

# Übungsblatt 12

(10 Punkte)

**Abgabe bis spätestens Montag, 12. Januar 2015, 12:00 Uhr**

## 12.1 Hart oder weich (1 Punkt)

Welche Vorteile hat die Realisierung von Funktionen in Software, welche die Realisierung in Hardware? Wie wird versucht, die Vorteile beider Realisierungsmöglichkeiten zu verknüpfen?

## 12.2 Ganzzahlige Programmierung (2 Punkte)

Von welcher Form müssen die Kostenfunktion und die Ungleichungen bei der ganzzahligen Programmierung sein? Erklären Sie kurz die einzelnen Komponenten (verwendete Bezeichner etc.) Ihrer Antwort.

## 12.3 Scratchpad-Optimierung (3 Punkte)

Das Ziel-Rechnersystem für diese Aufgabe enthält neben Hauptspeicher einen (sehr kleinen, aber sehr energieeffizienten) Scratchpad-Speicher. In der ersten Tabelle ist der Energiebedarf pro Zugriff dargestellt; die zweite Tabelle listet die Variablen des auszuführenden Programms auf.

Speicher	Größe in Bytes	E/Zugriff
Scratchpad	4096 (4k)	1,3 nJ
Hauptspeicher	262144 (256k)	31 nJ

Variable	Größe in Bytes	Zugriffe
a	1024	16
b	2048	1024
c	512	2048
d	256	512
e	128	256
f	1024	512
g	512	64
h	256	512

Welche Variablen sollten im Scratchpad-Speicher abgelegt werden, damit das Programm möglichst energieeffizient ausgeführt werden kann?

Lösen Sie das Problem mit Hilfe eines IP-Modells. Geben Sie sowohl das IP-Modell als auch die ermittelte Variablenauswahl an. Sie können das IP-Modell auf die von Ihnen bevorzugte Weise lösen; es ist nicht notwendig, die einzelnen Lösungsschritte anzugeben.

**Hinweise:** Modellieren Sie diese Scratchpad-Optimierung als 0/1-Rucksack-Problem: Jedes Objekt hat ein gewisses Gewicht und einen gewissen Nutzen; es ist binär zu entscheiden, ob ein Objekt in den Rucksack (ins Scratchpad) kommt oder nicht, unter Optimierung einer Nutzenfunktion.

Unter <http://lpsolve.sourceforge.net> ist der Solver *lp\_solve* zum Download verfügbar. MS bzw. Open-Office bieten LP-Solver in der Tabellenkalkulation.

## 12.4 Partitionierung als ILP (4 Punkte)

	#CLBs	Zeit <sub>HW</sub>	Zeit <sub>SW</sub>
v <sub>1</sub>	50	8	30
v <sub>2</sub>	200	10	15
v <sub>3</sub>	170	12	21
v <sub>4</sub>	150	8	11
v <sub>5</sub>	80	5	19
v <sub>6</sub>	10	2	6

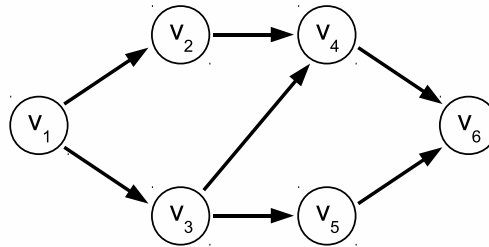


Abbildung 1: Taskgraph

Gegeben sei ein Taskgraph mit den Knoten  $v_1, \dots, v_6$ , die jeweils einzelne Code-Segmente in VHDL repräsentieren. Ferner sei eine Zielarchitektur bestehend aus einem Prozessor und einem FPGA (*Field Programmable Gate Array*) gegeben, auf der das System realisiert werden soll. Die Realisierungskosten für das FPGA in Form von CLBs (*Configurable Logic Blocks*) sowie die Ausführungszeiten für die Software- bzw. Hardware-Realisierung von  $v_1, \dots, v_6$  sind in der Tabelle angegeben.

Für das System soll eine Hardware-/Software-Partitionierung mit minimalen Kosten bestimmt werden. Die Gesamtausführungszeit des Systems darf aufgrund von Echtzeitbedingungen nicht größer als 65 Zeiteinheiten werden. Da reine Software- bzw. Hardwarelösungen nicht den Vorgaben entsprechen (jeweils entweder Laufzeit [102 Zeiteinh.] bzw. Kosten [660 Kosteneinh.] zu hoch), soll ein optimaler Kompromiss zwischen Kosten und Ausführungszeit unter Berücksichtigung der gegebenen Zeitschranke gefunden werden. Bedenken Sie, dass Softwarekomponenten nicht gleichzeitig ausgeführt werden können.

Formulieren Sie das Optimierungsproblem als ein ILP, bei dem Sie nur binäre Entscheidungsvariablen verwenden. Für jeden Knoten  $v_i$  soll so eine Zuordnung zu Software bzw. Hardware mit minimalen Kosten ermittelt werden.

**Trick:** Gegeben sei folgendes ILP mit zwei Constraints:

$$x + y \rightarrow \min; -Cf + 4x + 4y \leq 6; -C(1 - f) + 4x + 4y \leq 8; \quad x, y, f \in \{0, 1\}, C = 1000. \quad (1)$$

Je nach Belegung von  $f$  wird eines von beiden Constraints "deaktiviert", da durch das sehr große  $C$  die Ungleichung unabh. von  $x$  und  $y$  stets erfüllt sein wird.

**Hinweise:** Sie brauchen das ILP nicht zu lösen, können dies jedoch dennoch z. B. mit Hilfe des obengenannten *lp\_solve* tun. Beachten Sie beim Aufstellen des ILP, dass in Hardware realisierte Tasks parallel ablaufen können.

**Allgemeine Hinweise:** Die Übungstermine und weitere Informationen finden Sie über

<http://ls12-www.cs.tu-dortmund.de/daes/de>

Die Übungszettel werden in der Regel dienstags ausgegeben (Homepage der Übung) und müssen bis zum darauf folgenden Montag bearbeitet werden. Die Abgaben können in den beschrifteten Briefkasten vor dem Sekretariat des LS12 eingeworfen werden oder per Email (PDF) an den entsprechenden Übungsgruppenleiter gesendet werden.