汇编语言实验报告

学号：18342113

姓名：颜府

目录

实验目标

1. 理解冯·诺伊曼计算机的结构
2. 理解机器指令的构成
3. 理解机器指令执行周期
4. 用汇编编写简单程序

实验工具

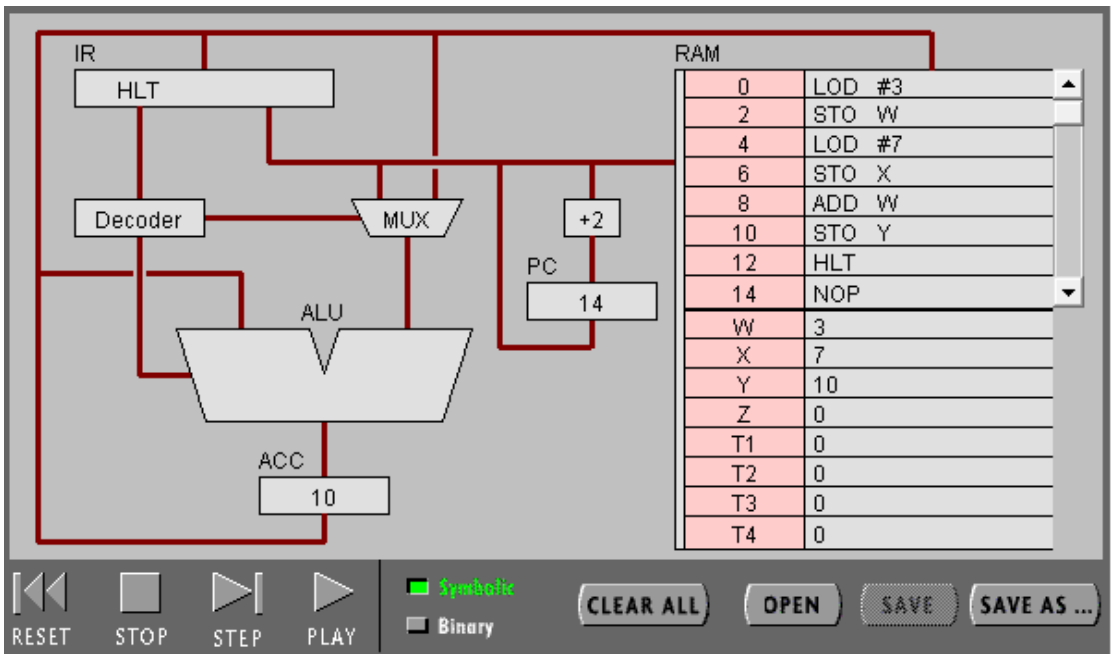
本次实验将以一台名为 PIPPIN 的机器为工具，在其上编写汇编程序并运行。鉴于这只是一个概念上的虚拟机，实验使用因特网上的一个 Java applet，这是一个 PIPPIN 机器的 CPU 模拟器，它模拟了 CPU 里面的所有基本组件，包括 ALU、IR、PC 等在内，能形象地演示出 CPU 是如何工作的。

任务 1

先把以下用汇编语言写的程序输入至模拟器里，观察 CPU 模拟器的运行情况：

```
LOD #3
STO W
LOD #7
STO X
ADD W
STO Y
HLT
```

