桂林航天工业学院学生实验报告

实验五

课程名称	计算机组成与结构	实验名称		计算机组成与机器指令周期（4 学时）	
开课教学单位及实验室		计算机科学与工程学院		实验日期	2024.11.26
学生姓名	廉振威	学号	2023070030615	专业班级	23 软件工程 6 班
指导教师		张亚红		实验成绩	
实验目的		1）通过总线将微程序控制器同运算器、存储器等连接起来，组成一台计算机 2）使用微程序控制器控制模型机数据通路，运行由 4 条机器指令组成的简单程序 3）理解微指令与机器指令的关系，理解计算机的指令周期			
实验要求		1） 做好预习，复习微指令的格式和微指令控制器中各部件发挥的作用，了解实验中用到的器件和使用方法 2） 按步骤完成实验，独立分析，按要求作好记录 3） 完成实验报告			

一、实验电路

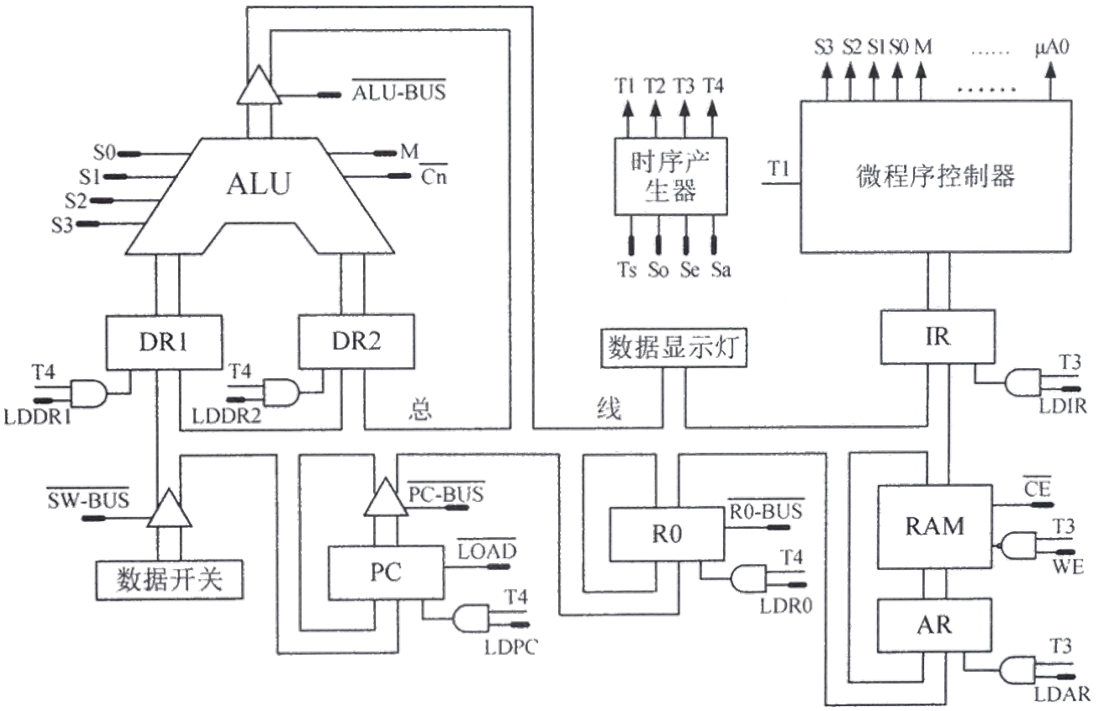
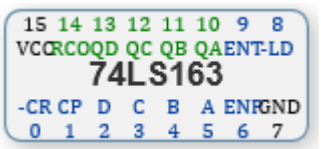
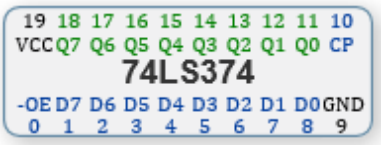


图 1 整机原理图

二、实验电路

本实验将前面几个实验中的所有电路，包括运算器、存储器、通用寄存器堆、微程序控制器等模块组合在一起，构成一台简单的模型机。因此，在基本实验中，这是最复杂的一个实验。

在前面的实验中，实验者本身做为“控制器“，完成了对数据通路的控制。而在本次实验中，数据通路的控制器将交由微程序控制器来完成。TEC-5G 从内存中取出一条机器指令到执行指令结束的一个指令周期，是由微程序来完成的，即一条机器指令对应一段微程序。

