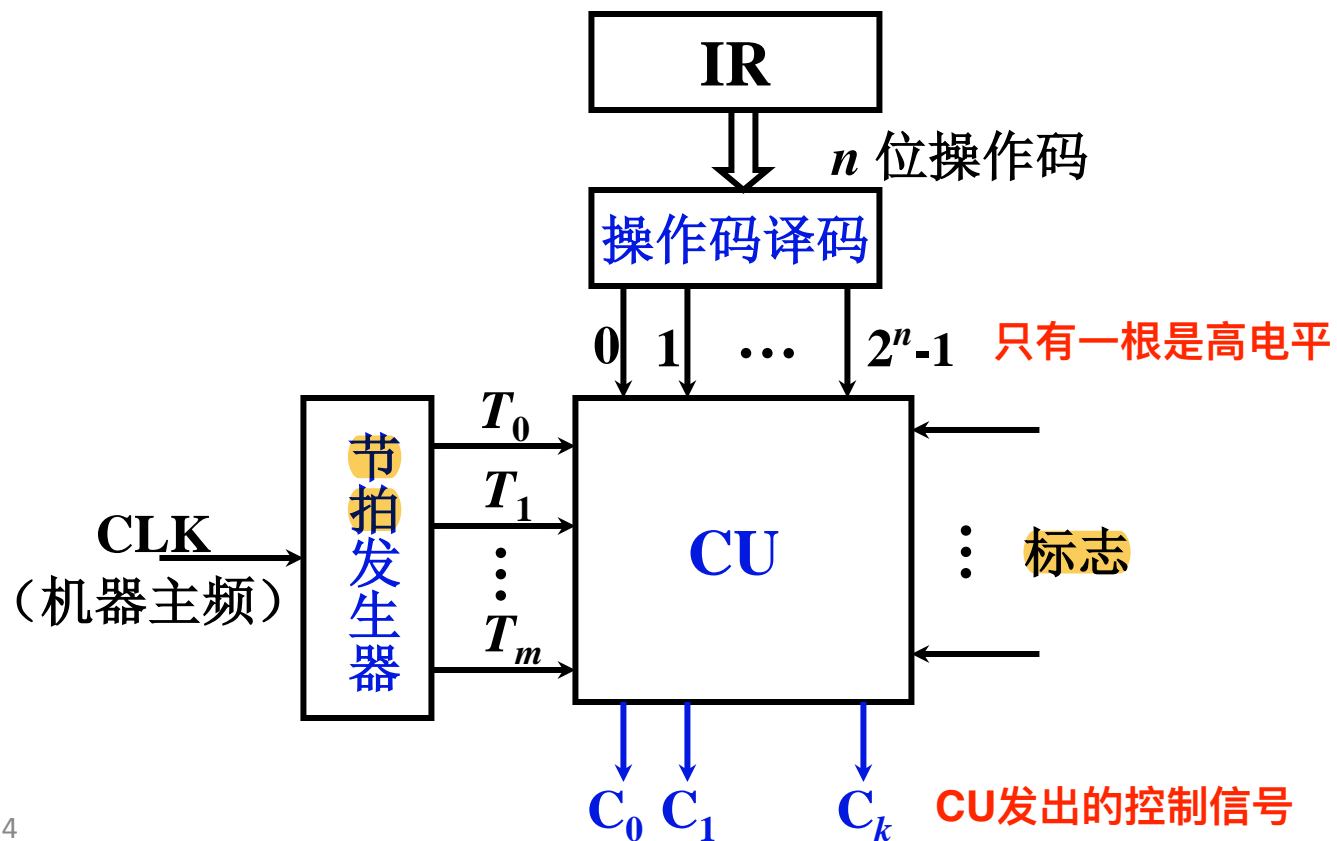
10.1 组合逻辑设计

10.2 微程序设计

10.1 组合逻辑设计

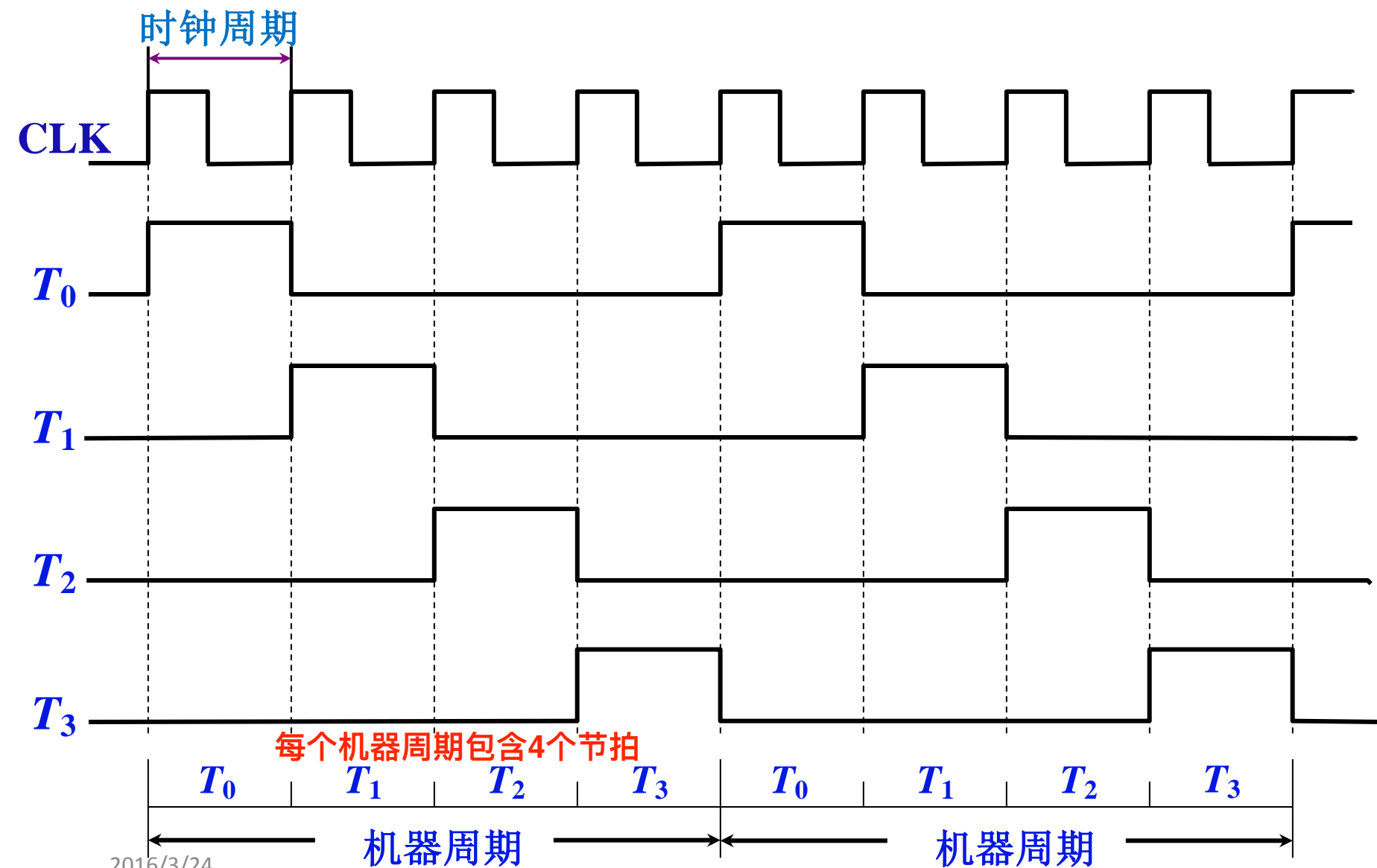
一、组合逻辑控制单元框图

