

学号: 2453619

# 同济大学实验报告纸

软件工程专业 2024 届 4 班 姓名 薛航哲 第 组 同组人员

课程名称 计算机组成原理实验 实验名称 简单模型机设计实验 实验日期 2025 年 12 月 25 日

## [实验目的]

1. 在掌握部件单元基础上, 构建一台基本模型计算机
2. 调试并理解机器指令和相应的微程序运行过程

## [实验设备]

组成原理实验箱 TD-CMA.

## [实验原理]

### 1. CPU的组成结构及工作原理

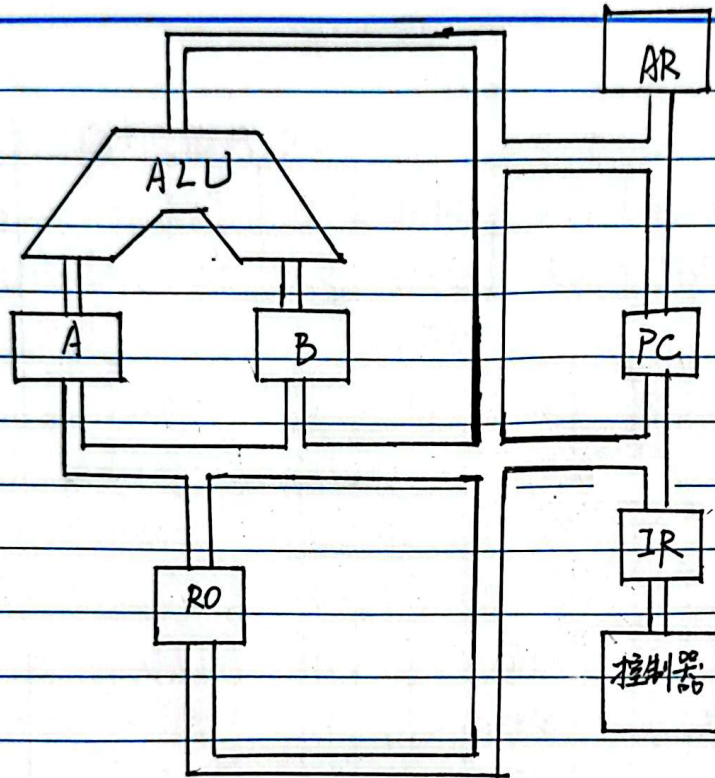
本实验设计的简单模型机是一个基于微程序控制的8位计算机系统。其核心架构采用单总线数据通路结构, 所有功能部件的数据输入与输出都连接在同一组8位宽的内部数据总线上。这种结构虽然简化了硬件连线, 但要求微控制器必须严格控制各部件的三态门, 确保任意时刻总线上只有一个数据输出源, 以避免总线冲突。

本实验的简单模型机的搭建是在对CPU的设计实现的基础上完成的。CPU由运算器(ALU)、微程序控制器(MC)、通用寄存器(R0)、指令寄存器(IR)、程序计数器(PC)和地址寄存器(AR)组成。ALU是系统的运算核心, 其输入端连接寄存器A和寄存器B。PC具有自动加一功能, 用于提供下一条指令的地址。AR用于锁存CPU访问主存的地址信号。IR用于存放当前正在执行的指令, 其高位操作码直接送入微程序控制器进行译码。R0是主要的操作数存储单元, 在简单模型机中用于存放源操作数及运算结果。MC是系统的控制中心, 它根据IR的操作码产生微程序入口地址, 按时钟节拍发出如LDAR、LDPC、ALU、B等控制信号, 协调各部件工作。下图为基本CPU构成原理图。



# 同济大学实验报告纸

专业\_\_\_\_ 届\_\_\_\_ 班\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_ 第\_\_\_\_ 组 同组人员\_\_\_\_  
课程名称\_\_\_\_ 实验名称\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_ 年\_\_\_\_ 月\_\_\_\_ 日



