

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

# Klausur

## Grundlagen der Technischen Informatik

14. April 2010

Name	
Matrikelnummer	
Studienrichtung	

Aufgabe	1	2	3	4	$\Sigma$
max. Punkte	20	20	20	20	80
erreichte Punkte					
<b>Note</b>					

**Aufgabe 1 (Zahlensysteme) (20 Punkte)**

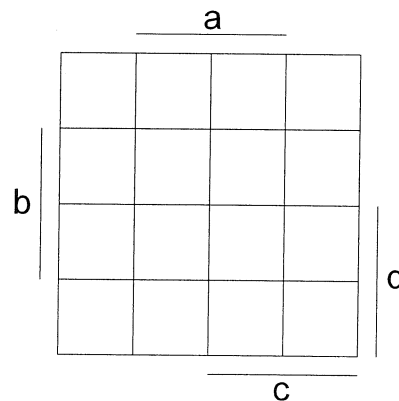
- a) Welches ist die größte mit  $n$  Bits darstellbare Binärzahl? (1 Punkt)
- b) Wie lautet der Wertebereich des Zweierkomplements für eine  $n$ -Bit Binärzahl? (1 Punkt)
- c) Wie viele verschiedene Zahlen lassen sich mit einer  $n$ -stelligen Zahl im Hexadezimalsystem darstellen? (1 Punkt)
- d) Wie lautet die Zahl  $DEAD_{16}$  in Oktaldarstellung? (1 Punkte)
- e) Wie lautet die Zahl  $57005_{10}$  im Binärsystem? (3 Punkte)
- f) Wie viel Bits weniger werden für die Binärzahl aus Aufgabe e) gebraucht gegenüber einer Kodierung der Zahl im BCD-Format? (1 Punkt)
- g) Eine Nachrichtenquelle wird über einen Hamming-Code  $X$  gesichert. Der verwendete Hamming-Code  $X$  kann dabei einen Bitfehler korrigieren, hat eine Länge  $n$  von 7 Bit (Datenbits  $m$  + Prüfbits  $k$ ) und unterstützt die maximal mögliche Anzahl von Datenbits  $m$ . Wie viele unterschiedliche Codewörter enthält der Hamming-Code  $X$ ? Begründen Sie ihre Antwort. (4 Punkte)
- h) Gegeben sei eine Textdatei, welche zu 12.5% aus dem ASCII-Zeichen 'A', zu 50% aus dem ASCII-Zeichen 'B', zu 25% aus dem ASCII-Zeichen 'C' und zu 12.5% aus dem ASCII-Zeichen 'D' besteht. Geben Sie den entsprechenden Huffman-Kodierungsbaum an. (4 Punkte)
- i) Welche Entropie hat die Textdatei pro ASCII-Zeichen, wenn die Zeichen in besagtem Verhältnis absolut zufällig in der Textdatei verteilt sind? Tipp: Sie können damit ein zeichenweises Auslesen der Textdatei als Zufallsquelle betrachten. (2 Punkte)
- j) Um welchen Faktor lässt sich die Größe der Textdatei mittels Huffman-Kodierung verringern? Bedenken Sie, dass ASCII-Zeichen 8 Bit zu ihrer Darstellung benötigen. (2 Punkte)

**Aufgabe 2 (Schaltalgebra, Minimierung von Schaltfunktionen, CMOS) (20 Punkte)**

- a) Eine Schaltfunktion besitzt eine nichtleere Redundanzmenge. Welcher Hauptklasse von Schaltfunktionen lässt sich diese Funktion zuordnen? (1 Punkt)
- b) Was versteht man unter einem Basissystem? (1 Punkt)
- c) Nennen Sie das Basissystem der Schaltalgebra sowie drei in der Schaltungstechnik oft verwendete Basissysteme. (2 Punkte)

- d) Gegeben ist die in nachfolgender Funktionstabelle angegebene Funktion  $f(a, b, c, d)$ . Bestimmen Sie alle Primimplikanten mittels des Nelson-Verfahrens. Ermitteln Sie dazu zuerst die KNF mit Hilfe des Symmetriediagramms und führen Sie davon ausgehend die algebraische Minimierung durch. (5 Punkte)

d	c	b	a	f
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	-



- e) Bestimmen Sie für die in Teilaufgabe d) definierte Funktion  $f(a, b, c, d)$  die Primimplikanten unter Einsatz des Verfahrens von Quine-McCluskey. (3 Punkte)
- f) Bestimmen Sie alle kostenminimalen Lösungen (bezüglich Anzahl der Literale zuzüglich Anzahl der Terme) des Überdeckungsproblems aus Teilaufgabe d) mit Hilfe des Petrick-Verfahrens. Geben Sie die resultierende(n) Schaltfunktion(en) für  $f(a, b, c, d)$  an. (4 Punkte)
- g) Ergänzen Sie die in nachfolgender Abbildung 1 dargestellte Schaltung in CMOS-Technik und geben Sie anschließend die realisierte Schaltfunktion  $g(a, b, c)$  algebraisch an. (3 Punkte)

