

同济大学实验报告纸

2353814

软件工程 专业 2027 届 1 班 姓名 马小龙 第 1 组 同组人员 _____
课程名称 计算机组成原理实验 实验名称 微程序控制器实验 实验日期 2024 年 11 月 28 日

【实验目的】

1. 掌握微程序控制器的组成和工作原理
2. 理解微指令编写格式
3. 理解微程序运行过程

【实验设备】

组成原理实验箱 TD-CMA

【实验原理】

1. 微程序控制器的组成和基本功能

1) 控制器

控制器是计算机的核心部件，用来实现对计算机各个部件的有效控制，完成计算机程序规定的一系列基本操作。控制器可以通过指令操作码和时序信号，完成取指令和执行指令的过程。早期计算机采用的是组合逻辑控制器，虽然运行速度快但设计复杂，可维护性差，可拓展性差，目前广泛采用的是微程序控制器。

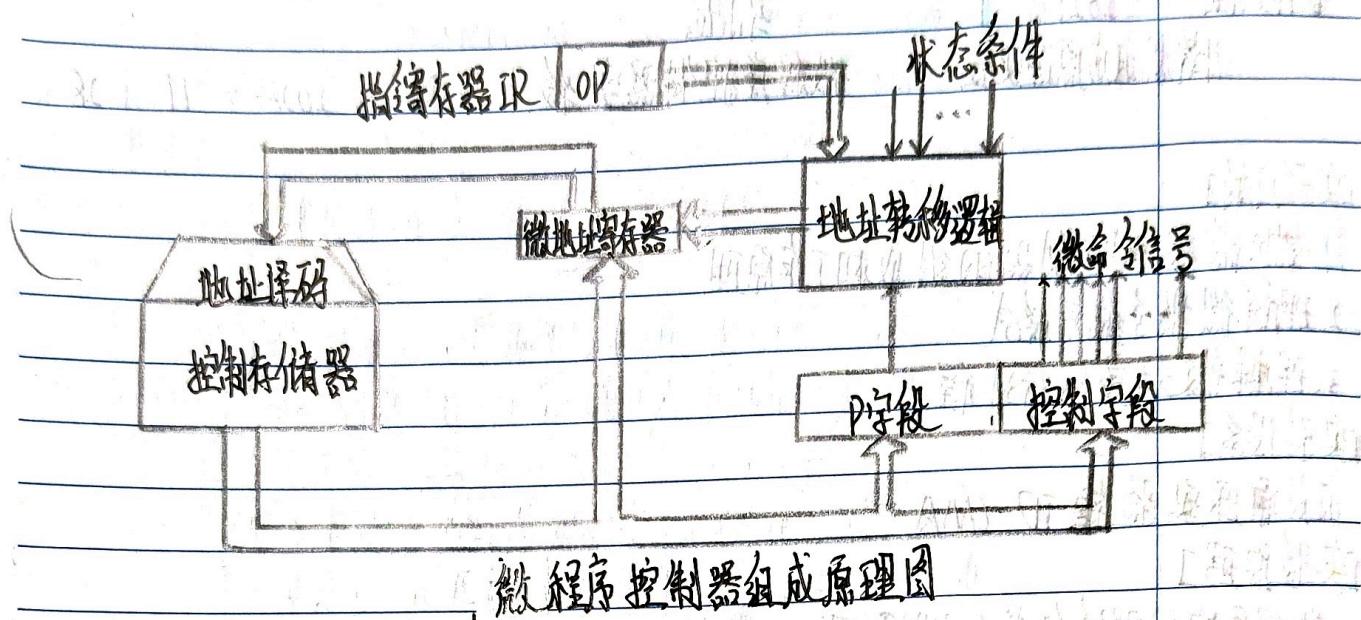
2) 微程序控制器

微程序控制器主要用来完成当前指令的翻译与执行，即将当前指令的功能转化为可以控制硬件逻辑部件工作的微命令序列，完成数据传送、处理和存储操作。

微程序控制器的工作原理是将控制各部件动作的微命令的集合进行编码，将其使用数字代码的方式表示，将这种表示称为微指令；这样，就可以将一个机器指令表示为一个微指令序列，将这种微指令序列称为微程序。微程序存储在一种专用的存储器中，称为控制存储器。当计算机运行时，按照一定顺序读取微程序，从而产生多种操作控制信号，使相应部件执行所规定的操作。

