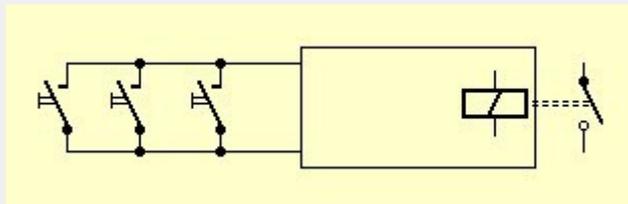


Das universelle Relais-Schaltmodul: Teil 1



Es gibt zahlreiche Aufgaben, die üblicherweise mit einem Relais gelöst werden. Nur eine davon ist das sog. Stromstoß-Relais, das über einen einzelnen Taster abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird. Da man meist nur ein normales Relais hat, muss eine geeignete Schaltung entwickelt werden.

Kunden oft nach einer solchen Platine fragen. Alles soll auf der Basis eines üblichen Kammrelais mit zwei Umschaltkontakten aufgebaut werden.



Grundprinzip des Stromstoßrelais

Außer der Grundfunktion eines Stromstoßrelais sollen noch weitere Funktionen ermöglicht werden, damit eine Platine möglichst vielseitig verwendet werden kann. Unter anderem sollte eine direkte Steuerung durch einen PC, durch ELEXS oder durch das SIOSLAB-Interface möglich sein.

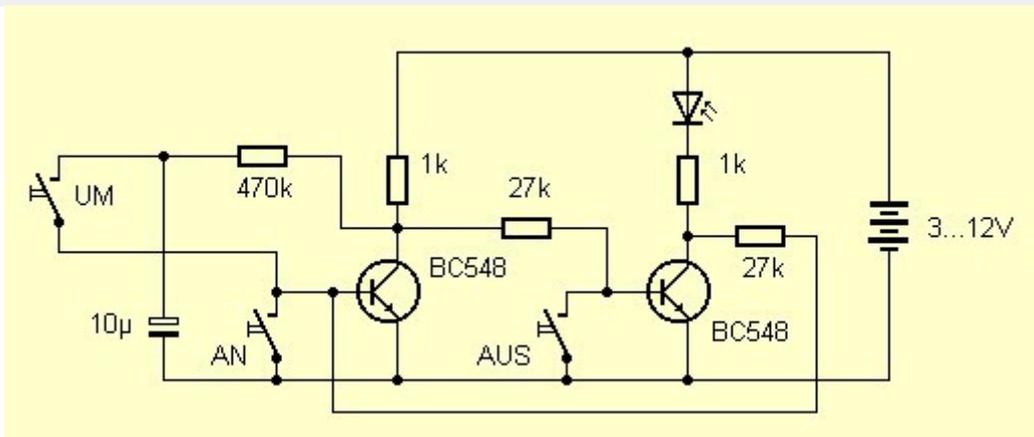
Hier das vorläufige Pflichtenheft:

- Kammrelais mit 2 Umschaltkontakten
- Betrieb an 6 V oder 12 V
- Höchste Störsicherheit
- Sicherheitsabstände für Betrieb an 230 V
- Universelle Einsatzmöglichkeiten
- Steuerung auch durch einen PC
- Platine in Industriequalität

Die Grundfunktion ist das Stromstoßrelais. Beliebig viele Tastschalter können an einer Doppelleitung angeschlossen werden. Jeder Druck auf eine Taste schaltet den aktuellen Zustand um. Für diese Aufgabe soll nun eine geeignete Schaltung gesucht werden.

Ein Transistor-Flipflop

Die Grundlage für das Schaltmodul ist eine Kippschaltung, auch Flip-Flop genannt. Die Transistorschaltung zeigt ein einfaches Flipflop mit einer Gleichspannungs-Rückkopplung und insgesamt drei Tastschaltern. Es handelt sich zunächst um ein RS-Flipflop mit einem Taster für Reset (Aus) und einen für Set (An). Zusätzlich befindet sich am Eingang der gewünschte Anschluss für den Umschalt-Taster. Entscheidend ist hier die Funktion des Elkos. Er lädt sich immer auf die Kollektorspannung auf, solange der Taster noch nicht gedrückt ist. Am Kollektor ist aber die Spannung dann hoch, wenn die Basisspannung klein ist und umgekehrt. Es wird also immer der gegenteilige Zustand der momentanen Schaltstellung gespeichert und bei Anforderung auf die Basis übertragen. Dabei entsteht ein kurzer Impuls, der die Schaltung umkippen lässt.

