

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

Klausur

Grundlagen der Technischen Informatik

18. September 2015

Name	
Matrikelnummer	
Studienrichtung	

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Max. Punkte	15	15	20	15	15	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) Schmierpapier wird nicht abgegeben und auch nicht korrigiert.
 - d) Sie können bei der Aufsicht zusätzliche Bearbeitungsblätter anfordern.
 - e) Unleserliches wird nicht bewertet.
-

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 18. September 2015

.....

Unterschrift

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 1 (Zahlendarstellung)

(15 Punkte)

- a) Wie lautet der Wertebereich des Ergebnisses einer Subtraktion zweier n -Bit Binärzahlen in Einerkomplement-Darstellung? (2 Punkte)
- b) Wie heißen die Zahlensysteme zur Basis 10 und 16? (2 Punkte)
- c) Konvertieren Sie die Zahl 1147_{10} zur Basis 10 in eine vorzeichenlose Quintärzahl, d. h. in eine Zahl zur Basis 5. (2 Punkte)
- d) Konvertieren Sie die Binärzahl 1010_2 in Vorzeichen-Betrags-Darstellung in die entsprechende Zahl zur Basis 10. (1 Punkt)
- e) Beantworten Sie folgende Auswahlfragen. Jede richtige Antwort ergibt einen Punkt, jede falsche Antwort führt zu einem Punktabzug, nicht beantwortete Fragen werden nicht gewertet, weniger als null Punkte sind nicht möglich. (4 Punkte)
- Die Zahl $(9,65)_{10}$ lässt sich ohne Rundungsfehler in die Gleitkommadarstellung nach IEEE 754 umwandeln. wahr falsch
 - Die Zahl $(-3,375)_{10}$ lässt sich ohne Rundungsfehler in die Gleitkommadarstellung nach IEEE 754 umwandeln. wahr falsch
 - Bei der Umwandlung von Ganzzahlen im Quintärsystem in Zahlen zur Basis 3 kann es zu Rundungsfehlern kommen. wahr falsch
 - Die Addition zweier Zahlen im Zweierkomplement mit 32 Bit ist aufwändiger als die Addition zweier vorzeichenloser Binärzahlen mit 32 Bit. wahr falsch

- f) Gegeben sei eine Recheneinheit (5-Bit-ALU) zur Berechnung von $r = x \text{ op } y$ mit den Operationen $\text{op} \in \{+, -, >, \geq, <, \leq, =, \neq\}$ sowie den Booleschen Verknüpfungen $\text{op} \in \{\wedge, \vee, \neg\}$. Die Operanden x und y sowie das Ergebnis r sind dabei 5 Bit breite Binärzahlen in Zweierkomplement-Darstellung. Ein Überlauf bzw. Unterlauf tritt bei einer Operation auf, wenn das Ergebnis der Operation außerhalb des Wertebereichs einer 5 Bit breiten Binärzahl in Zweierkomplement-Darstellung liegt.

Geben Sie einen Test an, welcher zu **wahr** auswertet, wenn bei der Addition mit der 5-Bit-ALU $r = x + y$ ein Überlauf oder Unterlauf aufgetreten ist. Dem Test stehen ausschließlich die 11 Operationen der 5-Bit-ALU, Konstanten darstellbar als 5 Bit breite Binärzahlen in Zweierkomplement-Darstellung, die drei Werte x , y und r , sowie beliebige Zwischenergebnisse zur Verfügung. (4 Punkte)

