

Aufgabe 4 Digitale Schaltungen

Elektronik entscheidet logisch – A und B oder nicht C?

„Die Welt von heute ist digital.“ Diesen Satz hat wahrscheinlich jeder schon mal gehört. Aber was ist eigentlich genau damit gemeint? Gemeint ist, dass man in der Welt von heute fast überall auf Dinge trifft, in denen sich digitale elektronische Schaltungen verbergen. Alltagsgegenstände wie Uhren, Telefone, Autos, ja sogar manche Turnschuhe enthalten heutzutage Mikrochips, die auf der Grundlage von Digitaltechnik funktionieren, und die von Ingenieuren oder Technikern entwickelt wurden. In dieser Aufgabe werden die Grundlagen der Digitaltechnik etwas genauer betrachtet.

Aufgabe 4a – Grundlagen digitaler Schaltungen - Logikgatter

Digitale Schaltungen stellen eine Vereinfachung gegenüber anderen Schaltungsarten dar. Bei digitalen Schaltungen wird ähnlich wie bei einem herkömmlichen (Licht-)Schalter zwischen zwei Schaltungszuständen unterschieden: ein Schalter ist geschlossen oder er ist geöffnet, d.h. es fließt Strom oder es fließt kein Strom. Diese Zustände werden in der Digitaltechnik üblicherweise durch eine 1 (Schalter geschlossen, Strom fließt) oder eine 0 (Schalter offen, kein Stromfluss) repräsentiert.

Die Schalterfunktion übernimmt bei digitalen Schaltungen ein sog. Transistor. Gruppen von Transistoren, die zusammenschaltet eine bestimmte Funktion erfüllen, bilden ein **Logikgatter**. Ein Logikgatter ist durch die Anzahl seiner Eingangs- und Ausgangssignale sowie seine Funktion vollständig bestimmt.

Beispiele für Logikgatter sind UND-Gatter, ODER-Gatter, Exklusiv-ODER-Gatter und Inverter-Gatter – die entsprechenden englischen Gatterbezeichnungen lauten AND, OR, XOR und NOT. Zur Darstellung von Logikgattern in Schaltplänen wurden spezielle graphische Symbole entwickelt.

- Gib für die einfachste Ausführung jedes der genannten Logikgatter die Anzahl der Eingänge, die Anzahl der Ausgänge, und die Funktion als Gleichung sowie in Form einer Wahrheitstabelle an. Zeichne außerdem die Schaltplansymbole der Gatter gemäß Europäischer Norm (IEC 60617-12).

Als „einfachste Ausführung“ wird im Folgenden aufgefasst, dass jenes Logikgatter mit der geringsten Anzahl an Ein- und Ausgängen gemeint ist, welches noch seine grundlegende Funktion erfüllt.

Bezeichnung		UND-Gatter (AND ₂ ¹)																
Eingänge	2 (A und B)																	
Ausgänge	1 (Y)																	
entspr. Gleichung	$Y = A \wedge B$																	
Wahrheitstabelle	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	Y	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1		
A	B	Y																
0	0	0																
1	0	0																
0	1	0																
1	1	1																
Schaltsymbol nach IEC 60617-12																		

¹ Der Index eines Gatternamens gibt die Anzahl der Eingänge an, auf die die Gatterfunktion angewendet wird.

² Das zweite Schaltsymbol jedes Gatters sei jeweils das negierte Gatter (also in diesem Falle NAND). Dies bezweckt eine Negierung des Ausgangssignals des ersten Gatters.

Bezeichnung ODER-Gatter (OR₂)

Eingänge 2 (A und B)

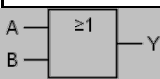
Ausgänge 1 (Y)

entspr. Gleichung $Y = A \vee B$

Wahrheitstabelle

A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Schaltsymbol nach IEC 60617-12



OR₂



NOR₂

Bezeichnung Exklusives-ODER-Gatter (XOR₂)

Eingänge 2 (A und B)

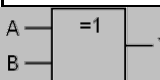
Ausgänge 1 (Y)

entspr. Gleichung $Y = A \underline{\vee} B = (A \wedge \bar{B}) \vee (\bar{A} \wedge B)$

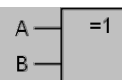
Wahrheitstabelle

A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Schaltsymbol nach IEC 60617-12



XOR₂



XNOR₂

Bezeichnung Inverter-Gatter (NOT)

Eingänge 1 (A)

