

Hochschule Merseburg Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften	
Praktikum Digitaltechnik	DIG 1
Grundglieder der Digitaltechnik und einfache kombinatorische Schaltungen	
Studiengang.....	Namen:
Versuchstag.....	1.
Achtung: Protokolle werden nur mit diesem ausgefüllten Deckblatt und geheftet angenommen!!	2.

Allgemeines zum gesamten Praktikum

Organisatorisches

Das Praktikum umfasst **6** Versuche mit einer Dauer von i. d. R. jeweils **2 Lehrblöcken** (Ausnahme: DIG 1 mit 1 Lehrblock) und ist **Voraussetzung** für die **Zulassung zur Abschlussprüfung** im Lehrgebiet Digitaltechnik. Die Versuche sind in der Reihenfolge ihrer Nummerierung DIG1...6 in Arbeitsgruppen zu je **2 Studierenden** abzuarbeiten. Zur Vorbereitung und Durchführung können die Aufzeichnungen aus den Vorlesungen, die angegebene oder auch andere Literatur verwendet werden. Zu **jedem** Versuch ist ein Protokoll je Arbeitsgruppe mit den **Schaltungsentwürfen u. -darstellungen, den Ergebnissen** sowie den **Auswertungen** anzufertigen und zum Tag des **nächsten** Versuches abzugeben. Lose Blätter oder Protokolle mit fehlendem oder unvollständig ausgefülltem **Deckblatt** werden **nicht** angenommen. Die Lösung der Versuchsvorbereitungsaufgaben ist fakultativ, wird Ihnen aber zur Einstimmung auf die Inhalte des Versuches und zur Übung empfohlen.

Die Aufgaben zur Versuchsdurchführung sind weitmöglich so vorzubereiten, dass nur noch die Schaltungen aufgebaut werden müssen!!

Mangelhafte Vorbereitung endet mit Abbruch und Vertagung des Versuches.

Literatur

- [1] Scarbata, Gerd: Synthese und Analyse digitaler Schaltungen.
Oldenbourg
- [2] Morgenstern, Bodo: Elektronik, Band III, Digitale Schaltungen und Systeme.
Vieweg+Teubner
- [3] Borgmeyer, Johannes: Grundlagen der Digitaltechnik.
Carl Hanser
- [4] Borucki, Lorenz: Digitaltechnik.
Vieweg+Teubner
- [5] Häßler, M. und Straub, H.-W.: Praxis der Digitaltechnik.
Franzis
- [6] Beuth, Klaus: Elektronik 4: Digitaltechnik.
Vogel

Ausrüstung

Zur Durchführung des Praktikums steht jeder Gruppe ein **Digital-Trainer in Form eines handlichen Koffers** zur Verfügung (siehe Bild im ILIAS), in dem alle notwendigen Baugruppen (inkl. Netzteil) enthalten sind. Alle Logikgatter sind als Standard-CMOS realisiert.
(CMOS = **C**omplementary **m**etal-**o**xide-**s**emiconductor)

Der Koffer enthält:

- 8 prellfreie Schalter; 1 nichtentprellter Kippschalter; 1 Taster mit log. High-Ausgang
- 8 optische LED-Anzeigen; 2 Hexadezimalanzeigen mit eingebautem Dekoder (Anzeige 0...F)
- 4 AND/NAND-Gatter mit 2 Eingängen;
- 4 AND/NAND-Gatter mit 4 Eingängen
- 4 OR/NOR-Gatter mit 2 Eingängen;
- 4 OR/NOR-Gatter mit 4 Eingängen
- 8 EXOR-Gatter mit 2 Eingängen
- 4 Inverter (Negierer)
- 10 JK-Master-Slave-Flip-Flops
- 1 4-bit-Volladdierer
- 1 Vorwärts/Rückwärts-4-bit-Binärzähler;
- 1 Dezimalzähler mit optischer Anzeige
- 2 2-bit-Zwischenspeicher mit Freigabe
- 1 variabel einstellbarer Taktgenerator
 $f = 0 \dots 10 \text{ kHz}$ mit 4 nachgeschalteten Dualteilern (2, 4, 8, 16)
- 1 variabel einstellbarer Monoflop
- diverse farbige Verbindungsleitungen unterschiedlicher Länge

Achtung !

Achtung !

Auch **nicht** benötigte Eingänge verwendeter Logikgatter sind grundsätzlich geeignet zu **beschalten!**

Auf der Arbeitsfläche des Koffers **NICHT** herumschreiben, auch nicht mit Bleistift!

Versuchsziel

Kennenlernen der Funktionsweise von Grundgliedern der Digitaltechnik. Praktischer Aufbau und Analyse von zusammengesetzten Schaltungen sowie Aufnahme von Impulsdigrammen und Erstellung von Schaltbelegungstabellen. Vereinfachung von kombinatorischen Schaltungen mit Hilfe der Schaltalgebra.