运行后的模拟器如图：



单步执行之后，我们可以发现：

1. PC 存储一个字节，表示下一条指令的地址；IR 存储两个字节，表示当前指令的内容（PIPPIN 机器的每条指令为 2 字节）。

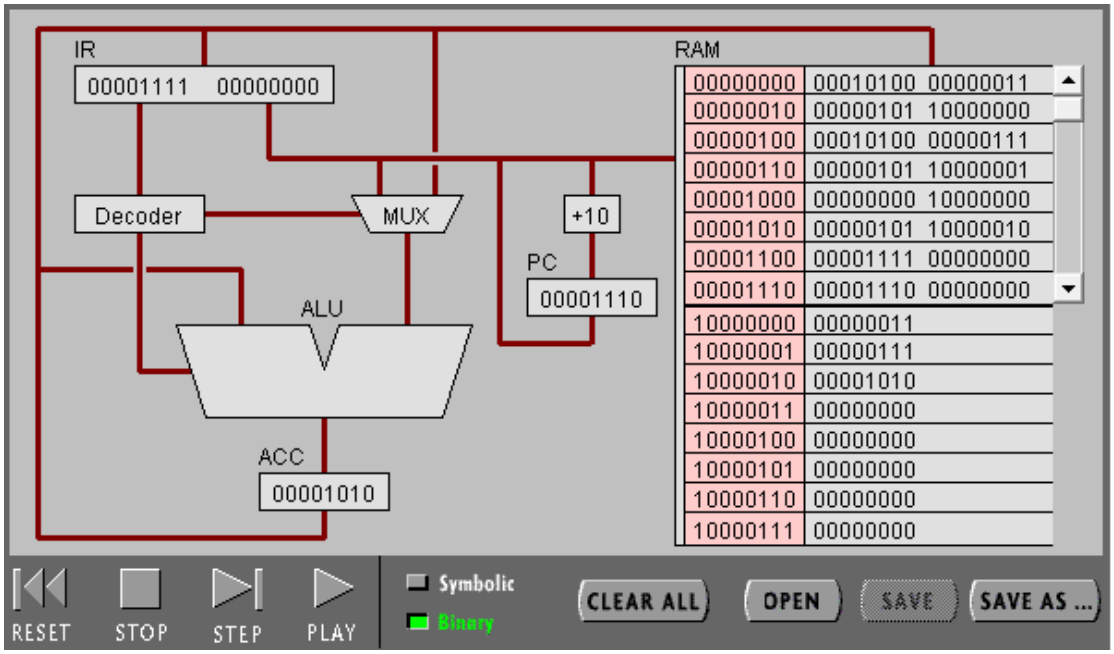
2. ACC 的全称是 Accumulator，中文翻译是“累加器”。其作用是保存算术逻辑运算的中间值，如果没有 ACC，那么就算下一条指令就要用到这次运算的结果，也不得不把这个结果先写回内存，到下一条指令的时候再重新读一次，这样子效率很低。

3. 由“LOD #3”指令我们可以看出，CPU 先把指令 Fetch 到 IR 里，通过 Decoder 之

后识别出这是一个 LOD 指令，然后直接把指令中表示“3”的内容发送到 ACC 里。

4. 由“ADD W”指令我们可以看出，CPU 先把指令 Fetch 到 IR 里，通过 Decoder 之后识别出这是一个 ADD 指令，之后先把 ACC 里的值传给 ALU 中的加法器作为第一个操作数，再通过指令中的地址，获取内存中对应地址的值，传给加法器作为第二个操作数，接着执行加法操作。

把所有数据和指令转换为二进制表示，如图：



我们可以发现：

1. “LOD #7”的二进制表示为“00010100 00000111”。PIPPIN 机器的指令由两个字节构成，第一个字节的高 4 位表示寻址模式，此处 0001 表示 Immediate，说明 operand（第二个字节）表示的就是将要操作的数值（而不是将要操作的数的地址）；第一个字节的低 4 位表示 opcode，此处 0100 表示 LOD 操作；第二个字节表示 operand，具体是一个数值还是地址取决于寻址模式，这里 00000111 显然表示的就是 7 的二进制。

