

11 Anhang

11.1 Schaltsymbole in der Digitaltechnik

In diesem Kapitel erfolgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Begriffe und Symbolzeichen, die nach DIN 40900 Teil 12 zur Kennzeichnung digitaler Schaltungen eingesetzt werden. Die hier verwendete gekürzte Form ist nicht vollständig und kann nicht als DIN-Ersatz gelten.

11.1.1 Funktionsblöcke

Zur Darstellung digitaler Schaltsymbole verwendet man Funktionsblöcke mit Kennzeichnung der logischen Funktion. Die Grundform des Elementarblockes ist ein Rechteck mit beliebigem Seitenverhältnis (Abb. 11.1 a). Weiterhin setzt man in der Symbolik den Steuer- und den Ausgangsblock ein (Abb. 11.1 b und 11.1 c).

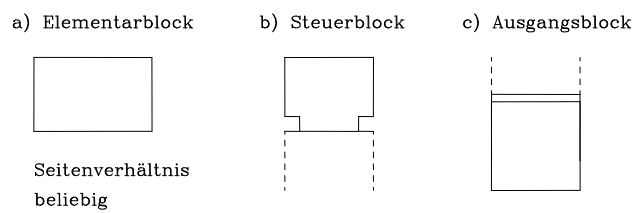


Abb. 11.1 Konturlinien der drei möglichen Blockformen

Mit Hilfe von Beschreibungsfeldern werden die logischen Funktionen gekennzeichnet (Abb. 11.2). Die allgemeine Funktion wird im Blockbeschreibungsfeld festgelegt. Für die Ein- und Ausgänge verwendet man interne und externe Signalbeschreibungsfelder.

Ohne weitere Kennzeichnung wird immer ein Signalfluss von links nach rechts angenommen. Somit befinden sich die Eingangssignale auf der linken Seite und die Ausgangssignale auf der rechten Seite des Funktionsblockes. Jede hiervon abweichende Richtung muss durch Signalflusspfeile gekennzeichnet werden.

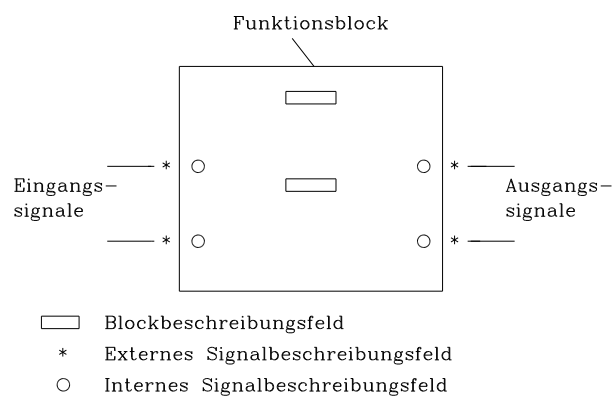


Abb. 11.2 Funktionsblock mit Kennzeichnung der Beschreibungsfelder

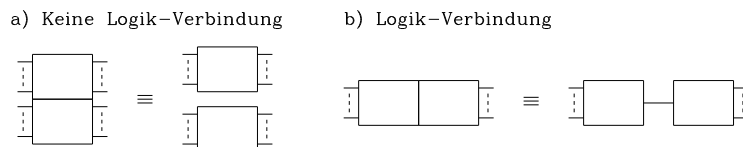


Abb. 11.3 Kombinationen der Elementarblöcke

Für die Kombination der Elementarblöcke gilt folgende Vereinbarung:

Sind die Blöcke übereinander angeordnet (Abb. 11.3 a), so besteht keine funktionelle Verbindung zwischen den benachbarten Blöcken. Blöcke, die nebeneinander angeordnet sind, haben wenigstens eine funktionelle Verbindung (Abb. 11.3 b). Sollen im Fall b) mehrere logische Verbindungen gekennzeichnet werden, so verwendet man zusätzlich die Symbole für internen Ein- und Ausgang (Tabelle 11.2).

