

1 Einführung

1.1 Digitale Signale

	Analog	Digital
Heisst...		
Definition	Analoge Grössen sind physikalische Grössen, die innerhalb eines bestimmten Bereiches annehmen können.	Digitale Grössen sind physikalische Grössen, die innerhalb eines bestimmten Bereiches annehmen können.
Anzahl Werte		
Vorteile		
Nachteile		

1.2 Digitalisierung

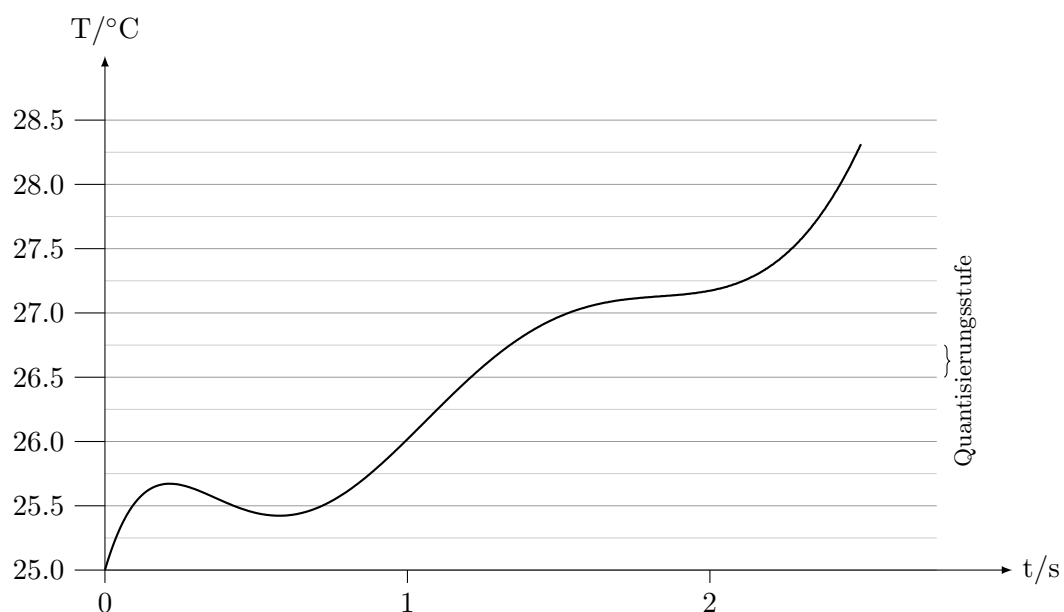


Abbildung 1.1: Temperatur Signal in analoger (–) und in digitaler (–) Form.

1.3 Binäre Logik

Alle Elemente und Zustände, die nur zwei Werte zulassen, sind zweiwertige, oder _____.

Element	Zustände

Dementsprechend wird auch eine Ziffer die nur die zwei Werte 0 oder 1 annehmen kann als binäre Ziffer (englisch binary digit) bezeichnet. Eine binäre Ziffer bildet dabei auch die kleinst mögliche Informationseinheit in der Digitaltechnik, das _____.

1.4 Positive und negative Logik

Üblicherweise wird gemäss _____ dem positiveren elektrischen Signal die logische 1 zugeordnet (siehe Abb. 1.2(a)). Sehr selten wird aber auch dem weniger positiven Signal die logische 1 zugeordnet. Dies wäre dann gemäss _____ (Abb. 1.2(b)).

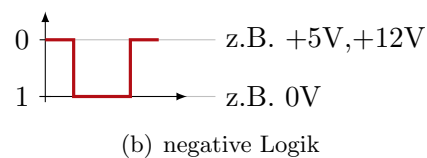
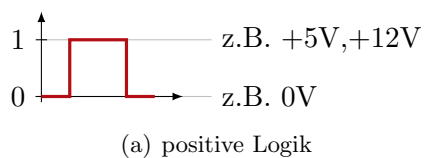
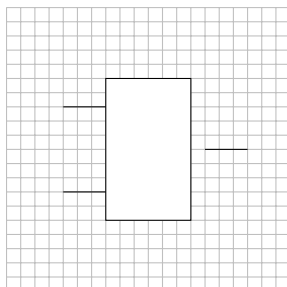


Abbildung 1.2: Positive und negative Logik.

2 Kombinatorik

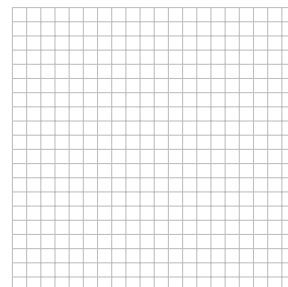
2.1 UND-Verknüpfung AND bzw. Konjunktion

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

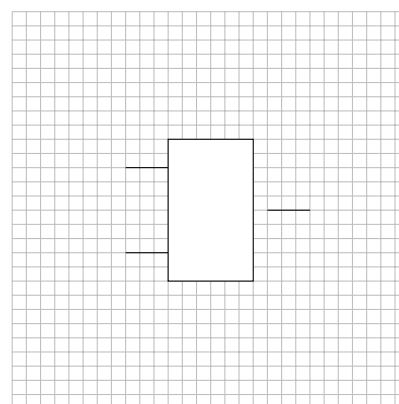
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

