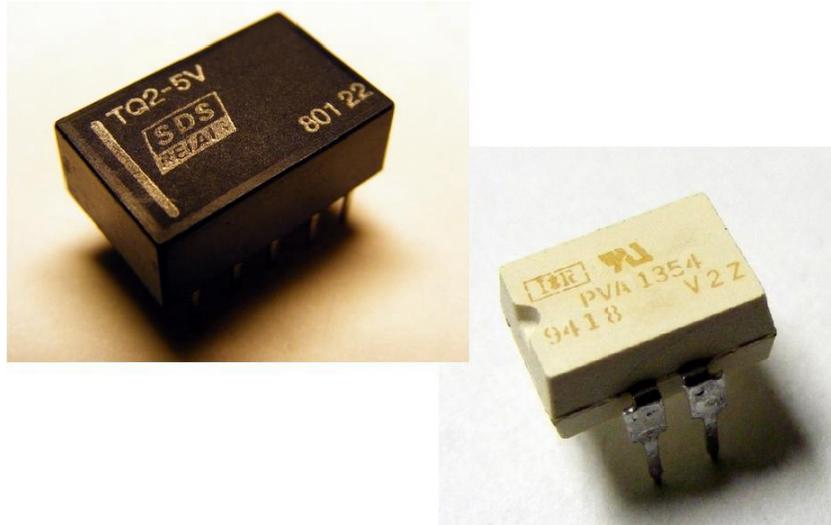
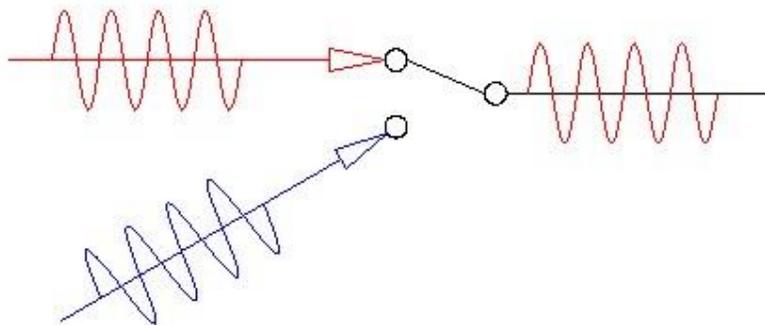


# Eingangsumschaltungen im Audiobereich Koppelfelder und Matrix



## Relais und Halbleiterschalter im Audiobereich



Version 1.93

Alle Rechte vorbehalten!  
® by Jens Kelting 2008  
Nachdruck und Verwendung – auch auszugsweise  
nur mit Genehmigung des Verfassers!

Alle Rechte vorbehalten!  
® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## Vorwort

Oftmals sollen Eingangssignale umgeschaltet und auf andere Wege geleitet werden. Die Verwendung und der Einsatz herkömmlicher Kipp, Schub- und Drehschalter bringt eigentlich nur Nachteile mit sich. Die augenscheinlichen Vorteile sind nicht von der Hand zu weisen. Schnelle Verfügbarkeit und der rasche Einbau in ein Gehäuse machen die einfachen Schalter beliebt.

Dem gegenüber stehen die versteckten Nachteile, die sich aus dem Einsatz ergeben:

Oxidierende Kontakte der Schalter verschlechtern im Laufe der Zeit die Kontakteigenschaften erheblich und führen zu „Krachern“ und „Ausfällen“. Bekannt sind diese Effekte durch Mischpulte eines „teilweise“ Deutschen-Herstellers mit einem „B“ am Anfang, der zum Teil nach Erfahrungen zahlreicher Anwender minderwertige Komponenten zum Einsatz bringt. Nur so lassen sich die zahlreichen Ausfälle – sowie krachenden Schalter an den Geräten erklären. Im Übrigen hinkt der Vergleich mit anderen Herstellern, denn auch diese setzen derartige Schalter ein. Auch hier sind Ausfälle zu beobachten – allerdings nicht in so hohem Maße.

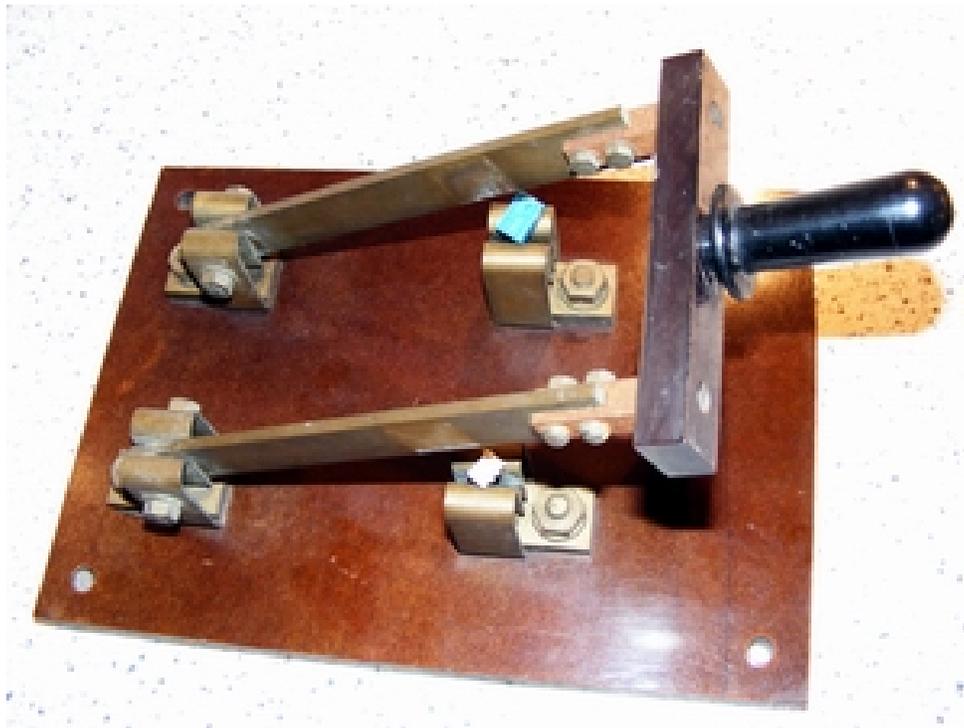


Bild: Historischer Schalter im Vergleich zu Relais und Halbleiterschalter...

