

Professor Dr.-Ing. Stefan Kowalewski  
Dipl.-Inform. Andreas Polzer  
Dipl.-Inform. Philipp Kranen

Aachen, 10. Januar 2008  
SWS: V4/Ü2, ECTS: 7

**Einführung in die Technische Informatik**  
WS 2007/2008  
Probeklausur

## Hinweise

Bitte sorgfältig durchlesen.

- Tragen Sie auf allen Blättern Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer ein.
- Benutzen Sie den Platz auf den Aufgabenblättern und berücksichtigen Sie, dass auch auf den Rückseiten Aufgaben stehen.
- Falsche Antworten in Ankreuzteilen führen zu Punktabzug (jedoch nie zu negativen Punkten bei einer Aufgabe). Nicht-Beantwortung bzw. *weiß nicht*-Antworten führen nicht zu Punktabzug.
- Sollte Ihnen der Platz nicht ausreichen, so können Sie Papier von der Aufsicht bekommen.
- Jeder Punkt entspricht ungefähr einer Bearbeitungszeit von einer Minute. Die Bearbeitungszeit für die gesamte Klausur beträgt 120 Minuten.
- Schreiben Sie nur mit dokumentenechten Stiften wie z. B. Kugel- oder Tintenschreiber in blauer oder schwarzer Farbe. Lösungen mit Bleistift werden nicht bewertet.
- Legen Sie Ihren Studierendenausweis und einen amtlichen Lichtbildausweis bereit.
- Es sind **keine Hilfsmittel** erlaubt (außer Schreibzeug). Mit Ihrer Unterschrift versichern Sie Eides statt, dass die Prüfungsleistung von Ihnen ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht worden ist.

## Auswertung

Aufgabe	Punkte	Ergebnis
1	6,0	
2	4,0	
3	6,0	
4	6,0	
5	5,0	
6	10,0	
7	13,0	
8	10,0	
9	6,0	
10	10,0	
11	8,0	
12	9,0	
13	11,0	
14	10,0	
15	10,0	
16	10,0	
17	15,0	
18	10,0	
Gesamt:	159,0	

**Note:** .....

**Aufgabe 1 : [TI] Zahlensysteme (6 Punkte)**

Rechnen Sie zwischen den Zahlensystemen um:

a)  $(75)_{10} = (\boxed{1001011})_2$

b)  $(85423)_9 = (\boxed{2212110210})_3$

c)  $(4762)_8 = (\boxed{9F2})_{16}$

**Aufgabe 2 : [TI] Dualdarstellung im Rechner (4 Punkte)**

Interpretieren Sie das Byte

 $\boxed{1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1}$ 

a) als vorzeichenlose Dualzahl.

 $\boxed{173}$ 

b) als Dualzahl in Vorzeichen/Betrag-Darstellung.

 $\boxed{-45}$ 

c) als Dualzahl im Einerkomplement.

 $\boxed{-82}$ 

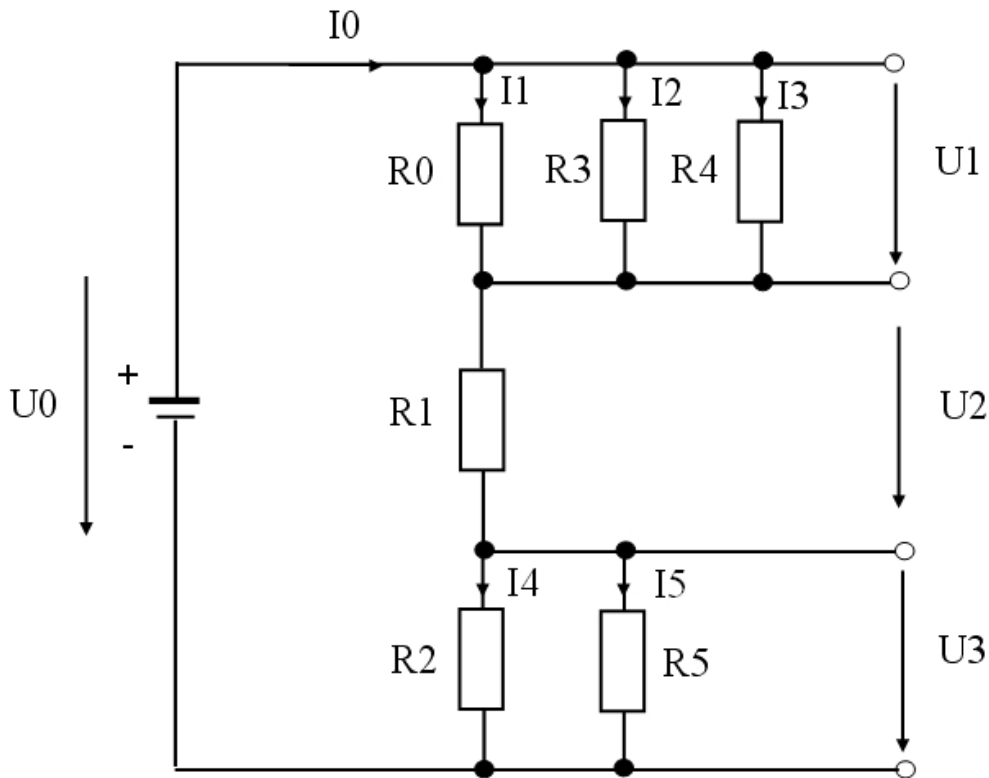
d) als Dualzahl im Zweierkomplement.

 $\boxed{-81}$ 

Geben Sie ihr Ergebnis jeweils als Dezimalzahl an.

**Aufgabe 3 : [EGI] Kirchhoffschen Regeln (6 Punkte)**

Betrachten Sie die folgende Schaltung:



Bekannt sind die folgenden Werte:  $U_0 = 9V$ ,  $U_1 = 4V$ ,  $U_2 = 3V$ ,  $U_3 = 2V$  und  $R_5 = 12\Omega$ . Des Weiteren ist bekannt, dass gilt:  $I_1 = I_2 = I_3$  und  $I_4 = I_5$ . Bitte berechnen Sie die folgenden Werte:

a) Der Gesamtstrom  $I_0$  beträgt:

$\frac{1}{3}A$
----------------

b) Der Wert der Ströme  $I_1, I_2, I_3$  beträgt:

$\frac{1}{9}A$
----------------

c) Der Wert der Ströme  $I_4, I_5$  beträgt:

$\frac{1}{6}A$
----------------

d) Der Wert des Widerstands  $R_0$  beträgt:

$36\Omega$
------------

e) Der Wert des Widerstands  $R_1$  beträgt:

$9\Omega$
-----------

f) Der Wert des Widerstands  $R_4$  beträgt:

$36\Omega$
------------

**Aufgabe 4 : [TI] Funktionale Vollständigkeit (6 Punkte)**

Beantworten Sie folgende Fragen mit Begründung!