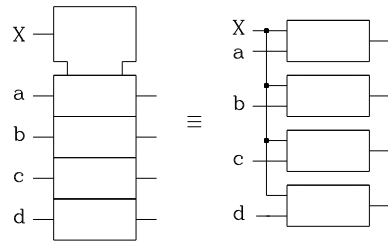


Abb. 11.4 Kombination des Steuerblocks mit Elementarblöcken

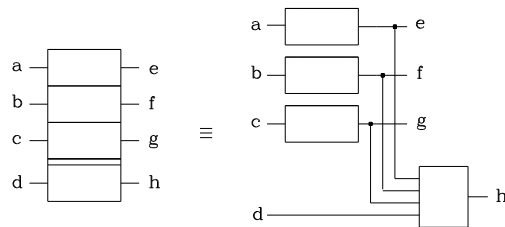





Abb. 11.5 Kombination des Ausgangsblocks mit Elementarblöcken

Werden mehrere Blöcke von einer Variablen gesteuert, so kann zur Kennzeichnung auch der Steuerblock herangezogen werden (Abb. 11.4). Zusätzlich wird über die Abhängigkeitsnotation die Art der logischen Abhängigkeit festgelegt (Kap. 11.1.3).

Ist ein Ausgang von allen Elementen einer Schaltung abhängig, so kann zur Darstellung der Ausgangsblock verwendet werden (Abb. 11.1 und 11.5). Der Ausgangsblock befindet sich entweder am unteren Ende einer Anordnung oder im Steuerblock.

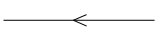

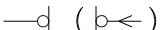
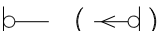
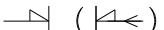
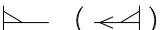
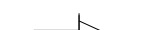
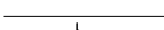

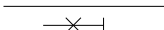

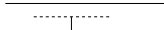
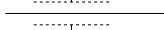
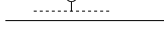
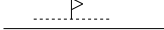

Tabelle 11.1 Das Blockbeschreibungsfeld

Symbol	Beschreibung
&	UND
≥ 1	ODER
$\neq 1$	Exklusiv-ODER
=	Äquivalenz
$2k$	Eine gerade Anzahl von Eingängen muß gleichzeitig aktiv sein.
$2k+1$	Eine ungerade Anzahl von Eingängen muß gleichzeitig aktiv sein.
1	Eingang aktiv
$\triangleright (\triangleleft)$	Treiber (Buffer)
\sqcap	Schmitttrigger, Element mit Hysterese
X / Y	Codeumsetzer
MUX	Multiplexer
DX, DMUX	Demultiplexer
Σ / P-Q	Addierer / Subtrahierer
Π	Multiplizierer
COMP	Größenvergleich, Komparator
ALU	Arithmetisch Logische Einheit
	Monostabile Kippstufe, Monoflop
	Retriggerbare monostabile Kippstufe
	Astabile Kippstufe, Rechteckgenerator
SRG m	Schieberegister, m = Anzahl der Bits
CTR m	Zähler, m = Anzahl der Bits, Zykluslänge = 2^m
RCTR m	Asynchronzähler, m = Anzahl der Bits
CTRDIV m	Zähler, Zykluslänge = m
RAM	Random Access Memory, Schreib-/Lesespeicher
ROM	Read Only Memory, Festwertspeicher
FIFO	First-In-First-Out-Speicher

11.1.2 Beschreibungsfelder

Im Blockbeschreibungsfeld wird die Funktion des Blockes gekennzeichnet. In der Tabelle 11.1 sind häufig verwendete Symbole angegeben, und in der Tabelle 11.2 sind die zur Kennzeichnung der Ein- und Ausgangssignale außerhalb des Funktionsblockes häufig verwendeten Symbole dargestellt.

