

Einführung in die Digitaltechnik



HTBLuVA St.Pölten

Inhaltsverzeichnis:

EINLEITUNG.....	4
Warum gewinnt die Digitaltechnik an Bedeutung?	4
Bemerkungen:Gegenüberstellung von Analog- und Digitaltechnik.....	4
Gegenüberstellung von Analog- und Digitaltechnik.....	5
Analogtechnik	5
Digitaltechnik	5
1.) LOGIKFAMILIEN:	6
1.1) TTL-Schaltkreisfamilie	6
1.2) MOS-Schaltkreisfamilie.....	7
Regeln zum Umgang mit CMOS-Ics:	8
1.3) Familienzusammenschaltung:.....	9
TTL \Rightarrow CMOS	9
CMOS \Rightarrow TTL	9
2) WIEDERHOLUNG DER ZAHLENSYSTEME:	10
3) BAUSTEINAUFDRUCKE UND DEREN BEDEUTUNG	11
4) LOGISCHE GRUNDVERKNÜPFUNGEN (GRUNDGATTER).....	13
4.1) AND – UND – Gatter	13
4.2) OR – ODER – Gatter	14
4.3) NOT – NICHT – Negation (Inverter).....	15
4.4) NAND – NUND – Nicht UND.....	16
4.4) NAND – NUND – Nicht UND.....	17
4.5) NOR – NODER – Nicht-ODER	18
4.6) EXOR – Exklusiv-ODER – Antivalenz.....	19
4.7) EXNOR – Exklusiv-Nicht-ODER – Äquivalenz	20
5) WEITERE KOMBINATORISCHE BAUGRUPPEN.....	23
5.1) ENCODER.....	23
Schaltsymbol: Pinbelegung: 5.2) DECODER / DEMULTIPLEXER.....	23
5.2) DECODER / DEMULTIPLEXER	24
5.3) Multiplexer	26
5.3) Digital Komparator	26

6) ERZEUGUNG DER 5V-VERSORGUNGSSPANNUNG.....	27
7) DER OPERATIONSVERSTÄRKER – EINE MINI-EINFÜHRUNG.....	30
7.1) OPV – Pinbelegungen (Datenblattauszüge).....	31
7.1) OPV – Pinbelegungen (Datenblattauszüge).....	31
7.2) Spannungs-Komparator.....	32
Beispiel: Komparator mit Referenzspannung von 2.5V (ohne Hysterese):	33
8) DER SCHMITT-TRIGGER.....	34
8.1) Schmitt-Trigger mit OPV (=Komparator mit Hysterese).....	34
Beispiel: Komparator mit Referenzspannung von 2.5V und Hysterese:	35
8.2) Schmitt-Trigger mit IC 4093	38
9.) RECHTECKGENERATOREN (OSZILLATORSCHALTUNGEN)	39

Einleitung

Die Digitaltechnik ist heute ein Teilgebiet der Technischen Informatik.

Ihre Aufgabe ist es, Informationen zu verarbeiten und darzustellen. Für diesen Zweck bedient sie sich des eingeschränkten Zeichensatzes, um eine einfache physikalische Realisierung zu gewährleisten.

Dafür werden zwei Wertigkeiten verwendet, die je nach Verwendungsbereich in unterschiedlicher Form dargestellt werden.

Beispiel:

Digitaltechnik: „0“ und „1“

Aussagelogik: „wahr“ oder „falsch“

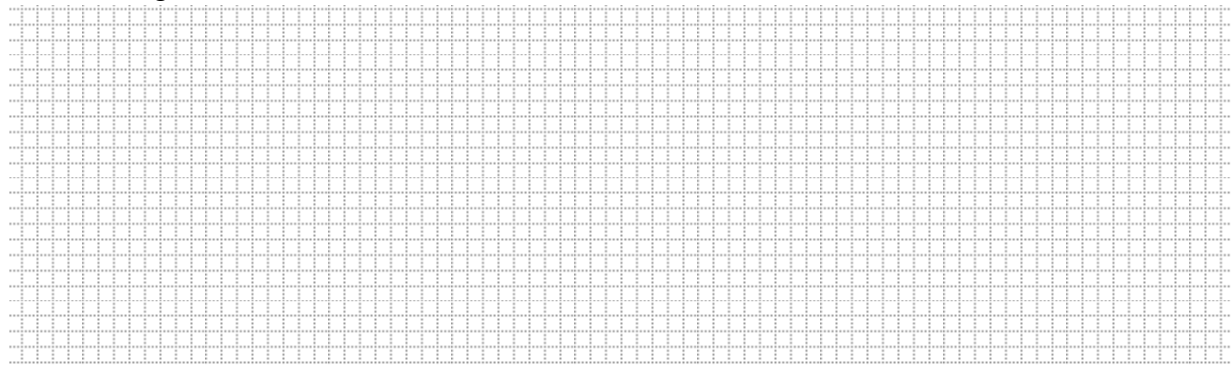
Physik: „low“ oder „high“

Die Begriffe der Digitaltechnik sind in der Regel englischen bzw. lateinischen Ursprungs. So ist das Wort digital aus dem lateinischen Wort "digitus" = Finger, was soviel bedeutet wie "mit Hilfe der Finger" sowie aus dem englischen Wort "digit" = Ziffer oder Stelle, was "in Ziffernform" bedeutet, hergeleitet.

Warum gewinnt die Digitaltechnik an Bedeutung?

- Digitale Signale sind beim Übertragen und beim Speichern weniger störanfällig als analoge Signale.
- Durch Codierung sind viele verschiedene Anwendungen möglich.
- Die Informationen können mit Hilfe von digitalen Gattern, Mikroprozessoren oder Computer bearbeitet werden.
- Der technische Fortschritt bei der Miniaturisierung der Bauelemente der Digitaltechnik ermöglichen die Realisierung des hohen Aufwands.

Bemerkungen:



Gegenüberstellung von Analog- und Digitaltechnik

Analogtechnik

Analoge Größen sind physikalische Größen, die innerhalb eines bestimmten Bereiches jeden Werte annehmen können.

Ein einfacher Analogrechner ist z.B. der Rechenschieber, der in den Schulen den Schülern vor der Einführung des Taschenrechners das Rechnen erleichtern sollte. Bei ihm gilt als Analogiegröße die jeweilige Länge. Die Genauigkeit hängt vom genauen Ablesen ab. In der Messtechnik hat die analoge Größendarstellung eine große Bedeutung, da sie den Vorteil großer Anschaulichkeit hat. Bei Zeigermessinstrumenten, z. B. dem Voltmeter, ist die Analogiegröße der Winkel zwischen der Nullstellung des Zeigers sowie der Zeigerstellung beim Anzeigen eines Wertes. Bei der analog Zeigeruhr ist der Winkel als Analogiegröße 360° .

Digitaltechnik

Digitale Größen sind physikalische Größen, die innerhalb eines bestimmten Bereiches nur diskrete Werte annehmen können

Bei digitalen Größendarstellungen werden abzählbare Elemente verwendet. Ein einfaches Beispiel hierfür ist der Rechenrahmen. Bei ihm wird eine Zahl durch die Anzahl von Kugeln dargestellt. Daraus folgt, dass bei der Darstellung der Zahlen keine physikalischen Grenzen gesetzt sind, da man mit der Vergrößerung der Anzahl der Kugeln auch eine höhere Genauigkeit erreicht. Bei elektronischen Digitalrechnern verwendet man anstatt der Kugeln elektrische Impulse, so dass für die Zahl 3 zum Beispiel durch 3 Impulse dargestellt wird. Für die Zahl 8 wären es dann 8 Impulse und bei der Zahl 230 000 würde man 230 000 Impulse benötigen. Hier ist die Unwirtschaftlichkeit dieses Systems zu sehen. Deshalb verwendet man auch zur Darstellung von Zahlen durch digitale Signale sogenannte Ziffern, engl. Codes.

Digitale Größen bestehen aus abzählbaren Elementen und können mit hoher Genauigkeit dargestellt werden.

Logikbausteine:

Logikbausteine sind die Grundbausteine der Digitaltechnik. Aus ihnen lassen sich alle komplizierteren Logik-(Digital-)schaltungen aufbauen.

Sie lassen sich in 2 große Gruppen unterteilen:

Kombinatorische Logik:

Die Ausgangszustände werden nur von den aktuellen Eingangszuständen bestimmt. Mehr darüber in **Kapitel 4**.

Sequentielle Logik:

Neben den derzeitigen Eingangszuständen werden die Ausgangszustände noch durch interne Zustände (und damit der Vorgeschichte der Ein- und Ausgangssignale) bestimmt. In diesem Skriptum für den 2. Jahrgang wird auf die Sequentielle Logik nicht eingegangen.

1.) Logikfamilien:

1.1) TTL-Schaltkreisfamilie

Die Bezeichnung TTL bedeutet Transistor-Transistor-Logic. Die Verknüpfungen werden bei dieser Schaltkreisfamilie ausschließlich durch bipolare Transistorstufen erzeugt.

Zur Verschiebung von Pegel und zur Spannungsableitung werden Dioden verwendet.

Widerstände dienen als Spannungsteiler und Strombegrenzer.

Die TTL-Schaltkreisfamilie gibt es in verschiedenen Unterfamilien, die für verschiedene Anwendungen mit besonderen Eigenschaften entwickelt wurden.

Achtung: offene TTL-Eingänge haben H-Pegel !

Standard-TTL (7400)

Low-Power-TTL (74L00)

Low-Power-TTL-Glieder nehmen nur etwa 10% der Leistung der Standard-TTL-Glieder auf. Die Schaltzeiten sind jedoch 3 mal so groß.

High-Speed-TTL (74H00)

High-Speed-TTL-Glieder schalten doppelt so schnell wie Standard-TTL-Glieder. Die Leistung ist aber doppelt so groß.

Schottky-TTL (74S00)

Schottky-TTL-Glieder haben sehr geringe Schaltzeiten. Ihre Leistungsaufnahme ist jedoch besonders groß.

Low-Power-Schottky-TTL (74LS00)

Die Low-Power-Schottky-TTL-Glieder haben die gleichen Schaltzeiten wie Standard-TTL-Glieder. Die Leistungsaufnahme entspricht aber nur 1/5 des Standard-TTL-Glieds.

Unterfamilie	TTL	L-TTL	H-TTL	S-TTL	LS-TTL	AS-TTL	ALS-TTL
Bezeichnung	7400	74L00	74H00	74S00	74LS00	74AS00	74ALS00

TTL ist die älteste noch verwendete Logik.

Bezeichnung: 74XX

Betriebsspannung: 5 Volt

High: 2,4V

Low: 0,4V

Es ist unbedingt nötig, die Speisespannung mittels Stützkondensatoren nahe den Versorgungsspannungsanschlüssen gut abzublenden !!!

Faustregel: 1 Kondensator (10nF - 100 nF keramisch) alle 5 TTL-Gehäuse.

1.2) MOS-Schaltkreisfamilie

Verknüpfungsglieder der MOS-Unterfamilien sind mit MOS-Feldeffekt-Transistoren aufgebaut. Diese Art von Transistor benötigt fast keine Steuerleistung, haben eine sehr kleine Bauform und sind einfach herzustellen. Die Kapazitäten des MOS-Fet sind jedoch dafür verantwortlich, dass die Schaltzeiten lang sind. Zusätzlich sind sie empfindlich gegen statische Aufladungen, die zur Zerstörung des Bauteils führen kann. Deshalb sind bei der Verarbeitung von MOS-Schaltungen besondere Sicherheitsmaßnahmen erforderlich.

CMOS

Die übliche Bezeichnung CMOS ist die Abkürzung von Complementary Symmetry-Metal Oxide Semiconductor. Die deutsche Übersetzung dazu lautet Komplementär-symmetrischer Metall-Oxid-Halbleiter.

In den Schaltgliedern dieser MOS-Unterfamilie werden nur selbstsperrende MOS-Fets verwendet (ohne weitere Schaltungselemente wie Dioden und Widerstände).

Der Leistungsbedarf der CMOS-Glieder ist extrem niedrig (bis 10 nW), und hängt hauptsächlich von der Umschalthäufigkeit (max. 50 MHz) ab.

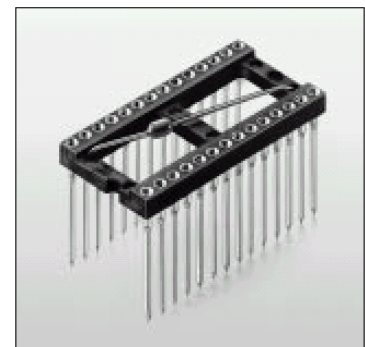
Die Verlustleistung eines CMOS Gatters ist proportional zur Frequenz, mit der die Schaltung betrieben wird !

Wegen der festlegbaren Betriebsspannung von +3 V bis +15 V, und ihrer großen Integrationsdichte haben die CMOS-Glieder ein großes Anwendungsgebiet erobert. So kann CMOS sowohl in TTL-Schaltungen mit ihren strengen 5 V eingebunden werden als auch in analoge Schaltungen, die z.B. mit 9V oder 12V arbeiten.

Baufamilien	Bezeichnung	$U_{\text{Batt.}}$	f_{max}
CMOS – Standardserie	4xxx	3...15 V	8 MHz
High – Speed – CMOS	74HCxx	2.....6V	50MHz
High-Speed-CMOS mit TTL-Pegelumsetzer	74HCTxx	4,5..5,5V	50MHz
Advanced – CMOS	74ACxx	2....5,5 V	150 MHz
Advanced-CMOS mit TTL-Pegelumsetzer	74CTxx	4,5...5,5V	150MHz

Die Schaltstromspitzen von Logikbausteinen sind durch Stützkondensatoren unmittelbar an den Spannungsanschlüssen der IC's abzufangen. Stützkondensatoren sind bei CMOS Schaltungen lebensnotwendig !!! Sie sind ebenso wichtig wie die übrige Schaltung !

Faustregel: Pro CMOS-Gehäuse 1 Kondensator 100 nF keramisch oder 1µF Tantal !



IC-Sockel mit integriertem Kondensator

Unbeschaltete CMOS Eingänge "floaten", d.h. sie nehmen ein undefiniertes Potential ein. Das hat zur Folge, dass sich ein Eingangspotential einstellt, das einen mehr oder weniger großen Querstrom verursacht, aus dem eine unerwartet große Verlustleistung resultiert !. (siehe CMOS-Übertragungskennlinie).

Während offene TTL-Eingänge stets H-Pegel annehmen (und man deshalb unbenutzte TTL-Eingänge oftmals offen lassen darf), kommt es bei offengelassenen CMOS-Eingängen zu undefinierten statischen Aufladungen, die das Gate in die Nähe der Schwellenspannung (Potential etwa in Mitte der Übergangskennlinie) bringen. Es kommt damit zu undefinierten Schaltzuständen und ständiger Ruhestromaufnahme der CMOS-ICs.

Unbenutzte CMOS-Eingänge müssen unbedingt mit Masse bzw. V- oder V+ verbunden werden!

Man löst dies am einfachsten, indem man die funktionell gleich benutzten Eingänge parallel legt, anderenfalls werden unbenutzte Eingänge je nach ihrer Funktion stets mit Masse (L-Pegel) oder direkt mit V+ (H-Pegel) verbunden. Bei Grundgattern gilt in diesem Sinne die Regel: Freie NAND-Eingänge werden an V+ gelegt, freie NOR-Eingänge legt man an Masse. Dies gilt, wenn in einem CMOS-IC ein oder mehrere Gatter unbenutzt bleiben, sinngemäß für deren sämtliche Eingänge (wobei dann gleichgültig ist, ob auf H- oder L-Pegel gelegt).

