

## Übungen zur Digitalelektronik im Fach Physik 2 für Informatik

### Übung 1:

Es seien  $a, b, c, d \in \{0,1\}$ . Beweisen Sie mit Hilfe algebraischer Umformungen, daß die folgenden Behauptungen stimmen, oder geben Sie ein Gegenbeispiel:

- a) Aus  $a + b = 0$  folgt  $a = b$
- b) Aus  $a + c = b + c$  folgt  $a = b$
- c) Aus  $a * b * c + d = 1$  folgt  $a + d = b + d = c + d$
- d)  $a \oplus (b + c) = (a \oplus b) + (a \oplus c)$
- e)  $a + (b \oplus c) = (a + b) \oplus (a + c)$
- f)  $a * (b \oplus c) = (a * b) \oplus (a * c)$
- g)  $a \oplus (b * c) = (a \oplus b) * (a \oplus c)$

Hinweis: Überprüfen Sie die Gleichungen zunächst über Wertetabellen.

### Übung 2:

Es sei  $B = \{0,1\}$ . Geben Sie die Funktionstabelle der Funktion  $f(B^4 \rightarrow B^2)$  an, die aus den Eingabewerten  $a, b, c, d$  die Ausgabewerte  $x, y$  folgendermaßen erzeugt:

$$x = \begin{cases} a & \text{falls } b \neq c \text{ und } a = d \\ b & \text{falls } b = c \text{ und } a \neq d \\ d & \text{sonst} \end{cases} \quad y = a \cdot (b \oplus c) \cdot \bar{x}$$

Erstellen Sie zu jeder Funktion eine minimale Normalform über ein KV-Diagramm.

### Übung 3:

Erstellen Sie jeweils die disjunktive Normalform DNF und die konjunktive Normalform KNF der folgenden Funktionsausdrücke durch algebraische Umformungen:

$$f(a,b,c) = (a \cdot b + c) \oplus (\bar{a} + b)$$
$$g(a,b,c) = a \cdot (b + c) \cdot f(a,b,c)$$

Erstellen Sie zu jeder Funktion die minimalen Normalformen über KV-Diagramme.

### Übung 4:

- a) Zeichnen Sie Schaltungen für das NAND- und das NOR- Gatter, die aus möglichst wenigen FET aufgebaut sind.
- b) Wieviel Transistoren brauchen Sie, wenn Sie mit diesen Gattern einen Volladdierer konstruieren? (Konstruktionsskizze)

### Übung 5:

Geben Sie möglichst einfache Schaltungen aus Gattern und Invertern für folgende Funktionen an:

$$f(a,b,c) = \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}b\bar{c} + a\bar{b}\bar{c} + abc$$
$$g(a,b,c) = \bar{a}bc + a\bar{b}c + ab\bar{c} + abc$$
$$h(a,b,c) = f(a,b,c) \cdot g(a,b,c)$$

Erstellen Sie zu jeder Funktion die minimalen Normalformen über KV-Diagramme und stellen Sie fest, wie sie noch weiter vereinfacht werden können, um zu minimalem Schaltungsaufwand zu kommen.

Übung 6:

Gegeben sind nebenstehende Funktionswerte  $f, g, h (B^3 \rightarrow B)$  mit  $B=\{0,1\}$ .

Bestimmen Sie dafür jeweils

- die disjunktive Normalform DNF (Minterme),
- die konjunktive Normalform KNF (Maxterme),
- die minimalen Normalformen mittels KV-Diagrammen,
- Schaltungen aus symmetrischen, zweistelligen NAND oder NOR-Gattern.
- Konstruieren Sie ein gemeinsames Schaltnetz für alle 3 Funktionen ( $B^3 \rightarrow B^3$ ).
- Erzeugen Sie die Funktionen  $f, g, h$  durch ein ROM.

a	b	c	f	g	h
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0

Übung 7:

- Konstruieren Sie aus möglichst wenigen elementaren Gattern (NOT, OR, AND) die Schaltungen für folgende Funktionen:

$$f(a, b, c) = a\bar{c} + \bar{a} \cdot (b \oplus c)$$

$$g(a, b, c) = (a \oplus b \oplus 1) \cdot (ab\bar{c} + \bar{a}bc) \cdot (ab + c)$$

$$h(a, b, c, d) = abcd + ab\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d$$

Verwenden Sie die minimalen Normalformen aus KV-Diagramm.

- Konstruieren Sie die Schaltungen für dieselben Funktionen aus Multiplexern. Belegen Sie deren Eingänge mit festen Werten und geben Sie die Variablen auf die Steuerleitungen.

Übung 8:

- Konstruieren Sie aus NAND- und XOR-Gattern einen Halbsubtrahierer ( $a_i - b_i$ ), welcher den Differenzwert  $d_i$  und einen eventuellen Fehlbetrag  $c_{i+1}$  produziert ( $c_{i+1} = 1$  falls  $b_i > a_i$ ).
- Konstruieren Sie einen Vollsubtrahierer und aus diesen einen Wortsbtrahierer mit 4 bit Breite.
- Ändern Sie den Wortsbtrahierer mit den oben genannten Gattern so ab, daß man mit Hilfe einer Steuerleitung hiermit wahlweise subtrahieren und addieren kann ?

Übung 9:

Konstruieren Sie aus Standardgattern und geeigneten Flipflops ein Schieberegister, das sowohl seriell als auch parallel geladen werden kann. Überlegen Sie sich zuerst, welche Daten- und Steuerleitungen (Ein- und Ausgänge) benötigt werden.

Übung 10:

Informieren Sie sich über die digitalen Schaltungstechniken TTL, ECL und CMOS.

Welche Schaltgeschwindigkeiten bieten sie, welche Spannungswerte verarbeiten sie ?

Welche Leistungsaufnahmen haben einfache (zweistellige) Gatter ?

Bestimmen Sie jeweils die Energie, die für die Verarbeitung von einem Bit benötigt wird.

Übung 11:

Welche der folgenden logischen Schaltungen sind Automaten:

ein NAND-Gatter, ein D-Flipflop, ein FIFO oder ein Volladdierer ?

Begründen Sie Ihre Antworten !

Beschreiben Sie die 4 Schaltung mit ihren Symbolen und den zugehörigen Ein- und Ausgängen !

Geben Sie für die Automaten jeweils an, welche Eingabe-, Ausgabe- und Zustandsalphabete sie besitzen und beschreiben Sie deren Zeitverhalten mit jeweils einem Zustandsdiagramm.