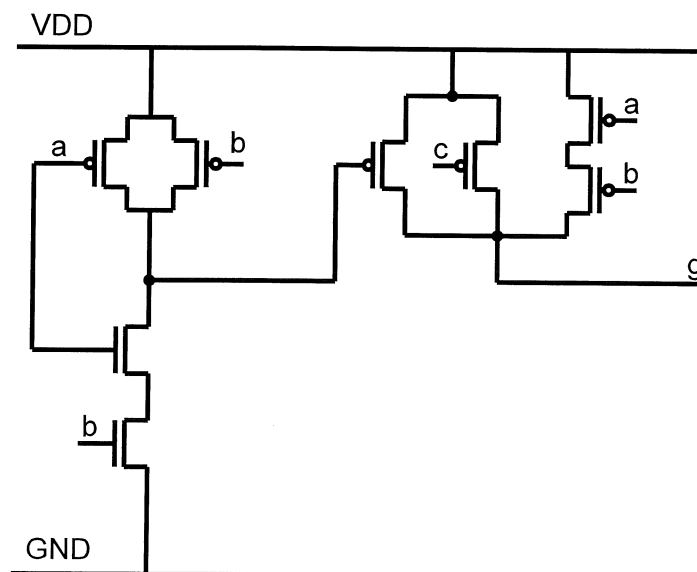


Abbildung 1: Schaltung in CMOS-Technik.

- h) Ein CMOS-Layout besteht unter anderem aus einer Wanne (Well) und Active-Gebieten. Welche weiteren grundlegenden Bestandteile werden benötigt? (1 Punkt)

### Aufgabe 3 (VHDL)

(20 Punkte)

In dieser Aufgabe soll ein synchron getaktetes Schaltwerk für die in Abbildung 2 dargestellte Mailbox-Steuerung, zum Beispiel in einem Mobiltelefon, in VHDL beschrieben werden:

- wenn das Gerät eingeschaltet wird, befindet sich der Steuerautomat im Hauptmenü
- ansonsten funktioniert die Steuerung gemäß folgendem Zustandsdiagramm, wobei alle Eingaben über die Telefontastatur erfolgen

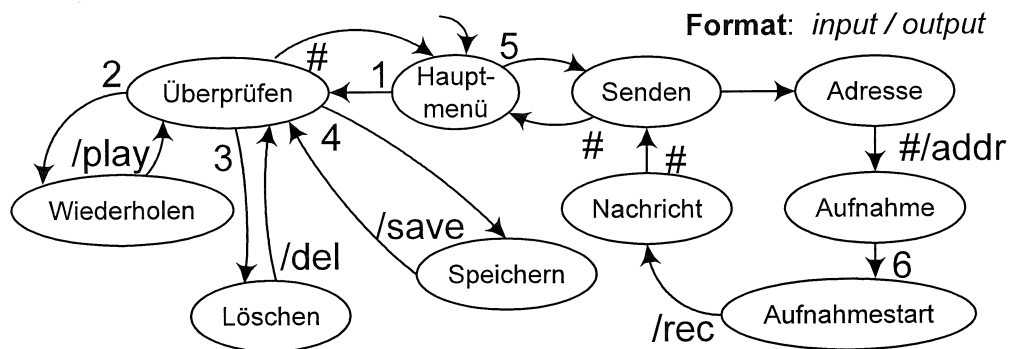


Abbildung 2: Automat zur Steuerung einer Mailbox.

- a) Geben Sie die Schnittstellenbeschreibung des abgebildeten Automaten in Form einer Entity in VHDL an. (3 Punkte)  
Hinweis: *Alle Ausgabesignale nehmen nur die Binärwerte 0 oder 1 an.*
- b) Geben Sie eine Implementierung des Automaten (siehe Abbildung 2) in Form einer VHDL Architecture-Beschreibung an. (Die Verwendung von *IEEE-Libraries* kann weggelassen werden.) (15 Punkte)
- c) Welche zusätzliche spezielle VHDL-Beschreibung wird benötigt, um den Automaten mit einem Simulationsprogramm zu simulieren? (1 Punkt)
- d) Welche Signale müssen in der speziellen Beschreibung aus Teilaufgabe c) unbedingt gesetzt bzw. initialisiert werden? (1 Punkt)

## Aufgabe 4 (Automaten und Flipflops)

(20 Punkte)

Eine Kaffeemaschine soll durch einen von Ihnen entwickelten Automaten gesteuert werden. Die Kaffeemaschine soll sowohl Kaffee als auch Espresso ausgeben, als auch auf Wunsch automatisch Zucker hinzufügen können. Die Maschine verfügt über die vier Tasten  $K$  um Kaffee auszuwählen,  $E$  um Espresso auszuwählen,  $Z$  um Zucker dazuzugeben sowie  $S$  zum Starten der Kaffee- bzw. Espressoausgabe. Das gleichzeitige Drücken mehrerer Tasten ist nicht möglich. Die Maschine kann vier (4) verschiedene Produkte ausgeben:

$ka$  entspricht Kaffee,  $ka-z$  Kaffee mit Zucker,  $es$  Espresso sowie  $es-z$  Espresso mit Zucker.