Einleitung, Fachbegriffe

Einfache Logikschaltungen ohne Rückführung übertragen den Informationsfluss nur in einer Richtung vom Eingang zum Ausgang. Das Ausgangssignal wirkt nicht auf den Eingang oder auf andere Punkte des Übertragungsweges zurück. Diese Schaltungen werden auch als *kombinatorische Schaltungen* oder auch *Schaltnetze* bezeichnet.

Zur mathematischen Beschreibung von kombinatorischen Schaltungen werden logische Funktionen (Schaltfunktionen) sowie die Regeln der Schaltalgebra, die auf den englischen Mathematiker GEORGE BOOLE (1815-1864) zurückgehen, angewandt. Logische Elementarfunktionen sind dabei die NEGATION, die KONJUNKTION und die DISJUNKTION.

Am Beispiel der KONJUNKTION sollen die Begriffe Schaltbelegungstabelle, Schaltsymbol, Kontaktschaltung und Impulsdigramm dargestellt werden.

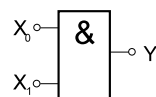
Bezeichnung

UND-/AND-Funktion

Gleichung

$$y = x_0 \cdot x_1 = x_0 x_1 = x_0 \wedge x_1 = x_0 \cdot x_1$$

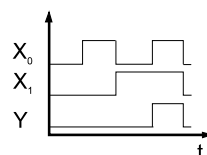
Schaltsymbol (DIN 19 239)



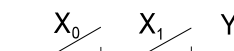
Schaltbelegungstabelle

X_1	X_0	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Impulsdigramm



Kontaktschaltung



Diese Bezeichnungen sind in der Fachliteratur nicht immer einheitlich. So wird die Schaltbelegungstabelle auch als Wahrheitstabelle oder Zustandstabelle und das Schaltsymbol als Schaltzeichen oder Logiksymbol bezeichnet.

Die Rechenregeln der Schaltalgebra sind nicht in allen Fällen gleich denen der gewöhnlichen Algebra. Als bekannt werden folgende Gesetze vorausgesetzt:

- Kommutativgesetz (Vertauschungsgesetz),
- Assoziativgesetz (Verbindungsgesetz),
- Distributivgesetz (Verteilungsgesetz),
- Regeln von DE MORGAN (Negationsregeln)

Auf die zur Minimierung von Schaltfunktionen dienenden *Absorptionsgesetze* sei besonders hingewiesen:

$$\begin{aligned}X_0 + X_0 X_1 &= X_0 \\X_0 (X_0 + X_1) &= X_0 \\X_0 (\overline{X_0} + X_1) &= X_0 X_1 \\X_0 + \overline{X_0} X_1 &= X_0 + X_1\end{aligned}$$

Die Rangfolge der Operationen lautet wie folgt: 1. Klammern, 2. Negation, 3. Konjunktion, 4. Disjunktion. Es gilt wie in der gewöhnlichen Algebra die Regel: Punktrechnung vor Strichrechnung.

Die technische Realisierung logischer Funktionen wird als logische Verknüpfungsschaltung oder Gatter bezeichnet. Dazu zählen Elementarschaltungen der Grundfunktionen (NEGATION, UND, ODER) bzw. deren Kombinationen (z.B. NAND, NOR). Die binären Werte 0 und 1 werden durch Gleichspannungswerte dargestellt. Bedingt durch die entsprechende Schaltungstechnik und Bauelementetoleranzen müssen Pegelbereiche (hier CMOS-Pegel +5V) festgelegt werden:

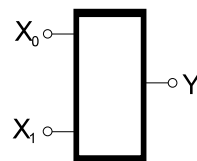
	Low-Pegel (L)	High-Pegel (H)
Eingangsspannung	max. +1,5V	min. +3,5V
Ausgangsspannung	max. +0,5V	min. +4,44V

Zwischen den Grenzwerten liegt ein *verbotener* Bereich. Bei der Ansteuerung von digitalen Schaltungen mit analogen Signalen muss beachtet werden, dass diese mit Schaltflanken angesteuert werden, die eine Anstiegszeit von mindestens $1\text{V}/\mu\text{s}$ aufweisen. Mechanische Schalter (Kippschalter) erfüllen in der Regel diese Forderung. Bei zu geringen Flankensteilheiten kann es in der Praxis leicht passieren, dass ein Gatter mit einigen MHz schwingt und zum unfreiwilligen Sender wird. Eine so "wild" erzeugte Schwingung umfasst meistens den gesamten Logikhub und erzeugt in der betreffenden Schaltung unerwünschte Effekte.

Vorbereitungsaufgaben (fakultativ)

- Geben Sie die allgemeine Formel $K = f(n)$ zur Berechnung aller möglichen Eingangskombinationen K in Abhängigkeit von der Anzahl der Eingangsgrößen n an! Wie viele mögliche Kombinationen können mit zwei, acht bzw. zehn binären Eingangsgrößen dargestellt werden?
- Wie viele Ausgangskombinationen sind bei dem unten dargestellten Schaltsymbol mit zwei binären Eingangsvariablen möglich?