- a) Wann ist ein System  $B = \{f_1, \dots, f_n\}$  Boolescher Funktionen funktional vollständig?  
(2 Punkte)

**Lösung:** Ein System  $B = \{f_1, \dots, f_n\}$  Boolescher Funktionen heißt funktional vollständig, wenn sich jede Boolesche Funktion allein durch Einsetzungen bzw. Komposition von Funktionen aus  $B$  darstellen lässt.

- b) Ist das System  $\{f_1(x, y), f_2(x), f_3(x, y, z)\}$  Boolescher Funktionen funktional vollständig?  
(4 Punkte)

Folgenden Definitionen der Booleschen Funktionen sind gegeben:

	$x$	$y$	$f_1$
$f_1(x, y):$	0	0	1
	0	1	1
	1	0	0
	1	1	0

	$x$	$f_2$
$f_2(x):$	0	0
	1	0

	$x$	$y$	$z$	$f_3$
	0	0	0	0
	0	0	1	0
	0	1	0	0
$f_3(x, y, z):$	0	1	1	0
	1	0	0	0
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	1	1

Begründen Sie Ihre Antwort!

**Lösung:** Diese Menge an Booleschen Funktionen ist funktional vollständig.

Folgende Zusammenhänge zeigen dies:

$$\bar{x} = f_1(x, x) = f_1(x, f_2(x))$$

$$x \cdot y = f_3(x, y, y) = f_3(x, f_2(x), y)$$

$$x + y = f_1(f_3(f_1(x, x), y, f_1(y, y)), f_2(x)) = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$$

**Aufgabe 5 : [TI] Boolesche Funktionen (5 Punkte)**

Gegeben sind die folgenden einschlägigen Indizes 0, 3, 5, 7 einer Booleschen Funktion  $f : B^3 \rightarrow B$ . Kreuzen Sie in der nebenstehenden Liste genau die Funktionen an, die mit der gegebenen Funktion  $f(x_1, x_2, x_3)$  übereinstimmen. D. h. die Funktionen  $f_i(x_1, x_2, x_3)$ , für die gilt:

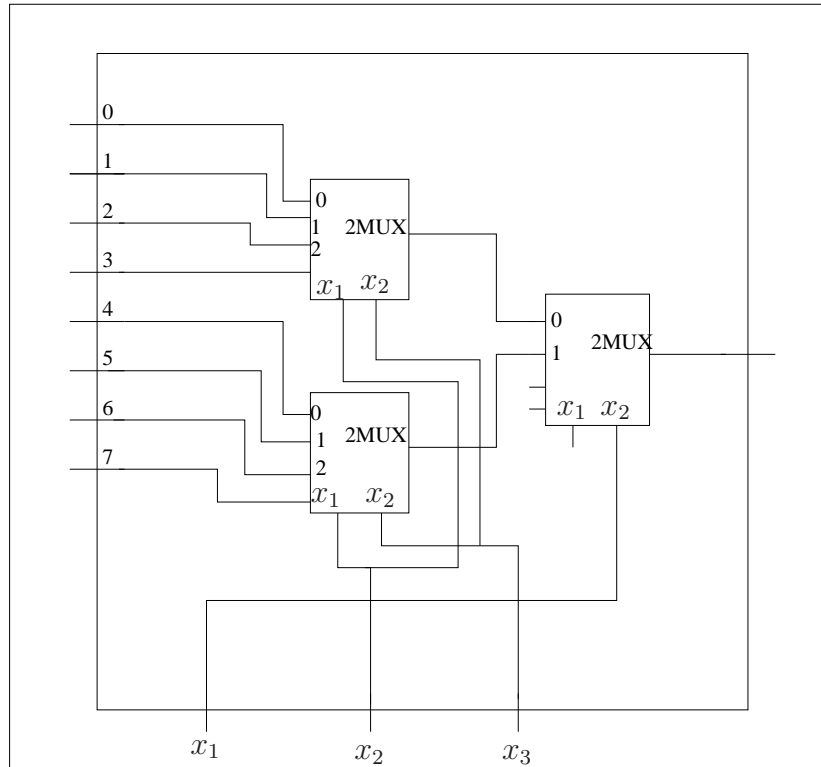
$$f_i(x_1, x_2, x_3) = f(x_1, x_2, x_3), \forall i \in \{1, \dots, 5\}.$$

- |   |                                     |                                     |                          |                          |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) $f_1(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + (\bar{x}_1x_2x_3) + x_1\bar{x}_2x_3 + x_1x_2x_3$           | ja                                  | nein                                | weiß                     | nicht                    |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) $f_2(x_1, x_2, x_3) = x_1x_2x_3 + x_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3$ | ja                                  | nein                                | weiß                     | nicht                    |
|   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) $f_3(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 + x_3$   | ja                                  | nein                                | weiß                     | nicht                    |
|   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) $f_4(x_1, x_2, x_3) = (x_1 + x_2 + x_3) + (x_1 \rightarrow x_2)x_3$  | ja                                  | nein                                | weiß                     | nicht                    |
|   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) $f_5(x_1, x_2, x_3) = ((x_1 + x_2 + x_3) \rightarrow x_1x_3) + \bar{x}_1x_2x_3$                                | ja                                  | nein                                | weiß                     | nicht                    |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

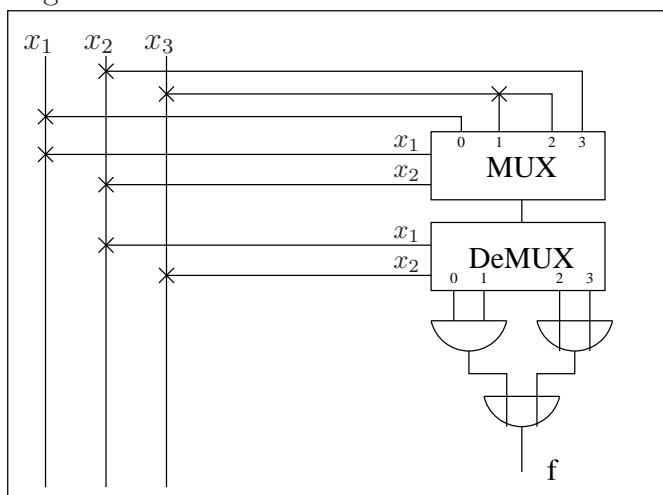
**Aufgabe 6 : [TI] Multiplexer (10 Punkte)**

Die Beschriftung der Ein- bzw. Ausgänge der Bausteine in der gesamten Aufgabe folgt den Konventionen der Vorlesung, d.h. die gewählte Adresse eines DeMUX bzw. MUX wird beschrieben durch  $(x_1x_2x_3)_2$  (3x8 MUX) bzw.  $(x_1x_2)_2$  (2x4 MUX).

