

Algorithmen im Chip-Entwurf 11

Floorplanning

Andreas Koch
FG Eingebettete Systeme
und ihre Anwendungen
TU Darmstadt

Floorplanning

1

Überblick

- Floorplanning
- Problemstellungen
 - Cell Sizing Problem
- Technische Konzepte
- Modellierung
- Lösungsalgorithmus

- CAD-Werkzeug Demo

Floorplanning

2

Floorplanning 1

Normale Vorgehensweise im VLSI-Entwurf:

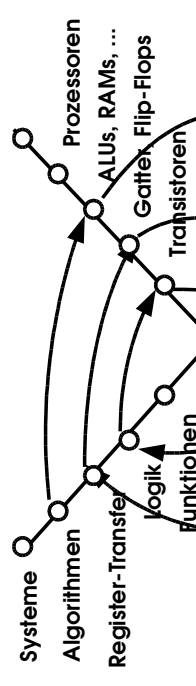
- Bottom-Up
- Problem: Ineffizient
 - Übergeordnete Aspekte nicht berücksichtigt
 - ◆ „Big Picture“ fehlt
 - Führt zu schlechtem Layout
- Alternative: Top-Down
 - Berücksichtige Layout bei allen Schritten
 - Vereinfachungen
 - ◆ Relative Anordnungen statt absoluter Position
 - ◆ Abschätzungen z.B. für Fläche, Verdrahtungslänge

Floorplanning

3

Floorplanning 2

Verhalten



Struktur

Physikalisch

Floorplanning

4

Floorplanning 3

- **Design Closure**
- **Extrem wichtig bei kleiner Strukturbreite**
 - Deep Sub-Micron (DSM)
 - Verzögerungen nun überwiegend in Leitungen
 - Kapazitive und induktive Effekte
 - Layout muß berücksichtigt werden
- **Aber ähnliche Situation auch bei FPGAs**
 - Programmierbare Verbindungen langsam

Floorplanning

5

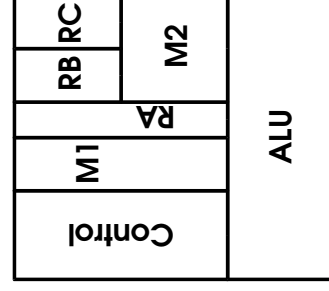
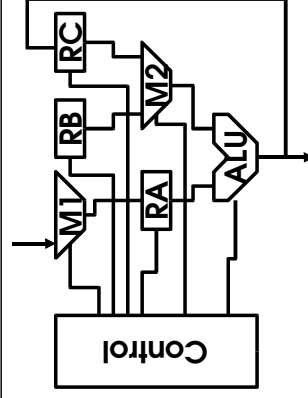
Floorplanning 4

- **Auf unteren Entwurfsebenen**
 - Ausreichend Details vorhanden
 - ◆ Fläche
 - ◆ Verdrahtung
 - Layout leicht zu berücksichtigen
- **Auf höheren Entwurfsebenen**
 - Details fehlen
 - Abschätzungen erforderlich z.B. für
 - ◆ Fläche
 - ◆ Verdrahtungsmuster

Floorplanning

6

Floorplanning 5



- **Topologische Anordnung**
- **Flexible Blöcke, nach Festlegen bekannt:**
 - Abmessungen
 - Lage der Terminals
- **Floorplanning**
 - Bestimme optimale Form und Anordnung

Floorplanning

7

Konzepte

- **Blattzellen (leaf cells)**
 - Zellen auf niedrigster Hierarchiestufe
 - Enthalten keine weiteren Zellen mehr
- **Zusammengesetzte Zellen (composite cells)**
 - Enthalten weitere zusammengesetzte Zellen und/oder Blattzellen
 - Gesamter Chip als zusammengesetzte Zelle
- **Einschränkung**
 - Nur rechteckige Zell-Layouts