1. CU 外特性



2. 节拍信号

10.1



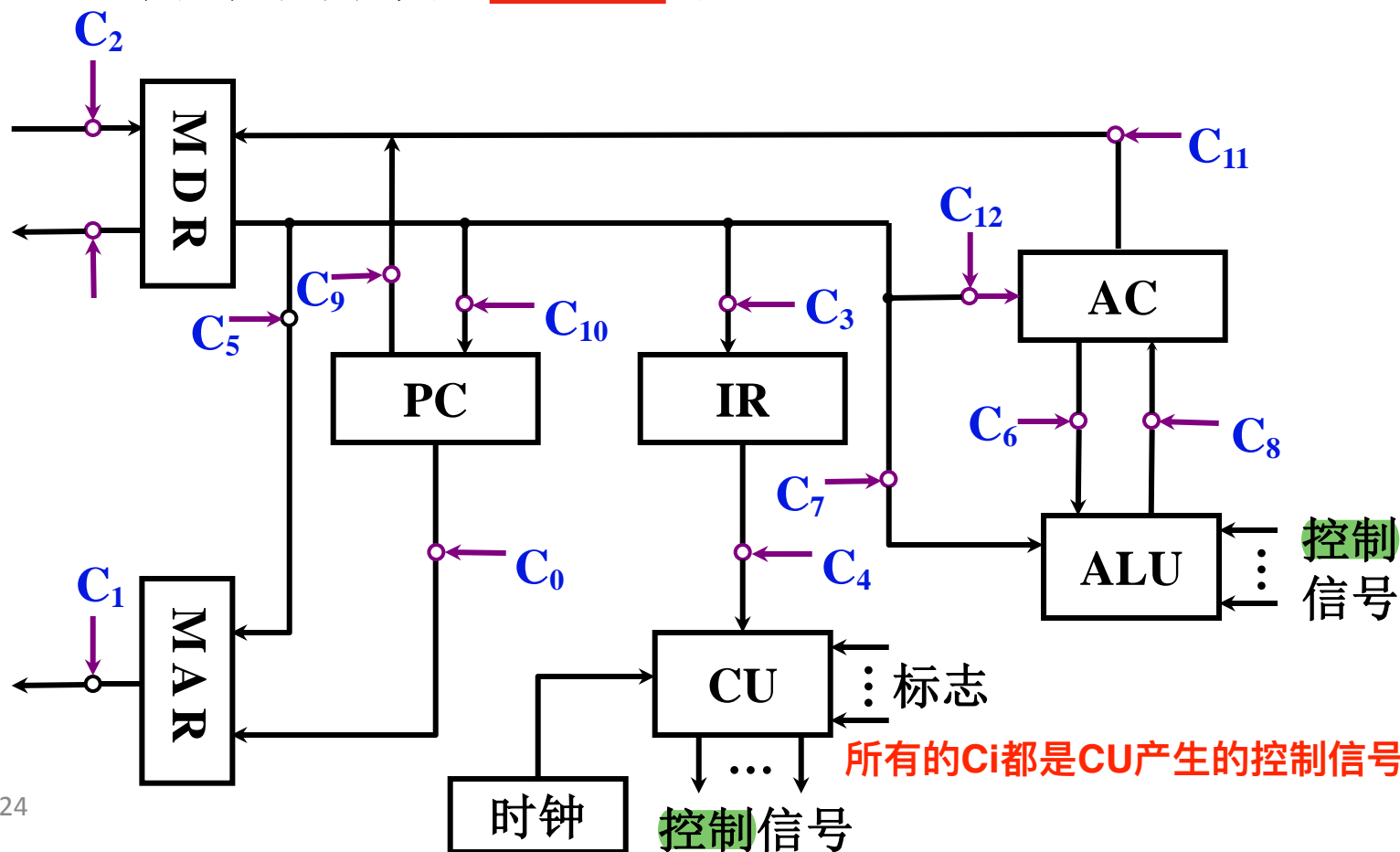
二、微操作的节拍安排

10.1

采用 **同步控制方式** 有一个统一的时钟信号

一个 **机器周期** 内有 **3个节拍**（时钟周期）

CPU 内部结构采用 **非总线方式** 互连



1. 安排微操作时序的原则

10.1

原则一 微操作的 先后顺序不得 随意 更改

原则二 被控对象不同 的微操作 (所有可以并行执行的微操作)