- a) Konstruieren Sie in der folgenden Skizze aus drei 2x4 Multiplexern einen 3x8 Multiplexer! Benennen Sie die Steuer- und Eingangsleitungen der verwendeten Multiplexer. (6 Punkte)



- b) Eine Boolesche Funktion  $f(x_1, x_2, x_3)$  sei durch die folgende Schaltung realisiert:



Bestimmen Sie die nebenstehende Funktionstabelle von  $f$ .  
(4 Punkte)

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

**Aufgabe 7 : [TI] Quine-McCluskey-Verfahren (13 Punkte)**

- a) Die folgende Tabelle enthält alle Minterme einer Booleschen Funktion  $f : B^4 \rightarrow B$ . Bestimmen Sie alle Implikanten, die sich in der 1. Iteration (und nur in der 1. Iteration) des Quine-McCluskey-Verfahrens ergeben, und tragen Sie diese in der zweiten Tabelle ein. (5 Punkte)

0. Iteration:

Gruppe	Implikant	Index	Minterm-Nummern
0	$x_1x_2x_3x_4$	1111	15
1	$x_1\bar{x}_2x_3x_4$	1011	11
2	$\bar{x}_1\bar{x}_2x_3x_4$	0011	3
	$\bar{x}_1x_2x_3\bar{x}_4$	0110	6
	$x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4$	1100	12
3	$\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4$	0001	1
	$\bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4$	0010	2

1. Iteration:

Gruppe	Implikant	Index	Minterm-Nummern
0	$x_1x_3x_4$	1*11	11,15
1	$\bar{x}_2x_3x_4$	*110	11,3
2	$\bar{x}_1\bar{x}_2x_4$	00*1	1,3
	$\bar{x}_1\bar{x}_2x_3$	001*	2,3
	$\bar{x}_1x_3\bar{x}_4$	0*10	2,6
	$x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4$	1100	12
4			

- b) Angenommen, die untenstehende Implikationsmatrix ist während der Anwendung des Quine-McCluskey-Verfahrens auf eine fünfstellige Boolesche Funktion  $f$  erstellt worden.

Minterm Primimplikant	4	9	10	11	13	14	15	23	24	25	26	27	28	30
$\bar{x}_1x_2x_5$	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_1x_2\bar{x}_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
$x_2\bar{x}_3x_5$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
$x_1x_2\bar{x}_3x_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
$x_1\bar{x}_2x_3x_4x_5$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_1x_2\bar{x}_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$\bar{x}_1x_2x_4$	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$\bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_2x_4\bar{x}_5$	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1

Bestimmen Sie das Minimalpolynom der Funktion  $f$ ! (6 Punkte)

**Lösung:** Nur eine Lösung gefordert einen halben Punkt pro Term.

$$f_1(x_1, \dots, x_5) = \bar{x}_1x_2x_5 + x_1x_2\bar{x}_5 + x_1x_2\bar{x}_3 + \bar{x}_1x_2x_4 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 + x_1\bar{x}_2x_3x_4x_5$$

$$f_2(x_1, \dots, x_5) = \bar{x}_1x_2x_5 + x_1x_2\bar{x}_5 + x_2\bar{x}_3x_5 + \bar{x}_1x_2x_4 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 + x_1\bar{x}_2x_3x_4x_5$$

$$f_3(x_1, \dots, x_5) = \bar{x}_1x_2x_5 + x_1x_2\bar{x}_5 + x_2\bar{x}_3x_5 + x_2x_4\bar{x}_5 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 + x_1\bar{x}_2x_3x_4x_5$$

$$f_4(x_1, \dots, x_5) = \bar{x}_1x_2x_5 + x_1x_2\bar{x}_5 + x_1x_2\bar{x}_3 + x_2x_4\bar{x}_5 + \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 + x_1\bar{x}_2x_3x_4x_5$$

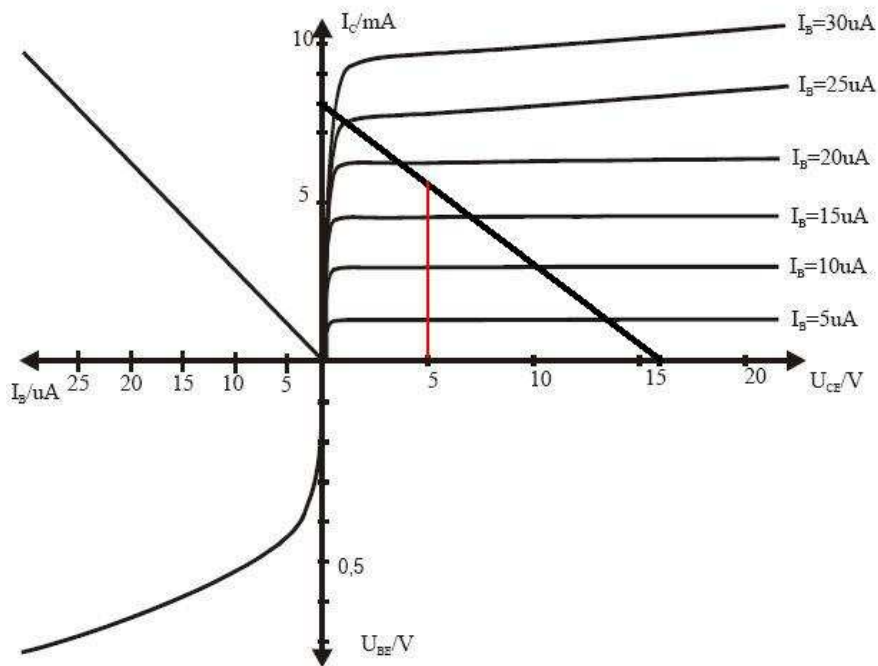
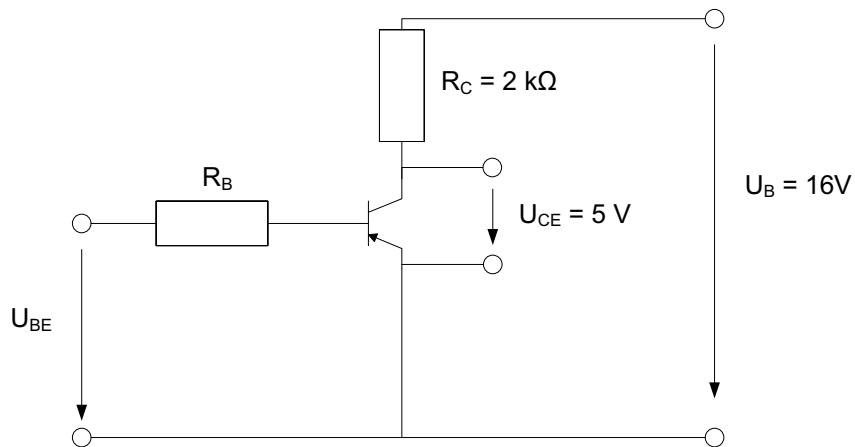
Ist das Minimalpolynom eindeutig? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)

**Lösung:** Dieses Minimalpolynom ist nicht eindeutig, da sowohl  $x_1x_2\bar{x}_3$  und  $x_2\bar{x}_3x_5$  sowie  $\bar{x}_1x_2x_4$  und  $x_2x_4\bar{x}_5$  jeweils getauscht werden können um das Minimalpolynom zu erhalten.



