Algorithmen für Chip-Entwurfswerkzeuge

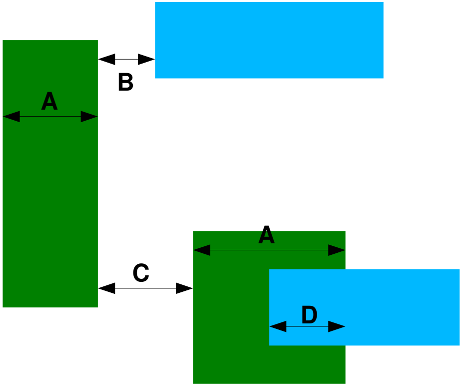
Kompaktierung

Vorlesung
WS 2014/2015

Andreas Koch

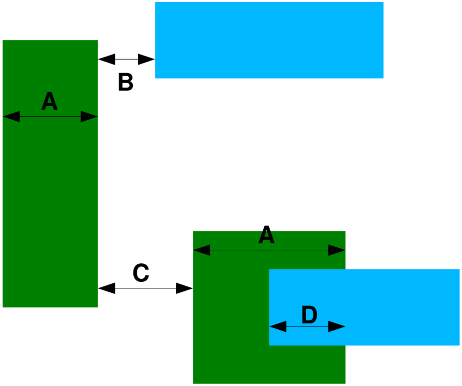
Eingebette Systeme und Anwendungen
Technische Universität Darmstadt

Entwurfsregeln



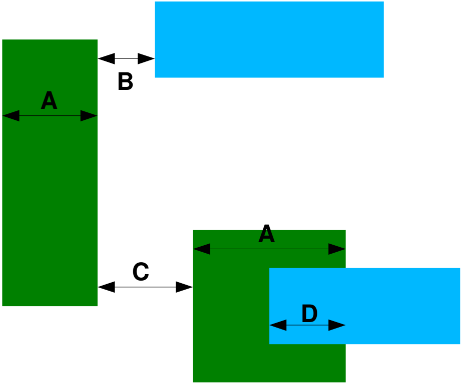
- Bei ASIC-Layouts

Entwurfsregeln



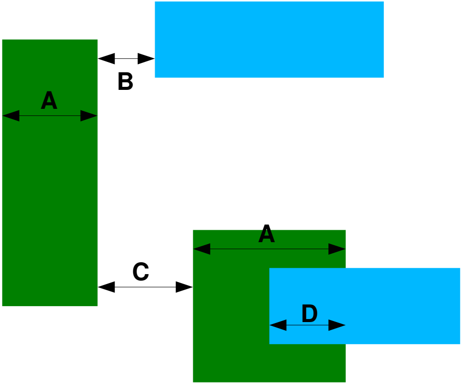
- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit

Entwurfsregeln



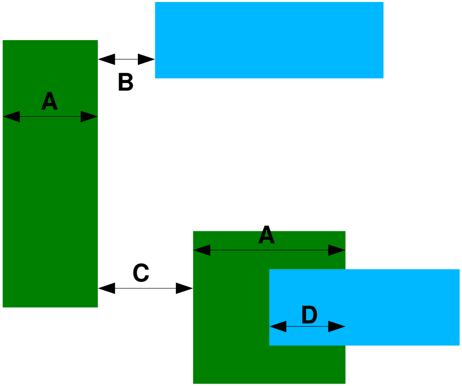
- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet

Entwurfsregeln



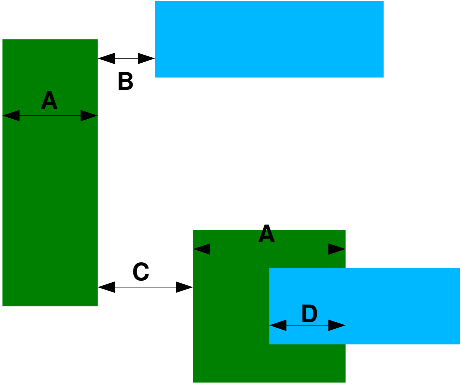
- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:

Entwurfsregeln



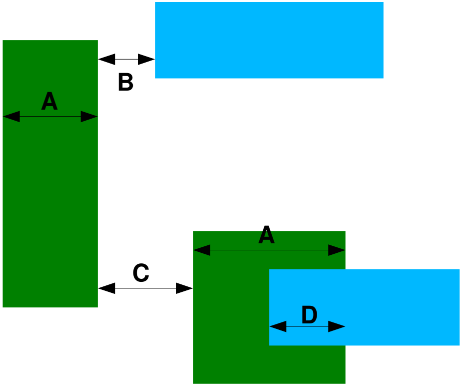
- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:
  - Minimale Breite (A)

