

Klausur (SS 2020)

Digitaltechnik



Institut für Technik der Informationsverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jürgen Becker

Klausur: Digitaltechnik
Datum: 4. September 2020

Teilnehmer:

Matr.-Nr.:

ID:

Hörsaal:

Platz:

Es gelten die folgenden Regelungen:

- Die Bearbeitungszeit beträgt 120 Minuten.
- Es sind keine Hilfsmittel erlaubt, außer
 - einem doppelseitig und handschriftlich beschriebenen DIN-A4-Blatt.
- Nutzen Sie nur **dokumentenechte Schreibgeräte** – keine Bleistifte oder rote Farbe!
- Die Verwendung von eigenem Papier ist nicht zugelassen.
- Vermeiden Sie das Beschreiben der Rückseiten.
- Bei Bedarf erhalten Sie Zusatzblätter von der Aufsicht.
 - Versehen Sie solche Blätter unbedingt mit Ihrer Matrikelnummer.
 - Ordnen Sie jedes zusätzliche Lösungsblatt einer Aufgabe eindeutig zu.

Die vorliegende Klausur besteht aus **35 Blättern** und einer dreiseitigen Formelsammlung.

	Seite	≈ Pkt. in %	Punkte
Aufgabe 1: Allgemeine Fragen	2	12	
Aufgabe 2: Zahlensysteme	5	13	
Aufgabe 3: Automaten	9	12	
Aufgabe 4: Boolesche Algebra	14	13	
Aufgabe 5: Minimierung	18	13	
Aufgabe 6: CMOS und Gatter	22	12	
Aufgabe 7: Mengen, Relationen und Graphen	27	9	
Aufgabe 8: Optimale Codes	31	12	
			Σ

Aufgabe 1: Allgemeine Fragen

Aufgabe 1.1: Codierung

- A) Die Ziffer Null bis Sieben sollen mit einem Gray-Code codiert werden. Vervollständigen Sie die nachfolgende Tabelle. Achten Sie darauf, dass eine gültige Gray-Codierung für zwei aufeinander folgende Zahlen entsteht.

0	1	0	0
1			
2			
3	0	0	0
4			
5	0	1	1
6			
7	1	0	1

- B) Bestimmen Sie die Fehler in der folgenden Blocksicherung. **Zeilen** sind mit einer **geraden Parität** und **Spalten** mit einer **ungeraden Parität** abgesichert. Kennzeichnen Sie den Fehler und begründen Sie diesen.

0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	1	1

- C) Wie viele Fehler können sicher mit einer Blocksicherung erkannt werden?

- D) Gegeben sind acht gültige Codewörter. Bestimmen Sie die minimale Hamming-Distanz für jedes Codewort. Wie viele Fehler können durch diese Codierung korrigiert werden? Begründen Sie ihre Antwort.

								HD_{min}
1.	0	0	0	0	1	1	1	
2.	0	0	1	0	0	0	1	
3.	0	1	0	0	0	0	0	
4.	1	0	0	0	1	0	0	
5.	1	0	0	1	0	0	1	
6.	0	1	1	0	1	1	0	
7.	0	1	1	1	0	1	1	
8.	1	1	1	1	0	0	0	

- E) Geben Sie die größte untere Schranke für einen optimalen Code an. Wie wird diese bezeichnet? Geben Sie die größte untere Schranke qualitativ als eine Formel an.

Aufgabe 1.2: Zahlensysteme

- A) Multiplizieren Sie im Binärsystem: $73_D * 5_D$

- B) Geben Sie den Zusammenhang zwischen einer Ziffernfolge und dem Wert einer Zahl für ein polyadisches Zahlensystem mit dem Radix R an.

- C) Konvertieren Sie die Zahl 100011_3 mit dem Radix 3 in eine äquivalente Zahl mit dem Radix 27.

Aufgabe 1.3: Flipflops

- A) Benennen Sie drei verschiedene Flipflop-Typen und geben Sie jeweils die charakteristische Gleichung an.

Aufgabe 1.4: Boolesche Algebra

- A) Zeigen Sie, dass $a \oplus b$ äquivalent zu $\overline{a \equiv b}$ ist. Überführen Sie hierfür beide Ausdrücke in eine kanonische disjunktive Normalform.

Aufgabe 2: Zahlensysteme

Aufgabe 2.1: Umrechnung von Zahlensystemen

- A) Vervollständigen Sie Tabelle 2.1, indem Sie die entsprechende Konvertierung in die offenen Felder eintragen.

