



计算机组成原理

第三章 中央处理器

2025-8-22



信息与软件工程学院
School of Information and Software Engineering



主要内容

- 1 模型机的总体设计
- 2 算术逻辑运算部件
- 3 运算方法
- 4 模型机的组合逻辑控制器
- 5 模型机的微程序控制器
- 6 MIPS32架构CPU设计实例



主要内容

- ① 模型机的总体设计
- ② 算术逻辑运算部件
- ③ 运算方法
- ④ 模型机的组合逻辑控制器
- ⑤ 模型机的微程序控制器

- 01. 基本概念及原理
- 02. 微程序控制器组成及工作原理
- 03. 微指令的编码方式
- 04. 微程序的顺序控制方式
- 05. 微指令格式

一、基本概念及基本原理

1、基本概念

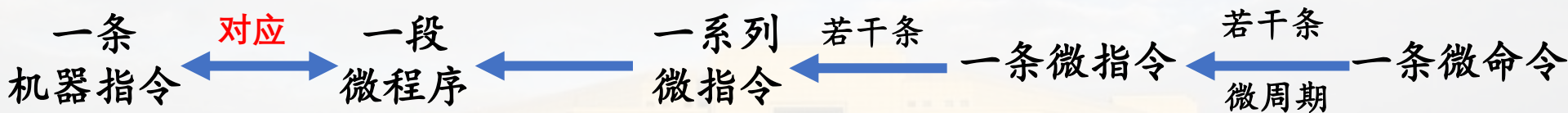
- ①**微命令**：构成**控制信号序列的最小（或最基本）单位**，
又称**微信号**，指那些直接作用于部件或控制门电路的命令。
如：打开或关闭某传送通路的电信命令，或对触发器D端或R/S端进行同步打入、置位等的控制命令。
- ②**微操作**：由**微命令**控制实现的**最基本的操作**称为微操作，
如：开门、关门、选择。
- ③**微周期**：从控制存储器中读取一条微指令并执行相应的一步操作所需的时间，称为一个微周期或微指令周期。
通常**一个时钟周期**为一个微周期。

一、基本概念及基本原理

④微指令：每个微周期的操作所需的微命令组成一条微指令。从控制存储器的组织角度讲，每个单元存放一条微指令。

⑤微程序：一系列微指令的有序集合称为微程序，用来解释执行一条机器指令。

⑥对应关系：



一、基本概念及基本原理

例如: **MOV** ^{目的}(R1), ^源(R0)



一条机器指令

		电平	脉冲
FT	M→IR	EMAR (一条微命令)	
		R (一条微命令)	
		SIR (一条微命令)	
	PC+1→PC	PC→A (一条微命令)	
		A+1 (一条微命令)	
		DM (一条微命令)	CPPC (一条微命令)
		1→ST (一条微命令)	CPST (一条微命令)
ST0	R0→MAR	R0→A/B	
		A/B	
		DM	CPMAR
		T+1	CPT
ST1	M→MDR→C		
.....			