Unbenutzte Gatterausgänge bleiben selbstverständlich offen.

Das direkte Verbinden eines Ausganges nach V+ oder Masse kann daher den CMOS-Chip nicht beschädigen. Ausnahmen gibt es nur bei einigen speziellen Treiber-ICs (Typen wie 4009, 4010, 4041 u.ä.) bei denen in diesem Fall Überlastungsgefahr besteht.

Regeln zum Umgang mit CMOS-Ics:

1. Jeder Eingang muss an einem definierten Potential liegen, entweder an der Eingangssignalquelle oder an Plus bzw. Masse, je nach Wirkung. Auch Eingänge von nicht benützten Funktionseinheiten sollen auf definiertes Potential gebracht werden.
2. Eingangssignale erst nach dem Einschalten der Betriebsspannung anlegen - und vor dem Abschalten wieder abklemmen.
3. Statische Aufladungen sind zu vermeiden, wenn der Schaltkreis berührt oder verpackt wird. Am besten sind CMOS-Schaltkreise in leitenden Metallbehältern aufgehoben.
4. Eingänge von Versuchsschaltungen, die nach außen führen, sind mit Widerständen in der Größenordnung von 1 MOhm zu schützen.
5. Eingangssignale für getaktete Logikschaltungen sind entsprechend aufzubereiten. Für die Eingabe stets entprellte Kontakte verwenden!
6. Anstiegs- und Abfallzeiten des Taktes sollen unter 5 μ s liegen, damit die getaktete Schaltung einwandfrei arbeitet.
7. Zur Einhaltung der Logikbedingungen soll jedes Gatter der B-Serie bei 5 V Betriebsspannung höchstens mit 0.8 mA (im Kurzschlussfall: 4 mA) und bei 10 V Betriebsspannung höchstens mit 116 mA belastet werden (Kurzschluss: 11 mA).

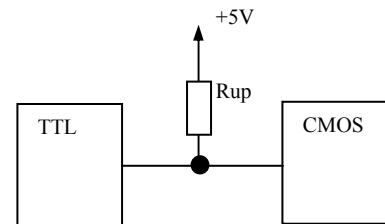
1.3) Familienzusammenschaltung:

Ermöglichen den Übergang zwischen verschiedenen Logikfamilien bzw. die Kopplung zwischen Analog- und Digitalschaltungen.

Bei der Verbindung der einzelnen Logikbausteine sind die erlaubten Pegelbereiche zu beachten.

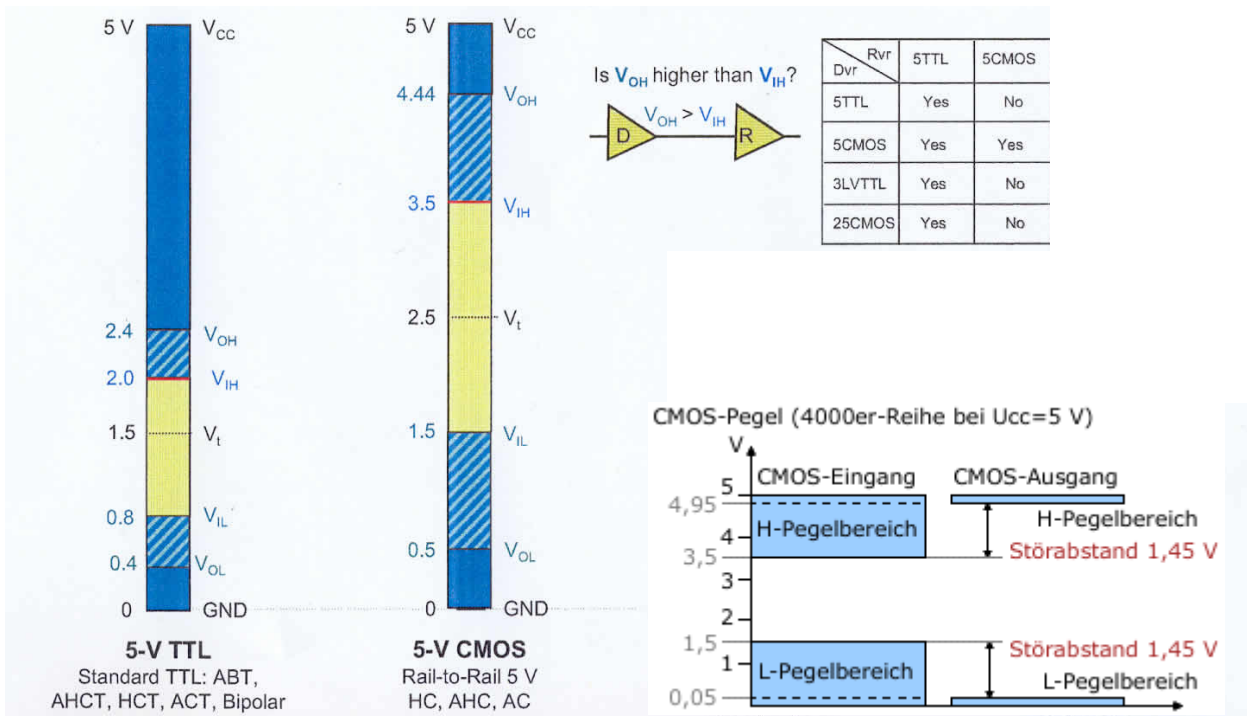
TTL ⇒ CMOS

Bei der Kopplung von TTL-Ausgängen mit Standard CMOS-Eingängen sind „Pull-up“ Widerstände (4.7 kOhm bei 5 V) notwendig. Voll TTL-kompatibel sind nur die HCT-Schaltungen, da sie einen speziellen Pegelumsetzer am Eingang integriert haben.



CMOS ⇒ TTL

Der CMOS Ausgangspegel liegt im TTL-Eingangspegel, d. h. es kann direkt verbunden werden.



V_{OH} = Voltage Out High
 V_{OL} = Voltage Out Low

V_{IH} = Voltage In High
 V_{IL} = Voltage In Low

2) Wiederholung der Zahlensysteme:

Jedes Zahlensystem besteht aus Nennwerten. Die Anzahl der Nennwerte ergibt sich aus der Basis. Der größte Nennwert entspricht der Basis - 1.

Wird der größte Nennwert überschritten, entsteht aus dem Übertrag der nächst höhere Stellenwert.

Dezimaler Zahlensystem

Nennwerte: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Basis: 10

Gr. Nennwert: 9

Stellenwerte: $10^0=1$ $10^1=10$ $10^2=100$

Duales Zahlensystem

Nennwerte: 0 1

Basis: 2

Gr. Nennwert: 1

Stellenwerte: $2^0=1$ $2^1=2$ $2^2=4$

Hexadezimaler Zahlensystem

Nennwerte: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

Basis: 16

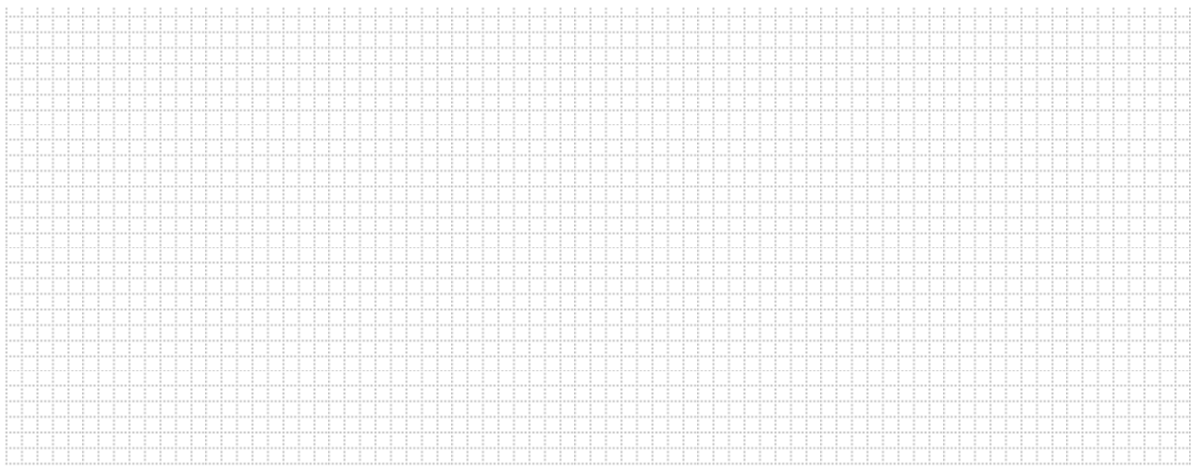
Gr. Nennwert: F

Stellenwerte: $16^0=1$ $16^1=16$ $16^2=256$

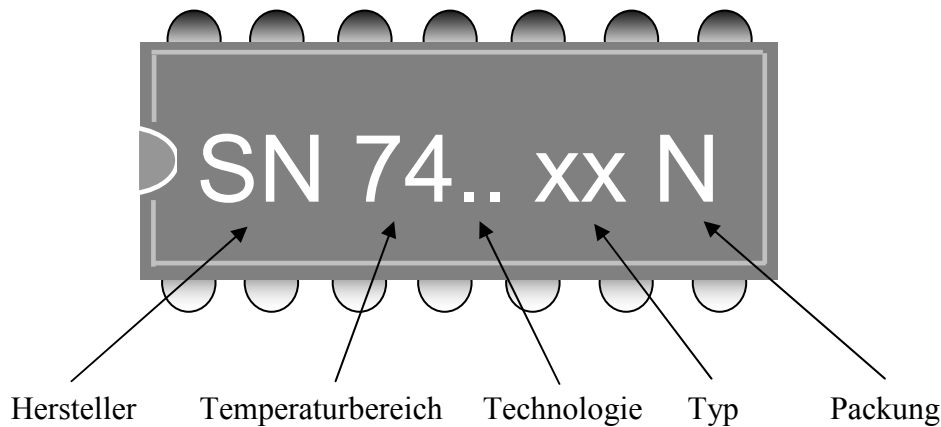
Übersicht Nennwertzuordnung

Nummer	Hexadezimal	Dezimal	Binär/Dual
1	0	0	0
2	1	1	1
3	2	2	10
4	3	3	11
5	4	4	100
6	5	5	101
7	6	6	110
8	7	7	111
9	8	8	1000
10	9	9	1001
11	A	10	1010
12	B	11	1011
13	C	12	1100
14	D	13	1101
15	E	14	1110
16	F	15	1111

Bemerkungen:



3) Bausteinaufdrucke und deren Bedeutung



Herstellerkennung :

z.B.: *SN*... Texas Instruments (www.ti.com),
MM ... National Semiconductor (www.national.com),
MC... Motorola (e-www.motorola.com) etc.

Temperaturbereich : (Umgebungstemperatur in unmittelbarer Nähe des Bauteils).

74xxx 0..+70°C bzw. -40..+85°C
4 xxx Serie CMOS 4000 Metal Gate Serie 3-15 (18) V

Technologie : C (CMOS), S (Schottky), AS (Advanced Schottky), HC (High Speed CMOS).....

Typ : eine laufende Nummer, die über die Funktion des Bausteins Auskunft gibt
(z.B UND, ODER, ...

Packung : gibt Größe (150 mil, 300mil...) und Material (Plastik, Keramik..) der Packung an.
Dies ist für die Abfuhr der Verlustleistung interessant.

CMOS-Typen, die den internationalen Standard erfüllen, tragen in der Typenbezeichnung den angefügten Buchstaben »B«.

CMOS allgemein:

Wenn beim Baustein-aufdruck im Technologiefeld ein C in irgendeiner Kombination aufscheint, dann handelt es sich immer um ein Bauteil mit integrierter CMOS Technologie

Beispiele:

74 C	00
54 HC	04
74 HCT	14
74 AC	00
54 ACT	00
54 FACT	00

C.....CMOS

H.....High Speed

A.....Advanced (= verbessert, erweitert)

T.....TTL pegelkompatible EIN- und AUSGÄNGE

Bipolar allgemein:

Wenn beim Baustein-aufdruck im Technologiefeld kein C aufscheint, dann handelt es sich um einen bipolaren Bauteil und damit zumeist um eine TTL Familie.

Beispiele:	74	00	TTL Referenzgatter
	54 S	04	
	74 LS	14	
	74 ALS	00	
	54 AS	00	
	74 F	00	

S.....Schottky Transistoren (nie gesättigt, => schnell)

L.....Low Power Verlustleistungsreduziert

A.....Advanced (= verbessert, erweitert)

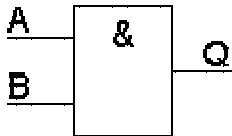
F.....Fast (= schnell)

!!! Ausnahme BICMOS: Bipolare und CMOS Bauteile auf einem Chip !

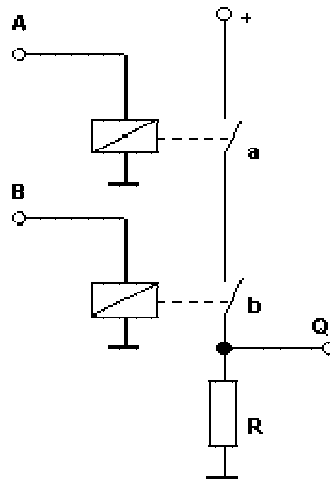
4) Logische Grundverknüpfungen (Grundgatter)

4.1) AND – UND – Gatter

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist nur dann 1, wenn Eingang A UND Eingang B 1 sind.

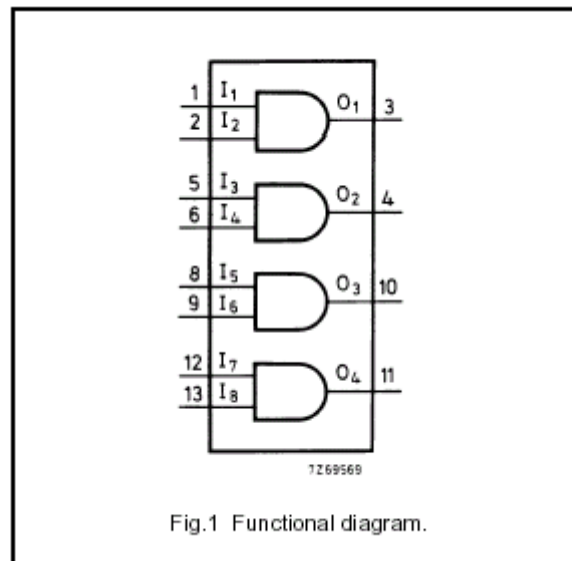
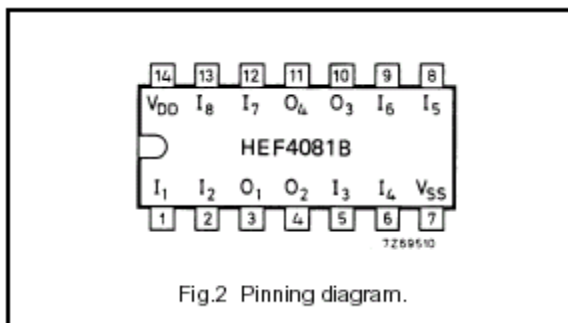
Der Ausgang Q ist dann 0, wenn mindestens ein Eingang 0 ist

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

TTL: 7408

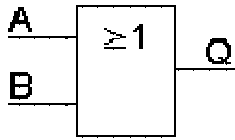
CMOS: 4081

Datenblattauszug:

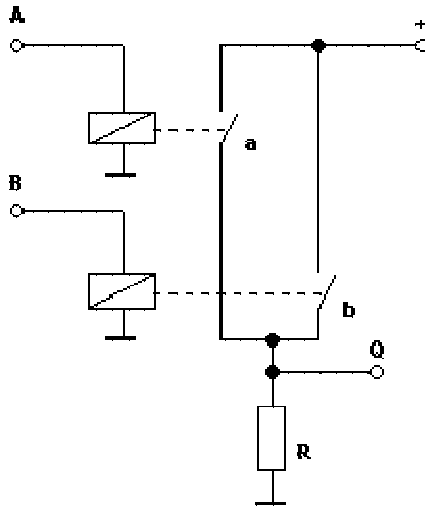


4.2) OR – ODER – Gatter

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist dann 1, wenn mindestens ein Eingang (A **ODER** B) 1 ist.