## 2. 机器指令的执行过程

CPU的基本功能是读取并执行指令。CPU完成一条指令的工作流程严格划分为以下3个阶段：取指令。在T<sub>1</sub>周期，MC发出信号将PC内容送入AR，同时PC+1取下一条指令地址；在T<sub>2</sub>周期，存储器根据AR地址读出指令内容，并送入指令寄存器。分析指令，指令存入IR后，MC接收IR的高位操作码，对其进行译码和测试，以确定当前是什么指令，并生成该指令对应的微程序入口地址，决定后续的动作。执行指令：CPU根据具体的微操作序列，通常包含：从主存或I/O读取操作数、对操作数进行算术或逻辑运算、将执行结果写回寄存器、主存或I/O。





# 同济大学实验报告纸

专业 \_\_\_\_\_ 届 \_\_\_\_\_ 班 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 组 同组人员 \_\_\_\_\_

课程名称 \_\_\_\_\_ 实验名称 \_\_\_\_\_ 实验日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

## [实验内容]

### 1. 微指令格式及微代码表

23	22	21	20	19	18-15	14-12	11-9	8-6	5-0		
M23	M22	WR	RD	IO/M	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MA5-MA0		
A字段				B字段				C字段			
14	13	12	选择	11	10	9	选择	8	7	6	选择
0	0	0	NOP	0	0	0	NOP	0	0	0	NOP
0	0	1	LDA	0	0	1	ALU-B	0	0	1	P<1>
0	1	0	LDB	0	1	0	RO-B	0	1	0	保留
0	1	1	LDR0	0	1	1	保留	0	1	1	保留
1	0	0	保留	1	0	0	保留	1	0	0	保留
1	0	1	LDAD	1	0	1	保留	1	0	1	LDPC
1	1	0	LDAR	1	1	0	PC-B	1	1	0	保留
1	1	1	LDJR	1	1	1	保留	1	1	1	保留

根据上述微指令格式, 可设计下面的微代码

地址	十六进制	高五位	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MA5-MA0
00	00 00 01	00000	0000	000	000	000	000001
01	00 6D 43	00000	0000	110	110	101	000011
03	10 70 70	00010	0000	111	000	001	11 0000
04	00 24 05	00000	0000	010	010	000	00 0101
05	04 B2 01	00000	1001	011	001	000	000001
1D	10 51 41	00010	0000	101	000	101	000001
30	00 14 04	00000	0000	001	010	000	000100
32	18 30 01	00011	0000	011	000	000	000001
33	28 04 01	00101	0000	000	010	000	000001
35	00 00 35	00000	0000	000	000	000	110101
3C	00 6D 5D	00000	0000	110	110	101	011101