并行性最大化

尽量安排在 一个节拍 内完成

原则三 占用 时间较短 的微操作

尽量 安排在 一个节拍 内完成

并允许有先后顺序

2. 取指周期 微操作的 节拍安排

10.1

T_0 PC \longrightarrow MAR

1 \longrightarrow R

原则二

T_1 M (MAR) \longrightarrow MDR

(PC) + 1 \longrightarrow PC

原则二

T_2 MDR \longrightarrow IR 寄存器到寄存器，时间短（不涉及访存）

OP (IR) \longrightarrow ID

原则三

ID是指令译码器

3. 间址周期 微操作的 节拍安排

T_0 Ad (IR) \longrightarrow MAR

1 \longrightarrow R

T_1 M (MAR) \longrightarrow MDR

T_2 MDR \longrightarrow Ad (IR) 操作数地址保存到IR的地址码部分

4. 执行周期 微操作的 节拍安排

10.1

① CLA
清零ACC

T_0

T_1

T_2

$0 \longrightarrow AC$

② COM
取反, ACC内容按位取反

T_0

T_1

T_2

$\overline{AC} \longrightarrow AC$

③ SHR
右移操作

T_0

T_1

T_2

$L(AC) \longrightarrow R(AC)$

$AC_0 \longrightarrow AC_0$

可以同时做两个操作

10.1

④ CSL

循环左移

T_0

T_1

T_2

$R(AC) \longrightarrow L(AC)$

$AC_0 \longrightarrow AC_n$

⑤ STP

停机

T_0

T_1

T_2

$0 \longrightarrow G$ 停机标记

⑥ ADD X

加法

T_0

$Ad(IR) \longrightarrow MAR$

$1 \longrightarrow R$

T_1

$M(MAR) \longrightarrow MDR$

T_2

$(AC) + (MDR) \longrightarrow AC$

⑦ STA X

存数

T_0

$Ad(IR) \longrightarrow MAR$

$1 \longrightarrow W$

T_1

$AC \longrightarrow MDR$

T_2

$MDR \longrightarrow M(MAR)$

⑧ LDA X

取数

T_0 Ad (IR) \longrightarrow MAR 1 \longrightarrow R

10.1

T_1 M (MAR) \longrightarrow MDR

T_2 MDR \longrightarrow AC

⑨ JMP X

跳转

T_0

T_1

T_2 Ad (IR) \longrightarrow PC

⑩ BAN X

条件跳转/分支

T_0

T_1

结果 ≥ 0 < 0

T_2 $A_0 \cdot \text{Ad (IR)} + \bar{A}_0 \cdot \text{PC} \longrightarrow \text{PC}$ 此处不用PC+1, 在取指部分已经做过了

最高位

5. 中断周期 微操作的 节拍安排

10.1

T_0 $0 \longrightarrow \text{MAR}$ $1 \longrightarrow \text{W}$ 硬件关中断
 保存断点 对地址0单元写

T_1 $\text{PC} \longrightarrow \text{MDR}$
 PC中保存了程序断点

T_2 $\text{MDR} \longrightarrow \text{M}(\text{MAR})$ 向量地址 $\longrightarrow \text{PC}$
 写入程序断点 中断服务程序的入口地址

中断隐指令完成

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作周期标记	节拍	状态条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
FE 取指	T ₀		PC → MAR						
			1 → R						
	T ₁		M(MAR) → MDR						
			(PC) + 1 → PC						
	T ₂		MDR → IR						
			OP(IR) → ID						
		I	1 → IND 进入到间指周期						
		\bar{I}	1 → EX 进入到执行阶段						

间址特征 是否进入间指周期的标志

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作周期标记	节拍	状态条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
IND 间址	T_0		Ad (IR) \rightarrow MAR						
			1 \rightarrow R						
	T_1		M(MAR) \rightarrow MDR						
	T_2		MDR \rightarrow Ad (IR)						
		$\overline{\text{IND}}$	1 \rightarrow EX						

间址周期标志

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作周期标记	节拍	状态条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
EX 执行	T_0		Ad (IR) \rightarrow MAR						
			1 \rightarrow R						
			1 \rightarrow W						
	T_1		M(MAR) \rightarrow MDR						
			AC \rightarrow MDR						
	T_2		(AC)+(MDR) \rightarrow AC						
			MDR \rightarrow M(MAR)						
			MDR \rightarrow AC						
			0 \rightarrow AC						

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作 周期 标记	节拍	状态 条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
FE 取指	T_0		$PC \rightarrow MAR$	1	1	1	1	1	1
			$1 \rightarrow R$	1	1	1	1	1	1
	T_1		$M(MAR) \rightarrow MDR$	1	1	1	1	1	1
			$(PC) + 1 \rightarrow PC$	1	1	1	1	1	1
	T_2		$MDR \rightarrow IR$	1	1	1	1	1	1
			$OP(IR) \rightarrow ID$	1	1	1	1	1	1
		I	$1 \rightarrow IND$			1	1	1	1
		\bar{I}	$1 \rightarrow EX$	1	1	1	1	1	1

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作 周期 标记	节拍	状态 条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
IND 间址	T_0		Ad (IR) \rightarrow MAR			1	1	1	1
			1 \rightarrow R			1	1	1	1
	T_1		M(MAR) \rightarrow MDR			1	1	1	1
	T_2		MDR \rightarrow Ad (IR)			1	1	1	1
		$\overline{\text{IND}}$	1 \rightarrow EX			1	1	1	1