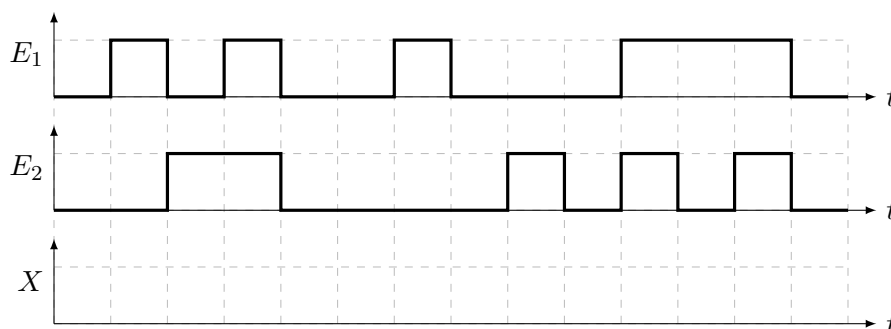
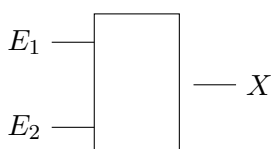
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

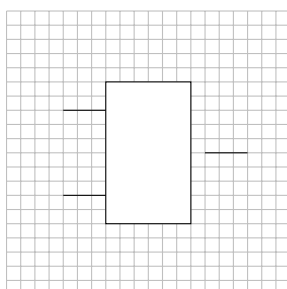
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



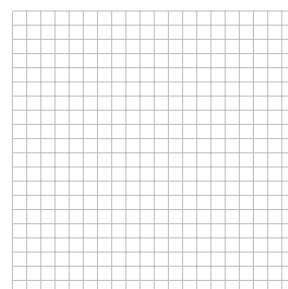
2.2 ODER-Verknüpfung OR bzw. Disjunktion

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

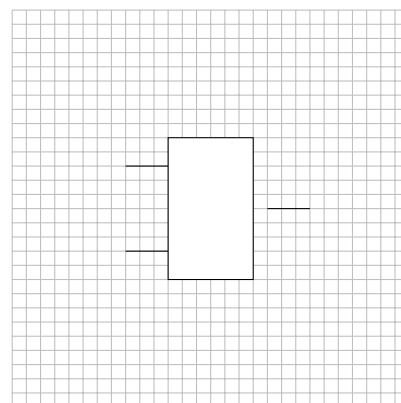
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

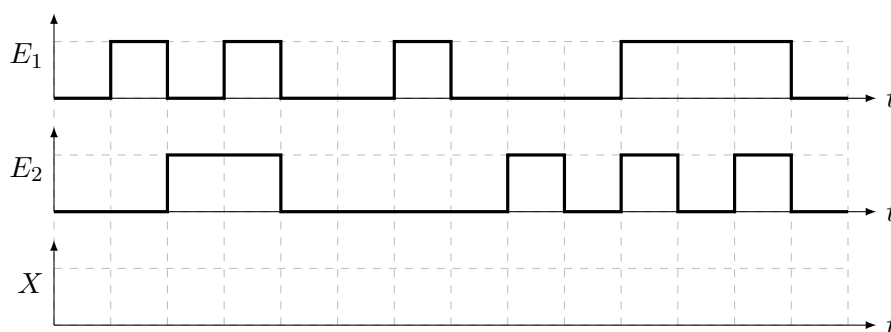
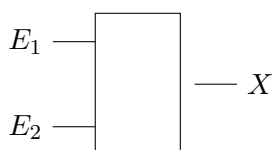
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

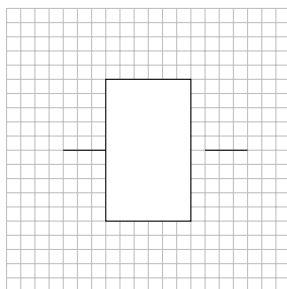
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



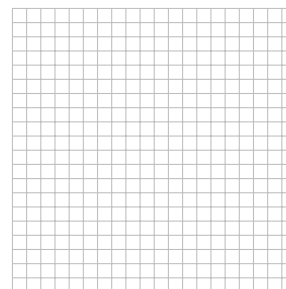
2.3 NICHT-Verknüpfung NOT

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

A	C
0	
1	

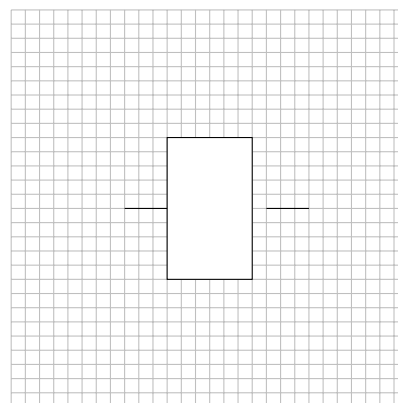
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

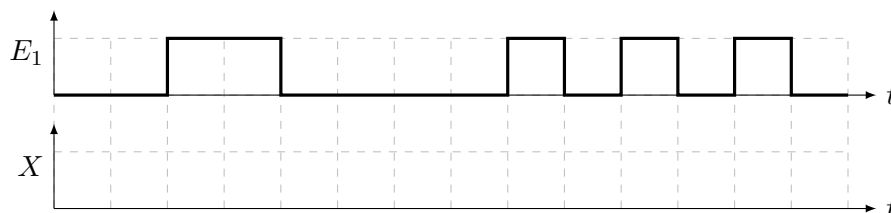
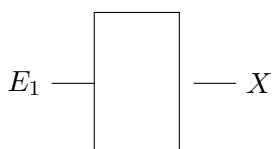
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

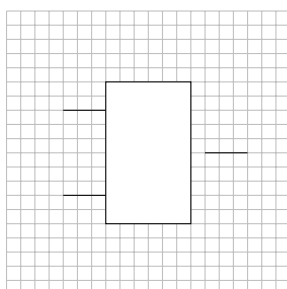
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