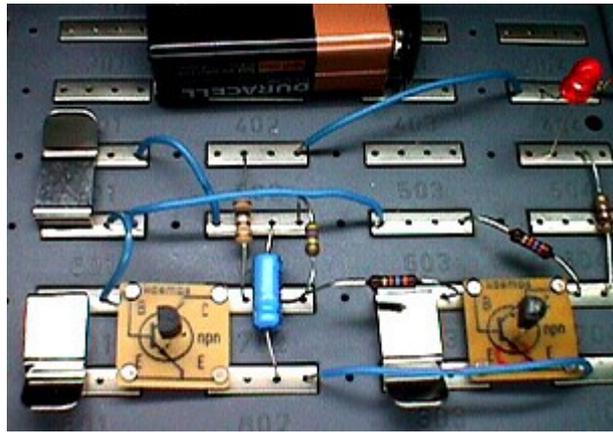


Ein Transistor-Flipflop

Die Schaltung wurde diesmal mit einem Kosmos-Baukasten aufgebaut und getestet, weil das schneller geht als Lötten.

Alles funktioniert wie geplant. Am Ausgang könnte man nun ein Relais anschließen. Allerdings kommen bald erste Zweifel auf, ob so die endgültige Lösung aussehen kann:

- Der Startzustand der Schaltung ist unbestimmt, nach dem Einschalten könnte der Ausgang an oder aus sein.
- Der Eingangstaster liegt weder an der Betriebsspannung noch an Masse. Man könnte also niemals mehrere Schaltungen mit gemeinsamen Drähten verwenden.
- Der Eingang liegt ungeschützt an der Basis. Wenn hier versehentlich Spannung angelegt wird, brennt der Transistor durch.
- Die Schaltung ist nicht sehr störsicher. Größere elektromagnetische Impulse können sie umkippen lassen.
- Der Aufwand an einzelnen Bauteilen erscheint relativ hoch.



Probeaufbau

Der erste Versuch ist also gut, um das Prinzip zu verstehen. Für die endgültige Lösung müssten jedoch noch zahlreiche Veränderungen vorgenommen werden. Da scheint es besser, wenn man nach einer digitalen Schaltung sucht, die diese Aufgabe lösen kann. In die engere Wahl kommt die CMOS-Reihe 40xx, weil diese ICs mit Betriebsspannungen zwischen 3 V und 15 V arbeiten. Der zweifache JK-Flipflop-Baustein CD4027 erscheint ideal für die Aufgabe.

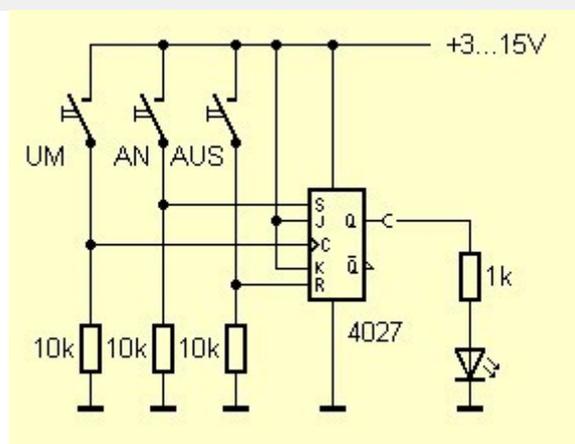
Das JK-Flipflop 4027

Die Grundschiung mit dem 4027 ist bestechend einfach. Und sie funktioniert auch auf Anhieb. Aber leider auch noch nicht ganz perfekt.

Die beiden Eingänge R und S lassen sich problemlos bedienen. Nur mit dem Takteingang gibt es Probleme: Jeder Taster prellt beim Schalten einige Male hin und her, das Flipflop schaltet dabei jedesmal um. Welcher Zustand am Ende stehen bleibt ist Zufall. Also: eine Entprellung muss entwickelt werden.

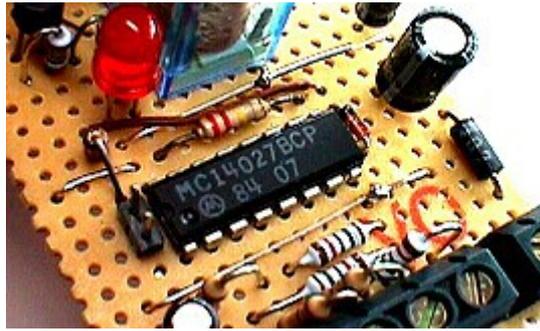
Man kann zum Test ein SIOSLAB an die Eingänge anschließen und dabei sogar noch die Widerstände weglassen. Die Betriebsspannung sollte 5 V sein und vom SIOSLAB entnommen werden. Nun funktioniert auch die Umschaltung wie geplant, denn die Ausgänge des SIOSLAB prellen nicht.

