

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

Klausur Grundlagen der Technischen Informatik

12. Oktober 2022

Vorname	
Nachname	
Matrikelnummer	

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Max. Punkte	16	16	16	16	16	80
Erreichte Punkte						
Note						

Organisatorische Hinweise

Bitte sorgfältig lesen und die Kenntnisnahme durch Unterschrift bestätigen

- a) Bitte legen Sie Ihren Studentenausweis bereit.
 - b) Als Hilfsmittel sind nur Schreibmaterialien und ein beidseitig handbeschriebenes DIN A4-Blatt zugelassen.
 - c) Verwenden Sie weder Rot- noch Bleistifte.
 - d) Sie können bei der Aufsicht zusätzliche Bearbeitungsblätter anfordern.
 - e) Unleserliches wird nicht bewertet.
 - f) Bei mehreren präsentierten Lösungen wird die Aufgabe nicht gewertet. Streichen Sie daher bei Angabe mehrerer Lösungsansätze die nicht zu bewertenden Lösungen durch.
 - g) Die Bearbeitungszeit beträgt 120 Minuten.
-

Erklärung

- a) Im Falle einer während der Prüfung auftretenden Prüfungsunfähigkeit zeige ich dies sofort der Aufsicht an und befolge deren Anweisungen. Ich weiß, dass ich die volle Beweislast trage. Ich lasse mir das Formular des Prüfungsamts, das für diese Fälle vorgesehen ist, aushändigen und verfare nach den dort niedergelegten Richtlinien.
- b) Ich weiß, dass im Falle des Täuschungsversuchs oder der Benutzung unerlaubter Hilfsmittel („Unterschleif“) der Prüfungsausschuss die Entscheidung treffen kann, die betroffene Prüfungsleistung als mit „nicht ausreichend“ bewertet gelten zu lassen.
- c) Ich habe die obigen Hinweise zur Kenntnis genommen.

Erlangen, den

Unterschrift

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 1 (Zahlensysteme)

(16 Punkte)

- a) Wie heißen die Zahlensysteme zur Basis 8 und 16? (1 Punkt)
- b) Wie lautet der Wertebereich einer n -stelligen vorzeichenlosen Zahl im Zahlensystem zur Basis 4? (2 Punkte)
- c) Wie lautet der Wertebereich einer n -stelligen Binärzahl, welche in Vorzeichen-Betragsdarstellung codiert ist? (2 Punkte)
- d) Was sind die minimal und maximal möglichen Ergebnisse bei einer Multiplikation einer n -stelligen Binärzahl im Zweierkomplement mit einer m -stelligen Binärzahl im Zweierkomplement? (3 Punkte)
- e) Konvertieren Sie die Binärzahl 10001100_2 im Einerkomplement in die entsprechende Zahl zur Basis 10. (2 Punkte)

- f) In dieser Aufgabe soll mit 16-Bit Gleitkommazahlen gearbeitet werden. Diese werden analog zum IEEE-Format gebildet. Das Format der Gleitkommazahl sieht dabei wie folgend aus:
Vorzeichen (1 Bit), Exponent (5 Bit), Mantisse (10 Bit)

V	E	M
15	14 10 9	0

Führen Sie nun die Multiplikation der beiden in diesem Format dargestellten Gleitkommazahlen 1 11001 1011100000 und 1 00101 1110000000 aus, und geben Sie das Ergebnis im gleichen Format an. (6 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 2 (Minimierung von Schaltfunktionen)

(16 Punkte)

- a) Bestimmen Sie alle Primimplikanten der durch folgendes Symmetriediagramm definierten Funktion $f_1(e, d, c, b, a)$. Bestimmen Sie anschließend eine Disjunktive Minimalform (DMF) von f_1 . (5 Punkte)

