

Binärlogik – Binärschaltung

Ausdrücke und Verflechtung

Es 10

1 Blatt

1.1 Binärlogik

Die Binärlogik ist ein abstrakter Wissenszweig. Sie drückt sich aus in Gleichungen mit mehreren Variablen, die aber alle nur zwei Werte (1 oder 0) einnehmen können (Boole-Gleichungen). Diese Gleichungen stellen Funktionen dar, die wir „Logik“funktionen nennen – zum Unterschied gegenüber Schaltungsfunktionen.

Außerdem werden die Logikfunktionen durch Schaltzeichen dargestellt. Sie werden in Logikschaltplänen angewendet (siehe Anhang).

Und schließlich werden Logikfunktionen in Form von Werte-Tabellen (Funktionstabelle, Wahrheitstabelle, Karnaugdiagramm) festgehalten (siehe Abschn. 4.1).

1.2 Binärschaltungen

Binärschaltungen sind reale Gebilde mit mehreren Eingängen und Ausgängen, welche aber alle nur zwei unterscheidbare Werte einer elektrischen Größe (H-Spannungsbereich, L-Spannungsbereich) annehmen können. Die Binärschaltungen führen Funktionen aus. Sie heißen Schaltungsfunktionen – im Gegensatz zu den Logikfunktionen.

Schaltzeichen für Schaltungsfunktionen, die eine direkte Aussage über die Funktion der H-, L-Werte machen, haben sich bis jetzt nicht durchgesetzt. Man benützt für Schaltpläne elektrischer Schaltungen die Schaltzeichen der Logik (siehe Abschn. 2.1), sollte dann aber stets hinzufügen, ob die „1“ für H oder L steht.

Analog zu den Logikfunktionen werden Schaltungsfunktionen durch Arbeitstabellen (Arbeitsmatrizen) beschrieben (siehe Abschn. 4.2).

1.3 Allgemeine Verflechtungen

Die Binärlogik ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Entwicklung von Binärschaltungen, insbesondere zu deren Optimierung. Die Schaltzeichen der Binärlogik werden in den (elektrischen) Binärschaltungen mit verwendet.

2.1 Die Binärwerte der Logik

Die „Elementarteilchen“ der Logik sind die Binärwerte 1 und 0. Beeinflußt durch die Informationstheorie spricht man statt von „Binärwert“ auch von „Zeichen“.

2.2 Die Binärwerte der Schaltung

Die „Elementarteilchen“ einer Binärschaltung sind einander nicht überlappende Spannungsbereiche, die mit H (high) und L (low) bezeichnet werden. Hier hat man in Analogie zur Logik „Zeichen“ gesetzt, aber nicht das Zeichen 0 benützt. Die Binärwerte der Schaltung werden oft H- und L-Signal (besser aber: H- und L-Signalwert) oder H- und L-Pegel genannt.

Wie Bild 1 zeigt, wird der höher positiv liegende Spannungsbereich mit H bezeichnet.

2.3 Verflechtung der Binärwerte der Logik und der elektrischen Schaltung

Der Ausdruck Binärwert wird sowohl in der Logik als auch für die Schaltung verwendet.

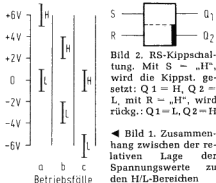


Bild 1. Zusammenhang zwischen der relativen Lage der Spannungswerte zu den H/L-Bereichen

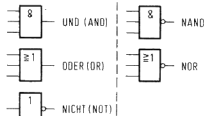


Bild 4. Schaltzeichen für binäre Verknüpfungsglieder nach DIN 40 700 Bl. 14

Zeichen 1 und 0 sind die beiden Werte der Logik. Man denkt an das auf das Papier gezeichnete Gebilde, also an etwas Abstraktes.

Zeichen H und L sind die beiden Werte der elektrischen Schaltung. Man denkt an „Zeichen geben“, „Signal geben“.

3.1 Die binäre Variable der Logik

Mehrere Variable werden in den Boole-Gleichungen durch Operationsbefehle „UND“ (&) oder „ODER“ (v) miteinander verbunden. Man unterscheidet unabhängige und abhängige Variable. Eine Seite der Boole-Gleichung enthält die unabhängigen, die andere Seite die abhängigen Variablen.

(In Anlehnung an die Binärschaltung findet man auch die Bezeichnung

Eingangsvariable für unabhängige Variable und Ausgangsvariable für abhängige Variable).

3.2 Die binäre elektrische Größe der Schaltung

Die Binärschaltung verarbeitet die elektrischen Größen, die an mehreren Eingängen unabhängig voneinander eingespeist werden können, so daß ein davon abhängiges Resultat in Form einer elektrischen Größe im Ausgang (in den Ausgängen) erscheint.

Der exakte Ausdruck „binäre elektrische Größe“ hat sich nicht eingeführt. Man sagt „binäres Signal“ oder „Signal“.

