

Übung 13: SAT und Physical Design

Einführung in die Rechnerarchitektur

Niklas Ladurner

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

24. Januar 2025



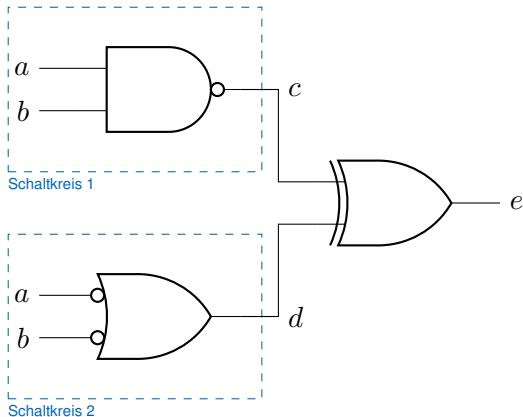
TUM Uhrenturm

Keine Garantie für die Richtigkeit der Tutorfolien.
Bei Unklarheiten/Unstimmigkeiten haben VL/ZÜ-Folien recht!

- Satisfiability \rightarrow Erfüllbarkeit einer booleschen Funktion feststellen
- moderne Solver können sichere Aussage über SAT/UNSAT treffen, ohne alle Variablenbelegungen durchzuprobieren \rightarrow einigermaßen effizient lösbar¹
- DPLL und Konfliktgraphen nicht mehr relevant für ERA
- Formulierung als KNF (Konjunktive Normalform, CNF): OR in den Klammern, AND dazwischen, z.B.:

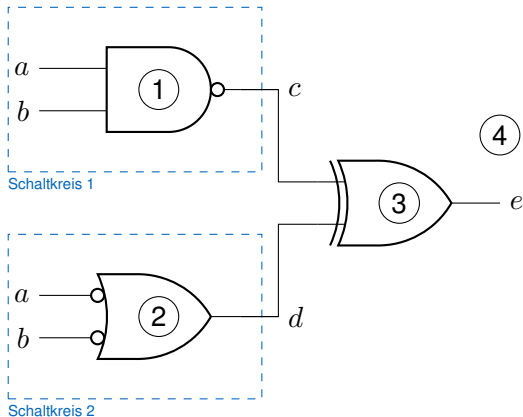
$$(x_1 + x_2 + x_3) \cdot (\overline{x}_2 + x_4 + x_5) \cdot (\overline{x}_1 + x_3 + \overline{x}_5)$$

¹ SAT ist und bleibt aber trotzdem NP-vollständig :)



c	d	$e = c \oplus d$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- existiert eine Belegung von a, b , sodass $e = 1$, dann sind die beiden Schaltkreise für diese Belegung nicht äquivalent
- eine solche Schaltung heißt Miter
- KNF kann durch Tseitin-Transformation aufgestellt werden



$$\textcircled{1} \quad \overline{(a \wedge b)} \leftrightarrow c \wedge$$

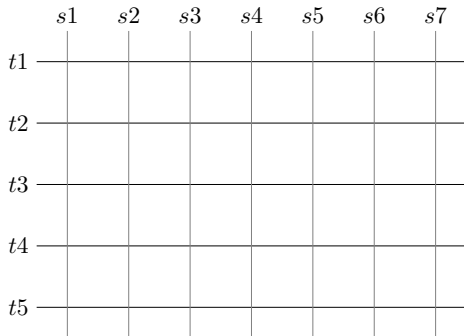
$$\textcircled{2} \quad (\bar{a} \vee \bar{b}) \leftrightarrow d \wedge$$

$$\textcircled{3} \quad (c \oplus d) \leftrightarrow e \wedge$$

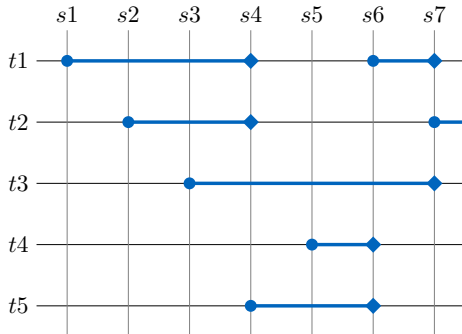
$$\textcircled{4} \quad e$$

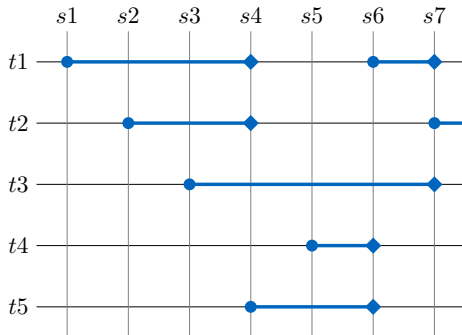
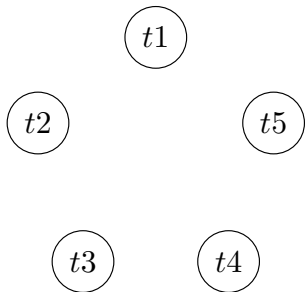
nach Umformung zu KNF und Berechnung
mittels eines SAT-Solvers erhalten wir UNSAT,
die Schaltkreise sind also äquivalent