对应

段

微

程

序

2、微程序控制的概念

①将控制器所需的微命令，以**代码**（微码）形式编成微指令，存入一个**ROM**构成的控制存储器中。

……将存储逻辑引入**CPU**。

②将各种机器指令的操作分解为若干**微操作序列**。

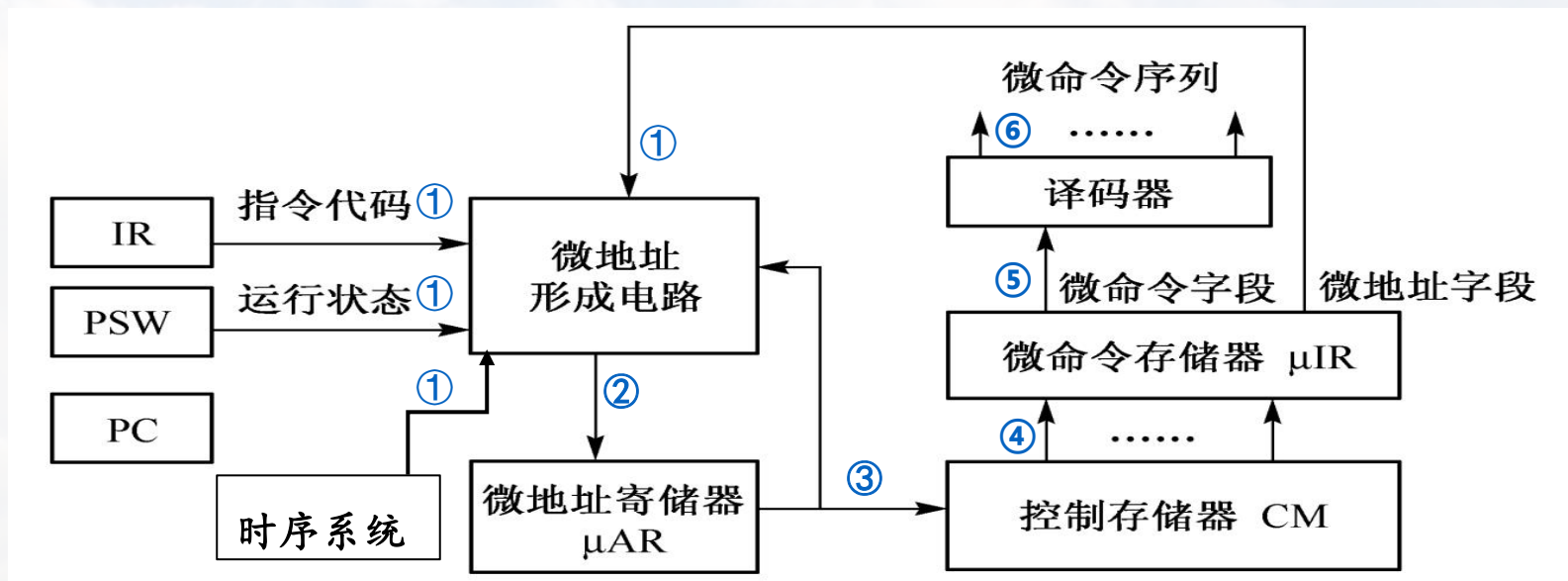
……将程序技术引入**CPU**的构成级。

上面从两个角度阐明了**微程序控制**的基本概念：

微命令的产生方式，微程序与机器指令之间的对应关系。

二、微程序控制的概念

1、微程序控制器的硬件组成及各部分的作用



组成 {

- IR、PSW、PC
- 时序系统
- 控制存储器CM
- 微指令寄存器 μIR 、微地址形成电路、
- 微地址寄存器 μAR 、译码器

①**控制存取器CM**：用来存放微程序，它的每一单元用来存放一条微指令，一段微程序需要几十位。

②**微指令寄存器 μ IR**：从CM读取的微指令，存放于 μ IR中，

μ I分为两部分。

{ **微操作控制字段**：产生微命令的依据（相当于I中的操作码）。

{ **顺序控制字段**：产生后继微地址指令的依据，用以控制微程序的连续执行。

③**微地址形成电路**：根据微程序执行顺序的需要，应有多种后继微指令地址的形成方式。

依据以下几种信息的一部分去形成后继微地址：**顺序控制字段**，**现行微指令地址**，**微程序转移时的微地址**等。

④**微地址寄存器 μAR** ：在从CM中读取 μI 时， μAR 中保存着CM的地址（微地址），指向CM单元（如同PC或堆栈指针）。读出微指令或完成一个微指令周期操作后，微地址形成电路将后继微地址打入 μAR 中，为读取下一条微指令做准备。

