



KV Computer Microsystems

Teil III: Synthese

Andreas Koch

FG Eingebettete Systeme und ihre Anwendungen
Informatik, TU Darmstadt

Sommersemester 2005



Übersicht

Sequenzgraph aus imperativer Sprache

... Regula Falsi

... Verbindungssynthese

Registerbindung

... LEFTEDGE Algorithmus

Konfliktgraphen

... ILP für Ressourcetyp ALU

Beschränkungsgraph

... Textaufgabe



- Regula Falsi

- Iterative Bestimmung der Nullstelle von $f(x)$
- hier: $f(x) := x^2 - a$
- Berechnung von \sqrt{a}

- Iterationsvorschrift

- $y_i := f(x_i)$
- Anfangswerte x_1 und x_2 schliessen Nullstelle ein
- $x_3 = x_2 - y_2 \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$

- In der Reihenfolge der mathematischen Berechnung vorgehen

- "von innen nach aussen"
- Kommutativität ausnutzen

Sequenzgraph aus imperativer Sprache II



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi

Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

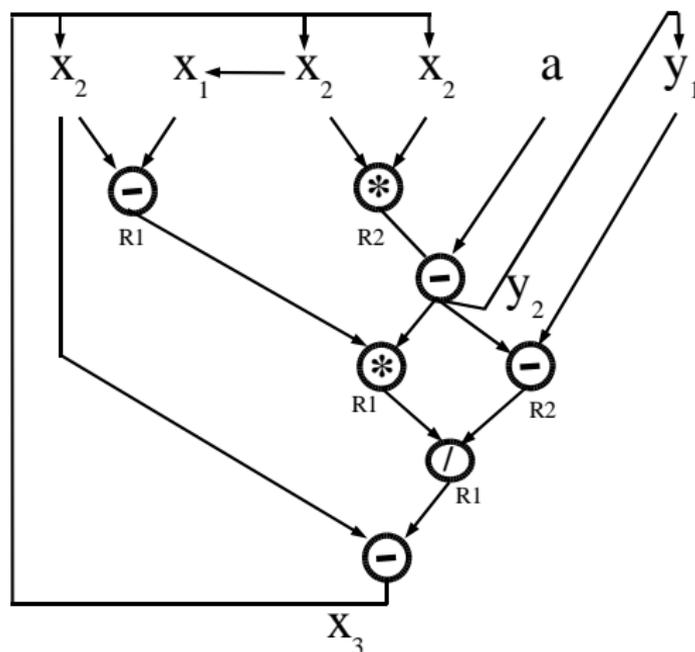
Konfliktgraphen

ILP für ALU

Beschränkungs-
graph

Steuerwerk-
synthese

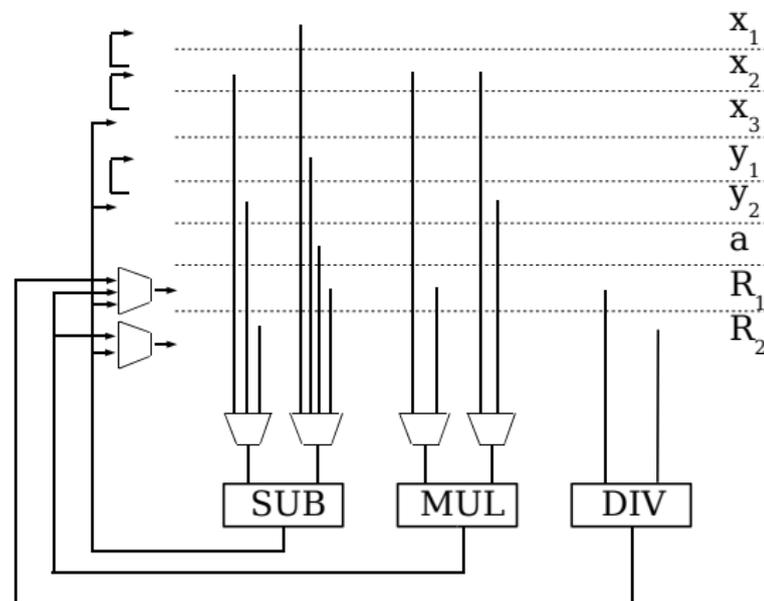
$$x_3 = x_2 - y_2 \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$