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008

Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

### **Raucherstudio und defekte Schalter**

Die bittere Erkenntnis ist die Tatsache, dass die Schaltkontakte und deren Flächen einer schleichenden Korrosion unterliegen. Dies betrifft besonders jene Geräte, die in verqualmten „Raucher-Räumlichkeiten“ zum Einsatz kommen. Daher werden schon heute erhebliche Wertminderungen hochwertigster Komponenten durch den Einsatz in Raucherstudios generiert. Die Ablagerungen in Geräten machen oftmals den kompletten Austausch der mechanischen Bedienungs- und Kontaktelemente erforderlich. Auch Reinigen führt oftmals zum Erfolg – ist aber mit erheblich größerem Aufwand verbunden.

Gerade bei exotischen Schaltern und Potentiometern ist eine professionelle und teure Reinigung oftmals der Letzte weg, den krachenden Schaltern zu begegnen. Hier kann der Experte in der Spezialwerkstatt oftmals nur nachträglich hochwertige Relais einsetzen, die über die „Gammelschalter“ angesteuert werden. Nur so lassen sich absolut „geräuschlose“ Schaltvorgänge mit oxidierten und schlechten Schaltkontakten in gewohnter Arbeitsweise realisieren.

Gerade bei einem hochwertigen – und als schon historisch beschriebenen Studioprozessor sind derartige Reparaturen durchaus sinnvoll. Die Kosten können dabei allerdings schnell den ehemaligen Neupreis überschreiten. Doch diese Punkte sind dem wirklichen Anwender dann auch egal.

### **Die Umschaltung**

Doch was hat das alles mit den Umschaltungen gemeinsam? Eine sinnvolle Lösung ist also der Einsatz hochwertiger Schalter, die komplett vergossen sind. Könnte man als Anwender meinen – ist aber falsch. Nur sehr wenige – aus der Luft und Raumfahrt stammenden Schalter – erfüllen diese Anforderungen. Natürlich kann eine Fertigung auf diese Punkte achten und einen hermetisch geschlossenen Schalter entwerfen und auf den Markt bringen – wobei die Bauform einen entscheidende Rolle spielt.

So müssen die beweglichen Teile durch eine flexible Membran vom Kontaktsatz getrennt werden. Nur so kann zu 100% gewährleistet werden, dass keine Gasmoleküle und Staubpartikel jemals die empfindlichen Kontaktbahnen erreichen. Für den Anwender sehr vorteilhaft – für den Hersteller extrem aufwendig. Schnell erklärt sich der Preis für die Schalter, die sich im professionellen Audibereich nicht durchsetzen werden. Versuche, Schalter mit Reed-Kontakten und Magneten zu verwenden, sind im Vorfeld durch die immensen Kosten der Fertigung zurückgestellt worden.

So macht es Sinn, die empfindliche und wirklich hochwertige Umschaltung der ohnehin kleinen Audiosignale in einem abgeschlossenen Raum durchzuführen: Dem Relais! Dem gekapselten Relais – dessen Kontakte keine Verbindung mit der Umgebungsluft haben.

Da alle Anwendungen auf der Erde eingesetzt werden, sind spezielle Anforderungen überflüssig. Würde man die gekapselten Relais im Weltall verwenden (was in der Studioteknik sehr unwahrscheinlich ist – obwohl einige Produktionen wirklich auf den Mond gehören...) ist der innere Druck der Luft – oder Edelgase bei einem normalen Plastikgehäuse unzulässig. Das Relais würde „platzen“. Doch soweit wollen wir es nicht kommen lassen – und ohnehin wird es kein Studio im luftleeren Raum geben... obwohl einige Sendungen durchaus einem Vergleich standhalten könnten...

Für die geplante Anwendung bietet sich folgendes Relais an:

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## TQ2-5V von SDS

Mit einer Kontaktanzahl von zwei Umschaltern bei 5Volt Spulenspannung ein perfektes Relais für Kleinsignalanwendungen. Außerdem sind die Kontakte mit Edelmetall beschichtet und weisen einen sehr geringen Übergangswiderstand auf. Bei Audiosignalen im mV Bereich stehen keine Belastungen an – und so wird den Kontakten eine hohe Lebensdauer beschert. Unter normalen Arbeitsbedingungen werden diese Relais lebenslang halten.

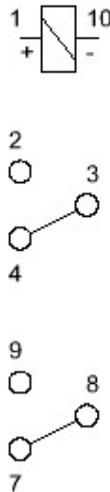


Bild: Anschlussbeschaltung TQ-Relais

Mit insgesamt 10 Anschlüssen ist das TQ2 Relais ein verhältnismäßig kleines Bauteil. Geschickt platziert passt es auch in einen 14poligen IC Sockel. Da durch Aufbau und Anwendung keine Ausfälle zu befürchten sind, kann das Relais auch problemlos fest auf die Leiterplatte gelötet werden. Einziger Wehrmutstropfen ist die etwas gering ausfallende Spulenimpedanz. Tatsächlich wirkende Anteile von R machen satte 177Ohm aus und bescheren dem Relais eine etwas gierige Spule. Für alle Anwenden im Audiobereich überwiegen die vielen Vorteile gegenüber diesem Punkt. Bemerkenswert sind die niedrigen Übergangswiderstände und Kapazitäten, die diese Relais als optimale Umschalteinrichtung für kleine Signale erklären.

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Das TQ2 Relais bietet dem Elektroniker unterschiedliche Vorteile. Zu denen gehören der niedrige Preis für ein wirklich hochwertiges Bauelement – sowie der einfache – aber gezielte Einsatz dieses Relais.



Bild: SDS Relais Typ: TQ2-5V mit zwei Kontaktpaaren als Umschalter.

So gibt es auch einen äquivalenten Vergleichstypen, der absolut gleichwertig anzusehen ist:

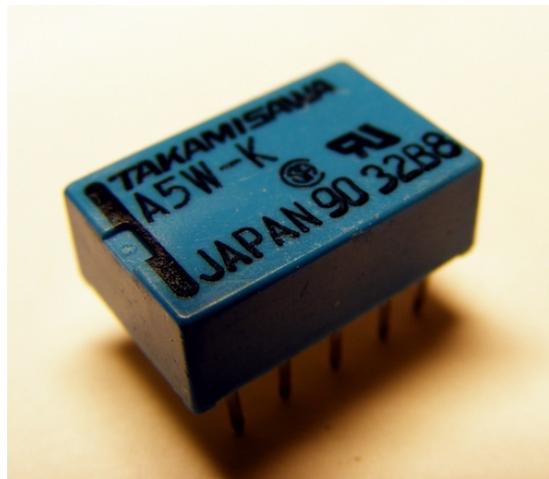


Bild: Durchaus vergleichbar mit identischen Daten: Takamisawa A5W-K als Ersatz für das TQ2-5V Relais. Absolut Anschlusskompatibel und somit kompromisslos gegeneinander auszutauschen! Je nach Verfügbarkeit einsetzbar.