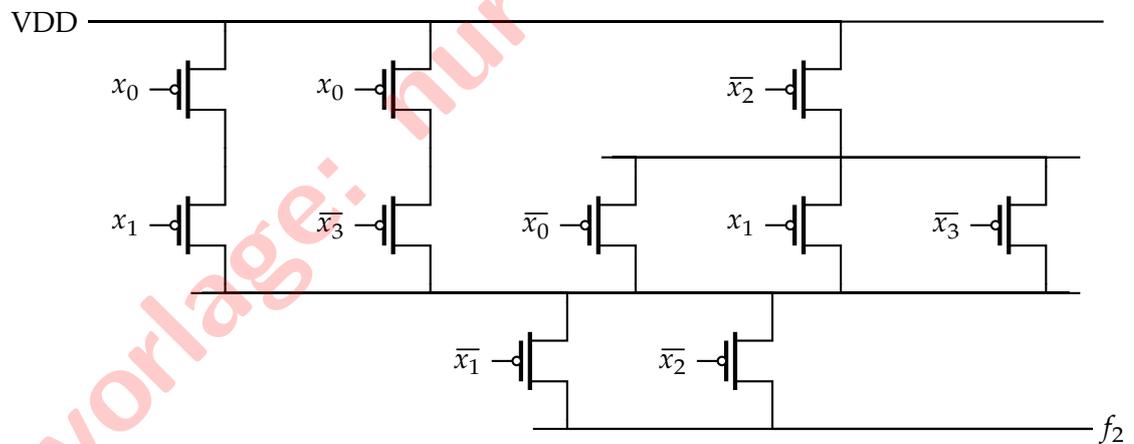
		a				e			
		a		a		a		a	
b	1	0	0	—	0	0	0	1	
	0	0	0	1	0	0	—	0	
	1	1	—	1	0	—	0	0	
	—	0	0	1	1	0	0	0	
	8	9	13	12	28	29	25	24	
	0	1	5	4	20	21	17	16	
	2	3	7	6	22	23	19	18	
	10	11	15	14	30	31	27	26	
									d
	c								

- b) Die Funktionen $y_i(x_3, x_2, x_1, x_0)$ beschreiben die Dekodierung einer mit einem zyklischen Gray-Code kodierten Zahl $x = (x_3, x_2, x_1, x_0)$:

x_3	x_2	x_1	x_0	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1

1. Bestimmen Sie unter Verwendung des Quine/McCluskey-Verfahrens alle DMF der Funktion y_2 . (6 Punkte)

2. Im Folgenden ist das Pull-Up Netzwerk (PUN) der CMOS-Schaltung einer (nicht minimierten) Schaltfunktion $f_2(x_3, x_2, x_1, x_0) \equiv y_3$ gegeben.



GND

- (i) Bestimmen Sie die durch das PUN definierte Schaltfunktion f_2 und eine Konjunktive Minimalform (KMF) von f_2 . (3 Punkte)

- (ii) Ergänzen Sie die CMOS-Schaltung von f_2 durch ein Pull-Down Netzwerk mit möglichst wenig Transistoren. (2 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 3 (Automaten und Flipflops)

(16 Punkte)

- a) Peter Ludwig möchte sein Lieblingsgedicht "L'étang" des Autors Jean Racine in das Deutsche übersetzen. Das Gedicht beginnt folgendermaßen:

Que c'est une chose charmante
De voir cet étang gracieux
Où, comme en un lit précieux,
L'onde est toujours calme et dormante!

Jean Racine (1639–1699)

Da Peters Französisch etwas eingerostet ist, muss er bei manchen Wörtern das Wörterbuch zu Rate ziehen. Er möchte es jedoch vermeiden, alle Wörter einer Zeile nachzuschlagen, weshalb er nach jedem nachgeschlagenen Wort die nächsten beiden Worte ignoriert, sofern er sie nicht kennt. Erreicht er das Ende der Zeile, schlägt er das nächste unbekannte Wort unabhängig von dessen Position nach. Peter möchte nun einen Automaten modellieren, der sein Verhalten imitiert. Er weiß aber nicht, welchen Automatentypen er dafür verwenden soll.

1. Modellieren Sie das obig beschriebene Verhalten sowohl einmal als Mealy-Automaten als auch einmal als Moore-Automaten, welche die Eingaben **B** (Bekanntes Wort), **U** (Unbekanntes Wort) und **S** (Zeilenende) erhalten. Verwenden Sie als Ausgaben **G** (Wort gewusst), **N** (Wort nachgeschlagen), **I** (Wort ignoriert) und **E** (Zeilenende). (6 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Studenten

2. Geben Sie für die folgende Quelle die korrekte Ausgabesequenz an.

Où, comme en un lit précieux,
L'onde est toujours calme et dormante!

Jean Racine (1639–1699)

Peter Ludwig seien die Wörter "lit", "précieux", "L'onde" und "calme" unbekannt. "L'onde" zählt hierbei als nur ein Wort und die vorhandenen Satzzeichen können ignoriert werden. Wie viele Bits sind notwendig, um die Ausgabesequenz zu codieren, wenn jedes Codewort die gleiche Anzahl an Bits spendiert bekommt? Geben Sie zusätzlich eine Codierungsvorschrift an, welche die Ausgabesequenz mit der minimalen Anzahl an Bits codiert, und geben Sie die Anzahl der dadurch eingesparten Bits an. (4 Punkte)

b) Im Folgenden ist die Automatentafel für eine abgeänderte Variante des Übersetzerautomaten gegeben. Der aktuelle Zustand (q_1q_0) wird hierbei durch ein JK-Flipflop (für q_1) und T-Flipflop (für q_0) gespeichert.

