

# Schaltzeichen der Digitaltechnik und ihre Bedeutung

# Es 01

2 Blätter

## 1 UND-Funktion, UND-Verknüpfung (AND-Funktion, Konjunktion)

### 1.1 Definition

Bei einer UND-Funktion (Bild 1) entsteht nur dann am Ausgang A die 1, wenn alle Eingangsvariablen gleich 1 sind. Ist also nur eine der Eingangskomponenten eine 0, liefert die UND-Funktion am Ausgang eine 0.



Bild 1. Schaltzeichen des UND-Gliedes für 2 oder n-Eingänge (DIN 40 700 Bl. 14)



### 2 Erläuterung

Die UND-Funktion kann durch die Reihenschaltung von Schaltern oder von (Relais-)Arbeitskontakten deutlich gemacht werden (Bild 2). Nur, wenn alle Schalter geschlossen

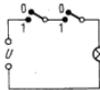


Bild 2. Darstellung der UND-Funktion durch Reihenschaltung von Schaltern oder Relais-Arbeitskontakten

sind (1), leuchtet die Lampe (1). Ist einer der beiden Schalter offen (0), brennt die Lampe nicht (0).

### 1.3 Beispiel für den Aufbau eines UND-Gliedes (Bild 3)

Voraussetzung: Für die Spannung +U<sub>B</sub> gilt die Wertung 1, für die Spannung 0 die Wertung 0.

An der Ausgangsklemme A des UND-Gliedes erscheint nur dann die Spannung +U<sub>B</sub> (Wertung 1), wenn an allen Ein-

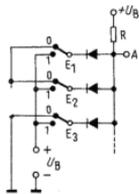


Bild 3. Diodenschaltung eines UND-Gliedes

gangsklemmen die Spannung +U<sub>B</sub> liegt, wenn also alle Schalter auf 1 geschaltet sind. Liegt nur ein Schalter in der Stellung 0, ist die zugehörige Diode leitend, und die Spannung an A ist ebenfalls ≈ 0.

### 1.4 Funktionstabelle, Logiktafel

Das in den Abschnitten 1.1...1.3 und 2.1...2.3 Gesagte kann übersichtlich in Funktionstabellen ausgedrückt werden.

#### 2 Eingangsvariable

E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	A
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

#### 3 Eingangsvariable

E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	A
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Man beachte: In der Literatur wird in vielen Fällen anstelle 1 der Buchstabe L und anstelle 0 der Buchstabe O gesetzt. Man will damit Verwechslungen mit den Dezimalzahlen vermeiden und vielleicht auch andeuten, daß es sich bei den logischen Funktionen nur um eine Wertung oder Kennzeichnung von Sachverhalten handelt. (L bedeutet z. B. Lampe leuchtet, Schalter ist geschlossen, O heißt z. B. Schalter ist offen usw.).

### 1.5 Darstellung in der Schaltalgebra

Mit den Regeln der Schaltalgebra (Logik-Algebra, Boolesche Algebra) können komplizierte Logiksysteme berechnet werden.

Für die Kennzeichnung der UND-Funktion existieren folgende Zeichen:  $\wedge$ ,  $\cdot$ , &. Nach DIN 66 000 wird  $\wedge$  vorgeschlagen. Somit kann eine UND-Funktion, wie folgt, ausgedrückt werden

$$A = E_1 \wedge E_2 \wedge E_3 \dots \text{ oder allgemein} \\ x = a \wedge b \wedge c \dots$$

Werden die Variablen E<sub>1</sub>... oder a... durch die Konstanten 0, 1 oder O, L ersetzt, ergeben sich folgende Gleichungen:

$$O \wedge O = O \\ O \wedge L = O \\ L \wedge O = O \\ L \wedge L = L$$

## 2 ODER-Funktion, ODER-Verknüpfung (OR-Funktion, Disjunktion)

### 2.1 Definition

Bei einer ODER-Funktion (Bild 4) entsteht dann schon am Ausgang A die 1, wenn nur eine der Eingangsvariablen gleich 1 ist. Nur, wenn alle Eingangskomponenten eine 0 sind, liefert die ODER-Funktion am Ausgang eine 1.