Tabelle 11.2: Externes Signalbeschreibungsfeld

Symbol	Beschreibung
	Signalrichtung von rechts nach links
	Bidirektionaler Signalfluß
	Logische Negation am Eingang (extern 0 erzeugt intern 1)
	Logische Negation am Ausgang (intern 1 erzeugt extern 0)
	Logik-Polarität am Eingang (extern L erzeugt intern 1)
	Logik-Polarität am Ausgang (intern 0 erzeugt extern H)
	Dynamischer Eingang: Der externe Übergang von 0 nach 1 erzeugt intern den (flüchtigen) 1-Zustand. Bei Verwendung der Logikpolarität wird beim externen Übergang von L- nach H-Pegel der (flüchtige) 1-Zustand intern erzielt.
	Dynamischer Eingang: Der externe Übergang von 1 nach 0 erzeugt intern den (flüchtigen) 1-Zustand.
	Dynamischer Eingang: Der externe Übergang von H- nach L-Pegel bewirkt intern den (flüchtigen) 1-Zustand.
	Kein Logikeingang
	Analogeingang
	Interne Verbindung (1 links bewirkt 1 rechts)
	Negierte interne Verbindung (1 links bewirkt 0 rechts)
	Dynamische interne Verbindung (auch negiert möglich)
	Interner Eingang (1-Zustand oder steuerbar)
	Interner Ausgang: Seine Wirkung auf Eingänge muß über die Abhängigkeitsnotation gekennzeichnet werden.

In der Tabelle 11.3 sind die Symbole zur Kennzeichnung der Ein- und Ausgänge innerhalb des Funktionsblockes dargestellt.

Tabelle 11.3 Internes Signalbeschreibungsfeld

Symbol	Beschreibung
$\dashv \Upsilon$	Eingang mit zwei Schwellwerten, Schmitttrigger-Eingang
$\dashv \lrcorner$	Retardierter Ausgang: Der Ausgang ändert erst seinen Logik-Zustand, wenn der verursachende Eingang seinen ursprünglichen Zustand wieder erreicht hat.
$\diamond \dashv$	Offener Ausgang (L-Typ), z.B. offener Kollektor eines npn-Transist.
$\diamond \dashv$	Offener Ausgang (H-Typ), z.B. offener Emitter eines npn-Transistors
$\nabla \dashv$	Three-State-Ausgang: Im 3. Zustand ist der Ausgang hochohmig.
$\triangleright \dashv$	Ausgang mit erhöhter Treiberleistung
$\dashv E$	Erweiterungseingang: In Verbindung mit einem Erweiterungsausgang kann die Anzahl der Eingänge erhöht werden.
$E \dashv$	Erweiterungsausgang: Er wird mit dem Erweiterungseingang verbunden.
$\dashv EN$	Freigabe-Eingang: EN = 1 --> Ausgang aktiv. EN = 0 --> deaktiv (3-State-Ausgang ist hochohmig, der Transistor des offenen Ausgangs gesperrt, 0-Zustand an anderen Ausgängen).
$\dashv *$	* = D, J, K, R, S oder T: Flipflopeingänge (s. Kap.4). Zusätzlich wird D für Daten- und R für Rücksetzeingang verwendet.
$\dashv \rightarrow m$	Schiebeeingang, vorwärts (links nach rechts oder oben nach unten). 1-Zustand: Registerinhalt wird um m Stellen vorwärts geschoben.
$\dashv \leftarrow m$	Schiebeeingang rückwärts (rechts nach links oder unten nach oben). 1-Zustand: Registerinhalt wird um m Stellen rückwärts geschoben.
$\dashv +m$	Zähleingang, vorwärts: Für "1" wird der Zählerinhalt um m erhöht.
$\dashv -m$	Zähleingang, rückwärts: Für "1" wird der Inhalt um m erniedrigt.
$\dashv CT=m$	Inhaltsetzender Eingang: Für "1" wird der Inhalt auf m gesetzt.
$CT=m \dashv$	Der Ausgang wird durch angegebenen Wert aktiviert.
$\left. \begin{array}{c} \dashv 0 \\ \vdots \\ \dashv m \end{array} \right\}$	Binäre Signalgruppe, m = höchste Zweierwertigkeit.

11.1.3 Abhängigkeitsnotation

In der Abhängigkeitsnotation wird die Abhängigkeit der Ein- und Ausgänge von anderen Ein- und Ausgängen vereinbart. Man unterscheidet zwischen steuerndem und gesteuertem Eingang bzw. Ausgang. Der gesteuerte Eingang (Ausgang) kann auch gleichzeitig steuernder sein. In der Norm sind zehn verschiedene Arten der Abhängigkeit festgelegt (s. Tabelle 11.4).