1. Vervollständigen Sie in der Automatentafel die Ansteuerfunktionen für die taktflankengesteuerten JK- bzw. T-Flipflops. (2 Punkte)

Zustand		Eingabe		Nachfolgezustand		Ansteuerfunktion			Ausgabe
q_1	q_0	i_1	i_0	q'_1	q'_0	J_1	K_1	T_0	O
0	0	0	0	0	0				0
0	1	0	0	1	0				0
1	0	0	0	0	1				0
1	1	0	0	1	1				0
0	0	0	1	1	1				1
0	1	0	1	1	1				1
1	0	0	1	0	1				1
1	1	0	1	0	1				1
0	0	1	0	0	1				0
0	1	1	0	0	1				0
1	0	1	0	1	0				0
1	1	1	0	0	0				0
-	-	-	-	-	-				-

2. Zeichnen Sie ein Schaltwerk des realisierten Automaten und der Ausgabefunktion. Benutzen Sie folgende Funktionen für J_1 und K_1 :

- $DMF_{J_1} = i_0 + \bar{i}_1 q_0$

- $DMF_{K_1} = i_0 + \bar{i}_1 \bar{q}_0 + i_1 q_0$

Gehen Sie davon aus, dass T_0 als Eingangssignal zur Verfügung steht. Verwenden Sie nur Gatter mit zwei Eingängen. Sie dürfen die Flipflops als Blackbox abstrahieren. (4 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 4 (Codierung und Rechnerarithmetik)

(16 Punkte)

- a) Ein fairer Würfel, welcher die Würfelzahl w (mit $1 \leq w \leq 8$) zeigt, wird n Mal geworfen. Geben Sie für die folgenden Nachrichten jeweils den Informationsgehalt an.

(2 Punkte)

A := „Der erste Wurf zeigt eine Zahl $w \leq 2$.“

B := „Die letzten zwei Würfe zeigen jeweils $w = 8$.“

- b) Vervollständigen Sie folgenden Huffman-Code.

(2 Punkte)

$$C_1 = [1000, 1001, 110, 111, \boxed{}, \boxed{}]$$

- c) Folgende unvollständige Wahrheitstabelle zeigt die Umwandlung einer 3-Bit-Binärzahl $b_2b_1b_0$ in den 3-Bit-Gray-Code $g_2g_1g_0$. Vervollständigen Sie die Tabelle.

(2 Punkte)

b_2	b_1	b_0	g_2	g_1	g_0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0			0
0	1	1			1
1	0	0	0	0	1
1	0	1			0
1	1	0			0
1	1	1			1

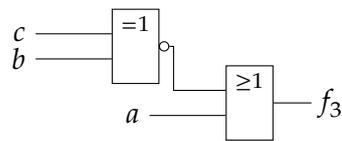
- d) (7,4) Hamming-Codes bestehen aus 4 Informationsstellen $x_3x_2x_1x_0$ und 3 Prüfstellen $y_2y_1y_0$.
1. Welche Arten von Fehlern können mit (7,4) Hamming-Codes erkannt beziehungsweise korrigiert werden? (1 Punkt)

2. Geben Sie die Konstruktionsvorschrift der 3 Prüfstellen für (7,4) Hamming-Codes an und ergänzen Sie anschließend die Prüfstellen zur Codierung der gegebenen Informationsstellen. (2 Punkte)

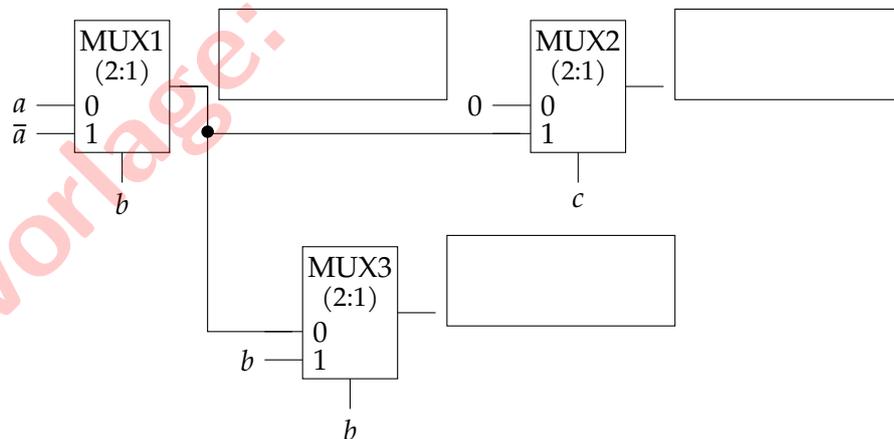
Codewort	Informationsstellen				Prüfstellen		
	x_3	x_2	x_1	x_0	y_2	y_1	y_0
1. CW	1	1	0	1			
2. CW	1	0	0	1			