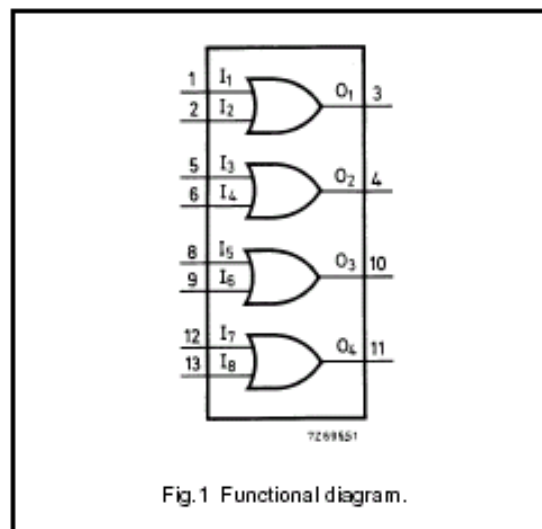
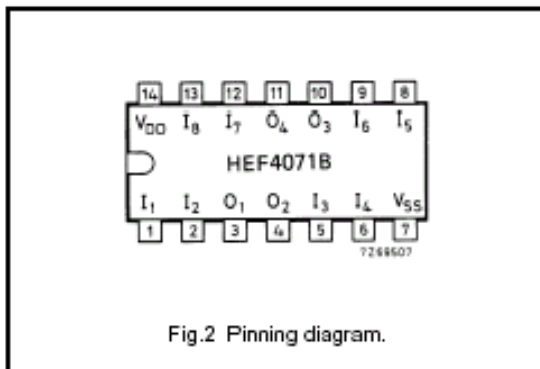
Der Ausgang Q ist nur dann 0, wenn alle Eingänge 0 sind.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

TTL: 7432

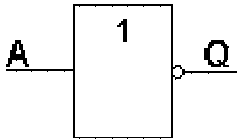
CMOS: **4071**

Datenblattauszug:

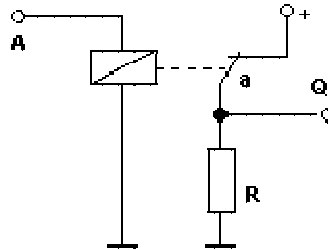


4.3 NOT – NICHT – Negation (Inverter)

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	Q
0	1
1	0

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist dann 1, wenn der Eingang A gleich 0 ist.

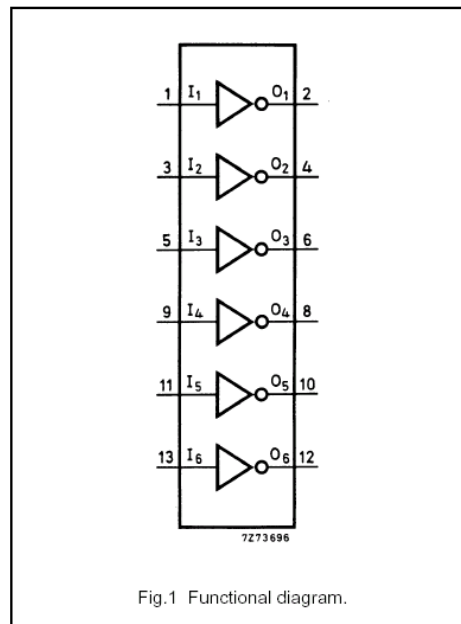
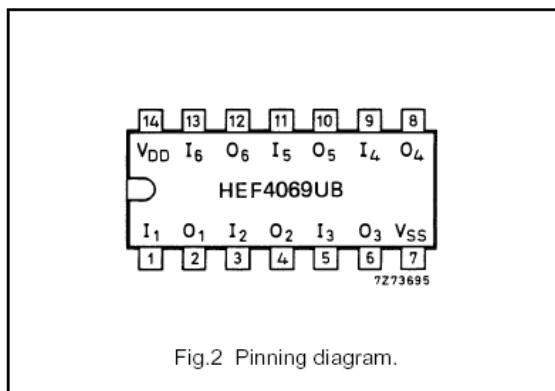
Der Ausgang Q ist dann 0, wenn der Eingang A gleich 1 ist.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

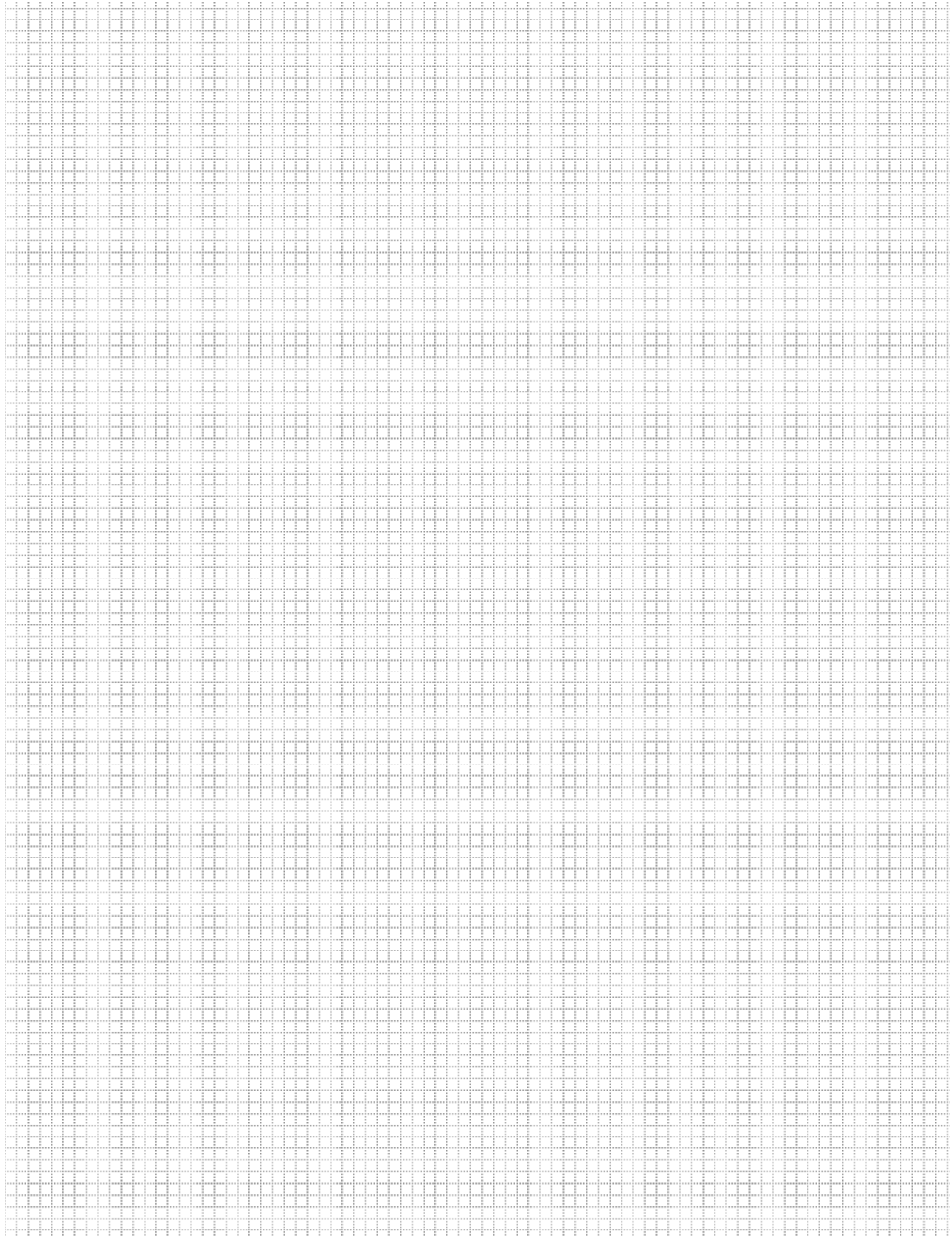
TTL: 7404

CMOS: 4069

Datenblattauszug:

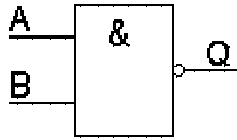


Übungsblatt:

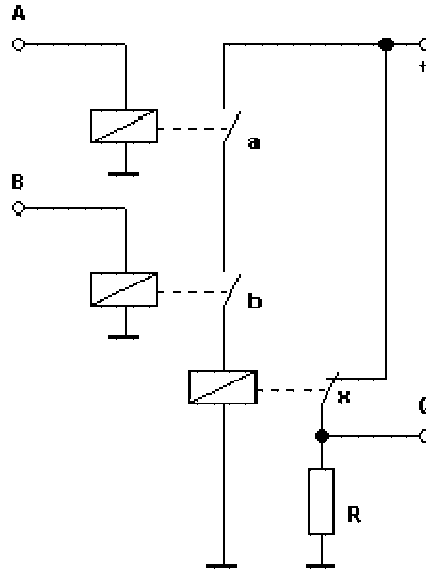


4.4) NAND – NUND – Nicht UND

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist 0, wenn alle Eingänge gleich 1 sind.

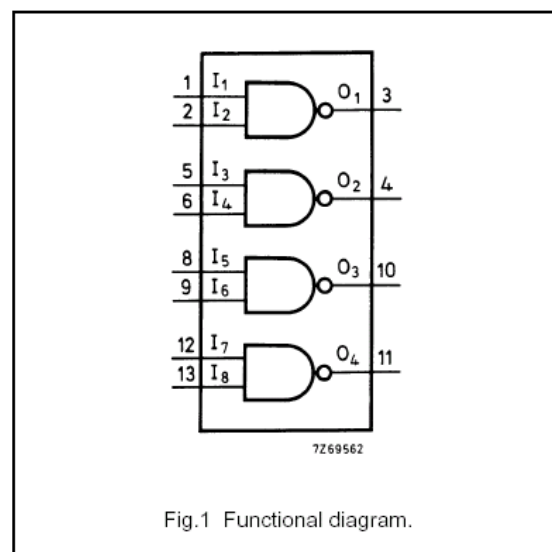
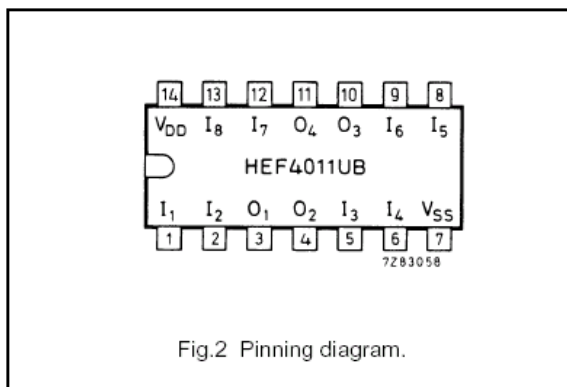
Der Ausgang Q ist 1, wenn mindestens ein Eingang gleich 0 ist.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

TTL: 7400

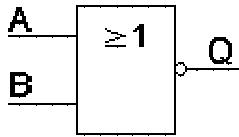
CMOS: 4011

Datenblattauszug:

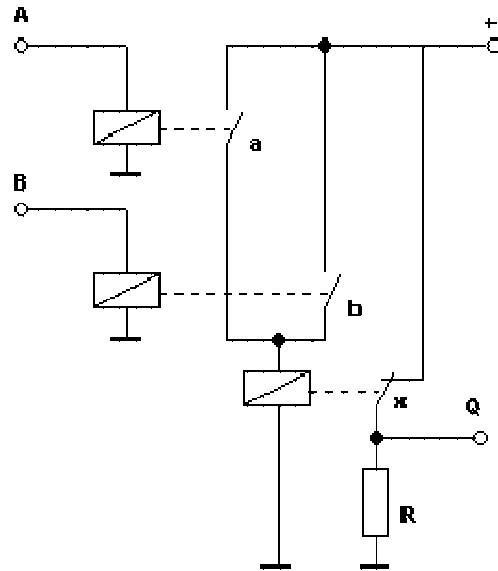


4.5) NOR – NODER – Nicht-ODER

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist 1, wenn alle Eingänge gleich 0 sind.

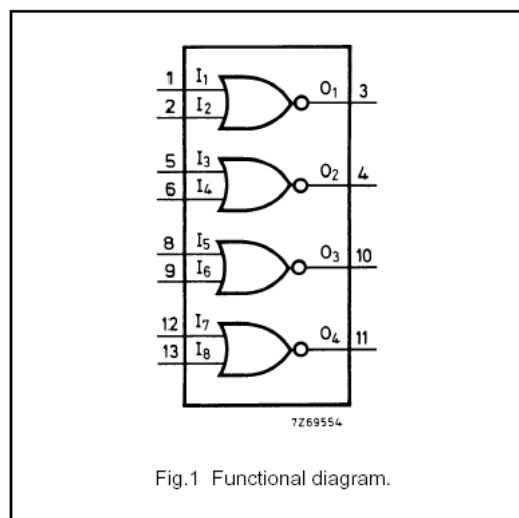
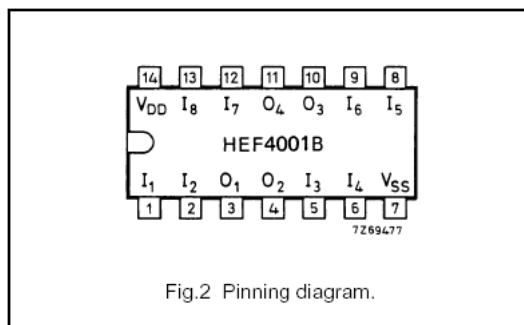
Der Ausgang Q ist 0, wenn mindestens ein Eingang gleich 1 ist.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

TTL: 7402

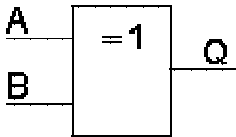
CMOS: 4001

Datenblattauszug:

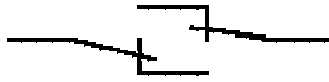


4.6) EXOR – Exklusiv-ODER – Antivalenz

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist 1, wenn alle Eingänge unterschiedlich sind.