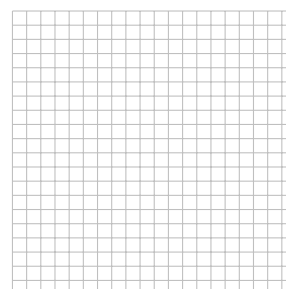
2.4 NICHT-UND-Verknüpfung NAND

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

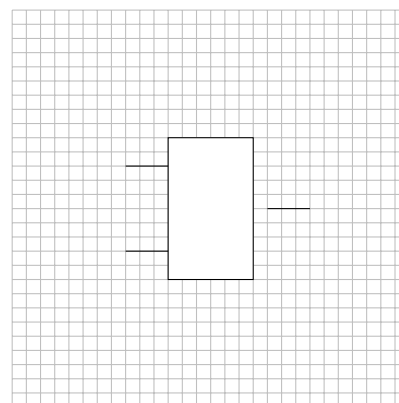
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

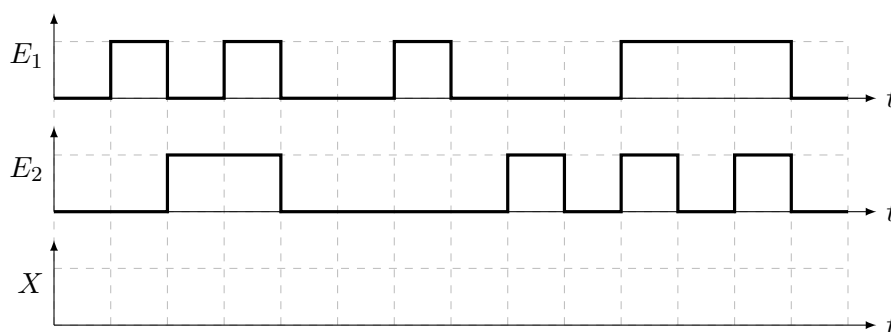
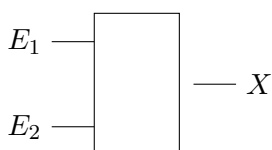
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

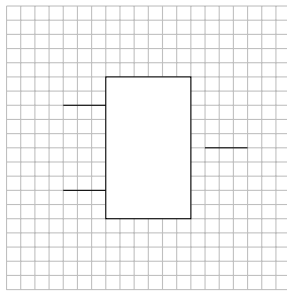
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



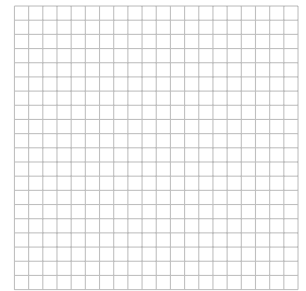
2.5 NICHT-ODER-Verknüpfung NOR

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

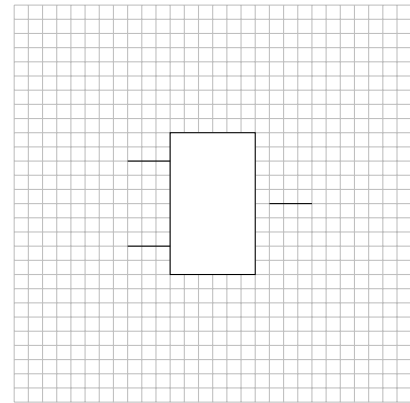
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

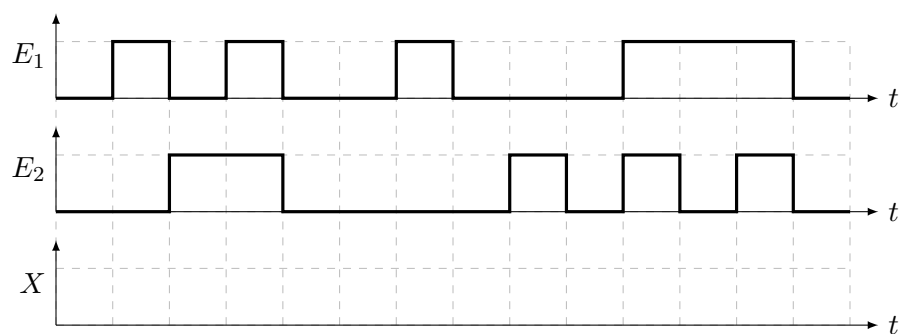
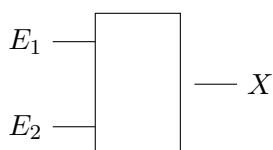
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

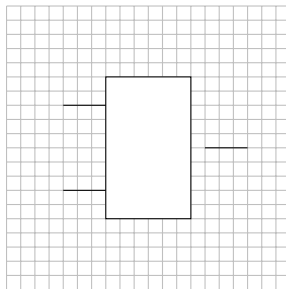
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



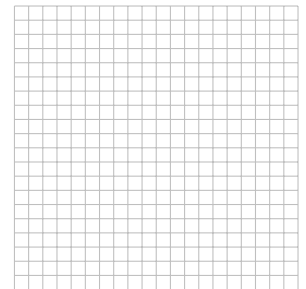
2.6 EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung EXOR

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

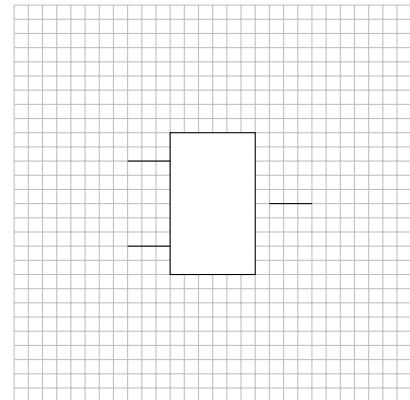
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