Floorplanning

8

Slicing Floorplans 1

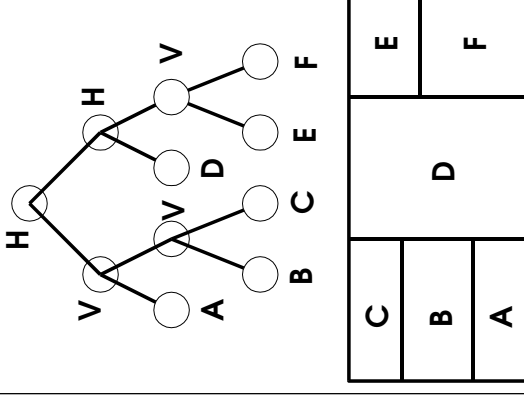
- Vereinfachung
 - Fordern weiterer Einschränkungen
- Niedrigere Hierarchiestufe durch
 - Durchschneiden (slicing) der aktuellen Zelle
 - ◆ Nicht zwangsläufig Halbierung (./ Min-Cut)!
 - Horizontal oder Vertikal
- Konstruktive Sicht
 - Setze Zelle durch Anreihen von Unterzellen zusammen
 - ◆ Horizontal oder Vertikal

Floorplanning

9

Slicing Floorplans 2

- Darstellung durch Slicing Tree
 - Knoten sind Schnitte oder Blattzellen
 - Schritte nach Richtung getrennt
 - ◆ H: Linker Unterbaum
 - ◆ V: Linker Unterbaum LINKS von rechtem
 - ◆ V: Linker Unterbaum UNTER rechtem
- Ordnung=2

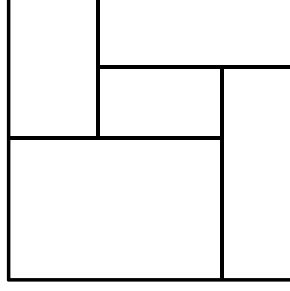


Floorplanning

10

Spiral Floorplans 1

- Nicht alle Floorplans sind slicing!
 - Kann ab 5 Zellen auftreten
- Rad oder Spirale

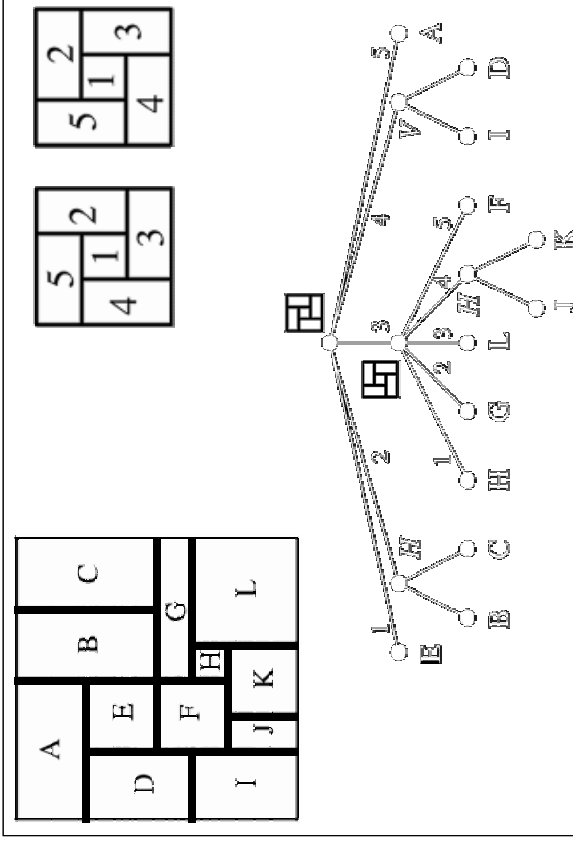


- Modellierbar durch
 - Neue Operator-knoten im Baum
 - Operator hat 5 Operanden (Ordnung 5)