### **Gammel aus dem Internet und schlechte Kontakte**

Es gibt sie in Hülle und Fülle – die zahlreichen Versender von elektronischen Bauteilen. Oftmals werden Bauteile angeboten, die mehr in den Schrottbehälter gehören. Es ist nicht verwunderlich, wenn angebliche Industrierestposten schicker Relais in den Angebotslisten der Anbieter landen. Obwohl in professionellen Fertigungsstrassen meistens nur hochwertige Bauteile zum Einsatz kommen und immer seltener Überbestände existieren, wird hier meistens minderwertige Ware angeboten. Das, was die Industrie um Verrecken nicht mehr einsetzen will, ist für die als „blöd“ erklären Hobbybastler immer noch gut genug. Denkt man als Nutzer jedoch an die Restbestandsverwaltung, fallen schnell die zahlreichen „Angebotsbörsen“ auf. Dort werden Über- und Restbestände auf einem weltweiten Markt angeboten – und das zu exorbitant hohen Preisen. Diese erreichen selten das Billigpreinsniveau der Bastelshops. Nur selten landen wirklich hochwertige Komponenten auf den Restpostenlisten der Versandhäuser.

Einfach erklärt, ist das, was auf den bunten Webseiten als „Superangebot“ angepriesen wird, meistens der Schotter aus der Restekiste. Daher ein gutgemeinter Tipp: Für die kleine Bastelarbeit am Wochenende sind diese „Billigteile“ eine preiswerte Lösung. Für ein ernstgemeintes Projekt im Audibereich achten Sie auf die Qualität der Bauteile! Eine zuverlässig funktionierende Schaltung ist das Ergebnis dieser Arbeit. Gemeinschaftliche Einkäufe größerer Mengen kann durchaus preiswerter sein.

### **Welches Relais soll es denn sein?**

Meistens sind Relais in halboffener Bauform nicht brauchbar, da die verwendeten Kontakte einer Korrosion unterliegen und irgendwann bei kleinen Signalspannungen zu Aussetzern führen. Wird hingegen eine 12Volt/2Watt Lampe damit angesteuert, erfüllen die Relais problemlos ihren Zweck. Hier wirken sich Übergangswiderstände bei einigen Ohm nicht weiter aus – denn diese werden im Idealfall einfach „weg gebrannt“. Nur selten flackert eine Signallampe, weil ein Relaiskontakt oxidiert ist.

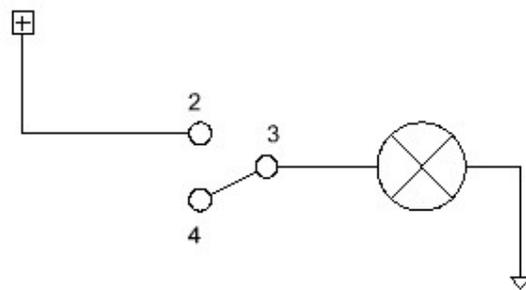


Bild: Ein Relaiskontakt in Verbindung mit einer Signallampe.

Eine einfache Anwendung. Allerdings sind TQ2 Relais für höhere Ströme nicht zu empfehlen. Für derartige Belastungen gibt es andere Relaisstypen. Achten Sie daher auf die maximale Strombelastbarkeit der Kontakte.

**Alle Rechte vorbehalten!**

**© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!**

## Die Umschaltung

Eine Signalumschaltung kann in unterschiedlichen Variationen erfolgen. Wichtig sind Informationen über die Ein- und Ausgangswiderstände. Hochohmige Signale (Mikrofonsignale vor dem Vorverstärker). Werden niederohmige Quellen geschaltet, können Eingänge offen bleiben. Werden hochohmige Quellen und Senken geschaltet, ist eine „T-Schaltung“ der Kontakte zu empfehlen. Je nach Relais sind auch Umschalter sinnvoll:

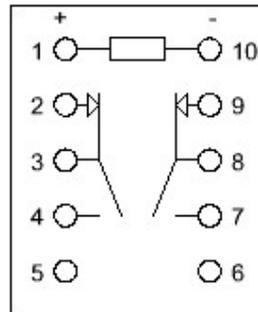


Bild: TQ Relais mit zwei Kontaktpaaren als Umschalter

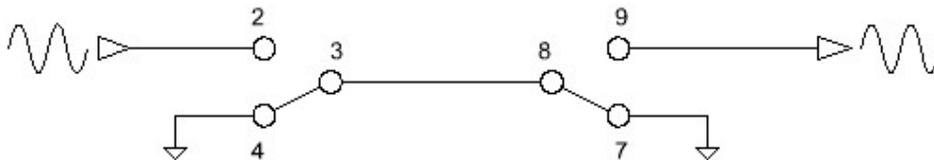


Bild: Umschaltung und Abschaltung von Audiosignalen.

Vorteilhaft wirkt sich der „Kurzschluss“ gegen Masse aus, denn hier wird eine hervorragende Abschaltung realisiert. „Toppen“ lässt sich die Eigenschaft noch durch den Einsatz von getrennten Kontaktpaaren in unterschiedlichen Relais. Für die typischen Home-Anwendungen hingegen, reichen die verwendeten Kontakte innerhalb eines Relaissystems aus.

Je nach Einsatz ist es in vielen Anwendungen nicht erforderlich, den oben aufgezeigten Aufwand zu treiben. Oftmals reicht eine einfache Abschaltung mit einem Kontakt/Umschalter vollkommen aus.

Alle Rechte vorbehalten!

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

### Halbleiter kontra Relaiskontakt

In bestimmten Anwendungsbereichen sind Relais den Halbleitern überlegen. Dort, wo es auf die Umschaltung von hohen Strömen ankommt, sind Relais und mechanische Schaltwerke immer noch Halbleitern überlegen. Es gibt viele Befürworter der Halbleitertechnologie und somit werden die „Relais-Anwender“ als Historiker in die Wüste geschickt. Allerdings – so bemerkt an zahlreichen Hochspannungsstationen der Neuzeit – versagen bei hohen Spannungen die Halbleiter als Schalter. Das, was Thyristor & Co bei hohen Strömen schaffen, können Halbleiter ab einigen tausend Volt nicht mehr.

Doch wer hat schon Hochspannungen in seinem Mischpult...? Somit werden wir uns den einfachen Anwendungen zu und betrachten die Halbleiterschalter.

### CMOS-Logik – die Urgesteine

In der weltbekannten CMOS Logik Serie 40xx von Fairchild, wurden einige Bausteine zum schalten analoger Spannungen entworfen. Die Typen CD4016, 4066, 4051, 4052, 4053 und 4067 sind einige dieser Bausteine, die sogar Wechselspannungen in einem bestimmten Rahmen schalten können.

