

$$S_{N_3}^t = S_{N_2}^f = \{f\}$$

$$S_{N_3}^f = S_{N_2}^t = \{t\}$$

接着,应用 AND 结点的规则,得到结点 N_4 的 BOR 约束集如下:

$$S_{N_4}^t = S_{N_1}^t \otimes S_{N_3}^t$$

$$= \{t\} \otimes \{f\}$$

$$= \{(t, f)\}$$

$$S_{N_4}^f = (S_{N_1}^f \times \{t_{N_3}\}) \cup \{t_{N_1}\} \times S_{N_3}^f$$

$$= (\{f\} \times \{f\}) \cup (\{t\} \times \{t\})$$

$$= \{(f, f), (t, t)\}$$

$$S_{N_4} = \{(t, f), (f, f), (t, t)\}$$

最后,利用 N_4 、 N_5 的 BOR 约束集,应用 OR 结点的规则,得到结点 N_6 的 BOR 约束集如下:

$$S_{N_6}^f = S_{N_4}^f \otimes S_{N_5}^f$$

$$= \{(f, f), (t, t)\} \otimes \{f\}$$

$$= \{(f, f, f), (t, t, f)\}$$

$$S_{N_6}^t = (S_{N_4}^t \times \{f_{N_5}\}) \cup \{f_{N_4}\} \times S_{N_5}^t$$

$$= (\{(t, f)\} \times \{f\}) \cup (\{(f, f)\} \times \{t\})$$

$$= \{(t, f, f), (f, f, t)\}$$

$$S_{N_6} = \{(t, f, f), (f, f, t), (t, t, f), (f, f, f)\}$$

注意 对于 f_{N_5} , 可以选择 (f, f) 或 (t, t) ; 此处, 选择了 (f, f) 。针对谓词 p_2 , 满足以上 4 个 BOR 约束的测试用例如表 2-7 所示。

练习 2.30 要求读者证明: 表 2-7 中的测试集针对 BOR 测试准则是充分的。

表 2-7 满足例 2.28 中谓词 p_2 的 BOR 约束的测试用例

	$a + b < c$	p	$r > s$	测试用例
t_1	t	f	f	$\langle a=1, b=1, c=3, p=false, r=1, s=2 \rangle$
t_2	f	f	t	$\langle a=1, b=1, c=1, p=false, r=1, s=0 \rangle$
t_3	t	t	f	$\langle a=1, b=1, c=3, p=true, r=1, s=1 \rangle$
t_4	f	f	f	$\langle a=1, b=1, c=0, p=false, r=0, s=0 \rangle$

2. 生成 BRO 约束集

回想谓词 p 的 BRO 充分测试集确保能够检测出 p 实现中存在的所有单/多布尔运算符及关系运算符故障。关系表达式 $e_1 \text{ relop } e_2$ 的 BRO 约束集 $S = \{(>), (=), (<)\}$ 。如下所述, 根据 relop 的不同, S 的“真”约束集、“假”约束集的划分结果也不一样:

$$\text{relop 为 } >: S^t = \{(>)\} \quad S^f = \{(<), (=)\}$$

$$\text{relop 为 } \geq: S^t = \{(>), (=)\} \quad S^f = \{(<)\}$$

$$\text{relop 为 } =: S^t = \{(<)\} \quad S^f = \{(>), (=)\}$$

$$\text{relop 为 } <: S^t = \{(<)\} \quad S^f = \{(>), (=)\}$$

$$\text{relop 为 } \leq: S^t = \{(<), (=)\} \quad S^f = \{(>)\}$$

现在, 修改前面介绍的用于生成谓词 BOR 约束集的算法 BOR-CSET, 以生成最小 BRO 约束集。修改后的算法如下:

从谓词 p 的抽象语法树生成最小 BRO 约束集的算法 BRO-CSET

输入: 谓词 p 的抽象语法树 $AST(p_r)$ 。 p_r 只包含奇异表达式。