Fazit: Für den endgültigen Einsatz muss die Schaltung noch verbessert werden. Nötig ist eine Entprellung des Takteingangs und außerdem ein besserer Schutz für die CMOS-Eingänge.

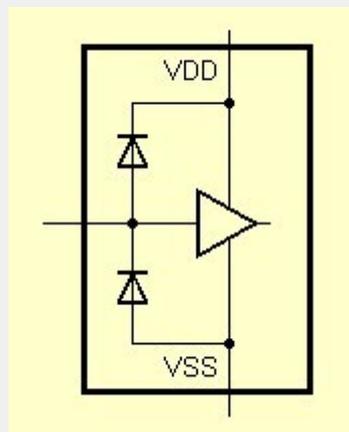


Grundfunktionen des 4027

Das universelle Relais-Schaltmodul: Teil 2



CMOS-ICs muss man an den Eingängen besonders schützen, damit sie nicht beschädigt werden. In der Anfangszeit wurden CMOS-Eingänge oft durch statische Entladungen zerstört. Das ist jetzt nicht mehr so, weil zumindest die 40xxB-Serie Schutzdioden enthält.

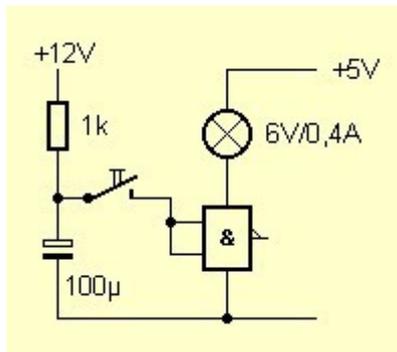


Schutzdioden

Die internen Dioden an jedem Eingang begrenzen die Spannung auf den Bereich $V_{ss} - 0,7\text{ V}$ bis $V_{dd} + 0,7\text{ V}$. Bei einer Betriebsspannung von 5 V werden also keine Spannungen unter $-0,7\text{ V}$ und über $5,7\text{ V}$ zugelassen. Es besteht daher kaum eine Gefahr mehr für die dünne Gate-Isolierung der Eingangstransistoren. Aber man muss unbedingt dafür sorgen, dass der maximale Strom durch die Schutzdioden begrenzt wird. Viel mehr als etwa 1 mA sollten hier niemals fließen.

CMOS-ICs haben oft den sog. Latchup-Effekt. Die Schutzdioden an den Eingängen bilden ungewollt einen Thyristor, der durch einen zu großen Diodenstrom gezündet werden kann. Das führt dann zu einem großen Strom über die Betriebsspannungsanschlüsse. Wer sich schon einmal völlig unerwartet an einem CMOS-IC die Finger verbrannt hat, ist wahrscheinlich ein Opfer dieses Latchup-Effekts geworden.

In der Bastelkiste findet sich vielleicht CMOS-IC, das man sowieso nicht mehr braucht. Damit kann man versuchen, den gefürchteten Zustand mit Absicht herbeizuführen. Die folgende Schaltung erinnert an einen Aufbau mit einem Thyristor. Ein kurzer Stromstoß aus dem Elko kann den parasitären Thyristor zünden und die Lampe einschalten. Allerdings unterscheidet sich die Zündfreudigkeit der ICs unterschiedlicher Hersteller.



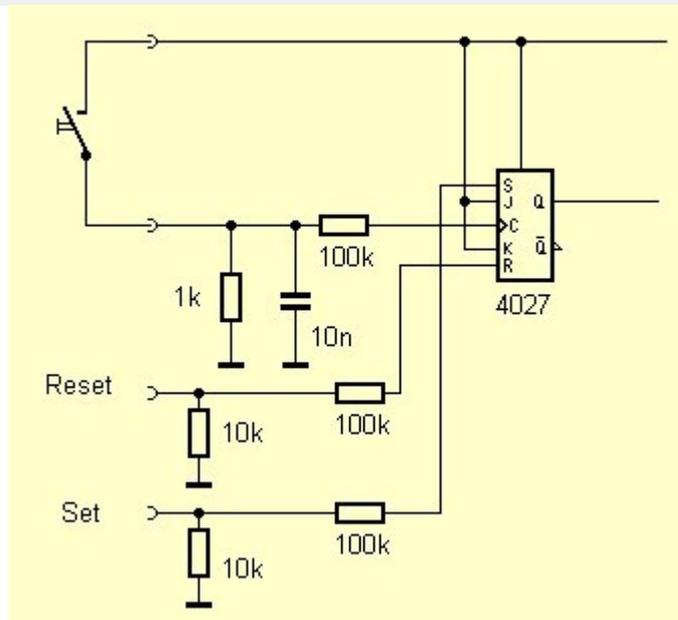
Versuch zum Latchup-Effekt

Eingangsschutzschaltung

Für den normalen Einsatz muss man alles daran setzen, den Latchup-Fall zu verhindern. Lange Leitungen an CMOS-Eingängen sind aber immer ein Risiko. Oft reicht eine versehentliche Berührung, wenn jemand statische Ladungen trägt. Oder ein in der Nähe einschlagender Blitz kann einen großen Spannungsimpuls auf der Leitung erzeugen. Manchmal reichen sogar die Schaltfunken größerer Maschinen, um einen CMOS-Eingang zu beschädigen.