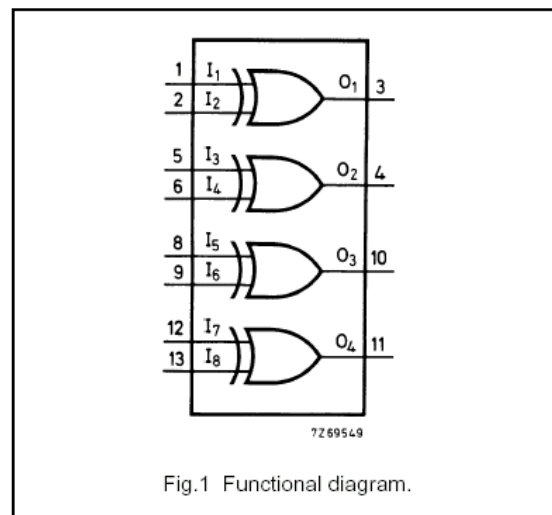
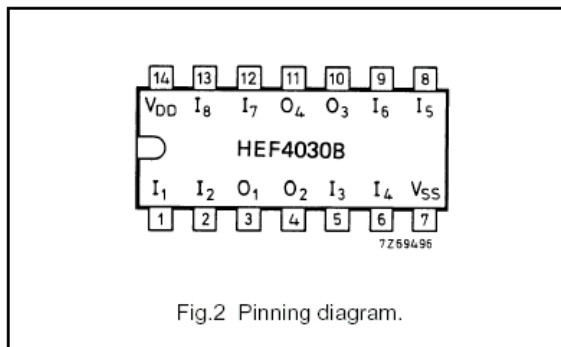
Der Ausgang Q ist 0, wenn alle Eingänge gleich sind.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

TTL: 7486

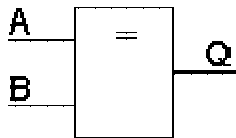
CMOS: 4030

Datenblattauszug:

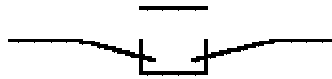


4.7) EXNOR – Exklusiv-Nicht-ODER – Äquivalenz

Schaltzeichen



Prinzipschaltung



Wahrheitstabelle

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Beschreibung der Funktion:

Der Ausgang Q ist 0, wenn alle Eingänge unterschiedlich sind.

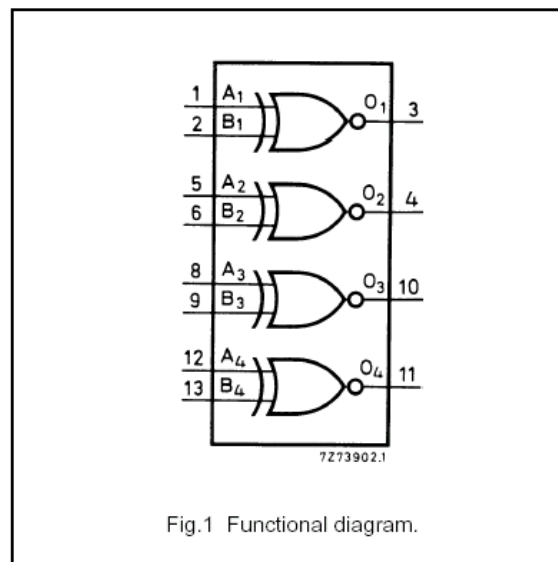
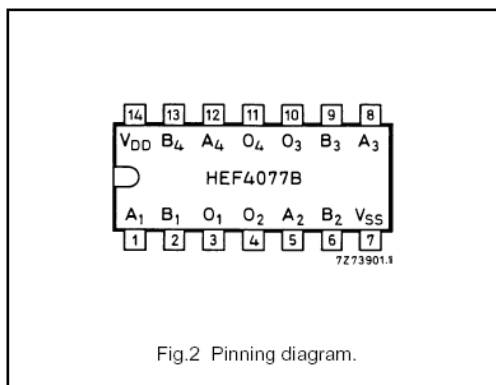
Der Ausgang Q ist 1, wenn alle Eingänge gleich sind.

IC-Nr. der Schaltkreisfamilien:

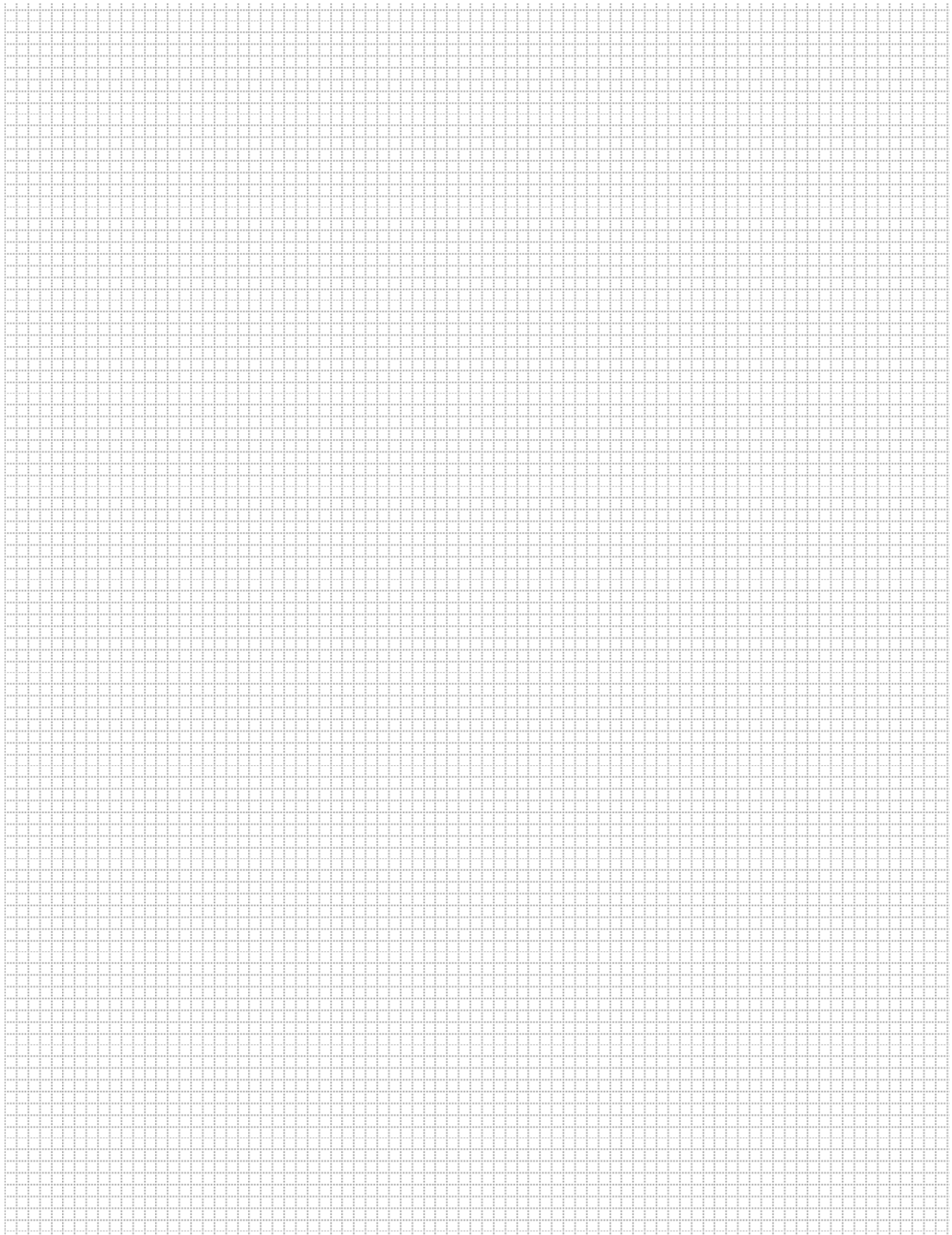
TTL: 74??

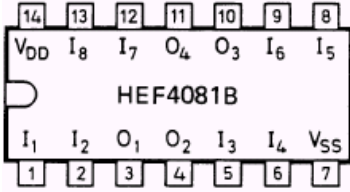
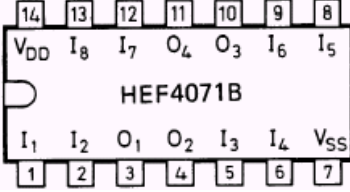
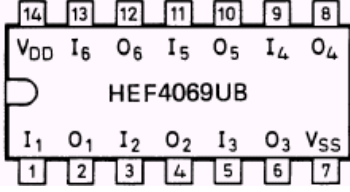
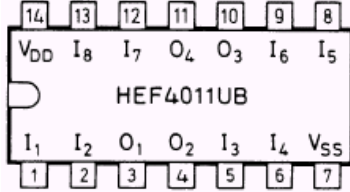
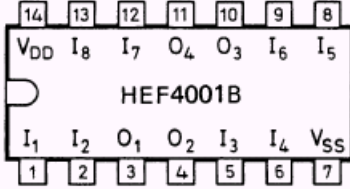
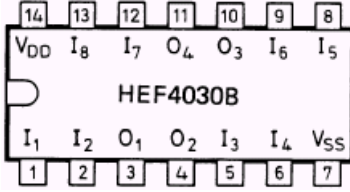
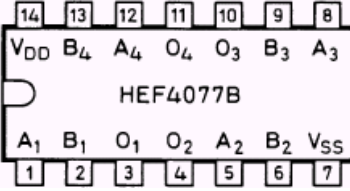
CMOS: 4077

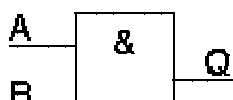
Datenblattauszug:



Übungsblatt:



AND	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$	 <p>HEF4081B</p>
OR	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$	 <p>HEF4071B</p>
NOT (Inverter)	$\begin{array}{cc} \underline{A} & \underline{B} \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{array}$	 <p>HEF4069UB</p>
NAND	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{array}$	 <p>HEF4011UB</p>
NOR	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{array}$	 <p>HEF4001B</p>
EXOR	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{array}$	 <p>HEF4030B</p>
EXNOR	$\begin{array}{ccc} \underline{A} & \underline{B} & \underline{Q} \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$	 <p>HEF4077B</p>



5) Weitere kombinatorische Baugruppen

5.1) ENCODER

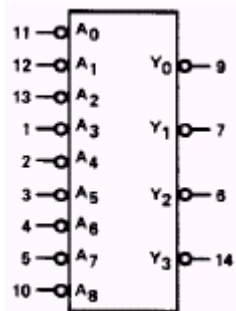
Ein Encoder ist ein Codeumsetzer aus einem 1-aus-n CODE in einen anderen CODE (normalerweise Dualcode).

Anwendung: z.B. Zehnertastatur – jede Taste ist mit einem Eingang des Encoders verbunden – beim Betätigen z.B. der Taste 3 wird die Zahl 3 im Dualcode an den Ausgängen ausgegeben. Der Code kann nun beispielsweise von einem Mikrokontroller weiterverarbeitet werden. Vorteil: es werden nur 4 Eingänge des Mikrokontrollers verwendet – nicht 10!

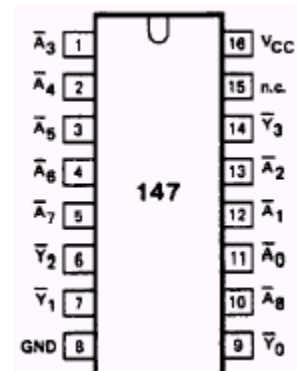
Unser Beispiel-Encoder:

74HCT147 – 10 to 4 line priority encoder

Schaltsymbol:



Pinbelegung:



FUNCTION TABLE

INPUTS									OUTPUTS			
\bar{A}_0	\bar{A}_1	\bar{A}_2	\bar{A}_3	\bar{A}_4	\bar{A}_5	\bar{A}_6	\bar{A}_7	\bar{A}_8	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Notes

- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care

5.2) DECODER / DEMULTIPLEXER

Ein Decoder dient zur Umsetzung eines beliebigen Codes (z.B. Dual) in einen 1-aus-n Code. Durch weitere Steuereingänge ist meist auch eine Demultiplexerfunktion möglich.

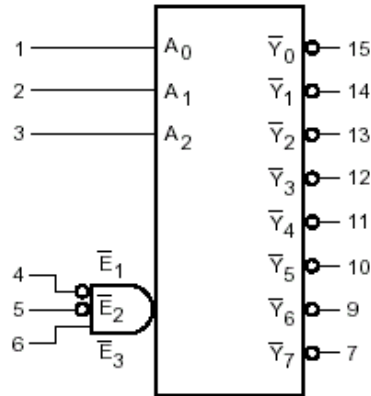
Decoder:

Durch je eine Eingangskombination wird genau eine Ausgangsleitung aktiv.

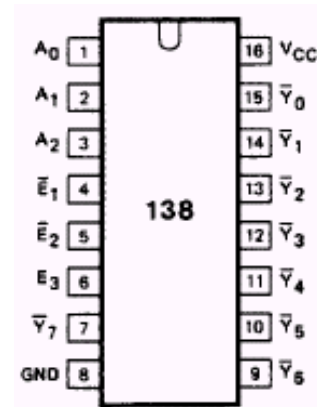
Unser Beispiel-Decoder:

74HCT138– 3 to 8 line decoder; inverting

Schaltsymbol:



Pinbelegung:



FUNCTION TABLE

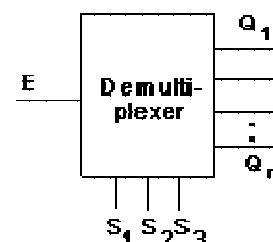
INPUTS						OUTPUTS							
\bar{E}_1	\bar{E}_2	E_3	A_0	A_1	A_2	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	\bar{Y}_5	\bar{Y}_6	\bar{Y}_7
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	L

Notes

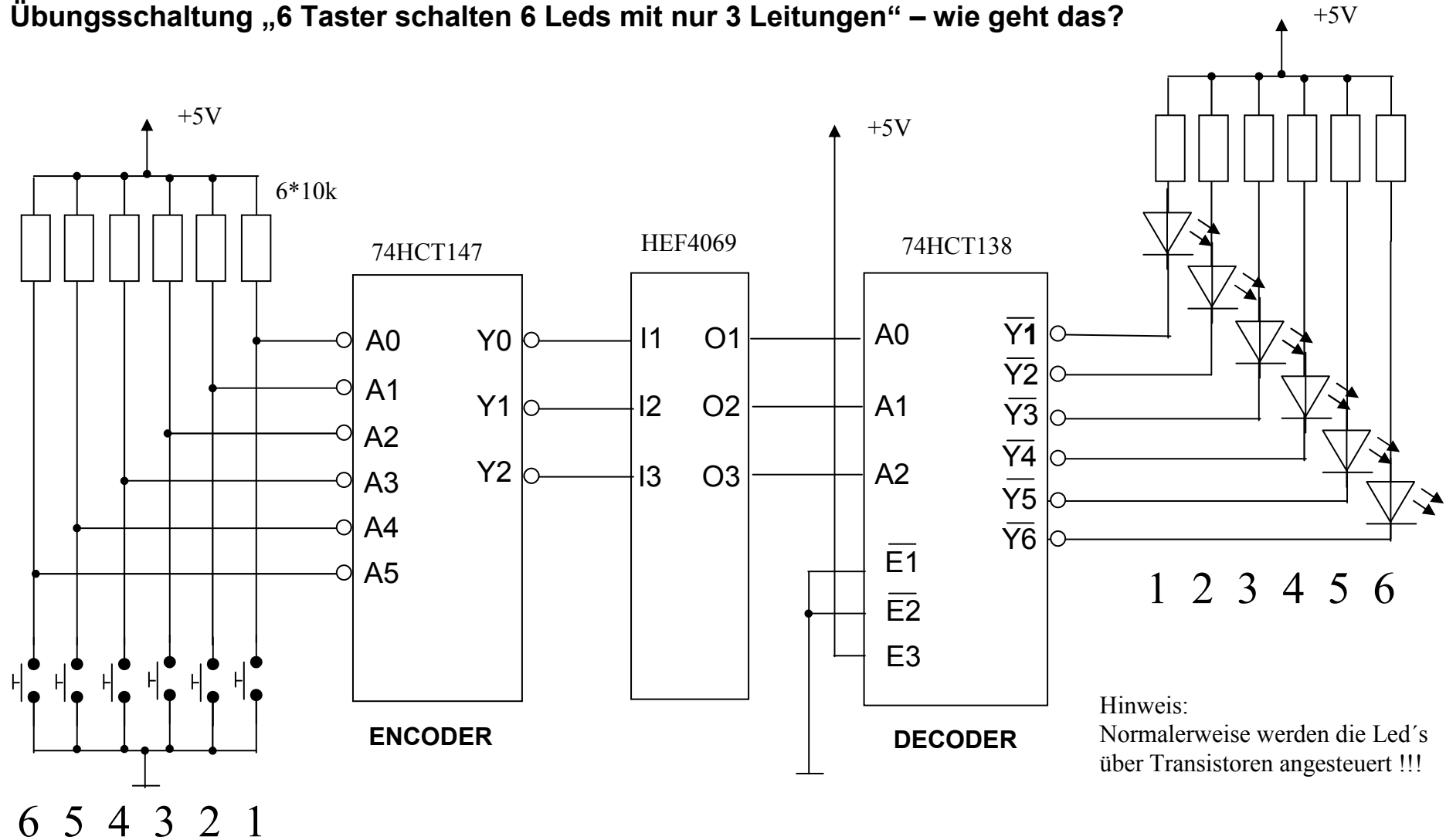
- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care

Demultiplexer:

Der Code an den Steuerleitungen bestimmt, an welchen Ausgang die eingehenden Daten weitergeleitet werden sollen.