Bild 4. Schaltzeichen des ODER-Gliedes für 2 oder n-Eingänge (DIN 40 700 Bl. 14)



### 2.2 Erläuterung

Die ODER-Funktion kann durch die Parallelschaltung von Schaltern oder von (Relais-)Arbeitskontakten deutlich ge-

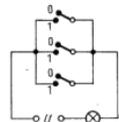


Bild 5. Darstellung der ODER-Funktion durch Parallelschaltung von Schaltern oder Relais-Arbeitskontakten

macht werden (Bild 5). Nur, wenn alle Schalter offen sind (0), leuchtet die Lampe nicht (0). Ist ein Schalter geschlossen (1), brennt die Lampe (1).

**2.3 Beispiel für den Aufbau eines ODER-Gliedes (Bild 6)**

Voraussetzung: Für die Spannung +  $U_B$  gilt die Wertung 1, für die Spannung 0 die Wertung 0.

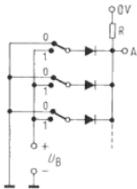


Bild 6. Diodenschaltung eines ODER-Gliedes

An der Ausgangsklemme A des ODER-Gliedes erscheint nur dann die Spannung 0 (Wertung 0), wenn an allen Eingangsklemmen die Spannung 0 liegt, wenn also alle Schalter auf 0 geschaltet sind. Liegt auch nur einer der drei Schalter in der Stellung 1, ist die zugehörige Diode leitend und die Spannung an A ist +  $U_B$  (Wertung 1).

**2.4 Funktionstabelle, Logiktablelle**

2 Eingangsvariable

$E_1$	$E_2$	A
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

3 Eingangsvariable

$E_1$	$E_2$	$E_3$	A
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

**2.5 Darstellung in der Schaltalgebra**

Für die Kennzeichnung der ODER-Funktion existieren folgende Zeichen:  $\vee$ , +, U. Nach DIN 86 000 wird  $\vee$  vorgeschlagen. Somit kann eine ODER-Funktion, wie folgt, ausgedrückt werden:

$$A = E_1 \vee E_2 \vee E_3 \dots \text{ oder allgemein}$$

$$x = a \vee b \vee c \dots$$

Werden die Variablen  $E_1 \dots$  oder  $a \dots$  durch die Konstanten 0, 1 bzw. O, L ersetzt, erhält man folgende Gleichungen:

$$O \vee O = O$$

$$O \vee L = L$$

$$L \vee O = L$$

$$L \vee L = L$$

**3 NICHT-Funktion (Negation, Inversion)**

**3.1 Definition**

Bei der NICHT-Funktion (Bild 7) wird die Wertung der Eingangsvariablen am Ausgang umgekehrt. Ist also die Ein-

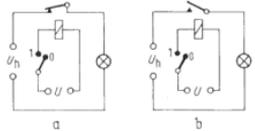


gangsvariable eine 0, entsteht am Ausgang A eine 1 und umgekehrt.

**3.2 Erläuterung**

Die NICHT-Funktion kann man sich mit Hilfe eines Relais mit Ruhkontakt deutlich machen (Bild 8). In Bild 8a (Relais mit Ruhkontakt) leuchtet die Lampe (Wertung 1), wenn keine

Bild 8. Darstellung der NICHT-Funktion durch ein Relais mit Ruhkontakt (Bild 8a). Bild 8b zeigt – als Gegensatz – ein Relais mit Arbeitskontakt



Spannung am Relais liegt (Wertung 0). Im Gegensatz dazu leuchtet in Bild 8b (Relais mit Arbeitskontakt) die Lampe (Wertung 1), wenn Spannung am Relais liegt (Wertung 1).

