

(若发现问题, 请及时告知)

4. 对于图30所给出的流图,

1) 为基本块 B2 构造 DAG 图。

2) 假设 B4 出口处的活跃变量集合为空, 求出 B3 出口处、B3 入口处以及 B2 出口处的活跃变量集合, 即 $\text{LiveOut}(B3)$, $\text{LiveIn}(B3)$ 以及 $\text{LiveOut}(B2)$ 的值。

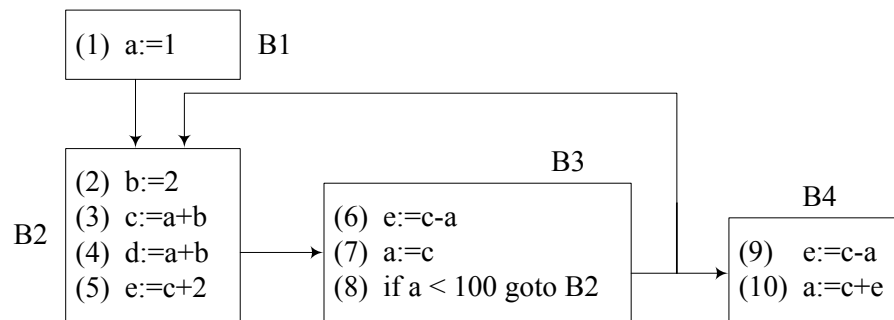
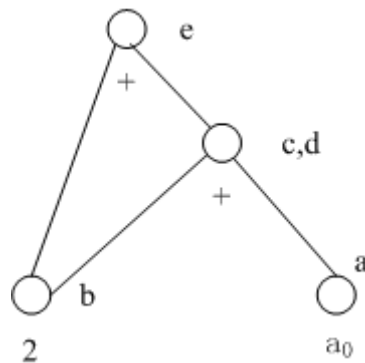


图30

参考解答:

1) 基本块 B2 的 DAG 图:



2)

可根据如下算法求解

```

for i:= 1 to n
    LiveIn[ Bi] :=  $\emptyset$ ;
    change := true;
    while change {
        change := false;
        for i := n downto 1 {
            LiveOut[Bi] :=  $\cup$  LiveIn [s]; //s $\in$ S[Bi]
            newin := LiveUse[Bi]  $\cup$  (LiveOut[Bi]- Def[Bi]);
            if newin  $\neq$  LiveIn [Bi] {
                change := true;
                LiveIn [Bi] := newin;
            }
        }
    }

```

}
求解结果如下：

	LiveUse	DEF	LiveIn	LiveOut
B1	\emptyset	{a}	\emptyset	{a}
B2	{a}	{b, c, d, e}	{a}	{a, c}
B3	{a, c}	{e}	{a, c}	{a, c}
B4	{a, c}	{e}	{a, c}	\emptyset

所以 B3 出口处、B3 入口处以及 B2 出口处的活跃变量集合分别是：

$$\text{LiveOut}(B3) = \{a, c\}$$

$$\text{LiveIn}(B3) = \{a, c\}$$

$$\text{LiveOut}(B2) = \{a, c\}$$

5. 分别对图31和图32的流图：

- (1) 求出流图中各结点n的支配结点集D(n)；
- (2) 求出流图中的回边；
- (3) 求出流图中的循环。

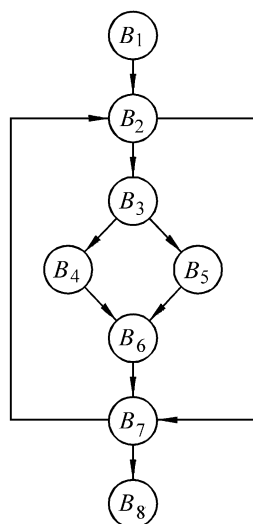


图31

参考解答：对于图 32 的流图

- (1) 流图中各结点的支配结点集；

$$D(B_1) = \{B_1\}$$

$$D(B_2) = \{B_1, B_2\}$$

$$D(B_3) = \{B_1, B_2, B_3\}$$

$D(B_4) = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}$
 $D(B_5) = \{B_1, B_2, B_3, B_5\}$
 $D(B_6) = \{B_1, B_2, B_3, B_6\}$
 $D(B_7) = \{B_1, B_2, B_7\}$
 $D(B_8) = \{B_1, B_2, B_7, B_8\}$

(2) 求出流图中的回边:

$(B_7 \rightarrow B_2)$

(3) 流图中的循环: 只有对应 $(B_7 \rightarrow B_2)$ 的循环

$B_2, B_3, B_4, B_4, B_5, B_6, B_7$

6. 图33是包含 7 个基本块的流图, 其中 B1 为入口基本块, B7 为出口基本块:

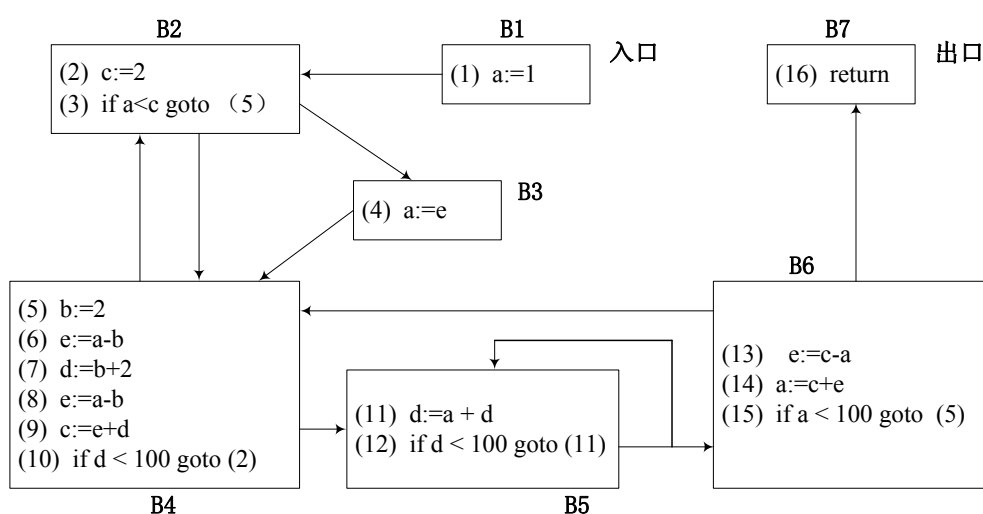


图33

1) 指出在该流图中, 基本块 B4 的支配结点 (基本块) 集合, 始于 B4 的回边, 以及基于该回边的自然循环中包含哪些基本块?

2) 采用迭代求解数据流方程的方法对活跃变量信息进行分析。假设B7的 LiveOut信息为 \emptyset , 迭代结束时的结果在下图所示表中给出。试填充该表的内容。

	LiveUse	DEF	LiveIn	LiveOut
B1				
B2				
B3				
B4				
B5				
B6				

B7				\emptyset
-----------	--	--	--	-------------

3) 对于该流图，根据采用迭代求解数据流方程对到达-定值（reaching definitions）数据流信息进行分析的方法。假设 B1 的 IN 信息为 \emptyset ，迭代结束时的结果在下图所示表中给出。试填充该表的内容。

	GEN	KILL	IN	OUT
B1			\emptyset	
B2				
B3				
B4				
B5				
B6				
B7				

4) 指出该流图范围内，变量 a 在 (11) 的 UD 链。

5) 指出该流图范围内，变量 c 在 (2) 的 DU 链。

参考解答：

1) 基本块 B4 的支配结点（基本块）集合：{ B₁, B₂, B₄};

始于 B4 的回边 B₄ → B₂;

基于该回边的自然循环中包含基本块：B₂, B₃, B₄, B₅, B₆

2) 求解结果如下：

	LiveUse	DEF	LiveIn	LiveOut
B1	\emptyset	{a}	{e}	{a, e}
B2	{a}	{c}	{a, e}	{a, e}
B3	{e}	{a}	{e}	{a}
B4	{a}	{b, c, d, e}	{a}	{a, c, d, e}
B5	{a, d}	{d}	{a, c, d}	{a, c, d}
B6	{a, c}	{e}	{a, c}	{a, e}
B7	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

Out(B₆)=In(B₄)+In(B₇)

3) 求解结果如下：

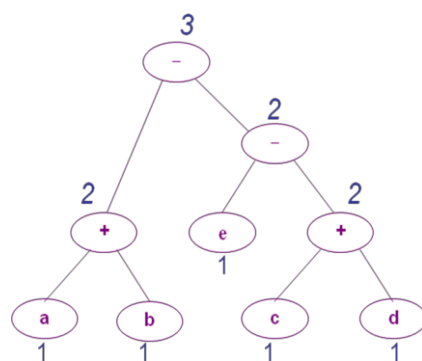
	GEN	KILL	IN	OUT
B1	{1}	\emptyset	\emptyset	{1}
B2	{2}	{9}	{1, 4, 5, 7, 8, 9, 14}	{1, 4, 5, 7, 8, 14, 2}
B3	{4}	{1, 14}	{1, 4, 5, 7, 8, 14, 2}	{4, 5, 7, 8, 2}
B4	{5, 7, 8, 9}	{2, 11, 13}	{1, 4, 5, 7, 8, 2, 9, 11, 13, 14}	{1, 4, 5, 7, 8, 9, 14}
B5	{11}	{7}	{1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 14}	{1, 4, 5, 8, 9, 11, 14}
B6	{13, 14}	{1, 4, 6, 8}	{1, 4, 5, 8, 9, 11, 14}	{5, 9, 11, 13, 14}
B7	\emptyset	\emptyset	{5, 9, 11, 13, 14}	{5, 9, 11, 13, 14}

4) 该流图范围内，变量 a 在 (11) 的 UD 链{ (1) , (4) , (14) } .

5) 该流图范围内，变量 c 在 (2) 的 DU 链{ (3) } .

10. 图23右边的DAG图也是一棵表达式树。试对该表达式树的每个结点用Ershov数进行标记，并根据标记结果以及4.3节所介绍的算法，针对4.3节所假设的基于寄存器的简单机器，生成该表达式的目标代码。

参考解答： 每个结点用 Ershov 数进行标记



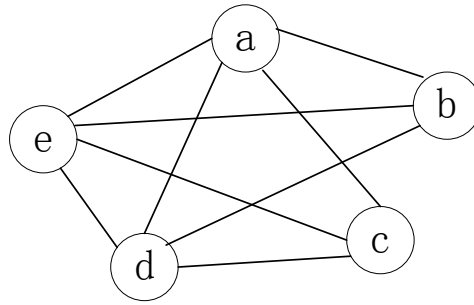
该表达式的目标代码之一：

```
LD    R0, a
LD    R1, b
ADD   R0, R0, R1
LD    R1, c
LD    R2, d
```

ADD	R1, R1, R2
LD	R2, e
SUB	R1, R2, R1
SUB	R0, R0, R1

11. 对于图32和图33中的流图，分别给出相应的寄存器相干图。若在保证图着色过程中不会出现将寄存器泄漏到内存中的情形，那么可供分配的物理寄存器的最小数目分别是多少？。

参考解答：对于图 33 的流图，寄存器相干图为



若在保证图着色过程中不会出现将寄存器泄漏到内存中的情形，那么可供分配的物理寄存器的最小数目是4。