2、微程序控制器工作原理

执行指令时，从控制存储器中找到相应的微程序段，逐次取出微指令，送入微指令寄存器，译码后产生所需微命令，控制各步操作的完成。

μI组成 { **微操作控制字段**: 进行某一步操作所需的微命令信息。
顺序控制字段

如何组织与表示这些微命令，就是微指令的编码方式 { **直接控制法（不译法）**
分段直接编译法（显示编码）
分段间接…（隐式…）

三、微指令的编码方式

1、直接控制法（不译法）

微指令中控制字段的每一位就是一个微命令，直接对应于一种微操作。

2、分段直接编译法（显示编码、单重定义）

将微指令分为若干小字段（组），各段独立地通过译码电路定义其编码定义，一种字段编码对应表示一种微命令。

3、分段间接编译法（隐式编码，多重定义）

如果一个字段的含义不仅决定于本字段编码，还兼由其它字段（或位）参与解释，则称为分段间接编译法。

四、微程序的顺序控制方式

要使微程序连续地执行下去，就涉及到后续微地址的形成问题。

顺序控制 { 顺序执行
转移

1、初始微地址的形成

每一种机器指令由一段对应的微程序解释执行，其入口就是初始微地址。

① 取机器指令

在机器指令周期开始时，先从CM特定单元中读取“取机器指令的微程序”，其微命令使CPU访问主存，读取机器指令，送入IR，然后修改PC的内容。

② 功能转移

根据取出机器指令中的操作码，通过微地址形成电路，找到与该机器指令所对应的微程序入口地址，称为功能转移。

功能转移分为 {
一级功能转移
多级功能转移
采用PLA电路实现功能转移

四、微程序的顺序控制方式

2、后继微地址的形成

找到微程序入口后，可以开始执行微程序。每条微指令执行完毕后，都要根据其顺序控制字段的规定形成后继微地址。

后继微地址的形成 { 增量方式
断定方式

1、微指令格式

微程序设计的关键在于如何确定微指令格式，它与CPU的数据通路结构有很密切的关系。

按模型机数据通路结构的需要，将微操作控制字段分为三个部分：

- 基本数据通路控制字段
- 访存控制字段
- 辅助控制字段

2、微指令格式的分类

分为三种 { 垂直型微指令
水平型微指令
混合型微指令

① 垂直型微命令

如果每条微指令只定义并执行一种基本操作，例如使某组代码从某个源部件传送至一个或数个目的部件，则是典型的垂直微指令。

如：- (R) 型中

$ST_0 \quad R_i - 1 \rightarrow R_i, \text{MAR}$

$R_i \rightarrow A/B$

在ALU中A-1

DM

T+1

CPMAR、CPR

CPT

② **水平型微命令**：如果每条微指令定义并执行集中并行的基本操作，例如一次就能让两组以上信息从各自的源部件传送至它们的目的部件，则是典型的水平型微指令。

如：FT中： $M \rightarrow IR: \text{EMAR}, R, \text{SIR},$

同时， $PC+1 \rightarrow PC: PC \rightarrow A$ ，经过ALU中传送，DM, CPPC



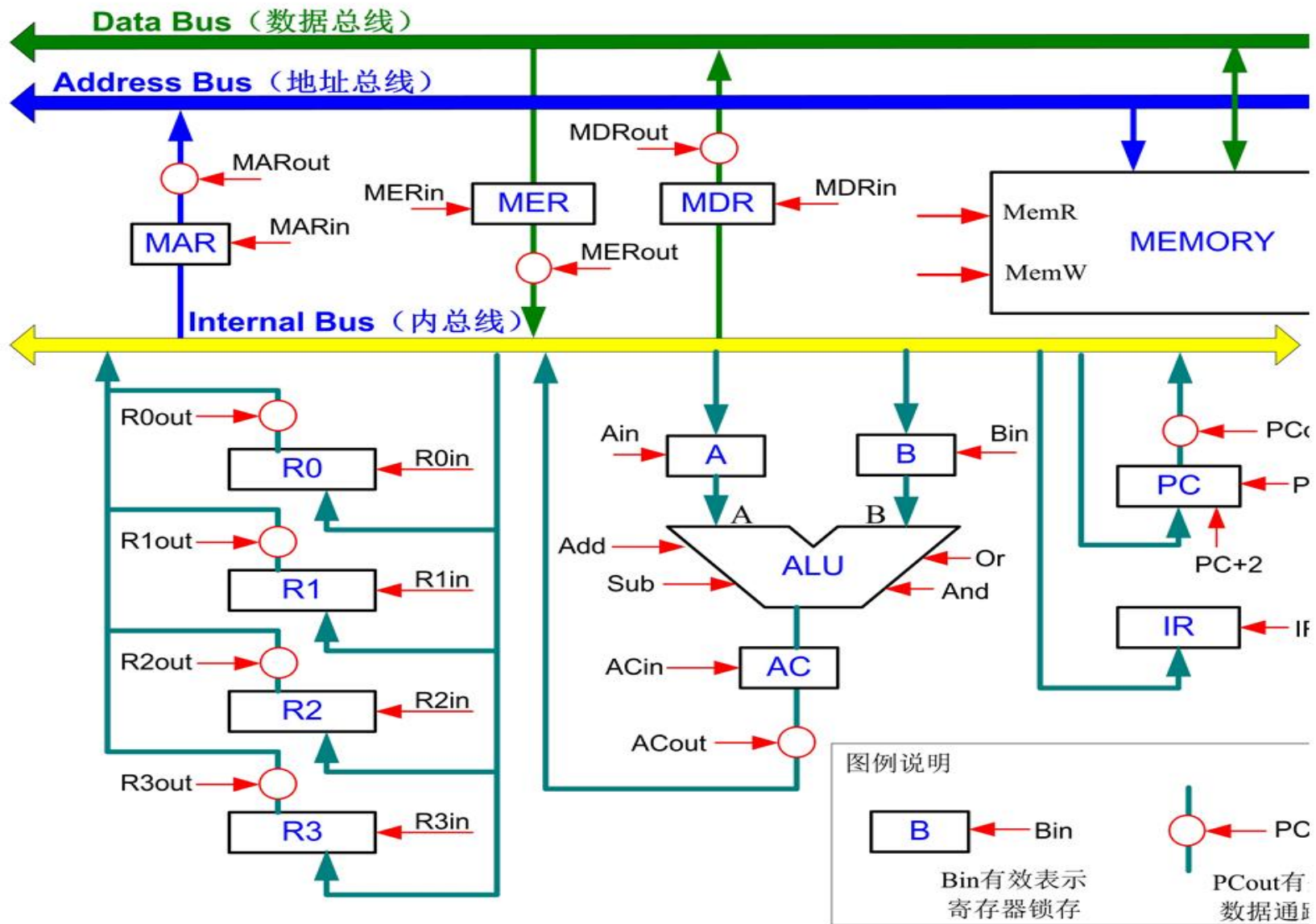
综合应用题（补充MIPS机）