74LS163	4 位二进制计数器	
74LS374	8 位正沿触发器存储器	
NOTgate	非门	

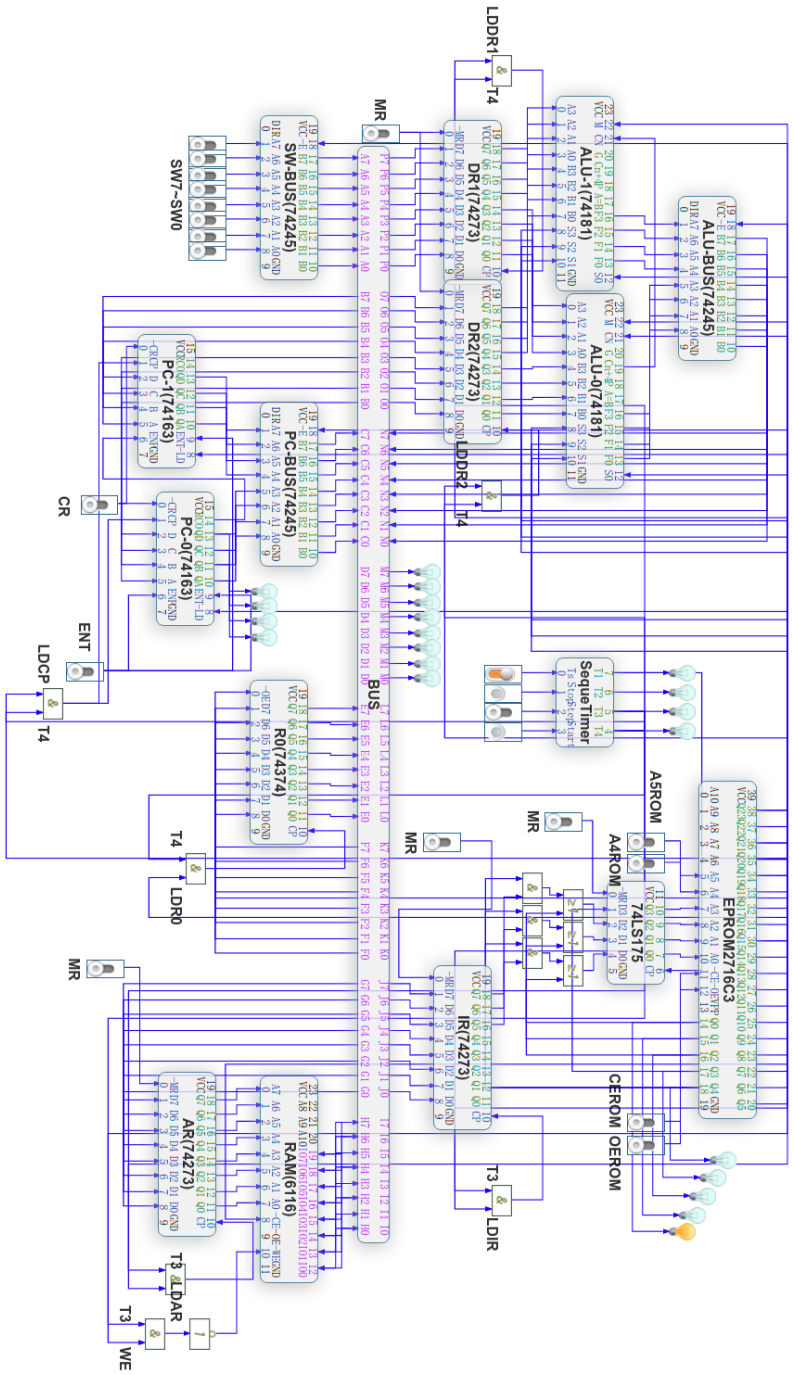


图 2　实验电路图

三、实验设备

1. TEC-5G 计算机组成实验系统 1 台
2. 逻辑测试笔一支（在实验台上）
3. 双踪示波器一台（公用）
4. 万用表一只（公用）

四、实验任务

整体结构延续了数据通路的架构，不同之处主要有以下几点：

1、以微程序控制器替代原有的手动开关，控制信号由 ROM 发出，结合时序产生器，控制数据通路

2、增加了如下几个计算机组成中不可或缺的部件：

3、程序计数器 PC 用于指令寻址，同时，也作为本实验的数据寻址，用 2 片 74163（4 位计数器）串接起来；

4、通用寄存器 R0，在本实验中用作隐含操作数，由一片 74374 构成，该器件本身具有输出使能端，不需额外配备三态门 742

5、指令寄存器 IR，在微程序控制器实验中，使用了开关表示 IR，本实验使用一片 8 位锁存器 74273 构成

6、以上部件均与总线相连

实验中用到四条机器指令，IN（输入），ADD（加法），STO（存数），JMP（转移），操作码分别为 000， 001, 010, 011，需要注意的是，IN 命令不需要操作数，长度为 8 位，其他 3 条指令均有一个操作数，因此本实验采用了变长指令格式，具体指令格式如下表所示：

表 1 指令格式

指令	机器码	长度	功能
IN	00000000	8 位	SW->R0
ADD D	00100000 D	16 位	R0+(D)-> R0
STO D	01000000 D	16 位	R0->(D)
JMP D	01100000 D	16 位	D->PC

待执行的指令事先存储在 RAM 中，若干条指令构成一段计算机程序，RAM 的内容如下：

表 2 RAM 中的程序和数据

地址（八进制）	内容	含义
00	00000000	IN
01	00100000	ADD
02	00001000	$D=(10)_8$
03	01000000	STO
04	00001001	$D=(11)_8$
05	01100000	JMP
06	00000000	$D=(00)_8$
07	00000000	暂未使用
10	00001011	$(D)=(13)_8$
11	00000000	$(D)=(00)_8$