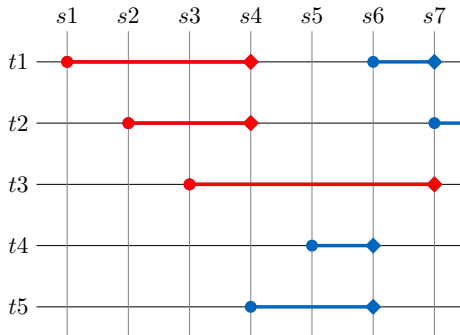
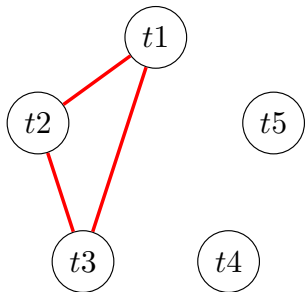
s1: $t1 = 1$
s2: $t2 = 5$
s3: $t3 = 7$
s4: $t5 = t1 + t2$
s5: $t4 = t3 + t5$
s6: $t1 = t4 + t5$
s7: $t2 = t1 + t3$

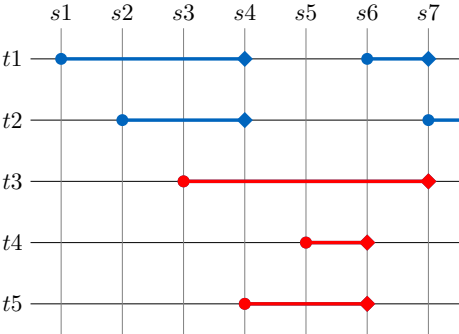
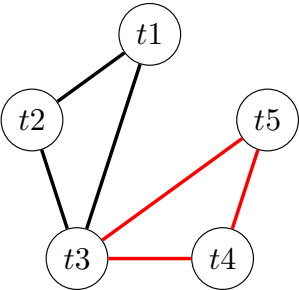


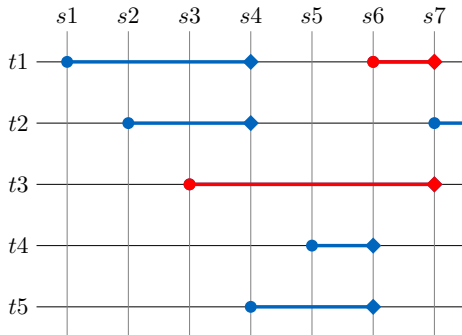
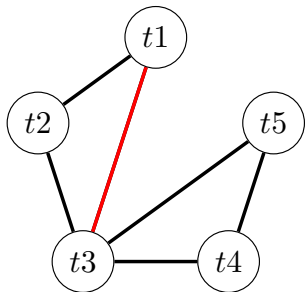
s1: $t1 = 1$
s2: $t2 = 5$
s3: $t3 = 7$
s4: $t5 = t1 + t2$
s5: $t4 = t3 + t5$
s6: $t1 = t4 + t5$
s7: $t2 = t1 + t3$

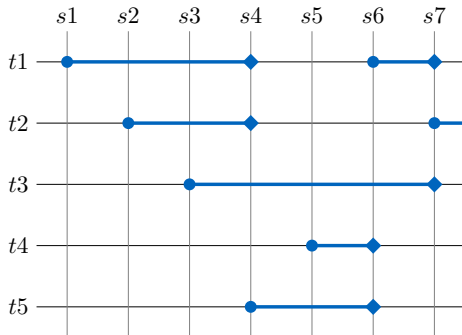
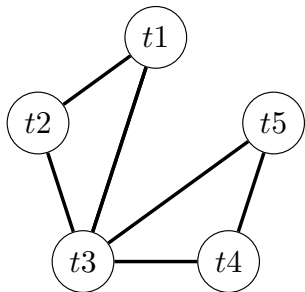