Hexadezimal	Dezimal	Oktal	Binär
$43F_H$			
	3247_D		
		7225_O	
			$0001\ 0100\ 0110_B$

Tabelle 2.1: Umrechnung von Zahlensystemen

- B) Geben Sie die Zahl 2210_4 dem allgemeinen Aufbau einer polyadischen Zahl entsprechend an und wandeln Sie diese anschließend in das Pentadezimalsystem (*Basis*15) um.

Aufgabe 2.2: Fließkommazahlen

Abbildung 2.1 zeigt den Aufbau eines proprietären Gleitkommaformats, welches vom IEEE 754 Standard abgeleitet wurde und sich durch die Reduktion entsprechender Bits davon unterscheidet. Es setzt sich aus einem Bit für das Vorzeichen, sieben Bit für den Exponenten und acht Bit für die Mantisse zusammen.

Hinweis: Nehmen Sie im Folgenden den Wert 63 für den Bias an.

V	E_6	E_5	E_4	E_3	E_2	E_1	E_0	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	M_0
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Abbildung 2.1: Aufbau eines proprietären Gleitkommaformats

- A) Konvertieren Sie die Dezimalzahl $24,375_D$ in das Gleitkommaformat nach Abbildung 2.1 und tragen Sie anschließend das Ergebnis in Tabelle 2.2 ein.



V	E_6	E_5	E_4	E_3	E_2	E_1	E_0	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	M_0

Tabelle 2.2: Ergebnis der Konvertierung

- B) Berechnen Sie die in Tabelle 2.3 dargestellte Operation. Tragen Sie das Ergebnis anschließend in die Tabelle ein und geben Sie es außerdem als Dezimalzahl an.



	V	E ₆	E ₅	E ₄	E ₃	E ₂	E ₁	E ₀	M ₇	M ₆	M ₅	M ₄	M ₃	M ₂	M ₁	M ₀
	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
+	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
=																

Tabelle 2.3: Addition von Gleitkommazahlen

Aufgabe 2.3: BCD-Codes

- A) Addieren Sie die beiden Zahlen 3987_D und 549_D im BCD System und geben Sie sowohl den Lösungsweg als auch alle nötigen Korrekturschritte an.



Aufgabe 3.2: Automatenanalyse

Die Abbildung 3.2 ist das Ablaufdiagramm eines Automaten mit den Zuständen W_0, W_1, W_2 und W_3 sowie der Eingabe U .

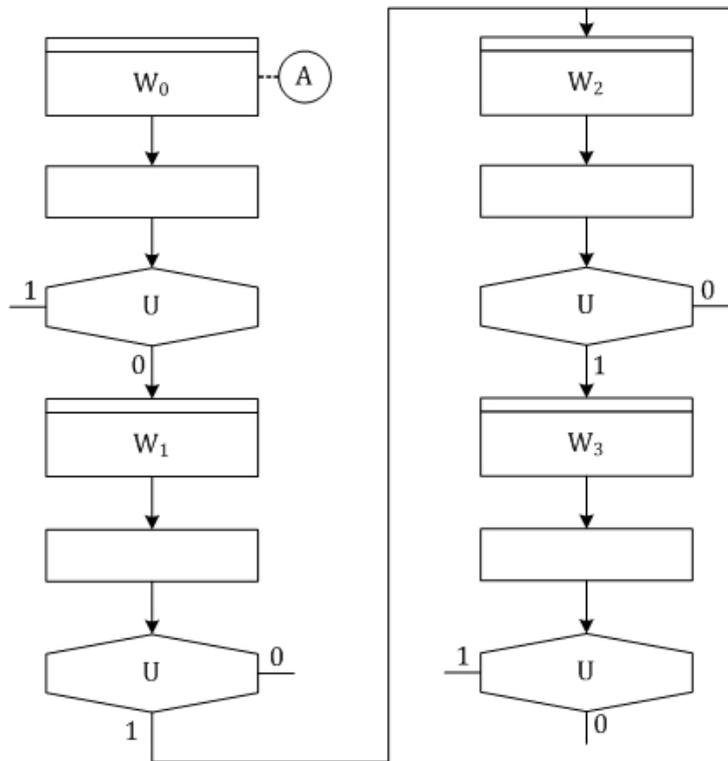


Abbildung 3.2: Ablaufdiagramm des betrachteten Automaten

- A) Das unvollständige Ablaufdiagramm umfasst vier Zustandsübergänge. Vervollständigen Sie nun Tabelle 3.1, indem Sie diese Zustandsübergänge betrachten und die jeweiligen Folgezustände in die dafür vorgesehenen Zellen der Tabelle eintragen.