Tabelle 11.4 Übersicht über genormte Abhängigkeitsarten

Symbol	Art der Abhängigkeit	Steuernder Eingang (Ausgang) im 1-Zustand	Steuernder Eingang (Ausgang) im 0-Zustand
A	Adressen	Adresse selektiert	Adresse nicht selektiert
C	Steuerung	Erlaubt Aktion	Verhindert Aktion
EN	Freigabe	Ausgang aktiv	Ausgang deaktiv
G	UND	Erlaubt Aktion	Erzwingt 0-Zustand
M	Mode	Mode selektiert	Mode nicht selektiert
N	Negation	Negiert Zustand	Keine Auswirkung
R	Rücksetzen	Gesteuerter Ausgang wird 0, unabhängig von S	Keine Auswirkung
S	Setzen	Gesteuerter Ausgang wird 1, unabhängig von R	Keine Auswirkung
V	ODER	Erzwingt 1-Zustand	Erlaubt Aktion
Z	Verbindung	Erzwingt 1-Zustand	Erzwingt 0-Zustand

Die Abhängigkeiten werden durch Buchstaben abgekürzt. Der entsprechende Buchstabe steht neben dem Ein- oder Ausgang innerhalb des Funktionsblockes. Bei einem steuernden Ein- oder Ausgang setzt man eine Identifikationsnummer hinter die Abkürzung. Der gesteuerte Ein- oder Ausgang wird im Innern des Funktionsblockes mit der gleichen Identifikationsnummer m gekennzeichnet. Enthält der Eingang ein Symbol nach Tabelle 11.3, so steht die Identifikationsnummer vor dem Symbol. Soll der negierte Logik-Zustand steuern, dann wird die Identifikationsnummer durch Überstreichen negiert. Dadurch ist eine eindeutige Kennzeichnung der Abhängigkeiten möglich. Falls ein Eingang (Ausgang) von mehreren anderen Ein- oder Ausgängen gesteuert wird, werden die Identifikationsnummern durch Kommata getrennt angegeben. Weiterhin wird auch das Symbol "/" zur Kennzeichnung bei mehrfacher Abhängigkeit verwendet.

11.1.3.1 UND-Abhängigkeit (G)

Eine häufig verwendete logische Verknüpfung ist die UND-Verknüpfung, die durch das bekannte Symbol "&" (Tabelle 11.1) dargestellt werden kann. Die Abhängigkeitsnotation ermöglicht eine weitere sehr kompakte Form der Kennzeichnung für UND-Abhängigkeit bestimmter Ein- und Ausgänge. Als Symbol wird der Buchstabe G innerhalb des Funktionsblockes verwendet. In Abb. 11.6 ist ein Beispiel für die UND-Abhängigkeit gegeben. Der Eingang a steuert die Eingänge b und c, jedoch nicht den Eingang d. Da die Identifikationsnummer 1 am Eingang c negiert ist, wird der steuernde Eingang in der UND-Verknüpfung ebenfalls negiert. Eine gleichwertige digitale Schaltung mit UND-Gattern ist in Abb. 11.6 ebenfalls dargestellt.

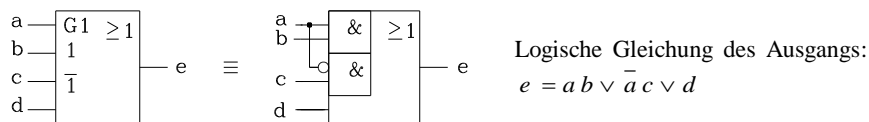


Abb. 11.6 Beispiel für die UND-Abhängigkeit (G)

11.1.3.2 ODER-Abhängigkeit (V)

Für die ODER-Abhängigkeit steht der Buchstabe V. In dem Beispiel (Abb. 11.7) steuert der negierte Ausgang e das Ergebnis der UND-Verknüpfung von c und d.

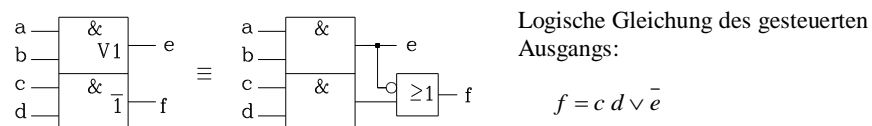


Abb. 11.7 Beispiel für die ODER-Abhängigkeit (V)

11.1.3.3 Negations-Abhängigkeit (N)

Für die Negations-Abhängigkeit wird das Symbol N verwendet. Falls der steuernde Ein- bzw. Ausgang aktiv (1-Zustand) ist, wird die gesteuerte Größe negiert, an-

derfalls (0-Zustand) nicht. Diese Abhängigkeit entspricht der bekannten Exklusiv-ODER-Verknüpfung. Im Beispiel (Abb. 11.8) wird der Eingang d durch den Eingang c gesteuert.

