

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 225058 号 林林林冲 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 2024 年 1 月 3 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及其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

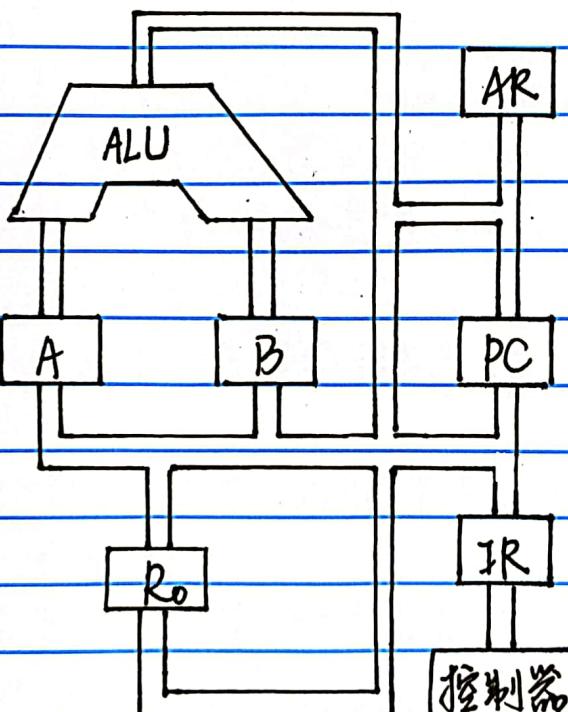


图1 基本CPU构成原理图

(1) CPU的组成：

①运算器 ALU：完成数据计算或处理

·暂存器 A、B

②微程序控制器 MC：控制机器指令的分析和译码

③寄存器：用于暂存数据和指令。

·通用寄存器 R0：用于临时存放中间数据

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026届 1 班 2250758 姓名 林继申 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 2024年 1 月 3 日

- 程序计数器 PC：用于存放下一条指令或数据的地址。
- 地址寄存器 AR：用于存放当前指令或数据的地址。
- 指令寄存器 IR：用于存放当前正在执行的机器指令。

(2) CPU 的基本功能：读取并执行指令。

(3) CPU 要完成的工作：

① 取指令：读主存，装入寄存器（公共）

② 分析指令：指令译码，决定动作（公共）

③ 执行指令：

• 取数据：从主存或 I/O 读取操作数（如有）

• 处理数据：对操作数进行算术或逻辑运算。

• 写数据：将执行结果写到主存或 I/O。

2. 机器指令的执行过程

一条机器指令从取出到执行结束，由一段相应的微指令序列完成。

之前部件实验过程中，各部件单元控制信号基本上都是人为模拟产生的，如：

① 运算器实验中的运算控制信号 S3-S0

② 存储器实验中的读写控制信号 WR、RD、IOM0.

③ 对输入、输出设备的控制 IIR、RD、IOM1

④ 控制器实验中对微程序强制分支的控制信号 P1.

本实验中，各部件单元的控制信号和计算机数据通路的控制都是在微程序控制下自动产生的，实现特定指令的功能。

3. 微指令格式与微代码表

本实验在前一个实验的基础上增加了三个部件，一是 PC

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 2250758 姓名 林九坤 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 2024 年 1 月 3 日

(程序计数器), 另一个 是 AR(地址寄存器), 还有就是 MEM(主存). 因而在微指令中应增加相应的控制位, 其微指令格式如表所示:

y_3	y_2	y_1	y_0	y_9	y_{18-15}	y_{14-12}	y_{11-9}	y_{8-6}	y_{5-0}
$M73$	$M22$	WR	RD	IOM	$S3-S0$	A ₃ 段	B ₃ 段	C ₃ 段	MA5-MA0

A ₃ 段				B ₃ 段				C ₃ 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	UDA	0	0	1	ALU-B	0	0	1	P<1>
0	1	0	UBB	0	1	0	R2-B	0	1	0	保留
0	1	1	UDR0	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	LOAD	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	UDTR	1	1	1	保留	1	1	1	保留