Ausgänge 1 (Y)

entspr. Gleichung $Y = \bar{A}$

Wahrheitstabelle

A	Y
0	1
1	0

Schaltsymbol nach IEC 60617-12

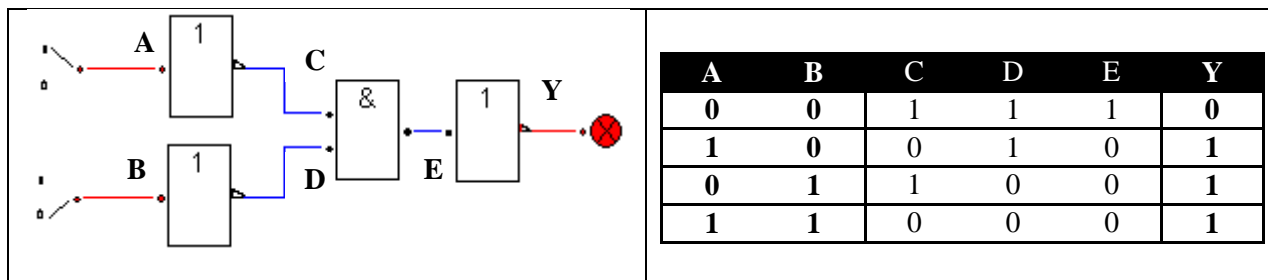


NOT

Durch geeignete Kombination von UND-, ODER-, Exklusiv-ODER- und Inverter-Gattern lassen sich beliebige digitale Schaltungen mit neuen, komplexeren Funktionen aufbauen wie beispielsweise Multiplexer, FlipFlops, Zähler, Addierer, u.v.m.

- Entwirf eine Digitalschaltung, die das Resultat einer ODER-Verknüpfung zweier Eingänge ermittelt. Als Bauteile zur Realisierung der Schaltung stehen jedoch nur UND- und Inverter-Gattern zur Verfügung.
 Zeichne einen Schaltplan Deiner Schaltung, die ausschließlich aus UND-Gattern und Invertern besteht.

Ein OR-Gatter aus UND- und Inverter-Gattern ³:



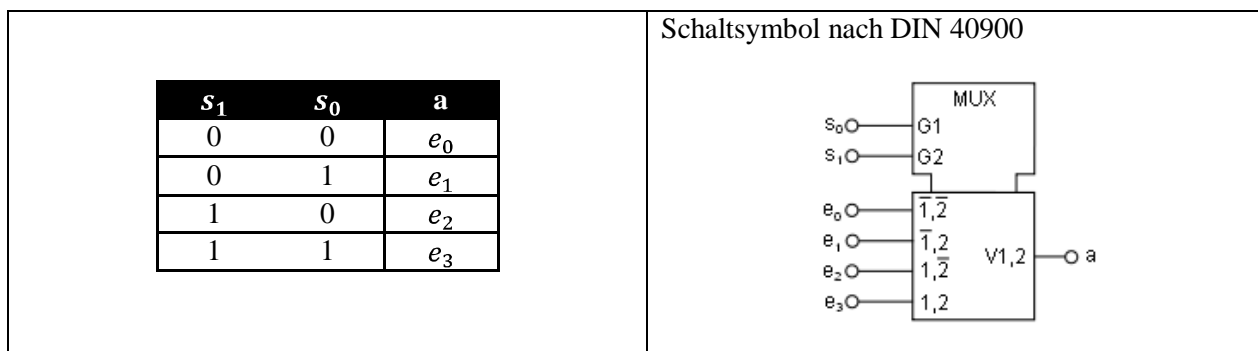
- Beschreibe die Funktion eines Zweifach-Multiplexers mit eigenen Worten. Welche Eingänge und Ausgänge besitzt dieser Funktionsblock?

Ein Multiplexer „bündelt“ alle ankommenden Signale (Eingangssignale) und leitet genau eins weiter (Ausgangssignal). Welches dieser Eingangssignale zum Ausgangssignal wird, kann über die Steuersignale geregelt werden.

Bei einem Multiplexer liegen 2^n Eingangssignale ($e_0; e_1; \dots; e_{2^n-1}$), n Steuersignale ($s_0; s_1; \dots; s_{n-1}$) und ein Ausgangssignal a an. Er besitzt also insgesamt $2^n + n$ Eingänge und einen Ausgang.

Allgemein gilt für das ausgehende Signal $a = e_{[\sum_{i=0}^{n-1} (10^i \cdot s_i)]_2}$, wobei s_i den Wert 1 hat, wenn Strom anliegt bzw. 0, wenn kein Strom anliegt.

Die Angabe vor dem Multiplexer gibt jeweils das n an. Bei einem Zweifach-Multiplexer (2-MUX) liegen also $2^2 = 4$ Eingangssignale, 2 Steuersignale und ein Ausgangssignal an – insgesamt 6 Eingänge und 1 Ausgang. Aus oben genannter Regel für das Ausgangssignal, ergibt sich für einen 2-MUX folgende Wahrheitstafel:



³ Dieser und alle weiteren logischen Schaltpläne wurden mit Digitalsimulator von Andreas Herz (www.digitalsimulator.de) erstellt. An dieser Stelle ist mir bewusst, dass diese Symbole nicht der IEC-Norm entsprechen, jedoch sind alle Gatter eindeutig erkennbar, sodass der Vorteil des schnelleren Zusammenbauens und Testens der Schaltung überwiegt.