Es gibt unterschiedlich aufwendige Methoden, Spannungsimpulse von den Eingängen fernzuhalten. Am einfachsten ist der Einsatz von hochohmigen Reihenwiderständen mit ca. 100 kOhm. Da die Eingänge selbst sehr hochohmig sind, ändern die Widerstände nichts an der Funktion, solange es nicht um sehr große Signalfrequenzen geht.

Die folgende Schaltung zeigt den Einsatz der Schutzwiderstände für jeden Eingang des 4027. Damit erreicht man eine gute Sicherheit gegen versehentliche Zerstörung durch Fremdspannung an den Eingängen. Zugleich wird hier auch versucht, die Schaltung mit einem einfachen RC-Glied zu entprellen.



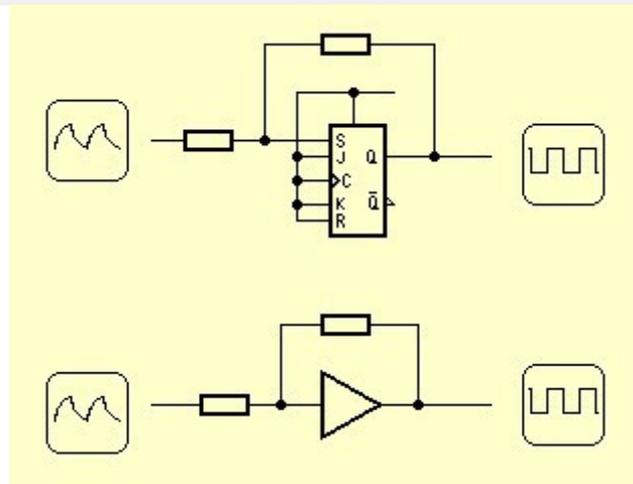
Eingangsschutz und Entprellung

Entprellung

Die Sicherheit gegen Störungen ist nun gegeben. Die Entprellung ist allerdings noch nicht ausreichend. Mit sehr guten Schaltern funktioniert es zwar einwandfrei, in vielen Fällen jedoch nicht. Für einen Schalter mit längerer Prellzeit müsste man die Zeitkonstante erhöhen, also den Kondensator oder seinen Parallelwiderstand vergrößern. Die kurze Zeit zwischen den einzelnen Prellvorgängen reicht dann nicht, um den Kondensator ausreichend zu entladen. Der CMOS-Eingang erkennt einen eindeutigen High-Pegel.

Aber eine große Zeitkonstante führt zu einer geringen Steilheit der abfallenden Flanke. Damit kommt der Clockeingang nicht zurecht. Es entstehen wieder Fehler. Man kann also mit dieser einfachen Entprellung im Einzelfall Erfolg haben, es ergibt sich jedoch keine sichere Lösung.

Die richtige Lösung ist, einen Schmitt-Trigger vorzuschalten. An seinem Ausgang entstehen immer eindeutige Rechtecksignale. Einen Schmitt-Trigger kann man aus einem CMOS-Puffer und zwei Widerständen aufbauen. Der 4027 enthält zwei JK-Flipflops, von denen eines bisher unbenutzt blieb. Unter ganz bestimmten Umständen arbeitet die Schaltung auch als Puffer. Wenn nämlich R und S gleichzeitig hochgesetzt werden, ist der Q-Ausgang grundsätzlich gesetzt. Damit ist der S-Eingang der Eingang des nachgebildeten Puffers, wenn R hochliegt.

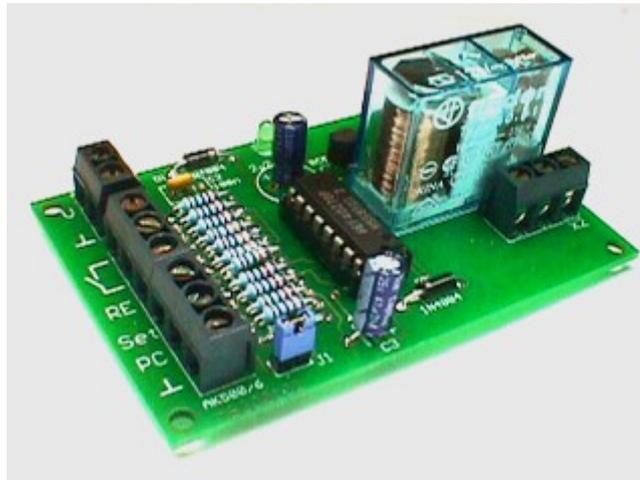


Schmitt-Trigger

Nun sind die einzelnen Elemente der Schaltung entwickelt. Alles muss nur noch zu einer Gesamtschaltung zusammengesetzt werden. Erfahrungsgemäß wird dann noch etwas an den Bauteilen optimiert, bis alles zufriedenstellend arbeitet.

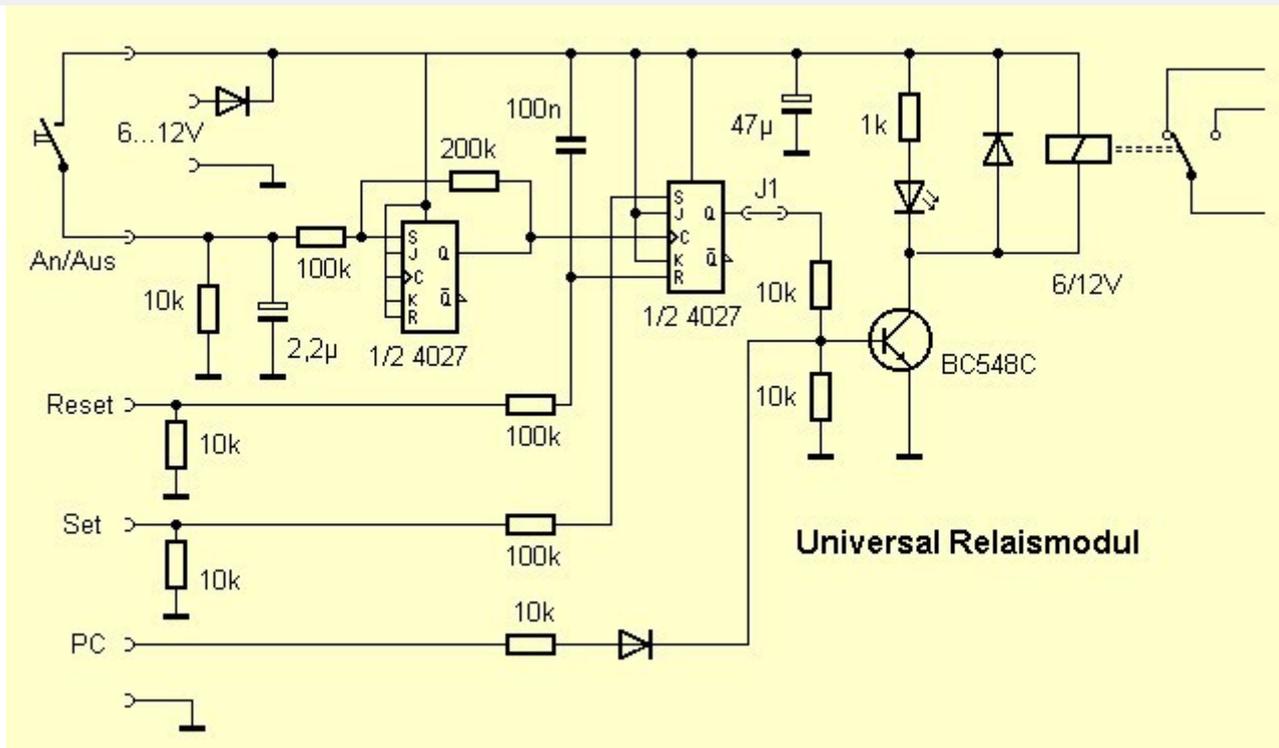
Und wenn der erste Prototyp gut funktioniert, wird eine Platine entworfen. Doch dazu mehr in der nächsten Folge.

Das universelle Relais-Schaltmodul: Teil 3



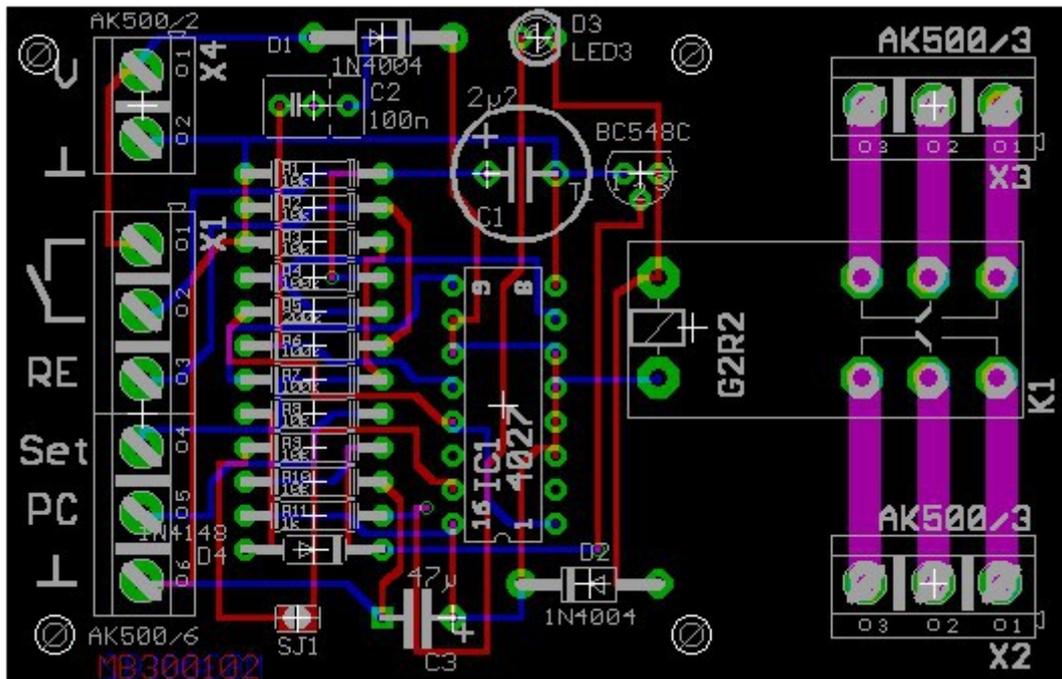
Das fertige Gerät

Nach allen Vorversuchen wurde die endgültige Schaltung des Relais-Schaltmoduls festgelegt und die Platine hergestellt. Jetzt ist alles drin: Entprellung, Set und Reset und ein zusätzlicher Eingang für die Direktsteuerung z.B. über die serielle Schnittstelle eines PCs. Jumper J1 entscheidet darüber, ob Tastensteuerung oder nur die Direktsteuerung möglich sein soll



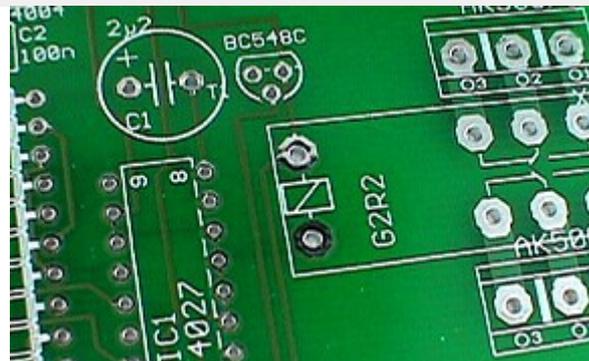
Der komplette Schaltplan

Bei der Entwicklung bis zum fertigen Gerät wurde genau so vorgegangen, wie bei anderen Entwicklungen bei Modul-Bus von der einfachen ELEXS-Platine bis zum SIOSLAB. Am Anfang steht immer ein Testaufbau, meist auf einer Lochrasterplatine. Die fertige Schaltung wird dann mit dem Platinen-Layoutprogramm Eagle zu einer Platine.



Das Platinen-Layout in Eagle

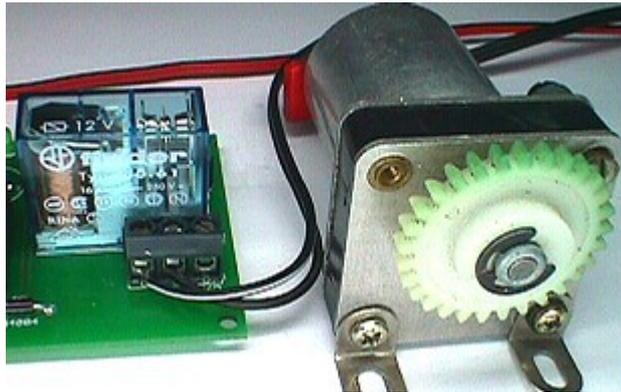
Die Herstellung der Platine übernimmt eine professionelle Leiterplattenfirma nach Daten, die das Programm Eagle liefert. So erhält Modul-Bus Platine in echter Industriequalität mit doppelseitiger Leiterführung, Verzinnung, Lötstopplack, Bestückungsaufdruck und durchkontaktierten Lötbohrungen. Jede Bohrung hat eine stabile Durchkontaktierung, was besonders für den robusten Einsatz mit Schraubklemmen wichtig ist. Hier kann es nicht passieren, dass Leiterbahnen sich durch mechanische Belastungen ablösen oder brechen, auch dann nicht, wenn einzelne Bahnen sich durch große Ströme wiederholt erwärmen. Die Anschlüsse der Relaiskontakte sind übrigens durch besonders dicke Bahnen auf beiden Seiten der Platine mit den Klemmen verbunden, so dass der erlaubte Strom typischer Relais von über 10 A fließen darf.



Die Platine ist im [AK MODUL-BUS Online-Shop](#) einzeln, fertig bestückt oder als Bausatz mit den erforderlichen Bauteilen erhältlich. Eine Teilbestückung ist möglich. Man kann z.B. ohne die Schraubklemmen auskommen und Kabel direkt anlöten. Wer das Modul nur als Schaltstufe für einen PC einsetzen will, kann das IC 4027 und die umgebenden Teile weglassen.

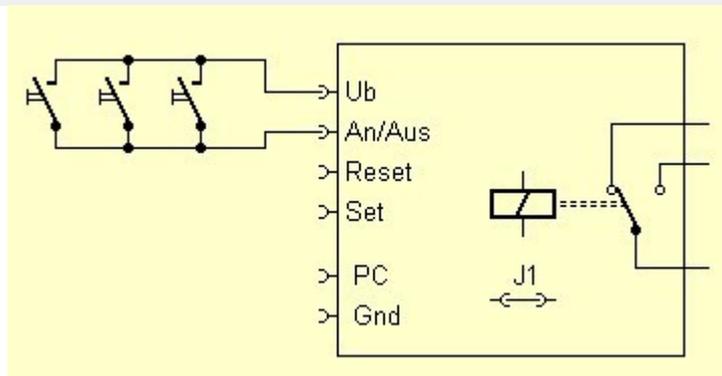
Wichtig ist die Auswahl des Relais. Man kann Typen mit einfachen oder mit doppelten Umschaltkontakten und mit Spulen für 6 V oder 12 V verwenden. Die Platine ist für beide Betriebsspannungen ausgelegt. In Kürze wird über mögliche Einsatzbereiche berichtet.

Das universelle Relais-Schaltmodul: Teil 4

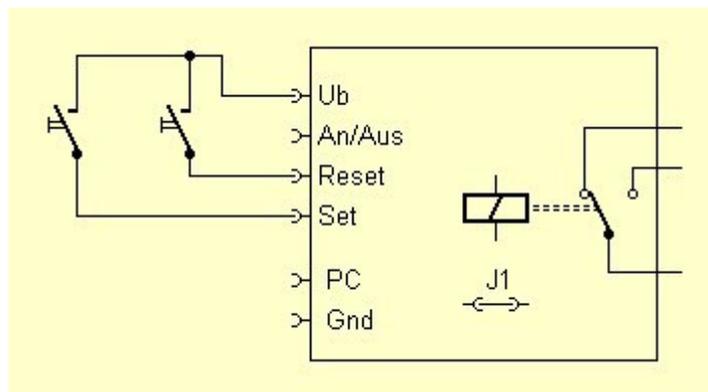


Die Relaisplatine ist für viele unterschiedliche Anwendungen ausgelegt. Wer das Gerät für einen bestimmten Zweck einsetzen möchte, kann auch eine Teilbestückung vornehmen und einige Bauteile einsparen. Hier sollen zunächst die Grundschaltungen für die wichtigsten Fälle vorgestellt werden.

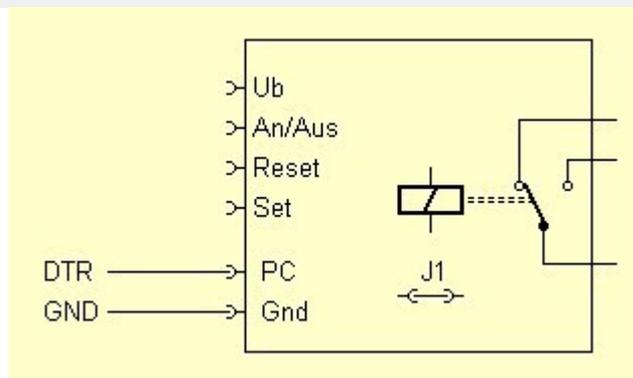
Zunächst aber ein wichtiger Hinweis zur elektrischen Sicherheit: Die Platine ist zwar gemäß den Vorschriften so entwickelt worden, dass ein Betrieb am Lichtnetz möglich ist. Aber die offene Platine ohne Gehäuse kann niemals ein Prüfzeichen des VDE erhalten und trägt auch kein CE-Zeichen. Wir empfehlen ausschließlich den Einsatz mit Verbrauchern an Spannungen bis 48 Volt. Der Einsatz am Lichtnetz darf nur durch ausgebildete Fachleute erfolgen, die für einen sachgemäßen Einbau, zuverlässige Isolation und einen wirksamen Berührungsschutz sorgen.



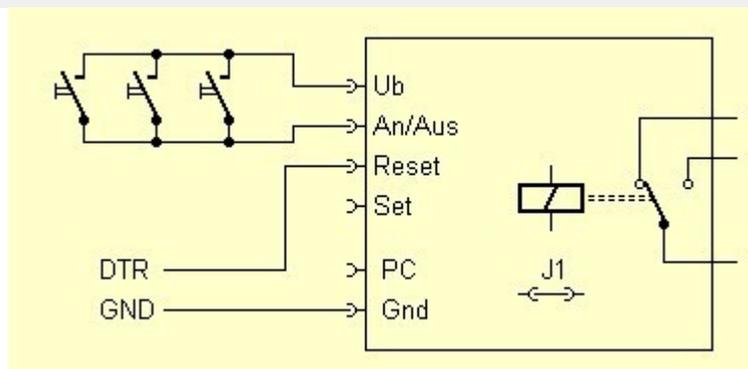
Einer oder mehrere Taster in Parallelschaltung werden benötigt, um die Platine als Stromstoß-Relais zu nutzen. Nach dem Einschalten sorgt die interne Reset-Schaltung zuerst für den AUS-Zustand. Dann wird mit jedem Tastendruck der aktuelle Zustand umgeschaltet. Man kann sich vorstellen, dass die Taster auf einem langen Flur angebracht sind. An jeder Stelle kann dann nach Belieben das Licht ein- oder ausgeschaltet werden.



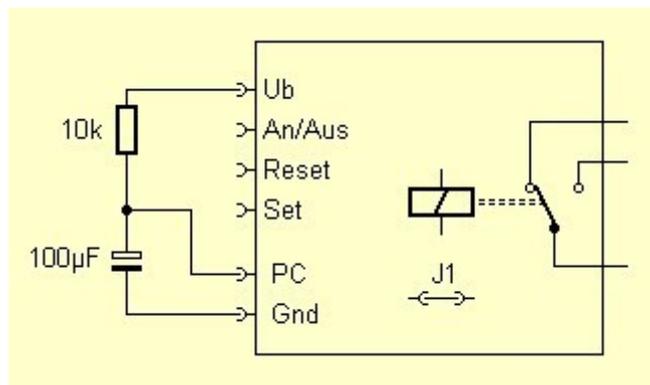
Zusätzlich oder alternativ lassen sich Taster für AN und AUS einsetzen, wie es z.B. bei Motorschaltern üblich ist. Eine grüne Taste schaltet den Motor ein, eine rote aus. Statt Tastschaltern ist auch die direkte Steuerung durch den PC oder die ELEXS-Platine sowie der Anschluss des SIOSLAB-Interface möglich, wenn jeweils zwei Ausgänge zur Steuerung verwendet werden.



Für die Direktsteuerung durch den PC, ein Interface oder eine andere elektronische Schaltungen dient der PC-Eingang. Eine Spannung von 5 V gegen Masse schaltet das Relais ein. J1 kann geschlossen bleiben, um zusätzlich die Bedienung über Tasten zu ermöglichen. So könnte z.B. eine programmierte Motorsteuerung mit einem Zusätzlichen Notausschalter an Reset ausgerüstet werden. Wird der Jumper J1 geöffnet, ist die Steuerung über die Tasten-Eingänge unterbunden. Wenn nur die direkte PC-Steuerung benötigt wird, können das IC 4027 und die umgebenden Bauteile eingespart werden.



Bei einem gemischten Einsatz mit Tastschaltern und PC kann der Vorrang des Reset-Eingangs ausgenutzt werden. Über die Taster kann wahlweise ein- und ausgeschaltet werden, aber der PC kann z.B. zu einer bestimmten Zeit einen Verbraucher zwangsweise ausschalten. Solange die Spannung am Reset-Eingang anliegt, ist ein erneutes Einschalten nicht mehr möglich.



Oft benötigt man ein zeitlich verzögertes Einschalten eines Verbrauchers. Das Relais schaltet erst kurze Zeit nach dem Anlegend der Betriebsspannung ein. Mit zwei zusätzlichen Bauteilen ist auch dies möglich. Mit einem Kondensator von 100 Mikrofarad und einem Widerstand von 10 Kiloohm ergibt sich eine Verzögerung von rund einer Sekunde.

Siehe auch:

Installation testers: www.fluke.com/Fluke/uken/Installation-Testers/Fluke-1650B-Series.htm?PID=56025