第六章：中间代码优化（1）

代码优化的阶段

- 欲提高源程序的运行速度，需要经过几个阶段的优化：
  - 用户对源程序进行优化
  - 编译器前端对中间代码进行优化
  - 编译器后端对目标代码进行优化

中间代码优化的分类

- 从优化的种类来看，中间代码的优化可有如下分类:
- 局部优化
  - 循环上的优化
    - 循环不变式外体
    - 削减运算强度
  - 基本块的优化
    - 常表达式节省
    - 公共子表达式节省。
- 全局优化

  全局数据流分析，从而使优化的效果更好。

常见的编译优化的种类

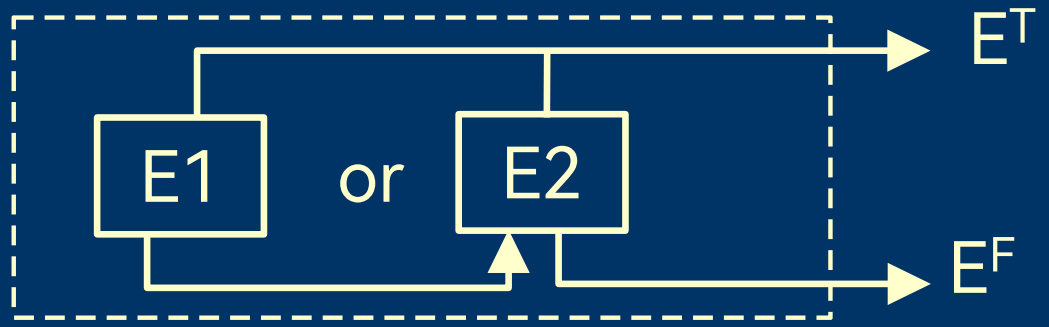
- 数学上的优化：
  - （-，a，0，t1）　（*，a，1，t2）
  - 2*a转化成a+a，a^2转化成a*a

  原则上说，可以不计算的则直接删去其四元式，直接写出结果；高运算强度的可以转化成低运算强度的。

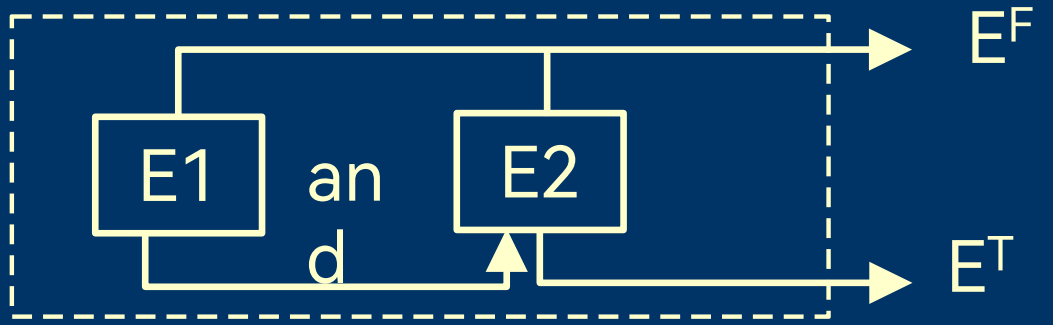
常见的编译优化的种类

- 表达式短路问题

E=E1 or E2



E=E1 and E2



常见的编译优化的种类

- 常表达式的节省

  在我们的计算过程中有一个表达式是3*3.14，这个实际上是两个常数，他的结果我是可以计算出来的，这样我们在编译的过程中把3*3.14算出来，在目标程序的进行中就不用进行计算了。

- 公共子表达式节省(消除重复操作)

  t = b*c; e = b*c+b*c; c=b*c+10; d=b*c+d;

  a[i][j]+a[i][k]

常见的编译优化的种类

- 循环不变量式提

  while (k<10) {a[k] = b*c; k=k+1}

  t = b*c; while(k<10){a[k]=t;k=k+1;}

  如果有表达式的值在循环中不会改变，就需要把它提到循环体外面，可以大大提高目标程序的运行效率

常见的编译优化的种类

- 削减程序的运算强度
- 是指用强度低的运算代替强度大的运算，通常也是针对循环的。

```
for j:=1 to 100 do A[j]=3*j+10;
m=13; for j:=1 to 100 do { A[j]=m;m=m+3;}
```