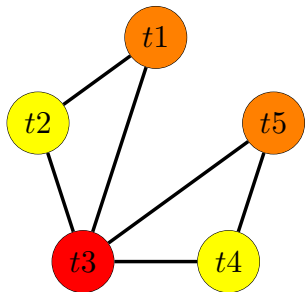




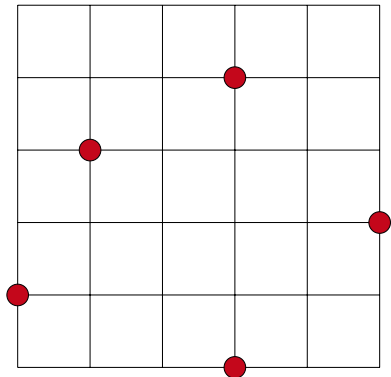




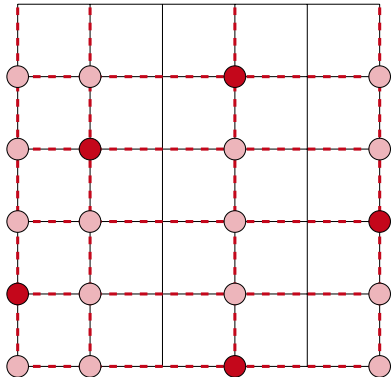




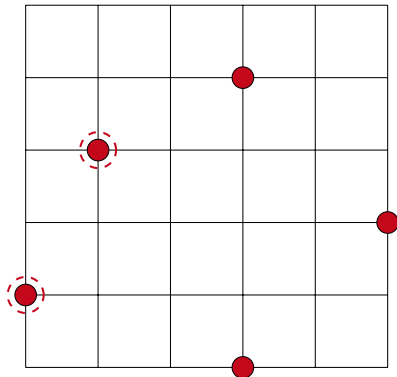
- In Register ● $a0: t2, t4$
- In Register ● $a1: t1, t5$
- In Register ● $a2: t3$



- Ziel: Verbindung von Terminalen mit kürzesten Pfaden
- rektilinear (geradlinig): nur horizontale/vertikale Verbindungen

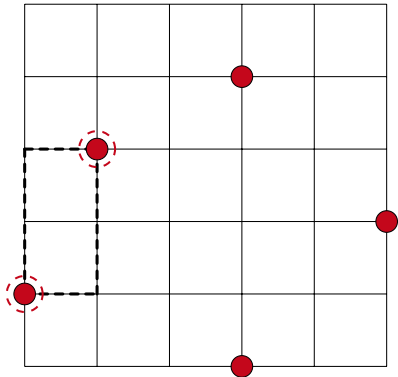


- Hanan-Punkte: mögliche Steinerknoten (Abzweigungen im Steinerbaum)
- Schnittpunkte von Geraden durch Terminalknoten
- Reduziert Menge an Abzweigungspunkten, die betrachtet werden müssen



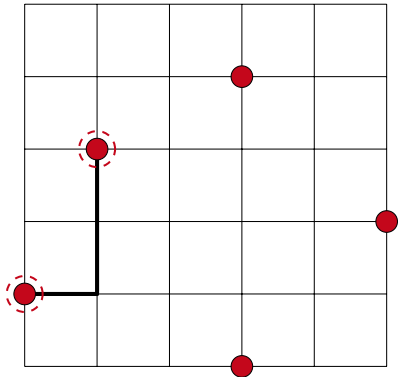
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler
Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$



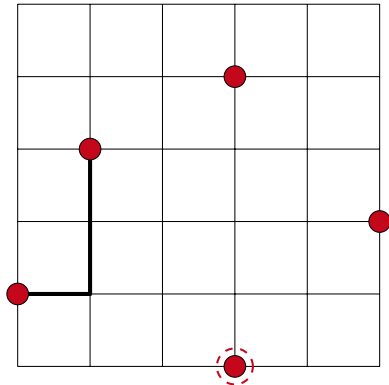
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)



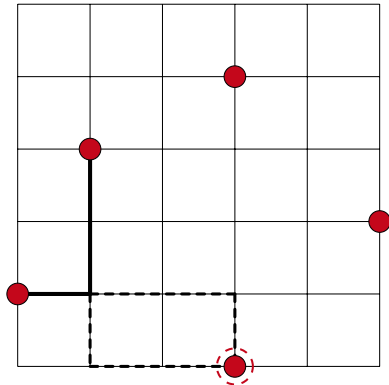
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat



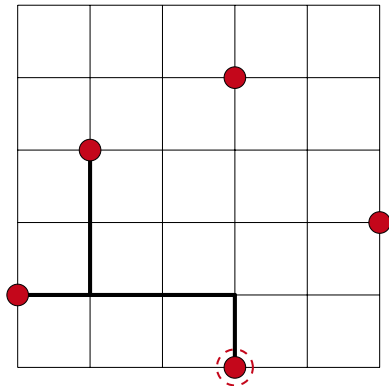
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



