

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

Klausur

Grundlagen der Technischen Informatik

27. April 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) Welches ist die größte mit n Bits darstellbare Dezimalzahl? (1 Punkt)
- c) Wie lautet der Wertebereich des Zweierkomplements für eine n -Bit Zahl? (1 Punkt)
- d) Wie lautet die Zahl 1164_{10} in vorzeichenloser Binärdarstellung? (2 Punkte)
- e) Wie wird die Zahl aus Aufgabe d) im Hexadezimalsystem dargestellt? (1 Punkt)
- f) Wie viele Bits weniger werden für die Binärzahl aus Aufgabe d) gegenüber einer Codierung der Zahl im BCD-Format gebraucht? (1 Punkt)
- g) Ein Addierer, ausgelegt für vorzeichenlose Binärzahlen, wird mit Zahlen in Zweierkomplementdarstellung betrieben. Ist die vom Addierer berechnete Summe, interpretiert als Zweierkomplementzahl korrekt (Überläufe und sonstige Ausnahmesituationen ausgenommen)? Begründen Sie die Aussage. (2 Punkte)
- h) Ein Multiplizierer, ausgelegt für vorzeichenlose Binärzahlen, wird mit Zahlen in Zweierkomplementdarstellung betrieben. Ist das vom Multiplizierer berechnete Ergebnis, interpretiert als Zweierkomplementzahl korrekt (Überläufe und sonstige Ausnahmesituationen ausgenommen)? Begründen Sie die Aussage. (2 Punkte)
- i) 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)

V	E		M		
7	6	4	3	0	

Führen Sie nun die Addition der beiden in diesem Format dargestellten Gleitkommazahlen 00011000 und 00101100 aus! Geben Sie das Ergebnis der Berechnung ebenfalls als Gleitkommazahl an. (4 Punkte)

Aufgabe 2 (Minimierung von Schaltfunktionen, Codierung)

(15 Punkte)

- a) Welche Bedingung muss erfüllt sein, um einen Primterm auch als Kernterm bezeichnen zu können? (1 Punkt)
- b) Bestimmen Sie alle Primimplikanten der unvollständig spezifizierten Schaltfunktion $f(d, c, b, a)$ mit Hilfe des Verfahrens von Quine/McCluskey. (5 Punkte)

d	c	b	a	$f(d, c, b, a)$
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0

- c) Lösen Sie das folgende Überdeckungsproblem tabellarisch mittels einer Überdeckungstabelle und unter Angabe der verwendeten Regeln. Geben Sie zudem eine kostenminimale Lösung der Schaltfunktion $g(e, d, c, b, a)$ an. (4 Punkte)

k	Implikant	2	8	10	11	26	29	31	p_i	c_k
1	$\bar{e}cb$	x		x	x				p_1	5
2	$\bar{e}ba$				x				p_2	5
3	$d\bar{c}b$			x	x	x			p_3	5
4	dba							x	p_4	5
5	dca						x	x	p_5	5
6	$\bar{c}\bar{a}$	x	x	x		x			p_6	2
7	$\bar{e}d$		x	x	x				p_7	2

- d) Schaltungen in CMOS werden auch als duale Schaltungen bezeichnet und entsprechen dem Zwei-Schalter Prinzip. Erklären Sie diesen Zusammenhang und gehen Sie auf die Gründe dafür ein. (3 Punkte)
- e) Gegeben sei eine Zeichenquelle mit den in Tabelle 1 angegebenen Häufigkeiten der Zeichen. Führen Sie für diese Quelle eine Codierung der Zeichen nach dem Verfahren von Shannon-Fano durch. (2 Punkte)

Zeichen	a	b	c	d	e	f	g
Häufigkeit	22	10	36	21	11	15	9

Tabelle 1: Häufigkeiten der Zeichen einer Quelle.