常见的编译优化的种类

- 寄存器优化

  涉及到目标程序执行的时候，如何分配目标机的寄存器。

- 消除无用语句、消除冗余代码。

  if (E1恒等于true) S1 else S2

  S1

常见的编译优化的种类

- 中间变量的优化

  属于空间上的优化，假如两个临时变量的活动区不相交，则可以共用同一个存储单元。

- 目标代码优化

  通过确定目标代码减少目标程序指令个数来提高执行效率。譬如两个运算分量都在寄存器中可以直接参与计算，不需要将其存入内存后导出计算。

常见的编译优化的种类

- 全局优化

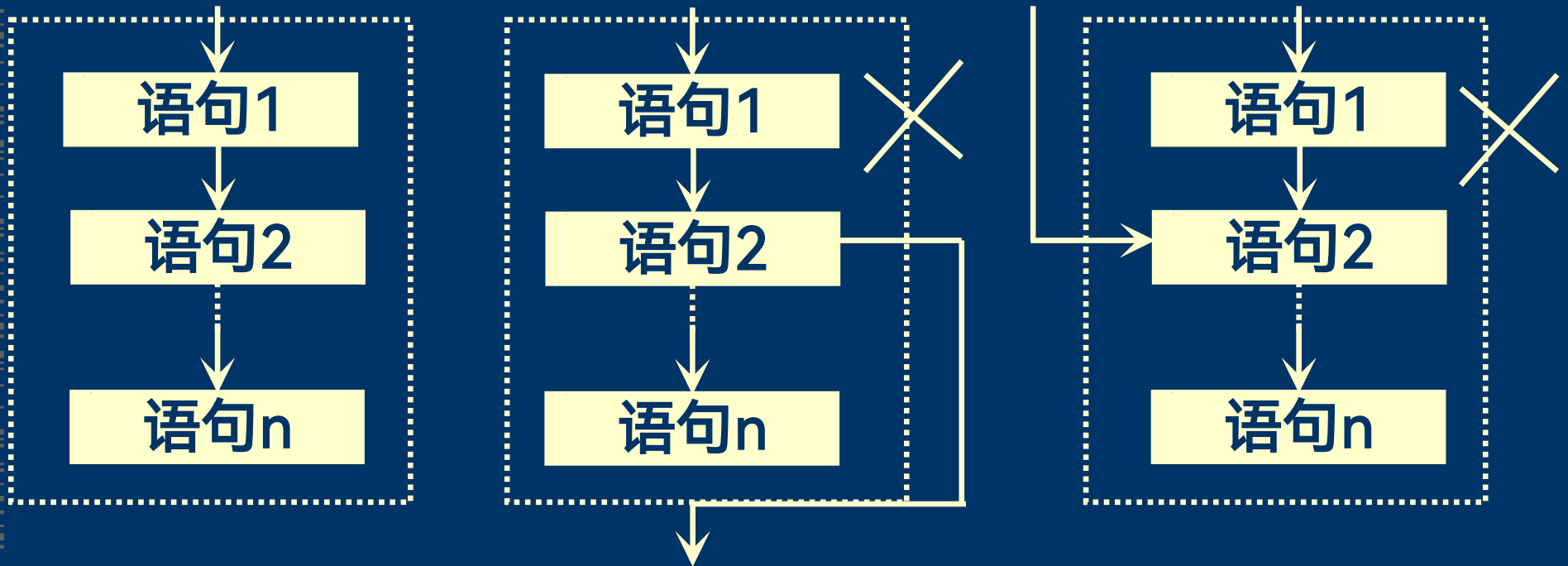
  对程序全局进行数据流分析，优化技术比较复杂，会导致编译代价很大，优化的效果也不是十分明显，只有在特殊需求的情况下才要进行。

