

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
Lehrstuhl für Informatik 12
(Hardware-Software-Co-Design)
Universität Erlangen-Nürnberg

Klausur

Grundlagen der Technischen Informatik

01. August 2011

Name	
Matrikelnummer	
Studienrichtung	

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
max. Punkte	15	15	20	15	15	80
erreichte Punkte						
Note						

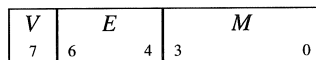
Aufgabe 1 (Zahlensysteme)

(15 Punkte)

- a) Wie heißen die Zahlensysteme zur Basis 10 und 16 in Worten? (1 Punkt)
- b) Wie lautet der Wertebereich des Einerkomplements für eine n -Bit Zahl? (1 Punkt)
- c) Wie lautet die Formel für die größte vorzeichenlose Zahl mit n Stellen im Zahlensystem zur Basis a ? (1 Punkt)
- d) Wie lautet die Zahl 913_{10} in vorzeichenloser Binärdarstellung? (2 Punkte)
- e) In dieser Aufgabe soll mit 8-Bit Gleitkommazahlen gearbeitet werden. Diese werden analog zum IEEE-Format gebildet!

Das Format der Gleitkommazahl sieht dabei wie folgt aus:

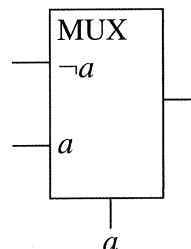
Vorzeichen (1 Bit), Exponent (3 Bit), Mantisse (4 Bit)



Zur Lösung der folgenden Teilaufgaben sind stets alle Berechnungen und Lösungswege vollständig anzugeben.

- e.1) Wie lauten die Gleitkommazahlen $a = 11100100_{\text{float}}$ und $b = 00011000_{\text{float}}$ im Dezimalsystem? (2 Punkte)
- e.2) Führen Sie nun die Addition der beiden Gleitkommazahlen a und b aus. Geben Sie das Ergebnis der Berechnung ebenfalls als Gleitkommazahl an. (2 Punkte)
- e.3) Wie lautet die Gleitkommazahl $a + b$ aus der vorherigen Aufgabe im Dezimalsystem? Erklären Sie die Abweichung im Vergleich zur Summation $a + b$ durchgeführt im Dezimalsystem. (2 Punkte)
- f) Geben Sie ein Schaltnetz für die Funktion in nachfolgender Tabelle bestehend nur aus 2-zu-1-Multiplexern an. (2 Punkte)

a_1	a_0	$f(a_1, a_0)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



- g) Gegeben sei eine Funktion f mit n Eingangsvariablen. Gesucht ist die minimale Anzahl k an 2-zu-1-Multiplexern, mit der sich jede beliebige Funktion f als ein Schaltnetz bestehend nur aus maximal k 2-zu-1-Multiplexern darstellen lässt. Begründen Sie die Antwort. (2 Punkte)

Aufgabe 2 (Minimierung von Schaltfunktionen)

(15 Punkte)

- a) Gegeben ist die konjunktive Minimalform $y_a(x_3, x_2, x_1, x_0) = (x_2 + \bar{x}_0) \cdot (x_1 + \bar{x}_0) \cdot (x_3 + \bar{x}_1 + x_0)$. Bestimmen Sie alle Primimplikanten und Kernimplikanten mittels eines Symmetriediagramms. Beachten Sie hierfür die bereits eingezeichnete Redundanzstelle. (4 Punkte)

x_0

			-

Primimplikanten	Kernimplikanten

x_1

x_3

x_2

- b) Stellen Sie die disjunktive Normalform der Schaltfunktion y_a (siehe Teilaufgabe a) auf und bestimmen Sie davon ausgehend die Primterme mit Hilfe des Quine/McCluskey-Verfahrens. (5 Punkte)

- c) Gegeben sei folgende Überdeckungstabelle mit allen Primimplikanten und deren überdeckten Einstellen sowie deren Kosten. Wenden Sie Vereinfachungsregeln für diese Tabelle an und ermitteln Sie eine kostenminimale Überdeckung. (Teilschritte angeben!) (3 Punkte)

Primimplikant	Kosten	E_0	E_3	E_4	E_{15}	E_{16}	E_{21}	E_{24}	E_{28}	E_{30}
p_1	4	X			X			X		
p_2	3	X		X					X	
p_3	3						X			X
p_4	3				X	X				X
p_5	3	X			X					
p_6	3		X		X		X			X
p_7	4	X	X					X	X	X
p_8	5							X	X	