Entwurfsregeln



- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:
  - Minimale Breite (A)
  - Minimaler Abstand (B,C)

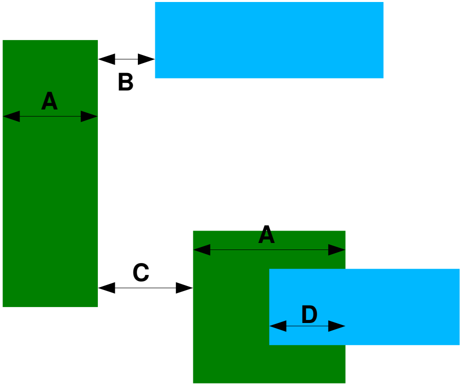
Entwurfsregeln



- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:
  - Minimale Breite (A)
  - Minimaler Abstand (B,C)
  - Minimale Überlappung (D)

Entwurfsregeln

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:
  - Minimale Breite (A)
  - Minimaler Abstand (B,C)
  - Minimale Überlappung (D)
  - Werte vielfaches von λ

Kompaktierung
Motivation

- Komprimieren/Expandieren von Layouts
  - Unter Beachtung der Designregeln!
- Anwendungsgebiete:

  Layout-Compilierung von symbolischen in geometrische Layouts
  Flächenminimierung von bestehenden Layouts
  Korrektur von Entwurfsregelverletzungen
  Skalierung der Technologie

Kompaktierung
Vorgehensweise

Eindimensional (1D)

Kompaktierung
Vorgehensweise

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

Kompaktierung
Vorgehensweise

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen

Kompaktierung
Vorgehensweise

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen

Kompaktierung
Vorgehensweise

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen
- Problem: Effizent, aber suboptimal

Kompaktierung
Vorgehensweise

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen
- Problem: Effizent, aber suboptimal

Zweidimensional (2D)

Kompaktierung
Vorgehensweise

Eindimensional (1D)

- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen
- Problem: Effizent, aber suboptimal

Zweidimensional (2D)

- Beide Richtungen simultan bearbeiten

Kompaktierung
Vorgehensweise

Eindimensional (1D)

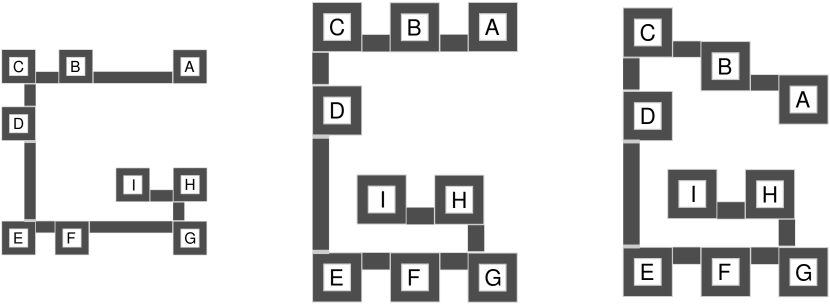
- Nur eine Richtung bearbeiten

  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen
- Problem: Effizent, aber suboptimal

Zweidimensional (2D)

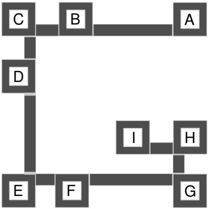
- Beide Richtungen simultan bearbeiten
- Problem: Optimal, aber NP-hart

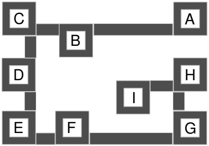
Kompaktierung
Graphisches Beispiel

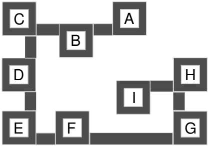


Original ⇒ Horizontal kompaktiert ⇒ Vertikal kompaktiert

Kompaktierung
Graphisches Beispiel

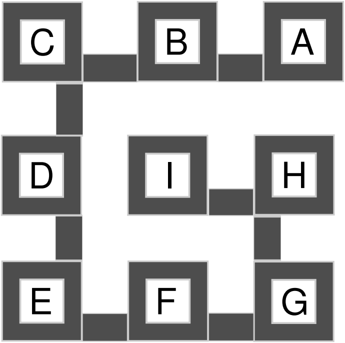






Original $\Rightarrow$ Vertikal kompaktiert $\Rightarrow$ Horizonal kompaktiert

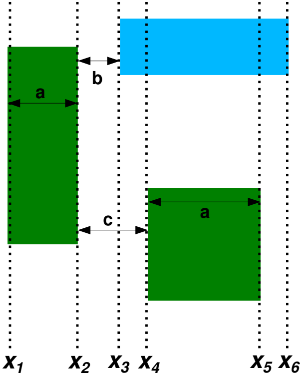
Kompaktierung
Optimum



Optimum

- 2D-Kompaktierung
  - Findet optimale Lösung
  - Problem: NP-Vollständig
- Tatsächliche Vorgehensweise
  - Mehrfache 1D-Kompaktierung
  - Abwechselnd horizontal, vertikal
  - Problem: Nicht optimal