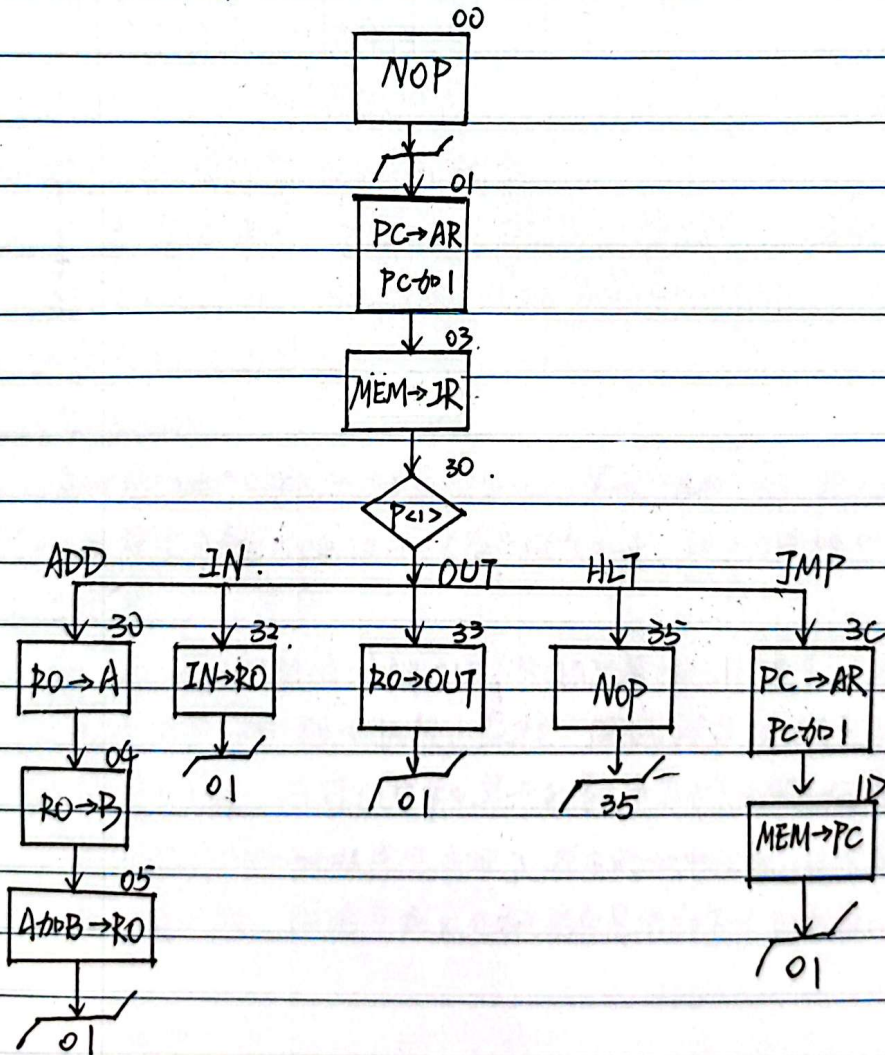
# 同济大学实验报告纸

专业\_\_\_\_ 届\_\_\_\_ 班\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_ 第\_\_\_\_ 组 同组人员\_\_\_\_

课程名称\_\_\_\_ 实验名称\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_ 年\_\_\_\_ 月\_\_\_\_ 日

## 2. 微程序流程图

本次实验共有五条机器指令：ADD(二进制加法)、IN(输入)、OUT(输出)、HLT(停机)、JMP(转移)。流程图如下：



## 3. 实验步骤

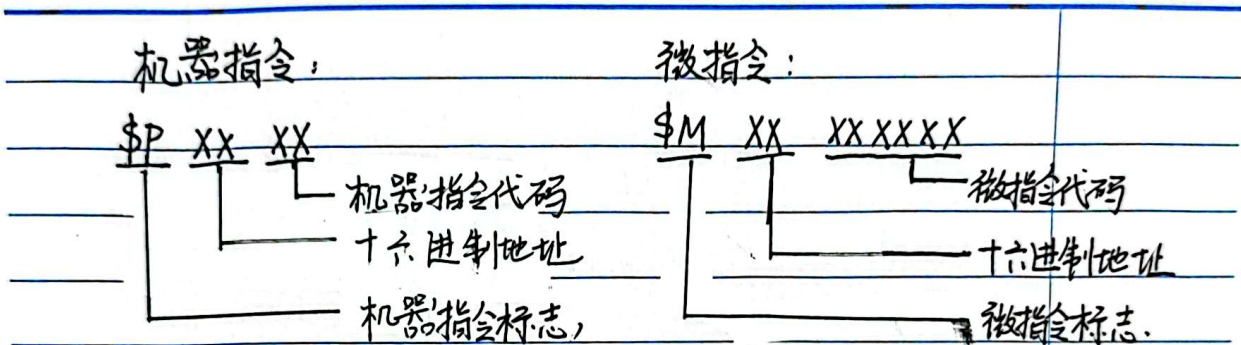
(1) 分析并理解机器指令和微指令，打开电脑中的“CPU与简单模型机设计实验.txt”，在此文件中，微程序和机器指令的格式如下：





# 同济大学实验报告纸

专业\_\_\_\_ 届\_\_\_\_ 班\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_ 第\_\_\_\_ 组 同组人员\_\_\_\_  
课程名称\_\_\_\_ 实验名称\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_ 年\_\_\_\_ 月\_\_\_\_ 日