**Aufgabe 8 : [EGI] Transistorschaltung (10 Punkte)**

Gegeben sei folgende Transistorschaltung mit dem dazugehörigen Kennlinienfeld:

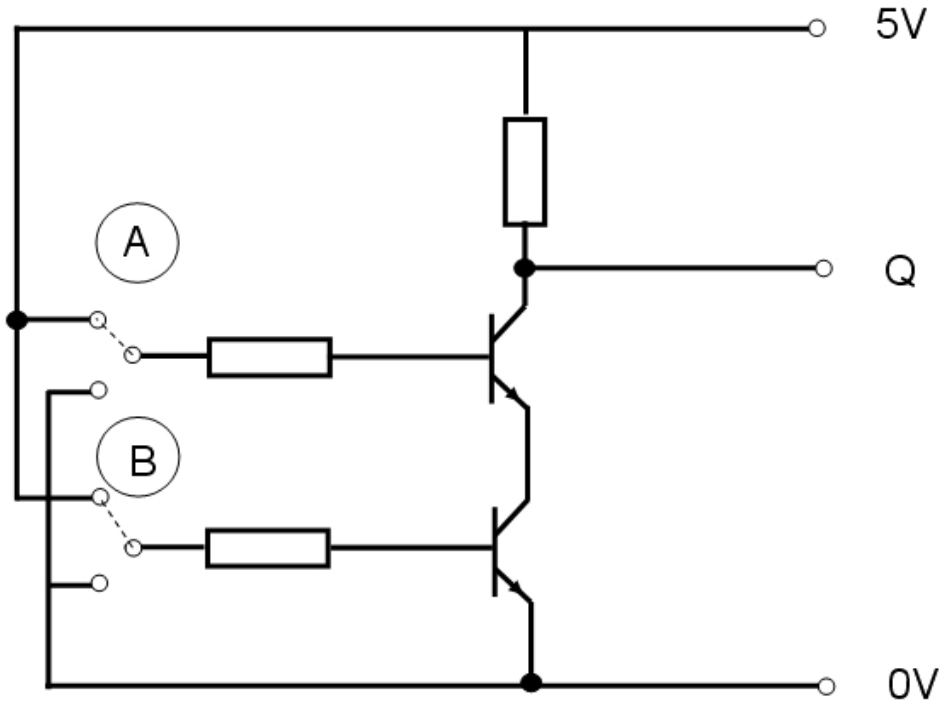


- Zeichnen Sie die Lastwiderstandsgerade in das obere Kennlinienfeld ein.
- Berechnen Sie den Arbeitspunkt des Transistors und tragen Sie ihn in das Kennlinienfeld ein.
- Bestimmen Sie den Basisstrom der obigen Schaltung, dieser beträgt:

$18 \mu\text{A}$

**Aufgabe 9 : [EGI] Anwendung von Transistoren (6 Punkte)**

Gegeben ist die folgende Schaltung mit zwei Transistoren, drei Widerständen und zwei Wechselschaltern A und B. Des Weiteren gilt die Konvention, dass  $0V$  einer logischen 0 und  $5V$  einer logischen 1 entsprechen. Auch ohne die Werte der Widerstände zu kennen, können Sie qualitative Aussagen zum Verhalten der Schaltung machen.



A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

a) Bitte füllen Sie die Tabelle aus.

b) Die realisierte Boolesche Funktion heißt:

*NAND*

**Aufgabe 10 : [EGI] Multiple Choice (10 Punkte)****1. Elektrische Ladung:**

(5 Punkte)

- (a) Das elektrische Feld ist ein Raumbereich, in dem auf eine Probeladung eine Kraft ausgeübt wird. ja  nein  weiß nicht
- (b) Die elektrische Feldstärke ist abhängig von der Probeladung  $q$ . ja  nein  weiß nicht
- (c) Es gilt  $1C = 1As$ . ja  nein  weiß nicht
- (d) Das Gesetz von Coulomb besagt, dass die Kraft zwischen zwei Ladungen proportional zum Produkt beider Ladungen und proportional zum Quadrat ihres Abstandes ist. ja  nein  weiß nicht
- (e) Zwei Elektronen ziehen sich aufgrund der Kraft an, die durch das Gesetz von Coulomb beschrieben wird. ja  nein  weiß nicht

**2. Elektrische Spannung und Potenzial:**

(5 Punkte)

- (a) Das Potential eines elektrischen Feldes ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. ja  nein  weiß nicht
- (b) Die Einheit der elektrischen Spannung ist Volt (V) und es gilt  $1V = 1\frac{N}{C}$ . ja  nein  weiß nicht
- (c) Innerhalb eines beliebigen elektrischen Feldes hängt die geleistete Arbeit  $W$  des elektrischen Feldes  $E$  an der Ladung  $q$  nur von dem zurückgelegten Wegstück  $s$  ab. ja  nein  weiß nicht
- (d) Besitzt eine Ladung  $q_1$  eine größere Ladung als eine andere Ladung  $q_2$ , dann besitzt die Ladung  $q_1$  eine größere potenzielle Energie. ja  nein  weiß nicht
- (e) Das elektrische Potential wird auf ein geeignetes Niveau (z. B. Minuspol oder Erdpotential) normiert. ja  nein  weiß nicht

### Aufgabe 11 : [TI] Disjunktive Normalform und Konjunktive Normalform (8 Punkte)

Sei  $f : B^3 \rightarrow B$  die Boolesche Funktion mit  $f(x_1, x_2, x_3) = 1$  gdw.  $(x_1 x_2 x_3)_2$  durch 3 oder 4 teilbar ist.

- a) Kreuzen Sie in der nebenstehenden Liste genau die Terme an, die zur DNF von  $f(x_1, x_2, x_3)$  gehören.
- b) Kreuzen Sie in der nebenstehenden Liste genau die Terme an, die zur KNF von  $f(x_1, x_2, x_3)$  gehören.

	a)	b)
$\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 x_2 x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 + \bar{x}_2 + x_3$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$x_1 x_2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 x_2 x_3$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 \bar{x}_2 x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 + x_2 + x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_2 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\overline{x_1 + x_2}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 x_3 + \overline{x_2 + x_3}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 x_2 \bar{x}_3$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$x_1 + x_2 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$x_1 + x_2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_1 + x_2 + \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$x_1 + x_2 + x_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\bar{x}_2 \bar{x}_3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Name:

Matrikelnummer:

---

# Zusatzteil

**Aufgabe 12 : [Zusatz TI] Karnaugh Diagramme (9 Punkte)**

Minimieren Sie mit Hilfe von Karnaugh-Diagrammen!