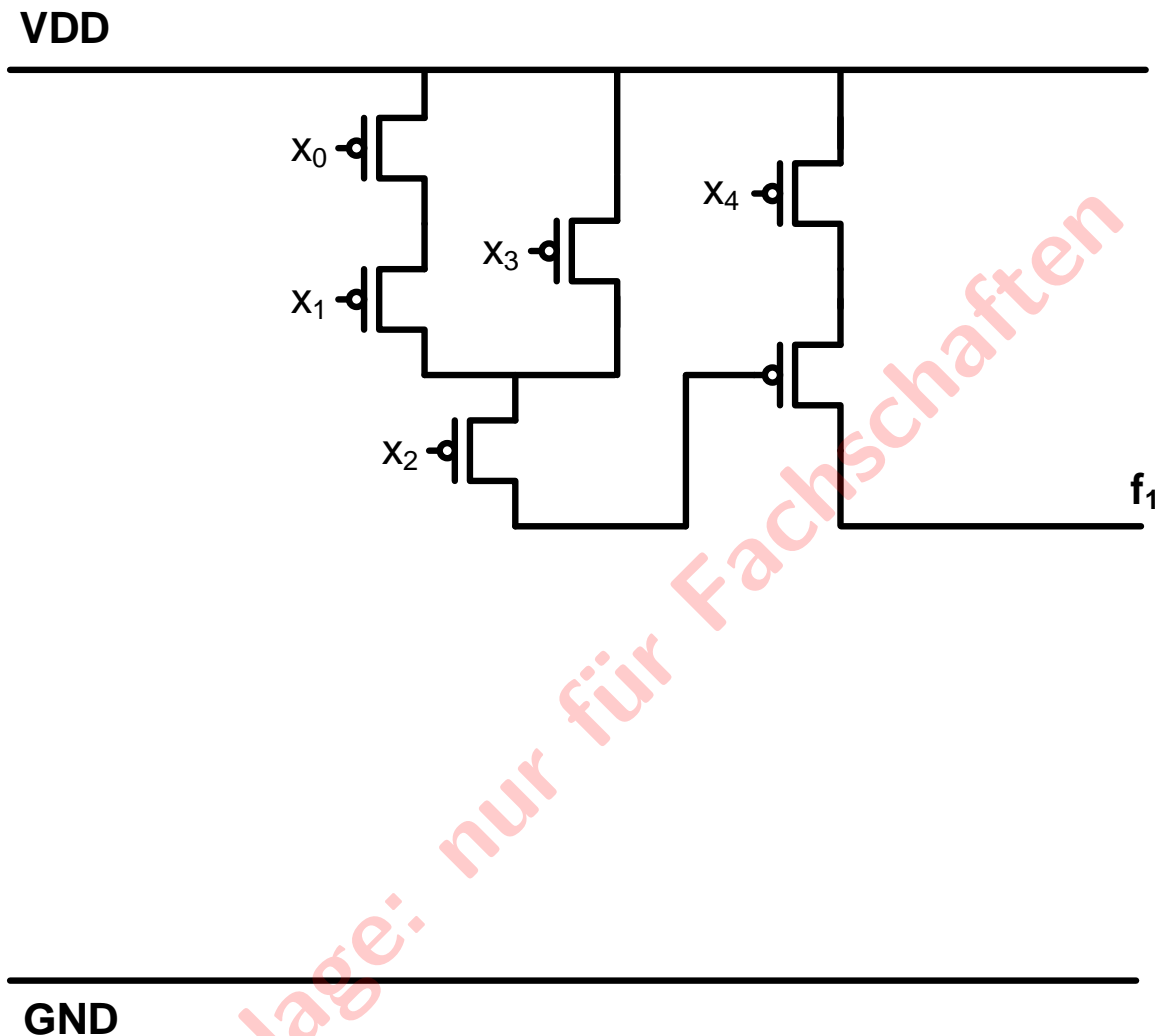
Ein solcher Test könnte beispielsweise wie folgt aussehen: $r \geq 7 \vee x > 2 \wedge (y \geq x)$

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 2 (Minimierung und CMOS)

(15 Punkte)

a) Gegeben sei folgendes CMOS Pull-Up-Netzwerk (PUN) der Schaltfunktion $f_1(x_4, x_3, x_2, x_1, x_0)$.



1. Geben Sie den schaltalgebraischen Ausdruck des PUNs an.

(2 Punkte)

PUN:

2. Entwickeln Sie den schaltalgebraischen Ausdruck für das Pull-Down-Netzwerk (PDN) und vervollständigen Sie die CMOS-Schaltung.

(4 Punkte)

PDN:

- b) Gegeben sei nachfolgendes Symmetriediagramm der Schaltfunktion $f_2(x_3, x_2, x_1, x_0)$. Bestimmen Sie alle Primimplikate. (4 Punkte)

		x_0					
		-	0	1	1		
x_1	1	1	1	1	1		
	0	0	-	0	0		
	0	1	0	-	-		
							x_3
		x_2					

Primimplikate:

- c) Gegeben seien die Primimplikanten der Schaltfunktion $f_3(x_3, x_2, x_1, x_0)$:

$x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0, x_3 x_2 \bar{x}_1, \bar{x}_3 \bar{x}_2, \bar{x}_3 \bar{x}_0, \bar{x}_2 x_0, x_3 x_0.$

Die Einstellenmenge sei:

$E = \{x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0, \bar{x}_3 \bar{x}_2 x_1 x_0, \bar{x}_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0, x_3 x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0, x_3 x_2 \bar{x}_1 x_0\}.$