3.3 Verflechtung zwischen einer binären Variablen und einer binären elektrischen Größe

Die Ausdrücke Eingangsvariable, Ausgangsvariable werden sowohl in der Logik (als Oberbegriff für 1/0), als auch bei der Schaltung (als Oberbegriff für H/L) angewendet.

Statt „Variable“ darf man laut DIN in beiden Fällen (Logik und Schaltung) das Wort „Signal“ verwenden.

4.1 Wertetabellen und Funktionen der Logik

Setzt man für die Variablen einer Boole-Gleichung die Werte ein, so kann man in einer Tabelle die Aussage der Boole-Gleichung vollständig erfassen. Für die einfache Boole-Gleichung mit zwei unabhängigen Variablen, a, b

$$a \& b = q$$

ergibt sich Funktionstabelle 1

a	b	q
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Für das Zeichen 1 ist die Gleichung eine UND-Funktion (nur wenn alle Eingangswerte = 1 sind, wird q = 1). Alle anderen „Eingangs“-Kombinationen ergeben im Ausgang 0. Man könnte auf die drei unteren Zeilen der Tabelle verzichten, wenn man diese komplementäre Aussage als Grundsatz

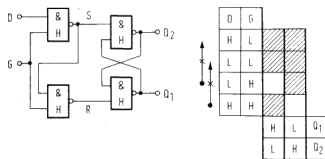


Bild 3. D₀-Schaltung, Schaltungsfunktionsplan und Matrix. Die Matrix zeigt die drei Funktionen einer Folgeschaltung: Setzen oder Rücksetzen (Zeile 3 oder 4), Speichern (Zeile 1 und 2). Der Signalwert am Eingang D erscheint am Ausgang Q₁, wenn an C (Takt-Eingang) der Signalwert H liegt. Geht anschließend an G der Signalwert von H auf L, wird der Ausgangssignalwert gespeichert

voraussetzt. Betrachtet man die letzten drei Zeilen in bezug auf 0, so stellt man fest, daß dafür eine ODER-Funktion besteht: nur wenn mindestens ein Eingangswert = 0 ist, ist der Ausgangswert = 0.

Die „UND“-Funktion für das eine Zeichen 1 ist gleichzeitig eine („ODER“-)Funktion für das komplementäre Zeichen 0.

Betrachten wir nun die Wertetabelle der Boole-Gleichung $a \vee b' = q'$

a'	b'	q'
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Für das Zeichen 1 besteht eine „ODER“-Funktion (die drei letzten Zeilen), für Zeichen 0 besteht eine („UND“-)Funktion. Trotz dieser Doppelfunktion jeder binären Verknüpfung benutzt man als Kennzeichen und als Operationszeichen diejenige Funktion, die bei Betrachtung des Zeichens 1 in Erscheinung tritt. Hier sieht man den Grund, warum man einem der Zeichen der Logik die 0 gegeben hat, letzteres soll einfach nicht beachtet werden.

So kennzeichnet die erste Wertetabelle eine UND-Funktion, die zweite eine ODER-Funktion. Man könnte auch sagen, die Binärlogik ist eine „1“-Logik, weil man nur den Weg der „1“ verfolgt.

4.2 Wertetabelle und Funktionen der Schaltung

Ordnet man alle möglichen binären elektrischen Werte an den Eingängen A, B und die resultierenden Werte am Ausgang Q in einer Tabelle, so möge sich z. B. ergeben:

Arbeitstabelle	A	B	Q
	H	H	H
	H	L	L
	L	H	L
	L	L	L

Wird H als Bezugswert für die Kennzeichnung der Funktion gewählt (positive Logik), kennzeichnet die Arbeitstabelle eine UND-Funktion. (Bei L als Bezugswert ist es eine ODER-Funktion.)

(Zu dem in 4.1 gebrachten Hinweis: „die Binärlogik ist eine „1“-Logik“ ein Beispiel aus der Schaltungstechnik (Bild 2). Spricht man z. B. vom Setzen einer Kippstufe, so meint man damit, daß der gekennzeichnete Ausgang den Signalwert H annimmt, falls „1“ und „H“ einander zugeordnet sind.)

4.3 Verflechtungen der Wertetabellen von Logik und Schaltung

Der Ausdruck Wertetabelle wird für beide Fälle verwendet. Man unterscheidet deshalb

- Logik: Funktionstabelle (Logikwertetabelle)
- Schaltung: Arbeitstabelle.

5 Die Grundfunktionen der Binärlogik

In der Binärlogik verwendet man drei Grundfunktionen.