- a) Im Folgenden ist die vierstellige Boolesche Funktion  $f$  definiert durch Ihre einschlägigen Indizes: 1, 3, 5, 6, 7, 11, 13, 15. Minimieren Sie die Funktion  $f$  mit Hilfe des folgenden Karnaugh-Diagramms: (3 Punkte)

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
$x_3x_4$	00				
	01	1	1	1	
	11	1	1	1	1
	10		1		

Bestimmen Sie das (eindeutige) Minimalpolynom:

(2 Punkte)

**Lösung:**  $f = x_3x_4 + \bar{x}_1x_4 + x_2x_4 + \bar{x}_1x_2x_3$

- b) Minimieren Sie die vierstellige Boolesche Funktion  $f$  mit Hilfe des folgenden Karnaugh-Diagramms. Die Funktion  $f$  ist durch die nebenstehende Funktionstabelle gegeben. Beachten Sie, dass die Funktion nicht vollständig definiert ist. Die fehlenden Werte können als beliebig angesehen werden. (3 Punkte)

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
$x_3x_4$	00	$D$	$D$	0	1
	01	1	1	0	0
	11	1	$D$	0	0
	10	1	0	1	$D$

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$f$
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

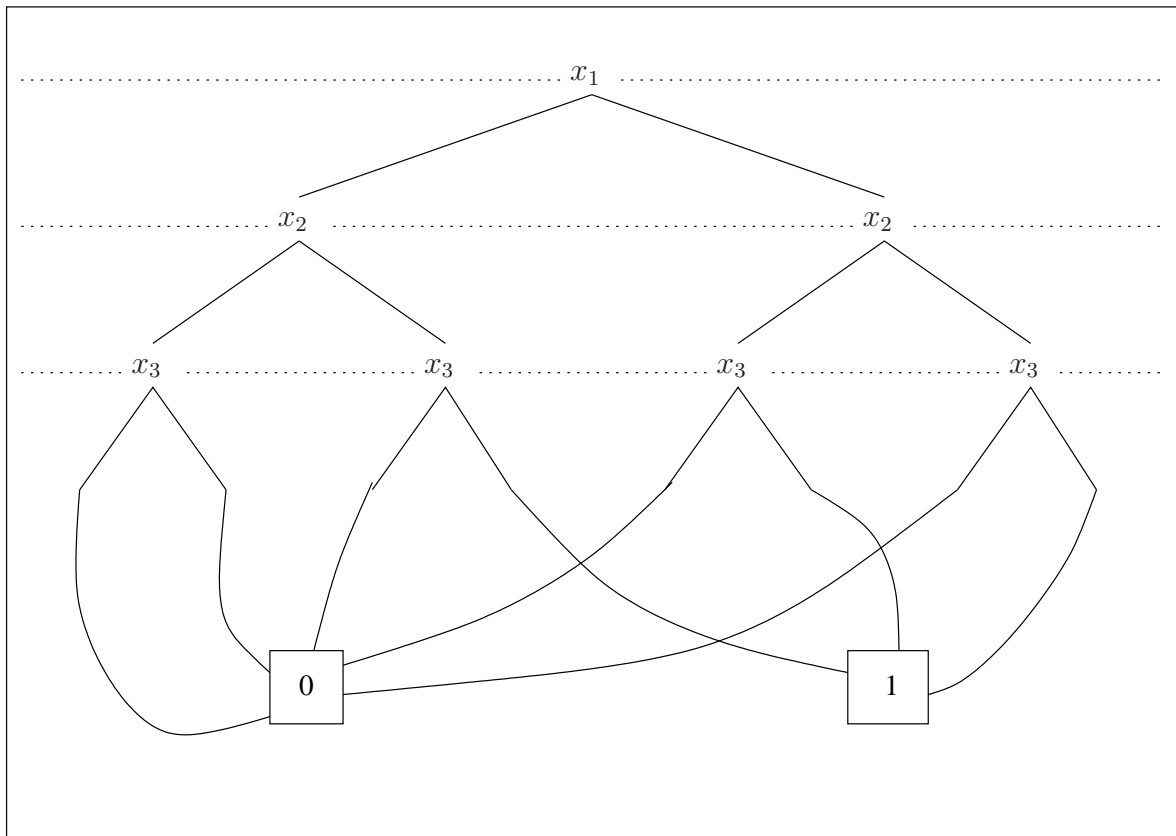
Bestimmen Sie das (eindeutige) Minimalpolynom!

(1 Punkt)