3. Die Übertragung von Messwerten, die mit jeweils 50 Bits codiert wurden, soll vor Übertragungsfehlern geschützt werden. Geben Sie die minimale Anzahl an Prüfbits zur Codierung der 50-Bit-Binärwörter für eine Hamming-Distanz von $HD_{min} = 3$ an. (1 Punkt)

- e) Sei folgendes Schaltnetz gegeben, welches aus den gegebenen Eingangssignalen c, b, a die Funktion $f_3(c, b, a)$ realisiert. Formen Sie f_3 so um, dass sie unter ausschließlicher Verwendung von NOR-Gattern mit zwei Eingängen realisiert werden kann. (3 Punkte)



- f) Sei folgendes Schaltnetz aus drei Multiplexern (MUX1, MUX2 und MUX3) gegeben, welche mit den Eingangssignalen a, \bar{a}, b, c und 0 belegt sind. Geben Sie für die Multiplexer MUX1, MUX2 und MUX3 die jeweils resultierende Schaltfunktion an. (3 Punkte)

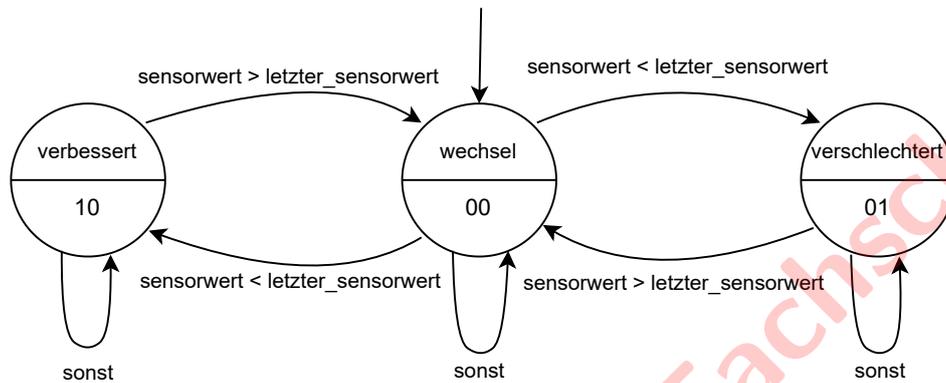


Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 5 (VHDL)

(16 Punkte)

Peter Ludwig misstraut der Wettervorhersage in der Zeitung und möchte daher eine lokale Vorhersage basierend auf Änderungen des Luftdrucks vornehmen, die er mit Hilfe eines Barometers misst. Fällt der gemessene Luftdruck im Verhältnis zur letzten Messung, so deutet dies auf sich verschlechterndes Wetter hin, während steigender Luftdruck ein Indikator für eine Verbesserung des Wetters ist. Er formalisiert diesen Zusammenhang in folgendem Automatengraphen:



Implementieren Sie den spezifizierten Automaten als *synchrone* Schaltung, die sich *asynchron* zurücksetzen lässt, in VHDL. Das Ausgabesignal soll im Zustand `wechsel` "00" sein, im Zustand `verbessert` "10" und im Zustand `verschlechtert` "01". Die eingehende Messung des Barometers werde mit `sensorwert` bezeichnet. Weiterhin stehe der folgende Datentyp zur Verfügung:

```
type zustaeude is (wechsel, verbessert, verschlechtert);
```

- a) Vervollständigen Sie folgende `entity`-Deklaration. Alle Ein- und Ausgänge sollen vom Typ `std_logic` oder `std_logic_vector` sein. Der Eingabewert des Barometers werde als vorzeichenlose 16-Bit Ganzzahl codiert. (2 Punkte)

```
entity wettvorhersage is
  port(
```

```
    );
end wettvorhersage;
```

- b) Wie viele Flipflops werden zur Speicherung des Zustands minimal benötigt? (1 Punkt)

- c) Vervollständigen Sie den Rumpf der folgenden architecture-Beschreibung. (8 Punkte)

```
architecture behavioral of wettervorhersage is
  type zustaeude is (wechsel, verbessert, verschlechtert);
  signal zustand: zustaeude;
  signal sensorwert_u: unsigned(15 downto 0);
  signal letzter_sensorwert: unsigned(15 downto 0);
begin
  sensorwert_u <= to_unsigned(sensorwert);
```

```
end architecture;
```

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

d) Erläutern Sie die Unterschiede zwischen Signalen und Variablen. (2 Punkte)

e) Was macht eine Testbench und welchen Zweck erfüllt sie? (2 Punkte)

f) Erläutern Sie kurz, wieso die funktionale Verifikation eines Hardware-Entwurfs noch wichtiger ist als bei Software. (1 Punkt)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Kopiervorlage: nur für Fachschaften