Allerdings halten sich Gerüchte und Tatsachenberichte über Rauschen und Verzerrungen hartnäckig an den Bausteinen. Klar ist, dass jene Bausteine von einigen Herstellern tatsächlich für den Einsatz in Audioschaltungen bevorzugt werden. Ohne jetzt auf die tatsächlichen Nebenwirkungen einzugehen, findet der CD4053 als Umschalter/Multiplexer in zahlreichen CD-Playern regen Einsatz. Klar ist auch, dass über diesen Baustein hochwertige Audiosignale geführt werden. In welchen Gerätepreisklassen diese CMOS Schalter anzutreffen sind, ist nicht bekannt. Auch Umschaltungen der Eingänge an durchaus hochwertigen Verstärkern werden von einigen Konstrukteuren unter Hilfe der Bausteine CD40xx vorgenommen. Auch wenn die HiFi DIN-Norm 45500 Norm (jetzt EN 61305) bestimmte Erfüllungen definiert, halten sich nicht alle Hersteller an diese Grundlagen. So wundert es auch nicht, das gerade bei Geräten aus der professionellen Musikszene Bausteine dieser Art in Hülle und Fülle zum Einsatz kommen.

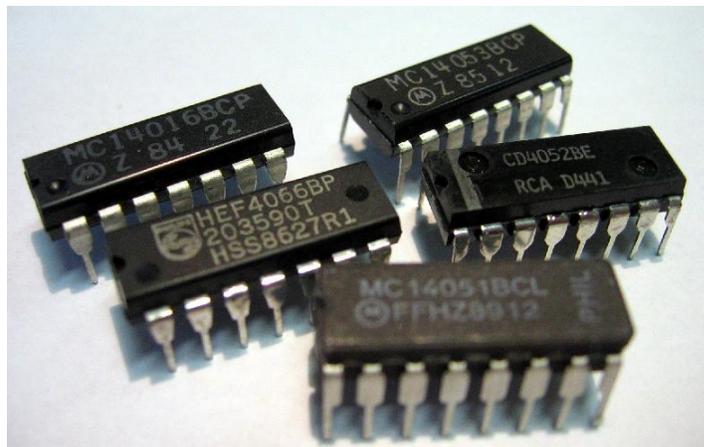


Bild: Einfache Möglichkeiten, analoge Signale zu schalten – CMOS Bausteine

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

### Nachteile der bekannten und einfachen CMOS Bausteine

Die CD40xx Serie bringt auch Nachteile in das Gerätedesign. Dabei wirken vorhandene Schutzdioden an den Eingängen als Störquelle, wenn komplette Halbwellen mit den Bausteinen verarbeitet werden:

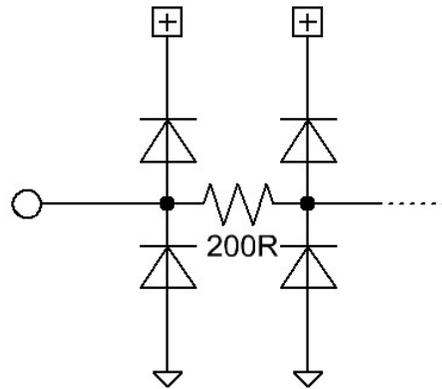


Bild: Eingangsschutzschaltung an einem CMOS Baustein der 40xx Serie.

Ein hier angelegte Wechselspannung wird um die negative Halbwellen beschnitten und ist für Audiozwecke nicht mehr zu verwenden. Daher muss die Eingangsspannung auf einen „Mittelpunkt“ eingestellt werden, um diesen Effekt zu vermeiden.

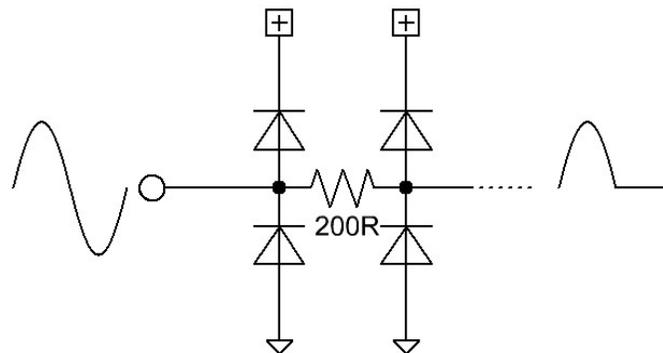


Bild: Durch die zwei Dioden in Durchlassrichtung wird der negative Teil der Sinusschwingung abgeschnitten. Das Signal wird klanglich unbrauchbar.

Eine praktische Möglichkeit ist das „hochlegen“ der Eingangssignale auf ein festgelegtes DC-Niveau. Zu bedenken ist der dadurch eingeschränkte Arbeitsbereich und die eventuell für nachfolgende Schaltstufen störende Gleichspannung:

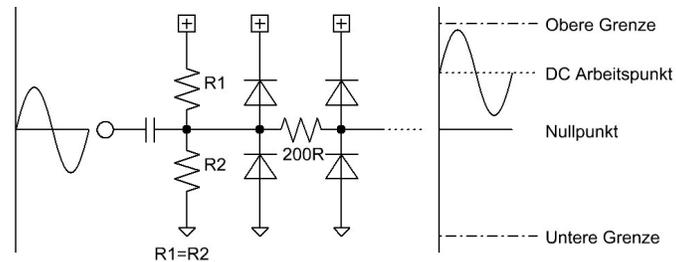


Bild: Durch eine überlagerte Gleichspannung kann die Sinuskurve mit beiden Halbwellen übertragen und geschaltet werden. Nachteilig wirken sich die erforderlichen Koppelkondensatoren in einigen Anwendungen aus. Erforderliche Kondensatoren erhöhen die minimale Grenzfrequenz und bewirken eine Verschlechterung der Audioeigenschaften bei niedrigen Frequenzen.

Am Ausgang diese Gleichspannung somit wieder entfernt werden, sofern analoge Schaltungselemente angesteuert werden:

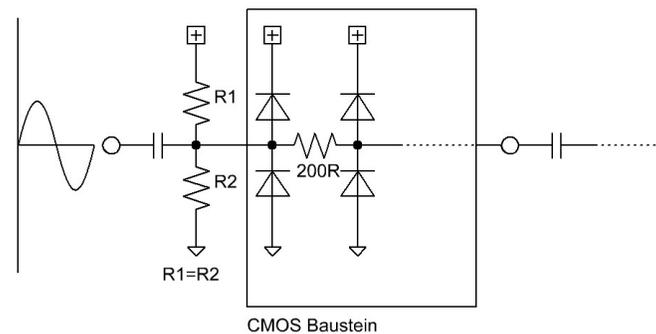


Bild: Ein Kondensator blockiert die vorhandene Gleichspannung am Ausgang

Addiert man die typischen Nachteile dieser Bausteine zur Tatsache, dass nicht einmal ein galvanische Trennung zwischen Steuer- und Nutzsignalen erfolgt, fällt die Wahl leichter auf spezielle Anlogschalter.