Floorplanning

11

Spiral Floorplan 2



Floorplanning

12

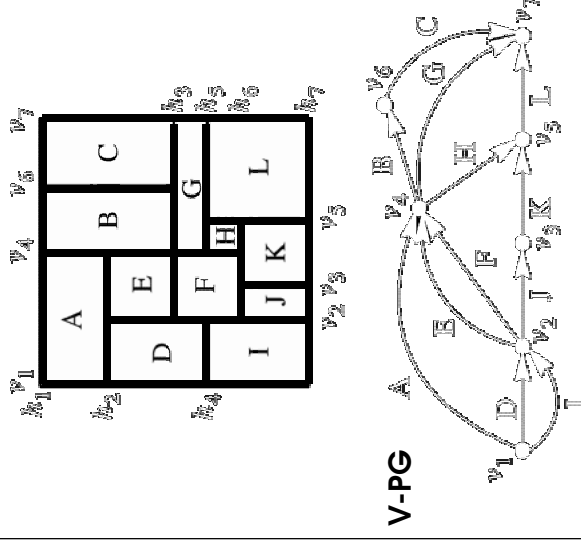
Polare Graphen 1

- **Höhere Ordnungen als 5 existieren**
 - **Extremfall:** n Zellen → Ordnung n
 - Hier keine hierarchische Darstellung mehr
- **Alternative: Polarer Graph**
 - **Finde längste Trennlinien zwischen Zellen**
 - ◆ Horizontale Linien → Knoten im Horizontalen PG
 - ◆ Vertikale Linien → Knoten im Vertikalen PG
 - **Zellen → Kanten in beiden PGs**
 - ◆ Im H-PG: Von der oberen Begrenzung zur unteren
 - ◆ Im V-PG: Von der linken Begrenzung zur rechten

Floorplanning

13

Polare Graphen 2



Floorplanning

14

Anreihung

- **Anreihbarkeit (abutment)**
- **Optimal für Verdrahtung**
 - **Kleinste Fläche**
 - ◆ Keine Kanäle
 - **Kürzeste Verbindung**
- **Setzt flexible Zell-Generatoren voraus**
 - Akzeptieren vorgegebene Pin-Positionen
 - Zell-Umgebung muß berücksichtigt werden

Floorplanning

15

Optimierungsprobleme

- **Floorplan-Erzeugung**
 - Bestimme 2D Anordnung aus Struktur
 - Nicht unbedingt hierarchisch
 - ◆ Alternativ z.B. durch Verwendung von Min-Cut, Clustering
 - Ähnlich Platzierungsproblem
 - ◆ Komplizierter: Keine festen Formen
- **Größenanpassung (sizing)**
 - Finde optimale Form für jede Blatt-Zelle
 - ◆ Eingabeparameter für Zell-Generatoren
- **Zell-Generierung**
 - Erzeuge Layout nach Eingabeparametern
 - ◆ Form, Pin-Anordnung, Breite, Datentypen, ...

Floorplanning

16

Größenanpassung

- **Idee:**
 - Fläche zur Realisierung einer Operation: A
 - Flexible Zellen: $h \cdot w \geq A$
 - ◆ Variiere Seitenverhältnis
 - Minimale Zellhöhe als Funktion der Breite: Formfunktion

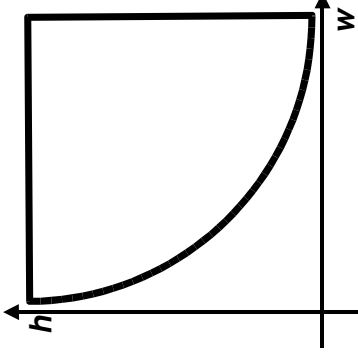
$$h(w) = \frac{A}{w}$$

- Praktisch nicht alle Werte möglich
 - ◆ Sehr schmal oder sehr breit ausgeschlossen
 - ◆ Auf Grund von Design-Rules
 - ◆ Fordere Untergrenzen für Ausmaße