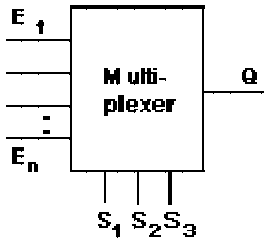
Übungsschaltung „6 Taster schalten 6 Leds mit nur 3 Leitungen“ – wie geht das?



Hinweis:
Normalerweise werden die Led's über Transistoren angesteuert !!!

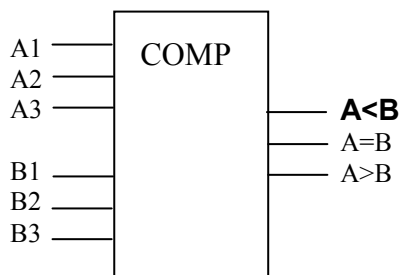
5.3) Multiplexer

Der Code an den Steuerleitungen bestimmt, welcher Eingang an den Ausgang weitergeleitet werden sollen.

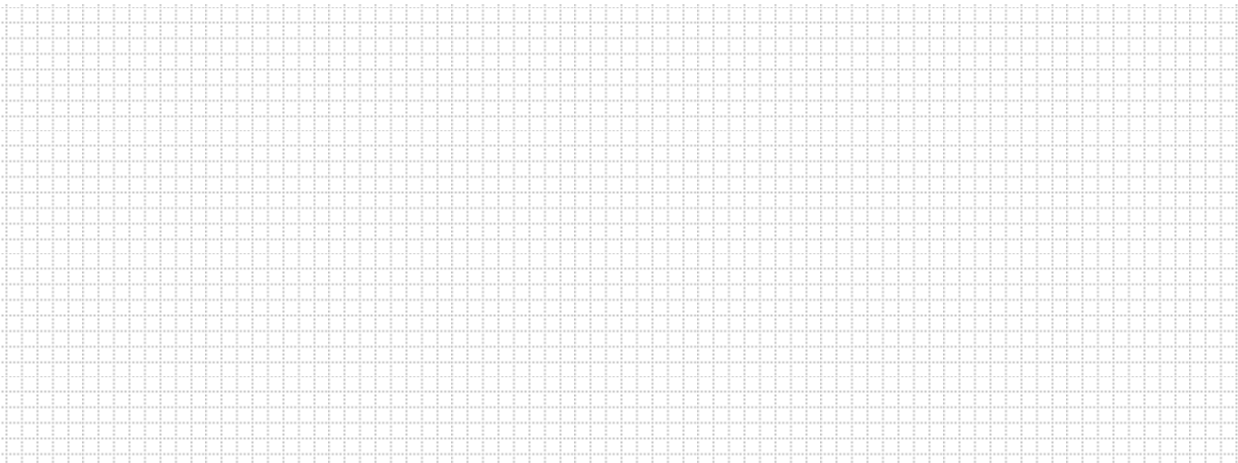


5.3) Digital Komparator

Komparatoren dienen zum Vergleich zweier codierter n-bit Zahlenwerte. Es gibt Komparatoren, die nur auf Gleichheit testen, und solche, die auch größer/kleiner Entscheidungen treffen können.



Bemerkungen:



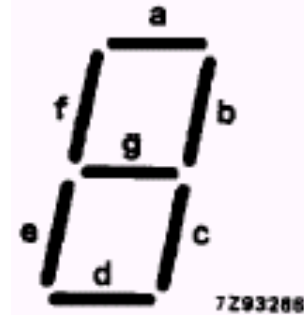
5.4) Siebensegment-Decoder

Ein Siebensegmentdecoder wandelt eine Zahl (in einem bestimmten Code (z.B. BCD) angelegt) in die aufleuchtenden Segmente dieser darzustellenden Zahl um.

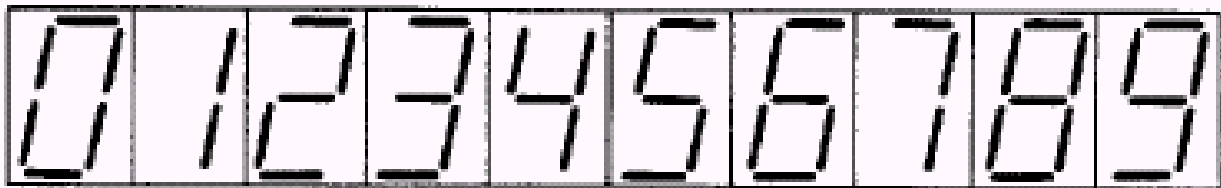
Beispiel:

Die Zahl 5 wird im BCD-Code (also 0101) an den Eingängen D3 bis D0 angelegt.

Um die Zahl 5 mit einer Siebensegmentanzeige darzustellen müssen die Segmente a, f,g,c und d aufleuchten. Die Umwandlung der BCD-Zahl in die zugehörigen Segmente übernimmt eben der Siebensegmentdecoder.



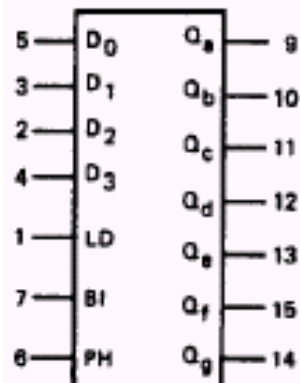
Die Segmente einer Anzeige



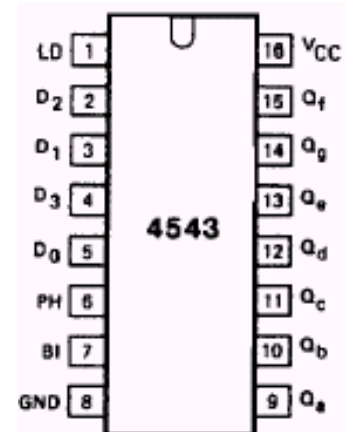
Unser Beispiel-Decoder:

74HCT4543– BCD to 7-segment decoder / driver for LCDs

Schaltsymbol:



Pinbelegung:



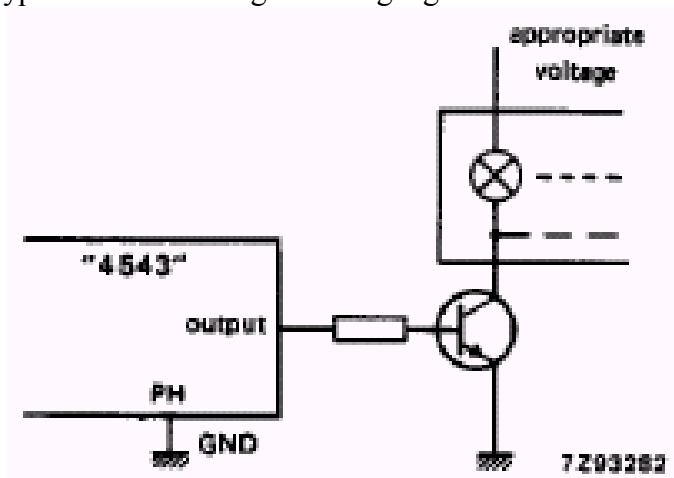
Wahrheitstabelle:

INPUTS							OUTPUTS							DISPLAY
LD	BI	PH ⁽¹⁾	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q _a	Q _b	Q _c	Q _d	Q _e	Q _f	Q _g	
X	H	L	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	0
H	L	L	L	L	L	H	L	H	H	L	L	L	L	1
H	L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	2
H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	L	H	3
H	L	L	L	H	L	L	L	H	H	L	L	H	H	4
H	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	5
H	L	L	L	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	6
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	7
H	L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	8
H	L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	9
H	L	L	H	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	L	L	H	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	L	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	L	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	L	L	X	X	X	X	L	L	L	(1)	L	L	L	(1)
as above		H	as above				inverse of above							as above

H = HIGH voltage level
 L = LOW voltage level
 X = don't care

Achtung: durch das Beschalten des Einganges PH auf High können die Ausgänge invertiert werden!!

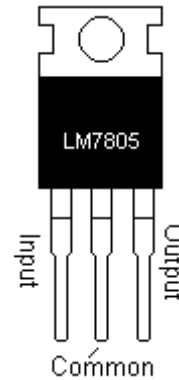
Typische Beschaltung des Ausganges bei PH = Low



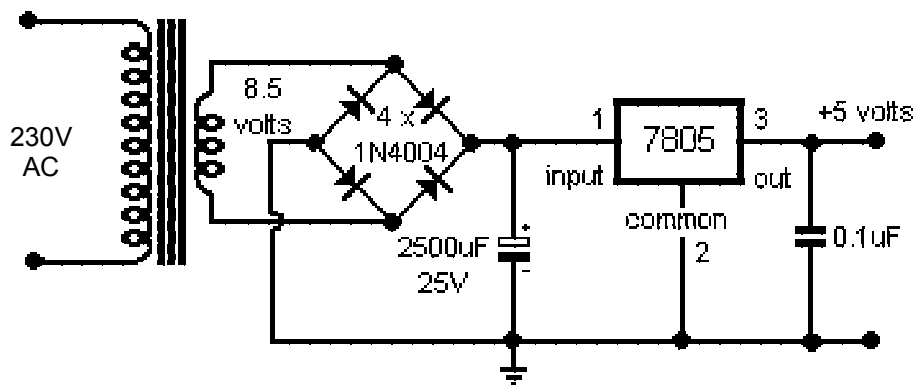
6) Erzeugung der 5V-Versorgungsspannung

Wie schon bekannt, wird in der Digitaltechnik meist mit einer Versorgungsspannung von 5V(DC) gearbeitet.

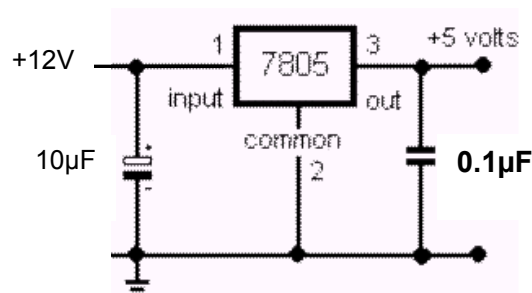
Um diese Spannung zu erzeugen, setzt man den Fixspannungsregler LM7805 (7805 ... 5V, 7812 12V usw) ein.



Nachfolgend, sehen wir ein Beispiel der Beschaltung für die Umsetzung der Netzspannung (230V AC) auf 5V DC:



Erzeugung der Versorgungsspannung 5V von z.B. einer 12V Auto-Batterie:



7) Der Operationsverstärker – eine Mini-Einführung

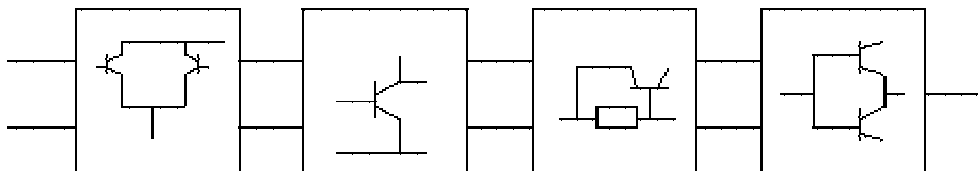
Ein Operationsverstärker ist ein mehrstufiger, hochverstärkender, galvanisch gekoppelter Differenzverstärker. Er kann sowohl Gleichspannung als auch Wechselspannung verstärken!

Der OP hat einen positiven und einen negativen Eingang. Die Differenz der beiden Spannungen wird verstärkt auf dem Ausgang ausgegeben.

Da die Verstärkung eines OPs sehr hoch ist, wird diese über eine Gegenkopplung (Widerstand vom Ausgang zum neg. Eingang) angepasst.

Aufbau:

Operationsverstärker haben als Eingangsstufe immer einen **Differenzverstärker**. Danach kommt eine zweite **Verstärkerstufe**, eine **Kurzschlusssicherung** und am Ausgang ein **Gegentaktverstärker**.

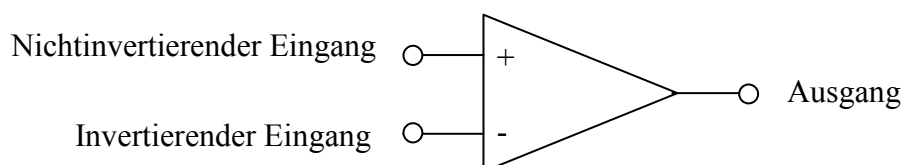


Ein OP ist prinzipiell immer so aufgebaut. Dies variiert nur bei den verschiedenen Anwendungsgebieten.

Viele Operationsverstärker vertragen am Eingang nicht mehr Spannung als die Betriebsspannung beträgt!

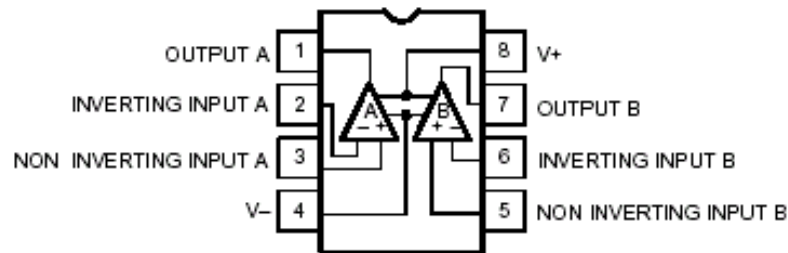
Aus diesem Grund müssen bei Versuchszwecken zuerst die Eingangssignale entfernt werden, bevor die Betriebsspannung abgeschaltet wird.