微程序控制器组成主要包括控制存储器、微地址寄存器、地址转移

逻辑等，微程序控制器组成原理如下：



微程序控制器组成原理图

3) 微程序控制器相关概念

① **微命令**：也称微信号，是指直接作用于硬件控制电路的控制信号（命令）。

② **微操作**：由微命令控制而实现的一些基本操作，例如取指令地址，读取指令，取操作数地址，取操作数，基本运算，写回结果等均是微操作。一条微命令对应一条微操作。

③ **微指令**：一个微周期所需的微命令的集合，用二进制编码表示。一条微指令可以实现发出多个控制信号，执行一组微操作。例如，一个典型的加法指令的可执行可分为以下几种操作：取指令，计算地址，取操作数，执行加法计算，返回计算结果等。每一步操作由一条微指令实现。

④ **微周期**：读取一条微指令并完成相应操作所需要的时间通常为一个机器周期；

⑤ **微程序**：若干条微指令的有序序列，每条机器指令对应一段微程序，一条机器指令需要由多个微周期来完成。

4) 微控制器的组成

① **控制存储器 CM**：用于存放微程序，每一个单元存放一条微指令代码，存储单元一般为只读单元。

② **微指寄存器 MIR**：存放由控制存储器读出的一条微指令信息，该信息包括操作控制字段以及判别测试字段。

同济大学实验报告纸

2353814

软件工程 专业 2021 届 1 班 姓名 冯小旭 第 1 组 同组人员 _____
课程名称 《计算机组成原理实验》 实验名称 微程序控制器实验 实验日期 2024 年 11 月 28 日

③微地址寄存器 MDR：用于存放下一条指令的地址

2. 微指令 24 位编写格式

23	22	21	20	19	18-15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5-0
X	X	WR RD	ICM	S3-S0	A	B	C								MA5-MA0

24 位字长微指令编写格式

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 P0
0 1 0 LDB	0 1 0 RO-B	0 1 0 保留
0 1 1 LDRO	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 保留	1 0 1 保留	1 0 1 保留
1 1 0 保留	1 1 0 保留	1 1 0 保留
1 1 1 LDTR	1 1 1 保留	1 1 1 保留

其中，MA5-MA0 为 6 位的后继地址，A、B、C 表示三个译码字段，分别由三个控制位译码出多位。

(字段中的 P0) 为测试字段。

功能是根据机器指令及相应的微代码进行译码，使微程序转入相应的微地址入口，从而实现对指令的识别，并实现微程序的分支。

3. 微程序的地址位移逻辑

在一般情况下，微指令由控制器读出后直接给出下一条指令的地址，即微地址，存放在微地址寄存器中。(T2)

如果微程序不出现分支，那么下一条指令的地址就直接由微地址寄

存器给出。

如果微程序出现分支，意味着微程序出现条件转移，在这种情况下，通过判别测试字段P和执行部件的状态条件信息，去修改微地址寄存器的内容，并按修改后的微地址读下一条指令，从而实现地址转移。(14)