Modellierung
Abstände $\mapsto$ Ungleichungen

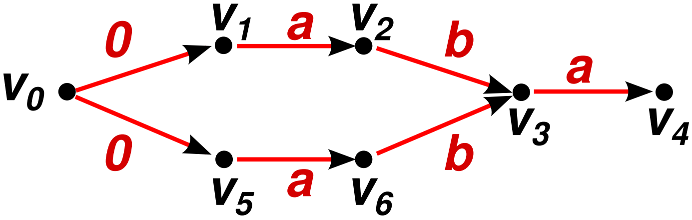


$$x_2 - x_1 \geq a$$
$$x_3 - x_2 \geq b$$
$$x_5 - x_4 \geq a$$
$$x_j - x_i \geq d_{ij}$$

Modellierung
Einschränkungsgraph

Eingschrängungsgraph $G(V, E)$

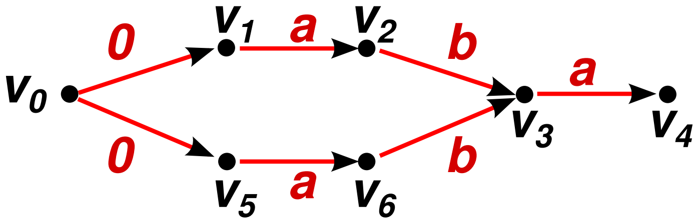
- Gerichtet von (v_i, v_j)



Modellierung
Einschränkungsgraph

Eingschrängungsgraph $G(V, E)$

- Gerichtet von (v_i, v_j)
- Zyklenfrei

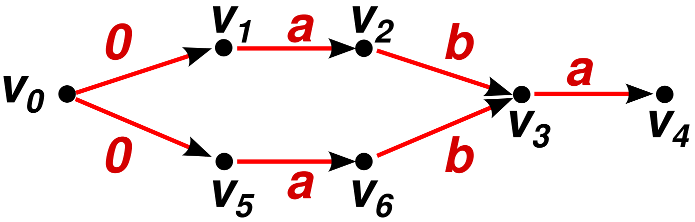


Modellierung
Einschränkungsgraph

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Eingschrängungsgraph $G(V, E)$

- Gerichtet von (v_i, v_j)
- Zyklenfrei
- Längster Pfad von v_0 zu v_j = Minimale Koordinate von x_i

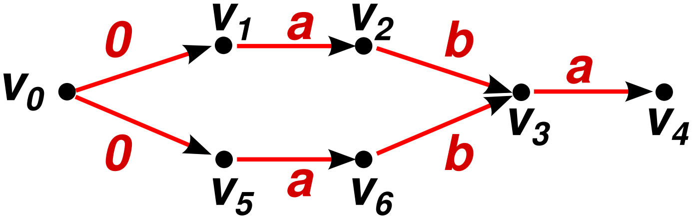


Embedded Systems & Applications

Modellierung
Einschränkungsgraph

Eingschrängungsgraph $G(V, E)$

- Gerichtet von (v_i, v_j)
- Zyklenfrei
- Längster Pfad von v_0 zu v_j = Minimale Koordinate von x_i
- Modelliere x_n durch v_n



Modellierung
Maximale Abstände

- Bisher nur miminmale Abstände

Modellierung
Maximale Abstände

- Bisher nur miminmale Abstände
- Maximale Abstände mathematisch: $|x_c - x_w| \le d$

Modellierung
Maximale Abstände

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Bisher nur miminmale Abstände
- Maximale Abstände mathematisch: $|x_c - x_w| \leq d$
- $x_j - x_i \leq c_{ij}$ und $x_i - x_j \leq c_{ij}$, $c_{ij} \geq 0$

Modellierung
Maximale Abstände

- Bisher nur miminmale Abstände
- Maximale Abstände mathematisch: $|x_c - x_w| \leq d$
- $x_j - x_i \leq c_{ij}$ und $x_i - x_j \leq c_{ij}$, $c_{ij} \geq 0$
- Passende Form für unseren Einschränkungsgraph
  Achtung: Jetzt sind aber Zyklen möglich