2. RAM 的地址就是某个字节的地址，PIPPIN 机器内存为 256（也就是 2^8）字节，刚好用 8 位来表示每个字节的地址。

3. 由 ACC 的位数可以看出，PIPPIN 机器的 CPU 为 8 位的。

4. 该程序改为 C 语言如下，int_8 表示的是 8 位的整型：

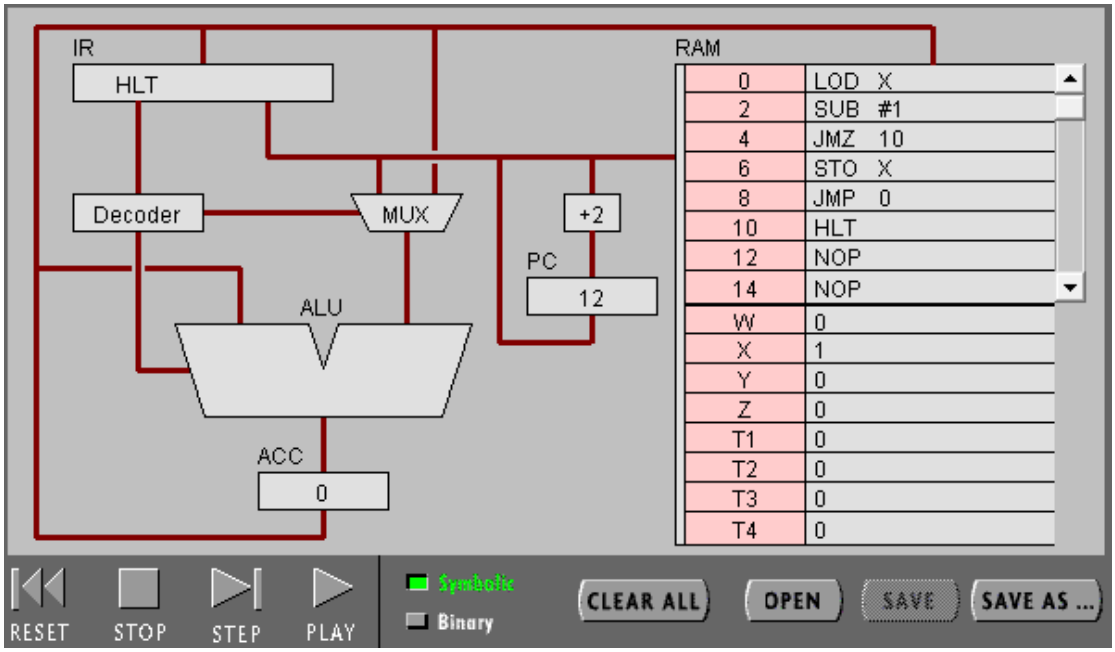
```
int_8 W = 3;
int_8 X = 7;
int_8 Y = 7 + W;
// 因为ADD W 前没有 LOD X 指令，所以这里应该理解为7 加上 W，而不是 X + W
```

任务 2

先把以下用汇编语言写的程序输入至模拟器里，观察 CPU 模拟器的运行情况。

```
LOD X
SUB #1
JMZ 10
STO X
JMP 0
HLT
```

运行后的模拟器如图：



我们可以发现：

1. 这个程序的功能就是根据 X 的初始值，循环 X 次，虽然“循环体”里面没有内容。
2. 该程序对应的 C 语言程序为：

```c
int_8 X = 3;
while (X - 1 != 0) {
    X = X - 1;
}
```

现在稍微修改以下程序，来计算 10 + 9 + ⋯ + 1 的结果。

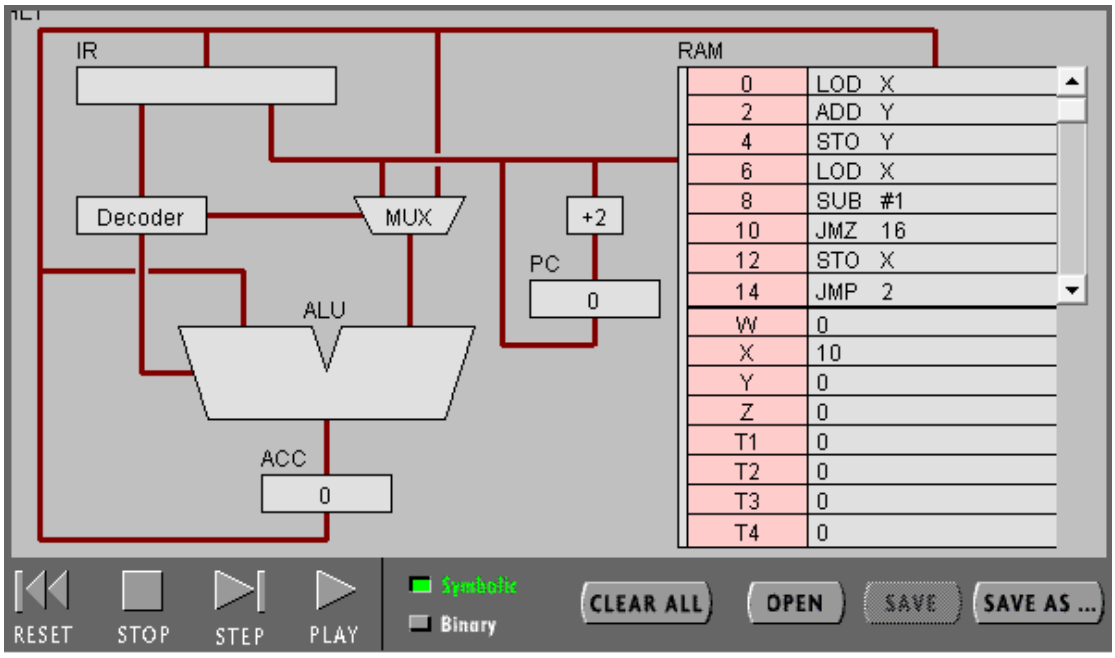
1. 先写一个 C 语言的程序：

```
int_8 X = 10;
int_8 Y = 0;
while (X - 1 != 0) {
    Y = Y + X;
    X = X - 1;
}
```

