第八章：目标代码生成

目标代码

实际目标代码： 实际机器上的指令序列

绝对地址机器代码：

可重定位的机器代码：

汇编代码：

虚拟目标代码： 虚拟机上的目标程序。

在本地机器上具备虚拟机的解释器。

虚拟目标机的指令系统

目标机指令系统的指令分成如下的形式：

存取指令：LD ST

输入输出：IN OUT

运算型指令：ADD SUB MUL DIV GT GE...

转移型指令：JMP JMPT JMPF

地址运算指令和块传递指令：LEA MOVEB

虚拟目标机的指令系统

指令名称	指令形式	指令名称	指令形式
读	IN R	除	DIV R, A
写	OUT R	条件真转移	JMPT R, A
取值	LD R, A	条件假转移	JMPF R, A
存值	ST A, R	无条件转移	JMP A
加	ADD R, A	取址	LEA R, A
减	SUB R, A	块传送	MOVEB A1, A2, S
乘	MULT R, A		

虚拟目标机的寄存器

- 寄存器是CPU内部的元件，寄存器拥有非常高的读写速度，它们可用来暂存指令、数据和位址。
- 寄存器种类：累加器、变址器、通用寄存器等等
- 在虚拟目标机中，取出几个寄存器作为地址计算专用的寄存器分别为SP、TOP、SP0；其他寄存器用R1、R2…表示

四元式转化为目标指令

四元式等价的转换成目标指令需要用到两个栈:

- 标号定位栈L1：定位性标号是为了某些转移提供地址的，需要把暂时没用到的标号存在栈中，例如while四元式可以对应一个嵌套的循环，在定位产生时还没产生跳转指令，它的地址还没用到，为了让后面能用到需要用栈把标号保存下来
- 目标指令地址栈L2：在有些产生跳转指令的时候，转移地址暂时无法确定，例如do四元式，不知道后面的转移地址，则把当前目标指令地址存到栈里，在知道转移地址以后，回填这个指令地址。回填地址是编译中的一项非常重要的技术

四元式转化为目标指令

运算型四元式（Op，X，Y，T）：对应生成3条指令

LD R X； 把X取到R中

Op R Y； 根据运算符对应的运算生成指令，结果存入R

ST T R； 将R中的内容存入T中

两点重要的解释：

- 目标指令中X，Y，T对应的一个具体的地址，如 $sp+off_X$
- 如果XY为间接变量，这里的寻址方式为间接，如X为间接变量，用*X表示他是一个间接寻址方式。

四元式转化为目标指令

赋值型的四元式(=,x,-,y):生成的目标指令是两条

LD R X; 把x取到寄存器中

ST Y R; 把寄存器中的内容存到y中

注意的问题和前面是一样的。

四元式转化为目标指令

- 输入语句四元式的一般形式为：

  （READ，_，_，A）

  表示将一个外部值读入到变量A中，则生成的代码下：

  IN R；ST A R

- 输出语句的四元式形式一般为：

  （WRITE，A，_，_）

  表示将变量A的值输出，它生成的目标代码为：

  LD R A; OUT R

四元式转化为目标指令

- 条件语句的四元式的翻译then else endif
  :

(then, x,-,-) 实际产生一条半指令

[n] LD R X;　　一条

[n+1]JMPF R *（地址）　半条

同时把转移指令地址n+1压入L2栈

四元式转化为目标指令

(ELSE,-,-,-)，else在起到定位和转移的作用，因此要产生跳转指令和地址的回填。

[m-1].....

地址回填，从L2栈中取出指令，将m+1作为地址加入该指令:[n+1]JMPF R m+1

[m] JMP *

将m压入L2栈

[m+1].....

(ENDIF,_,_,_)，定位作用，不产生目标指令，只回填地址

四元式转化为目标指令

- while循环语句的翻译：WHILE DO ENDWHILE
- （WHILE，-，-，-）起到一个定位作用，不产生指令，

[n]… …

[n+1]记录当前目标指令地址n+1，压入L1栈

四元式转化为目标指令

- 循环语句的翻译while:

（DO，X，-，-）生成两条指令

[m] LD X R;

[m+1] JMPF R *

m+1压入L2栈，后面遇到再回填

四元式转化为目标指令

- 循环语句的翻译while：
（endwhile，－，－，－）生成一条指令
[k]JMP L1(top)； L1栈顶出栈
将地址k+1回填给L2栈顶代码：JMPF R k+1
L2栈顶出栈
[k+1].....