Bestimmen Sie mit Hilfe des Petrick-Verfahrens alle disjunktiven Minimalformen (DMFs). Verwenden Sie die Anzahl der Literale als Kostenfunktion. (5 Punkte)

	k	PI								
$\bar{x}_3 \bar{x}_0$	1	A								
$x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$	2	B								
$x_3 x_2 \bar{x}_1$	3	C								
$\bar{x}_3 \bar{x}_2$	4	D								
$\bar{x}_2 x_0$	5	E								
$x_3 x_0$	6	F								

Aufgabe 3 (Automaten)

(20 Punkte)

- a) Im Folgenden soll ein Parkscheinautomat entworfen werden, an dem ein Tagesticket im Wert von zwei Euro gelöst werden kann. Dieser ist wie folgt spezifiziert:

Der Parkscheinautomat verfügt über vier verschiedene Eingaben, die jedoch nicht gleichzeitig anliegen können. Um das Tagesticket im Wert von 2 Euro zu lösen, muss dieser Betrag in Form von 50 Cent Münzen (Eingabe *In50*) oder 1 Euro Münzen (Eingabe *In100*) eingeworfen werden. Übersteigt der bereits eingeworfene Geldbetrag den Betrag von 2 Euro nicht, erfolgt keine Ausgabe (Ausgabe *NoOut*). Würde durch einen erneuten Einwurf von Münzen der bereits eingeworfene Geldbetrag den Betrag von 2 Euro überschreiten oder der eingeworfene Geldbetrag umfasst bereits 2 Euro, so wird der zuletzt erfolgte Münzeinwurf direkt wieder ausgegeben (Ausgabe *MoneyRecent*). Beträgt der eingeworfene Geldbetrag genau 2 Euro, kann durch die Eingabe *InTicket* ein Tagesticket gelöst werden (Ausgabe *Ticket*). Anderenfalls wird die Eingabe *InTicket* ignoriert (Ausgabe *NoOut*). Weiterhin kann durch die Eingabe *InBack* der gesamte eingeworfene Geldbetrag wieder ausgegeben werden (Ausgabe *MoneyTotal*). Ist noch kein Geldeinwurf erfolgt, so wird auch die Eingabe *InBack* ignoriert (Ausgabe *NoOut*). Die Ein- und Ausgaben sind dabei wie folgt durch binäre Variablen codiert:

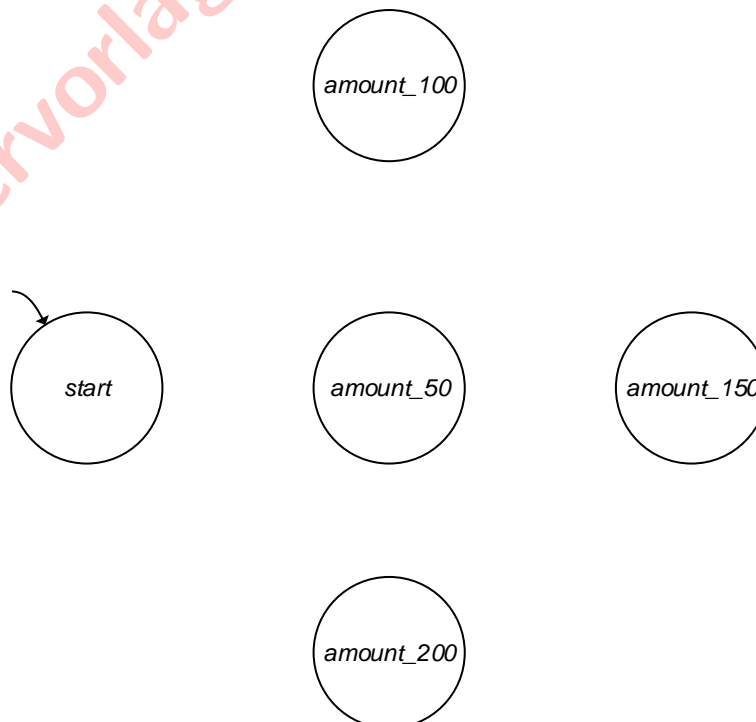
Eingabe	i_1	i_0
<i>In50</i>	0	0
<i>In100</i>	0	1
<i>InBack</i>	1	0
<i>InTicket</i>	1	1