微指令流程图如下所示，每个流程对应的微指令地址在方框右上方：

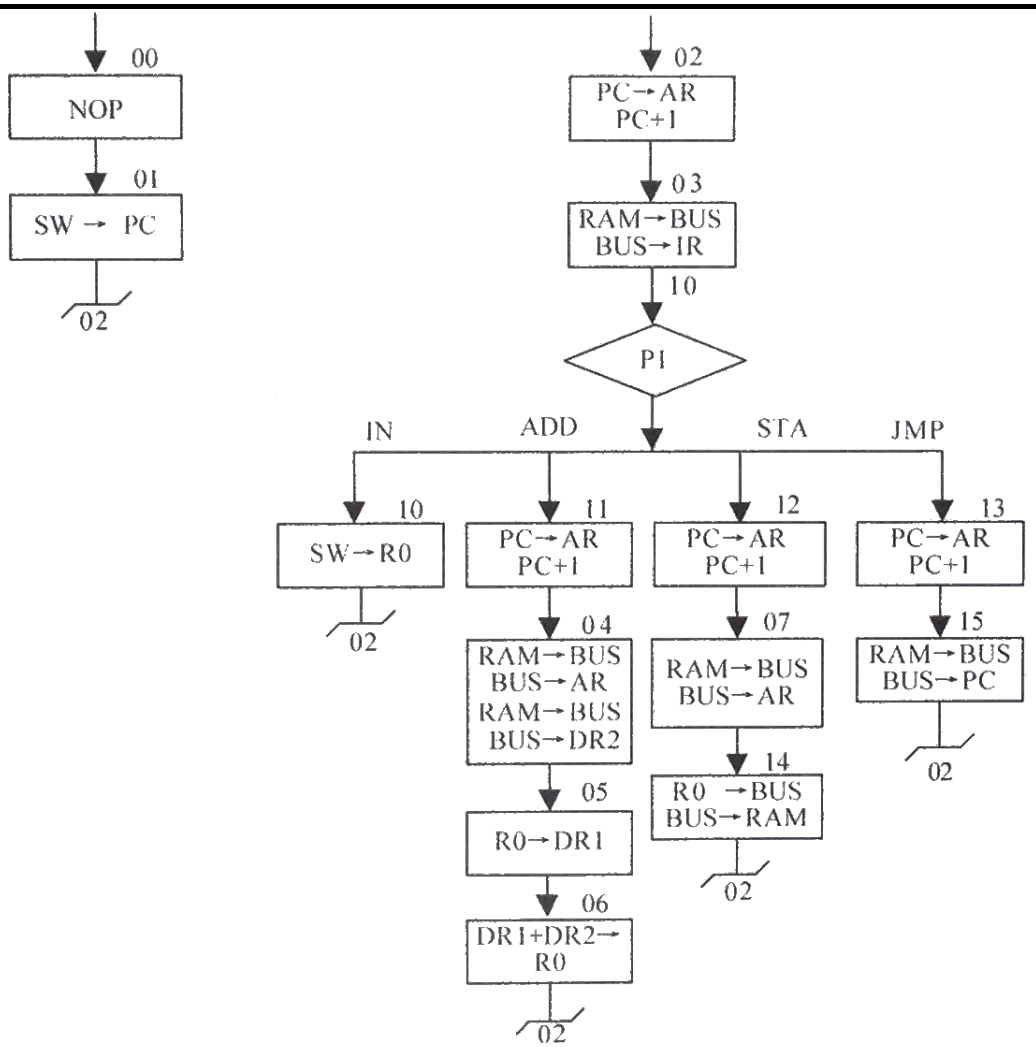


图 3 微程序流程图

其中，3 条指令的数据寻址在执行周期完成，完成执行周期后都返回到取指周期，除 JMP 命令外，下一条指令的地址均由上一个指令周期取址阶段经过 PC+1 给出，即顺序执行，而 JMP 命令修改了 PC 的值，因而能实现程序的跳转。

对应的微指令代码存放在控制存储器中，如下表所示，此处，微地址采用 8 进制表示：

表 3 微程序二进制代码表

	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
地址	S3	S2	S1	S0	M	-Cn	-CE	WE	-LOAD	LDR0	LDDR1	LDDR2	LDIR	LDPC	LDAR	-ALU-B	-PC-B	-SW-B	-R0-B	P(1)	uA3	uA2	uA1	uA0
00	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
01	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1

02																							
03	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
04	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
05	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
06	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
07	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
10	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
13	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
14	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0

五、实验步骤与结果

（此处填写实验步骤描述、验证的规律与运行结果截图）

整体过程：

单步执行微指令，观察程序、指令执行与微程序、微指令执行的关系

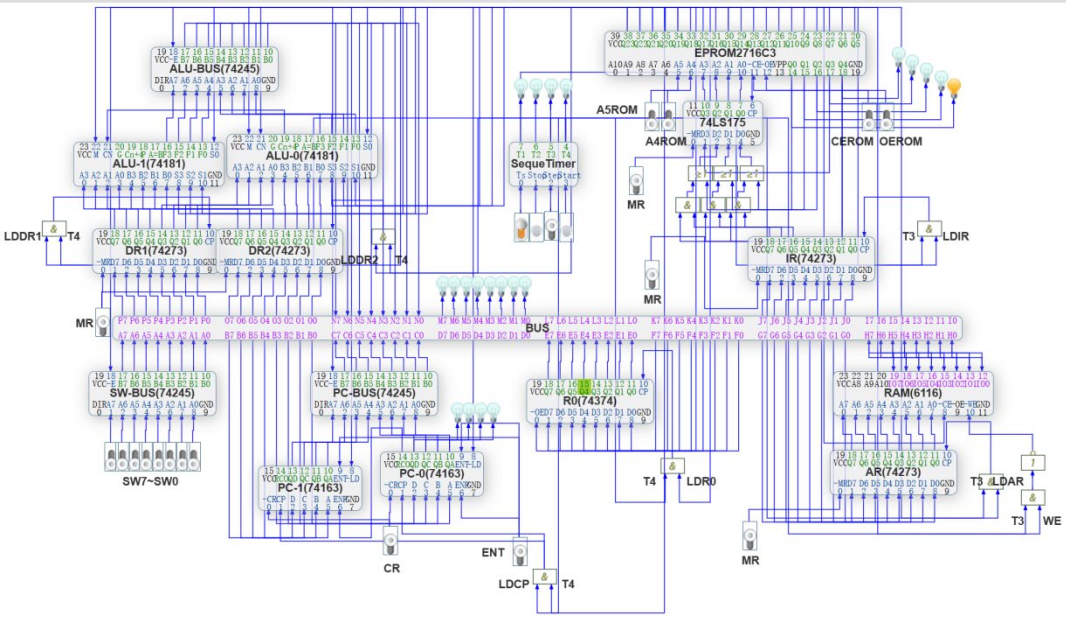
分解步骤

(1) 导入实验电路

(2) 打开电源开关，注意，导入实验电路后，电路预置之前必须打开电源开关，再进行电路预置，否则寄存器的输出值为高阻态，计算机无法启动。

(3) 电路预置。DR1、 DR2 和 AR 的 MR 置 1，计数器的 CR、ENT、ENP 置 1，时序发生器 Step 置 1。微地址寄存器 74175 和指令寄存器 IR 的 MR 置 1。此时微地址寄存器和 IR 已经初始化为零，计算机将从控制存储器的零地址开始运行。

此处请贴预置后的电路图



(4) 数据开关（SW7～SW0）上设置好程序起始地址（00000000）。

(5) 单击 1 次时序发生器 Start 按钮，思考并回答问题：此时执行的是微程序流程图中的第几条微指令？作用是什么？

答：第一条微指令是 NOP，通常用于初始化或占位。接下来是 SW → PC'，这表示将开关（SW）的值加载到程序计数器的下一个值（PC'）。这是微程序流程图中的第二条微指令，作用是设置程序计数器，以便从用户指定的起始地址（00000000）开始执行程序。

(6) 再单步执行 2 条微指令，思考并回答以下问题：这 2 条微指令的作用是什么？

答：• PC → AR：将程序计数器（PC）的值加载到地址寄存器（AR）。• PC+1：程序计数器自增 1，指向下一个指令。这两条微指令的作用是准备读取内存中的下一条指令。首先，将当前 PC 的值送到 AR，以便从内存中读取指令。然后，PC 自增，为读取下一条指令做准备

(7) 通过数据开关（SW7～SW0）设置操作数 1 的值为 00010100。思考并回答问题：此设置是否可以提前？如果可以，最早应该在以上第几步之后？

答：操作数的设置通常在指令读取之后进行。在微程序流程中，这应该在“RAM → BUS”和“BUS → IR”之后，即在内存中的指令被读取到指令寄存器（IR）之后。根据流程图，这应该是在序号 03 之后。

(8) 单击 Start，执行微指令 SW->R0，将操作数 1 保存到累加器 R0 中，此时总线上的值来自哪里？

答：当执行微指令“SW→R0”时，总线上的值来自数据开关（SW7SW0），因为这些开关被用来设置操作数 1 的值。

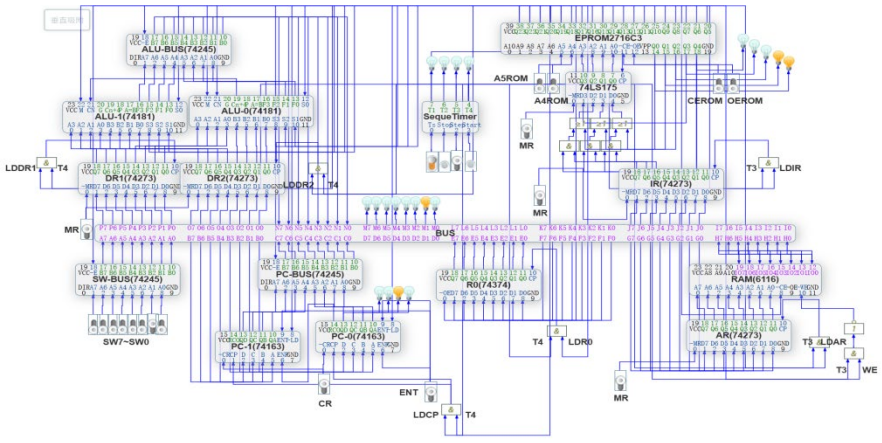
(9) 继续单步执行之后的微指令，注意观察微指令的下地址，直到第一轮循环结束。在此过程中注意观察总线上数据灯的显示，并说明每个显示出来的数字的意义，将下表补充完整。

表 4 总线数据表

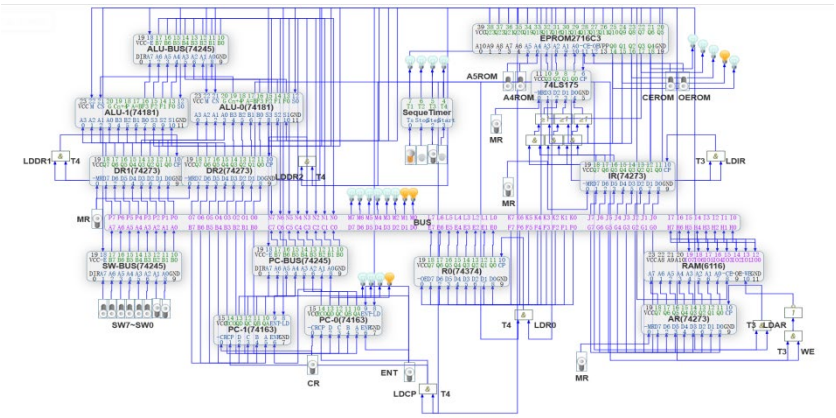
序号	总线上数据（二进制）	微指令编号（八进制）	意义（地址请用二进制表示）
1	00000001	02	当前 PC 值，即内存地址 01
2	00000010	02	递增 1 后 PC 的值
3	00100000	03	内存地址 01 中的 ADD 指令操作码
4	00000010	02	当前 PC 值，即内存地址 02
5	00000011	02	递增 1 后 PC 的值，即内存地址 03
6	00001000	03	内存地址 02 中的指令操作码，可能是 NOP
7	00001011	03	内存地址 03 中的指令操作码，可能是 JMP
8	00010100	07	内存地址 04 中的数据，此数据也是一个地址
9	00011111	07	内存地址 07 中的数据
10	00000011	02	当前 PC 的值，即内存地址 11
11	00000100	02	递增 1 后的 PC 值
12	01000000	03	内存地址 11 中的指令操作码，可能是 STA
13	00000100	12	当前 PC 的值，即内存地址 100
14	00000101	12	递增 1 后的 PC 值
15	00001001	07	内存地址 100 中的数据，此数据也是一个地址
16	00000000	07	内存地址 1001 中的数据
17	00011111	03	内存地址 07 中的指令操作码，可能是 JMP
18	00000101	02	当前 PC 的值，即内存地址 101
19	00000110	02	递增 1 后的 PC 值
20	01100000	03	内存地址 101 中的指令操作码，可能是 IN
21	00000110	13	当前 PC 的值，即内存地址 110
22	00000111	13	递增 1 后的 PC 值
23	00000000	07	内存地址 111 中的数据

此处任选两个序号，标注所选序号并贴出电路图

4



5



六、思考题

1. 如何实现程序的跳转？

1. 直接跳转指令：

跳转指令通过直接修改程序计数器（PC）的值来使程序流转移。程序计数器的值被设置为目标地址，程序将从这个新地址开始执行。直接跳转可以是无条件的，也可以是条件性的，根据是否满足某个特定条件来决定是否跳转。

2. 条件跳转：

条件跳转依赖于先前的运算或比较结果。只有在特定条件成立时，程序才会进行跳转。例如，某个标志位为真时，或者某个值满足特定比较时，才会执行跳转指令。

3. 间接跳转：

间接跳转与直接跳转不同，跳转的目标地址存储在寄存器或内存中，而不是在指令中硬编码。程序计数器会被设置为这些存储位置中的值，从而实现跳转。此方式常用于实现动态调用或虚拟函数。

4. 子程序调用：

当程序调用子程序时，当前程序计数器的值会被压入栈中，作为返回地址。接着程序跳转到子程序的起始地址。子程序执行完毕后，通过从栈中弹出返回地址，程序计数器被恢复，继续执行调用指令之后的代码。

5. 异常与中断处理：

异常和中断是程序运行中可能遇到的特殊情况。当中断或异常发生时，程序的正常执行流程会被打断，控制权转移到中断或异常处理程序。处理完毕后，通过特定的返回指令恢复到中断或异常前的执行状态。

6. 循环与分支：

在循环结构中，程序会重复执行某段代码，直到满足退出条件。通常，循环通过条件跳转指令来实现，即在每次迭代结束时检查条件，如果不满足，则跳转回循环开始位置继

续执行。

7. 微程序控制：

在微程序控制的计算机体系中，跳转通过调整微指令序列中的下一个地址来实现。这种跳转是由微指令内的条件逻辑控制的，可以灵活地根据程序的当前状态决定下一步执行的操作。

8. 硬件加速跳转：

一些高级处理器提供硬件支持来优化跳转指令的执行，例如分支预测。通过预测跳转指令是否会被执行，处理器可以提前加载可能需要的指令，从而减少由于跳转带来的性能损失。