Satisfiability Checking

SAT-Solving Example I

Prof. Dr. Erika Ábrahám

RWTH Aachen University
Informatik 2
LuFG Theory of Hybrid Systems

WS 16/17

SMT-solving example

- We use enumeration and propagation in DPLL-style for the search, and CDCL-style conflict resolution for backtracking.
- We use watched literals to speed up propagation.
- We use VSIDS as variable ordering heuristics and assign the value *false* to decision variables.
- In VSIDS, to order variables with the same activity value, we use the lexicographic order; in our example this will be $x_1 < x_2 < x_3 < x_4$.

Example

$$c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	c_1, c_3
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

Example

$$c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	c_1, c_3
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Decide $\neg x_1$

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Example

$$c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	c_1, c_3
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Propagate $\neg x_1$ in

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Example

$$c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 : c_1, c_3
$\neg x_1$:
x_2 : c_1, c_2
$\neg x_2$: c_3
x_3 : c_4
$\neg x_3$:
x_4 :
$\neg x_4$: c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Propagate $\neg x_1$ in $c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4)$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$

Watch lists:

x_1 : ~~c_1~~, c_3

$\neg x_1$:

x_2 : c_1, c_2

$\neg x_2$: c_3

x_3 : c_4

$\neg x_3$:

x_4 : c_1

$\neg x_4$: c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Propagate $\neg x_1$ in $c_1 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2} \vee x_4) \rightarrow (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4})$

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 : ~~c_1~~, c_3

$\neg x_1$:

x_2 : c_1, c_2

$\neg x_2$: c_3

x_3 : c_4

$\neg x_3$:

x_4 : c_1

$\neg x_4$: c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Propagate $\neg x_1$ in $c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4)$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$

Watch lists:

x_1 : ~~c_1~~, ~~c_3~~
$\neg x_1$:
x_2 : c_1, c_2
$\neg x_2$: c_3
x_3 : c_4
$\neg x_3$:
x_4 : c_1, c_3
$\neg x_4$: c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Propagate $\neg x_1$ in $c_3 : (\underline{x_1} \vee \underline{\neg x_2} \vee x_4) \rightarrow (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4})$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Decide $\neg x_2$

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

DL2: $\neg x_2$: NULL

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Propagate $\neg x_2$ in

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

DL2: $\neg x_2$: NULL

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
DL2: $\neg x_2$: NULL

Propagate $\neg x_2$ in $c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4})$

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

DL2: $\neg x_2$: NULL

$x_4 : c_1$

Propagate $\neg x_2$ in $c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \rightarrow$ Assign x_4

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
DL2: $\neg x_2$: NULL
x_4 : c_1

Propagate $\neg x_2$ in $c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4})$

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
DL2: $\neg x_2$: NULL
$x_4 : c_1$

Propagate $\neg x_2$ in $c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \rightarrow \lightning$ conflict!

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

DL2: $\neg x_2$: NULL

$x_4 : c_1$

Conflict resolution:

$$\frac{c_2 \quad c_1}{(x_1 \vee x_2)} \; x_4$$

Example

$$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$$

Watch lists:

x_1 :	
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	0
x_2	0
x_3	0
x_4	0

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
DL2: $\neg x_2$: NULL
$x_4 : c_1$

Conflict resolution: $\dfrac{(x_2 \vee \neg x_4) \quad (x_1 \vee x_2 \vee x_4)}{(x_1 \vee x_2)}$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Add conflict clause

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1:	$\neg x_1$: NULL
DL2:	$\neg x_2$: NULL
	$x_4 : c_1$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

Backtrack to DL1

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (\underline{x_1} \vee \underline{x_2})$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL

$x_2 : c_5$

Assign x_2 at DL1 by c_5

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$

Propagate x_2 in

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$

Propagate x_2 in $c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4})$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1:	$\neg x_1$: NULL
	$x_2 : c_5$
	$x_4 : c_3$

Propagate x_2 in $c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \rightarrow$ Assign x_4

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$

Propagate x_4 in

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$

Propagate x_4 in $c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4})$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$

Propagate x_4 in $c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \rightarrow$ O.K.

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$

Propagate x_4 in $c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4})$

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 :	c_5
$\neg x_1$:	
x_2 :	c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$:	c_3
x_3 :	c_4
$\neg x_3$:	
x_4 :	c_1, c_3
$\neg x_4$:	c_2, c_4

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$
$x_3 : c_4$

Propagate x_4 in $c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \rightarrow$ Assign x_3

Example

$c_1 : (x_1 \vee \underline{x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_2 : (\underline{x_2} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge c_3 : (x_1 \vee \underline{\neg x_2} \vee \underline{x_4}) \wedge c_4 : (\underline{x_3} \vee \underline{\neg x_4}) \wedge$
$c_5 : (x_1 \vee x_2)$

Watch lists:

x_1 : c_5
$\neg x_1$:
x_2 : c_1, c_2, c_5
$\neg x_2$: c_3
x_3 : c_4
$\neg x_3$:
x_4 : c_1, c_3
$\neg x_4$: $c_2,$

$\rightarrow$ SAT

Activities (increment=1):

x_1	1
x_2	1
x_3	0
x_4	1

Trail:

DL1: $\neg x_1$: NULL
$x_2 : c_5$
$x_4 : c_3$
$x_3 : c_4$