表1 微指令格式

当拟态“取指”微指令时, 该微指令的判别测试字段为 P<1> 测试. 由于“取指”微指令是所有微程序都使用的公用微指令, 因此 P<1> 的测试结果出现多路分支。本机用指令寄存器的高 6 位 (IR7-IR2) 作为测试条件, 出现 5 路分支, 占用 5 个固定微地址单元, 剩下的其它地方就可以一条微指令占用控存一个微地址单元随意填写。

当全部微程序设计完毕后, 应将每条微指令代码化, 下图为微程序流程图, 下表为微程序流程图按微指令格式转化而成的“二进制微代码表”。

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 2750758 学号 林继申 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 2024 年 1 月 3 日

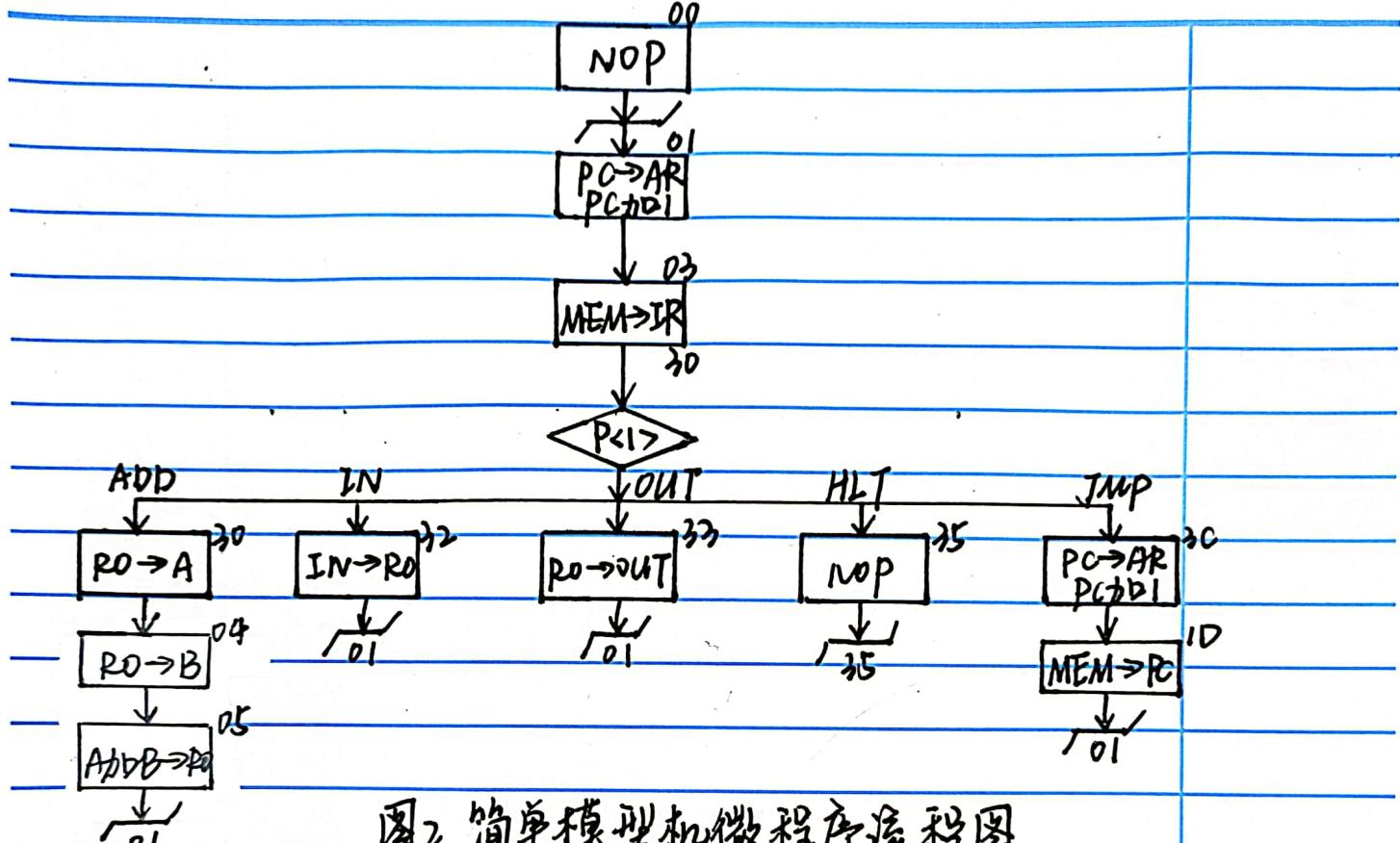


图2 简单模型机微程序流程图

地址	十六进制	高五位	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MAS-MAO
00	00 00 01	00000	0000	000	000	000	000001
01	00 60 43	00000	0000	110	110	101	000011
03	10 70 70	00010	0000	111	000	001	110000
04	00 29 05	00000	0000	010	010	000	000101
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 60 5D	00000	0000	110	110	101	011101

表2 十六进制微代码表

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 220758 姓名 林继申 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 2024 年 1 月 3 日

3. 本实验中五条机器指令

本模型机和前面微程序控制器相比，新增加一条 JMP 跳转指令，共有五条机器指令：IN（输入）、ADD（二进制加法）、OUT（输出）、JMP（无条件转移）、HLT（停机）。其指令格式如下（高4位为操作码）：

助记符	机器指令码	说明
IN	0010 0000	IN → R0
ADD	0000 0000	R0 + R0 → R0
OUT	0011 0000	R0 → OUT
JMP	1110 0000 *****	addr → PC
HLT	0101 0000	停机

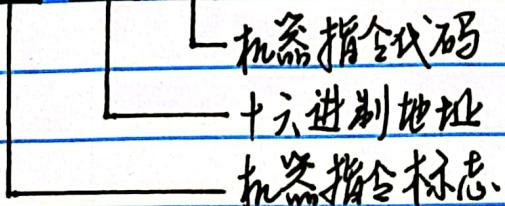
其中 JMP 为双字节指令，其余均为单字节指令，***** 为 addr 对应的二进制地址码，微程序控制器实验的指令是通过手动给出的，现在要求 CPU 自动从存储器读取指令并执行。

4. CPU 与简单模型机实验指令文件