Schaltzeichen:

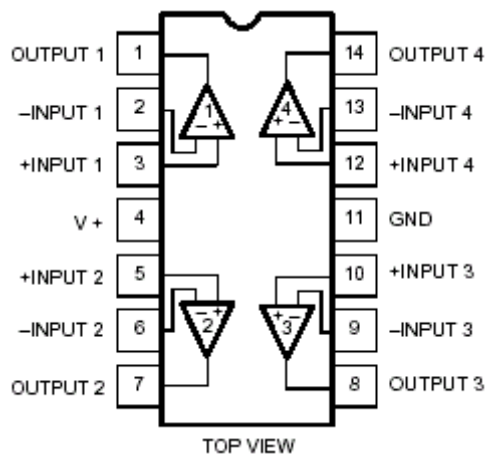


7.1) OPV – Pinbelegungen (Datenblattauszüge)

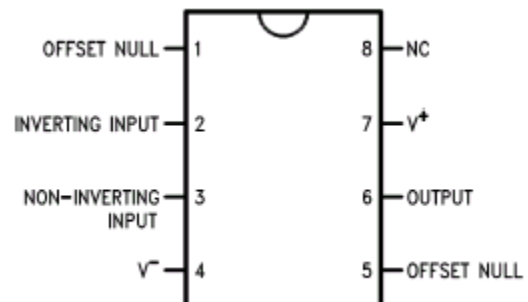
LM 358 /LM393 (Open C)



LM 224 / LM 324



LM741



Besondere Anwendung - der Komparator:

Legt man das Potential einer der beiden Eingänge mit einem zum Spannungsteiler geschalteten Potentiometer fest, so erhält man einen einfachen Schwellwertschalter. So kann man mit einfachen Mitteln z.B. einen Dämmerungsschalter realisieren, Interrupts eines Mikrocontrollers bei bestimmten Bedingungen auslösen, usw.

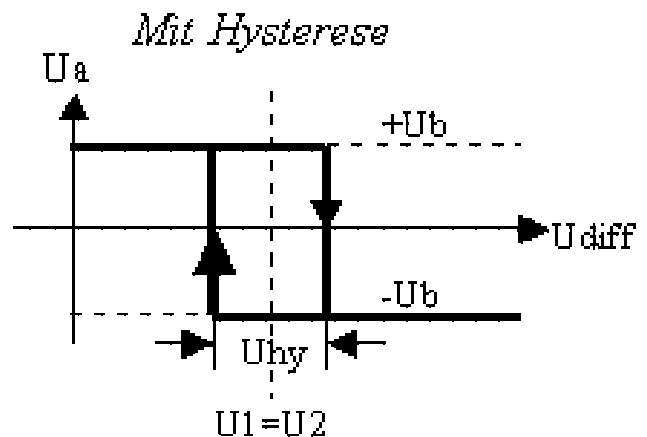
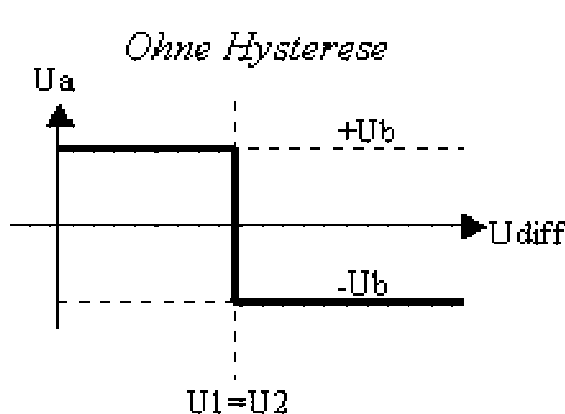
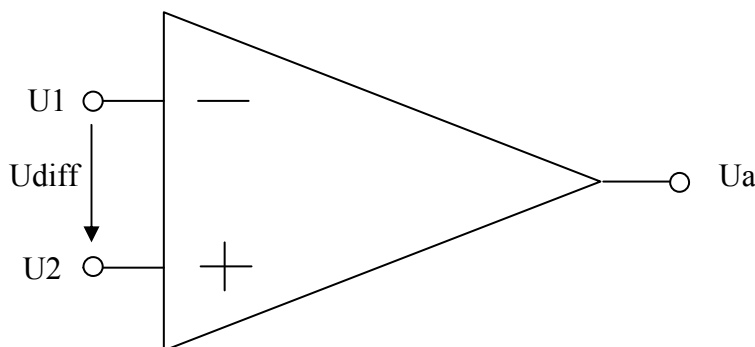
7.2) Spannungs-Komparator

Ein Komparator vergleicht ständig seine Eingangsgrößen und zeigt digital an, welcher Eingang die größere Spannung besitzt.

Da ein Operationsverstärker einen nahezu unendlichen Verstärkungsfaktor besitzt, reicht eine geringe Eingangsspannungsdifferenz, um den Ausgang „in die Sättigung“ gehen zu lassen. Der Ausgang der Schaltung kann nur die Zustände $+U_b$ und $-U_b$ annehmen.

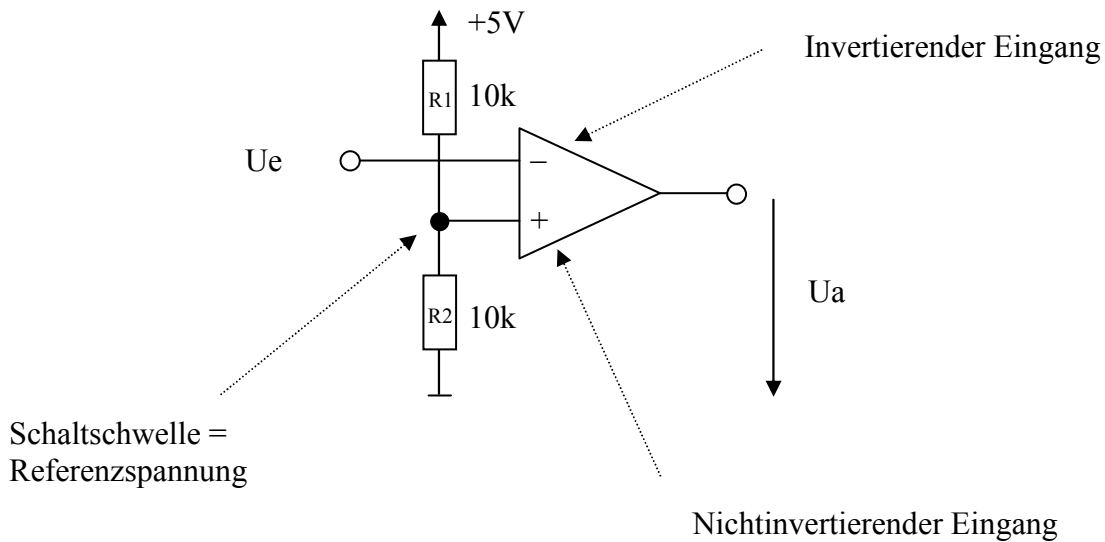
Versorgt man den Operationsverstärker mit $+5V$ und legt $-U_b$ auf Masse, so erhält man am Ausgang ein TTL-Signal zur digitalen Weiterverarbeitung.

Sind beide Eingangsspannungen annähernd gleich, so kippt der Ausgang bei der kleinsten Störung oder Veränderung hin und her. Um das zu vermeiden baut man eine „Hysterese“ ein. Das bedeutet, dass bei einem bestimmten Pegel ausgeschaltet, und bei einem niedrigeren Pegel wieder eingeschaltet wird.



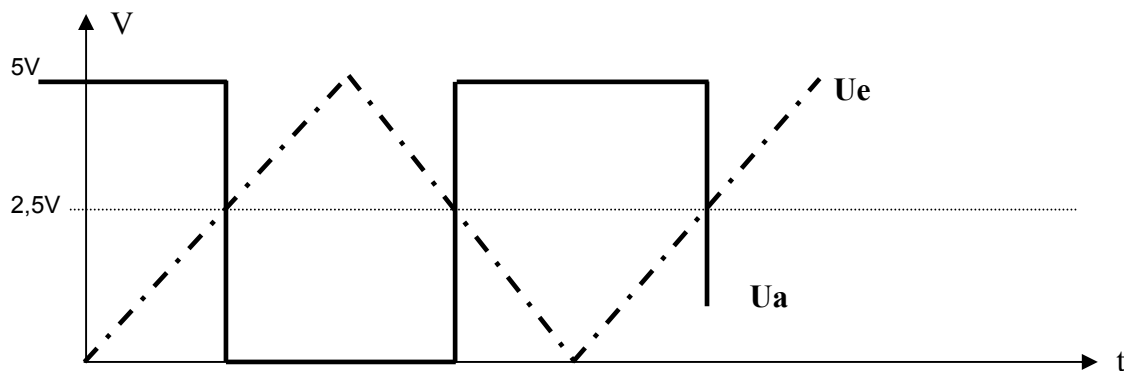
Beispiel:
Komparator mit Referenzspannung von 2.5V (ohne Hysterese):

Invertierend:



Erklärung:

$U_e > 2.5V (U_{ref}) \quad U_a = 0V$
 $U_e < 2.5V (U_{ref}) \quad U_a = 5V$



Nicht Invertierend:

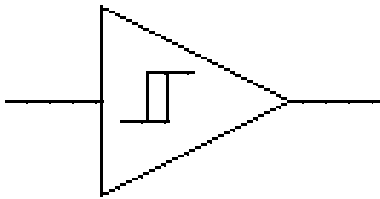
Tauscht man die Eingänge, so beobachten wir:

$U_e > 2.5V \quad U_a = 5V$
 $U_e < 2.5V \quad U_a = 0V$

8) Der Schmitt-Trigger

8.1) Schmitt-Trigger mit OPV (=Komparator mit Hysterese)

Schaltzeichen (Schmitt-Trigger allgemein):



Prinzip des Schmitt-Triggers:

Die Ausgangsspannung eines Schmitt-Triggers kippt bei Erreichen eines bestimmten Eingangsspannungswertes von $-U_{BAT}$ nach $+U_{BAT}$. Sinkt die Eingangsspannung auf einen bestimmten (jedoch anderen) Wert, so kippt die Ausgangsspannung zurück auf $-U_{BAT}$.

Eine solche Schaltung hat eine Trigger-Bedingung (Auslösung) bevor sie reagiert. Diese Schaltungsmaßnahmen gehen auf einen Mann namens Schmitt zurück. Daher die Bezeichnung Schmitt-Trigger.

Der Ausgang der Schaltung kann nach wie vor nur $+U_b$ oder $-U_b$ annehmen. Der Spannungsteiler bestehend aus R_3 und R_4 teilt also das Signal entweder gegen die positive oder die negative Versorgungsspannung. Dadurch verschiebt sich der Umschaltwinkel nach oben bzw. nach unten.

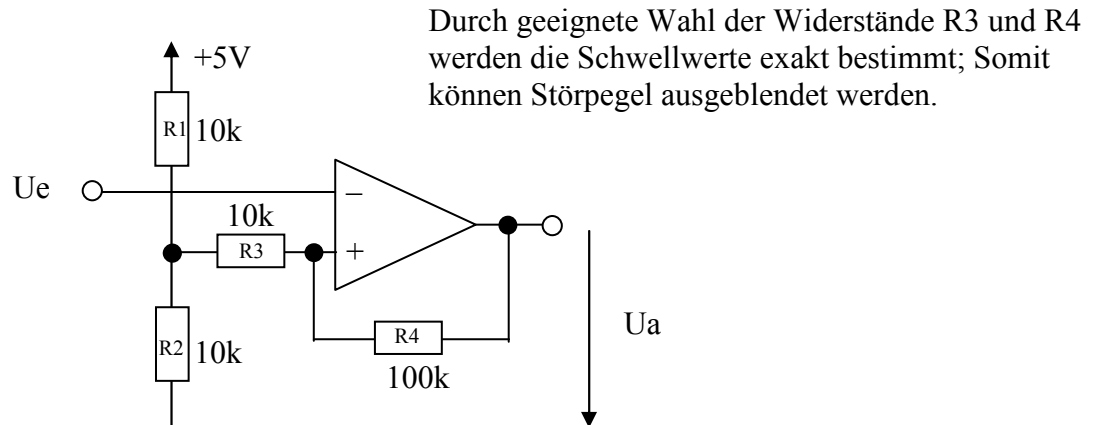
Die Hysterese lässt sich mit folgender Formel berechnen, wobei es sich bei ΔU_a um die Differenz der beiden Versorgungsspannungen handelt:

$$U_{hy} = \Delta U_a * R_3 / (R_3 + R_4)$$

Beispiel:

Komparator mit Referenzspannung von 2.5V und Hysterese:

Invertierend:

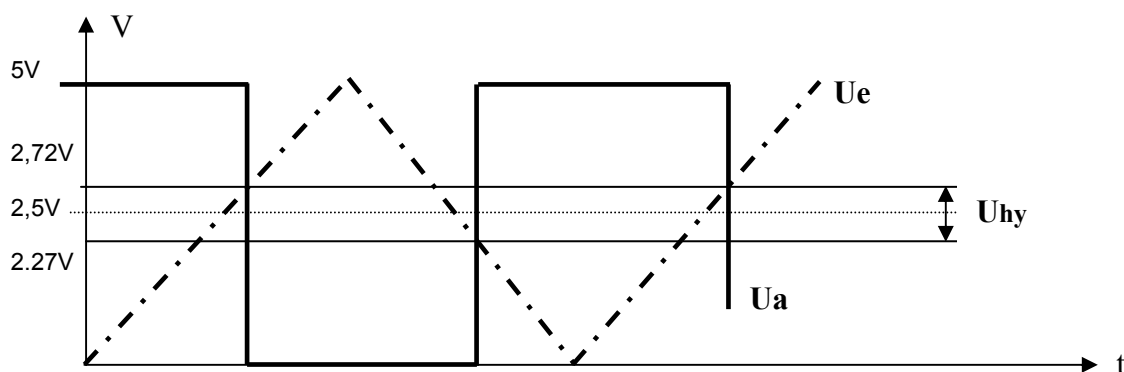


Erklärung und Berechnung:

$$U_{hy} = \Delta U_a \cdot R_3 / (R_3 + R_4) = 5V \cdot 10k / 110k = 0.45V$$

$$U_{ref \ max} = 2.5V + 0.45V/2 = 2.72V$$

$$U_{ref \ min} = 2.5V - 0.45V/2 = 2.27V$$

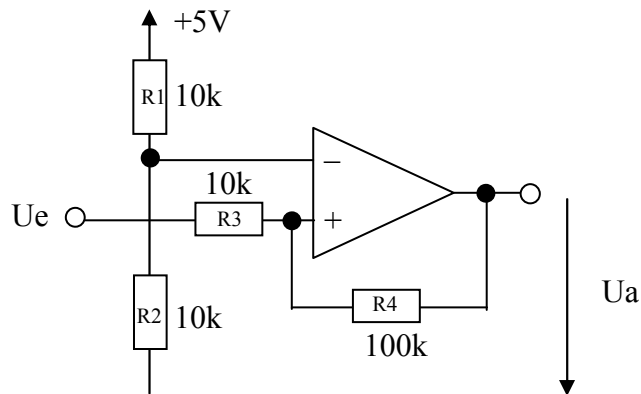


Steigt die Eingangsspannung über 2,72V, so kippt die Ausgangsspannung auf 0.
Sinkt die Eingangsspannung unter 2,27V steigt Ua wieder auf 5V.