Eingaben des Automaten

Ausgabe	o_1	o_0
<i>NoOut</i>	0	0
<i>Ticket</i>	0	1
<i>MoneyRecent</i>	1	0
<i>MoneyTotal</i>	1	1

Ausgaben des Automaten

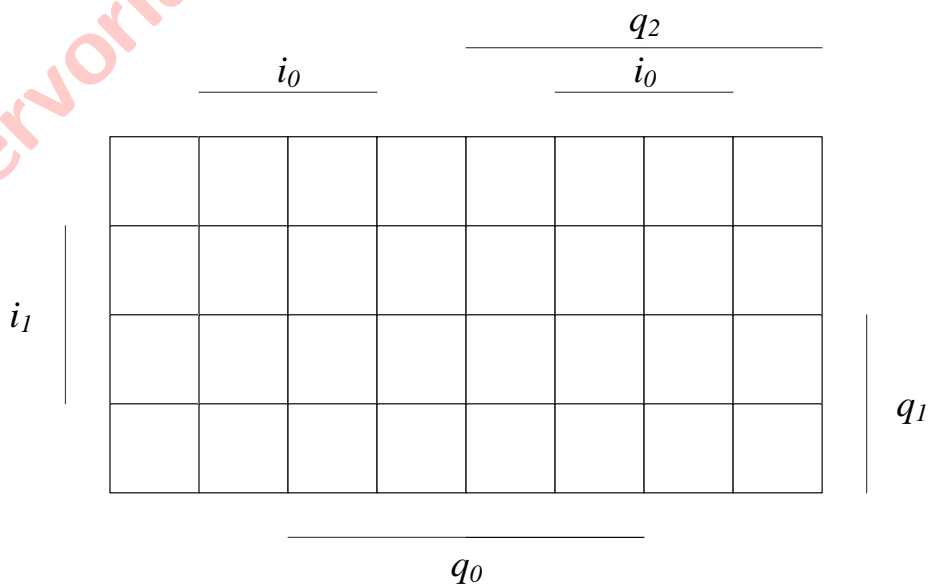
1. Spezifizieren Sie den beschriebenen Parkscheinautomat als Mealy-Automat unter Verwendung der fünf Zustände *start*, *amount_50* (50 Cent im Automat), *amount_100*, *amount_150* und *amount_200* (2 Euro im Automat). Geben Sie den resultierenden Automatengraphen an. (5 Punkte)



2. Vervollständigen Sie die nachfolgend gegebene Automatentafel unter Verwendung von taktflankengesteuerten D-, JK- bzw. T-Flipflops. (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	D_2	J_1	K_1	T_0	o_1	o_0
start	0	0	0	0	0									
start	0	0	0	0	1									
start	0	0	0	1	0									
start	0	0	0	1	1									
amount_50	0	0	1	0	0									
amount_50	0	0	1	0	1									
amount_50	0	0	1	1	0									
amount_50	0	0	1	1	1									
amount_100	0	1	0	0	0									
amount_100	0	1	0	0	1									
amount_100	0	1	0	1	0									
amount_100	0	1	0	1	1									
amount_150	0	1	1	0	0									
amount_150	0	1	1	0	1									
amount_150	0	1	1	1	0									
amount_150	0	1	1	1	1									
amount_200	1	0	0	0	0									
amount_200	1	0	0	0	1									
amount_200	1	0	0	1	0									
amount_200	1	0	0	1	1									

3. Entwickeln Sie eine *disjunktive Minimalform (DMF)* der Ansteuerfunktion K_1 des JK-Flipflops unter Verwendung des gegebenen Symmetriediagramms. Geben Sie den resultierenden schaltalgebraischen Ausdruck an. (4 Punkte)
 Achten Sie auf Don't-Cares sowie auf die vorgegebene Variablenordnung!



4. Zeichnen Sie das Schaltwerk des in Teilaufgabe 2 erstellten Mealy-Automaten unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus Teilaufgabe 3. Gehen Sie ferner davon aus, dass Sie die benötigten Ansteuerfunktionen D_2 , J_1 und T_0 als Eingangssignale zur Verfügung haben. Auf die Realisierung der Ausgabe des Automaten kann verzichtet werden.

(3 Punkte)

- b) Zeichnen Sie die vollständige Schaltung eines Active-LOW RS-Latches.