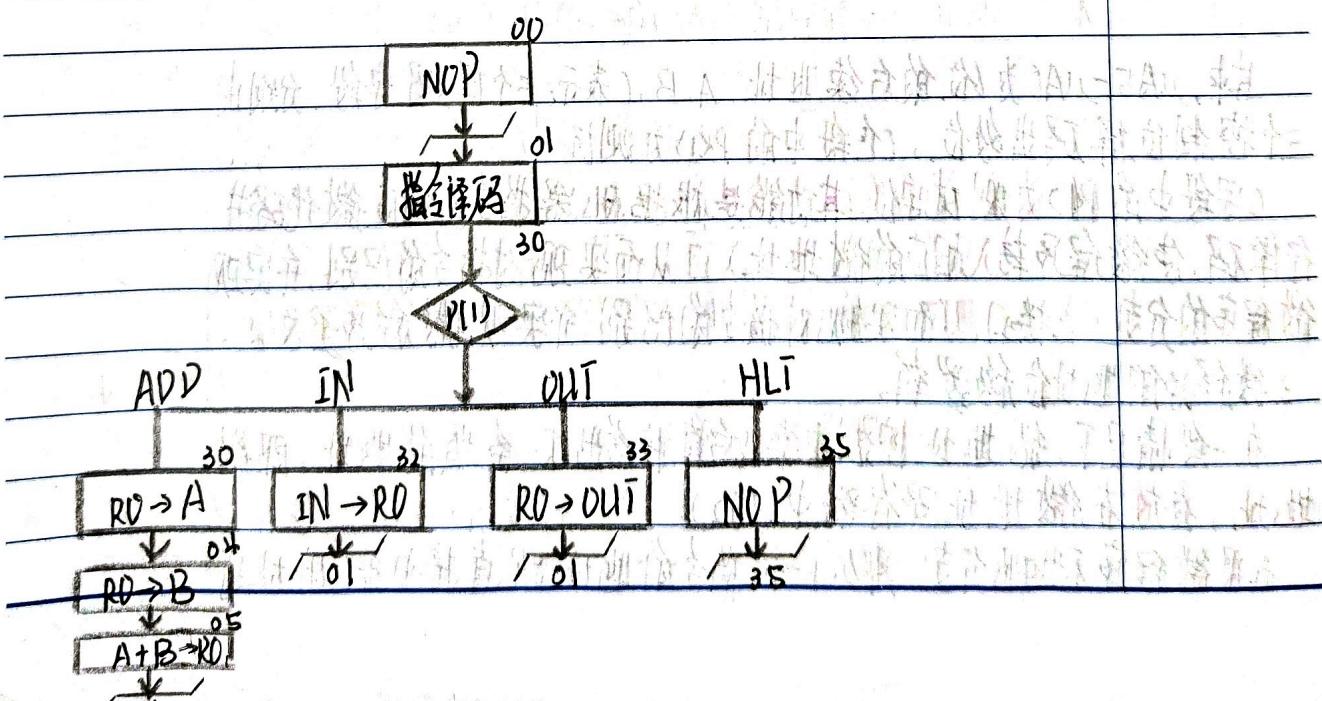
4. 微程序运行流程

本实验安排了4条机器指令，分别为ADD(0000 0000), IN(0010 0000), OUT(0011 0000)和HLT(0101 0000)，指令格式如下：

助记符	机器指令码	说明
IN	0010 0000	IN \rightarrow RD
ADD	0000 0000	RD \rightarrow RD
OUT	0011 0000	RD \rightarrow OUT
HLT	0101 0000	停机

指令格式

几条机器指令对应的参考微程序流程图如图所示。图中一个短形方框表示一条微指令，方框中的内容为该指令的微操作，右上角的数字是该条指令的微地址，右下角的数字是该条指令的后续微地址。所有微地址均用16进制表示。向下的箭头指出了下一条要执行的指令，P(1)为测试字，根据条件使微程序产生分支。



同济大学实验报告纸

2353814

软件工程 专业 2021 届 1 班 姓名 马山远 第 1 组 同组人员

课程名称 普通机组成原理实验 实验名称 微程序控制器实验 实验日期 2024 年 11 月 28 日

将全部微程序按微指令格式变为二进制微代码，可得到二进制代码表。

地址	十六进制	高五位	S8-S0	A字节	B字节	C字节	MAS-MAD
00	00 00 01	00 00 00	0000 000	000	000	000	000000
01	00 70 10	00 00 00	0000 000	111	000	001	110000
04	00 24 05	00 00 00	0000 010	010	000	000	000101
05	04 B2 01	00 00 00	1001 011	001	000	000	000001
30	00 14 04	00 00 00	0000 001	010	000	000	000100
31	18 30 01	00 01 11	0000 011	000	000	000	000001
33	28 04 01	00 10 01	0000 000	010	000	000	000001
35	00 00 35	00 00 00	0000 000	000	000	000	110101

二进制微代码表

【实验内容】

1 实验步骤

①按照实验接线图连线，仔细检查无误后接通电源

②使用联机读写的方式对微控制器进行读写操作

①在联机软件中选择「转储」-「装载」“sample\微程序控制器实验.txt”

②观察软件界面中输出区和左微地址栏信息，确保装载无误。

3) 联机运行

①在实验软件中选择「实验」-「微控制器实验」，打开实验通路图

②将 KK1 调为运行，KK3 调为运行

③按下 C0N 单元 CLR 按钮进行清零工作

④运行软件，按下单节拍按钮，当后续微地址为 000001 时，置 C0N 单元 SD21...SD2D，产生相应的机器指令，仔细观察机器指令执行过程体

会后续微地址被强制置转换过程。

④手动运行(观察后续微地址如何产生)

①将KK1, KK3调为运行

②按下CON单元的CLR按键清零, 将KK2调为单拍, 按下ST开关

③当产生T₂节拍时, 微控制器将后续微地址打入微地址寄存器, 并将当前微指令打入微指令寄存器。

④产生T₃, T₄节拍时, 根据T₂节拍产生的控制信号做出相应的执行动作; 如果测试位有效, 则根据机器指令及当前微地址寄存器中的内容进行译码, 使微程序转入相应的微地址入口, 实现微程序的分支。