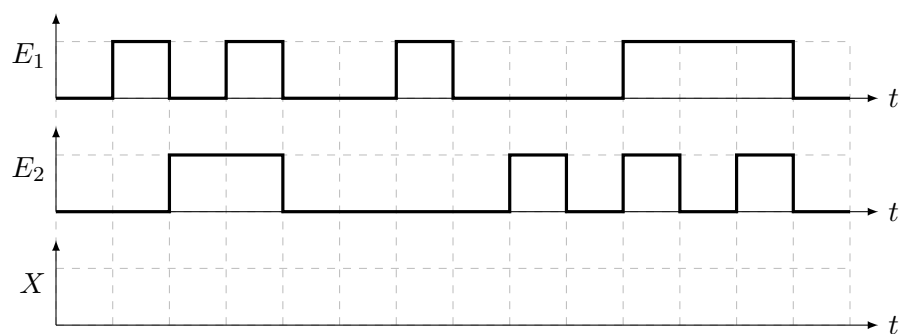
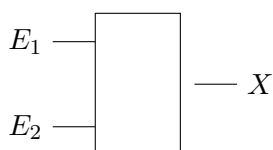
IC-Typ:



Erkenntnis in Worten:

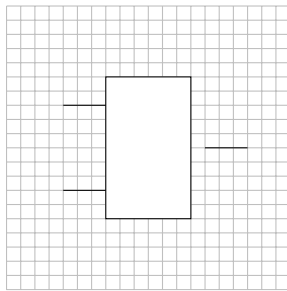
Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



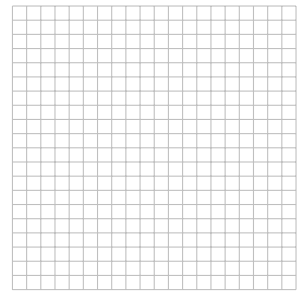
2.7 EXKLUSIV-NICHT-ODER-Verknüpfung EXNOR

Schaltzeichen

Wertetabelle
(Funktions-, Wahrheitstab.)

B	A	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

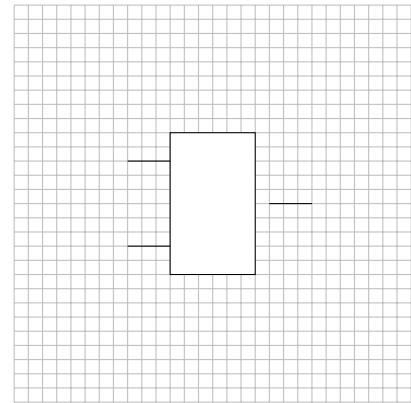
Kontaktschaltung



Testen Sie die Grundverknüpfungen am Digital-IC!

- Wie heisst der IC-Typ?
- Nummerieren Sie die verwendeten Pins.
- Beachten Sie die Speisepins!

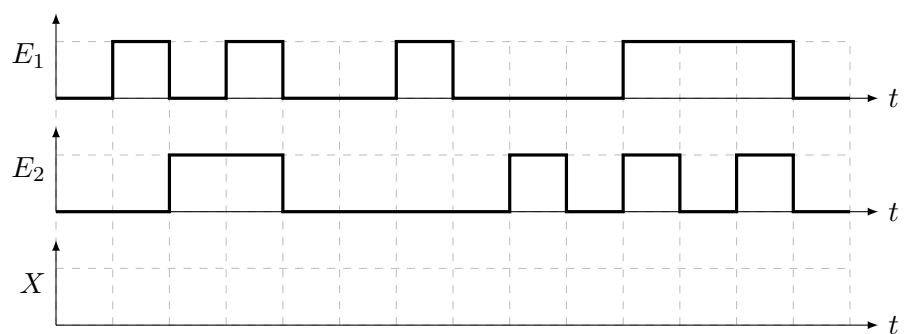
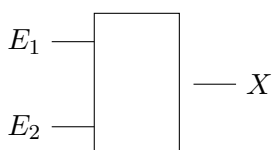
IC-Typ:



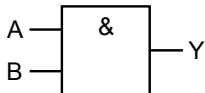

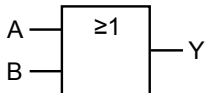
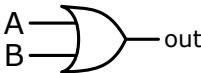
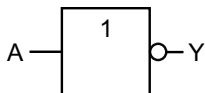
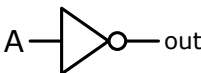
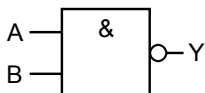

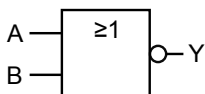
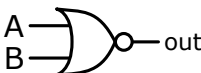
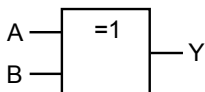
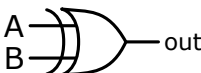
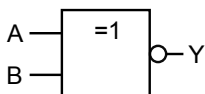
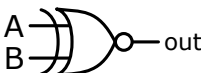
Erkenntnis in Worten:

Funktionsgleichung:

Zeitdiagramm:



2.8 Übersicht

Bezeichnung	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Symbol (IEC)	Symbol (ANSI)															
UND (AND)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Y = A \wedge B$		
B	A	Y																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
ODER (OR)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$Y = A \vee B$		
B	A	Y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
NICHT (NOT)	<table><tr><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	Y	0	1	1	0	$Y = \overline{A}$											
A	Y																		
0	1																		
1	0																		
NICHT-UND (NAND)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Y = \overline{A \wedge B}$		
B	A	Y																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
NICHT-ODER (NOR)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	$Y = \overline{A \vee B}$		
B	A	Y																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
EXKLUSIV-ODER (EXOR,XOR)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Y = A \oplus B$		
B	A	Y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
NICHT-EXKLUSIV-ODER (EXNOR,XNOR)	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Y</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Y = \overline{A \oplus B}$		
B	A	Y																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

2.9 Grundverknüpfungen

2.9.1 Musik hören

Wie müssen sie die folgenden Bedingungen verknüpfen, damit sie Musik hören können?