In Hinblick auf die Nachteile der CMOS Bausteine ist ein Einsatz eigenständiger IC's empfehlenswert, die mittlerweile in hervorragender Qualität angeboten werden. Vorteilhaft sind Bausteine, in denen ein optischer Koppler zum Einsatz kommt. Die galvanische Trennung bietet zahlreiche Vorteile bei der Trennung von digitalen und analogen Schaltkreisen.

### Die „hochwertigen“ Bausteine für den täglichen Einsatz

Für Audioanwendungen kommen nur hochwertige Bausteine zum Einsatz – denn diese „kleinen“ Bausteine bestehen mit ganz hervorragenden Eigenschaften. In Bezug auf Strom und Spannungswerte sind diese Bausteine mit Relais als gleichwertig einzustufen. Auch wenn es auf den ersten Blick nicht so wirkt, ersetzen Halbleiter in einem 4poligen IC Gehäuse durchaus als „historisch“ anzusehende Relaiskontakte.

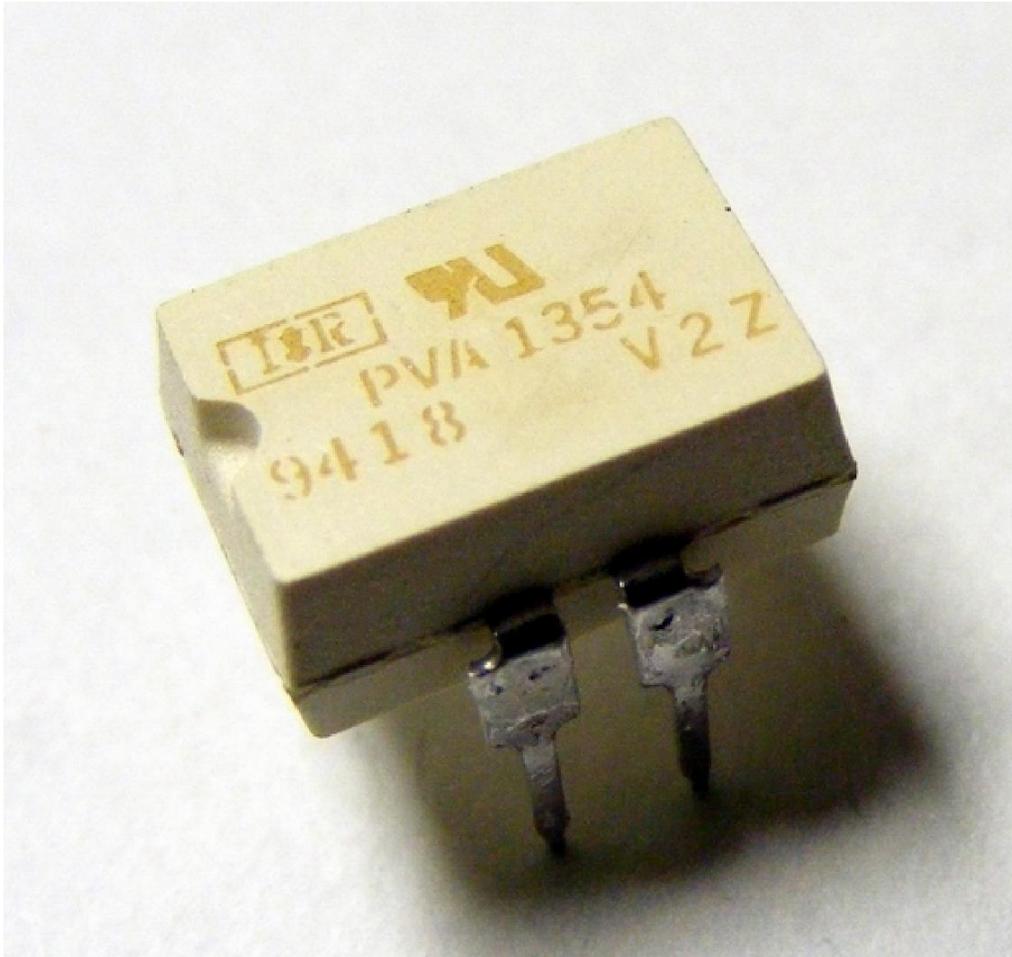


Bild: Hochwertiger Halbleiterschalter

Beim PVA1354 handelt es sich um einen opto-galvanischen Baustein. Die Bauart besichert dem IC die Eigenschaft, unterschiedliche Systeme aus Logik und Nutzsignalen hervorragend zu trennen. Die Besonderheit im Vergleich zum herkömmlichen Optokoppler liegt im Aufbau, denn dieser Baustein kann Wechselspannungen mit geringen Leistungen schalten und berücksichtigt dabei beide Halbwellen. Dank neuer FET-Transistor Technologien ist es erstmals möglich geworden, auch niederfrequente Wechselspannungen in gewohnter Qualität eines Relais werden mit diesem Halbleiter erfüllt. Jene Eigenschaften waren bisher nur von typischen Relaiskontakten bekannt.

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Doch wofür eignen sich die Halbleiterschalter überhaupt? Generell sind diese als vollwertiger Relaisersatz anzusehen – sofern die Parameter eingehalten werden. Dazu gehören der maximale Stromfluss – sowie die maximal zulässige Arbeitsspannung zwischen den Anschlüssen des Schalters und gegenüber der optischen Sendeeinheit – LED.

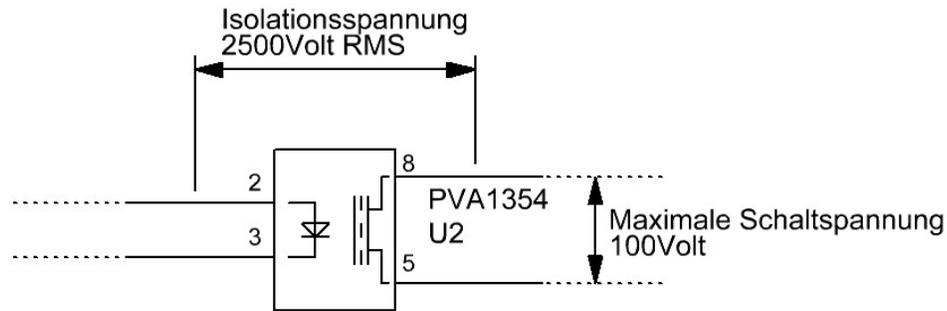


Bild: Die maximalen Grenzwert sind ein zuhalten, um eine Beschädigung des Halbleiterschalters auszuschließen.