Verbindungssynthese



Gegeben: Ablaufplan mit Ressourcen- und Registerbindung
Verbinde Ressourcenein- und ausgänge mit Registerfeld



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi

Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

Konfliktgraphen

ILP für ALU

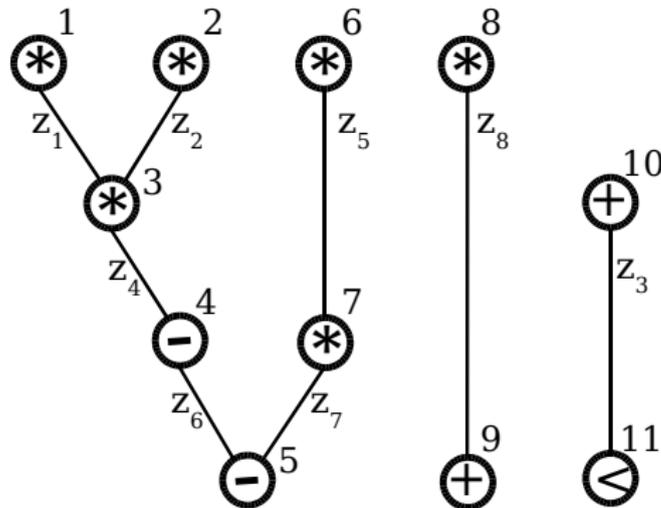
Beschränkungs-
graph

Steuerwerk-
synthese

Registerbindung I



Gegeben: Ablaufplan mit Zwischenergebnissen z_n
Gesucht: Minimale Anzahl von Registern



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi
Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

Konfliktgraphen

ILP für ALU

Beschränkungs-
graph

Steuerwerk-
synthese



Vorgehensweise

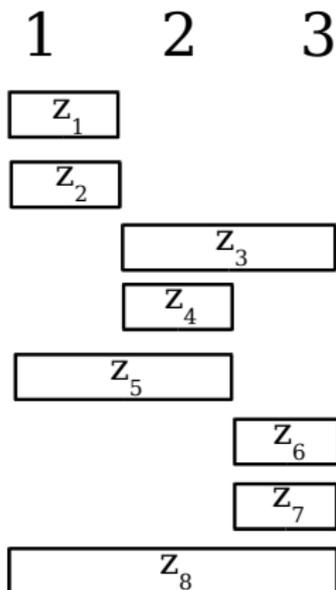
- Lebenszeiten der Zwischenergebnisse bestimmen
- Überlappende Lebenszeitintervalle ergeben Intervall-/Konfliktgraph
- Lösen mit LEFTEDGE-Algorithmus

LEFTEDGE-Algorithmus

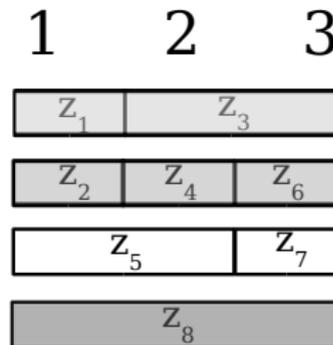
- Eingabe: Liste I von Intervallen
- Ausgabe: Überlappungsfreie Farbzuoordnung der Intervalle
- Idee
 - 1 Sortiere Intervalle nach aufsteigender Untergrenze
 - 2 Gehe Liste durch und weise nicht-überlappenden Intervallen die gleiche Farbe zu
 - 3 Nimm die nächste Farbe und wiederhole für ungefärbte Intervalle