基本块的定义

- 基本块是指程序的一组顺序执行的语句序列，其中只有一个出口和一个入口。

  入口：基本块的第一条语句；

  出口：基本块的最后一条语句；



基本块的划分原则

- 整个四元式序列的第一个四元式为基本块的入口四元
- 遇转移性四元式时，结束当前基本块，并把该四元式作为当前基本块的出口，下一条四元式作为新基本块的入口
- 遇标号性四元式时结束当前基本块，四元式本身作为新基本块的入口
- 遇到对地址引用型变量赋值四元式时，结束当前基本块块，并作为该块的出口。

基本块的划分原则

- 转移性四元式是指在生成目标代码时一定产生跳转指令的四元式。例如：

  (goto，—，—，L)

  (then，t，—，—)

  (else，—，—，—)

  (do，t，—，—)

基本块的划分原则

- 标号性四元式也称定位性四元式，起到一个定位的作用不产生跳转指令，例如：

(LABEL , — , — , L)
(ENTRY , F , — , —)
(WHILE , — , — , —)
(ENDIF , — , — , —)

基本块划分的例子

设有源程序如下:

```
y := 1 ;
L: if  A and B
      then  x := 0
      else y := 0 ;
x := x + 1 ;
y := y – 1 ;
while  x + y > 0
   do  x := x – 1 ;
z := 0 ;
```

注: x,y为非引用型整数类型形参。

(ASSIGN,1,_, y)

(LABEL,_ ,_ ,L)

(AND, A, B, t_0)

(THEN,t_0 ,–,–)

(ASSIG, 0, – , x)

(ELSE,–,–,–)

(ASSIG,0, _,y)

(ENDIF,–,–,–)

(+, x, 1, t_1)

(ASSIG,t_1,_, x)

(–, y, 1, t_2)

(ASSIGN, t_2, _,y)

(WHILE,–,–,–)

(ADDI, x, y,t_3)

(GT, t_3, 0, t_4)

(DO,t_4,–,–)

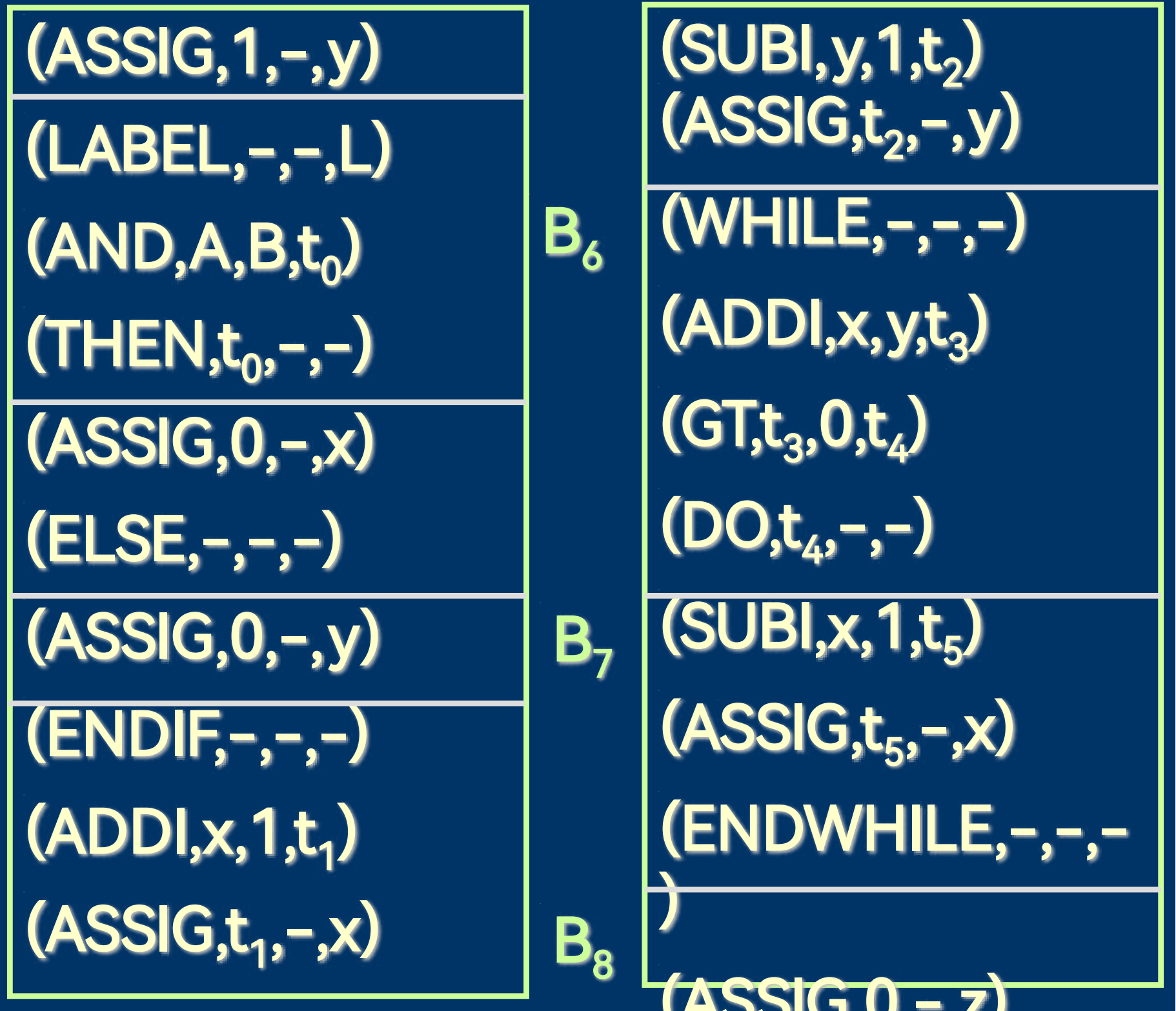
(–, x, 1,t_5)