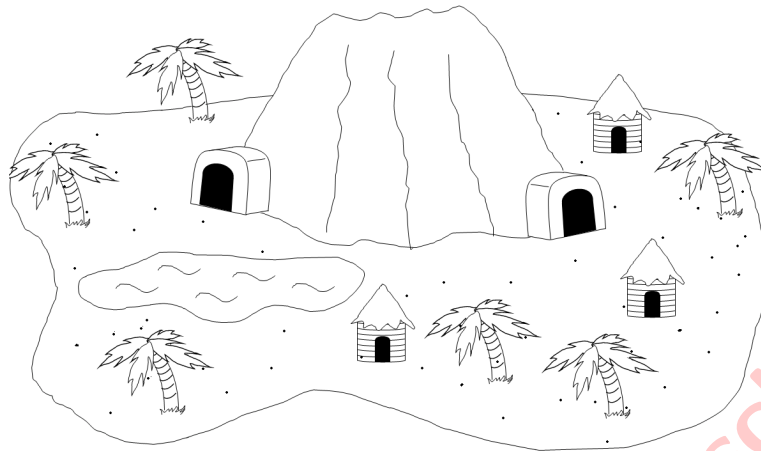
(2 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 4 (Codierung und Arithmetik)

(15 Punkte)

a) Gegeben sei folgende Schatzkarte.



Sie enthält folgende Landmarken, wobei sich an einer ein Schatz verbirgt:



Palme (P) Höhle (H) Lagune (L) Blockhütte (B)

1. Welchen Informationsgehalt hat die Aussage „Der Schatz ist in einer Blockhütte“? (1 Punkt)

2. Ordnen Sie die folgenden Aussagen gemäß ihres Informationsgehalts von niedrig nach hoch: (1 Punkt)
 - A_1 := „Der Schatz ist *nicht* in einer Blockhütte.“
 - A_2 := „Der Schatz ist in einer Lagune.“
 - A_3 := „Der Schatz ist in einer Höhle.“
 - A_4 := „Der Schatz ist unter einer Palme.“

3. Für die Übermittlung der Landmarken (entspricht den Zeichen P, H, L, B) sollen diese mit Hilfe des Huffman-Verfahrens codiert werden. Geben Sie einen resultierenden Huffman-Baum an. (2 Punkte)

- b) Dividieren Sie die Binärzahl $A = 001111$ durch die Binärzahl $B = 011$ anhand des Non-Restoring Divisionsverfahrens. Geben Sie die einzelnen Schritte, sowie den Quotienten und den Partialrest explizit an. (6 Punkte)

- c) Welche der folgenden Schaltungselemente werden sowohl für *sequentielle Multiplizierer* als auch für einen *Non-Restoring-Dividerer* benötigt? (1 Punkt)

- Schieberegister Modulo-3-Zähler
 Komparator Flipflop
 Addierer Subtrahierer

- d) Zeichnen Sie das Schaltnetz eines Halbaddierers unter ausschließlicher Verwendung von NOR-Gattern mit zwei Eingängen. Verwenden Sie so wenig NOR-Gatter wie möglich. (4 Punkte)

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Aufgabe 5 (VHDL)

(15 Punkte)

Der IEEE-1284-Standard definiert eine parallele Schnittstelle zur bidirektionalen Übertragung von Daten. Abbildung 1 zeigt den verwendeten D-Sub-25-Stecker und die Namen der in dieser Aufgabe benötigten Pins.

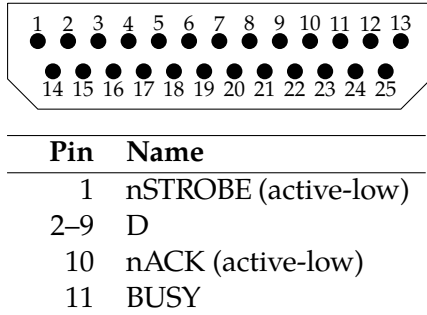


Abbildung 1: Pinbelegung des D-Sub-25-Steckers

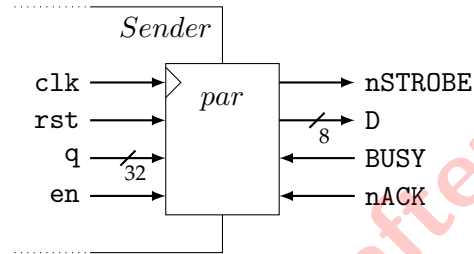


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Komponente

Das Übertragungsprotokoll funktioniert folgendermaßen: Der Sender legt ein 8-bit Datenwort auf D an und wartet, bis das Signal BUSY inaktiv ist. Dann setzt er nSTROBE mindestens 1 µs lang auf aktiv, um dem Empfänger zu signalisieren, dass Daten anliegen. Sobald dieser die Daten erhalten hat, bestätigt er dies durch das Schalten von nACK auf aktiv.