Registerlebenszeiten als Intervallgraph



Gefärbter Intervallgraph

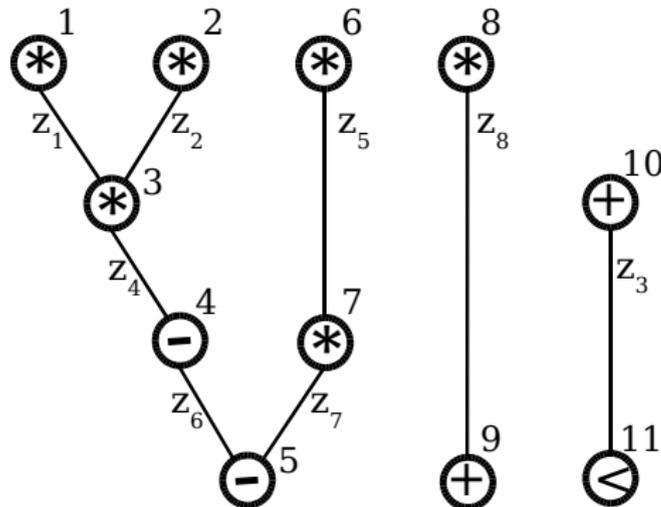


Konfliktgraphen I



Gegeben: Ablaufplan

Gesucht: Konfliktgraph für jeden Operationstyp



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi
Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

Konfliktgraphen

ILP für ALU

Beschränkungs-
graph

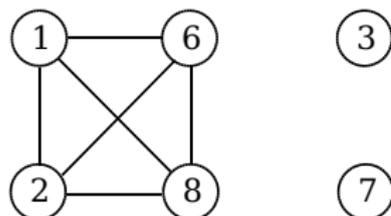
Steuerwerk-
synthese



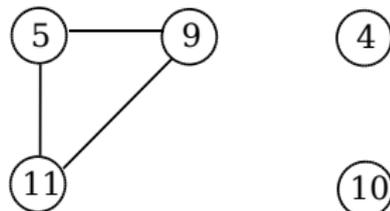
Vorgehensweise

- Knoten sind Operationen identischen Typs
- Kanten zwischen um eine Ressource konkurrierende Operationen
- Löse Bindungsproblem für ALU mittels ILP!

Multiplikation



ALU





- a_k Anzahl von Instanzen des Ressourcetyps k
- $B = \{b_{i,r} : 1 \leq i \leq n_{ops}, 1 \leq r \leq a_k\}$
- $b_{ir} = 1$, wenn Operation v_i auf Instanz r des Ressourcetyps k ausgeführt wird, sonst 0
- Bedeutet Bindung: $\beta(v_i) = (k, r)$
- $X = \{x_{i,l} : 1 \leq i \leq n_{ops}, 1 \leq l \leq \lambda\}$
- $x_{i,l} = 1$, wenn Operation v_i in Schritt l gestartet wird, 0 sonst



Für jeden Ressourcotyp k muss gelten:

- 1 Jede Operation v_i muss auf genau einer Instanz ausgeführt werden

$$\sum_{r=1}^{a_k} b_{i,r} = 1 \quad , \forall 1 \leq i \leq n_{ops}$$

- 2 Auf jeder Instanz r kann im Zeitschritt l nur eine Operation v_i ablaufen

$$\sum_{\{v_i: T(v_i)=k\}} b_{i,r} \sum_{m=l-d_i+1}^l x_{i,m} \leq 1 \quad , \forall 1 \leq l \leq \lambda, 1 \leq r \leq a_k$$



Annahmen: Ressourcetypen 1 (=Mult) und 2 (=ALU), $d_i = 1$
Aus Schedule: Instanzanzahlen $a_1 = 4$, $a_2 = 3$, $\lambda = 4$