$U_e > \text{obere Schwelle} \Rightarrow U_a = 0V$

$U_e < \text{untere Schwelle} \Rightarrow U_a = 5V$

Nicht Invertierend:

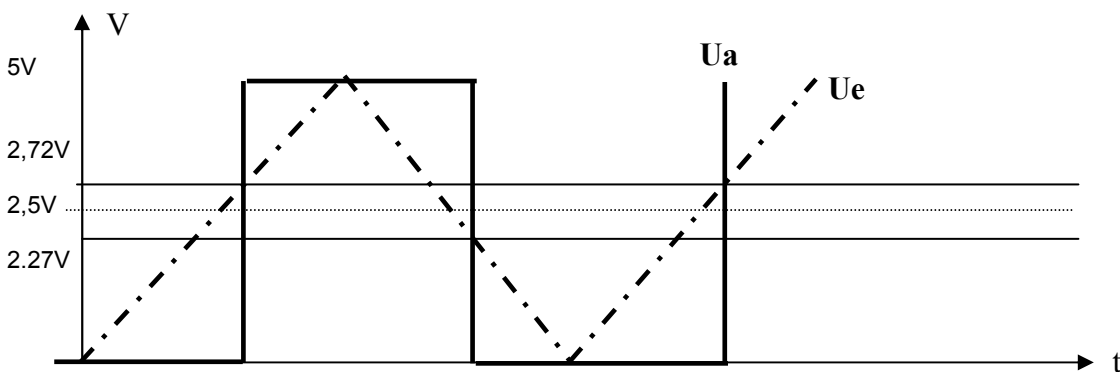


Erklärung und Berechnung:

$$U_{hy} = \Delta U_a \cdot R_3 / (R_3 + R_4) = 5V \cdot 10k / 110k = 0.45V$$

$$U_{ref \max} = 2.5V + 0.45V/2 = 2.72V$$

$$U_{ref \min} = 2.5V - 0.45V/2 = 2.27V$$



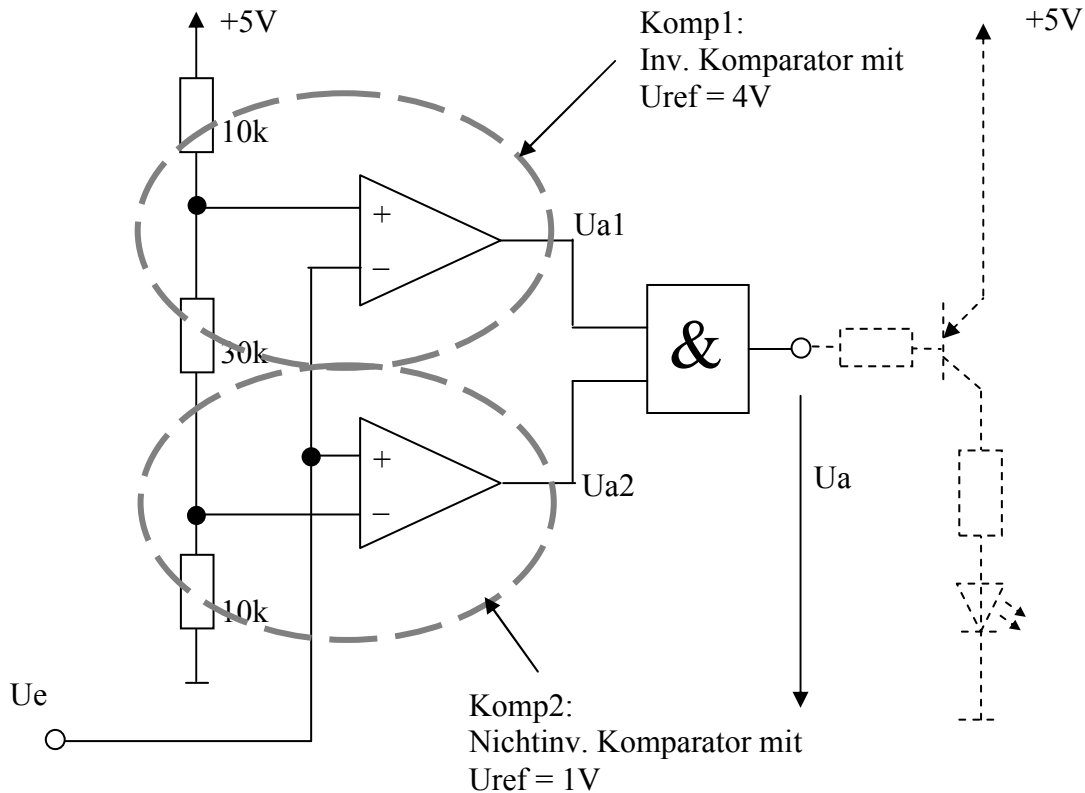
Steigt die Eingangsspannung über 2,72V, so kippt die Ausgangsspannung auf 5V.
Sinkt die Eingangsspannung unter 2,27V sinkt U_a wieder auf 0V.

$U_e > \text{obere Schwelle} \Rightarrow U_a = 5V$

$U_e < \text{untere Schwelle} \Rightarrow U_a = 0V$

Beispiel: Eine Led soll leuchten, sobald U_e zwischen 0V und 1V bzw. 4V und 5V liegt

Lösung: der Fensterkomparator:



Erklärung:

Komparator 1 arbeitet als Invertierender Komparator:

Wiederholung:

$U_e > U_{ref}$ $U_a = 0V$

$U_e < U_{ref}$ $U_a = 5V$

Ist die Spannung also größer als U_{ref} , so ist $U_{a1} = 0V$, sonst ist $U_{a1} = 5V$

Komparator 2 arbeitet als Nichtinvertierender Komparator:

Wiederholung:

$U_e > U_{ref}$ $U_a = 5V$

$U_e < U_{ref}$ $U_a = 0V$

Ist die Spannung U_e kleiner als U_{ref} so ist $U_{a2} = 0V$, sonst ist $U_{a2} = 5V$

Liegt die Eingangsspannung U_e zwischen 1V und 4V, so sind beide Ausgangsspannungen 5V, der Ausgang des Und-Gatters ist somit auch High und der PNP-Transistor sperrt \Rightarrow Led leuchtet nicht.

Ist auch nur eine Ausgangsspannung LOW, so ist auch U_a LOW \Rightarrow Led leuchtet !

Anwendungen:

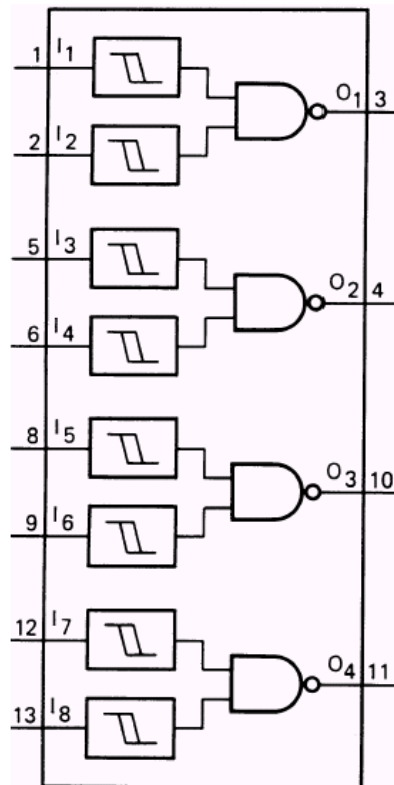
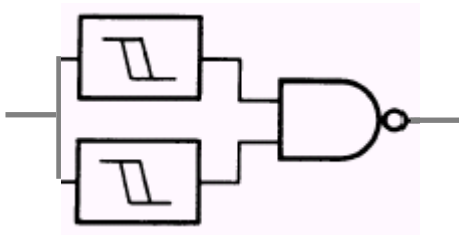
Werden digitale Signale über lange Kabelstrecken geschickt, so verändert das Tiefpaßverhalten der Kabel das Signal so stark, so dass digitale Verknüpfungsglieder diese nicht mehr verarbeiten können.

Ein Schmitt-Trigger gewinnt nun aus dem mangelhaften digitalen Signal die ursprüngliche Form wieder zurück.

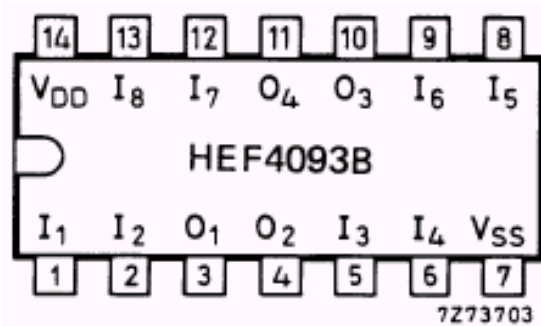
Im Prinzip hat jede digitale Verarbeitungsschaltung einen Schmitt-Trigger als Eingangsstufe. In größeren digitalen Schaltungen werden Schmitt-Trigger auch als Wiederaufbereiter und Signalverstärker verwendet.

8.2) Schmitt-Trigger mit IC 4093

Einsatz als „normaler“ Schmitt-Trigger (ohne &-Funktion, mit Inverter):



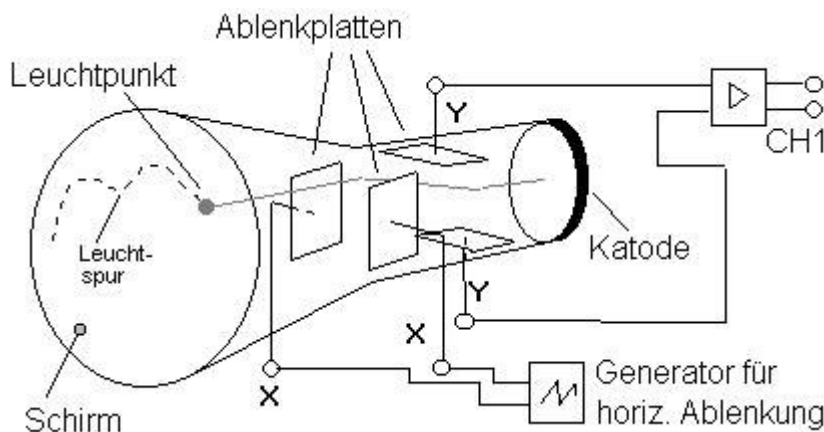
Datenblattauszug **HEF4093B**:



Die Typische Hysteresespannung (U_{hy}) dieses IC (bei einer Versorgungsspannung von 5V) beträgt 0.7V!

9.) Der Oszillograph - Prinzip

Der Oszillograph, manchmal auch fälschlicherweise Oszilloskop genannt, ist ein grundlegendes Meßgerät der Elektronik, um zeitveränderliche Spannungen in ihrem Graphen auf einem Bildschirm sichtbar zu machen (Signalverlauf- und Form), sowie deren Amplitude in Abhängigkeit zur Zeit messen, bzw. darstellen, zu können.



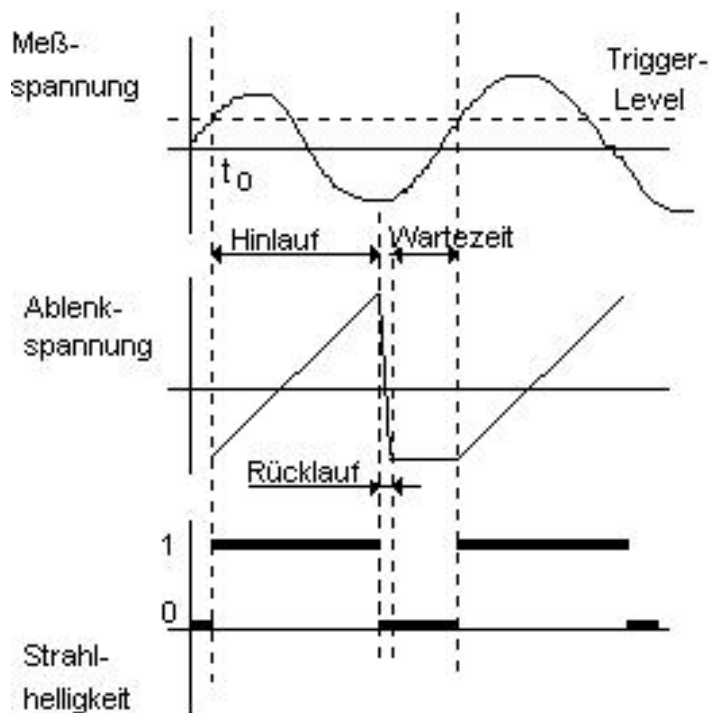
Prinzip, (der einfachste Oszillograph), Funktion:

Hauptbestandteil des Oszillographen ist die Elektronenstrahlröhre. Abhängig, von einem später erklärten Hell- Dunkelsignal, werden Elektronen aus der Katode ausgelöst und in Richtung Schirm beschleunigt. Es entsteht ein gerichteter Elektronenstrahl. (In der Grafik sind die Beschleunigereinrichtungen nicht gezeichnet.) Dieser Strahl wird nun durch je zwei Kondensatorplatten in horizontaler (X), bzw. vertikaler (Y), Richtung abgelenkt. Die Ablenkung ist abhängig von der Polarität und Höhe der Plattenspannung an X und Y. Der auf dem Schirm auftreffende gebündelte Elektronenstrahl erzeugt einen Leuchtpunkt, dessen Farbe und Nachleuchtdauer von der auf der Innenseite des Schirmes aufgetragenen Leuchtschicht abhängt.

Oft wird die X-Ablenkung durch einen eingebauten Zeitgenerator realisiert. Die Y-Ablenkung ist der Meßeingang CH1, mit einem variablen Verstärker gekoppelt. Viele Oszillographen besitzen mehrere unabhängige Eingänge (CH1, CH2, CH3...) für die Y-Ablenkung, womit gleichzeitig mehrere Graphen angezeigt werden können.