Natel (A)

CD-Player (B)

Natel geladen (C)

Batterien (D)

Musik-CD (E)

Kopfhörer (F)

Kopfhörer defekt (G)

Funktionsgleichung: _____

2.9.2 Motor

Ein Motor darf nur dann drehen, wenn mindestens zwei der drei Eingänge 1 sind.

Eingangssignale

E_1 E_2 E_3

—— Motor (M)

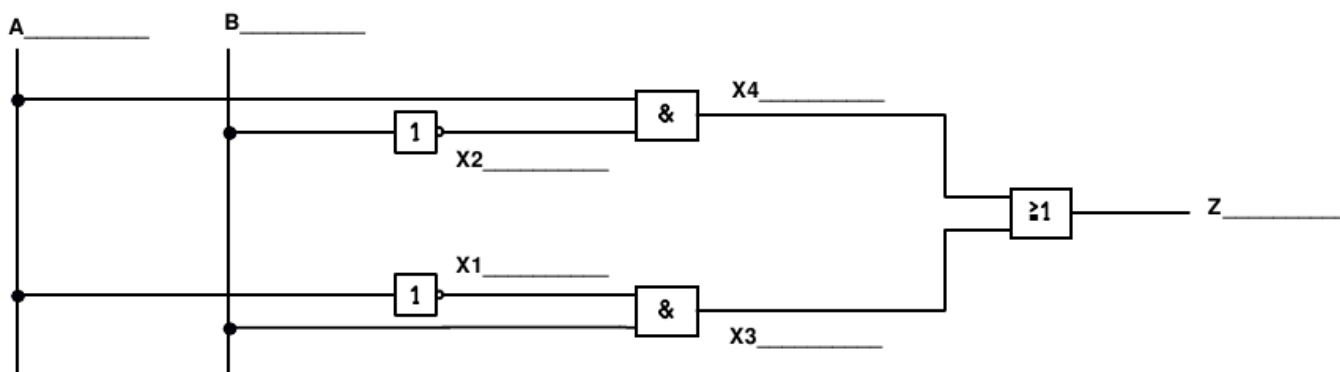
Funktionsgleichung: _____

2.10 Schaltungsanalyse

Logik-Gatter (AND, OR, NOR, etc.) werden nur sehr selten einzeln eingesetzt. Meist besteht eine digitale Schaltung aus einer Vielzahl an Logik-Gattern. Es ist daher wichtig Schaltungen sowie deren Teile analysieren zu können. Diese Analyse der Schaltung kann auch als Schaltungsanalyse bezeichnet werden und wird auch häufig zur Fehlererkennung eingesetzt.

2.10.1 Beispiel

Digitale Schaltung:



Wahrheitstabelle:

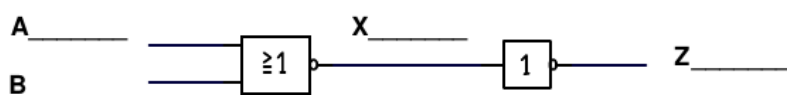
A	B	X1	X2	X3	X4	Z
0	0					
0	1					
1	0					
1	1					

Funktionsgleichung:

Schlussfolgerung:

2.10.2 Übung 1

Digitale Schaltung:



Wahrheitstabelle:

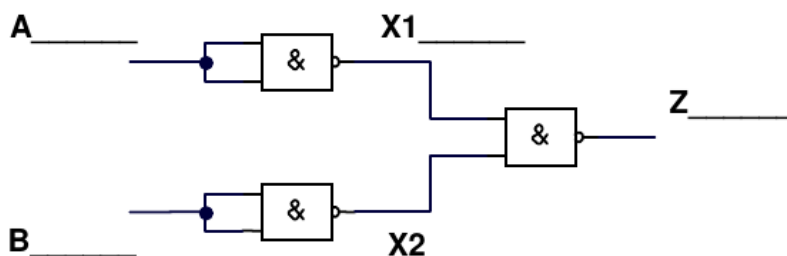
A	B	X	Z
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

Funktionsgleichung:

Schlussfolgerung:

2.10.3 Übung 2

Digitale Schaltung:



Wahrheitstabelle:

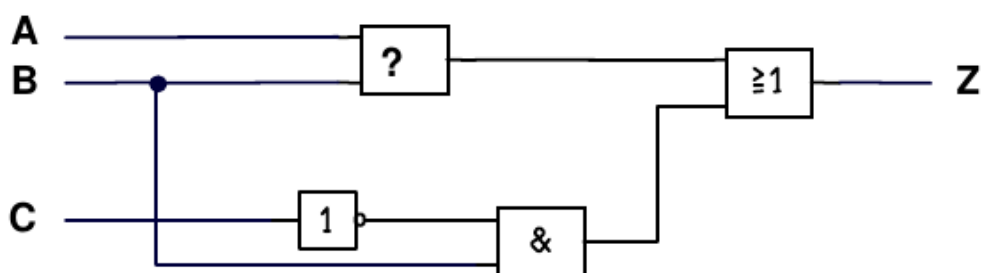
A	B	X1	X2	Z
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Funktionsgleichung:

Schlussfolgerung:

2.10.4 Übung 3 - Was für eine Verknüpfung?