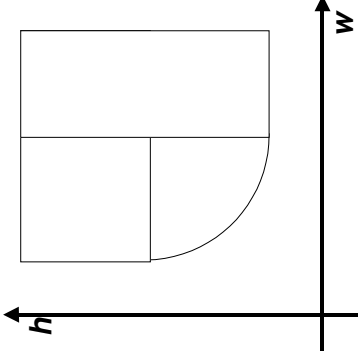
Floorplanning

17

Formfunktionen 1



- Formfunktion ohne Einschränkungen



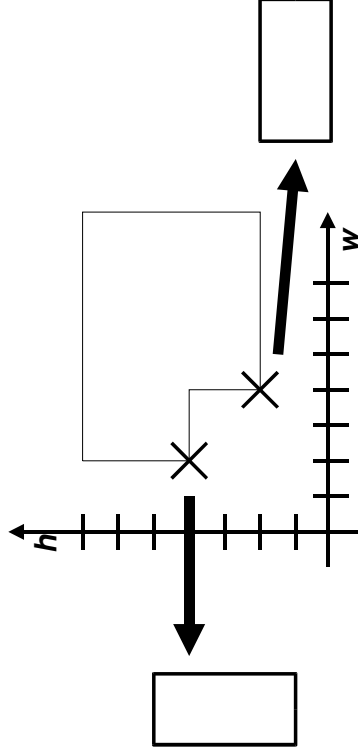
- Formfunktion mit Einschränkungen
- ◆ Keine Funktion mehr!

Floorplanning

18

Formfunktionen 2

- Bisher: Stetige Funktionen
- Real: Nur diskrete Werte möglich
- Beispiel: Harte Zelle, $h \times w = 4 \times 4$

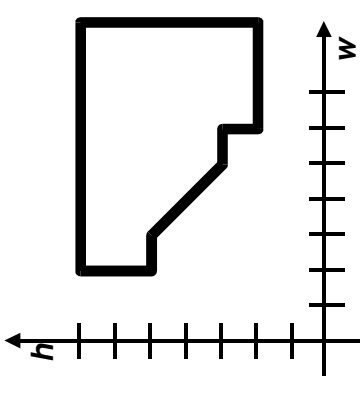
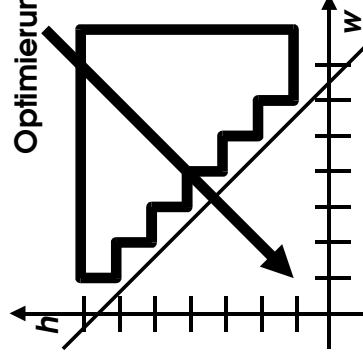


Floorplanning

19

Formfunktionen 3

- Mehrere Seitenverhältnisse möglich
 - Horizontales Segment \rightarrow Realisierung
- Auch stückweise lineare Funktionen
 - Teilintervalle durch Teilpunkte begrenzt



Floorplanning

20

Formfunktionen 4

- Hierarchische Vorgehensweise
- Bestimme Form einer zusammengesetzten Zelle
 - Aus Formen der Unterzellen
 - Bottom-Up
- Zunächst: Vertikale Anreihung
 - Zelle c1 über Zelle c2 angereiht
 - Formfunktionen $h_1(w)$, $h_2(w)$
 - Zusammengesetzte Formfunktion

