

Homework 4

PB22051080 王珏

2024 年 3 月 29 日

目录

1	每一类指令的指令周期	1
1.1	R/I/S/B-type 指令	1
2	多周期设计方案中的功能部件分析	1
2.1	R-type 指令	2
2.2	I-type 指令	2
2.3	S-type 指令	3
2.4	B-type 指令	4
3	FSM 控制器实现方式比较	4
3.1	Moore	5
3.2	Mealy	5
4	水平和垂直微指令的特点	6

1 每一类指令的指令周期

1.1 R/I/S/B-type 指令

[Q]: 每一类指令的指令周期各含多少个时钟周期?

[A]:R-type:4;I-type:5;S-type:4;B-type:3

2 多周期设计方案中的功能部件分析

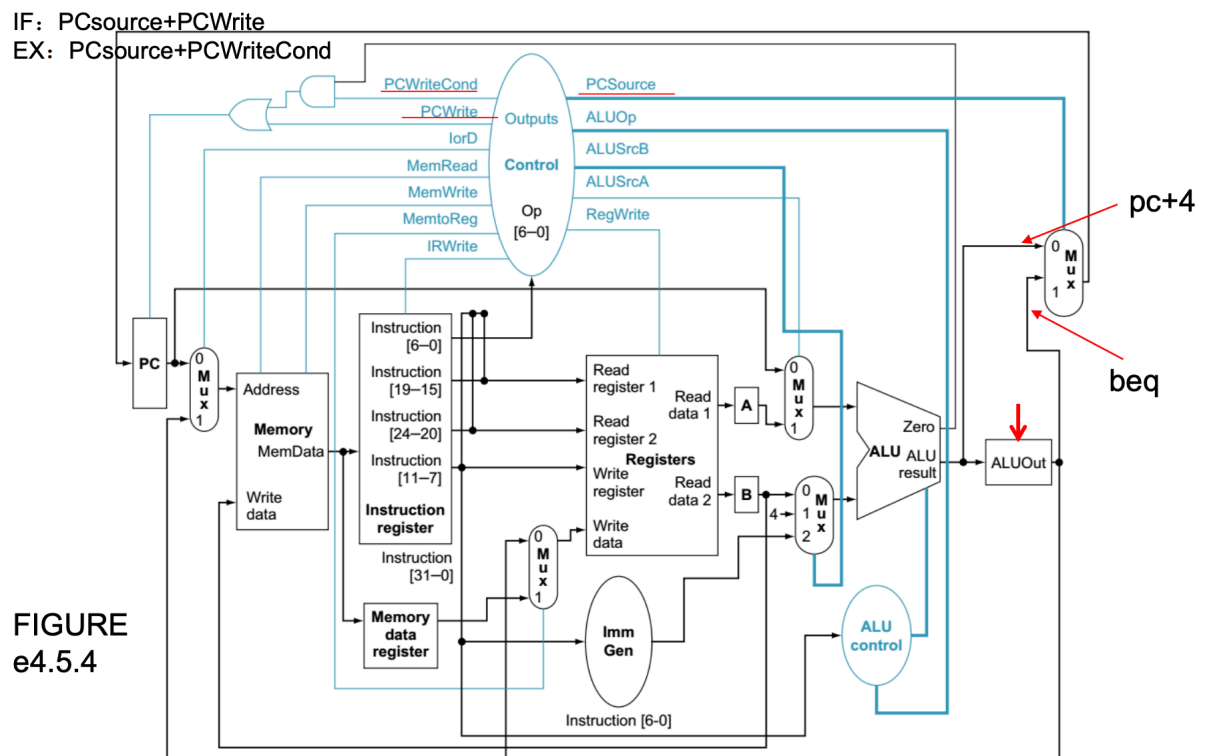


图 1: 多周期处理器

2.1 R-type 指令

分析 R-type 指令的多周期设计方案中每个周期所用到的功能部件。

- **取指周期 (IF):**
 - 指令存储器 (I.Mem)
 - 指令寄存器 (IR)
- **译码周期 (ID):**
 - 控制器 (Controller)
 - 寄存器堆 (RegFile)
- **执行周期 (EX):**
 - 算术逻辑单元 (ALU)
 - 逻辑运算输出 (ALUOut)
- **写回周期 (WB):**
 - 寄存器堆 (RegFile)

2.2 I-type 指令

分析 I-type 指令的多周期设计方案中每个周期所用到的功能部件。

- **取指周期 (IF):**
 - 指令存储器 (I.Mem)
 - 指令寄存器 (IR)
- **译码周期 (ID):**

- 控制器 (Controller)
- 寄存器堆 (RegFile)
- Imm_Gen
- **执行周期 (EX):**
 - 算术逻辑单元 (ALU)
 - 逻辑运算输出 (ALUOut)
- **访存周期 (MEM):**
 - 数据存储器 (D.Mem)
- **写回周期 (WB):**
 - 寄存器堆 (RegFile)