联机软件提供了微程序和机器程序下载功能，以代替手动读写微程序和机器程序。微程序和机器程序的格式如下：

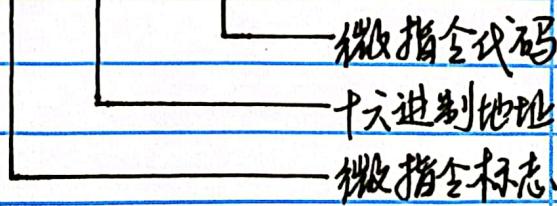
机器指令格式说明：

\$P XX XX



微指令格式说明：

\$M XX XXXXXX



本次实验程序如下（分号后为注释内容）：

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 2250758 姓名 杨继坤 第 1 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 2024 年 1 月 3 日

; // Start of Main Memory Data //

\$P 00 20 ; START: IN R0 从 IN 单元读入数据送 R0
\$P 01 00 ; ADD R0, R0 R0 和自身相加，结果送 R0
\$P 02 30 ; OUT R0 R0 的值送 OUT 单元显示
\$P 03 ED ; JMP START 跳转至 00H 地址
\$P 04 00 ;
\$P 05 50 ; HLT 停机

; // End Of Main Memory Data //

; // Start of MicroController Data //

\$M 00 000001 ; NOP
\$M 01 006043 ; PC → AR, PC 加 1
\$M 03 107070 ; MEM → IR, P<1>
\$M 04 002405 ; R0 → B
\$M 05 04B201 ; A[0]B → R0
\$M 1D 105141 ; MEM → PC
\$M 30 001404 ; R0 → A
\$M 32 183001 ; IN → R0
\$M 33 280401 ; R0 → OUT
\$M 35 000035 ; NOP
\$M 3C 006050 ; PC → AR, PC 加 1

; // End Of MicroController Data //

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面文件，软件自动将机器程序和微程序写入指定单元。选择联机软件的“[转储]-[刷新指令区]”可以读出下位机所有的机器指令和微指令，并在指令区显示。

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 20258 姓名 林继伟 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 2024 年 1 月 3 日

[实验内容]

1. 五条机器指令

① ADD 二进制加法

② IN 输入

③ OUT 输出

④ HLT 停机

⑤ JMP 转移

2. 实验步骤

(1) 分析并理解机器指令和微指令，参考 C:\TangDu\GMA\Sample\CPU与简单模型机设计实验.txt.