Aufgabe 3 (VHDL)

(20 Punkte)

Gegeben ist ein binärer Taschenrechner (siehe Abb. 1), der als Eingabe die Tasten '0','1','+','-','=' und als Ausgabe eine LED-Anzeige besitzt. Zuerst wird ein maximal 16 Bit langer Operand mit den Tasten '0' und '1' eingegeben. Durch Drücken des entsprechenden Operators ('+' oder '-') wird zur Eingabe des zweiten Operanden gewechselt. Nach dessen Eingabe kann das Ergebnis durch Drücken der Taste '=' angezeigt werden.

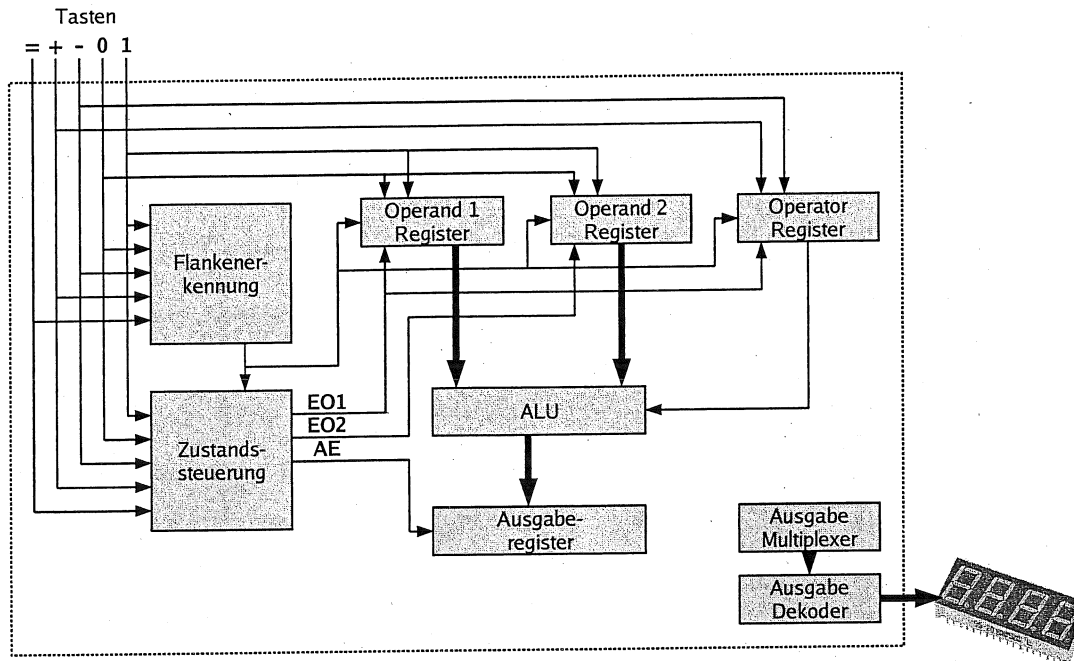


Abbildung 1: Architektur des binären Taschenrechners. Signale, die 1 Bit breit sind, sind dünn gezeichnet. Signale, die 16 Bit breit sind, sind fett gezeichnet.

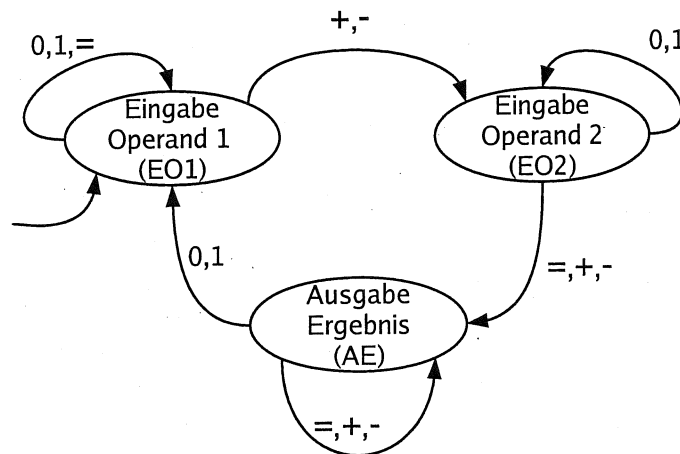


Abbildung 2: Zustandsdiagramm des Automaten, der im Block "Zustandssteuerung" implementiert werden soll.