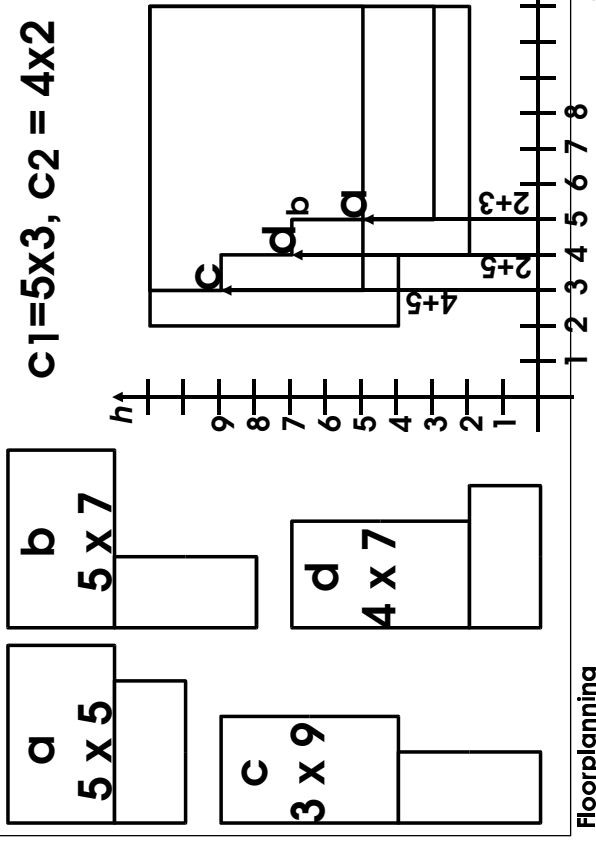
$$h_3(w) = h_1(w) + h_2(w)$$

- Nur an Intervallgrenzen berechnen

Floorplanning

21

Formfunktionen 5



Floorplanning

22

Formfunktionen 6

- Horizontale Anreihung
 - Zelle c1 links neben Zelle c2 angereiht
 - Formfunktionen $h_1(w)$, $h_2(w)$
 - Jetzt werden Breiten aufsummiert
 - ◆ Gebraucht „ $w_1(h)$ “ und „ $w_2(h)$ “
 - ◆ Inverse verwenden!
 - ◆ Hier vereinfacht, tatsächlich keine echten „Funktionen“
 - Zusammengesetzte Formfunktion

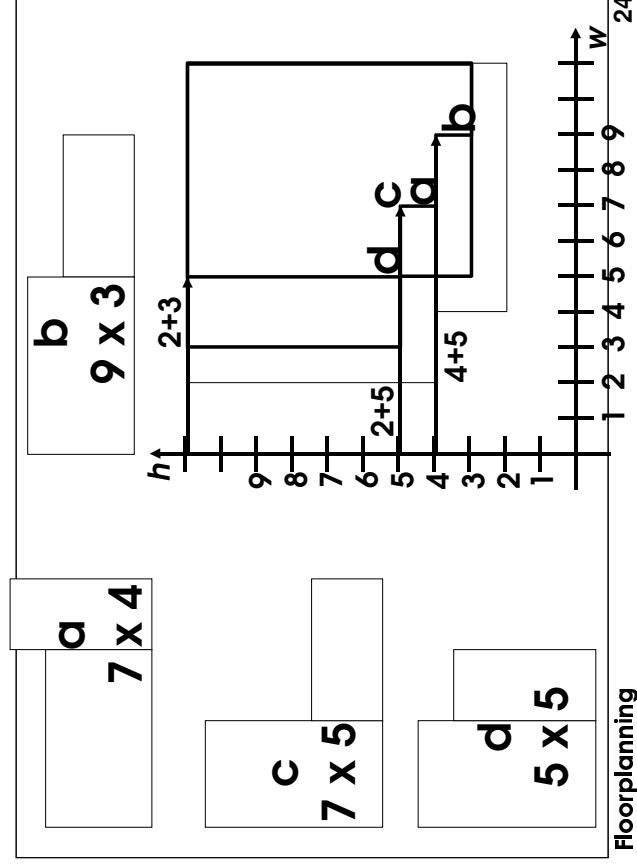
$$h_3^{-1}(h) = h_1^{-1}(h) + h_2^{-1}(h)$$