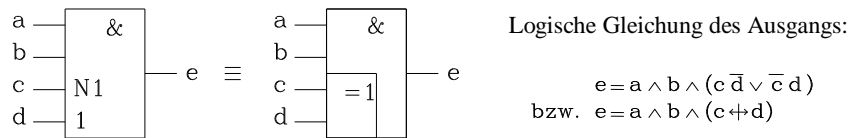


Abb. 11.8 Beispiel für die Abhängigkeit Negation (N)

11.1.3.4 Verbindungs-Abhängigkeit (Z)

Das Symbol für die Verbindungs-Abhängigkeit ist der Buchstabe Z. Durch diese Abhängigkeit wird eine direkte logische Verbindung zwischen dem steuernden Eingang (Ausgang) und den gesteuerten Ein- und Ausgängen gekennzeichnet. In einem Beispiel wird die logische Verbindung zwischen dem Eingang c und dem Ausgang e ($e = c$) durch Z gekennzeichnet. In einer äquivalenten Schaltung wird die direkte logische Verbindung separat dargestellt, während die nichtgesteuerten Eingänge a und b gemäß Schaltsymbol disjunktiv verknüpft (verodert) werden.

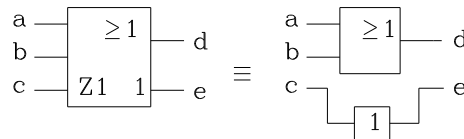


Abb. 11.9 Beispiel für die Verbindungs-Abhängigkeit (Z)

11.1.3.5 Setz- und Rücksetz-Abhängigkeit (S, R)

Das Symbol für Setzen ist der Buchstabe S und für Rücksetzen R. Diese Abhängigkeitsnotation wird häufig in Verbindung mit Flipflops, Zählern und Schieberegistern verwendet.

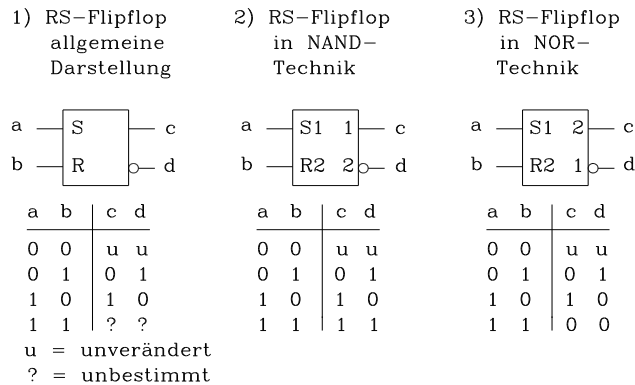


Abb. 11.10 Beispiel für die Setz- und Rücksetz-Abhängigkeit (S, R)

Alle mit m gekennzeichneten Ausgänge nehmen unabhängig von R den 1-Zustand an, falls $S_m = 1$ ist. Wird $R_m = 1$, so werden unabhängig von S alle mit m gekennzeichneten Ausgänge "0" (negierte Ausgänge werden "1").

Mit der Setz- und Rücksetzabhängigkeit lässt sich auch das unterschiedliche Ausgangsverhalten eines RS-Flipflops in NAND- und NOR-Technik (Kap. 4.2.3.1) für den Sonderfall $S = R = 1$ eindeutig kennzeichnen (Abb. 11.10).

11.1.3.6 Steuer-Abhängigkeit (C)

Das Symbol für die Abhängigkeit *Steuerung* ist der Buchstabe C. Man verwendet es in Verbindung mit speichernden Schaltungen (z.B. Flipflop, Zähler, RAM). Der Steuereingang C gibt die Dateneingänge (D, S, R, J, K, T) frei oder sperrt sie.