(2) 根据实验接线图, 连接实验线路。

(3) 联机装载程序: 选择联机软件的[转储]—[装载]功能, 在打开文件对话框中选择上述 .txt 文件, 软件自动将机器程序和微程序写入指定单元。

(4) 联机运行

将时序与操作台单元的开关KK1和KK3置为“运行”档, 进入软件界面, 选择菜单命令“[实验]—[简单模型机]”, 打开简单模型机数据通路图。

按动CON单元的总清按钮CLR, 然后通过软件运行程序, 选择相应的功能命令, 即可联机运行、监控、调试程序, 当模型机执行完JMP指令后, 检查OUT单元显示的数是否为IN单元值的2倍。在数据通路图和微程序流中观测指令的执行过程, 并观测软件中的地址总线, 数据总线以及微指令显示和下位机是否一致。

## 4. 运行过程

一条机器指令被拆成若干条微指令按顺序执行。运行时先走公共取指/译码流程: PC给出指令地址送入AR并更新PC; 主存按AR读出指令字送入IR; 随后微程序控制器对IR的操作码字段进行 $P=1>0$ 测试, 从公共入口转移到对应机器指令的微程序入口, 进入各自执行的分支。



# 同济大学实验报告纸

专业\_\_\_\_ 届\_\_\_\_ 班\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_ 第\_\_\_\_ 组 同组人员\_\_\_\_

课程名称\_\_\_\_ 实验名称\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_ 年\_\_\_\_ 月\_\_\_\_ 日

ADD: 进入加法分支后, 微指令依次完成  $RO \rightarrow A$ ,  $RO \rightarrow B$  锁存两个操作数, 再由 ALU 执行  $A+B \rightarrow RO$  将结果写回 RO, 实现 RO 自加并回写。最终回到取指入口

IN: 进入输入分支后, 微指令控制输入单元把数据送上总线并写入寄存器, 即  $IN \rightarrow RO$ , 实现把外部输入读入 RO

OUT: 进入输出分支, 微指令控制  $RO \rightarrow OUT$ , 即由 RO 作为数据源经总线送往输出单元完成输出

JMP: TMP 为双字节指令, 进入分支后需从主存取出紧跟其后的地址字节, 并经过微指令执行  $MEM \rightarrow PC$ , 从而改变下一条取指位置实现跳转

HLT: 进入停机分支后, 控制流程不再回到取指入口, 从而终止模型机继续取指执行

## [实验小结]

通过本次简单模型机实验, 将前期学习的运算器、存储器、控制器等总线部件有机地结合在一起, 直观理解了计算机执行指令的完整过程。实验过程中, 通过分析各条机器指令对应的微指令序列, 进一步加深了对取指、译码和执行阶段及微程序控制方式的理解。本次实验使我意识到, 机器指令的实现事实上依赖于微操作的合理组织, 对理解计算机硬件工作原理具有重要意义。





# 同济大学实验报告纸

专业\_\_\_\_ 届\_\_\_\_ 班\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_ 第\_\_\_\_ 组 同组人员\_\_\_\_

课程名称\_\_\_\_ 实验名称\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_ 年\_\_\_\_ 月\_\_\_\_ 日

## 实验课程学习心得:

本学期的《计算机组成原理实验》大致经历了从数字逻辑到简单模型机的完整过程。前半段通过门电路特性测试、译码器与数据选择器、触发器和计数器实验,在画真值表、逻辑表达式、波形图和接线图的过程中,把课堂上抽象的逻辑关系落实到具体电路,对组合逻辑和时序逻辑的区别与联系有了更直观的认识,让我意识到电路能跑只是基础,更重要的是设计思路清晰、文档表达完整。后半段在Tb-CM1A实验箱上搭建运算器、存储器 and 简单模型机,通过分析数据在总线、寄存器、ALU和I/O之间的传送,以及机器指令分解为微操作的执行过程,逐渐形成了对处理器数据通路和控制方式的整体认识。整体来看,这门实验课帮助我加深了对计算机组成的认识,增强了我的逻辑分析能力,使我受益匪浅。