2.3 S-type 指令

分析 S-type 指令的多周期设计方案中每个周期所用到的功能部件。

- **取指周期 (IF):**
 - 指令存储器 (I.Mem)
 - 指令寄存器 (IR)
- **译码周期 (ID):**
 - 控制器 (Controller)
 - 寄存器堆 (RegFile)
- **执行周期 (EX):**
 - 算术逻辑单元 (ALU)

- 逻辑运算输出 (ALUOut)

- **写回周期 (WB):**

- 数据存储器 (D.Mem)

2.4 B-type 指令

分析 B-type 指令的多周期设计方案中每个周期所用到的功能部件。

- **取指周期 (IF):**

- 指令存储器 (I.Mem)
- 指令寄存器 (IR)

- **译码周期 (ID):**

- 控制器 (Controller)
- 寄存器堆 (RegFile)
- Imm_Gen

- **执行周期 (EX):**

- 算术逻辑单元 (ALU)
- 逻辑运算输出 (ALUOut)
- Mux 根据 Zero 选择是否跳转 (Mux)

3 FSM 控制器实现方式比较

比较不同 FSM 控制器实现方式的特点。

3.1 Moore

时序逻辑输出只取决于当前状态的这一类状态机。

此时，其输出表达式为——**输出信号 = G (当前状态)**；

时钟同步的 Moore 状态机结构如下图所示，从图中可以看出其输出逻辑 G 的输出仅由当前状态决定。

3.2 Mealy

时序逻辑输出不但取决于状态，还取决于输入的一类状态机。此时，其状态机输出表达式为 **输出信号 = G (当前状态, 输出信号)**

时钟同步的 Mealy 状态机结构如下图所示，从图中可以看出其输出逻辑 G 的输出由输入和当前状态一同决定。

Moore vs Mealy 状态机：

- Mealy 机比 Moore 机“响应”速度快。
- Mealy 机的输出与当前状态和输入有关，而 Moore 机输出仅与当前状态有关。Mealy 机的输入立即反应在当前周期；Moore 机的输入影响下一状态，通过下一状态影响输出。为此 Mealy 机比 Moore 机输出序列超前一个周期，即“响应速度”较快。
- Mealy 机的输出在当前周期，具有较长的路径（组合逻辑）；Moore 机的输出具有一个周期的延时，容易利用时钟同步，Moore 机具有较好的时序。因为 Mealy 机的输出不与时钟同步，当状态译码比较复杂时，易在输出端产生不可避免的竞争毛刺；而 Moore 机的输出与时钟保持同步，则在一定的程度上可以消除抖动，因此经常使用 Moore 机设计来提高系统的稳定性。
- Mealy 机状态少，Moore 机结构简单。
- 由于 Moore 机的输出只有当前的状态有关，一个状态对应一个输出，Moore 机具有更多的状态。Mealy 和 Moore 机之间可以相互转化，对于每个 Mealy

机，都有一个等价的 Moore 机，Moore 机状态的上限为所对应的 Mealy 机状态的数量和输出数量的乘积。

- 状态机的状态通过触发器的数量来反应，Mealy 机具有较少的状态，为此具有较少的触发器。

4 水平和垂直微指令的特点

- 比较两种微指令格式：
 - 水平型微指令：
 - * 采用长格式，一条微指令能控制数据通路中多个功能部件并行操作。
 - * 并行操作能力强，效率高，灵活性强。
 - * 执行一条机器指令所需的微指令数目少，因此速度比垂直型微指令快。
 - * 用较短的微程序结构换取较长的微指令结构。
 - * 与机器指令差别较大。
 - * 用户难以掌握。
 - 垂直型微指令：
 - * 采用短格式，一条微指令只能控制一两种操作。
 - * 并行操作能力相对较弱，效率相对较低，灵活性较差。
 - * 用较长的微程序结构换取较短的微指令结构。
 - * 与机器指令相似。
 - * 相对容易掌握。

微程序控制器—常用的微指令编码方法

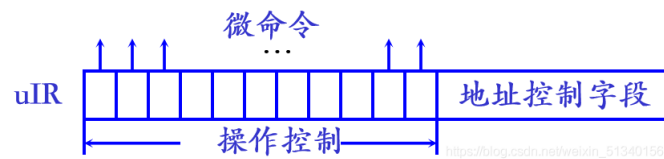


图 2: 直接控制法

- 微指令操作控制字段的每一位都直接表示一个微命令，该位为“1”，表示执行这个微命令。(典型的水平型微指令)
 - 优点：
 - * 结构简单，并行性强，无需译码，速度快。
 - * 具有高度的并行操作能力。
 - 缺点：
 - * 微指令字太长，信息效率低。
 - * 编码效率低，微指令字长很长，对控存容量的需求较大，不经济。
 - 特点：
 - * 直观、硬件实现简单，执行速度快。
 - * 缺乏实用价值。



图 3: 最短编码法

- 将所有微命令进行统一编码，每条微指令只定义一个微命令。若微命令总数为 N ，则最短编码法中操作控制字段的长度 L ，应满足： $L \geq \log_2 N$ 。(典型的垂直型微指令)

— 优点：

- * 使微指令字长大大缩短。

— 缺点：

- * 需译码。
- * 各微命令不能并行，使微程序很长。