Digitale Schaltung:



Wahrheitstabelle:

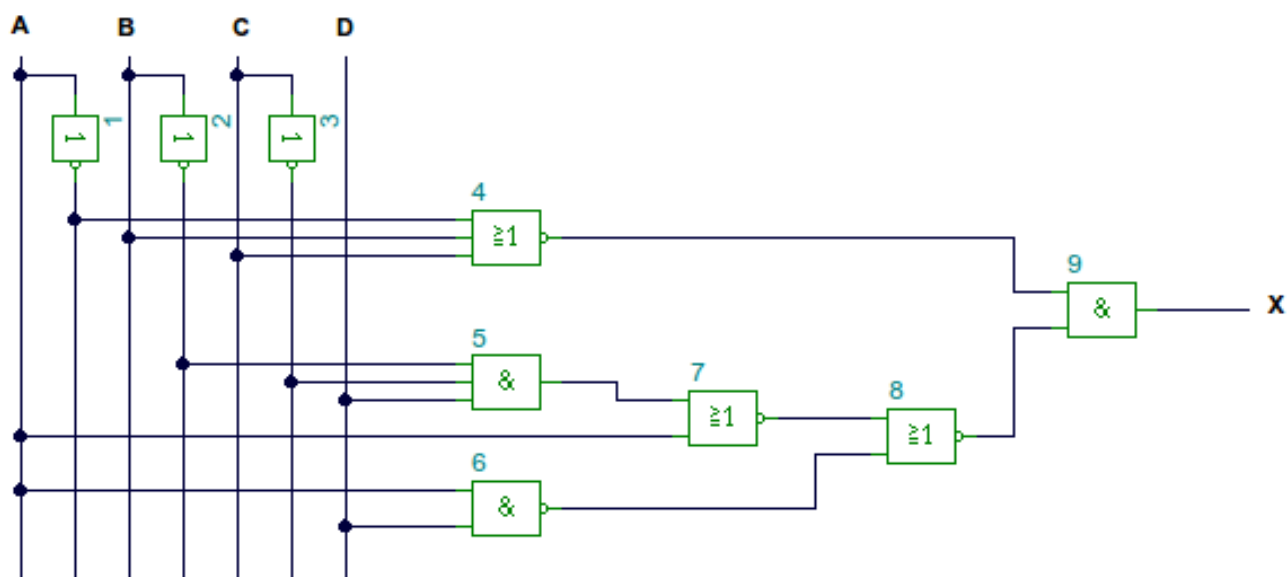
A	B	C				Z
0	0	0				0
0	0	1				0
0	1	0				1
0	1	1				0
1	0	0				0
1	0	1				0
1	1	0				1
1	1	1				1

Funktionsgleichung:

Schlussfolgerung:

2.10.5 Übung 4

Digitale Schaltung:



Wahrheitstabelle:

D	C	B	A	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X
0	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	0	0	0									
1	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									

Funktionsgleichung: _____

2.10.6 AND aus NAND

$A \wedge B =$ _____

A	B			Z
0	0			0
0	1			0
1	0			0
1	1			1

2.10.7 OR aus NAND

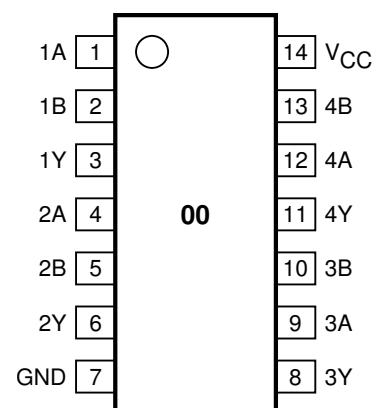
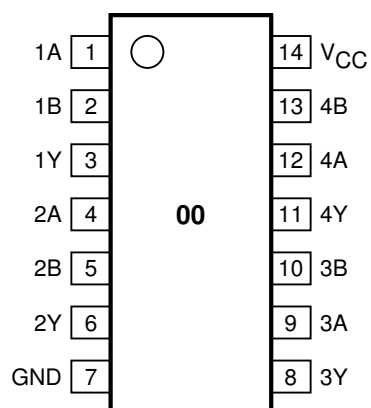
$A \vee B =$ _____