Zustand	Eingabe	Folgezustand
S^v	$E^v = U$	S^{v+1}
W_0	0	
W_1	1	
W_2	0	
	1	

Tabelle 3.1: Zustandsübergänge aus dem Ablaufdiagramm

- B) Die in Abbildung 3.2, dem unvollständigen Ablaufdiagramm, fehlenden Zustandsübergänge sind in Tabelle 3.2 aufgeführt. Zeichnen Sie diese Zustandsübergänge in das Ablaufdiagramm ein.



Zustand	Eingabe	Folgezustand
S^v	$E^v = U$	S^{v+1}
W_0	1	W_0
W_1	0	W_3
W_3	0	W_2
	1	W_0

Tabelle 3.2: Zustandsübergänge zur Übertragung ins Ablaufdiagramm

Aufgabe 3.3: Realisierung von Automaten mit FlipFlops

- A) Der Zustandsautomat aus Tabelle 3.3 soll mit einem *D-FlipFlop* für das erste Bit Q_0 und einem *RS-FlipFlop* (mit den Eingängen r_1 und s_1) für das zweite Bit Q_1 realisiert werden. Ergänzen Sie in der unvollständigen Ablauf-tabelle die fehlenden Ansteuerbits für die Eingänge d_0, r_1 und s_1 der FlipFlops. Verwenden Sie nach Möglichkeit „don't care“-Stellen.

Zustand $S^v = (Q_0^v, Q_1^v)$	Eingabe $E^v = E_0, E_1$	Folgezustand S^{v+1}	FlipFlop-Ansteuerung		
			d_0	s_1	r_1
0,0	0,0	0,0			
	0,1	1,1			
	1,0	1,0			
	1,1	0,1			
0,1	0,0	0,0			
	0,1	0,1			
	1,0	1,1			
	1,1	1,0			
1,0	0,0	0,0			
	0,1	1,1			
	1,0	0,0			
	1,1	0,1			
1,1	0,0	0,1			
	0,1	0,0			
	1,0	1,0			
	1,1	1,1			

Tabelle 3.3: Ablauf-tabelle eines Zustandsautomaten

- B) Füllen Sie die in Abbildung 3.3 vorgegebenen Symmetriediagramme für d_0 , s_1 und r_1 auf Basis Ihrer Antwort in Tabelle 3.3 aus. Bestimmen Sie anschließend eine disjunktive minimale Ansteuerfunktion für d_0 .

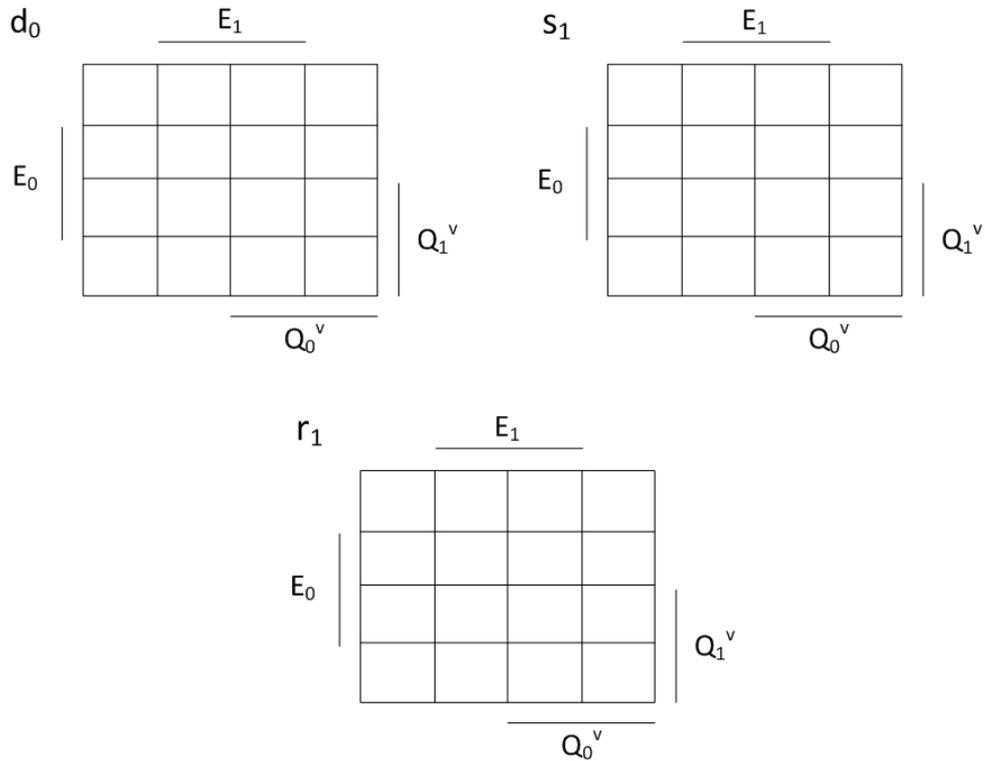


Abbildung 3.3: Symmetriediagramme für d_0 , s_1 und r_1

- C) Ergänzen Sie die Schaltung in Abbildung 3.4 so, dass ein *D-FlipFlop* entsteht. Nutzen Sie dafür das flankengesteuerte *T-FlipFlop* und so wenig zusätzliche Gatter wie möglich.

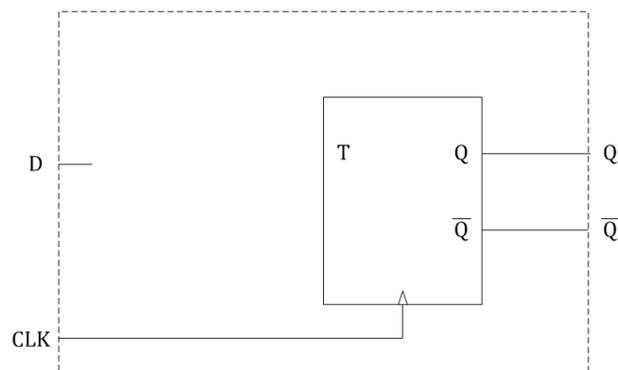


Abbildung 3.4: T-Flipflop zur Erzeugung eines D-Flipflops

Aufgabe 4: Boolesche Algebra



Aufgabe 4.1: Algebraische Strukturen

A) Definieren Sie den Begriff Axiomensystem. Was muss für ein solches gelten?



B) Gegeben sei die folgende Boolesche Algebra nach Huntington: $BA = [K, \top, \perp, \bar{}, \circ, \wedge]$. Vervollständigen Sie die beiden Verknüpfungstabellen entsprechend der Booleschen Algebra.



\perp	\circ	\wedge
\circ		
\wedge		

\top	\circ	\wedge
\circ		
\wedge		

C) Gegeben sei die folgende Beziehung aus der Mengenalgebra $MA = [P(M), \cap, \cup, C_M, \emptyset, M]$: $Z = (C_M(X) \cap Y) \cup (X \cap C_M(Y))$. Überführen Sie diese zunächst in die Boolesche Algebra BA und geben Sie an um welche aus der Vorlesung bekannte Beziehung es sich handelt.



Aufgabe 4.3: Entwicklungssatz und Schaltfunktionen

A) Nennen Sie zwei Einsatzmöglichkeiten für den Entwicklungssatz der Schaltalgebra in der Digitaltechnik

B) Gegeben sei die Logikfunktion $G(a,b,c) = (a \equiv b) \wedge (c \vee (\bar{a} \wedge b))$. Entwickeln Sie diese Funktion mit Hilfe des Entwicklungssatzes der Schaltalgebra sukzessive nach den drei Variablen und vervollständigen Sie die nachfolgende Tabelle mit den Restfunktionen.

$G_{DNF}(c,b,a) = [\bar{c} \wedge G(0,b,a)] \vee [c \wedge G(1,b,a)]$ mit	
$G(0,b,a) =$	$G(1,b,a) =$
$G(0,b,a) = [\bar{b} \wedge G(0,0,a)] \vee [b \wedge G(0,1,a)]$	$G(1,b,a) = [\bar{b} \wedge G(1,0,a)] \vee [b \wedge G(0,1,a)]$
$G(0,0,a) =$	$G(1,0,a) =$
$G(0,1,a) =$	$G(1,1,a) =$
$G(0,0,a) = [\bar{a} \wedge G(0,0,0)] \vee [a \wedge G(0,0,1)]$	$G(1,0,a) = [\bar{a} \wedge G(1,0,0)] \vee [a \wedge G(1,0,1)]$
$G(0,0,0) =$	$G(1,0,0) =$
$G(0,0,1) =$	$G(1,0,1) =$
$G(0,1,a) = [\bar{a} \wedge G(0,1,0)] \vee [a \wedge G(0,1,1)]$	$G(1,1,a) = [\bar{a} \wedge G(1,1,0)] \vee [a \wedge G(1,1,1)]$
$G(0,1,0) =$	$G(1,1,0) =$
$G(0,1,1) =$	$G(1,1,1) =$