- a) Vervollständigen Sie geeignet die Tabellen mit den Eingaben und Ausgaben, die durch die binären Zustandsvariablen  $i_0$  und  $i_1$  bzw.  $o_0$  und  $o_1$  kodiert werden. (2 Punkte)

Taste	$i_1$	$i_0$
$K$	0	0
$E$	0	1
$Z$		
$S$		

Eingabe des Automaten

Ausgabe	$o_1$	$o_0$
$ka$	0	0
$ka-z$	0	1
$es$		
$es-z$		

Ausgabe des Automaten

- b) Im Folgenden soll ein *Mealy*-Automat entwickelt werden. Die Spezifikation lautet wie folgt:

Der Anfangszustand des Automaten ist *BEREIT*. Zunächst kann der Benutzer nur die Sorte des Kaffees wählen, d.h., Kaffee durch Drücken der Taste  $K$  oder Espresso durch Drücken der Taste  $E$ . Hat der Benutzer die Sorte ausgewählt, kann die Ausgabe der Sorte durch Drücken der Taste  $S$  gestartet werden. (Das Befüllen einer Tasse mit der gewählten Sorte Kaffee erfolgt durch eine externe Einheit, die lediglich die von Ihnen kodierten Ausgaben entgegennimmt und nicht Teil des Automaten ist.)

Vor dem Start der Ausgabe kann durch Drücken der Taste  $Z$  noch Zucker zur gewählten Sorte hinzugefügt werden. Nach erfolgter Ausgabe geht der Automat in seinen Ausgangszustand zurück.

Gehen Sie davon aus, dass keine Korrektur der Eingabe oder ein Reset notwendig ist, d.h., der Benutzer des Automaten wählt immer seine bevorzugte Sorte und den Wunsch nach Zucker korrekt aus und lässt sich anschließend die Kaffeesorte ausgeben. Weiterhin werden nicht spezifizierte Eingaben durch den Automaten einfach ignoriert.

Erstellen Sie den Automatengraphen des Mealy-Automaten unter Verwendung von maximal 5 Zuständen. (5 Punkte)

- c) Im Folgenden soll die Zustandsübergangstabelle inklusive der drei zur Realisierung der Ansteuerfunktion verwendeten, taktflankengesteuerten *T-Flipflops* für den von Ihnen entwickelten Automaten aufgestellt werden. Vervollständigen Sie die nachfolgende Zustandsübergangstabelle inklusive der Ansteuerfunktion. (5 Punkte)

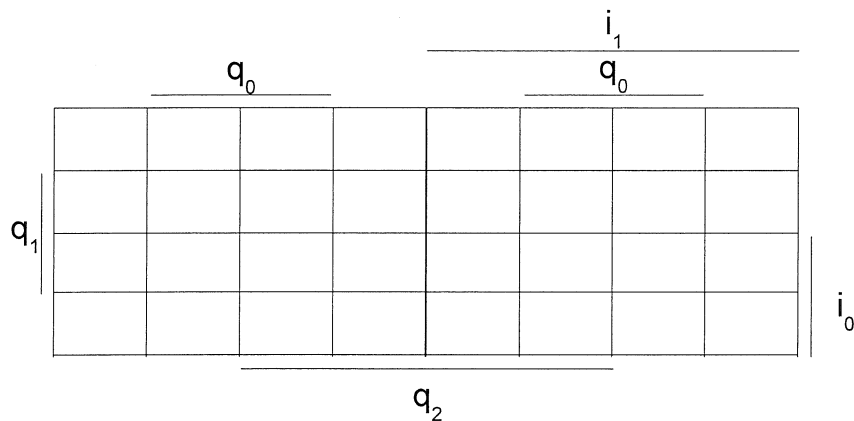
Bitte umblättern!

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						

- d) Entwickeln Sie eine disjunktive Minimalform (DMF) der Ansteuerfunktion des T-FlipFlops  $T_0$  unter Verwendung des gegebenen Symmetriediagrammes und tragen Sie ihre Lösung hier ein:

(4 Punkte)

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



- e) Erstellen Sie eine minimierte Implementierung der Zustandsübergangsfunktion für die Zustandsvariable  $q_0$  unter Verwendung der in Teilaufgabe d) ermittelten DMF. Verwenden Sie dabei ausschließlich AND- und OR-Gatter, INVERTER, sowie T-FLIPFLOPS. (4 Punkte)