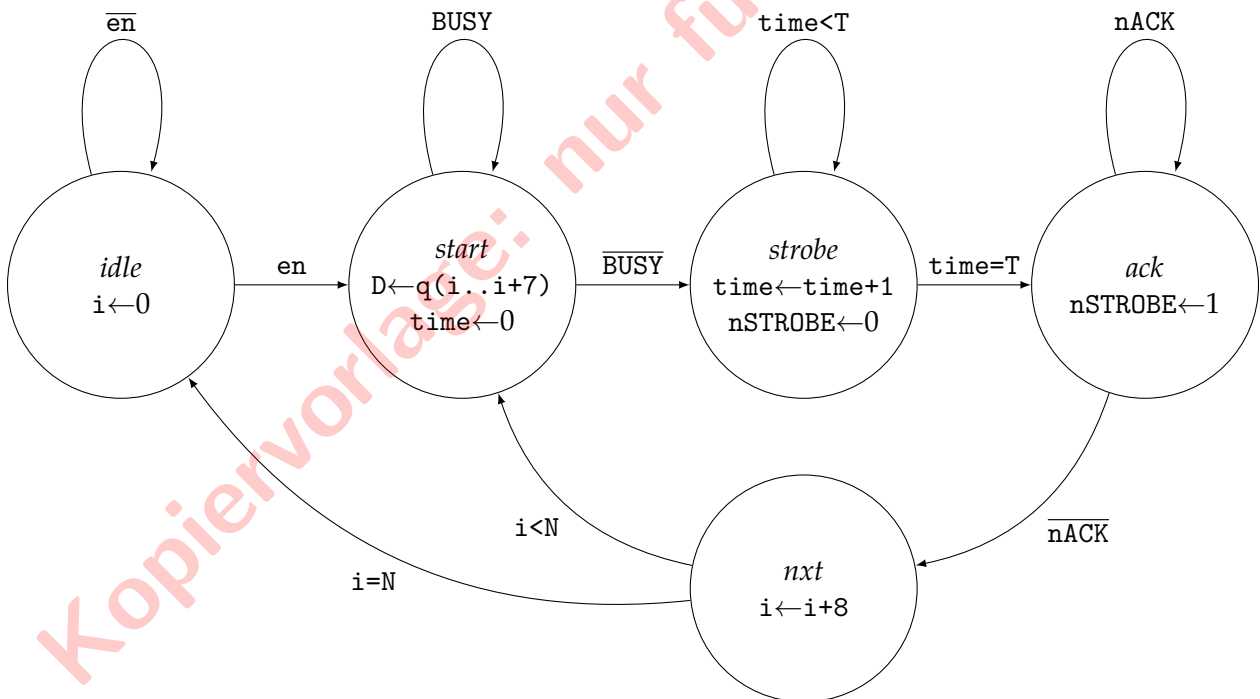


Abbildung 3: Automatengraph

In dieser Aufgabe soll nun eine Schaltung entworfen werden, die ein 32-bit Datenwort q gemäß dieses Protokolls in vier Schritten verschickt, sobald das Aktivierungssignal en gesetzt wird. Die Schnittstelle der Schaltung ist in Abbildung 2, ihr Verhalten durch den Automatengraphen in Abbildung 3 spezifiziert. rst sei ein asynchrones Reset-Signal und das Taktsignal clk habe eine Frequenz von 8 MHz.

- a) Bestimmen Sie T und N (siehe Abbildung 3). (2 Punkte)
- b) Die Signale nSTROBE und nACK sind *active-low*. Was bedeutet das? (1 Punkt)
- c) Implementieren Sie die spezifizierte Schaltung in VHDL. Die erforderlichen Bibliotheken seien bereits eingebunden und das folgende Code-Skelett vorgegeben (Hinweis: $q(i..i+7)$ lässt sich in VHDL als $q(i+7 \text{ downto } i)$ ausdrücken). Vervollständigen Sie weiterhin die Deklaration der entity. (10 Punkte)

```
entity par is
```

```
end par;
```

```
architecture behavior of par is  
signal i : integer;
```

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

Kopiervorlage: nur für Fachschaften

`end behavior;`

- d) Wie lässt sich die funktionale Korrektheit eines Schaltungsentwurfs überprüfen? Wieso ist dies bei digitalen Schaltungen besonders wichtig? (2 Punkte)