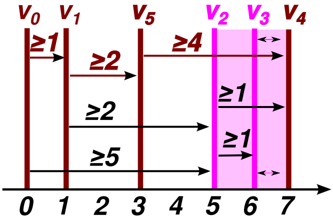
Modellierung
Maximale Abstände

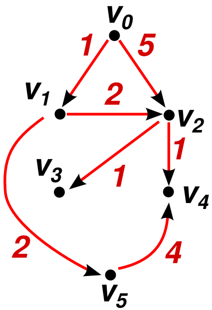
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Bisher nur miminmale Abstände
- Maximale Abstände mathematisch: $|x_c - x_w| \leq d$
- $x_j - x_i \leq c_{ij}$ und $x_i - x_j \leq c_{ij}$, $c_{ij} \geq 0$
- Passende Form für unseren Einschränkungsgraph
  Achtung: Jetzt sind aber Zyklen möglich
- Lösung: Berechnung des Längesten Pfades in Graphen mit Zyklen
  Genauer: Einfacher Pfad (d.h. jede Kante max. einmal)

Kompaktierung
Kritische vs. Unkritische Element

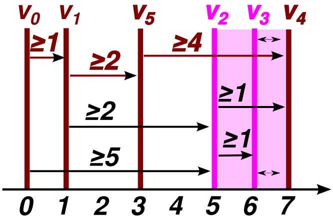
- *Kritische Elemente* sind die Knoten entläng des Längsten Pfades

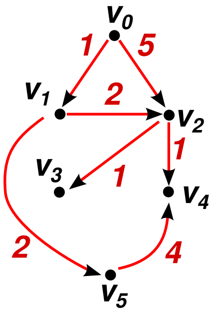




Kompaktierung
Kritische vs. Unkritische Element

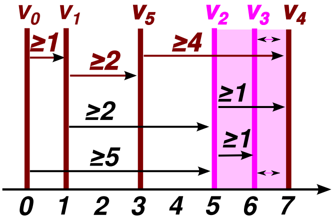
- *Kritische Elemente* sind die Knoten entläng des Längsten Pfades
- Unkritisch alle anderen

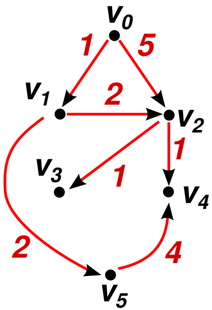




Kompaktierung
Kritische vs. Unkritische Element

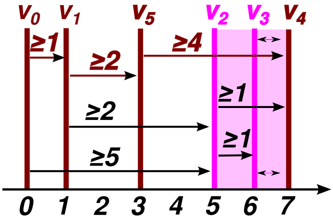
- *Kritische Elemente* sind die Knoten entläng des Längsten Pfades
- Unkritisch alle anderen
- Layout-Breite hängt nur von kritischen Elementen ab

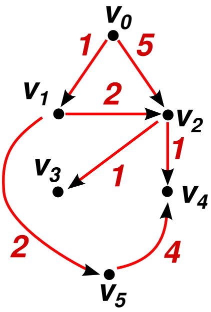




Kompaktierung
Kritische vs. Unkritische Element

- *Kritische Elemente* sind die Knoten entläng des Längsten Pfades
- Unkritisch alle anderen
- Layout-Breite hängt nur von kritischen Elementen ab
- Unkritische Elemente, verschiebbar
  Beeinflussen aber weitere Iterationen





Kompaktierung
Weitergehende Details

- Freie Layoutelemente
  Optimale Lösung ist 2D-Kompaktierung

Kompaktierung
Weitergehende Details

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Freie Layoutelemente
  Optimale Lösung ist 2D-Kompaktierung
- Einfügen von Jogs
  Knicke in den Leitungen

Kompaktierung
Weitergehende Details

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Freie Layoutelemente
  Optimale Lösung ist 2D-Kompaktierung
- Einfügen von Jogs
  Knicke in den Leitungen
- Berechnen der Einschränkungen
  Einfacher n^2-Ansatz: Redundanzen enthalten

Kompaktierung
Weitergehende Details

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Freie Layoutelemente
  Optimale Lösung ist 2D-Kompaktierung
- Einfügen von Jogs
  Knicke in den Leitungen
- Berechnen der Einschränkungen
  Einfacher n^2-Ansatz: Redundanzen enthalten
- Hierarchisches Vorgehen

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kompaktierung

Zusammenfassung

- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade
  - Mit und ohne Zyklen

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade
  - Mit und ohne Zyklen
- Modellierung von Schaltungen

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade
  - Mit und ohne Zyklen
- Modellierung von Schaltungen
  - Graphbasiert

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade
  - Mit und ohne Zyklen
- Modellierung von Schaltungen
  - Graphbasiert
  - Hierarchisch