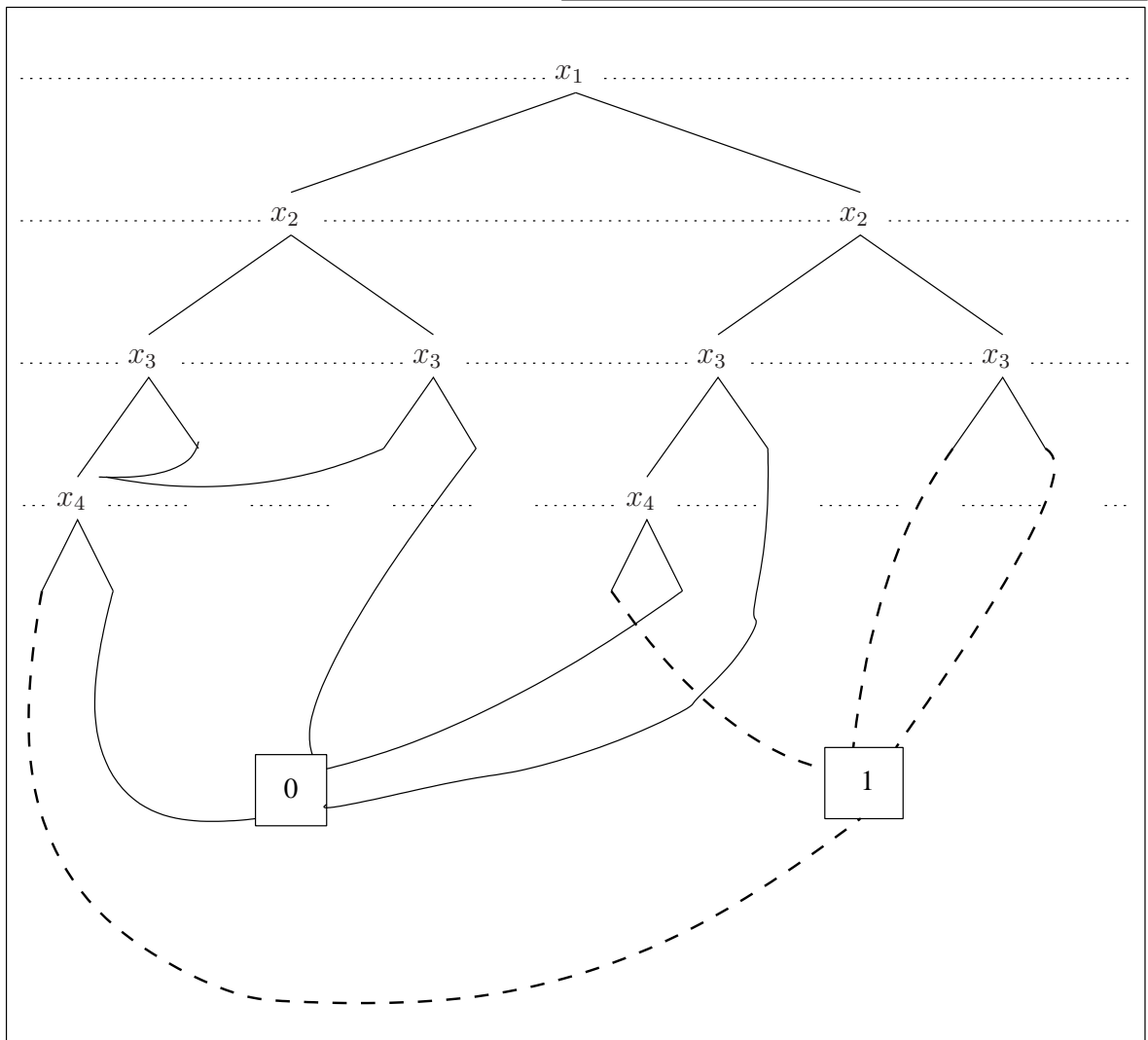
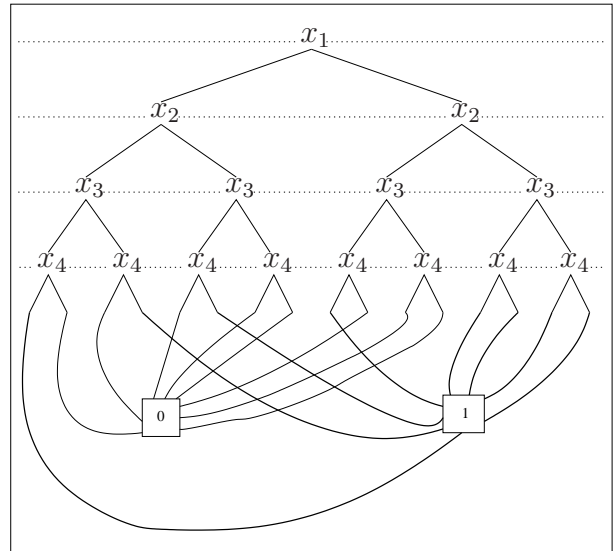
**Lösung:**  $\bar{x}_2\bar{x}_4 + \bar{x}_1x_4 + x_1x_3\bar{x}_4$

**Aufgabe 13 : [Zusatz TI] Ordered Binary Decision Diagram (11 Punkte)**

- a) Gegeben ist die dreistellige Boolesche Funktion  $f(x_1, x_2, x_3)$  durch ihre **nichteinschlägigen** Indizes 0, 1, 2, 4, 6. Stellen Sie im folgenden Bild, in der Variablenreihenfolge  $x_1 < x_2 < x_3$ , die Funktion  $f$  als OBDD dar! Als Konvention gilt, dass die **linke** Kante ein **Null**-Kante ist und die **rechte** Kante eine **Eins**-Kante ist. Verwenden Sie auf jeden Fall die Hilfslinien als Anhaltspunkte für die Ebenen und die entsprechenden Lücken für die entsprechenden Variablen. Die unterste Ebene ist entsprechend der Vorgaben schon gemäß der Verschmelzungsregel zu einem **Null**-Knoten und einem **Eins**-Knoten zusammengefasst. (3 Punkte)



- b) Minimieren Sie das nebenstehende OBDD gemäß des Algorithmus aus der Vorlesung! Wenden Sie den Algorithmus aber nur auf die zwei untersten Schichten an (Schicht mit Null- und Eins-Knoten und Variablenschicht  $x_4$ )! Es gelten die gleichen Konventionen wie in a). Zusätzlich soll zuerst die Eliminationsregel von links nach rechts und anschließend die Verschmelzungsregel von links nach rechts angewendet werden. (4 Punkte)





**Aufgabe 14 : [Zusatz TI] Rechenzeit von Addierwerken (10 Punkte)**

Beantworten Sie die folgenden Fragen jeweils für ein  $n$ -Bit-Parallel-Addierwerk, ein  $n$ -Bit-Serien-Addierwerk und ein  $n$ -Bit-von-Neumann-Addierwerk, und tragen Sie die Antworten in die untenstehende Tabelle ein.

Für diese Aufgabe soll gelten, dass

- a) Wie viele Delays und wie viele Halbaddierer werden für das  $n$ -Bit-Addierwerk benötigt? Rechnen Sie dabei mit zwei Halbaddierern für einen Volladdierer.

		$n$ -Bit-Addierwerk		
		Parallel	Serien	von-Neumann
Hardware	Delays	$2n + 1$	$2n + 1$	$2n + 2$
	Halbaddierer	$2n - 1$	2	$n$

- b) Wieviele Schritte benötigt das  $n$ -Bit-Addierwerk zur Addition zweier Summanden
- im schlechtesten Fall (im „worst case“)?
  - im besten Fall (im „best case“)?

Nehmen Sie dabei an, dass das Laden der zwei zu addierende Summanden in Akkumulator und Puffer des  $n$ -Bit-Addierwerks bereits geschehen ist. (Beachten Sie, dass dabei auch das Übertrags-Delay  $U$  (mit 0) und ggf. das Status-Delay  $S$  (mit 1) geladen werden.)

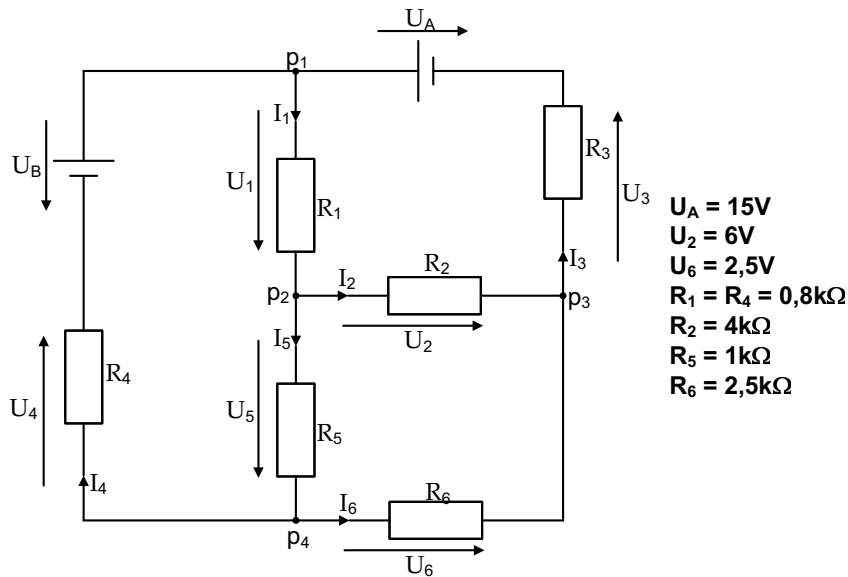
		$n$ -Bit-Addierwerk		
		Parallel	Serien	von-Neumann
Schritte	schlechtester Fall	1	$n$	$n$
	bester Fall	1	$n$	1

- c) Welche „Addierzeit“ (= Schritte  $\times$  Taktzeit) hat das  $n$ -Bit-Addierwerk? Entnehmen Sie dabei die Taktzeit des  $n$ -Bit-Addierwerks aus der untenstehenden Tabelle.