**3.3 Beispiel für den Aufbau einer NICHT-Schaltung**

Jeder Transistor in Emitterschaltung erzeugt eine Umkehr der Phasenlage (Bild 9).

Schalterstellung 0 gibt am Ausgang  $U_A = 12 \text{ V}$  (Wertung 1, (Transistor gesperrt))  
Schalterstellung 1 gibt am Ausgang  $U_A = 0 \text{ V}$  (Wertung 0) (Transistor leitend)

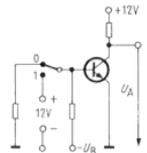


Bild 9. Inversion des Signals in einer Emitterschaltung

**3.4 Funktionstabelle**

E	A
0	1
1	0

**3.5 Darstellung in der Schaltalgebra**

Die Negation wird durch überstreichen kenntlich gemacht. Die Negation von a ist also  $\bar{a}$ . Daneben existiert noch die Schreibweise  $\bar{\bar{a}}$ .

$$\bar{O} = L$$

$$\bar{L} = O$$

**4 NAND-Funktion (Negierte Konjunktion) (NAND = NOT + AND)**

**4.1 Definition**

Die NAND-Funktion (Bild 10) ist die Umkehrung der UND-Funktion; anders ausgedrückt, sie ist zusammengesetzt aus



einer UND-Funktion und nachfolgender NICHT-Funktion. Bei der NAND-Funktion entsteht also am Ausgang nur dann die 0, wenn alle Eingangsvariablen gleich 1 sind.

4.2 Erläuterung

Bild 11 zeigt zwei parallel geschaltete Ruhekontakte. Haben  $E_1$  und  $E_2$  die Wertung 1, d. h. beide Relais sind stromdurch-

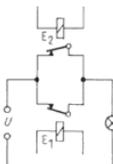


Bild 11. Darstellung der NAND-Funktion durch parallel geschaltete Ruhekontakte

flossen, dann unterbrechen die beiden Ruhekontakte je einen der Parallelzweige, und die Lampe brennt nicht (Wertung 0).

4.3 Beispiel für den Aufbau eines NAND-Gliedes

An der Ausgangsklemme A der NAND-Schaltung (Bild 12) erscheint nur dann die Spannung  $\approx 0$  (Wertung 0), wenn an

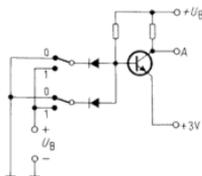


Bild 12. Transistorschaltung für ein NAND-Glied

allen Eingangsklemmen die Spannung  $+U_B$  liegt, wenn also alle Schalter auf 1 geschaltet sind.

4.4 Funktionstabelle

$E_1$	$E_2$	A
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

4.5 Darstellung in der Schaltalgebra

$$A = \overline{E_1 \wedge E_2} = E_1 \overline{\wedge} E_2 \quad \text{und allgemein}$$

$$x = \overline{a \cdot b \cdot c} = a \overline{\wedge} b \overline{\wedge} c$$

Damit erhält man für die Konstanten 0 und L die Gleichungen:

$$0 \overline{\wedge} 0 = L$$

$$0 \overline{\wedge} L = L$$

$$L \overline{\wedge} 0 = L$$

$$L \overline{\wedge} L = 0$$

5 NOR-Funktion (Negierte Disjunktion) (NOR = NOT + OR)

5.1 Definition

Die NOR-Funktion (Bild 13) ist die Umkehrung der OR-Funktion. Bei der NOR-Funktion entsteht demnach schon dann am Ausgang die 0, wenn nur eine der Eingangsvariablen gleich 1 ist.



Bild 13. Schaltzeichen für ein ODER-NICHT-, NOR-Glied (DIN 40 709 Bl. 14)

5.2 Erläuterung

Bild 14 zeigt zwei in Serie geschaltete Ruhekontakte. Hat  $E_1$  oder  $E_2$  die Wertung 1, d. h. eines der beiden Relais ist stromdurchflossen, dann unterbricht dessen Ruhekontakt den Serienkreis, und die Lampe erlischt (Wertung 0).