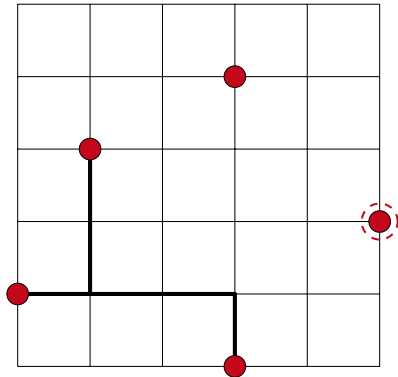
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



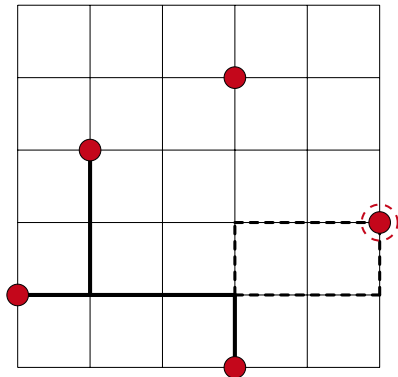
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



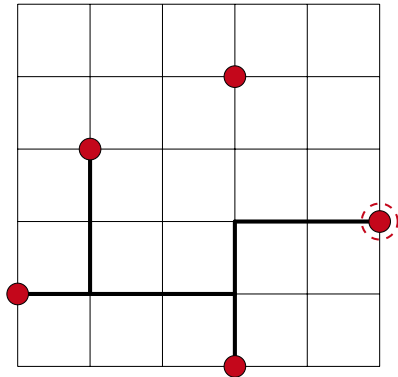
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



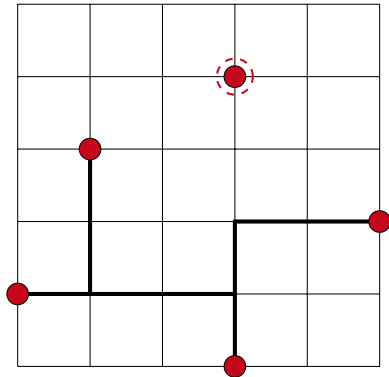
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



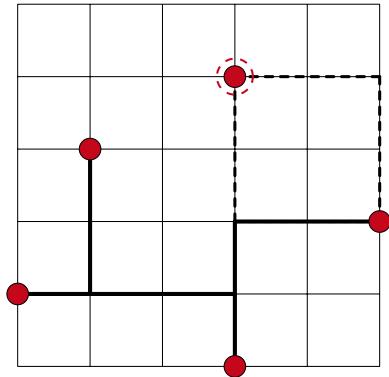
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



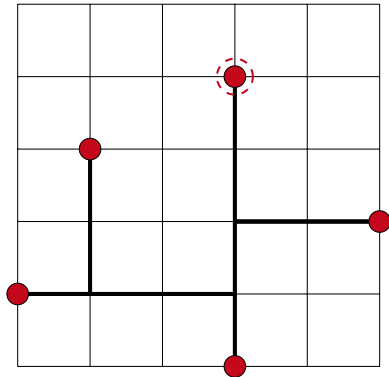
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



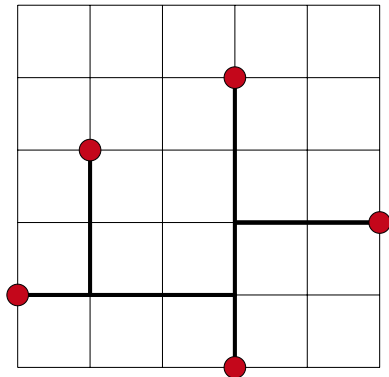
Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz $\delta = \Delta x + \Delta y$
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhattan-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

Fragen?

Die Slides zur Registerallokation wurden von Bjarne Hansen übernommen

- „H13 – Verifikation mit SAT“ bis 02.02.2025 23:59 Uhr
- Finden der KNFs für zwei Miter-Schaltungen
- letzte Hausaufgabe – Notenbonus ab 80% (exklusive Bonuspunkte)

- Zulip: „ERA Tutorium - Do-1600-1“ bzw. „ERA Tutorium - Fr-1500-2“
- ERA-Moodle-Kurs
- ERA-Artemis-Kurs

Übung 13: SAT und Physical Design

Einführung in die Rechnerarchitektur

Niklas Ladurner

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

24. Januar 2025



TUM Uhrenturm