Die zu implementierende synchron getaktete Schaltung besteht aus folgenden Schaltungsblöcken:

- **Flankenerkennung:** Das Ausgangssignal dieses Blockes wird einen Taktzyklus lang auf '1' gesetzt, wenn eine beliebige Taste gedrückt wurde. Es wird die steigende Flanke der Tastsignale erkannt.

- **Zustandssteuerung:** Die Zustandssteuerung bildet ein synchron getaktetes Schaltwerk, das in Abbildung 2 gezeigte Zustandsdiagramm implementiert. Es wird immer nur das dem aktuellen Zustand entsprechende Ausgangssignal auf '1' gesetzt, während die restlichen Signale auf '0' zu setzen sind.
 - **Operand 1/2 Register:** Diese Schieberegister schieben ihren Inhalt um eine Stelle nach links und übernehmen den Wert der gedrückten Zifferntaste an der niederwertigsten Stelle (LSB), wenn die Zustandssteuerung im entsprechenden Zustand ist und die Flankenerkennung eine gedrückte Taste erkannt hat.
 - **Operator Register:** Dieses Register speichert den Wert '1' für die Operation '+' und '0' für die Operation '-' wenn die entsprechende Taste gedrückt wurde und die Zustandssteuerung im entsprechenden Zustand ist.
 - **ALU:** Dieser Block führt die gewählte 16 Bit Operation aus.
 - **Ausgaberegister:** Dieses Register speichert den 16 Bit Ausgabewert der ALU.
 - **Ausgabe Multiplexer:** Dieser selektiert in Abhängigkeit des Zustands der Zustandssteuerung die zur Anzeige benötigten Signale.
 - **Ausgabe Dekoder:** Dieser nimmt den binären Wert entgegen und steuert die LED-Anzeige an.
- a) Welche Schaltblöcke können asynchron (ohne Takt) betrieben werden? (1 Punkt)
- b) Geben Sie die Schnittstellenbeschreibung des Schaltungsblockes Zustandssteuerung in Form einer Entity in VHDL an. (3 Punkte)
- c) Geben Sie eine Implementierung des Schaltungsblockes Zustandssteuerung in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. (*Die Verwendung von IEEE-Libraries kann weggelassen werden.*) (6 Punkte)
- d) Geben Sie die Schnittstellenbeschreibung des Schaltungsblockes ALU in Form einer Entity in VHDL an. (2 Punkte)
- e) Geben Sie eine Implementierung des Schaltungsblockes ALU in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. (*Die Verwendung von IEEE-Libraries kann weggelassen werden und Sie können auf eine Überlaufbehandlung verzichten. IEEE-Bibliotheken erlauben auch arithmetisch-logische Verknüpfungen auf Signalen vom Typ std_logic_vector.*) (3 Punkte)
- f) Zeichnen Sie in Abbildung 1 die Eingänge, sowie die Signale zu den Eingängen des Ausgabe Multiplexers ein, damit die LED-Anzeige im Zustand *EO1* den Operanden 1, im Zustand *EO2* den Operanden 2 und im Zustand *AE* das Ergebnis anzeigt. (1 Punkt)
- g) Geben Sie eine Implementierung des Schaltungsblockes Ausgabe Multiplexer in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. (*Die Verwendung von IEEE-Libraries kann weggelassen werden.*) (3 Punkte)
- h) Warum benötigt man den Schaltungsblock Flankenerkennung? Begründen Sie! (1 Punkt)

Aufgabe 4 (Automaten)

(15 Punkte)