(2) 连接实验线路

(3) 手动写入微程序并校验(步驟同控制器实验)

(4) 手动写入程序并校验(五条机器指令)

(5) 联机装载程序

(6) 本机手动运行或联机运行。

方法一：本机运行

将时序与操作台单元的开关 KK1、KK3 置为“运行”档，按动 CON 单元的总清按钮 CLR，将程序计数器 PC、地址寄存器 AR 和微程序地址叫，程序可以从头开始运行，暂存器 A、B、指令寄存器 IR 和 OUT 单元也会被清零。

将时序与操作台单元的开关 KK2 置为“单步”档，每按动一次 ST 按钮，即可单步运行一条微指令，对照微程序流程图，观察微地址显示灯是否和流程一致。每运行完一条微指令，观测一次 CPU 内总线和地址总线，对照数据通路图，分析总线上的数据是否正确。

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 225058 姓名 林继坤 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 2024 年 1 月 3 日

当模型机执行完了 JMP 指令后，检查 OUT 单元显示的数是否为 IN 单元值的 2 倍，按下 CON 单元的总清按钮 CLR，改变 IN 单元的值，再次执行机器程序，从 OUT 单元显示的数辨别程序执行是否正确。

方法二：联机运行

将时序与操作合单元的开关 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，当模型机执行完了 JMP 指令后，检查 OUT 单元显示的数是否为 IN 单元值为 2 倍，在数据通路图和微程序中观测指令的执行过程，并观测软件中地址总线、数据总线以及微指令显示和下位机是否一致。

[实验考核]

问题 1：微地址标号 01 微指令的含义是什么？

微地址标号 01 微指令代表当前指令的结束，也代表下一条指令的开始。

问题 2：本实验中，先将通用寄存器 R0 中的数据存入暂存器 A，再将通用寄存器 R0 中的数据存入暂存器 B。如何先将通用寄存器 R0 中的数据存入暂存器 B，再将通用寄存器 R0 中的数据存入暂存器 A？

要交换“R0 → A”与“R0 → B”两步微指令，有两种方法。方法一为修改装载的程序，使程序先执行将通用寄存器 R0 中的数据存入暂存器 B，再执行将通用

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026届 1 班 2250758 姓名 林行坤 第 组 同组人员

课程名称 计算机组成原理实验 任务名称 简单模型机设计实验 实验日期 2024年 1月 3日

寄存器 R0 中的数据存入暂存器 A 中，方法二为将 MC 单元与 ALU® 单元间 LDA 与 LDB 的线接反，即 MC 单元 LDA 接 ALU® 单元 LDB，MC 单元 LDB 接 ALU® 单元 LDA。

问题 3：译码的目的是什么？

使微程序转入相应的微地址入口，实现微程序的分支。

问题 4：在执行“R0→B”时，程序执行至第几步？

第 8 步，可以从软件窗口右下角“运行 (818)”得知。

第 1 步执行：NOP

第 2 步执行：PC→AR，PC 加 1

第 3 步执行：MEM→IR

第 4 步执行：IN→R0

第 5 步执行：PC→AR，PC 加 1

第 6 步执行：MEM→IR

第 7 步执行：R0→A

第 8 步执行：R0→B

问题 5：在执行“R0→B”时，程序后 8 步执行进哪一分支？

在第 16 步时，程序进入 JMP 指令分支。

第 9 步执行：A 加 B → R0

第 10 步执行：PC→AR，PC 加 1

第 11 步执行：MEM→IR

第 12 步执行：R0→OUT

第 13 步执行：PC→AR，PC 加 1

第 14 步执行：MEM→IR

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 25038 姓名 林利坤 第 组 同组人员 _____
课程名称 计算机组装原理实验 实验名称 简单模型机设计实验 实验日期 2024 年 1 月 3 日