(ASSIG, t_5, x)

(ENDWHILE,–,–,–)

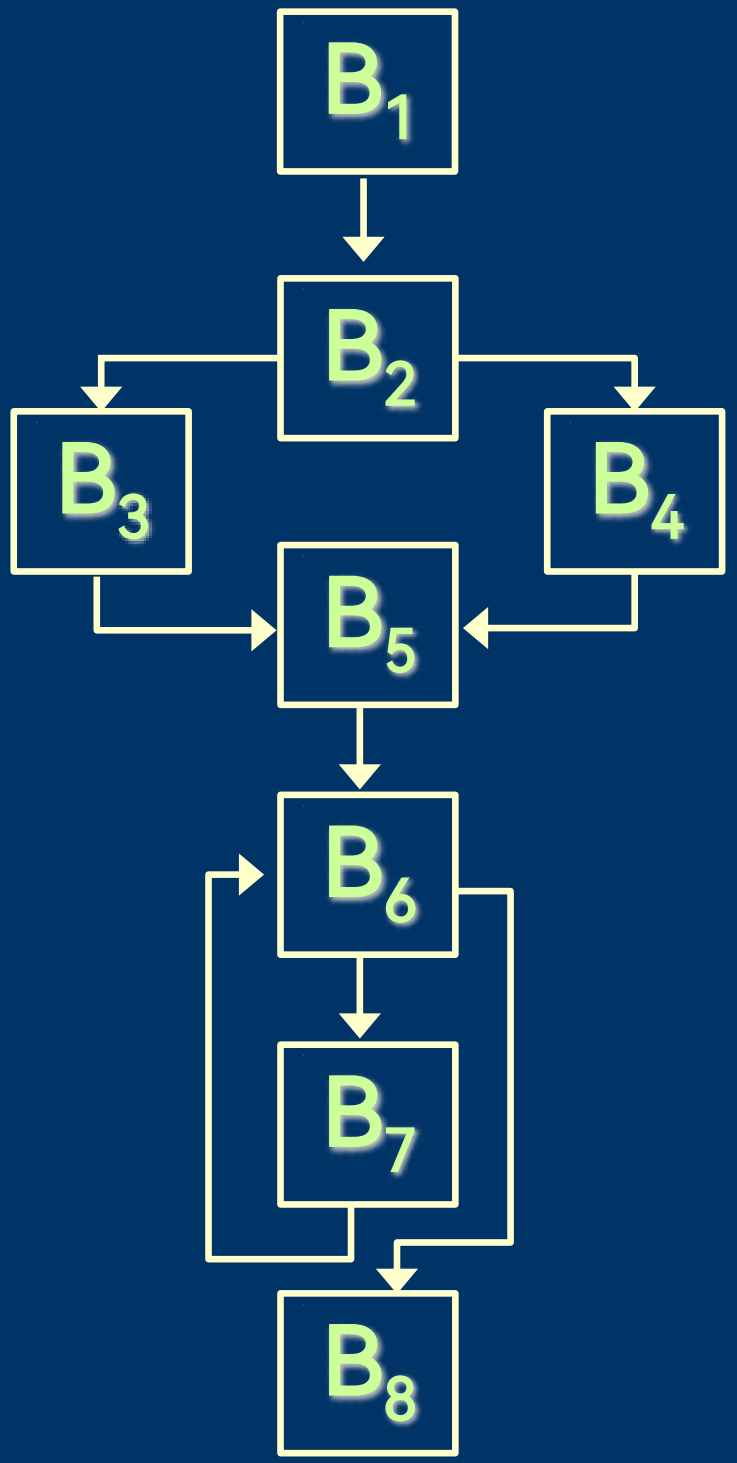
(ASSIGN, 0,_ ,Z)

