

Praktikumsanleitung

Rechnerorganisation

Versuch 1: Digitale Grundschaltungen

(Studiengänge Informatik und Basic Engineering School)

Dr.-Ing. Karsten Henke
Dipl.-Ing. Jürgen Schmidt
Dr.-Ing. Heinz-Dietrich Wuttke

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Module	2
2.1	Grundmodule	2
2.2	Zusatzmodule	2
3	Versuche	2
3.1	Kombinatorische Schaltungen – I	3
3.2	Kombinatorische Schaltungen – II	4
3.3	Addition und Subtraktion zweier Ziffern	5
3.4	Maximum-Erkennung	6
3.5	Pseudotetraden-Erkennung	6
3.6	Primzahlen-Erkennung	7
3.7	4-bit-Speicher	8
3.8	Spindelsteuerung	9
4	Empfohlene Literatur	9

1 Einleitung

Das Praktikum "Rechnerorganisation – Versuch 1" dient dazu, die in der Lehrveranstaltung "Rechnerorganisation" vermittelten Prinzipien kombinatorischer Strukturen zu vertiefen sowie die prinzipielle Herangehensweise für den Entwurf sequentieller Automaten praktisch zu veranschaulichen.

Der Praktikumsaufbau besteht aus einem Grundgerät und einem umfangreichen Modulsortiment. Das Grundgerät besteht aus Netzteil und Grundplatte. Es liefert alle Versorgungsspannungen und bietet mechanische Befestigungsmöglichkeiten für alle Module.

2 Module

2.1 Grundmodule

Die Grundmodule realisieren elementare Funktionen wie z.B. AND, NOR usw. Alle Module werden intern durch programmierbare Logik realisiert. Der logische Zustand aller Modulausgänge wird von LED's angezeigt. Dadurch ist eine Kontrolle des Verhaltens der realisierten Schaltung gegeben. Jeder Signaleingang oder -ausgang ist auf Buchsen geführt, damit Verzweigungen möglich sind. Alle Signaleingänge werden über interne Pull-Up-Widerstände auf +5V geschaltet. Diese Maßnahme verhindert, daß offene Eingänge durch Störungen beeinflussbar sind.

Die für dieses Praktikum benötigten Module stehen in ausreichender Anzahl zur Verfügung und enthalten jeweils:

- 4 AND/NAND-Gattern¹ mit je 2 Eingängen
- 2 AND/NAND-Gattern mit je 4 Eingängen
- 4 OR/NOR-Gattern mit je 2 Eingängen
- 2 OR/NOR-Gattern mit je 4 Eingängen
- 4 D-Flip-Flop's

2.2 Zusatzmodule

- Schaltermodul (je 4 entprellte Schalter)
- Verteilermodul (Es ist durch dieses Modul möglich, Signale zu verteilen, die mehrfach für logische Verknüpfungen benötigt werden.)
- Taktgenerator-Modul

3 Versuche

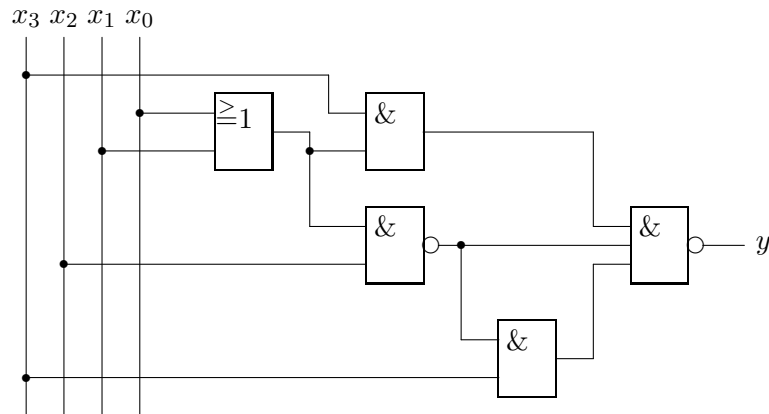
In Vorbereitung auf das Praktikum ist ein Protokoll unter Berücksichtigung folgender Gesichtspunkte vorzubereiten:

1. Aufgabenstellung
2. Lösungsansatz
3. Ermittlung der Funktion der Schaltung
4. Synthese der Schaltungsstruktur
5. Aufbau der Schaltung aus den entsprechenden Modulen
6. Versuchsauswertung (wird während des Praktikums ins Protokoll übertragen)

¹Sämtliche Gatterausgänge stehen auch negiert zur Verfügung. Dazu ist an jeden Ausgang zusätzlich ein Negator geschaltet.