- d) Gegeben sei folgende zyklische Resttabelle. Ermitteln Sie eine kostenminimale Überdeckung mittels Petrick-Verfahren. (3 Punkte)

Primimplikant	Kosten	E_1	E_7	E_{12}	E_{14}
p_1	4	X			X
p_2	4	X	X		
p_3	5			X	X
p_4	4				X
p_5	2		X	X	

Aufgabe 3 (Automaten und Flipflops)

(20 Punkte)

Ein beweglicher Schlitten ist an eine feste Schiene montiert und soll durch einen von Ihnen entwickelten Automat überwacht werden. Der prinzipielle Aufbau des Systems ist in Abbildung 1 skizziert.

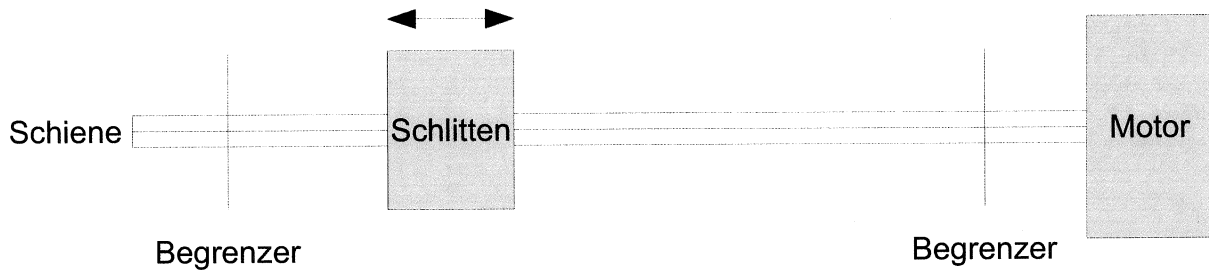


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau des Systems.

Der Überwachungseinheit stehen zu diesem Zweck die Eingaben *stillstand* - zum Signalisieren von keiner Bewegung - *links*, *rechts* - zur Vorgabe der Bewegungsrichtung - sowie *begrenzer* - als Anzeichen für ein Verlassen des nutzbaren Bereichs der Schiene - zur Verfügung. Die Ausgabe dient als Statusmeldung über den aktuellen Zustand des Schlittens. Die Ein-/Ausgaben sind dabei wie folgt durch binäre Variablen codiert:

Eingabe	i_1	i_0
<i>links</i>	0	0
<i>rechts</i>	0	1
<i>begrenzer</i>	1	0
<i>stillstand</i>	1	1

Eingabe des Automaten

Ausgabe	o_1	o_0
<i>Stand</i>	0	0
<i>BewegungLinks</i>	0	1
<i>BewegungRechts</i>	1	0
<i>Begrenzer</i>	1	1

Ausgabe des Automaten

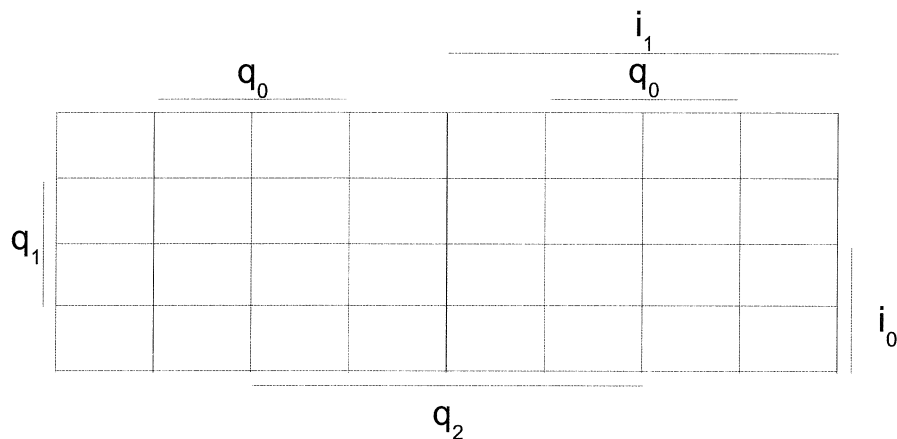
- a) Entwickeln Sie die Schlittenüberwachung als Moore-Automat mit max. 5 Zuständen. Die Spezifikation lautet wie folgt: (4 Punkte)

Nach dem Einschalten steht der Schlitten still und der Automat befindet sich im Zustand *Stand*. Die Richtungssignale setzen den Schlitten in Bewegung. Der Schlitten kann dabei solange in beliebige Richtung gefahren werden (ein direkter Wechsel der Bewegungsrichtung ist möglich!), bis die Richtungssignale gelöst werden oder der Begrenzer auf einer Seite auslöst. Nach Auslösen des Begrenzers kann eine Bewegung nur in die entgegengesetzte Richtung erfolgen, um den Schlitten wieder in den regulären Bereich zu fahren.