Bei der Herstellung von Prozessoren wird jeder fertige Prozessor einem Test unterzogen, der durch einen Testautomaten durchgeführt wird. Im Folgenden sollen Sie die Ansteuerung dieses Testautomaten entwickeln. Der Testautomat kann Prozessoren wie folgt klassifizieren und das Ergebnis ausgeben: *Ausschuss (A)*, *1. Wahl (1W)* und *2. Wahl (2W)*. Weiterhin gibt es eine Ausgabe, die einen *Fehler beim Einlegen (ERR)* anzeigt. Die Steuerung des Testautomaten nimmt vom eigentlichen Testautomaten die Eingaben *fehlerhaft (F)* und *korrekt (K)* entgegen. Die Steuerung des Testautomaten kann weiterhin eine Eingabe des Benutzers *Repariert (R)* im Falle eine Einlegefehlers akzeptieren. Nachfolgend finden Sie zwei Tabellen mit den Kodierungen der Eingaben und Ausgaben durch die binären Zustandsvariablen i_0 und i_1 bzw. o_0 und o_1

Eingabe	i_1	i_0
<i>F</i>	0	0
<i>K</i>	0	1
<i>R</i>	1	0

Eingabe des Automaten

Ausgabe	o_1	o_0
<i>A</i>	0	0
<i>1W</i>	0	1
<i>2W</i>	1	0
<i>ERR</i>	1	1

Ausgabe des Automaten

a) Im Folgenden sollen zwei Automaten entwickelt werden. Die Spezifikation lautet wie folgt:

Der Anfangszustand des Automaten ist *bereit*. Kommt es bereits beim Einlegen des Prozessors zu einem Fehler (*F*), geht der Automat vom Zustand *bereit* in den Fehlerzustand *fehler* über, gibt das Fehlersignal aus und verharrt dort, bis der Testautomat vom Benutzer *repariert* wird. Andernfalls (*K*) beginnt der Automat mit einem *strukturellen Test* des Prozessors. Ist das Testergebnis *fehlerhaft*, wird der Prozessor als Ausschuss klassifiziert und der Automat geht in den Zustand *bereit* zurück. Ist das Ergebnis *korrekt* folgt ein ausführlicher *funktionaler Test*. Ist dessen Ergebnis *korrekt*, so ist der Prozessor als 1. Wahl klassifiziert. Ist das Ergebnis hingegen *fehlerhaft*, so wird ein weiterer *funktionaler Test* durchgeführt. Ist dessen Ergebnis korrekt, so ist der Prozessor als 2. Wahl klassifiziert. Andernfalls ist der Prozessor Ausschuss. (*Hinweis: Die eigentlichen Tests (strukturell und funktional) erfolgen durch andere Einheiten im Testautomaten und sind nicht Teil der von Ihnen zu entwerfenden Steuerung. Ihre Steuerung nimmt lediglich deren Testergebnisse als Eingaben entgegen.*)

- i) Modellieren Sie den Automaten durch einen Automatengraphen eines Moore-Automaten unter Verwendung von maximal 9 Zuständen. (4 Punkte)
- ii) Modellieren Sie den Automaten durch einen Automatengraphen eines Mealy-Automaten unter Verwendung von maximal 5 Zuständen. (4 Punkte)

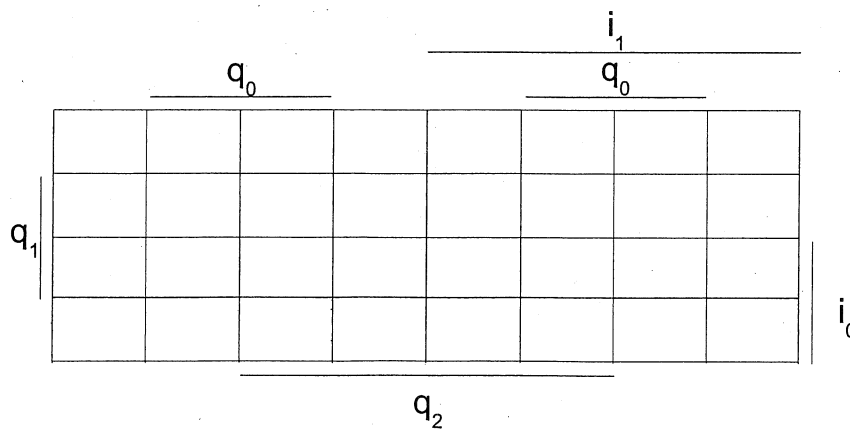
b) Im Folgenden soll die Zustandsübergangstabelle inklusive der drei zur Realisierung der Ansteuerfunktion verwendeten, taktflankengesteuerten *T-Flipflops* für den von Ihnen entwickelten *Mealy-Automaten* aus Aufgabenteil a.ii) aufgestellt werden. Vervollständigen Sie die *nachfolgende* Zustandsübergangstabelle inklusive der Ansteuerfunktion. (Hinweis: Nicht spezifizierte Eingaben werden ignoriert.) (4 Punkte)