第 15 步执行: PC → AR, PC 加 1

第 16 步执行: MEM → PC

演示操作: 通过软件运行程序, 在数据通路图和微程序流中观测 ADD、IN、OUT、HLT、JMP 五条指令的执行过程, 并观测软件中地址总线、数据总线以及微指令显示和下位机是否一致。

[实验课程总结]

本学期的计算机组装原理实验课程的期末考核顺利结束, 但是对数字逻辑与计算机组成原理相关知识的学习却并未止步。回忆一学期所学知识, 自己不仅深入理解了数字逻辑与计算机组成原理相关知识, 也获得了多方面多层次能力上的提升。

前半学期实验为数字逻辑相关内容, 在门电路逻辑功能及参数测试实验中, 我首次接触到芯片, 为我打开了数字逻辑的大门。随着课程的不断深入, 我学习了译码器、选择器、数码显示器、加法器、触发器、计数器等。在用 74LS74 构成二、四分频电路实验中, 我学习了 74LS74 芯片的工作原理, 使用其构成二、四分频电路; 在构成任意进制计数器实验中, 我了解了 3 种常用的计数器进制构建方法(反馈清零法、反馈置数法和级联法)……每一次实验的成功都让我感到成就感。数字逻辑是构成丰富多彩计算机世界的基石。

本课程中令我印象最为深刻的是数字逻辑设计实验。其是对前半学期的数字逻辑知识的总结与实践。期中实验中, 开始环节让我深入了解到了双 D 触发器对时序电

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 2250758 姓名 林锐坤 第 1 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 2024 年 1 月 3 日

路的控制。通过抢答环节让我们了解到锁存器对信号状态的影响与锁存功能，倒计时环节让我了解了计时器的使用，计分环节让我了解到计数器的使用。通过设计一个多功能四路抢答器，我掌握了数字逻辑电路的综合分析与设计方法。

本学期后半部分是计算机组成原理部分的实验，这与前半学期的数字逻辑知识密切相关。在计算机系统认识实验中，我熟悉 TD-CMA 组成原理实验箱的基本操作，了解了计算机组成的一些基本概念、冯·诺依曼体系以及数字计算机结构和时序发生器的工作原理，在静态随机存储器实验中，我分析了 RD、WR、IOM、IOR (INV-B)、LDAR 这些控制信号的作用，在基本运算器实验中，我分析了 ALU-B、LDA/LDB、S3-S0 等控制信号的作用，在微程序控制器实验中，我理解了微程序控制器的基本任务与自顶向下的相关概念，并分析了微地址标号为 01、05、32 微指令的含义，这些思考加深了我对计算机组成原理知识的理解。

本次简单模型机设计实验是对下半学期计算机组成原理实验部分的大综合，在“简单模型机”窗口中，我观察到了数据通路图，也根据微程序流程图观察到测试指令的执行过程，在答辩的期末考核过程中，依然反映出很多不足之处，如对实验流程与基础知识的掌握仍不够扎实，对底层相关原理的理解仍不够深入。在未来的学习过程中，我要深入理解对数字逻辑和计算机组成原理的相关知识的理解，及时巩固与复习，并在理

同济大学实验报告纸

软件工程 专业 2026 届 1 班 15039 姓名 林锐冲 第 1 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 2024 年 1 月 3 日

论与实践的有机结合中实现知识的融汇贯通。

本课程多方面、多层次、多角度地提升了我的能力，包括数字逻辑电路的综合分析和设计方法、根据功能需求合理地选用数字逻辑器件的能力、电路综合布局及排错的能力、实验创新能力、实验操作能力与书写综合设计性实验报告的能力。

衷心感谢张老师一学期的悉心教导与辛勤付出！您的课程不仅仅是学术知识的传授，更是一场师生间思维的交流。您的认真负责细致，您的每一次实验过程的指导，您对每个知识点的深入讲解，都深刻影响了我。本次课程我收获很大，不仅包含知识面的扩展，更包含能力上的提升。

再次感谢张老师的悉心教导与辛勤付出！