		$n$ -Bit-Addierwerk		
		Parallel	Serien	von-Neumann
Taktzeit in psec		$28 + 14n$	56	35
Addierzeit	schlechtester Fall	$28 + 14n$	$56n$	$35n$
	bester Fall	$28 + 14n$	$56n$	35

**Aufgabe 15 : [EGI] Spannungen, Ströme und Widerstände (10 Punkte)**

Gegeben sei die folgende Schaltung.

a) Berechnen Sie  $U_1$ ,  $U_3$  sowie  $I_2$  für  $I_1 = 5mA$ .(a) Der Wert der Spannung  $U_1$  beträgt:

4V

(b) Der Wert der Spannung  $U_3$  beträgt:

5V

(c) Der Wert des Stroms  $I_2$  beträgt:

1,5mA

b) Berechnen Sie  $U_5$ ,  $I_5$  und  $I_6$ . (Es gilt weiterhin  $I_1 = 5mA$ .)(a) Der Wert der Spannung  $U_5$  beträgt:

3,5V

(b) Der Wert des Stroms  $I_5$  beträgt:

3,5mA

(c) Der Wert des Stroms  $I_6$  beträgt:

1mA

c) Berechnen Sie  $I_3$ ,  $I_4$ ,  $R_3$  und  $U_4$ .(a) Der Wert des Stroms  $I_3$  beträgt:

2,5mA

(b) Der Wert des Stroms  $I_4$  beträgt:

2,5mA

(c) Der Wert des Widerstands  $R_3$  beträgt:

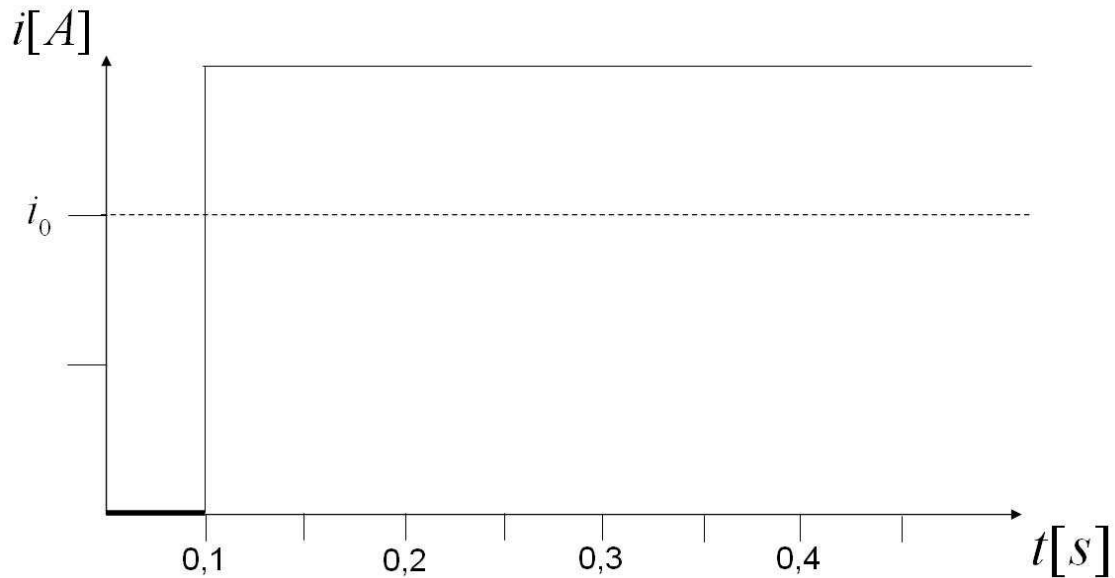
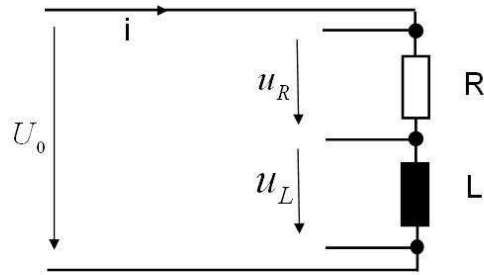
2000Ω

(d) Der Wert der Spannung  $U_4$  beträgt:

2V

**Aufgabe 16 : [Zusatz EGI] Verhalten einer Spule (10 Punkte)**

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Der ohmsche Widerstand der Spule wird vernachlässigt. Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0,1\text{s}$  steigt die Spannung  $U_0$  sprunghaft von  $0\text{V}$  auf den Wert  $5\text{V}$  an. Der Widerstand  $R$  hat einen Wert von  $5\Omega$  und die Spule von  $0,5\text{H}$ . Hinweis, es gilt:  $i = i_0 \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t})$ .

a) Wie ist die Zeitkonstante einer Spule definiert?

$$\frac{L}{R}$$

b) Welche Einheit hat die Zeitkonstante einer Spule?

$$s$$

c) Berechnen Sie den max. Strom  $i_0$ , dieser beträgt:

$$1\text{A}$$

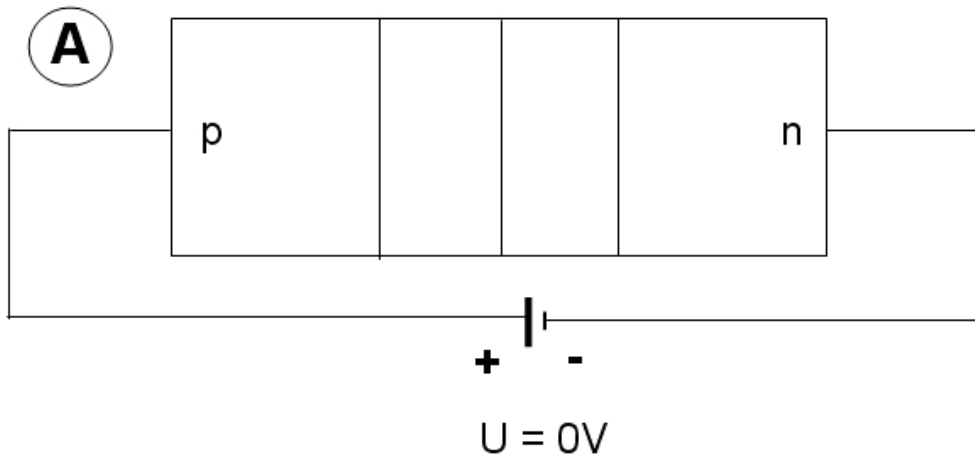
d) Berechnen Sie die Zeitkonstante der Spule, diese beträgt:

$$0,1\text{s}$$

e) Skizzieren Sie in der obigen Abbildung die Stromverlauf-Funktion.