Zustandsname	Aktueller Zustand			Eingabe		Nachfolgezustand			Ansteuerfunktion		
	q_2	q_1	q_0	i_1	i_0	q'_2	q'_1	q'_0	T_2	T_1	T_0
bereit	0	0	0	0	0						
bereit	0	0	0	0	1						
bereit	0	0	0	1	0						
bereit	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 T-FlipFlops T_1 unter Verwendung des gegebenen Symmetriediagrammes und *tragen Sie ihre Lösung hier ein:*

(3 Punkte)

Achten Sie auf Don't-Cares sowie die vorgegebene Variablenordnung!



Aufgabe 5 (Arithmetik)

(15 Punkte)

- a) Eine l Bit lange Binärzahl sei im Zweierkomplement kodiert. Geben Sie eine Formel an, um deren Wert als Dezimalzahl zu ermitteln. (1 Punkte)
- b) Definieren Sie das Prädikat $>$ (größer) für vorzeichenlose Zahlen in Binärdarstellung. Gehen Sie hierbei von Zahlen gleicher Länge m aus. (2 Punkte)
- c) Geben Sie weiterhin die grundlegende Rekursion für das Prädikat $>$ (größer) für vorzeichenlose Binärzahlen gleicher Länge n an. (3 Punkte)
- d) Unten ist ein Komparator dargestellt, welcher bei Eingabe von zwei Bits a und b entscheiden kann, ob $a > b$ oder $a = b$ gilt. Das Ergebnis des Vergleichs wird durch ein Bit am jeweils zutreffenden Ausgang angezeigt. Entwerfen Sie die technische Realisierung des Komparators unter Zuhilfenahme der Ihnen bekannten logischen Gatter. Woran lässt sich der Fall $a < b$ erkennen? (3 Punkte)

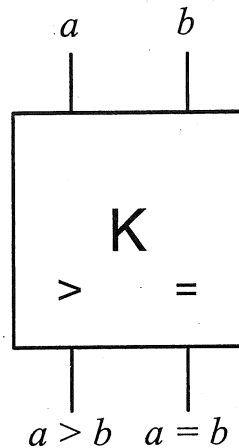


Abbildung 3: 1-Bit Komparator.

- e) Gegeben sind die beiden im Zweierkomplement kodierten Binärzahlen $a = 0100\ 1001\ 0011$ und $b = 0000\ 0010\ 1001$. Demonstrieren Sie ein Ihnen bekanntes Verfahren zur Division von Binärzahlen, indem sie die Zahl a durch die Zahl b teilen und die einzelnen Rechenschritte explizit angeben. (3 Punkte)
- f) Zur Verbindung mehrerer Baugruppen über einen Bus bietet sich neben der Open-Collector-Schaltung auch die Verwendung eines Tri-State-Ausgangs als Verbindung der Baugruppe zum Bus an. Erklären Sie die Funktionsweise eines Tri-State-Ausgangs. Welche Bedingungen müssen gelten, um die einwandfreie Funktion des Busses sicherzustellen, und wie wird dies typischerweise realisiert? (3 Punkte)