基本块划分的例子


B1
(ASSIG,1,–,y)
B2
(LABEL,–,–,L)
(AND,A,B,t0)
(THEN,t0,–,–)
B3
(ASSIG,0,–,x)
(ELSE,–,–,–)
B4
(ASSIG,0,–,y)
B5
(ENDIF,–,–,–)
(ADDI,x,1,t1)
(ASSIG,t1,–,x)
(SUBI,y,1,t2)
(ASSIG,t2,–,y)
B6
(WHILE,–,–,–)
(ADDI,x,y,t3)
(GT,t3,0,t4)
(DO,t4,–,–)
B7
(SUBI,x,1,t5)
(ASSIG,t5,–,x)
(ENDWHILE,–,–,–)
B8
(ASSIG,0,–,z)

程序流图

- 程序流图是以基本块为节点的有向图。



常表达式节省

- 常表达式：在编译过程中能够计算出常量值的表达式
- 处理思想：针对每个基本块，如果一个多元式的两个分量的值已知，则计算其值，并删掉相应的中间代码。

常表达式节省

例:假设有下列语句:

a := m + 10 ;

b := a + m ;

c := a + b – d ;

并假设当执行第一个语句时， m总是取常数10 ， 则上列语句可优化如下:

a := 20 ; b := 30 ; c := 50 – d ;

常表达式节省

原理：常量定值表ConstDef：（Var,Val)。

- 基本块入口置ConstDef为空；
- 对当前四元式的分量利用ConstDef表进行值代换；
- 新多四式形如（ω，A, B,t）:如果A和B是常数，则计算AωB的值v，并将（t,v）填入ConsDef表，并删除该多元式
- 形如（ASSIG，A, B）:如果A是常数，则把（B,A）填入ConsDef表，若已有B项，只需修改其值；否则从ConsDef中删除B的登记项。

常表达式局部优化的例子

源程序	中间代码	ConstDef	优化后的代码
a:=1	(ASSIGN, 1,a)	(a,1)	(ASSIGN,1,a)
b:=a+1	(ADDI,a,1,t1)	(a,1)(t1,2)	( )
	(ASSIGN,t1,b)	(a,1)(t1,2)(b,2)	(ASSIGN,2,b)
a:=x	(ASSIGN, x,a)	(t1,2)(b,2)	(ASSIGN,a,x)
c:=b+5	(ADDI,b,5,t2)	(t1,2)(b,2)(t2,7)	( )
	(ASSIGN,t2,c)	(t1,2)(b,2) (t2,7)(c,7)	
		(ASSIGN,7,c)	

习题

```
i=1;
j=i*(i+1);
k=2*(i+j);
j=n;
k=k+j;
```