⑤手动运行(观察机器指令何时结束)

①按下CON单元CLR清零, 将KK2调为单步。

②使用IN单元置数后, 按下ST开关

③当后续微地址显示为000001时, 在CON单元的SD2]...SD20模块给出IN指令00100000, 该指令将在T₃时被打入指令寄存器(IR)

④当后续微地址再次显示为000001时, 说明当前指令已执行完毕。

⑤继续在CON单元的SD2]...SD20模块给出其他几条指令。

6) 微程序控制器工作过程

①机器周期开始, 执行公共取址操作

②读机器指令, 送入指令寄存器, 同时修改PC (PC+1)

③进行指令译码, 取出操作码产生对应的微程序入口地址, 送入微地址寄存器。

④取出对应的一条微指令, 送入微指令寄存器

⑤微指令操作字段经译码产生的一组微命令, 送往相应的执行部件

⑥在时序控制下完成微操作 (T₂/T₄)

⑦产生后续微地址, 读取下一条微指令, 执行完一组微程序后, 开始新的机器周期。

7) 思考题, 指出微地址标号为01, 05, 32条微指令的含义

①地址标号为01的微指令的含义

同济大学实验报告纸

2353814

软件工程 专业 2021 届 班 姓名 张帆 第 组 同组人员
 课程名称 微机组成原理实验 实验名称 微程序控制器实验 实验日期 2024 年 11 月 28 日

高五位	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MA5-MA0
00000	0000	111	000	001	110000

地址标号为01的微指令格式

该微指令高五位为00000，即WR=0, RD=0, IOM=0，说明此时对内存进行操作，不读取也不写入；S3-S0为0000，说明此时F=A1（直通），A字段为111代表LDIR，将指令打入指令寄存器；B字段为000，无操作；C字段为001，代表测试字位有效，MA5-MA0为110000，代表下一个微地址为30（十六进制）。

该微指令的作用是将机器指令打入IR，并根据该指令及微代码进行相应判断使微程序转入相应的微地址入口。

②地址标号为05的微指令的含义

高五位	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MA5-MA0
00000	1001	011	001	000	000001

地址标号为05的微指令格式

高五位为00000，即WR=0, RD=0, IOM=0，说明此时是对内存的操作，不读取也不写入；S3-S0为1001，此时F=A+B，A字段代表LDRD，B字段001代表ALU-B，C字段为000表明无操作。MA5-MA0为00 0001，代表下一个微地址为01（十六进制）。综上，该条微指令的作用是执行加法操作，加数来自RD，相加后结果从ALU流出并标明下一指令地址为01。

③地址编号为32的微指令的含义

高五位	S3-S0	A字段	B字段	C字段	MA5-MA0
1	00011	0000	011	000	000001

地址标号为32的微指令格式

高五位中，WR=0, RD=1, IUM=1 为高电平，代表此时读 I/O 设备。S3-S0 为 0000，此时 F=A1(直通)，A 字段 011 代表 IDR0，B 字段为 000，无操作，C 字段为 000，无操作，MA5-MAD 代表下一个微地址为 011(十六进制)。

综上，该指令的作用是将 I/O 设备读取的数据打入 R0 寄存器中。

实验小结

在本次微程序控制器实验中，我掌握并理解了微程序控制器的组成与工作原理。控制器是计算机的核心部件，用来实现对计算机各个部件的有效控制，完成计算机程序规定的一系列操作。

同时，我学习了微程序控制器相关的基础知识，包括微命令、微操作、微指令、微周期、微程序等，初步理清了这些概念的相互关系。同时，我学习了微指令 14 位编写格式，从低到高依次为 MA0-MA5, C 字段, B 字段, A 字段, S0-S3, IUM, RD, WR，理解了这些控制信号对于计算机各个部件的控制作用，从而实现一系列微操作。

在具体实验中，依照接线原理图，我成功连接了实验线路，随后使用联机方式装载微指令。之后，我分别输入了 IN, ADD, OUT, HLT 四条指令，通过观察指令执行过程，我逐渐理解了微程序控制器的工作逻辑：当当前为读入指令的微指令时，指令译码器将当前指令译码，随后微指令根据译码结果实现不同的地址跳转逻辑，以实现各种微指令序列，从而实现指令对应的操作。

本次实验加深了我对计算机组成原理知识的掌握，提高了我的实验动手能力。