- b) Im Folgenden soll die Zustandsübergangstabelle inklusive der drei zur Realisierung der Ansteuerfunktion verwendeten, taktflankengesteuerten *T*-, *D*- und *JK-Flipflops* für den von Ihnen entwickelten *Moore*-Automaten aus Aufgabenteil a) aufgestellt werden. Vervollständigen Sie die *nachfolgende* Zustandsübergangstabelle inklusive der Ansteuerfunktion. (Hinweis: Nicht spezifizierte Eingaben werden ignoriert.) (6 Punkte)

Zustandsname	Aktueller Zustand			Eingabe		Nachfolgezustand			Ansteuerfunktion				Ausgabe	
	q_2	q_1	q_0	i_1	i_0	q'_2	q'_1	q'_0	T_2	D_1	J_0	K_0	o_1	o_0
Stand	0	0	0	0	0									
Stand	0	0	0	0	1									
Stand	0	0	0	1	0									
Stand	0	0	0	1	1									
	0	0	1	0	0									
	0	0	1	0	1									
	0	0	1	1	0									
	0	0	1	1	1									
	0	1	0	0	0									
	0	1	0	0	1									
	0	1	0	1	0									
	0	1	0	1	1									
	0	1	1	0	0									
	0	1	1	0	1									
	0	1	1	1	0									
	0	1	1	1	1									
	1	0	0	0	0									
	1	0	0	0	1									
	1	0	0	1	0									
	1	0	0	1	1									

- c) Entwickeln Sie eine disjunktive Minimalform (DMF) der Ansteuerfunktion des JK-FlipFlops J_0 unter Verwendung des gegebenen Symmetriediagrammes. (3 Punkte)
Achten Sie auf Don't-Cares sowie die vorgegebene Variablenordnung!



- d) Bestimmen Sie die Ansteuerfunktion für die Ausgabe o_0 und o_1 . Geben Sie diese jeweils in disjunktiver Minimalform an. (3 Punkte)
- e) Zeichnen Sie das Schaltwerk des Automaten. Die Ansteuersignale T_2 , D_1 und K_0 können hierbei jeweils als zusätzliches Eingangssignal betrachtet werden. (4 Punkte)

Aufgabe 4 (VHDL)**(15 Punkte)**

Gegeben ist ein Röntgenbildverarbeitungssystem (siehe Abb. 2), welches aufgrund eines konfigurierbaren Schwellwerts das Eingangsröntgenbild in ein S/W-Bild transformiert. Durch gezieltes Setzen des Schwellwerts können feine Nuancen im dunklen oder hellen Bereich des Röntgenbilds sichtbar gemacht werden.

Das Röntgenbildverarbeitungssystem soll als synchron getaktete Schaltung realisiert werden. Die Bilddaten sind 8-Bit-codierte vorzeichenlose Werte (0...255), wobei '0' Schwarz und '255' Weiß entspricht. Des Weiteren besitzen die Daten ein "Valid"-Signal, dass den Wert '1' annimmt, wenn die Bilddaten in diesem Takt gültig sind. Die Bildverarbeitungseinheit nimmt die Bilddaten entgegen, prüft ob der entsprechende Pixel größer als der konfigurierbare Schwellwert ist, und setzt dementsprechend das Ausgangspixel auf Schwarz oder Weiß.

Der Schwellwert kann durch eine Konfigurationssteuerung gesetzt oder abgeändert werden. Hierzu werden über eine serielle Schnittstelle (SPI – Serial Peripheral Interface) die neuen Konfigurationsdaten in die Schaltung geladen. Hierbei wird das MSB des 8 Bit-Schwellwerts zuerst übertragen. Das "Valid"-Signal der seriellen Schnittstelle hat den Wert '1', wenn das am SPI-Eingang anliegende Bit gültig ist.

