

(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。

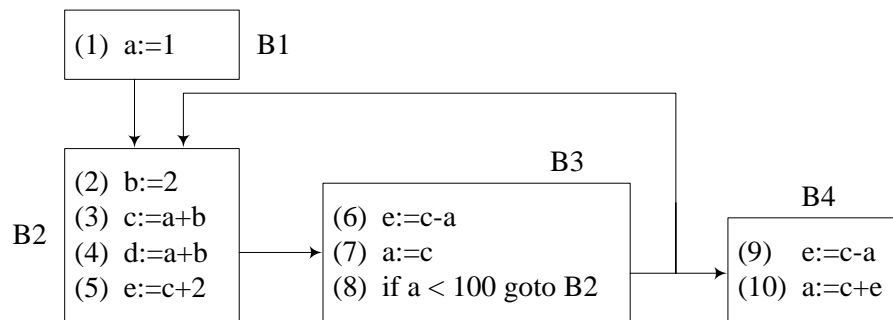
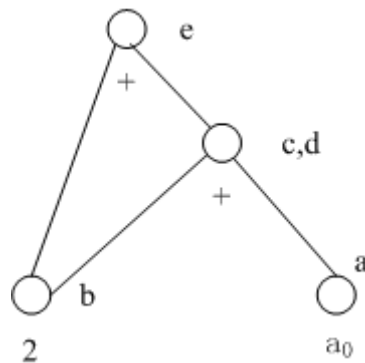