三、组合逻辑设计步骤

10.1

1. 列出操作时间表

工作周期 标记	节拍	状态 条件	微操作命令信号	CLA	COM	ADD	STA	LDA	JMP
EX 执行	T_0		Ad (IR) \rightarrow MAR			1	1	1	
			1 \rightarrow R			1		1	
			1 \rightarrow W				1		
	T_1		M(MAR) \rightarrow MDR			1		1	
			AC \rightarrow MDR				1		
	T_2		(AC)+(MDR) \rightarrow AC			1			
			MDR \rightarrow M(MAR)				1		
			MDR \rightarrow AC					1	
			0 \rightarrow AC	1					

2. 写出微操作命令的最简表达式 10.1

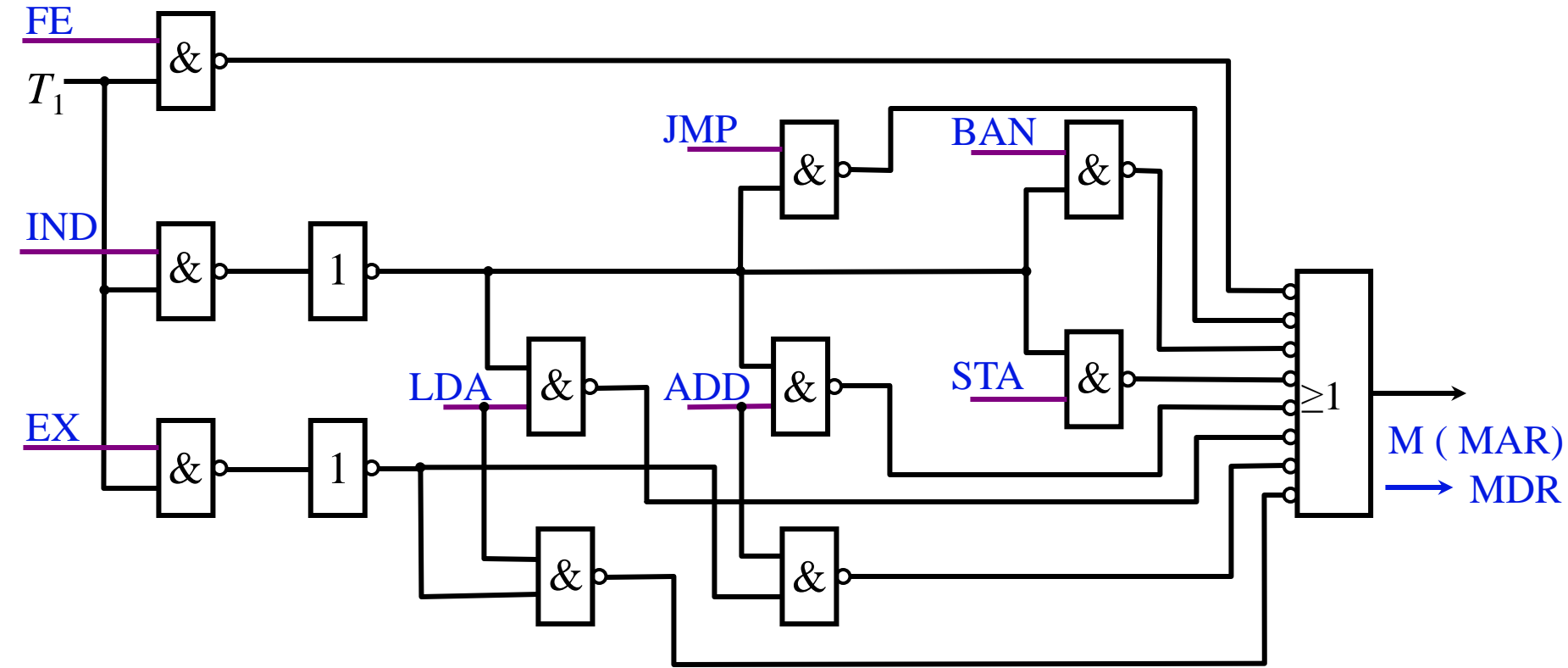
$M(MAR) \longrightarrow MDR$

$$= FE \cdot T_1 + IND \cdot T_1 (ADD + STA + LDA + JMP + BAN) \\ + EX \cdot T_1 (ADD + LDA)$$

$$= T_1 \{ FE + IND (ADD + STA + LDA + JMP + BAN) \\ + EX (ADD + LDA) \}$$

3. 画出逻辑图

10.1



特点

- 思路清晰，简单明了
- 庞杂，调试困难，修改困难
- 速度快 (**RISC**) 硬连方式