|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **实验项目** | CPU与简单模型机设计实验 | **实验时间** | 2015年11月7日 |
| **实验目的** | (1) 掌握一个简单CPU 的组成原理。  (2) 在掌握部件单元电路的基础上，进一步将其构造一台基本模型计算机。  (3) 为其定义五条机器指令，编写相应的微程序，并上机调试掌握整机概念。 | | |
| **实验设备** | PC机一台，TD-CMA实验系统一套 | | |
| **实验原理** | 本实验要实现一个简单的 CPU，并且在此CPU 的基础上，继续构建一个简单的模型计算机。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,如图5-1-1 所示。这个CPU 在写入相应的微指令后，就具备了执行机器指令的功能，但是机器指令一般存放在主存当中，CPU 必须和主存挂接后，才有实际的意义，所以还需要在该CPU 的基础上增加一个主存和基本的输入输出部件，以构成一个简单的模型计算机。    图**5-1-1** 基本**CPU** 构成原理图  除了程序计数器（PC），其余部件在前面的实验中都已用到，在此不再讨论。系统的程序计数器（PC）和地址寄存器（AR）集成在一片CPLD 芯片中 。CLR 连接至CON 单元的总清端CLR，按下CLR 按钮，将使PC 清零，LDPC 和T3 相与后作为计数器的计数时钟，当LOAD为低时，计数时钟到来后将CPU 内总线上的数据打入PC。如图5-1-2所示。    图**5-1-2** 程序计数器**(PC)**原理图  本模型机和前面微程序控制器实验相比，新增加一条跳转指令JMP，共有五条指令：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）：    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。根据以上要求，设计数据通路图，如图5-1-3 所示。本实验在前一个实验的基础上增加了三个部件，一是PC（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5-1-1 所示。    图**5-1-3** 数据通路图    表 **5-1-1** 微指令格式  系统涉及到的微程序流程见图5-1-4 所示，当拟定“取指”微指令时，该微指令的判别测试  字段为P<1>测试。指令译码原理见图3-2-3 所示，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，微程序流程图上的单元地址为16 进制。    图**5-1-4** 简单模型机微程序流程图  当全部微程序设计完毕后，应将每条微指令代码化，表5-1-2 即为将图5-1-4 的微程序流程图按微指令格式转化而成的“二进制微代码表”。    表**5-1-2** 二进制微代码表  设计一段机器程序，要求从IN 单元读入一个数据，存于R0，将R0 和自身相加，结果存于  R0，再将R0 的值送OUT 单元显示。  根据要求可以得到如下程序，地址和内容均为二进制数。 | | |
| **实验步骤** | 1. 按图5-1-5 连接实验线路。  2. 写入实验程序，并进行校验，分两种方式，手动写入和联机写入。  1) 手动写入和校验  (1) 手动写入微程序  ① 将时序与操作台单元的开关KK1 置为‘停止’档，KK3 置为‘编程’档，KK4 置为‘控  存’档，KK5 置为‘置数’档。  ② 使用CON 单元的SD05——SD00 给出微地址，IN 单元给出低8 位应写入的数据，连续  两次按动时序与操作台的开关ST，将IN 单元的数据写到该单元的低8 位。  ③ 将时序与操作台单元的开关KK5 置为‘加1’档。  ④ IN 单元给出中8 位应写入的数据，连续两次按动时序与操作台的开关ST，将IN 单元的  数据写到该单元的中8 位。IN 单元给出高8 位应写入的数据，连续两次按动时序与操作台的开  关ST，将IN 单元的数据写到该单元的高8 位。  ⑤ 重复①、②、③、④四步，将表5-1-2 的微代码写入2816 芯片中。  (2) 手动校验微程序  ① 将时序与操作台单元的开关KK1 置为‘停止’档，KK3 置为‘校验’档，KK4 置为‘控  存’档，KK5 置为‘置数’档。  ② 使用CON 单元的SD05——SD00 给出微地址，连续两次按动时序与操作台的开关ST，  MC 单元的指数据指示灯 M7——M0 显示该单元的低8 位。  ③ 将时序与操作台单元的开关KK5 置为‘加1’档。  ④ 连续两次按动时序与操作台的开关ST，MC 单元的指数据指示灯 M15——M8 显示该单  元的中8 位，MC 单元的指数据指示灯 M23——M16 显示该单元的高8 位。  ⑤ 重复①、②、③、④四步，完成对微代码的校验。如果校验出微代码写入错误，重新写  入、校验，直至确认微指令的输入无误为止。  (3) 手动写入机器程序  ① 将时序与操作台单元的开关KK1 置为‘停止’档，KK3 置为‘编程’档，KK4 置为‘主  存’档，KK5 置为‘置数’档。  ② 使用CON 单元的SD07——SD00 给出地址，IN 单元给出该单元应写入的数据，连续两  次按动时序与操作台的开关ST，将IN 单元的数据写到该存储器单元。  ③ 将时序与操作台单元的开关KK5 置为‘加1’档。  ④ IN 单元给出下一地址（地址自动加1）应写入的数据，连续两次按动时序与操作台的开  关ST，将IN 单元的数据写到该单元中。然后地址会又自加1，只需在IN 单元输入后续地址的  数据，连续两次按动时序与操作台的开关ST，即可完成对该单元的写入。  ⑤ 亦可重复①、②两步，将所有机器指令写入主存芯片中。  (4) 手动校验机器程序  ①将时序与操作台单元的开关KK1 置为‘停止’档，KK3 置为‘校验’档，KK4 置为‘主  存’档，KK5 置为‘置数’档。  ② 使用CON 单元的SD07——SD00 给出地址，连续两次按动时序与操作台的开关ST，CPU  内总线的指数据指示灯 D7——D0 显示该单元的数据。  ③ 将时序与操作台单元的开关KK5 置为‘加1’档。  ④ 连续两次按动时序与操作台的开关ST，地址自动加1，CPU 内总线的指数据指示灯 D7  ——D0 显示该单元的数据。此后每两次按动时序与操作台的开关ST，地址自动加1，CPU 内  总线的指数据指示灯 D7——D0 显示该单元的数据，继续进行该操作，直至完成校验，如发现  错误，则返回写入，然后校验，直至确认输入的所有指令准确无误。  ⑤ 亦可重复①、②两步，完成对指令码的校验。如果校验出指令码写入错误，重新写入、  校验，直至确认指令码的输入无误为止。  2) 联机写入和校验  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，但是微  程序和机器程序得以指定的格式写入到以TXT 为后缀的文件中，微程序和机器程序的格式如下：    本次实验程序如下，程序中分号‘；’为注释符，分号后面的内容在下载时将被忽略掉：      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所保存的文件，  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，对照文件检查微程序和机器程序是否正确，如果不正确，则说明写入操作失  败，应重新写入，可以通过联机软件单独修改某个单元的指令，以修改微指令为例，先用鼠标  左键单击指令区的‘微存’TAB 按钮，然后再单击需修改单元的数据，此时该单元变为编辑框，  输入6 位数据并回车，编辑框消失，并以红色显示写入的数据。  3. 运行程序  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，  将使程序计数器PC、地址寄存器AR 和微程序地址为00H，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。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，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 单元显示的数判别程序执行是否正确。  方法二：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，并观测软件中地址总线、数据总线以及微指令显示和下位机是否一致。    图**5-1-5** 实验接线图 | | |
| **实验结果** | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 输入数据 | 助记符 | 机器指令代码 | 结果 | 备注 | | 00010001 | IN | 00100000 | R0=11 | 从IN单元读入数据到R0中 | |  | ADD | 00000000 | R0=22 | R0和自身相加结果送到R0中 | |  | OUT | 00110000 | OUT=22 | 把R0的数据传送到OUT单元显示 | |  | JMP | 11100000 |  | 跳转到00H地址 | |  | HLT | 01010000 |  | 停机操作 |   实验结果如图所示： | | |
| **结果分析** | 在IN单元中输入数据00010001，使用CON 单元的SD27——SD20 给出指令IN、ADD、OUT、TMP、HLT的数据00100000、00000000、00110000、11100000、01010000，连续按动时序与操作台的开关ST，观察电脑中的数据通路图记录数据。  （1）当CON单元输入指令代码00100000时，数据通路图中IN中的数据传送到R0中，R0中显示R0=11，实现了从IN单元读入数据传送到R0中过程。  （2）当CON单元输入指令代码00000000时，数据通路图中A=11、B=11通过ALU运算器实现自加后把结果传送给R0，R0中显示R0=22，实现了R0和自身相加结果送到R0中的过程。  （3）当CON单元输入指令代码00110000时，数据通路图中把R0的数据传送到OUT中，OUT显示OUT=22，实现了把R0的数据传送到OUT单元显示。  （4）当CON单元输入指令代码11100000时，数据通路图强制跳转地址到00H。  （5）当CON单元输入指令代码01010000时，实现停机操作。 | | |
| **实验心得** | 本次试验和上次实验相比较仅仅多了一条转移地址指令，其他指令均和上次相同。虽然这次试验有上一次的基础做的比较顺手，但在最终调试过程中依然遇到了问题,浪费了很长时间，导致自己的成绩并不太好。下次一定会再接再厉。 | | |