In keinem Fall der Audioanwendung wird der Nutzer je na die Grenzwerte kommen. Die meisten Schaltsignale liegen unter 24Volt und haben selten Spannungsdifferenzen von 2500V zwischen den beiden Systemen. Doch welche Grenzwerte sind einzuhalten und für den Einsatz der Bausteine wichtig?

Die Leuchtdiode im PVA verfügt über ähnliche Grenzwerte und Parameter, wie herkömmliche LED's. Der Hersteller definiert die LED im PVA mit den folgenden Grenzwerten:

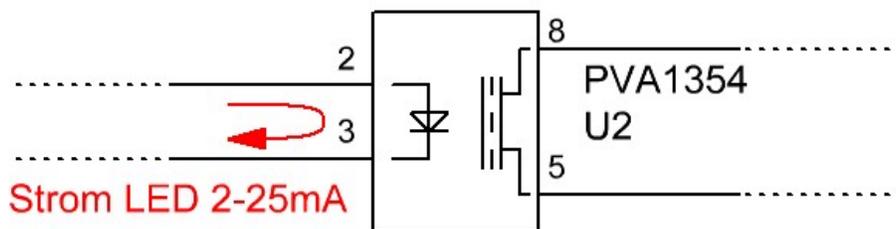


Bild: Der maximale Strom durch die LED sollte 25mA nicht überschreiten.

Die LED würde einen höheren Strom durchaus vertragen – allerdings setzt bei zunehmender Erwärmung eine erheblich beschleunigte Alterung ein. Der Optokoppler wird schneller unbrauchbar – oder verliert seine technischen Eigenheiten und die benötigte Empfindlichkeit.

Reihenschaltungen mehrerer Optokoppler sind nur bis zu einer maximalen Anzahl zu empfehlen. Da die einzelnen LED's eine gemeinsame Diffusionsspannung bilden, erhöht sich zwangsläufig auch die Anschlussspannung. Nachfolgende Grafik gibt Aufschluss darüber:

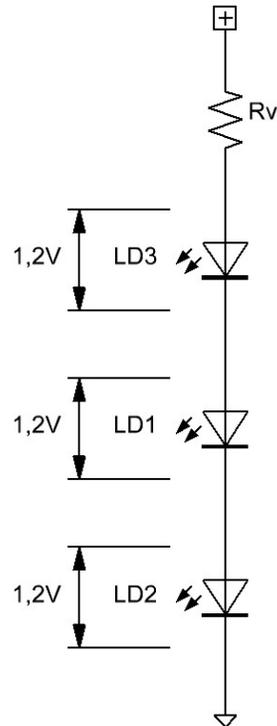


Bild: Pro LED fallen 1,2V ab. Bei drei verwendeten LED ergibt sich eine Gesamtspannung von 3,6V. Ein Betrieb an 5V ist problemlos möglich. Bei bereits 10 verwendeten Optokoppler-LED erhöht sich die Diffusionsspannung auf 12V.

Eine Strombegrenzung der LED ist in jedem Fall erforderlich. Es ist daher verantwortungslos, mehrere LED direkt an einer Spannungsquelle zu betreiben und auf die mathematisch korrekte Rechnung der Diffusionsspannungen zu hoffen.

Die Folge sind häufige Ausfälle – wie sie auch bei mangelhaften Illuminationen und LED-Schaltungsvorschlägen aus der „Bastel & Dilettantenecke“ zu erwarten sind.

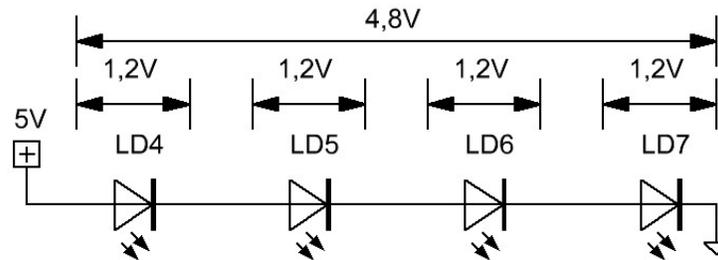


Bild: Die Gesamtspannung der LED's liegt bei 4,8Volt. Allerdings ist es gefährlich, die Schaltung ohne entsprechende Vorwiderstände zu betreiben, denn die Kennlinie der LED ist eine steigende Funktion:

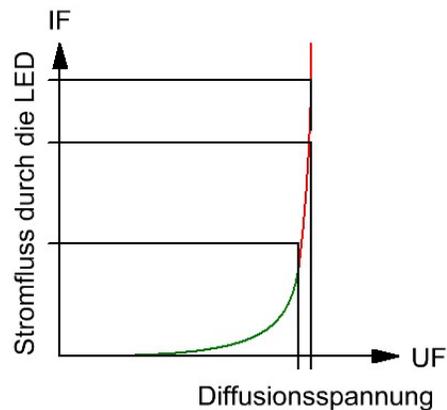


Bild: Die Grafik zeigt klar auf, da ein unbegrenzter Stromfluss stattfindet, wenn dieser keine externe Begrenzung durch einen Widerstand erfährt.

In diesem Fall wird die LED umgehend zerstört. Daher ist ein Betrieb ohne entsprechende Vorwiderstände – egal ob an einer einzelnen oder Gesamtspannung – absolut erforderlich. Anders lautende Empfehlungen sind technisch unhaltbar und gefährden in hohem Maße die Zuverlässigkeit der Schaltung.

Einsatzgebiete sind zum Beispiel Schaltungen, bei denen mehrere Audiosignale gleichzeitig geschaltet werden sollen.

Der Betrieb von Optokopplern sollte ohnehin über eine extra Logiksteuerung erfolgen, um brauchbare und definierte Schaltzustände bereitzustellen. Beispielhaft sind Steuerungskonzepte, die auch als Schutzschaltung für die LED dienen:

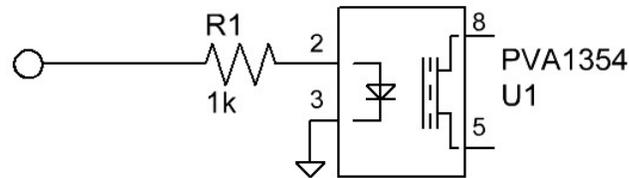


Bild: Einfach Steuerungsschaltung – allerdings kein Schutz gegen negative Spannungen am Eingang.