3.1 Kombinatorische Schaltungen – I

Gegeben ist folgende Schaltung:

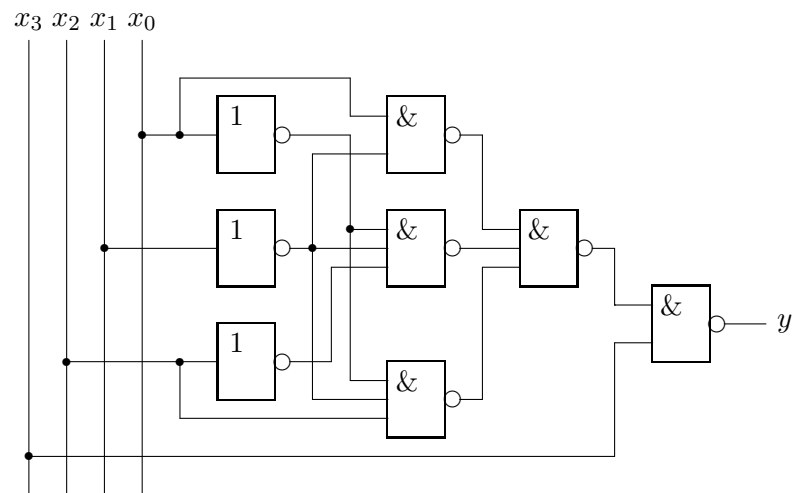


Gesucht sind:

1. die logische Gleichung für y
2. die logische Gleichung für die minimierte Funktion y_{min}
3. die schaltungstechnische Realisierung für y
4. die schaltungstechnische Realisierung für y_{min} unter Verwendung von NAND-Gattern
5. der Nachweis der Werteverlaufsgleichheit anhand der aufgebauten Schaltungen

3.2 Kombinatorische Schaltungen – II

Gegeben ist folgende Schaltung:



Gesucht sind:

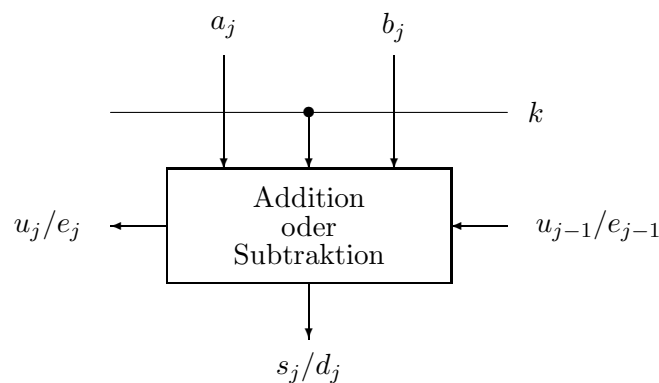
1. die logische Gleichung für y
2. die logische Gleichung für die minimierte Funktion y_{min}
3. die schaltungstechnische Realisierung für y
4. die schaltungstechnische Realisierung für y_{min} unter Verwendung von NOR-Gattern
5. der Nachweis der Werteverlaufgleichheit anhand der aufgebauten Schaltungen

3.3 Addition und Subtraktion zweier Ziffern

Gesucht ist eine Schaltung zur Addition oder Subtraktion zweier Ziffern:

Für zwei Bit a_j und b_j an der j -ten Stelle einer binären Zahl soll – unter Beachtung des Übertrages u_{j-1} (bzw. der Entleiherung e_{j-1}) aus der vorhergehenden Stelle – die Summe s_j oder die Differenz d_j gebildet werden. Die Auswahl der jeweiligen Rechenoperation erfolgt mittels des Auswahl-Signals k , wobei gilt:

- L -Potential am Auswahl-Signal ergibt eine Addition
- H -Potential am Auswahl-Signal ergibt eine Subtraktion



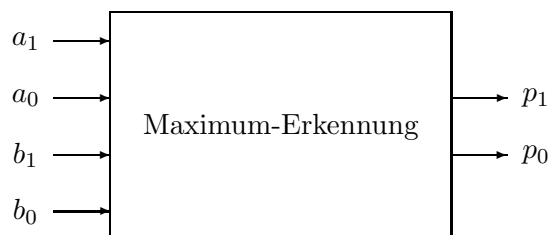
Hinweis:

- Ermitteln Sie zunächst die Gleichungen für s_j und d_j . Setzen Sie dabei $u_{j-1} = e_{j-1}$ und vergleichen Sie die Ergebnisse.
- Führen Sie die gleichen Betrachtungen für u_j und e_j durch.
- Leiten Sie aus diesen Betrachtungen eine Wertetabelle für das Umschalten von Addition zur Subtraktion her.
- Aus dieser Wertetabelle läßt sich eine einfache Zusatzschaltung für die Entleiherung bzw. den Übertrag ableiten, die die geforderte Umschaltung gewährleistet.

3.4 Maximum-Erkennung

Zwei Binärzahlen, gegeben als Eingangsvektoren $a = [a_1, a_0]$ und $b = [b_1, b_0]$, sollen miteinander verglichen werden. Die größere der beiden Zahlen soll an den Ausgängen p_1 und p_0 mit dem Ausgangsvektor $p = [p_1, p_0]$ ausgegeben werden.

Entwerfen Sie für dieses Problem eine kombinatorische Schaltung.



Gesucht sind:

1. die Wertetabelle
2. die logischen Gleichungen für p_1 und p_0
3. die schaltungstechnische Realisierung von p

3.5 Pseudotetraden-Erkennung

Zwei Ziffern im direkten BCD-Code wurden addiert. Das Ergebnis liege als Belegung des binären Summenvektors $x = [x_3, x_2, x_1, x_0]$ vor, der Übertrag bleibe unberücksichtigt. Das Ergebnis soll gemäß der Korrekturvorschrift für Pseudotetraden korrigiert werden.

Entwerfen Sie für dieses Problem eine kombinatorische Schaltung, die ermittelt, ob eine Pseudotetrade vorliegt.



Gesucht sind:

1. die Wertetabelle
2. die logische Gleichungen für k
3. die schaltungstechnische Realisierung von k

3.6 Primzahlen-Erkennung

Primzahlen sind Zahlen, die nur durch sich selbst und durch 1 teilbar sind. Die 1 ist keine Primzahl.

Entwerfen Sie eine Funktion p , die ermittelt, ob der Dezimalwert einer Binärzahl, die als Eingangsvektor $x = [x_3, x_2, x_1, x_0]$ gegeben ist, eine Primzahl ist.

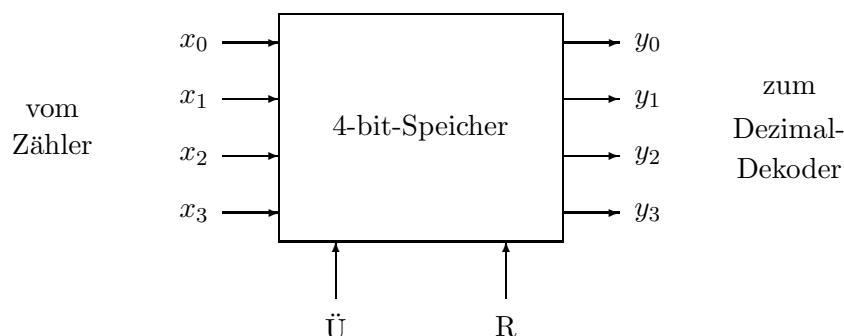


Gesucht sind:

1. die Wertetabelle
2. die logische Gleichung für p
3. die schaltungstechnische Realisierung von p