**Aufgabe 17 : [Zusatz EGI] Halbleiterdiode (15 Punkte)**

Folgender pn-Übergang ist gegeben. Dabei wird die **physikalische Stromrichtung** angenommen.

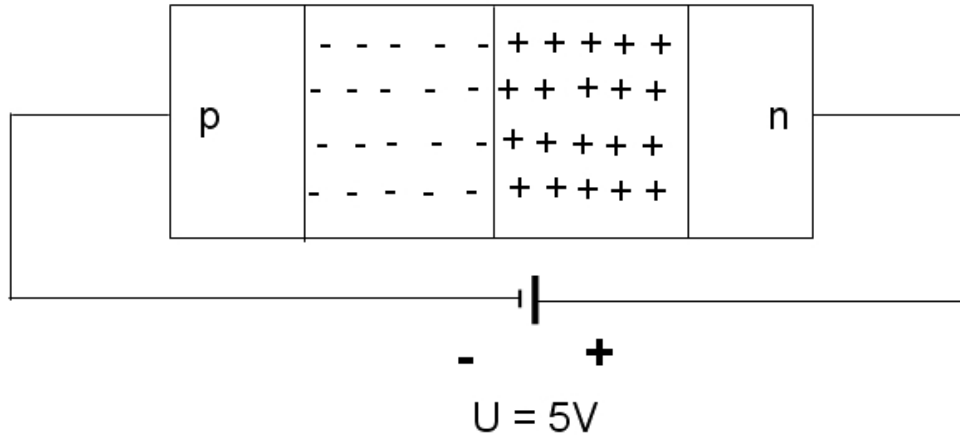


1. Erklären Sie, was unter Rekombination verstanden wird.

(3 Punkte)

**Lösung:** Unter Rekombination versteht man die Wiedereingliederung eines freibeweglichen Elektrons zurück in das Kristallgitter.

2. (a) Skizzieren Sie in der nachfolgenden Abbildung die Breite der Sperrzone relativ zum oben abgebildeten Fall (siehe Abbildung (A)). Das heißt, aus Ihrer Skizze muss deutlich werden, wie sich die Sperrzone bei Anlegen der Spannung verändert. Skizzieren Sie des Weiteren in der Sperrzone die Raumladung; also füllen Sie die Sperrzonen mit „+“ (=Löcher) und „-“ (=Elektronen) aus, um die Verteilung der Elektronen und Löcher zu symbolisieren. (2 Punkte)



- (b) Erklären Sie, warum Sie die eingezeichnete Verteilung der Raumladungen gewählt haben: (2 Punkte)

**Lösung:** ...

- (c) Fließt in diesem Fall ein Strom im Stromkreis? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)

**Lösung:** Nein, denn wie aus der Zeichnung deutlich wird ist die Diode in Sperrrichtung geschaltet. Somit fließt kein so großer Strom (der Diffusionsstrom ist deutlich kleiner).

3. (a) Angenommen in dem gegebenen pn-Übergang (**siehe Abbildung (A)**) läge statt der Spannung von  $U = 0V$  eine Spannung von  $U = 5V$  an. Erklären Sie, wie in diesem Fall die Sperrzone aussähe und geben Sie eine Begründung hierfür. (2 Punkte)

**Lösung:** In diesem Fall ist die Sperrzone fast nicht mehr vorhanden. Die Protonen und Elektronen werden jeweils stärker zur Grenzschicht gedrückt. Daraus folgt ein Elektronenaustausch der Schichten, sodass ein Stromfluss entsteht.

- (b) Fließt in diesem Fall ein Strom im Stromkreis? Begründen Sie Ihre Antwort. (1 Punkt)

**Lösung:** Ja, die Diode ist in Durchlassrichtung geschaltet. Alle Ladungsträger tragen somit zum Stromfluss bei und es fließt ein großer Strom.

4. Angenommen in dem gegebenen pn-Übergang (**siehe Abbildung (A)**) läge statt der Spannung von  $U = 0V$  eine Spannung von  $U = 0,1V$  an. Könnte in diesem Fall ein Strom fließen? Wovon hängt dieses ab? Begründen Sie Ihre Antwort! (3 Punkte)

**Lösung:** Um die geringe Grenzschicht überwinden zu können, ist eine gewisse Mindestspannung notwendig. Diese Mindestspannung hängt vom Material der Diode ab. Um die Diode in Flussrichtung zu betreiben, ist eine Spannung von  $0,1V$  jedoch zu gering, falls es sich um Germanium- oder Siliziumdioden handelt.

**Aufgabe 18 : [Zusatz EGI] VHDL (10 Punkte)**

Gegeben ist der folgende VHDL Code, dabei sind  $D$  und  $CLK$  Eingangssignale und  $Q$  ein Ausgangssignal.

```
1 BEGIN
2   P1: process (CLK)
3     BEGIN
4       IF (CLK'event and CLK= '1') then
5         Q <= D;
6       END IF;
7     END process;
8 END behaviour;
```

1. Erklären Sie, was mit „P1“ in dem gezeigten Code-Fragment gemeint ist. (1 Punkt)

**Lösung:** „P1“ ist der symbolische Name der Process-Instanz.

2. Vergleichen Sie das obige mit dem nachfolgenden Code-Fragment. Welche Veränderungen im Verhalten ergeben sich daraus? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)

```
1 BEGIN
2   IF (CLK'event and CLK= '1') then
3     Q <= D;
4   END IF;
5 END behaviour;
```

**Lösung:** Innerhalb der Process-Klammerung werden alle Befehle sequenziell ausgeführt. Da jedoch nur eine Zeile geklammert wurde ist dies in diesem Fall egal.

3. Was bewirkt „CLK='1'“ in der Bedingung der IF-Anweisung? (3 Punkte)

**Lösung:** Die Bedingung ist immer TRUE, wenn ein CLK-Event auftritt. Durch den genannten Ausdruck wird sichergestellt, dass die Anweisung nur ausgeführt wird, wenn die aufsteigende Flanke des CLK-Signals vorliegt.

4. Simulieren Sie nun die Abarbeitung des VHDL-Codes, indem Sie in das nachfolgende Diagramm die Veränderung des Ausgangssignals in Abhängigkeit von der Zeit eintragen. (4 Punkte)