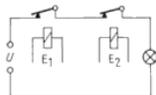


Bild 14. Darstellung einer NOR-Funktion durch in Serie geschaltete Ruhekontakte

5.3 Beispiel für den Aufbau einer NOR-Schaltung

An der Ausgangsklemme A der NOR-Schaltung (Bild 15) erscheint die Spannung  $\approx 0$  (Wertung 0), wenn nur an einer Eingangsklemme die Spannung  $+U_B$  liegt, wenn also wenigstens ein Schalter in Stellung 1 gebracht ist.

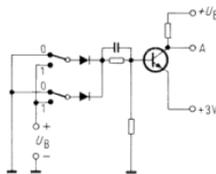


Bild 15. Transistorschaltung für ein NOR-Glied

5.4 Funktionstabelle

$E_1$	$E_2$	A
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

5.5 Darstellung in der Schaltalgebra

$$A = E_1 \vee E_2 = E_1 \vee E_2 \quad \text{und allgemein}$$

$$x = a \vee b \vee c = a \vee b \vee c$$

Für die Konstanten 0 und L gelten die Gleichungen:

$$0 \vee 0 = L$$

$$0 \vee L = L$$

$$L \vee 0 = L$$

$$L \vee L = L$$

6 Dualität der UND/ODER-Glieder

6.1 Signalspannungsbereiche

Wie in den vorhergehenden Abschnitten gezeigt, werden die beiden logischen Signale {0, 1 oder O, L} durch zwei verschiedene Spannungsniveaus dargestellt. Dem einen Signal wurde der Spannungswert 0, dem anderen der Spannungswert  $+U_B$  zugeordnet. Bereits in den Abschn. 1.3 und 2.3 wurde deutlich gemacht, daß dies nur eine für den speziellen Fall gültige Annahme ist.

a) Wegen der inneren Widerstände wird weder der Wert 0, noch der Wert  $+U_B$  genau wiedergegeben. Man muß den beiden Zuständen Toleranzbereiche zuordnen (Bild 16).

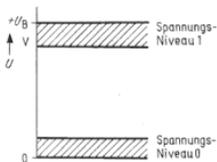


Bild 16. Toleranzbereiche der beiden Zustände oder Spannungsniveaus 0 und 1

b) Die bisher angewendete Zuordnung

1 oder L → + U<sub>B</sub>  
 0 oder O → 0 V

ist willkürlich. Man muß also generell zwei Zuordnungen in Betracht ziehen:

Zuordnung a

Das logische Signal O korrespondiert mit dem Spannungsniveau 0 V,  
 das logische Signal L korrespondiert mit dem Spannungsniveau + U<sub>B</sub>.

In diesem Fall spricht man von „positiver“ Logik, da das L-Signal vom O-Signal aus in positiver Richtung liegt.

Zuordnung b

Logisches Signal O → + U<sub>B</sub>  
 Logisches Signal L → 0 V

Hier spricht man von „negativer“ Logik, da das L-Signal vom O-Signal aus in negativer Richtung liegt.

c) In letzter Zeit ist zu den erwähnten Bezeichnungen der Spannungsbereiche eine neue mit den Buchstaben H und L.

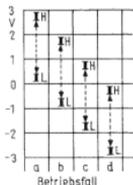


Bild 17. Gegenseitige Lage von H- und L-Bereich für verschiedene Betriebsfälle

(high und low level) hinzugekommen (Bild 17). Wichtig ist, daß durch H und L die Spannungswerte, und nicht die Spannungsbeträge wiedergegeben werden. H bezeichnet also im algebraischen Sinn den höheren Spannungsbereich. Beispiel aus Bild 17: L ≙ 2,8 V; H ≙ -0,3 V.