Hier gerechnet für ALUs $\{v_4, v_5, v_9, v_{10}, v_{11}\}$

Jede Operation auf genau einer Instanz

$$b_{4,1} + b_{4,2} + b_{4,3} = 1$$

$$b_{5,1} + b_{5,2} + b_{5,3} = 1$$

$$b_{9,1} + b_{9,2} + b_{9,3} = 1$$

$$b_{10,1} + b_{10,2} + b_{10,3} = 1$$

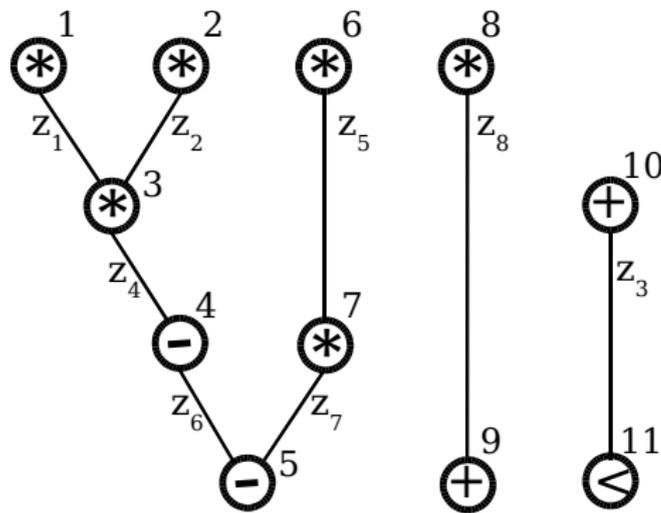
$$b_{11,1} + b_{11,2} + b_{11,3} = 1$$

ILP Bindung für ALUs II



Vorgegebener Ablaufplan

... x_{il} durch Scheduling bereits festgelegt, Werte einsetzen



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi
Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

Konfliktgraphen

ILP für ALU

Beschränkungs-
graph

Steuerwerk-
synthese



Auf jeder Instanz nur eine Operation pro Zeitschritt
Keine ALU-Operation in Zeitschritt $l = 1$

$$b_{10,1} \leq 1 \quad : l = 2$$

$$b_{10,2} \leq 1 \quad : l = 2$$

$$b_{10,3} \leq 1 \quad : l = 2$$

$$b_{4,2} \leq 1 \quad : l = 3$$

$$b_{4,1} \leq 1 \quad : l = 3$$

$$b_{4,3} \leq 1 \quad : l = 3$$

$$b_{5,1} + b_{9,1} + b_{11,1} \leq 1 \quad : l = 4$$

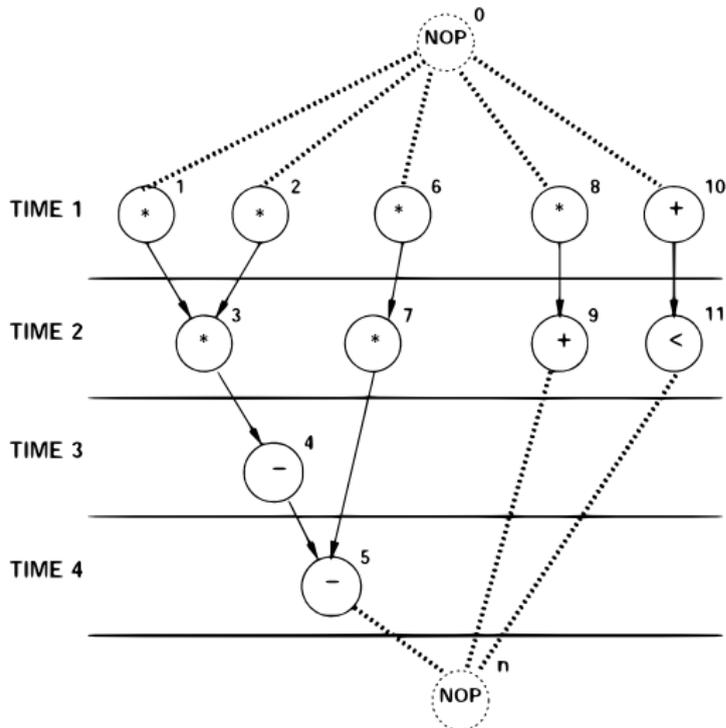
$$b_{5,2} + b_{9,2} + b_{11,2} \leq 1 \quad : l = 4$$

$$b_{5,3} + b_{9,3} + b_{11,3} \leq 1 \quad : l = 4$$

Beschränkungsgraph I



Gegeben: Sequenzgraph



CMS -
Hardware
Synthese

A. Koch

Übersicht

Sequenzgraph

Regula Falsi
Verbindungssynthese

Registerbindung

LeftEdge

Konfliktgraphen

ILP für ALU

Beschränkungs-
graph

Steuerwerk-
synthese

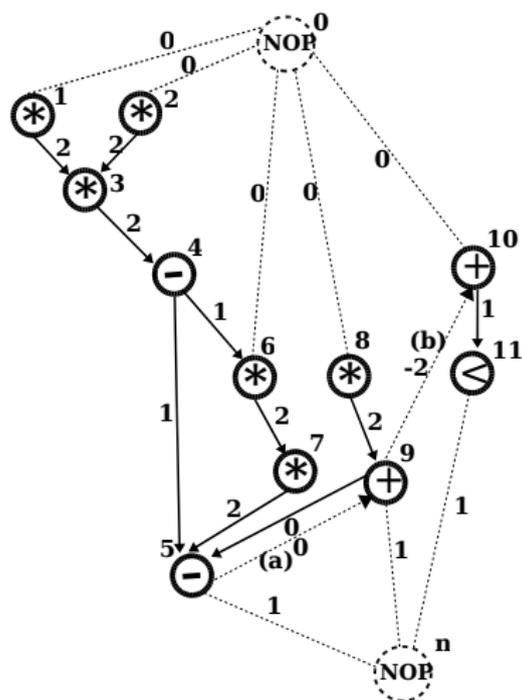


- Die Ausführungsverzögerung der ALU sei 1, die des Multiplizierers 2
- Die Operationen haben folgende Beschränkungen zwischen ihren Startzeiten:
 - Operation v_6 startet mindestens eine Zeiteinheit später als v_4 startet
 - Operationen v_5 und v_9 starten gleichzeitig
 - Operation v_9 startet höchstens 2 ZE später als OP v_{10} startet
- Konstruieren Sie einen Beschränkungsgraph

Beschränkungsgraph III

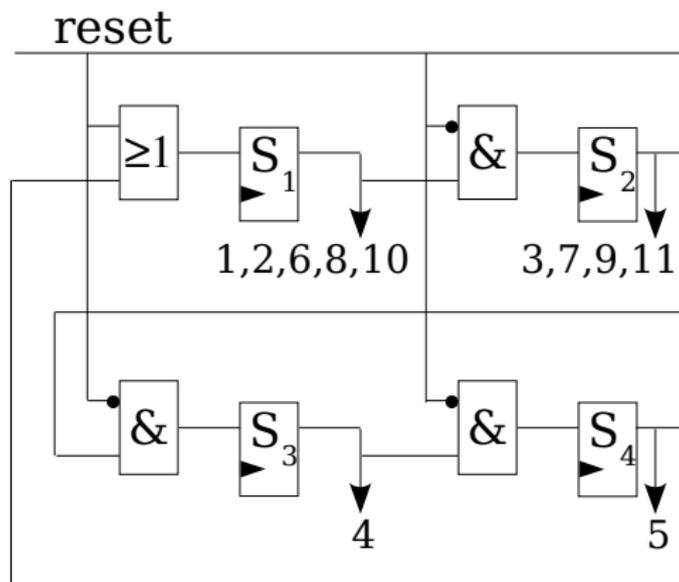


Die zwei rückwärts gerichteten Kanten sind mit a und b bezeichnet





- Beispiel aus 3. Vorlesung (`cms3.pdf`), Folie 36
- Festverdrahtete FSM direkt in FFs und Gatter umsetzen





- Gesonderte Anmeldung bis zum 6.7.2005 erforderlich
 - **Unabhängig** von Prüfungssekretariat
 - **Auch** für Diplomis, Nebenfächler, etc.
 - http://www.vlsi.informatik.tu-darmstadt.de/student_area/klausur/?klausurid=6
 - Auch von den Vorlesungsseiten verlinkt
- Termin: 13.07.2005, 9:00-11:30 Uhr
 - Echte Klausurdauer: 120 Minuten
- Erlaubte Hilfsmittel: **Keine!**
 - Aufgabenstellung kann aber Extrahinweise enthalten
 - Alles Papier wird gestellt
- Raumaufteilung: Listen hängen ca. 3 Tage vorher aus