3.7 4-bit-Speicher

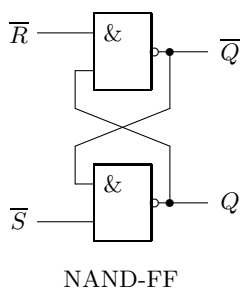
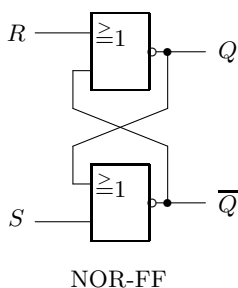
Digitale Meßgeräte erfassen Meßgrößen, indem sie z.B. über einen festgelegten Zeitraum Impulse zählen, die durch eine Ziffernanzeigeeinheit dargestellt werden sollen. Um eine ruhige Meßwertanzeige zu ermöglichen, soll die Anzeige nur bei einer Meßwertänderung wechseln. Dazu muß ein Speicher den vorhergehenden Meßwert so lange halten, bis ein neuer Meßwert vom Zähler vorliegt. Um den Aufwand in den Speichern möglichst gering zu halten, sind diese meist zwischen den (im BCD-Code arbeitenden) Zählern und den Dezimal-Dekodern geschaltet. Es brauchen dabei nur 4 bit je Dezimalstelle gespeichert werden.



Entwerfen Sie einen 4-bit-Speicher auf der Basis von RS-Flip-Flops², der folgendermaßen arbeitet:

Während der Zähler zählt, befindet sich der Übernahme-Eingang \bar{U} auf L-Potential. Vor dem eigentlichen Einspeichern eines neuen Wertes legt ein kurzer Impuls den sich sonst auf H-Pegel befindenden Rücksetz-Eingang R auf L-Potential. Dadurch erscheint bis zum Einspeichern der neuen Werte an den Ausgängen y_0 bis y_3 L-Potential. Wenn anschließend der Übernahme-Eingang \bar{U} H-Potential erhält, übernimmt der Speicher die an den Eingängen x_0 bis x_3 liegenden Signale aus dem Zähler.

²RS-Flip-Flop:

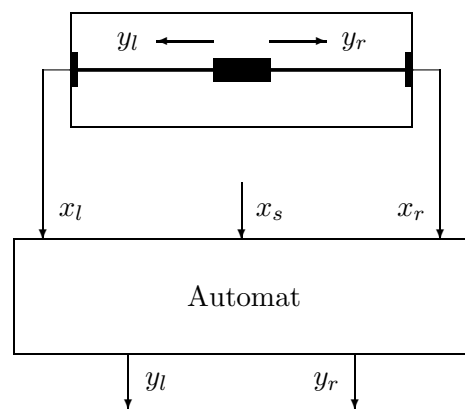


S^n	R^n	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	verboten

3.8 Spindelsteuerung

Entwerfen Sie ein Steuerwerk auf der Basis von D-Flip-Flops, das folgenden Ablauf realisiert:

Auf der Spindel einer Werkzeugmaschine kann sich ein Werkzeugschlitten nach rechts und nach links bewegen. Endschalter liefern der Steuerung Informationen über die rechte und die linke Endposition des Schlittens (x_r, x_l). Der Antrieb kann über die binären Steuerungsausgänge y_r und y_l zwischen Ruhe sowie Rechts/Links-Lauf gesteuert werden. Eine externe Taktvariable x_s signalisiert der Steuerung statisch Ruhe ($x_s = 0$) oder Bewegung ($x_s = 1$). Nach einer eventuellen Ruhepause soll die Bewegung in der ursprünglichen Richtung fortgesetzt werden.



Gesucht sind:

1. der Automatengraph
2. die schaltungstechnische Realisierung mit D-Flip-Flops

4 Empfohlene Literatur

- H.-D. Wuttke; K. Henke Schaltsysteme – Eine automatenorientierte Einführung,
Pearson-Education Deutschland,
1. Auflage,
München 2003
- H.-D. Wuttke; K. Henke Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung
"Rechnerorganisation",
TU Ilmenau, Fakultät I&A,
Ilmenau 2014
- Informatik-Duden Duden-Verlag,
Mannheim, Wien, Zürich 2000