A	B				Z
0	0				0
0	1				1
1	0				1
1	1				1

2.10.8 XOR aus NAND

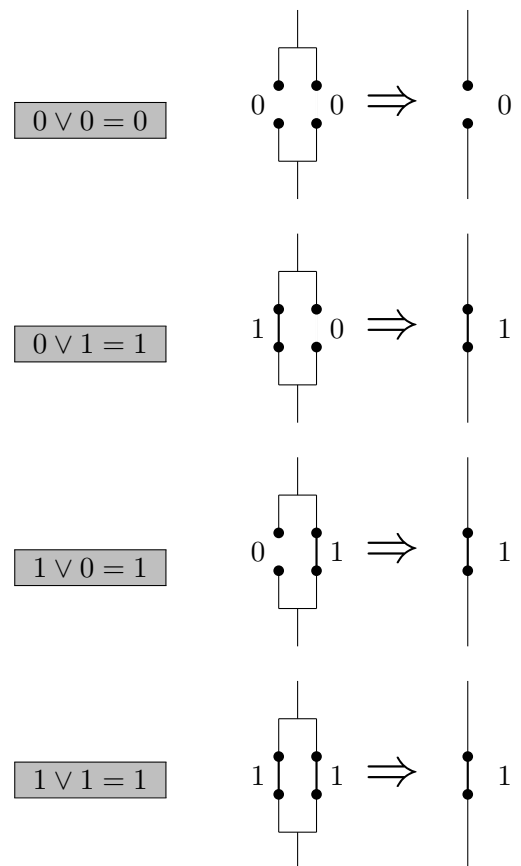
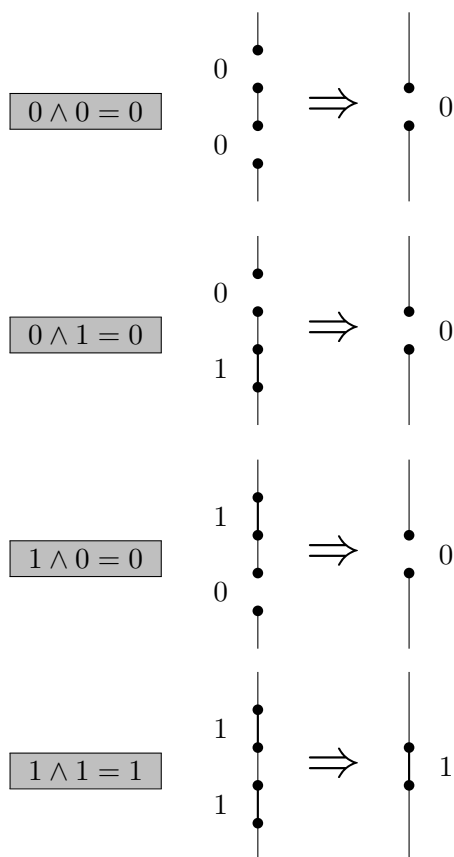
$A \oplus B =$ _____

A	B						Z
0	0						0
0	1						1
1	0						1
1	1						0

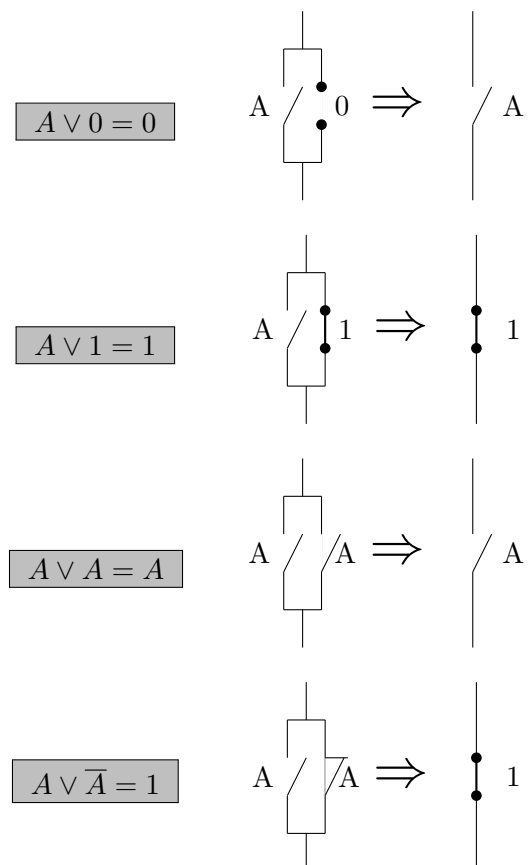
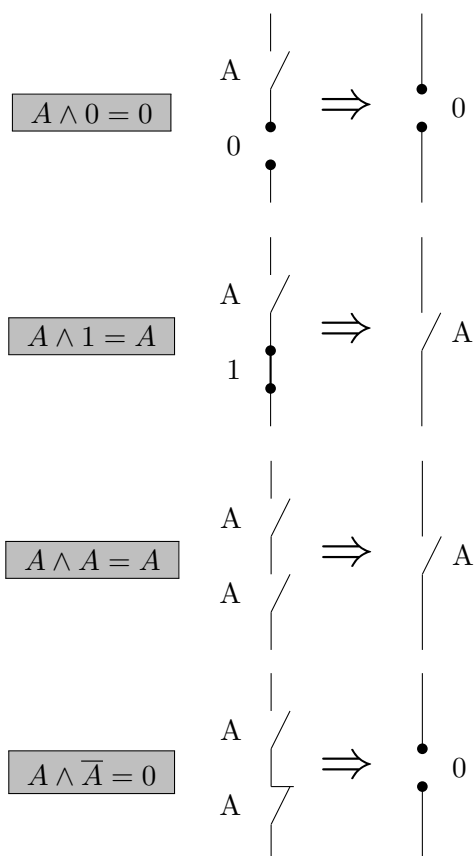


3 Schaltalgebra

3.1 Grundgesetze



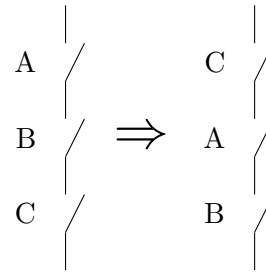
3.2 Rechenregeln



3.3 Kommutativgesetz

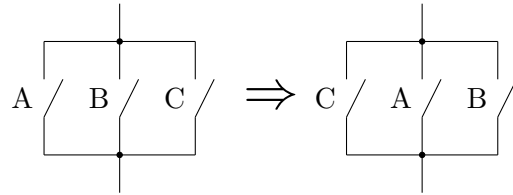
3.3.1 Konjunktion

$$Z = A \wedge B \wedge C = C \wedge A \wedge B$$



3.3.2 Disjunktion

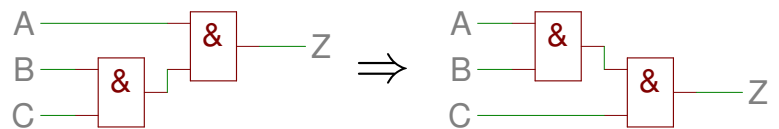
$$Z = A \vee B \vee C = C \vee A \vee B$$