2. 接下来改写成对应的汇编语言。观察后发现，原来的程序的循环结尾处，先 STO 了 X，下一次循环的开头又 LOD 一次，这浪费了时间，因此这里把它改掉：

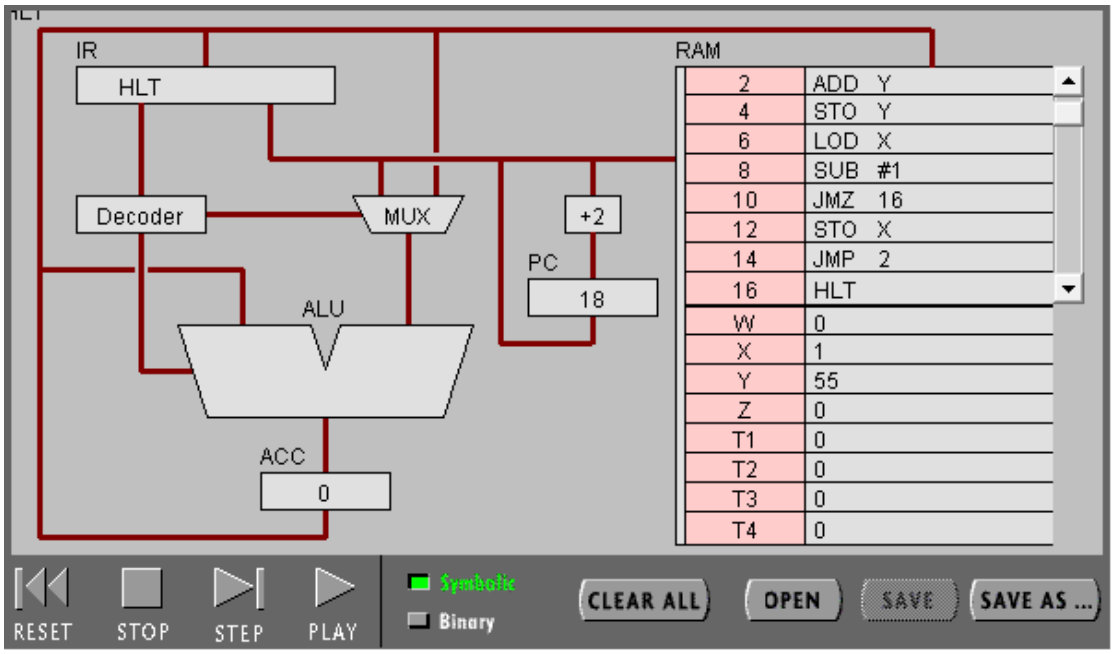
```
LOD X
ADD Y
STO Y
LOD X
SUB #1
JMZ 16
STO X
JMP 2
HLT
```

输入进模拟器，如图：



（内存为 16 的指令为“HLT”，模拟器显示不下）

运行后的结果如图：



可以发现内存 Y 中存了正确的结果 55。

3. 高级语言与机器语言（或汇编语言）既有区别，也有联系。区别在于，机器语言可以直接对系统硬件进行操作，比如可以改变寄存器里的值；而高级语言一般不可以对硬件进行操作。联系在于，高级语言的一条语句或表达式一般对应着多条机器语言的指令。

实验小结

通过一个 PIPPIN 机器的 CPU 模拟器，可以看到冯·诺伊曼结构中最重要的组件——CPU 中的各种更详细的组成部分，包括 ALU、IR、PC、ACC、Ram、Decoder、MUX 在内，它们之间通过总线来通信。

机器指令在机器中与数据是同等地位的，从某种角度，指令其实也是数据，它们与数据一样，也是用一串二进制码来表示的。一条指令的不同部分分别代表了一些指令的信息，包括寻址模式、opcode、操作数。

机器的 Fetch-Decode-Execute 可以通过模拟器的动画清晰地观察：首先控制器先根据 PC 的值，从内存中 Fetch 一条指令，保存到 IR 里。接着，Decoder 把这条指令解码，CPU 便识别出这条指令的内容了。最后，CPU 根据指令，进行对应的操作。

在上述几例，已经使用 PIPPIN 机器的机器语言（或其对应的汇编语言）编写了一些简单的程序，并能完成一些简易小功能。

总之，通过 PIPPIN 机器的 CPU 模拟器，已经大致了解了计算机底层硬件的工作原理。