Triggerung am Oszillographen:

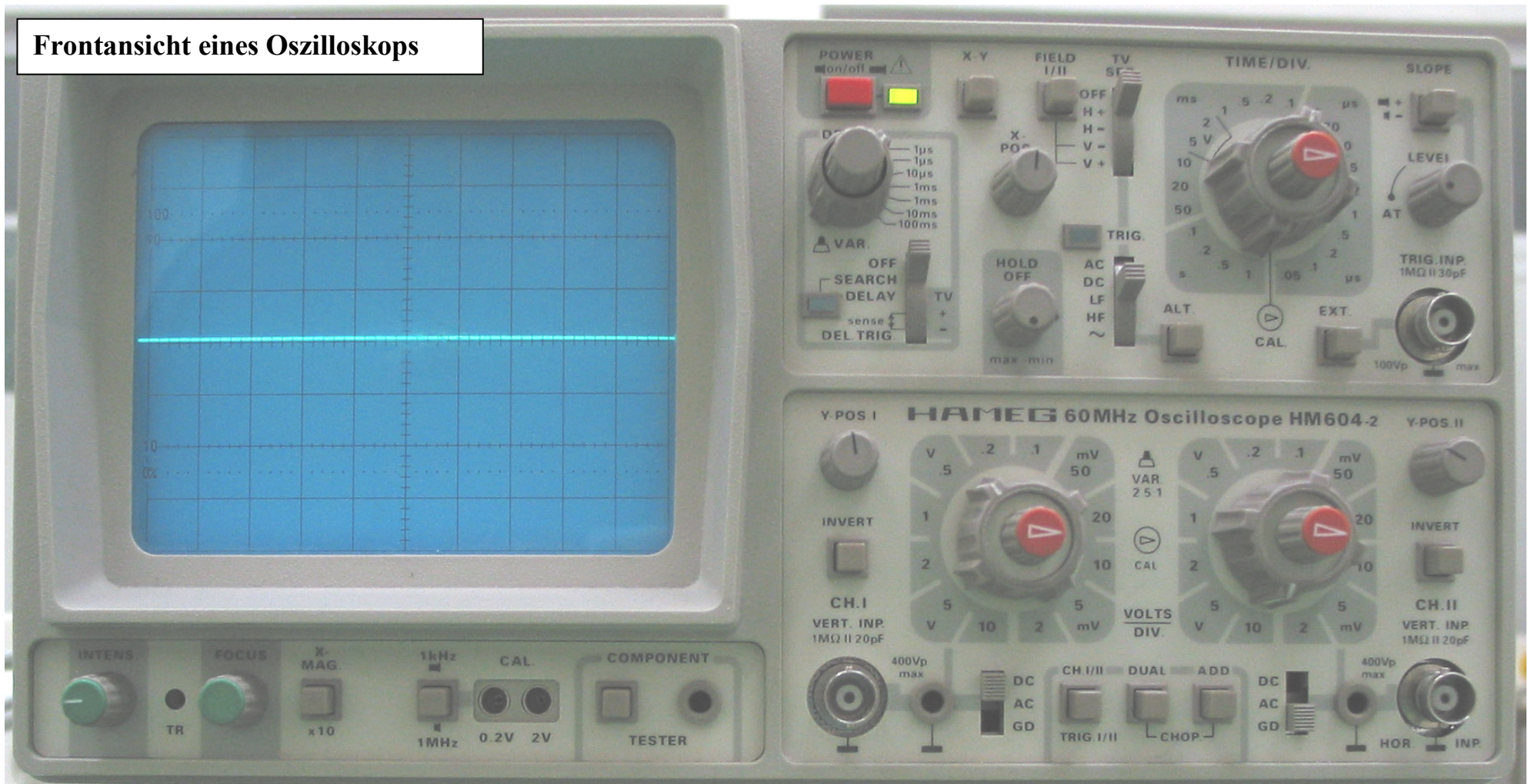
Bislang können mit dem oben angegebenen Oszillographen nur Signale "stehend" auf dem Schirm darstellen werden, die einem ganzzahligen Vielfachen der (Ablenk-)Generatorfrequenz entsprechen. Mit einer Triggerung soll nun auch die Darstellung jeder beliebigen Frequenz als "stehendes" Bild möglich sein, d.h. ein bestimmter Punkt in der Signalkurve an CH1 wird bei jedem neuen Durchlauf der Ablenkspannung an die selbe X-Y-Position geschrieben, es entsteht kein "laufender" Graph. Ein Oszillograph bietet mehrere Trigger-Modes als



Möglichkeit an. Hier soll einer näher beschrieben werden.

Die Triggerung wird zu einem Zeitpunkt t_0 ausgelöst, wenn das Signal der Meßspannung einen bestimmten Wert (einstellbar) erreicht hat (Trigger-Level). Nun wird der Ablenkgenerator eingeschaltet und der Strahlverlauf proportional der Meßspannung dargestellt. Kommt der Strahl am Ende des Schirmes an, so wird er 'dunkel' geschaltet, zum Anfang des Schirmes zurück bewegt und in 'Warte-position' gesetzt, bis erneut die Meßspannung den Trigger-Level erreicht. Dann beginnt der Vorgang von neuem. Der Elektronenstrahl hat nur (Leucht-)Intensität, wenn auch der Ablenkgenerator eingeschaltet ist, sonst ist er dunkel (Hell- Dunkelschaltung). Bei dieser Beschreibung wurde bislang noch keine Aussage zur Funktion 'slope' gemacht. Mit slope wird festgelegt, ob der Trigger-Level in fallender oder steigender (Flanke) Richtung durchlaufen wird. Nur die jeweilige eingestellte Flanke wird dann für die Triggerung akzeptiert.

Frontansicht eines Oszilloskops



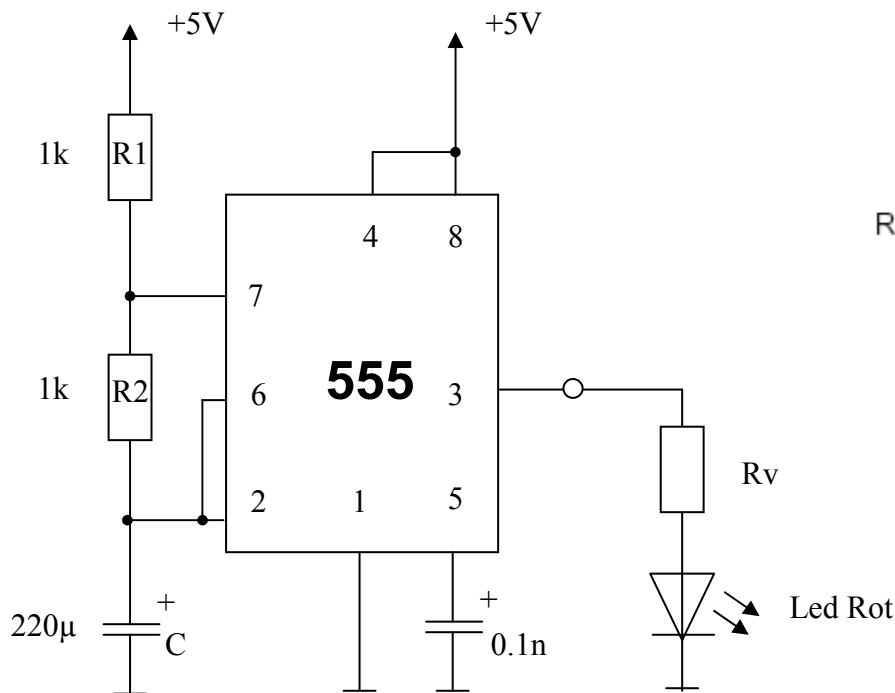
Frontansicht eines Funktionsgenerator



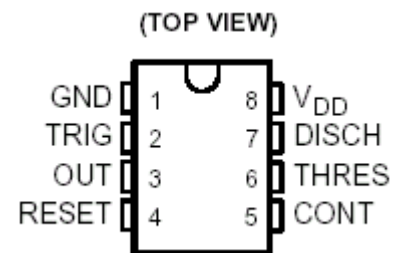
10.) Oszillatorschaltungen

10.1) Rechteckgenerator mit Timer IC – 555

Rechteckoszillator-Beschaltung:



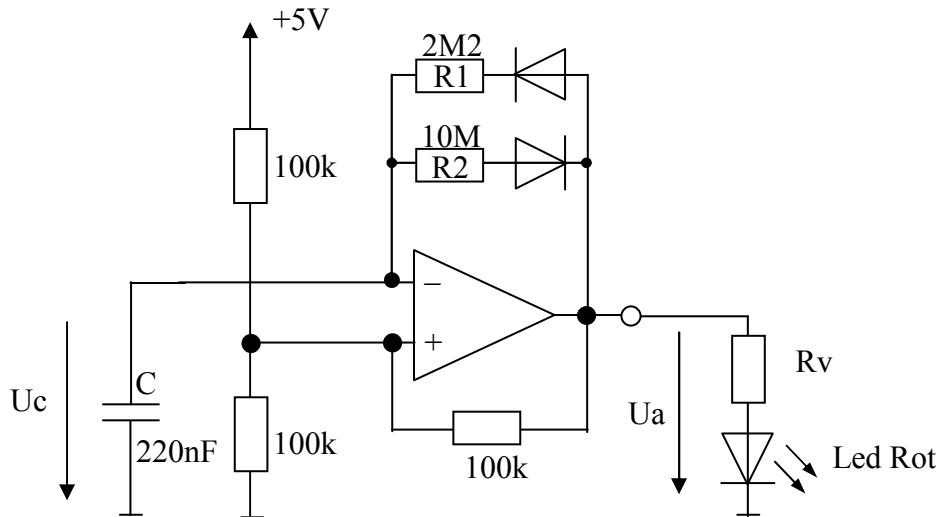
Pinbelegung:



$$\tau_{\text{lade}} = C \cdot (R1 + R2) \quad \tau_{\text{entlade}} = C \cdot R2 \Rightarrow \text{Ladevorgang dauert länger als Entladevorgang.}$$

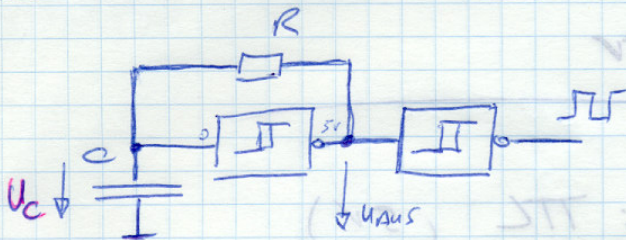
- Abhilfe für gleiche Lade- und Entladezeiten??
- Übe den Umgang mit dem Oszilloskop -
Messe Pin 2 und Pin 3
- Teste einige Widerstands- und Kondensatorenwerte und messe dazu die Frequenz

10.2) Rechteckgenerator mit OPV

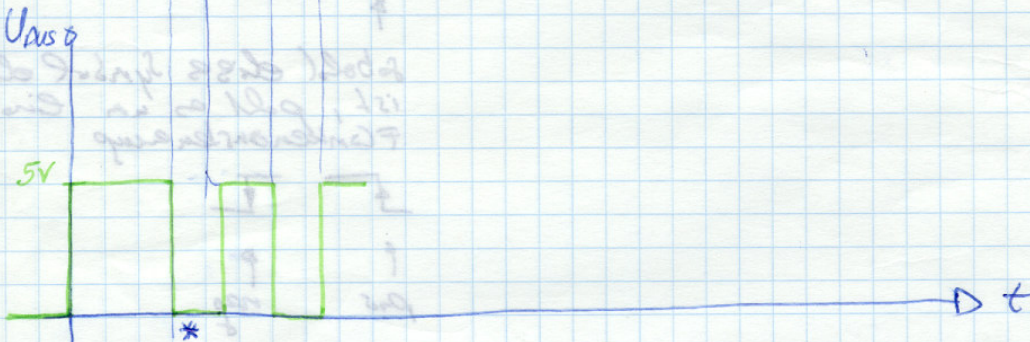
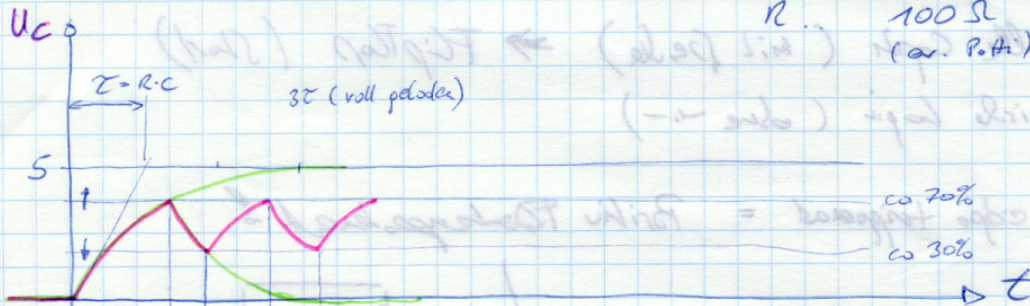


10.3) Rechteckgenerator mit Schmitt-Trigger – IC 4093

Schmitt-Trigger-Oszillator



$$f = \frac{1}{1,95 \cdot R \cdot C} \quad (\text{ev. Faktor } 2)$$

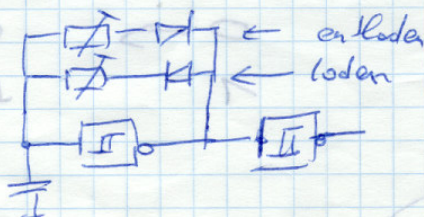


t=0 = EINSCHALTEN (KO ladt sich über R auf)

* nun beginnt sich die KO über den R zu entladen

Erst nach 2. Schmitt-Trigger hab ich super Flanken.

Toswahl ändern

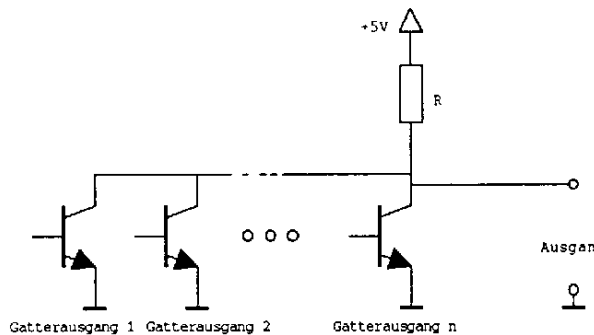


(Handwritten note in a circle: 2V = ...)

Open Collector Ausgänge

Gatter mit offenem Kollektor-Ausgang (Open Collector) besitzen als Ausgangsstufe lediglich einen NPN-Transistor, dessen Emitter an Masse liegt. Solche Ausgänge kann man im Unterschied zu den sonst verwendeten Gegentaktstufen, parallel schalten und mit einem gemeinsamen Kollektorwiderstand (Pull up Widerstand) versehen.

Merke: Open Collector Ausgänge benötigen immer Pull up Widerstand!!!

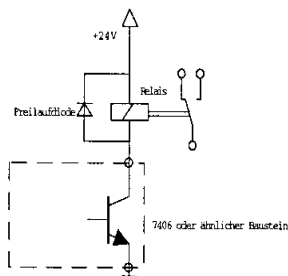


Das Ausgangspotential geht nur dann in den High-Zustand, wenn alle Ausgangstransistoren gesperrt sind. In positiver Logik ergibt sich demnach ein UND-Verknüpfung.

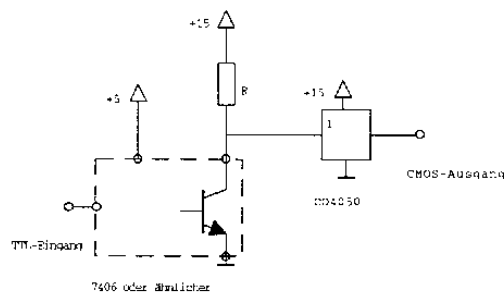
Da die Verknüpfung durch die äußere Verdrahtung erreicht wird, spricht man von **WIRED_AND** bzw. **WIRED-OR**.

Da die Ausgänge nur im Low-Zustand niederohmig sind, bezeichnet man sie auch als **ACTIVE-LOW-AUSGÄNGE**.

Weitere Einsatzbereiche von O.C.-Ausgängen sind die Ansteuerung von Peripheriekomponenten wie z.B. Leuchtdioden, Relais oder Piezosummer



Direkte Ansteuerung eines 24 V-Relais mit dem 7406



Interfaceschaltung von TTL auf CMOS

Schaltung:

