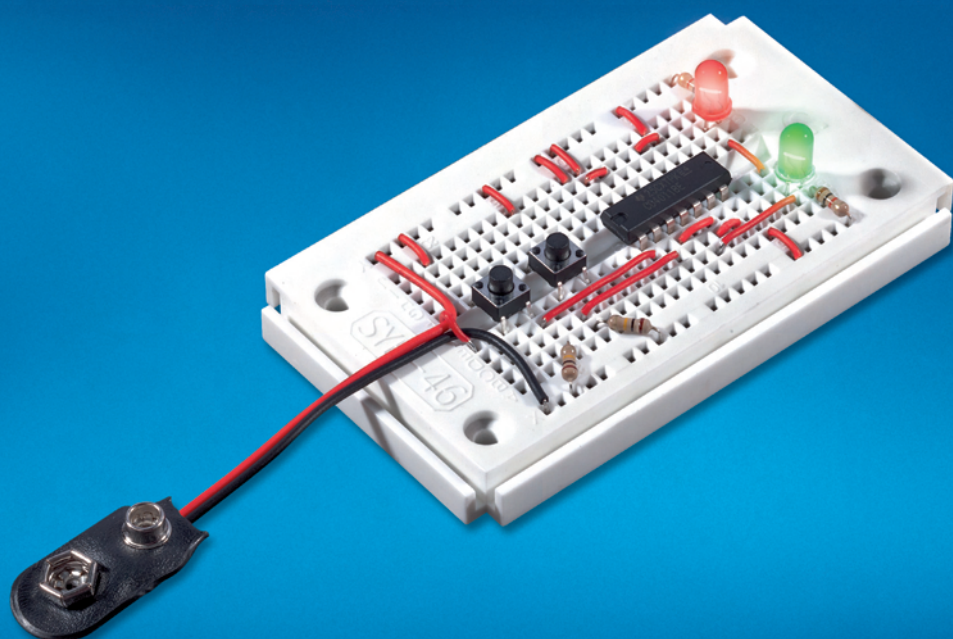


Das Franzis Lernpaket

Digitale Elektronik



FRANZIS

Digitale Elektronik

Das Franzis Lernpaket

Digitale Elektronik

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen und Programme wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und in der Software nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.

Achtung! Augenschutz und LEDs:

Blicken Sie nicht aus geringer Entfernung direkt in eine LED, denn ein direkter Blick kann Netzhautschäden verursachen! Dies gilt besonders für helle LEDs im klaren Gehäuse sowie in besonderem Maße für Power-LEDs. Bei weißen, blauen, violetten und ultravioletten LEDs gibt die scheinbare Helligkeit einen falschen Eindruck von der tatsächlichen Gefahr für Ihre Augen. Besondere Vorsicht ist bei der Verwendung von Sammellinsen geboten. Betreiben Sie die LEDs so wie in der Anleitung vorgesehen, nicht aber mit größeren Strömen.

Liebe Kunden!

Dieses Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen. Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in der beiliegenden Anleitung beschrieben.



Bei jeder anderen Nutzung oder Veränderung des Produktes sind allein Sie für die Einhaltung der geltenden Regeln verantwortlich. Bauen Sie die Schaltungen deshalb genau so auf, wie es in der Anleitung beschrieben wird. Das Produkt darf nur zusammen mit dieser Anleitung weitergegeben werden.

Das Symbol der durchkreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo Sie die nächstgelegene kostenlose Annahmestelle finden, sagt Ihnen Ihre kommunale Verwaltung.



Autor: Burkhard Kainka

Art & Design: www.ideehoch2.de

© 2015 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, 85540 Haar

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Vorwort

Digitale Elektronik ist die Grundlage moderner Computertechnik. Digital heißt, dass es nur eindeutige An- oder Aus-Zustände in einer Schaltung gibt, nicht aber Zwischenstufen wie halb an oder dreiviertel an wie in der analogen Elektronik. Auf den ersten Blick hat man also weniger Möglichkeiten. Wenn man aber viele digitale Leitungen gleichzeitig verwendet, gibt es insgesamt sehr viele unterschiedliche Zustände. Jeden einzelnen Zustand bezeichnet man als ein Bit. Ein 8-Bit-System kann 256 Zustände darstellen, ein 16-Bit-System schon 65536 ($= 2 \text{ hoch } 16$) Zustände. Wenn dann noch alle Zustände schnell wechseln, lassen sich riesige Datenmengen verarbeiten und komplexe Systeme wie z. B. das Internet realisieren.

Die ersten Versuche zur digitalen Elektronik sollten mit möglichst einfachen Bauteilen durchgeführt werden. Ein typischer Grundbaustein ist ein so genanntes Gatter, also eine Schaltung mit Eingängen und einem Ausgang. Der Zustand an den Eingängen bestimmt, was am Ausgang passiert. Ein typisches Beispiel ist das NAND-Gatter. Das im Lernpaket verwendete vierfache NAND-Gatter 4011 erlaubt bereits zahlreiche Schaltungsvarianten. Aus mehreren NAND-Gattern lassen sich Schaltungen mit anderen Funktionen aufbauen. Sogar ein ganzer Computer ist letztlich aus solchen Grundfunktionen aufgebaut.

Aus Gattern lassen sich z. B. Flipflops oder Speicherbausteine aufbauen, die den zuletzt eingenommenen Zustand behalten. Ein komplexeres Flipflop ist das JK-Flipflop, das intern ebenfalls aus Gatterfunktionen aufgebaut ist. Das Lernpaket enthält ein doppeltes JK-Flipflop 4027. Als drittes IC ist ein Zählerbaustein 4040 mit einer Teilerkette aus zwölf Flipflops im Lernpaket enthalten. Damit lassen sich Binärzahlen darstellen und Frequenzen bis zu 4096-fach herunterteilen. Alle drei ICs gehören zur CMOS-Familie 4000 und dürfen mit Betriebsspannungen zwischen 3 V und 15 V betrieben werden. Damit eignen sie sich hervorragend für einfache Experimente und für den Batteriebetrieb mit 9 V.

Viel Erfolg beim Experimentieren!

Ihr Burkhard Kainka



Inhaltsverzeichnis

1	Bauteile.....	9
1.1	Das Steckfeld.....	10
1.2	Die Batterie	11
1.3	Leuchtdioden	12
1.4	Widerstände.....	13
1.5	Kondensatoren	15
1.6	Tastschalter.....	15
1.7	Vierfaches NAND-Gatter 4011	16
1.8	Zweifaches JK-Flipflop 4027	17
1.9	Zwölfach-Teiler 4040.....	17
2	Experimente mit Logik-Gattern	19
2.1	Inverter	19
2.2	Berührungsschalter.....	21
2.3	NAND-Grundfunktion	23
2.4	AND-Gatter.....	25
2.5	OR-Gatter	27
2.6	NOR-Gatter	29
3	Kippschaltungen aus NAND-Gattern.....	31
3.1	RS-Flipflop.....	31
3.2	Blinkschaltung.....	33
3.3	Doppelblinker	35
3.4	Variable Frequenz	37
4	Das Zweifach-Flipflop 4027.....	39
4.1	Frequenzteiler	39
4.2	Teiler durch 4	42
4.3	Stop and Go.....	47
4.4	Set und Reset.....	49

4.5	JK-Flipflop	50
4.6	Schieberegister.....	54
4.7	Phasenverschiebung 90 Grad	58
5	Decoder.....	63
5.1	Bit-Decoder	63
5.2	Eins-aus-Vier-Decoder	65
5.3	Bit-Decoder und Synchronzähler	67
6	Teilerketten mit dem 4040.....	71
6.1	Teiler durch 2	71
6.2	Vier-Bit Binärzähler.....	74
6.3	Zähler zurücksetzen	79
6.4	Besondere Blinkmuster.....	81
6.5	Teiler durch 10.....	83

1 Bauteile

Hier sollen zunächst alle Bauteile des Lernpakets vorgestellt werden. Die einzelnen Versuche werden auf einer Steckplatine durchgeführt. Zu jedem Versuch gibt es ein Schaltbild und ein Aufbaufoto. Das Foto ist jeweils nur als Vorschlag zu verstehen, Sie können die Bauteile auch anders anordnen. Die Anschlussdrähte der einzelnen Bauteile wurden wegen der besseren Übersicht teilweise für die Fotos gekürzt. Verwenden Sie jedoch die Anschlussdrähte ungekürzt, damit sie auch noch für weitere Versuche einsetzbar bleiben.

1 Vierfach-NAND-Gatter 4011

1 Zweifach-JK-Flipflop 4027

1 Zwölfstufiger Teiler 4040

1 Steckplatine

1 m Draht

1 Batterieclip

2 Tastschalter

4 rote Standard-LEDs

1 grüne LED mit internem Vorwiderstand 1 k Ω

1 gelbe LED mit internem Vorwiderstand 1 k Ω

1 blaue LED mit internem Vorwiderstand 1 k Ω

1 weiße LED mit internem Vorwiderstand 1 k Ω

3 Widerstände 1 k Ω

3 Widerstände 10 k Ω

2 Widerstände 100 k Ω

2 Widerstände 2,2 M Ω

2 Keramische Kondensatoren 100 nF

1.1 Das Steckfeld

Alle Versuche werden auf einer Labor-Experimentierplatine aufgebaut. Das Steckfeld mit insgesamt 270 Kontakten im 2,54-mm-Raster sorgt für sichere Verbindungen der Bauteile.

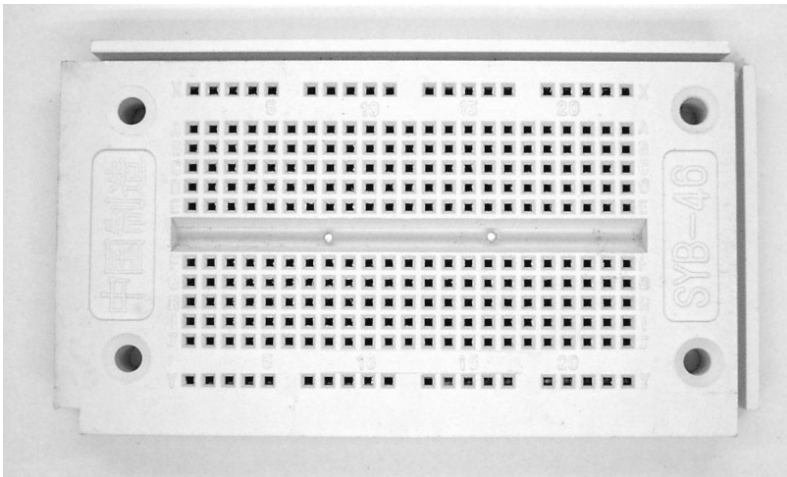


Abb. 1.1: Das Experimentierfeld

Das Steckfeld hat im mittleren Bereich 230 Kontakte, die jeweils durch vertikale Streifen mit fünf Kontakten leitend verbunden sind. Zusätzlich gibt es am Rand 40 Kontakte für die Stromversorgung, die aus zwei horizontalen Kontaktfederstreifen mit 20 Kontakten bestehen. Das Steckfeld verfügt damit über zwei unabhängige Versorgungsschienen. Abb. 1.2 zeigt alle internen Verbindungen. Man erkennt die kurzen Kontaktreihen im Mittelfeld und die langen Versorgungsschienen am Rand.

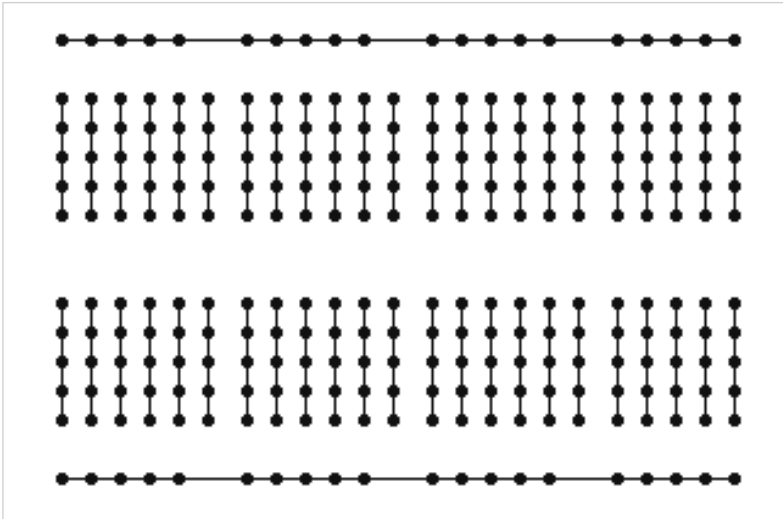


Abb. 1.2: Die internen Kontaktreihen

Das Einsetzen von Bauteilen benötigt relativ viel Kraft. Die Anschlussdrähte knicken daher leicht um. Wichtig ist, dass die Drähte exakt von oben eingeführt werden. Dabei hilft eine Pinzette oder eine kleine Zange. Ein Draht wird möglichst kurz über dem Steckbrett gepackt und senkrecht nach unten gedrückt. So lassen sich auch empfindliche Anschlussdrähte wie die verzinnenden Enden des Batterieclips einsetzen.

Für die Versuche benötigen Sie kurze und längere Drahtstücke, die Sie passend von dem beiliegenden Schalt draht abschneiden müssen. Zum Abisolieren der Drahtenden hat es sich als praktisch erwiesen, die Isolierung mit einem scharfen Messer rundherum einzuschneiden.

1.2 Die Batterie

Die folgende Übersicht zeigt Ihnen die Bauteile in ihrem realen Aussehen und als Schaltsymbole, wie sie in den Schaltplänen verwendet werden. Statt einer Batterie könnte z. B. auch ein Steckernetzteil verwendet werden.

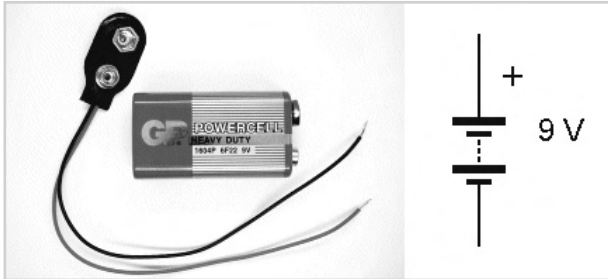


Abb. 1.3: Die Batterie und ihr Schaltsymbol

Verwenden Sie keine Alkali-Batterie und keinen Akku, sondern nur einfache Zink-Kohle-Batterien. Zwar weist eine Alkali-Batterie eine größere Lebensdauer auf, sie liefert jedoch im Fehlerfall, z. B. bei einem Kurzschluss, ebenso wie ein Akku sehr große Ströme bis über 5 A, die dünne Drähte oder die Batterie selbst stark erhitzen können. Der Kurzschlussstrom einer Zink-Kohle-Blockbatterie ist dagegen meist kleiner als 1 A. Damit können zwar bereits empfindliche Bauteile zerstört werden, eine Verbrennungsgefahr besteht aber nicht.

Der beiliegende Batterieclip besitzt ein Anschlusskabel mit biegsamer Litze. Die Kabelenden sind abisoliert und verzinnt. Sie sind damit steif genug, um sie in die Kontakte des Steckbretts zu stecken. Allerdings können sie durch häufiges Stecken ihre Form verlieren. Es wird daher empfohlen, die Batterieanschlüsse immer angeschlossen zu lassen und nur den Clip von der Batterie abzuziehen.

1.3 Leuchtdioden

Das Lernpaket enthält vier rote Standard-LEDs. Bei allen Leuchtdioden muss grundsätzlich die Polung beachtet werden. Der Minus-Anschluss heißt Kathode und liegt am kürzeren Anschlussdraht. Der Plus-Anschluss ist die Anode. Im Inneren der LED erkennt man einen kelchartigen Halter für den LED-Kristall, der an der Kathode liegt. Der Anodenanschluss ist mit einem extrem dünnen Drähtchen mit einem Kontakt auf der Oberseite des Kristalls verbunden. Achtung, anders als Glühlämpchen dürfen

Standard-LEDs niemals direkt mit einer Batterie verbunden werden. Es ist immer ein Vorwiderstand nötig.

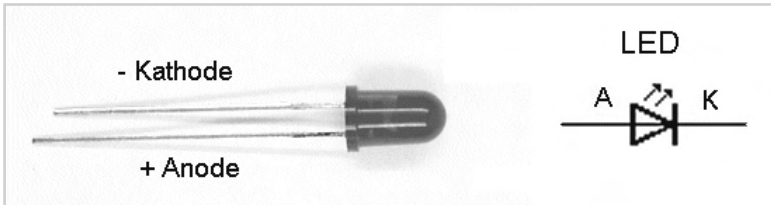


Abb. 1.4: Die Leuchtdiode

Zusätzlich gibt es vier farbige Spezial-LEDs mit eingebauten Vorwiderständen von etwa 1 k Ω . Man kann den Widerstand als kleinen Block auf dem Kathodenanschluss erkennen. Diese LEDs erleichtern den Aufbau bei beengten Platzverhältnissen auf der Steckplatine, weil sie ohne einen externen Vorwiderstand betrieben werden dürfen.

1.4 Widerstände

Die Widerstände im Lernpaket sind Kohleschichtwiderstände mit Toleranzen von $\pm 5\%$. Das Widerstandsmaterial ist auf einen Keramikstab aufgebracht und mit einer Schutzschicht überzogen. Die Beschriftung erfolgt in Form von Farbringen. Neben dem Widerstandswert ist auch die Genauigkeitsklasse angegeben.

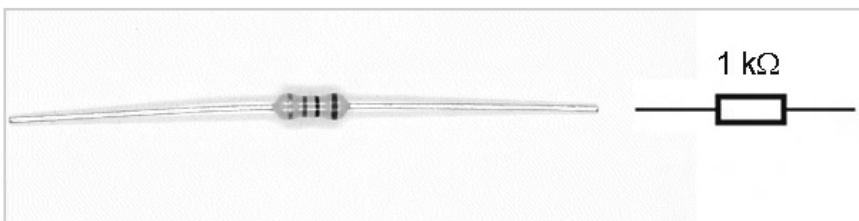


Abb. 1.5: Ein Widerstand

Widerstände mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ gibt es in den Werten der E24-Reihe, wobei jede Dekade 24 Werte mit etwa gleichmäßigem Abstand zum Nachbarwert enthält.

Tabelle 1.1: Widerstandswerte nach der Normreihe E24

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1
5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Der Farbcode wird ausgehend von dem Ring gelesen, der näher am Rand des Widerstands liegt. Die ersten beiden Ringe stehen für zwei Ziffern, der dritte für einen Multiplikator des Widerstandswerts in Ohm. Ein vierter Ring gibt die Toleranz an.

Tabelle 1.2: Der Widerstands-Farbcode

<i>Farbe</i>	<i>Ring 1 1. Ziffer</i>	<i>Ring 2 2. Ziffer</i>	<i>Ring 3 Multiplikator</i>	<i>Ring 4 Toleranz</i>
schwarz		0	1	
braun	1	1	10	1%
rot	2	2	100	2%
orange	3	3	1000	
gelb	4	4	10000	
grün	5	5	100000	0,5%
blau	6	6	1000000	
violett	7	7	10000000	
grau	8	8		
weiß	9	9		
Gold			0,1	5%
Silber			0,01	10%

Ein Widerstand mit den Farbringen Gelb, Violett, Braun und Gold hat den Wert 470 Ohm bei einer Toleranz von 5%. Im Lernpaket befinden sich Widerstände der folgenden Werte:

1 k Ω	Braun, Schwarz, Rot
10 k Ω	Braun, Schwarz, Orange
100 k Ω	Braun, Schwarz, Gelb
2,2 M Ω	Rot, Rot, Grün

1.5 Kondensatoren

Ein Kondensator besteht aus zwei Metallflächen und einer Isolierschicht. Legt man eine elektrische Spannung an, bildet sich zwischen den Kondensatorplatten ein elektrisches Kraftfeld, in dem Energie gespeichert ist. Die Kapazität eines Kondensators wird in Farad (F) gemessen. Das Isoliermaterial (Dielektrikum) vergrößert die Kapazität gegenüber Luftisolation. Die keramischen Scheibenkondensatoren verwenden ein spezielles Keramikmaterial, mit dem man große Kapazitäten bei kleiner Bauform erreicht. Das Lernpaket enthält zwei keramische Scheibenkondensatoren mit 100 nF (Beschriftung 104, 100.000 pF).

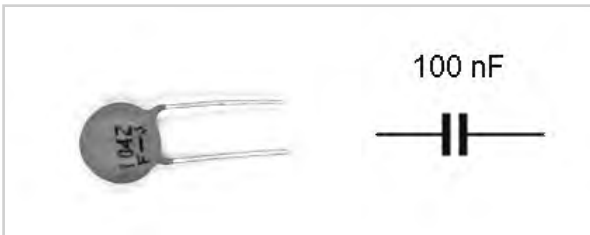


Abb. 1.6: Ein keramischer Kondensator

1.6 Tastschalter

Die Tastschalter im Lernpaket besitzen einen Schließerkontakt mit zwei Anschlüssen, die jeweils doppelt herausgeführt sind.

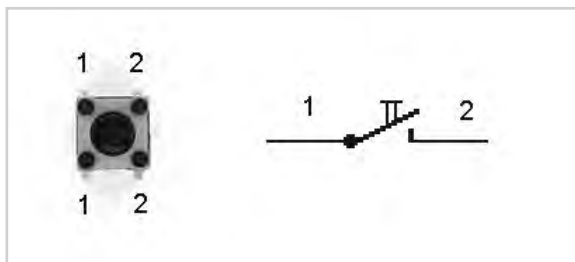


Abb. 1.7:
Der Tastschalter

1.7 Vierfaches NAND-Gatter 4011

Eine integrierte Schaltung (IC) enthält viele Bauteile in einem Gehäuse. Beim 4011 handelt es sich um ein CMOS-IC mit vier NAND-Gattern. Das IC ist gut gegen elektrostatische Entladungen geschützt und muss nicht mit besonderer Vorsicht behandelt werden. Achten Sie darauf, dass die Betriebsspannung richtig herum angeschlossen wird. Baut man das IC falsch herum ein, erhitzt es sich stark und wird zerstört. Beim ersten Einsetzen in die Steckplatine müssen die 14 Anschlussbeinchen parallel ausgerichtet werden.

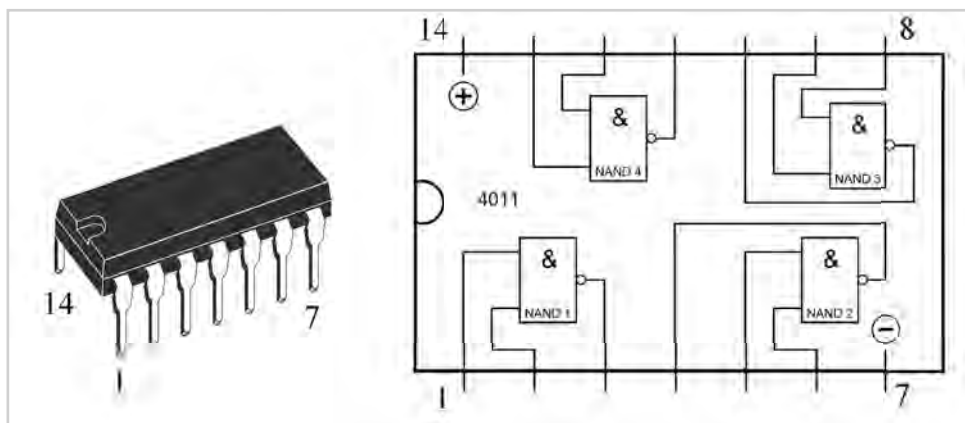


Abb. 1.8: Das CMOS-IC 4011

1.8 Zweifaches JK-Flipflop 4027

Der 4027 ist ein CMOS-IC mit 16 Anschlüssen. Es enthält zwei unabhängige JK-Flipflops. Wie bei allen ICs ist besonders der korrekte Anschluss der Betriebsspannung zu beachten. Die Betriebsspannung darf bei allen ICs der 40xx-Serie zwischen 3 V und 15 V betragen.

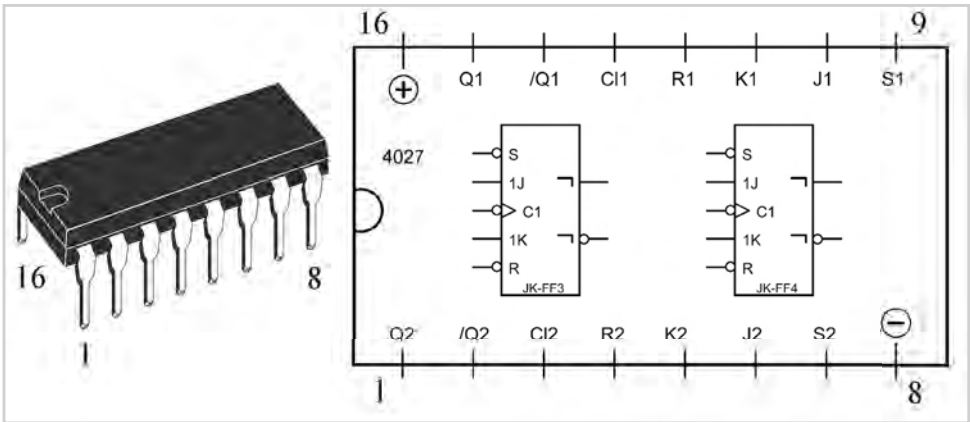
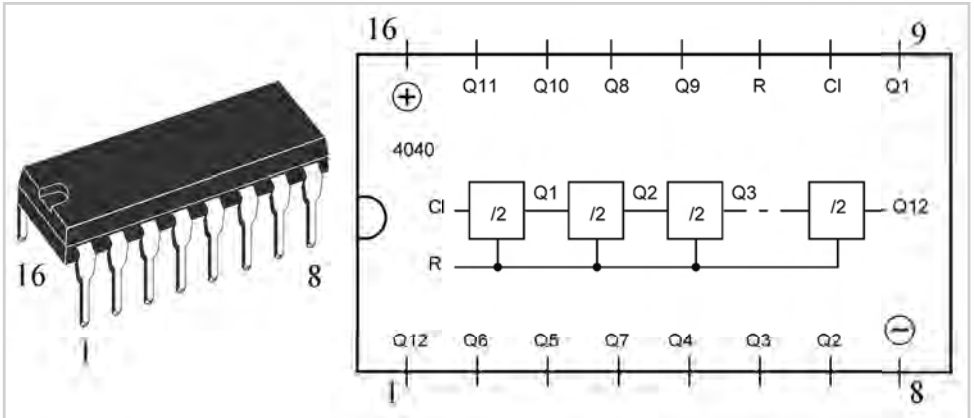


Abb. 1.9: Das CMOS-IC 4027

1.9 Zwölfach-Teiler 4040

Der 4040 ist ein CMOS-Baustein mit ebenfalls 16 Anschlüssen. Er enthält eine Kette von zwölf Teiler-Flipflops. Eine gemeinsame Reset-Leitung ermöglicht es, alle Ausgänge auf Null zu setzen.



2 Experimente mit Logik-Gattern

Das CMOS-IC 4011 enthält vier unabhängige NAND-Gatter mit je zwei Eingängen. Daraus lassen sich zahlreiche andere Grundfunktionen vom Inverter bis zum NOR-Gatter aufbauen. Das erlaubt einen Einblick in die logischen Grundfunktionen der digitalen Elektronik. Letztlich sind sogar ganze Mikroprozessoren aus immer gleichen Grundbausteinen zusammengesetzt.

2.1 Inverter

Ein erster Versuch zeigt den Einsatz des ICs an einer Batteriespannung von 9 V und den Anschluss von LEDs. Beim Einbau ist unbedingt auf die rich-

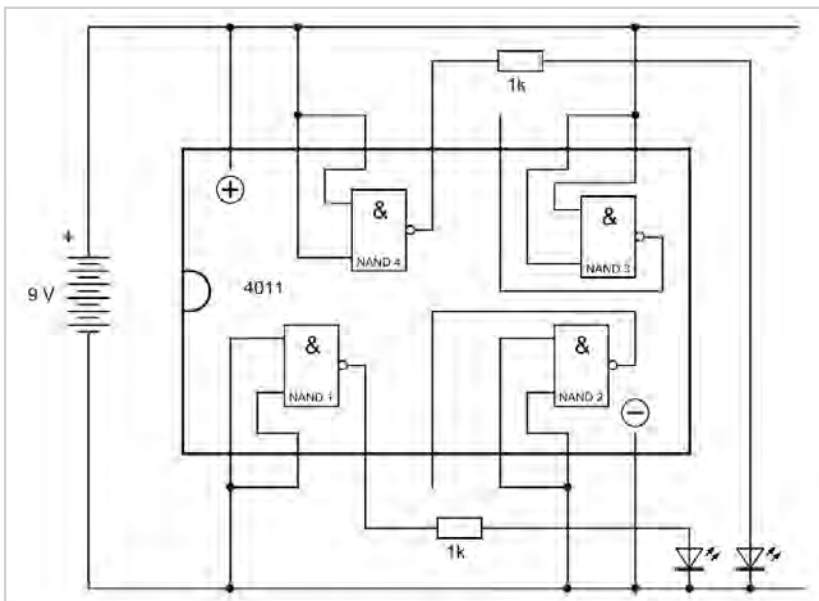


Abb. 2.1: Testschaltung mit NAND-Gattern

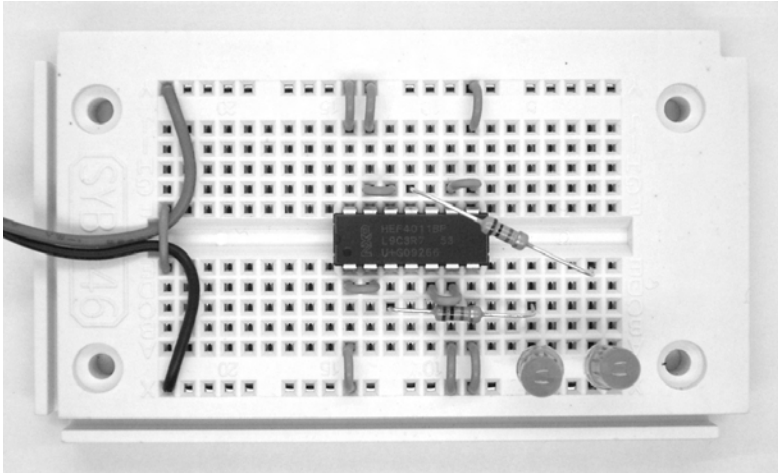


Abb. 2.2: Aufbau auf der Steckplatine

tige Polung zu achten. Der Plus-Anschluss wird auch als Vcc bezeichnet, der Minus-Anschluss als GND (Ground, Masse, Erde). Bei allen CMOS-ICs muss beachtet werden, dass nicht verwendete Eingänge entweder an Vcc oder an GND gelegt werden. Offene Eingänge können zu erhöhter Stromaufnahme und zu Fehlfunktionen der Schaltung führen. Offene Ausgänge sind dagegen erlaubt.

Die Schaltung verwendet nur zwei der vier NAND-Gatter (NAND 1 und NAND 4). Beide Eingänge sind jeweils verbunden. Damit wird das NAND-Gatter zu einem Inverter. Ein Eingangszustand Null wird zu einem Ausgangszustand Eins und umgekehrt. Am Ausgang ist jeweils eine LED mit ihrem Vorwiderstand angeschlossen. Bei diesem Versuch leuchtet die linke LED, während die rechte LED aus bleibt.

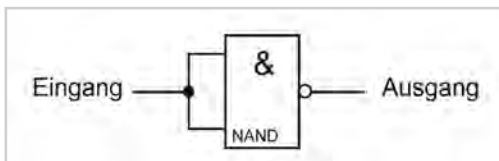


Abb. 2.3: Ein NAND-Gatter als Inverter

Die Funktion der Schaltung lässt sich durch eine so genannte Wahrheitstabelle darstellen. Beim unteren Gatter (NAND 1) liegt der Eingang an GND (0), der Ausgang ist deshalb eingeschaltet (1). Beim oberen Gatter (NAND 4) liegt der Eingang an Vcc (1), der Ausgang ist deshalb aus (0).

<i>Eingang</i>	<i>Ausgang</i>
0	1
1	0

2.2 Berührungsschalter

Dieser Versuch verwendet ein Gatter als Inverter mit offenem Eingang. Der Eingang erhält einen Schutzwiderstand von 100 k Ω und darf mit dem Finger berührt werden. Falls Sie stark elektrisch aufgeladen sind, begrenzt der Schutzwiderstand den Entladestrom.

Der Ausgangszustand dieser Schaltung kann nicht vorausgesagt werden, weil der Eingang extrem hochohmig ist und eine zufällige Ladung tragen kann. Wenn die Eingangsspannung deutlich über der halben Betriebsspannung (4,5 V) liegt, gilt der Zustand als 1, deutlich darunter als 0. Tatsächlich gibt es auch eine mittlere Eingangsspannung, bei der der Ausgang ebenfalls im mittleren Bereich liegt. Die digitale Schaltung arbeitet dann ähnlich wie ein analoger Verstärker. Dieser Zustand soll aber im Normalfall vermieden werden, weil das IC dann deutlich mehr Strom benötigt. Außerdem kann ein unbestimmter Eingangszustand die Funktion einer digitalen Schaltung stören. Offene Eingänge müssen vermieden werden. Dieser Versuch vermittelt jedoch einen Eindruck davon, wie sich ein offener Eingang verhalten kann.

Oft reicht eine leichte Berührung mit dem Finger, um den Zustand zu ändern. Meist besitzt Ihr Körper durch geringe kapazitive Kopplung mit den umgebenden Netzleitungen eine gewisse Wechselspannung. Am Ausgang sieht man dann ein schnelles 50-Hz-Flackern der LED. Lässt man den Eingang los, dann bleibt der letzte Zustand für einige Zeit erhalten.

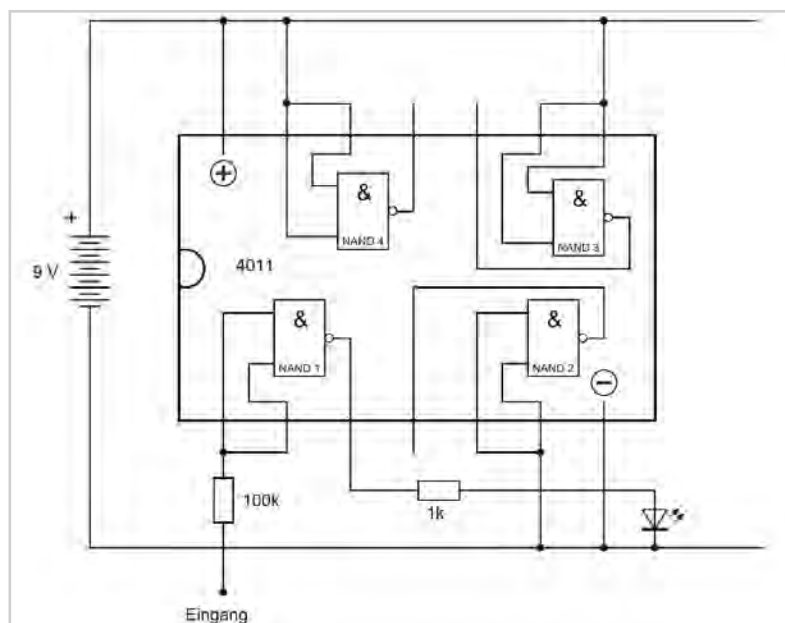


Abb. 2.4: Inverter mit offenem Eingang

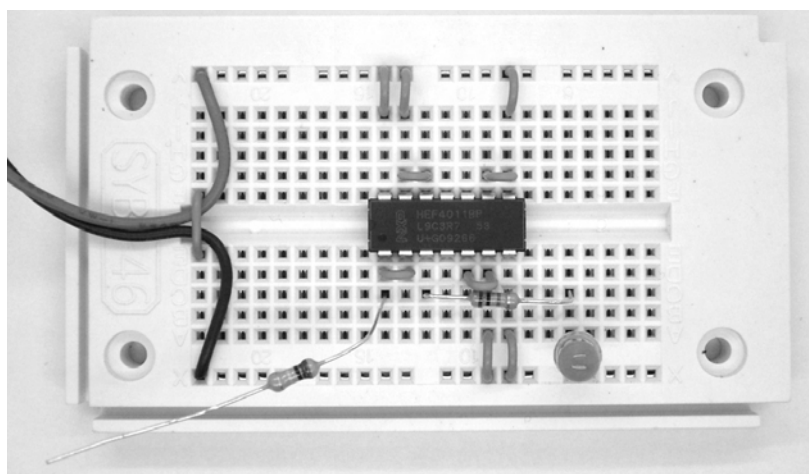


Abb. 2.5: Aufbau mit Berührungskontakt

Das Franzis Lernpaket

Digitale Elektronik

Mit diesem Lernpaket fällt der Einstieg in die Welt der digitalen Elektronik spielerisch leicht. 25 Praxis-Projekte laden ein zum großen Experimentierspaß. Detaillierte Schaltpläne und Aufbauzeichnungen sorgen für schnelle Orientierung und perfekte Umsetzung.

Alles ganz einfach: Gatter, Flipflops und Zähler

Grundlagenwissen schnell trainiert: Von der einfachen Schaltung zum komplexen System: Steigern Sie sich Schritt für Schritt. Die Experimente verwenden drei digitale CMOS-ICs, das Vierfach-NAND-Gatter 4093, das Zweifach-JK-Flipflop 4027 und den zwölfstufigen Teiler 4040. Damit führt Sie das Lernpaket vom Einstieg in die digitale Elektronik bis hin zur Planung eigener Schaltungsvarianten. So macht Elektronik Spaß.

Setzen Sie Ihre Elektronikprojekte in die Tat um

Die ausführliche und detaillierte Experimentieranleitung hilft, die ersten Hürden zu meistern. Von Experimenten mit Logik-Gattern bis zu Teilketten mit dem 4040 – hier finden Sie alles, was Sie brauchen! Die 26 Bauteile in diesem Lernpaket machen die oft umständliche Suche nach passenden Elektronik-Bausteinen überflüssig.

Projekte, die wirklich funktionieren

Franzis Lernpakete zeichnen sich durch hohe Qualität und leichte Umsetzbarkeit auch für Einsteiger aus. Alle Experimente wurden auf ihre Praxistauglichkeit getestet. Sie können also sicher sein, dass auch bei Ihnen zu Hause alles klappt. Franzis Lernpakete halten, was sie versprechen – Projekte, die wirklich funktionieren!

*Jetzt experimentieren Sie ohne Zeitverlust.
Die mitgelieferte Laborsteckplatine garantiert
den schnellen Aufbau der Schaltungen.*

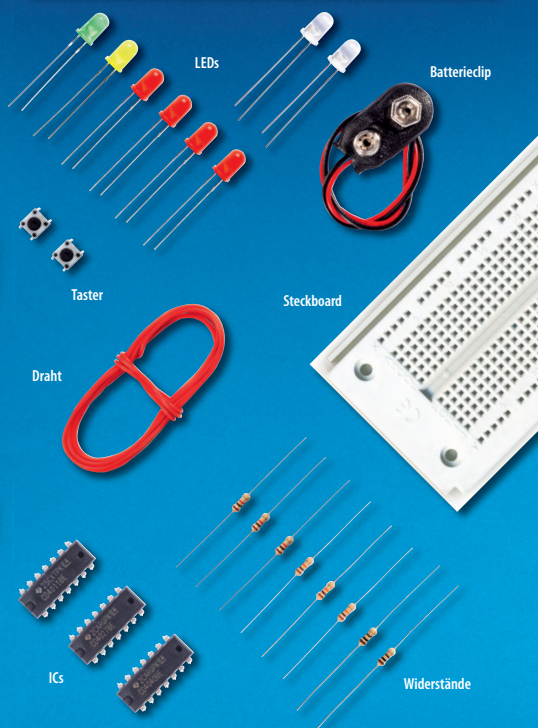
Zusätzlich erforderlich: 9-V-Blockbatterie

Mehr Bücher, Elektronik, Software und mehr unter www.elo-web.de

Diese Projekte führen Sie durch:

- Logische Grundschaltungen
- Berührungsschalter
- Einfach- und Doppelblinker
- Reset-Set-Schalter
- Frequenzteiler
- Datenspeicher
- Digitale Zähler
- Zeitgeber
- Blinkmuster-generator
- ... und vieles mehr

Die Bauteile im Überblick



Für Kinder unter 14 Jahren
nicht geeignet!



ISBN 978-3-645-65315-2



FRANZIS