6.2 Der Einfluß der beiden Zuordnungen

O ≙ 0 V                      O ≙ + U<sub>B</sub>  
 L ≙ + U<sub>B</sub>                  L ≙ 0 V  
 (Bild 18)                      (Bild 19)

Die Schaltung (Bild 18) stellt – unter Voraussetzung positiver Logik (s. Abschn. 1.3) – ein UND-Glied dar. Bei O-Signalen ergibt sich am Ausgang, da die jeweilige Diode leitend ist, ein O-Signal. Nur, wenn an beiden Eingängen ein L-Signal anliegt, entsteht am Ausgang ein L-Signal. Es handelt sich also um ein UND-Glied, s. a. die Funktionstabelle.

Bild 19 zeigt die gleiche Schaltung, also das gleiche Gatter, aber in negativer Logik. Bei O-Signalen sind die Dioden ge-

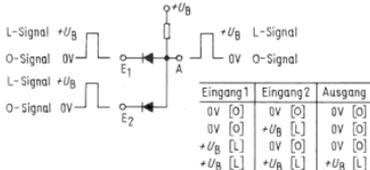


Bild 18. Das Gatter von Bild 3, in positiver Logik betrieben; 0 V ≙ O und die zugeordnete Funktionstabelle

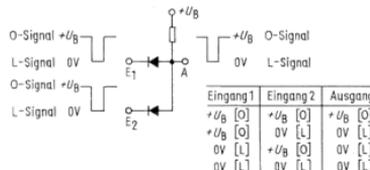


Bild 19. Das Gatter von Bild 3, in negativer Logik betrieben; 0 V ≙ L und die zugeordnete Funktionstabelle

sperrt, am Ausgang entsteht das O-Signal. Wird nur eine der Dioden leitend (L-Signal), tritt am Ausgang das L-Signal auf. In diesem Fall, negative Logik, wirkt also die gleiche Schal-

tung als ODER-Glied/Gatter. Die in Bild 18 und 19 gezeigte Schaltung läuft also unter den Bezeichnungen:

- positives UND-Gatter,
- negatives ODER-Gatter,
- UND-Gatter (positive Logik),
- ODER-Gatter (negative Logik),
- UND/ODER-Gatter,

wobei für den ersten Ausdruck „UND“ die positive Logik, für den zweiten „ODER“ die negative Logik zugrunde zu legen ist.

Um die Ausdrücke „positive und negative Logik“ zu vermeiden, ist vorgeschlagen worden [1], diese Gatter oder Grundverknüpfungsschaltungen durch ein vorgesetztes „H“ oder „L“ zu kennzeichnen. Dann bedeutet:

Bei einer H-UND-Schaltung (≙ UND/ODER-Schaltung) entsteht nur dann eine Spannung im H-Bereich, wenn an allen Eingängen das Signal im H-Bereich liegt (Bild 18);

Bei einer L-UND-Schaltung (≙ ODER/UND-Schaltung) liegt schon dann die Ausgangsspannung im H-Bereich, wenn wenigstens an einem der Eingänge das Signal im H-Bereich liegt.

Wegen der Dualität benötigt man nur vier Grundschaltungen:

- UND/ODER                      ≙    H-UND
- ODER/UND                     ≙    L-UND
- NAND/NOR                    ≙    H-NAND
- NOR/NAND                    ≙    L-NAND

Literatur

- [1] Telefonken-Fachbuch: Digitale integrierte Schaltungen. Ellitera-Verlag, Berlin.
- [2] Limann, O.: Elektronik ohne Ballast. Franzis-Verlag, München.
- [3] Altes, J. Ph. K., und Schanz, G. W.: Logische Schaltungen mit Transistoren. Philips Taschenbücher, Deutsche Philips-GmbH, Hamburg.
- [4] Dokter, F., und Steinhöner, J.: Digitale Elektronik in der Meßtechnik und Datenverarbeitung. Band 1. Philips Fachbücher, Deutsche Philips-GmbH, Hamburg.
- [5] Wolf, G.: Digitale Elektronik. Franzis-Verlag, München.