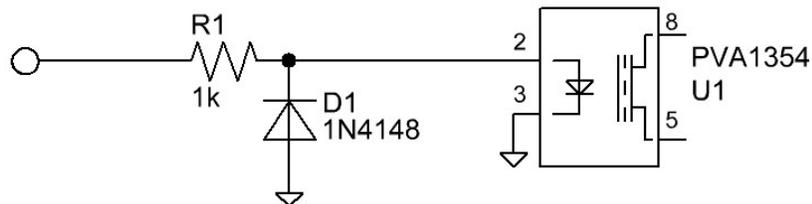


Bild: Eine Schutzdiode verhindert negative Spannungen am Eingang.

Durch den vorhandenen Schutzwiderstand R1 wird ohnehin ein höherer Stromfluss verhindert, der maßgeblich für die Zerstörung des Optokopplers erforderlich ist. Daher ist die Sache mit der Schutzdiode weniger heiß zu „nehmen“ und kann oftmals bei festen Schaltungen auch entfallen.

Anders hingegen sind Anwendungen, bei denen dieser Optokoppler in CD-Playern als nachträgliches Element für Remote-Steuerungen eingesetzt wird. Da bekanntlich in komplexen System keine Leitungen in galvanischer Form aus dem gerät geführt werden sollten., bieten sich immer Optokoppler und Relais an. Jedoch kann der Techniker oftmals nicht feststellen, ob die gewünschte Remote-Funktion einer Taste ein festes Spannungspotential schaltet – oder ein Kreuzungspunkt in einer komplexen SCHALTMATRIX IST: Auch analoge Spannungen werden in einigen Konzepten zur die Steuerung von Geräten herangezogen – und die Anzahl der Eingangs-Pins an Prozessoren auf ein Minimum zu reduzieren.

## Remote Steuerungen und deren Anwendung

Nachfolgend eine kurze Erklärung zu unterschiedlichen „Remote“ Anwendungen und Ideen.

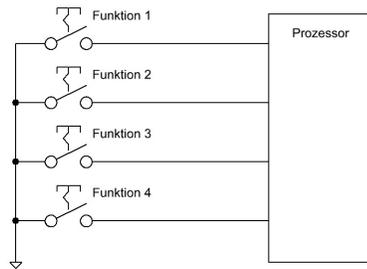


Bild: Die Taster enden direkt auf dem Prozessor. Für jede Funktion ist eine Leitung und ein Anschluss erforderlich.

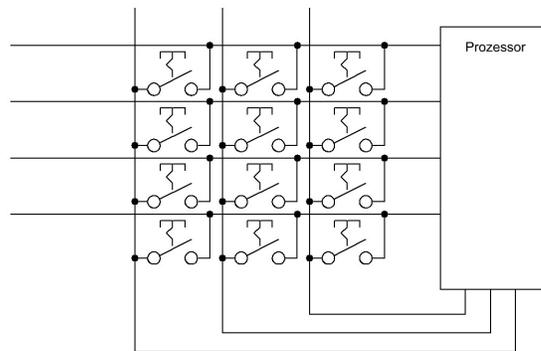


Bild: Insgesamt 12 Funktionen werden durch 7 Leitungen übertragen. Auch wenn die Anzahl der Taster steigt, wirkt sich dies nur langsam auf die benötigten Eingänge aus. Nachteilig ist die komplexe Auswertung.

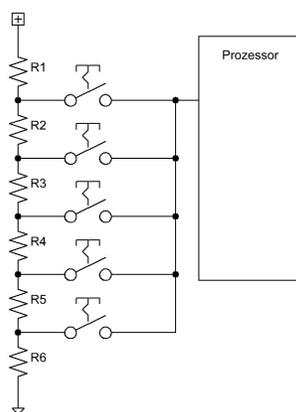


Bild: Eine analoge Spannung wird mit den entsprechenden Funktionstastern abgegriffen und dem Prozessor zugeführt. Der Prozessor benötigt nur noch einen Eingang. Nachteilig ist die Tatsache, dass doppelt gedrückte Taster zu Fehlinterpretationen führen und die Schaltung nachhaltig stören.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## Die Wahl der Qual

Der Entwickler hochwertiger Systeme schüttelt hier den Kopf, wenn Halbleiterschalter aus Urzeit die Platinen der Geräte schmücken. Mittlerweile gibt es verschiedene Bausteine auf dem Markt, die speziell für den Einsatz in Audiogeräten entwickelt wurden. Da herkömmliche CMOS Bausteine sehr preiswert und schnell verfügbar sind, greifen Konstrukteure immer noch auf diese IC's zurück.

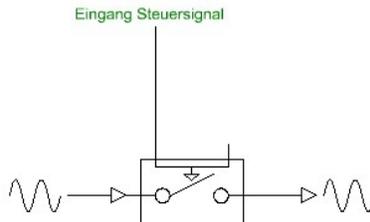


Bild: Halbleiterschalter im praktischen Einsatz. Vorteilhaft: Die Schaltung kann in beide Richtungen betrieben werden und hat keinen definierten Ein/Ausgang.

Das Eingangssignal wird über den Schalter unterbrochen. Nachteilig ist die Tatsache, dass der Ausgang „offen“ ist und der nachfolgende Eingang Störungen empfangen kann. Besser ist eine Anschaltung – oder ein Kurzschluss der Eingangsstufe.

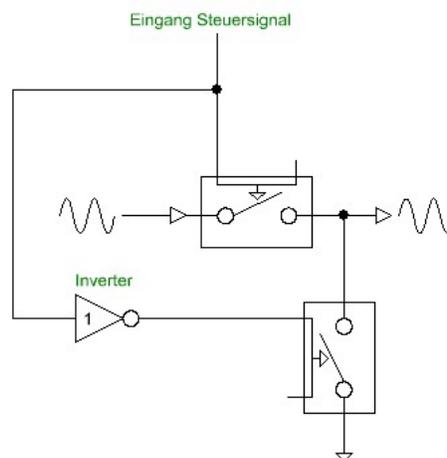


Bild: Der Ausgang zum Eingang wird „kurzgeschlossen“. Nachteilig ist die richtungsabhängige Nutzung der Schaltung.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass die Abschaltung und der Kurzschluss eine Entladung von vorhandenen Eingangskapazitäten bewirken kann. Die Folge sind Krachgeräusche. Abhilfe schafft ein entsprechender Widerstand mit der theoretischen Eingangsimpedanz.