图30

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 ] := ∅;
    change := true;
    while change {
        change := false;
        for i := n downto 1 {
            LiveOut[Bi] := ∪ LiveIn [s]; //s∈S[Bi]
            newin := LiveUse[Bi] ∪ (LiveOut[Bi]- Def[Bi]);
            if newin ≠ LiveIn [Bi] {
                change := true;
                LiveIn [Bi] := newin;
            }
        }
    }
```

}  
求解结果如下：

|    | LiveUse | DEF          | LiveIn | LiveOut |
|----|---------|--------------|--------|---------|
| B1 | ∅       | {a}          | ∅      | {a}     |
| B2 | {a}     | {b, c, d, e} | {a}    | {a, c}  |
| B3 | {a, c}  | {e}          | {a, c} | {a, c}  |
| B4 | {a, c}  | {e}          | {a, c} | ∅       |

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：

$$\begin{aligned} \text{LiveOut}(B3) &= \{a, c\} \\ \text{LiveIn}(B3) &= \{a, c\} \\ \text{LiveOut}(B2) &= \{a, c\} \end{aligned}$$

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：

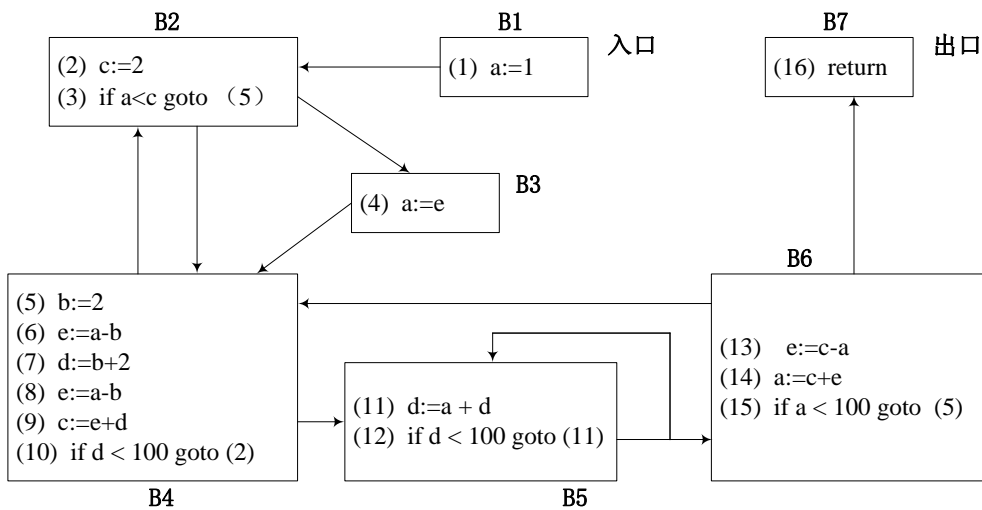


图33

- 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 ∅，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 |         |     |        |         |

|           |  |  |  |   |
|-----------|--|--|--|---|
| <b>B3</b> |  |  |  |   |
| <b>B4</b> |  |  |  |   |
| <b>B5</b> |  |  |  |   |
| <b>B6</b> |  |  |  |   |
| <b>B7</b> |  |  |  | ∅ |

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 ∅，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。

|           | <b>GEN</b> | <b>KILL</b> | <b>IN</b> | <b>OUT</b> |
|-----------|------------|-------------|-----------|------------|
| <b>B1</b> |            |             | ∅         |            |
| <b>B2</b> |            |             |           |            |
| <b>B3</b> |            |             |           |            |
| <b>B4</b> |            |             |           |            |
| <b>B5</b> |            |             |           |            |
| <b>B6</b> |            |             |           |            |
| <b>B7</b> |            |             |           |            |

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：

|           | <b>LiveUse</b> | <b>DEF</b>   | <b>LiveIn</b> | <b>LiveOut</b> |
|-----------|----------------|--------------|---------------|----------------|
| <b>B1</b> | ∅              | {a}          | {e}           | {a, e}         |
| <b>B2</b> | {a}            | {c}          | {a, e}        | {a, e}         |
| <b>B3</b> | {e}            | {a}          | {e}           | {a}            |
| <b>B4</b> | {a}            | {b, c, d, e} | {a}           | {a, c, d, e}   |

|           |             |             |             |             |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>B5</b> | {a, d}      | {d}         | {a, c, d}   | {a, c, d}   |
| <b>B6</b> | {a, c}      | {e}         | {a, c}      | {a}         |
| <b>B7</b> | $\emptyset$ | $\emptyset$ | $\emptyset$ | $\emptyset$ |

3) 求解结果如下:

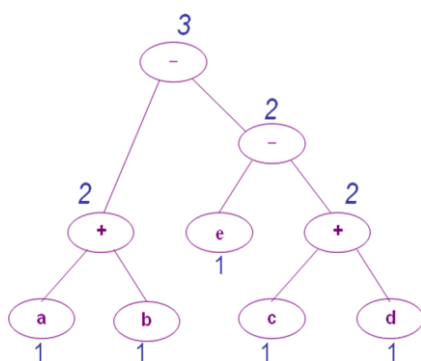
|           | <b>GEN</b>   | <b>KILL</b> | <b>IN</b>                         | <b>OUT</b>              |
|-----------|--------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------|
| <b>B1</b> | {1}          | $\emptyset$ | $\emptyset$                       | {1}                     |
| <b>B2</b> | {2}          | {9}         | {1, 4, 5, 7, 8, 9, 14}            | {1, 4, 5, 7, 8, 14, 2}  |
| <b>B3</b> | {4}          | {1, 14}     | {1, 4, 5, 7, 8, 14, 2}            | {4, 5, 7, 8, 2}         |
| <b>B4</b> | {5, 7, 8, 9} | {2, 11, 13} | {1, 4, 5, 7, 8, 2, 9, 11, 13, 14} | {1, 4, 5, 7, 8, 9, 14}  |
| <b>B5</b> | {11}         | {7}         | {1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 14}        | {1, 4, 5, 8, 9, 11, 14} |
| <b>B6</b> | {13, 14}     | {1, 4, 8}   | {1, 4, 5, 8, 9, 11, 14}           | {5, 9, 11, 13, 14}      |
| <b>B7</b> | $\emptyset$  | $\emptyset$ | {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

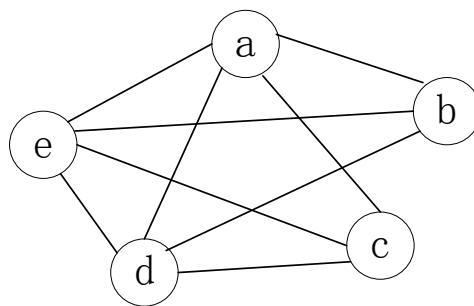


该表达式的目标代码之一：

```
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。若要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



若要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。