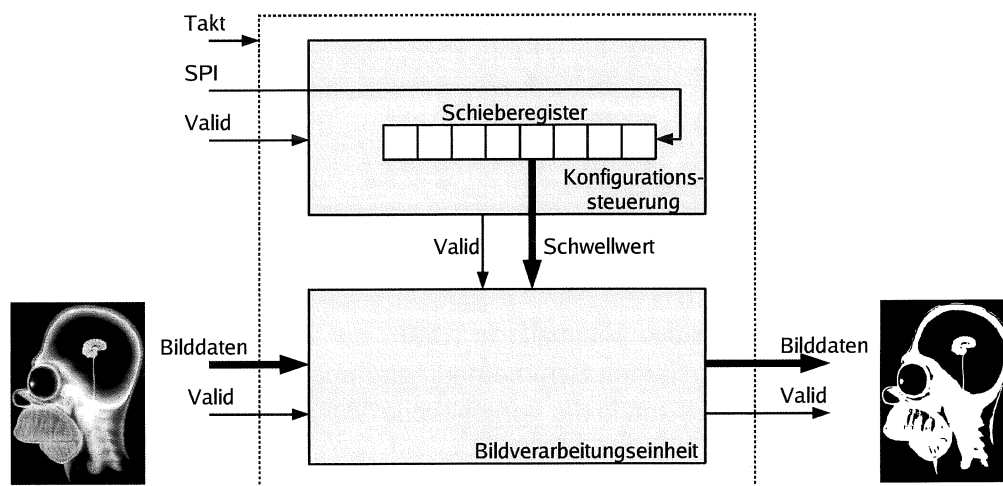


Abbildung 2: Architektur des Röntgenbildverarbeitungssystems. Signale, die 1 Bit breit sind, sind dünn gezeichnet. Signale, die 8 Bit breit sind, sind fett gezeichnet.

- Geben Sie die Schnittstellenbeschreibung des Schaltungsblockes Konfigurationssteuerung in Form einer Entity in VHDL an. (2 Punkte)
- Geben Sie eine Implementierung des Schaltungsblockes Konfigurationssteuerung in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. Der initiale Schwellwert '0' kann auch als gültig angesehen werden. *(Die Verwendung von IEEE-Libraries kann weggelassen werden.)* (5 Punkte)
- Geben Sie die Schnittstellenbeschreibung des Schaltungsblockes Bildverarbeitungseinheit in Form einer Entity in VHDL an. (2 Punkte)
- Geben Sie eine Implementierung des Schaltungsblockes Bildverarbeitungseinheit in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. Die Eingangs-, sowie die Ausgangsbilddaten sollen vor der Weiterverarbeitung zuerst in Registern abgespeichert werden. Wird ein neuer Schwellwert konfiguriert, soll dieser erst verwendet werden, wenn dieser vollständig geladen ist. Während der Konfiguration soll der alte Schwellwert verwendet werden. *(Die Verwendung von IEEE-Libraries kann weggelassen werden.)* (6 Punkte)

Aufgabe 5 (Arithmetik)

(15 Punkte)

- a) Zeichnen Sie das Schaltbild eines 4-Bit Ripple-Carry-Addierers zur Addition der Summanden a und b unter ausschließlicher Verwendung von Halb- und Volladdierer-Zellen. Worin besteht der Nachteil des Ripple-Carry-Addierers? (2 Punkte)
- b) Betrachten Sie nun einen Carry-Lookahead-Addierer. Gehen Sie von den Summanden a und b aus und geben Sie eine Formel für die Berechnung des Summenbits der Stelle i an. Geben Sie weiterhin eine Rekursionsformel für die Berechnung des Übertrags c_{i+1} der Stelle $i+1$ aus den Operanden a_i , b_i und c_i an. (3 Punkte)
- c) Multiplizieren Sie die beiden Binärzahlen $a = 0110$ und $b = 0101$ durch Anwendung der Methode, die bei der Implementierung eines sequentiellen Multiplizierers zum Einsatz kommt. Geben Sie die einzelnen Schritte und das Ergebnis explizit an. (4 Punkte)
- d) Dividieren Sie die Binärzahl $a = 0101\ 0101$ durch die Binärzahl $b = 0110$ anhand des Non-Restoring-Divisionsverfahrens. Geben Sie die einzelnen Schritte, sowie den Quotienten und den Partialrest explizit an. (6 Punkte)