某计算机字长16位，CPU内部包含如下部件：通用寄存器R0、R1、R2、R3，累加器AC，算术逻辑单元ALU及其数据暂存器A和B，程序计数器PC，指令寄存器IR，存储器地址寄存器MAR，存储器读数据缓冲器MER，存储器写数据缓冲器MDR。ALU支持加（A+B）、减（A-B）、与（A∧B）、或（A∨B）4种算术逻辑运算，分别由Add、Sub、And、Or 4个控制信号控制。所有寄存器、数据总线及内总线均为16位。题七图是该CPU内部数据通路图。

加法运算指令 ADD R1, 1000H(R2)。其中源操作数1000H(R2)是基址寻址，目的操作数R1是寄存器直接寻址，指令编码长度32位，指令编码格式如下：
请根据数据通路分析该指令执行过程，把指令执行过程中各时钟周期的微操作及应处于有效状态的控制信号填入下表（参照表中已给出的取指令周期的表示方法）。

Opcode(8)	Ms(2)	Rs(2)	Mt(2)	Rt(2)
Offset(16)				

Opcode: 操作码 Offset: 位移量
Ms: 源操作数寻址方式 Rs: 源寄存器
Mt: 目的操作数寻址方式 Rt: 目的寄存器





	时钟周期	微操作（功能）	控制信号
取指令	T1	指令地址送MAR（PC→MAR）	PCout, MARin
	T2	读指令送MER（M →MER）	MARout, MemR, MERin
	T3	PC调整，指令送IR，译码（PC + 2→PC, MER→IR）	PC+2; MERout, IRin
取位移量	T4		
	T5		
计算有效地址	T6		
读取源操作数	T7		
	T8		
执行指令	T9		
	T10		

第三章 复习提纲

一、CPU的逻辑组成及工作机制

1. CPU的逻辑组成（模型机框图）

- (1) CPU的逻辑组成→模型机框图；
- (2) CPU内每个寄存器的作用；
- (3) 总线的分类及定义；
- (4) 控制器的分类及区别；

2. CPU的指令流程

(1) 指令类型：MOV指令、双操作数算术逻辑运算指令、单操作数算术逻辑运算指令、转移/返回指令、转子指令；

(2) 核心是寻址方式：立即寻址、R、(R)、-(R)、(R)+、@ (R)+、X (R)；

3. 操作时间表的安排（微命令的安排）：

(1) CPU数据通路操作：按照数据的流向分成四段
ALU输入选择→ALU功能选择→移位器功能选择→分配脉冲
(打入到寄存器中的脉冲)；

(2) 与访问主存有关的微命令；

二、基本概念

1. 同步控制，异步控制？有何主要特征？应用场合？
2. 主/从设备，试举例说明。
3. 组合逻辑控制器、微程序控制器的时序系统是如何划分的？
4. 微命令、微操作、微指令、微指令周期、微程序？
5. 微程序控制器的基本思想。
6. 1位全加器的结构及关系表达式。
7. 并行加法器中的串行进位链结构： $C_n = G_n + P_n C_{n-1}$
并行进位链结构： $C_n = G_n + P_n G_{n-1} + \dots + P_n \dots P_1 C_0$



谢谢观看

计算机组成原理

2025-8-22

计算机组成原理--第三章 中央处理器



信息与软件工程学院
School of Information and Software Engineering