例子P183-5 试写出下述程序段的目标代码，其中变量均为非形参实型变量。

```
while  (x < y)
  {
        y = y + 1;
      if (y > 0)   y = y-x;
                 else  while  (y < 0)
                y = y + x;
}
```

中间代码结构

(WHILE,-,-,-)
(LT , x, y, t_1)
(DO,t_1,-,-)
(ADDF,y,1,t_2)
(ASSIG,t_2,2,y)
(GT , y, 0, t_3)
(THEN, t_3,-,-)
(SUBF,y,x,t_4)
(ASSIG,t_4,2,y)

(ELSE,-,-,-)
(WHILE,-,-,-)
(LT , y, 0, t_5)
(DO,t_5,-,-)
(ADDF,y,x,t_6)
(ASSIG,t_6,2,y)
(ENDWHILE , - ,- ,-)
(ENDIF,-,-,-)
(ENDWHILE , -, - , -)

- 目标代码

1. L1(top)=1 LD R,x
2. LT R,y
3. ST t_1 , R
4. LD R,t_1
5. JMPF R, * (34)
   L2(top)=5
6. LD R,y
7. ADD R,1
8. ST t_2 , R
9. LD R,t_2
10. ST y , R
11. LD R,y
12. GT R,0
13. ST t_3 , R
14. LD R,t_3
15. JMP0 R,* (22)
    L2(top)=15
16. LD R,y
17. SUB R,x
18. ST t_4 , R
19. LD R,t_4
20. ST y , R
21. JMP *(33)
    回填22至L2(top)
    L2(top)=21
22. L1(top)=22 LD R,y
23. LT R,0
24. ST t_5 , R
25. LD R,t_5
26. JMP0 R, *(33)
    L2(top)=26
27. LD R,y
28. ADD R,x
29. ST t_6 , R
30. LD R,t_6
31. ST y , R
32. JMP 22:L1(top)
    回填33至L2(top)
33. 回填33至L2(top)
    JMP 1:L1(top)
    回填34至L2(top)

```
while  (x < y)
  {
          y = y + 1;
       if (y > 0)   y = y-x;
                    else  while  (y < 0)
y = y + x;
}
```

四元式转化为目标指令

分成内存保存标号和不保存标号两种，按不保存标号处理。

- 标号语句：（lable,-,- L），将当前目标代码地址存入L对应的标号表单元。
- goto语句：（goto,-,-,L）产生一个无条件转移指令JMP *（L），对应的地址暂时为一个指向标号表L的指针。
- 目标代码全部生成以后，对所有由(goto,-,-,L)生成的目标指令，依据标号表中对应的目标代码地址信息，进行地址回填。

四元式转化为目标指令

- 过程函数声明部分的四元式处理:
- (ENTRY, Q,–,–)

Name	TypePtr	Kind	Level	off	Parm	Class	Code	Size	Forwar

入口四元式不产生任何指令，而是把当前指令地址填入函数信息表中。

四元式转化为目标指令

- 过程函数声明部分的四元式处理:

(ENDFUNC, -,-,-)

1：生成一组读取命令，即恢复寄存器的现场信息

2：作废当前的活动记录，由两个指令完成，把当前的sp存给top，把动态链指针存给sp

ST top , sp ； LD sp , *0(top)

3：产生一条返回指令，根据返回地址生成一个跳转指令。jmp *1 (top)

*设过程活动记录首单元存动态链指针、第二个单元存返回地址

四元式转化为目标指令

- 函数调用四元式的处理:

值参四元式(ValACT , t , Offset , size)

若t为间接变量，则生成的目标代码为:

LD R , * t ; ST Offset(top) , R

b. 若t 为直接变量，则生成的目标代码为:

LD R , t ; ST Offset(top) , R

c.若t 为数组，则生成成组传送的目标代码:

MOVEB t , Offset(top) , size

四元式转化为目标指令

- **函数调用四元式的处理:**

变参四元式(VarACT , t , Offset , size)