- C) Gegeben sei die Schaltfunktion $F(c, b, a) = (a \wedge b \wedge \bar{c}) \vee (\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}) \vee (a \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}) \vee (a \wedge \bar{b} \wedge c)$ in disjunktiver Normalform (DNF). Zeichnen Sie die passende Multiplexer-Schaltung. Nutzen Sie ausschließlich 2:1-Multiplexer. Als Steuersignale sollen die Literale in der Reihenfolge genutzt werden: a, b, c.



Aufgabe 5: Minimierung



Aufgabe 5.1: Symmetriediagramme

- A) Gegeben sei eine unvollständig definierte Schaltfunktion $x = (d, c, b, a)$ durch ihre Einstellenmenge $\{X_j\}_1$ und ihre Nullstellenmenge $\{X_j\}_0$:

$$\{X_j\}_1 = \{(0, 0, 0, -), (-, 0, 0, 0), (1, 1, 0, 1)\}$$

$$\{X_j\}_0 = \{(0, 1, -, 1), (1, 0, -, 1), (-, 1, 1, 0)\}$$

Tragen sie die Null-, Eins- und Freistellen in das leere Symmetriediagramm ein. Es sollen dabei alle Kästchen ausgefüllt werden. Geben Sie anschließend alle Primimplikanten an.



x a

	0	1	5	4	
	2	3	7	6	
	12	13	15	14	
	10	11	13	12	

b c d

Aufgabe 5.2: Nelson/Petrick-Verfahren

Gegeben sei folgende Überdeckungstabelle:

	PI	A	B	C	D	E	F	G	H
p_1	$\overline{b}\overline{c}de$	X	X						
p_2	ae		X	X	X	X		X	
p_3	$ab\overline{d}$				X			X	X
p_4	$\overline{d}\overline{e}$						X		X
p_5	$a\overline{c}\overline{d}$					X	X	X	
p_6	bce			X	X				

Tabelle 5.1: Überdeckungstabelle des Petrick-Verfahrens

- A) Wenden Sie die Regeln zur Streichung von Kernen sowie die Spalten- und Zeilendominanzregeln des Petrick-Verfahrens auf Tabelle 5.1 an. Gehen Sie dabei wie in der Vorlesung vorgestellt jedes Mal in der Reihenfolge: **Kerne** → **Spalten** → **Zeilen** vor, d.h. die Regel zur Spaltendominanz kann nur angewendet werden wenn es aktuell keinen Kern gibt und Zeilendominanz nur wenn sich weder die Regeln zur Kern- noch zur Spaltendominanz anwenden lassen. Die Kosten jedes Terms beträgt 1, demnach ist die Lösung mit den wenigsten Termen zu bevorzugen. Tragen sie in die unten stehende Tabelle alle Schritte mit der jeweils angewendeten Regel und der streichbaren Spalten und Zeilen an. Geben Sie unter „Begründung“ an wieso die von Ihnen genannten Zeilen oder Spalten gestrichen werden können, also welche andere Zeile/Spalte sie dominiert bzw. von welcher sie dominiert werden.



Regel	Streichbar	Begründung

- B) Stellen Sie nun für die Schaltfunktion aus Tabelle 5.1 den vollständigen Petrickausdruck auf.

- C) Geben Sie alle minimalen Lösungen in Abhängigkeit von den Präsenzvariablen an. Geben Sie eine der Lösungen ebenfalls in Abhängigkeit a, b, c, d, e an.

Aufgabe 6: CMOS und Gatter

Aufgabe 6.1: Allgemeine Fragen

- A) Nennen Sie eine auf Transistoren basierende Technik zur Realisierung von Schaltungen nach dem Einschalterprinzip.

- B) Wie kann aus einer Schaltung nach dem Einschalterprinzip eine CMOS-Schaltung abgeleitet werden?