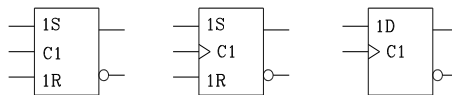


Abb. 11.11 Beispiele für die Steuer-Abhängigkeit (C)

Man unterscheidet hierbei zwischen statischer Steuerung (1-Zustand) und dynamischer Steuerung (Übergang von 0 nach 1). Das zustandsgesteuerte RS-Flipflop ist ein Beispiel für statische Steuerung und das flankengesteuerte RS- und D-Flipflop sind Beispiele für dynamische Steuerung (Abb. 11.11).

11.1.3.7 Freigabe-Abhängigkeit (EN)

Für die Freigabe-Abhängigkeit wird das Symbol EN verwendet. Die Bedeutung von EN ist schon in Tabelle 11.3 erklärt worden. Mit Hilfe der Abhängigkeitsnotation ist es möglich, einzelne Ausgänge über die Identifikationsnummer freizugeben oder zu sperren.

In einem Beispiel (Abb. 11.12) werden die Three-State-Ausgänge b und c vom Eingang a gesteuert. Für $a = 1$ ist der Ausgang b freigegeben und c gesperrt, während für $a = 0$ der Ausgang c freigegeben und b gesperrt ist.

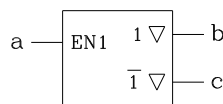


Abb. 11.12 Beispiel für die Freigabe-Abhängigkeit

11.1.3.8 Mode-Abhängigkeit (M)

Das Symbol für die Mode-Abhängigkeit ist der Buchstabe M. In Verbindung mit einer Identifikationsnummer kennzeichnet M die verschiedenen Betriebsarten eines Elements.

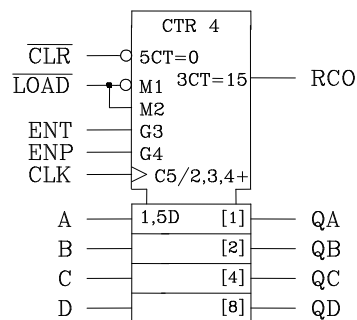
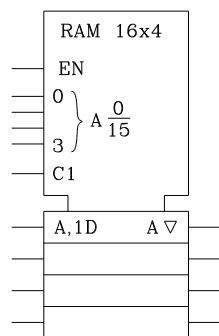


Abb. 11.13 Darstellung der Mode-Abhängigkeit am Beispiel eines programmierbaren Synchronzählers

In einem Beispiel (Abb. 11.13) wird die Mode-Abhängigkeit verwendet, um für einen synchronen Zähler die beiden Betriebsarten "zählen" und "laden" darzustellen. Der Zähler wird synchron mit der positiven Flanke des Taktes geladen, wenn M1 aktiv ist. Falls sowohl M2, G3 und G4 aktiv sind, wird der Zählerstand mit der positiven Flanke um 1 erhöht. Der Zähler kann über einen Eingang (5CT = 0) synchron auf den Zählerstand 0 rückgesetzt werden. Außerdem wird über einen gesteuerten Ausgang (3CT = 15) ein Übertrag beim Zählerstand 15 erzeugt.

11.1.3.9 Adressen-Abhängigkeit (A)

Das Symbol für die Adressen-Abhängigkeit ist der Buchstabe A. Die Adressen-Abhängigkeit dient zur Darstellung von Speicherfeldern. Dabei wird die in Speicherbausteinen übliche Wortorganisation unterstützt. Ein Speicherwort besteht aus einer Anzahl zusammengehöriger Speicherzellen (Bits), die unter einer Adresse angesprochen werden können.



Als Beispiel ist die Schaltung eines RAMs der Speicherkapazität 16 x 4 Bit dargestellt (Abb. 11.14). Die vier zu einem Wort zugehörigen Speicherzellen werden gemeinsam gesteuert von der Adresse A, dem Taktsteuereingang C1 und dem Freigabeeingang EN. Liegt am Taktsteuereingang C1 der 1-Zustand, so werden die an den Dateneingängen anstehenden Logik-Zustände unter der eingestellten Adresse abgespeichert. Für die Ausgabe der gespeicherten Information wird die gewünschte Adresse eingestellt und der Freigabe-Eingang EN aktiviert (1-Zustand).

Abb. 11.14 Beispiel für die Adressen-Abhängigkeit