Eingangsvariable: X_0, X_1
Ausgangsvariable: Y



Ordnen Sie allen Ausgangskombinationen die entsprechende Bezeichnung der Schaltfunktion zu!

X_1	X_0	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Beispiel: 1-Funktion oder auch Tautologie

- Vereinfachen Sie mit den Regeln der Schaltalgebra folgende Gleichung weitmöglich, stellen Sie das zugehörige Impulsdiagramm dar und geben Sie die Bezeichnung der Schaltfunktion an:

$$Y = \overline{X_0 X_1 (X_0 + X_1) (\overline{X_0 X_1 + X_0 + X_1}) \cdot (X_0 + X_1)}$$

- Was ist ein *entprellter Schalter*?

Durchführung

1. Nehmen Sie für folgende Glieder die Schaltbelegungstabelle auf, zeichnen Sie das zugehörige Impulsdiagramm und geben Sie das Logiksymbol an: Grundglieder AND, OR, NEGATION, zusammengesetzte Glieder NAND, NOR, ANTIVALENZ, ÄQUIVALENZ.
2. Bauen Sie die in den Blockschaltbildern 1 und 2 dargestellten logischen Schaltungen auf. Nehmen Sie die Schaltbelegungstabellen auf und zeichnen Sie Impulsdiagramme, um die Beziehungen zwischen der Eingangsbelegung und dem Ausgangssignal Y darzustellen.

Bild 1

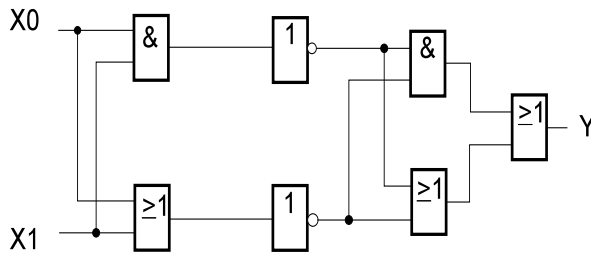
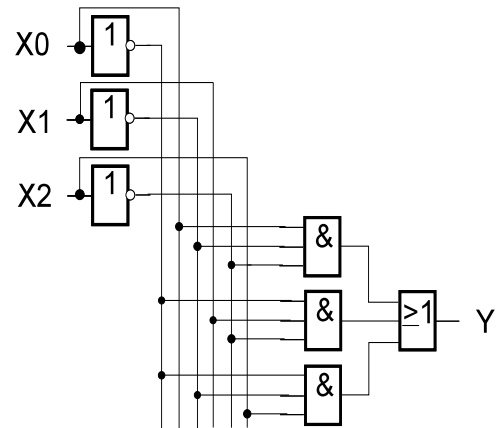


Bild 2



3. Realisieren Sie die in den Bildern 3 und 4 als Kontaktschaltung gegebenen Schaltnetze!

Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- Schaltgleichung aufstellen,
- Blockschaltbild zeichnen, Schaltung aufbauen und Schaltbelegungstabelle ermitteln,
- Gleichung mit den Gesetzen der Schaltalgebra weitmöglich vereinfachen,
- Schaltung nach vereinfachter Gleichung aufbauen und Schaltbelegungstabelle ermitteln,
- beide Schaltbelegungstabellen vergleichen.

Bild 3

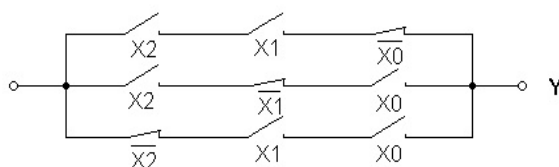
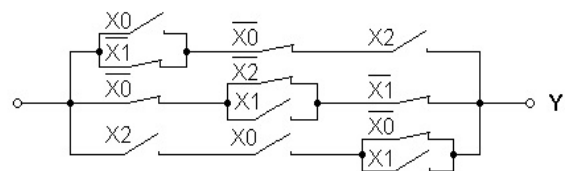


Bild 4



4. Realisieren Sie folgende als Gleichung gegebene Schaltnetze!

a)
$$y = \overline{x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0} + \overline{\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0} + \overline{\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0}$$

b)
$$y = (x_2 + x_1 + \bar{x}_0)(x_2 + \bar{x}_1 + x_0)(x_2 + x_1 + x_0)$$

Gehen Sie wie folgt vor:

- realisieren Sie zuerst die Schaltnetze gleichungsgetreu und nehmen Sie die Schaltbelegungstabellen auf,
- Gleichungen mit den Gesetzen der Schaltalgebra weitmöglich vereinfachen,
- Schaltungen nach den vereinfachten Gleichungen aufbauen und Schaltbelegungstabellen ermitteln,
- beide Schaltbelegungstabellen vergleichen.