- C) Welche grundlegende Eigenschaft von CMOS-Schaltungen wird beim Ableiten der CMOS-Schaltung in Frage B) ausgenutzt? Erklären Sie, was diese Eigenschaft über die zwei Netze einer CMOS-Schaltung aussagt.

Aufgabe 6.3: Schaltungssynthese

Hinweis: Verwenden Sie für die folgenden Aufgaben eine **positive Logik**, d.h. der CMOS-Pegel V_{DD} entspricht einer logischen '1'.

- A) Gegeben sind die folgenden Gleichungen, die die vier Ausgänge einer Schaltung beschreiben:

$$y_0 = \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_0 \wedge x$$

$$y_1 = \bar{s}_1 \wedge s_0 \wedge x$$

$$y_2 = s_1 \wedge \bar{s}_0 \wedge x$$

$$y_3 = s_1 \wedge s_0 \wedge x$$

Um welche aus der Vorlesung bekannte Schaltung handelt es sich?

- B) Formen Sie die Gleichung $y_0 = \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_0 \wedge x$ so um, dass diese nur NOR-Operationen (mit beliebig vielen Eingängen) verwendet.

- C) Zeichnen Sie den Schaltplan aus NOR- und Inverter-Gattern zu den Funktionen $y'_0 = \overline{((\bar{x} \vee \bar{s}_1) \vee (s_0 \vee s_0))}$ und $z'_0 = \overline{(\bar{x} \vee s_1)}$. Inverter müssen explizit als eigene Gatter dargestellt werden.



- D) Zeichnen Sie die CMOS-Transistor-Schaltung aus NOR- und Inverter-Stufen zur Funktion $y'_0 = \overline{((\bar{x} \vee \bar{s}_1) \vee (s_0 \vee s_0))}$.



Aufgabe 7: Mengen, Relationen und Graphen



Aufgabe 7.1: Mengen

Gegeben sind die folgenden Mengen:

$$A = \{x \mid x \in \text{Primzahl} \wedge x < 10\}$$

$$B = \{y \mid y \in A \wedge y^2 > 10 \vee y = 0\}$$

$$C = \{1, 3, 5, 7, 9\}$$

$$D = \{0\}$$

$$E = \{2, 4, 6\}$$

Wichtig: die Zahl 1 (eins) ist keine Primzahl.

A) Geben Sie die Elemente der Mengen A und B an.



$$A =$$

$$B =$$

B) Bestimmen Sie die Ergebnisse der folgenden Mengenoperationen.



$$\mathcal{P}(E) =$$

$$D \cup E =$$

$$D \cap C =$$

$$D \times E =$$

$$C_A B =$$

Aufgabe 7.2: Graphentheorie

Gegeben ist der folgende Graph Ω

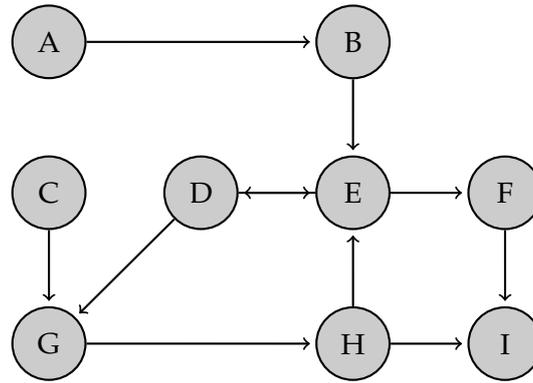


Abbildung 7.1: Graph Ω

- A) Beantworten Sie kurz die folgenden Fragen und begründen Sie Ihre Antwort mit wenigen Worten.



Ist Ω gerichtet? _____

Ist Ω zusammenhängend? _____

Hat Ω Schleifen? _____

Ist die Adjazenzmatrix von Ω symmetrisch? _____

Ist der maximale Eingangsgrad von Ω zwei? _____

Hat die längste Zyklusprogression zwei Knoten? _____

Aufgabe 7.3: Relationen

In einer Verträglichkeitsrelation mit der Menge $M = \{a, b, c, d, e, f, g\}$, sollen die folgenden Verträglichkeiten existieren:

$$c \bar{a} e, f$$

$$g \bar{a} a$$

$$b \bar{a} c$$

- A) Bestimmen Sie die größtmöglichen Teilmengen, deren Elemente sich untereinander vertragen. Dokumentieren Sie jeden Schritt, zur Bestimmung dieser Teilmengen.



