

修改后的从谓词  $p_i$  生成测试集的 BOR 策略采用了原来的 BOR-CSET 算法以及新增的一个 Meaning Impact 算法, 简称 MI。在介绍 BOR-MI 算法之前, 先介绍根据奇异或非奇异布尔表达式  $p_i$  设计测试集的 MI-CSET 算法。应用算法 MI-CSET 时,  $p_i$  必须是析取范式 DNF; 如果不是, 先将  $p_i$  转化为 DNF, 目前已有将布尔表达式转化为最小 DNF 的标准算法。

从可能包含非奇异表达式的谓词生成最小约束集的算法 MI-CSET

输入: 以最小析构范式存在的布尔表达式  $E = e_1 + e_2 + \dots + e_n$ 。表达式  $E$  包含  $n$  个积项, 其中, 积项  $e_i$  包含  $l_i$  个文字,  $1 \leq i \leq n$ ,  $l_i > 0$ 。

输出: 表达式  $E$  的约束集  $S_E$ , 确保能够检测出  $E$  的实现中存在的缺失/冗余 NOT 运算符故障。

#### Begin of MI-CSET

步骤 1 针对每个积项  $e_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ), 构造使  $e_i$  取值为真的约束集  $T_{e_i}$ 。

步骤 2 对所有  $1 \leq i \leq n$  置  $TS_{e_i} = T_{e_i} - \bigcup_{j=1, j \neq i}^n T_{e_j}$ 。注意, 对任何  $1 \leq i, j \leq n$  ( $i \neq j$ ),  $TS_{e_i} \cap TS_{e_j} = \emptyset$ 。

步骤 3 构造  $S_E^t = \{c_i\}$ , 其中  $1 \leq i \leq n$ ,  $c_i$  是  $TS_{e_i}$  中的任一元素, 即从每个  $TS_{e_i}$  中只取一个元素。注意, 对任何  $c \in S_E^t$ ,  $E(c) = \text{true}$ , 即  $S_E^t$  中的每个元素都使表达式  $E$  取值为真。

步骤 4 对于所有  $1 \leq i \leq n$ , 设  $e_i = l_1 l_2 \dots l_{j-1} l_j l_{j+1} \dots l_{l_i}$ , 即积项  $e_i$  包含  $l_i$  个文字, 其中  $l_j$  为  $e_i$  中的第  $j$  个文字; 对于每个  $1 \leq j \leq l_i$ , 置  $e_i^j = l_1 l_2 \dots l_{j-1} \bar{l}_j l_{j+1} \dots l_{l_i}$ , 即将所有的积项  $e_i$ , 从左至右, 逐次将其第  $j$  个文字取补。构造约束集  $F_{e_i}^j$ , 使得对于任何  $c \in F_{e_i}^j$ ,  $e_i^j(c) = \text{true}$ , 即  $F_{e_i}^j$  中的每个元素都使积项  $e_i^j$  取值为真; 同样, 对于任何  $c \in F_{e_i}^j$ ,  $e_i(c) = \text{false}$ , 即  $F_{e_i}^j$  中的每个元素都使积项  $e_i$  取值为假。

步骤 5 置  $FS_{e_i} = F_{e_i}^j - \bigcup_{k=1}^n T_{e_k}$ , 注意, 对任何  $c \in FS_{e_i}$ ,  $E(c) = \text{false}$ , 即  $FS_{e_i}$  中的每个元素都使表达式  $E$  取值为假。

步骤 6 构造  $S_E^f$ , 使其规模最小, 并且覆盖每个  $FS_{e_i}$  至少一次。

步骤 7 构造表达式  $E$  的约束集  $S_E = S_E^t \cup S_E^f$ 。

#### End of MI-CSET

例 2.31 考虑表达式  $E = a(bc + \bar{b}d)$ , 其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  是布尔变量。注意,  $E$  是非奇异的表达式, 因为变量  $b$  出现了两次。设与  $E$  等价的析取范式为  $E = e_1 + e_2$ , 其中,  $e_1 = abc$ ,  $e_2 = \bar{a}bd$ 。现在应用算法 MI-CSET 生成  $S_E^t$ 、 $S_E^f$ 。

首先, 构造  $T_{e_1}$ 、 $T_{e_2}$  如下:

$$T_{e_1} = \{(t, t, t, t), (t, t, t, f)\}$$

$$T_{e_2} = \{(t, f, t, t), (t, f, f, t)\}$$

然后, 构造  $TS_{e_1}$ 、 $TS_{e_2}$  如下:

$$TS_{e_1} = \{(t, t, t, t), (t, t, t, f)\}$$

$$TS_{e_2} = \{(t, f, t, t), (t, f, f, t)\}$$

注意,  $TS_{e_1} \cap TS_{e_2} = \emptyset$ 。

接着, 从  $TS_{e_1}$ 、 $TS_{e_2}$  中各选取一个元素组成一个覆盖  $E$  的每个积项并使  $E$  取值为真的最小

约束集:

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

注意,  $S_E^t$  存在 4 种可能的取值。