- Auch hier nur an Intervallgrenzen berechnen

Floorplanning

23

Formfunktionen 7



Floorplanning

24

Auswahl der besten Form 1

- Bestimmen der Formfunktionen über *alle* zusammengesetzten Zellen
 - Bottom-Up
 - = Formfunktion für gesamten Chip
- Gesucht: Formauswahl je Zelle
 - Mit bestem Gesamtergebnis
 - Häufigstes Optimierungsziel: Min. Fläche
- Übergeordnete Zell-Form bestimmt die Formen aller untergeordneten Zellen
 - Eindeutige Zuordnung!
 - Top-Down

Floorplanning

25

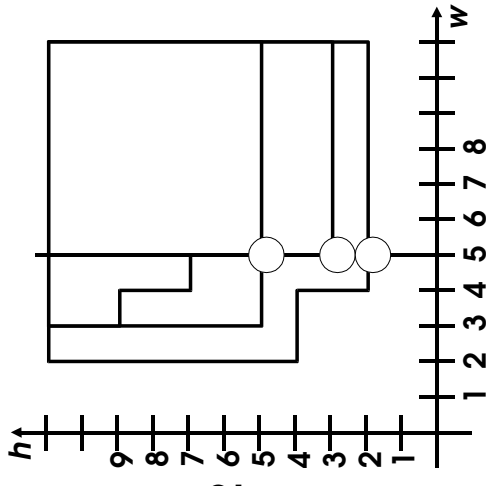
Auswahl der besten Form 2

Optimale Fläche

$$5 \times 5 = 25$$

- C1: 5x3
- C2: 5x2 → 4x2

- Auswahl H/V durch Slicing Tree



Floorplanning

26

Größenpassungsalgorithmus

- Gegeben: Slicing Tree
 - Erstellt z.B. mittels Min-Cut
- Bestimme Formfunktion der Wurzelzelle
 - Bottom-Up Vorgehen beginnend bei Blatt-Zellen
 - Kombiniere Formfunktionen entsprechende Slice-Richtung
- Wähle optimale Form für Wurzelzelle
- Propagiere Effekte der Auswahl in Slicing Tree
 - Top-Down Vorgehen beginnend bei Wurzel

Floorplanning

27

Komplexität 1

- In polynomialer Zeit möglich
- Annahmen
 - n Zellen → n Formfunktionen
 - q Teilpunkte in allen Formfunktionen ($q \geq n$)
 - d Ebenen im Slicing Tree
- Dann
 - Auf jeder Ebene $O(q)$ Formfunkt. berechnen
 - ◆ Anzahlen Teilpunkte summieren sich bei Bottom-Up
 - Also $O(dq)$ Berechnungen
 - ◆ Ausbalancierter Baum: $d = \log n \rightarrow O(q \log n)$

Floorplanning

28

Komplexität 2

- Gilt nur für Slicing Floorplans
 - Sonst NP-vollständig
- Floorplans der Ordnung 5 (mit Spiralen)
 - Problem: Berechnung der Formfunktion
 - ◆ Bei k Alternativen pro Zelle
 - ◆ Brute Force: k^5 Möglichkeiten
 - ◆ Schläuer: $O(k^2 \log k)$
 - ◆ Beim Bottom-Up Durchlauf durch d Ebenen dann $\Omega(k^{2d})$

Floorplanning

29

Vorbereitung für Di

- Verbesserung von Platzierung und Verdrahtung
 - Neue Ideen
 - Gehen hinaus über
 - ◆ Tuning des Simulated Annealing
 - ◆ Reine Fehlersuche
- 😊 Seien Sie kreativ!

Floorplanning

30

Zusammenfassung

- Floorplanning
- Grundlagen
- Probleme
- Genauer
 - Darstellungen
 - Größenanpassungsproblem
 - Algorithmus
- CAD-Werkzeug Demo
 - Synthese
 - Technologie-Abbildung
 - Platzierung
 - Verdrahtung
 - Timing-Analyse

Floorplanning

31