- B) Gegeben sind die Teilmengen $\{\{2, 4, 7\}, \{1, 3, 4\}, \{1, 2, 4\}, \{3, 4, 7\}, \{1, 2, 4, 5, 6\}, \{2, 4, 5, 6, 7\}\}$, füllen Sie die Tabelle aus und geben Sie eine Überdeckung von der gesamten Menge an.



Tabelle 7.1: Überdeckungstabelle

		1	2	3	4	5	6	7
G1	{2, 4, 7}							
G2	{1, 3, 4}							
G3	{1, 2, 4}							
G4	{3, 4, 7}							
G5	{1, 2, 4, 5, 6}							
G6	{2, 4, 5, 6, 7}							

Aufgabe 8: Optimale Codes



Aufgabe 8.1: Allgemeine Fragen

- A) Eine gedächtnislose Quelle S generiert Symbole gemäß Tabelle 8.1. Diesen Symbolen sind die ebenfalls in Tabelle 8.1 angegebenen Codewörter zugeordnet. Handelt es sich bei dieser Codierung um eine präfixfreie Codierung? Begründen Sie Ihre Antwort.



Symbol	a	b	c	d	e	f
Wahrscheinlichkeit	0,05	0,02	0,1	0,35	0,4	0,08
Codewort	010	110	111	01	00	011

Tabelle 8.1: Auftrittswahrscheinlichkeiten und Codewörter der von S erzeugten Quelle

- B) Bestimmen Sie die mittlere Codewortlänge der in Tabelle 8.1 gezeigten Codierung und geben Sie diese dezimal oder als vollständig gekürzter Bruch an.



- C) Eine weitere gedächtnislose Quelle S' generiert Symbole gemäß Tabelle 8.2. Diesen Symbolen sind die ebenfalls in Tabelle 8.2 angegebenen Codewörter zugeordnet. Decodieren Sie auf Basis dieser präfixfreien Codierung die Codewortfolge „011110110011100“.



Symbol	Q	R	S	T	U
Codewort	100	01	11	00	101

Tabelle 8.2: Auftrittswahrscheinlichkeiten und Codewörter der von S' erzeugten Quelle

- D) Betrachten Sie wieder die in Tabelle 8.2 gegebene Codierung und zeichnen Sie den dieser Codierung entsprechenden Codierungsbaum unter der Annahme, dass **die linken Äste des Baums einer „0“** und **die rechten Äste einer „1“** entsprechen. Beschriften Sie die Blätter des Baums mit ihren Symbolen und alle Äste mit ihren entsprechenden Bits.



- E) Durch die Anwendung des Huffman-Verfahrens auf eine gedächtnislose Quelle \hat{S} wurde eine Codierung mit der mittleren Codewortlänge $\bar{m} = 4,18$ Bit erzeugt. Was können Sie hieraus für die Entropie $H(\hat{S})$ der Quelle schlussfolgern? Begründen Sie Ihre Antwort!



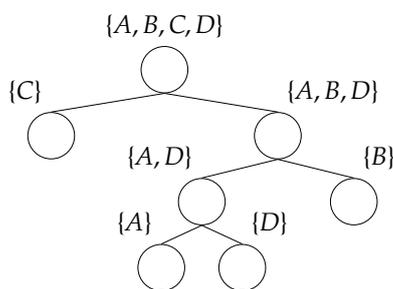
Aufgabe 8.2: Huffman-Verfahren

A) Gegeben seien die gedächtnislosen Quellen S_1, S_2, S_3 und S_4 sowie absolute Häufigkeiten für die von ihnen erzeugten Symbole. Geben Sie für jede der Quellen an, ob der zu ihr aufgeführte Codierungsbaum aus einer korrekten Anwendung des Huffman-Verfahrens entstanden ist. Beschreiben Sie **bei einem fehlerhaften Baum** kurz, in welchem Schritt des Huffman-Verfahrens ein Fehler aufgetreten ist und **korrigieren Sie diesen Schritt**.