a. 若t为直接变量，则生成的目标代码为:

```
LEA  R , t
ST   offset(top) , R
```

b. 若t为间接变量，则生成的目标代码为:

```
LD   R , t
ST   offset(top) , R
```

四元式转化为目标指令

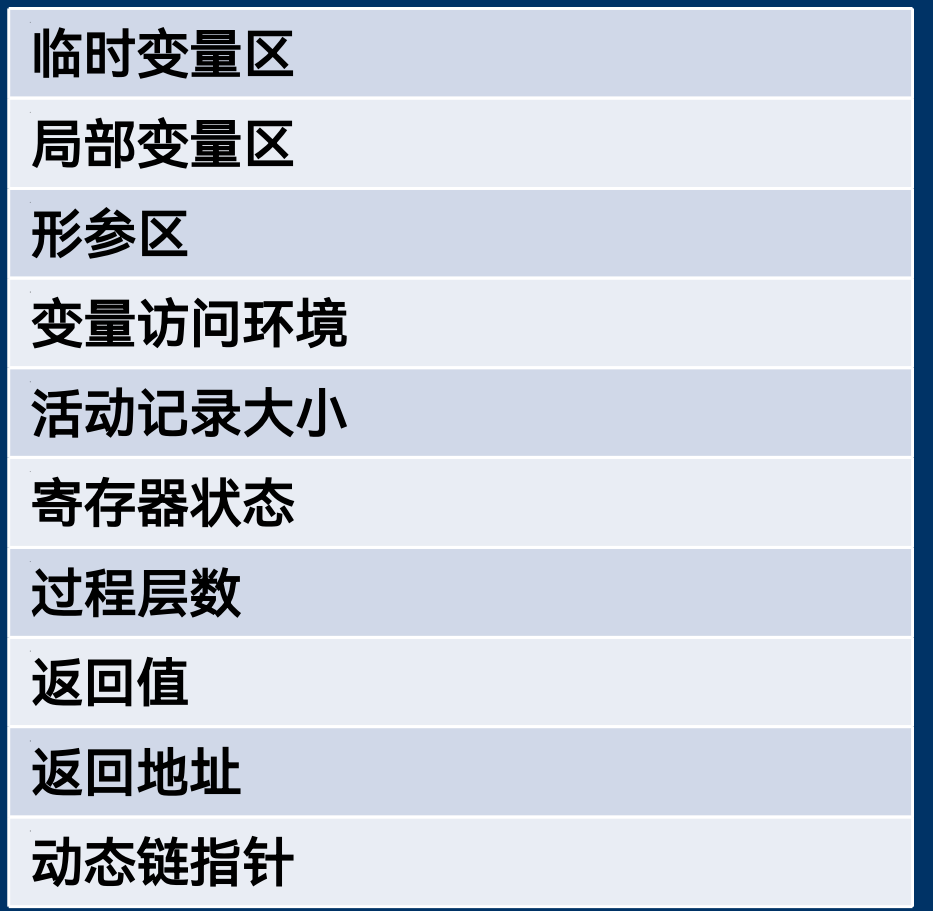
- 函数调用四元式的处理:

(CALL , f, true , [Result])

1. 生成填写变量访问环境指令
2. 把机器状态(寄存器内容)保存到活动记录的机器状态区中,一般应生成一组存的指令
3. 要填写管理信息.首先填写过程层数.从过程f的语义信息中取其层数,填入到3（top）中,生成指令为

   LD R , sem[f].level

   ST 3(top), R



四元式转化为目标指令

4. 填写动态链指针
   ST 0(top), sp
5. 填写返回地址
   [A] LD R, A+5
   [A+1] ST 1(top), R
6. 生成过程活动记录
   [A+2] ST sp, top
   [A+3] ST top, top + sem[f].size
7. 生成转向过程f入口的指令
   [A+4] JMP sem[f].code
8. 如果是函数调用，则把函数值读到寄存器中
   [A+5] LD R ， 2(top)
   [A+6] ST t ，R

多寄存器的分配

为了产生更高效的目标代码，合理利用寄存器资源，需要构造一个寄存器状态表：

名字	状态	变量名
R1	0/1	X

当需要用到一个寄存器时，可以用一个函数查找寄存器表，检查是否存在空闲寄存器，若存在，则将空闲的寄存器分配，然后按存取计算操作来操作，同时把相应的寄存器的状态和占用者记录在寄存器状态表

多寄存器的分配

- 当所有寄存器都被占用时，涉及到寄存器的剥夺问题。剥夺算法优劣会影响目标程序的执行效率。
- 对寄存器的剥夺是把寄存器中的内容存入内存中。
- 理论上的最优是最远使用点方法，实现困难
- 局部最优是基本块内最远使用点方法

对目标程序的评价

- 每条指令对内存的访问次数总和决定了目标程序的执行效率。
- 指令的执行代价：访问内存一次的代价为1，例如间接寻址指令的代价较高
- 多利用寄存器中的资源可以达到减少访问内存的效果。

总结

- 目标程序的生成要考虑的问题:
- 目标机的具体形式
- 如何把四元式翻译成目标程序
- 优化，如何高效的生成目标代码。

- 要注意的问题:

符号表一直存在到目标代码生成，目标代码生成之后没有符号表，运行的只是目标程序。