3.4 Assoziativgesetz

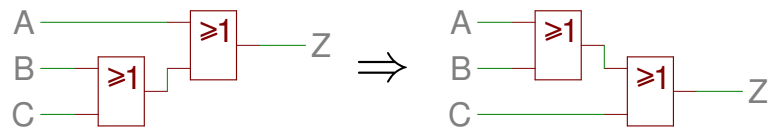
3.4.1 Konjunktion

$$Z = A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$$



3.4.2 Disjunktion

$$Z = A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C$$



3.5 Distributivgesetz

3.5.1 Konjunktion

$$Z = A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$$

Beweis:

C	B	A	$A \wedge B$	$A \wedge C$	$(A \wedge B) \vee (A \wedge C)$	$B \vee C$	$A \wedge (B \vee C)$
0	0	0					
0	0	1					
0	1	0					
0	1	1					
1	0	0					
1	0	1					
1	1	0					
1	1	1					

3.5.2 Disjunktion

$$Z = A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$$

Beweis:

C	B	A	$A \vee B$	$A \vee C$	$(A \vee B) \wedge (A \vee C)$	$B \wedge C$	$A \vee (B \wedge C)$
0	0	0					
0	0	1					
0	1	0					
0	1	1					
1	0	0					
1	0	1					
1	1	0					
1	1	1					

3.6 Umkehrregeln (De Morgansche Regel)

3.6.1 Erstes Morgansches Gesetz

Beweis:

$$\overline{A \wedge B} = \overline{A} \vee \overline{B}$$

A	B	$A \wedge B$	$\overline{A \wedge B}$	\overline{A}	\overline{B}	$\overline{A} \vee \overline{B}$
0	0			1	1	
0	1			1	0	
1	0			0	1	
1	1			0	0	

3.6.2 Zweites Morgansches Gesetz

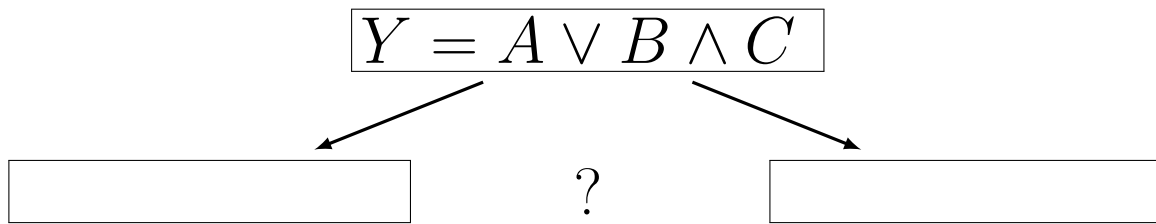
Beweis:

$$\overline{A \vee B} = \overline{A} \wedge \overline{B}$$

A	B	$A \vee B$	$\overline{A \vee B}$	\overline{A}	\overline{B}	$\overline{A} \wedge \overline{B}$
0	0			1	1	
0	1			1	0	
1	0			0	1	
1	1			0	0	

Merke: Die De Morganschen Regeln gelten auch für Verknüpfungen von mehr als 2 Variablen.

3.7 Bindungsregel



Merke: Eine ____ Verknüpfung bindet stärker als eine ____ Verknüpfung.

Achtung: Die "Negierung" bindet noch stärker.

3.8 Vereinfachung von Gleichungen

Folgende Gleichungen sind möglichst weitgehend zu vereinfachen.

1. $Z = \overline{A} \vee B \vee \overline{B} \vee C$
2. $X = (M \wedge \overline{N}) \vee (M \wedge N \wedge \overline{M})$
3. $Z = B \vee (\overline{A} \wedge B \wedge C) \vee \overline{B}$
4. $X = Z \wedge (\overline{Z} \vee S)$
5. $Z = \overline{A} \wedge B \wedge A \wedge A \wedge B \wedge \overline{C}$
6. $Y = \overline{A \wedge B} \vee \overline{A} \vee \overline{C} \vee \overline{A \wedge B \wedge C}$
7. $X = (\overline{A} \wedge B \wedge \overline{C}) \vee (\overline{A} \wedge B \wedge C)$
8. $Q = \overline{A} \vee \overline{B} \vee \overline{C} \vee (\overline{A} \wedge \overline{B} \wedge \overline{C}) \vee (A \wedge B) \vee (\overline{A} \wedge \overline{C})$
9. $Z = \overline{\overline{\overline{A \wedge B} \vee \overline{B \wedge C} \vee A \wedge B}}$

3.9 NAND-Schaltalgebra

Rechne die Gleichungen so um, dass die Schaltung nur mit NAND-Gliedern aufgebaut werden kann.

1. $Z = (A \wedge S \wedge R) \vee (Q \wedge \overline{C} \wedge \overline{B})$
2. $Y = \overline{A \vee B} \wedge \overline{C} \wedge \overline{D}$
3. $X = (A \vee B \vee C) \wedge (\overline{M} \vee \overline{N} \vee \overline{P}) \wedge (R \vee S)$
4. $Q = \overline{(\overline{A} \wedge B) \vee C \vee D \wedge \overline{S} \vee \overline{R}}$
5. $Z = \overline{A \wedge \overline{B} \wedge \overline{C} \wedge D \vee P \wedge Q \wedge S}$