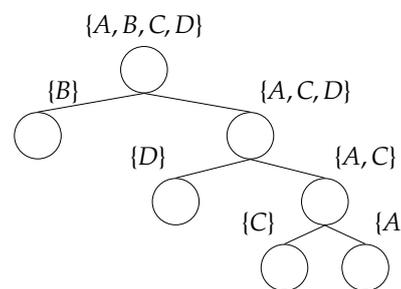
Quelle S_1 :

Symbol	A	B	C	D
Häufigkeit	4	18	17	9



Quelle S_2 :

Symbol	A	B	C	D
Häufigkeit	11	13	6	12

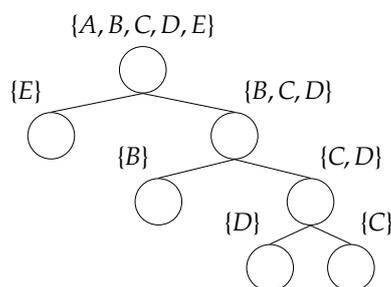


Antwort für S_1 :

Antwort für S_2 :

Quelle S_3 :

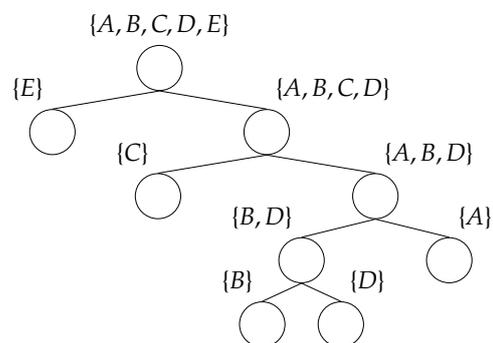
Symbol	A	B	C	D	E
Häufigkeit	66	42	30	17	51



Antwort für S_3 :

Quelle S_4 :

Symbol	A	B	C	D	E
Häufigkeit	40	16	33	23	99



Antwort für S_4 :

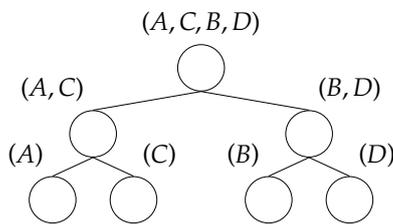
Aufgabe 8.3: Shannon-Fano-Verfahren

A) Gegeben seien die gedächtnislosen Quellen S'_1, S'_2, S'_3 und S'_4 sowie absolute Häufigkeiten für die von ihnen erzeugten Symbole. Geben Sie für jede der Quellen an, ob der zu ihr aufgeführte Codierungsbaum aus einer korrekten Anwendung des Shannon-Fano-Verfahrens entstanden ist. Benennen Sie **bei einem fehlerhaften Baum** den Knoten, der nicht korrekt in eine linke und eine rechte Teilmenge zerlegt wurde, und **korrigieren Sie diese Aufteilung**.



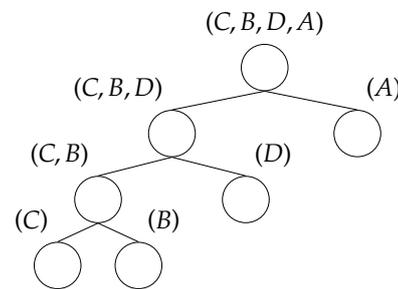
Quelle S'_1 :

Symbol	A	B	C	D
Häufigkeit	4	10	6	11



Quelle S'_2 :

Symbol	A	B	C	D
Häufigkeit	33	16	7	26

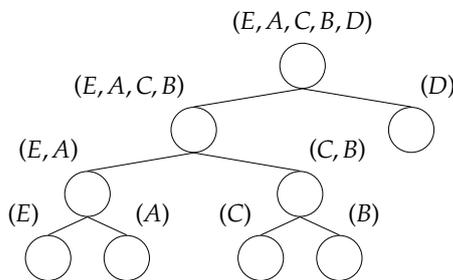


Antwort für S'_1 :

Antwort für S'_2 :

Quelle S'_3 :

Symbol	A	B	C	D	E
Häufigkeit	9	23	10	31	8

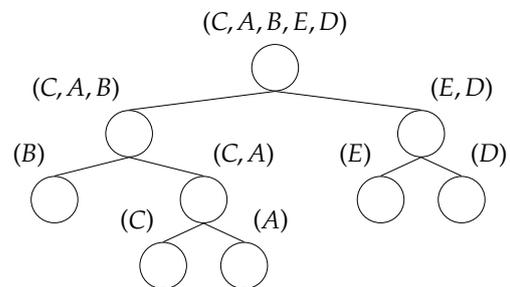


Antwort für S'_3 :

Antwort für S'_4 :

Quelle S'_4 :

Symbol	A	B	C	D	E
Häufigkeit	19	23	16	52	47



Zusatzblatt zu Aufgabe :