5.1 Die UND-Verknüpfung (Konjunktion)

Ihr Sinn wird durch folgendes Beispiel deutlich: Ein Fahrstuhl fährt nur, wenn

- die Schachttür im Stockwerk 1
- und die Schachttür im Stockwerk 2
- die Schachttür im Stockwerk 3 usw.

geschlossen sind (siehe Abschn. 4.1). Drückt man diesen Sachverhalt in Form einer Boole-Gleichung aus, benutzt man für „und“ das Zeichen &, also

$$E_1 \& E_2 \& E_3 \dots \& E_n = A.$$

In der Literatur findet man neben & noch die Zeichen \wedge , \cdot . In der neuesten Publikation der IEC wird ausschließlich & verwendet.

5.2 Die ODER-Verknüpfung (Disjunktion)

Im Beispiel mit dem Fahrstuhl bedeutet das: der Fahrstuhl fährt, wenn im Fahrkorb der Stockwerkskontakt 1 oder der Stockwerkskontakt 2 oder der Stockwerkskontakt 3 usw. gedrückt ist (siehe Abschn. 4.1).

In den Boole-Gleichungen benützt man das Zeichen \vee), also $E_1 \vee E_2 \vee E_3 \dots \vee E_n = A.$

5.3 Die Negation

(Verneinung einer gegebenen Aussage, Nicht-Funktion, Inversion)

Zur Erläuterung denkt man an einen Relaiskontakt Arbeitskontakt und als Negation Ruhekontakt

Als Zeichen der Negation dient ein Querstrich über der Variablen (\bar{E}_1, \bar{q}). In der Literatur findet man noch $-$, z. B. $- E_1$ Die Boole-Gleichung lautet also: $E = \bar{A}$. D. h. A hat dann den Wert 1, wenn die Eingangsvariable nicht den Wert 1 hat und umgekehrt.

UND-Verknüpfungen und ODER-Verknüpfungen sind dadurch miteinander korreliert, daß die UND-Verknüpfung für den einen Binärwert gleichbedeutend ist mit der ODER-Verknüpfung für den anderen Binärwert. Jede Binärschaltung kann in UND-Funktionen (+ Negationen) oder in ODER-Funktionen (+ Negationen) aufgelöst werden. Siehe das oben gegebene Beispiel. Dort kann man auch sagen: Der Fahrstuhl fährt nicht, wenn die Schachttür 1, oder die Schachttür 2 oder nicht geschlossen ist.

6 Kombinatorische und sequentielle (Folge-) Schaltungen

Die kombinatorische Logik behandelt – mit Hilfe der Schaltalgebra – ausschließlich zeitlose Zusammenhänge. Das bedeutet, daß die Ausgangsvariablen nur von den jeweiligen Werten der Eingangsvariablen bestimmt sind. (Das schließt nicht aus, daß die „Werte“ der Variablen auf dynamische Größen der Schaltung angewendet werden.)

Die kombinatorische Schaltung besitzt zu jeder Eingangs-konfiguration (EK) nur eine bestimmte Ausgangskonfiguration (AK). (Man muß natürlich der Schaltung Zeit lassen sich darauf einzustellen.)

Die sequentielle Schaltung stellt die AK, nicht nur nach der eingestellten EK, ein, sondern sie berücksichtigt auch die vorher vorhanden gewesenen AK oder EK. Es kommt also auf die Folge von Konfigurationen an. Alle sequentiellen Schaltungen haben „Rückkopplungen“. Denn nur so erfahren die Eingänge, wie die AK, vor dem neuen Schritt, eingestellt war. Die sich einstellende AK kann aus einer Pegel (H-, L-)Tabelle vollständig abgelesen werden. Sie heißt Arbeitsmatrix (Bild 3).

Man vermeide bei sequentiellen Schaltungen den Ausdruck „Zeit“²⁾. Zeit ist nur eine unerwünschte Nebenwirkung bei der Realisierung von Schaltungen (sowohl von kombinatorischen als auch von sequentiellen). In Arbeitstabellen und -Matrizen sind diese Zeiten, die beim Wechsel der Konfigurationen mindestens eingehalten werden müssen, nicht angegeben.

Anhang

Das IEC-Dokument 117-15 und die DIN-Norm 40 700 Bl. 14 (Entwurf) sehen folgende Schaltzeichen (Funktionssymbole) für binäre Verknüpfungsglieder vor: (Bild 4)

Sie gelten in erster Linie für die Aufstellung von Logikschaltplänen. Sie können aber auch für Schaltpläne elektrischer Binärschaltungen verwendet werden.

Dabei muß, wie erwähnt, klargestellt werden, ob das Zeichen „1“ zu H (positive Logik) oder zu L (negative Logik) gehört. Die IEC hat vorgeschlagen, zur Kennzeichnung H oder L in das Rechteck zu setzen. Das ist praktisch überflüssig geworden, da jetzt stillschweigend nur mit positiver Logik gearbeitet wird.

¹⁾ Für das ODER-Zeichen „ \vee “ gibt es eine Merkmregel: \vee ist oben offen und bedeutet ODER.

²⁾ z. B. zeitabhängige sequentielle Schaltungen oder sequentielle Schaltungen, bestehend aus Funktionsgliedern mit Zeitabhängigkeit.