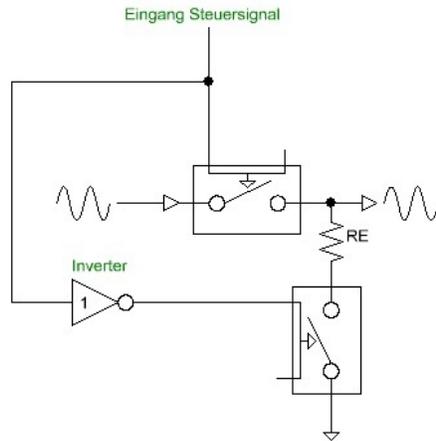
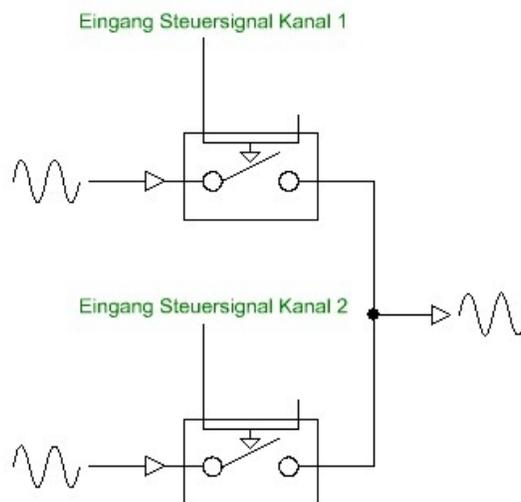


Bild: Abschaltung mit Kurzschließer über einen definierten Massewiderstand.

Nachteilig ist die Tatsache, dass der Eingang unter Umständen nicht komplett auf Massepotential liegt und zu Störungen neigen kann. Allerdings sind die Störungen wiederum von der vorhandenen Eingangsverstärkung abhängig und bei typischen Line Signalen zu vernachlässigen.

Aus dieser vorhandenen Schaltungslösung leiten wir die Umschaltung der einfachen Art ab. Eingesetzt werden einfache Halbleiterschalter:



Die Schaltung kann auch als Auswahlmatrix verwendet werden, wenn es darum geht, verschiedene Signale auf eine Leitung zu „routen“. Vorteilhaft ist nach wie die bilaterale Arbeitsweise:

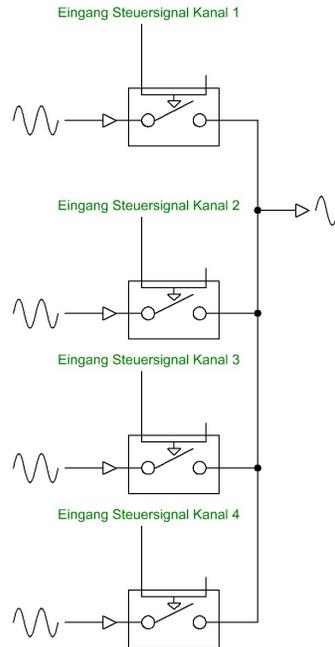


Bild: Eine Eingangsmatrix kann auch zur Ausgangsmatrix werden Solange keine Kurzschluss-Wege und Richtungsverstärker eingesetzt werden.

Werden allerdings hohe Anforderungen an die Ausgänge und die lückenlose Abschaltung gestellt, müssen entsprechende Erweiterungen zum Einsatz kommen. Die bilaterale Arbeitsweise wird dadurch bei bestimmter Schaltungstechnik NICHT eingeschränkt!

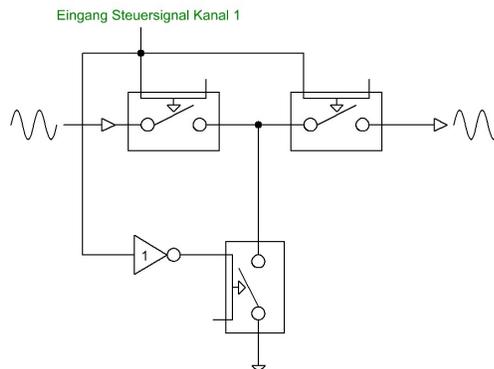


Bild: Mit insgesamt drei Halbleiterschaltern lässt sich eine absolut rückwirkungsfreie Abschaltung erreichen.

Welcher Audioschalter und welche Vorteile haben diese zu Relais?

Für Audiosignale sind spezielle Audiosignalschalter erforderlich. Einige Anwender sind der Ansicht, ein herkömmlicher Transistor würde dieser Forderung genügen. Betrachten wir dazu die Prinzipschaltung:

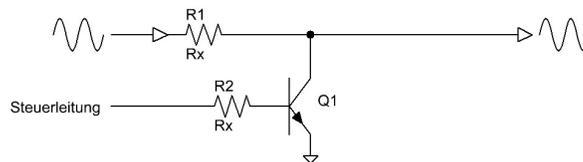


Bild: Der Transistor schließt das Audiosignal gegen Masse kurz.

Im Prinzip ist diese Schaltungstechnik mit einem Schalter zu vergleichen. Allerdings machen sich hier unter bestimmten Bedingungen die negativen Eigenschaften des Transistors in Bezug auf Audiosignale bemerkbar. Ohne den Inhalt des Artikels zu sprengen, sollte dem Anwender diese Information ausreichen.

Durch überlagerte Gleichspannungen ist die Wahrscheinlich von störenden Schaltgeräuschen sehr groß.

Aus diesem Grund sollte die Wahl auf einen Halbleiterschalter fallen. Um die Sicherheit weiter zu erhöhen und eine ungeahnte Flexibilität zu erreichen, ist der Einsatz eines optischen Schalters empfehlenswert. Dabei sprechen wir von einem typischen Optokoppler. Hierbei werden die beiden Signaleweg „Audiosignal/Nutzsignal“ und „Steuersignal“ explizit getrennt. Gegenseitige Beeinflussungen durch Taktreste einer digitalen Steuerungsleitung sind ausgeschlossen.

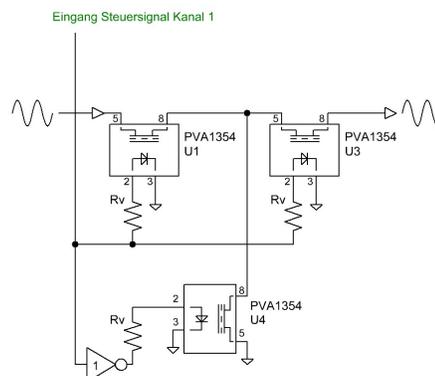


Bild: Der Halbleiterschalter PVA1354 kommt hier zum Einsatz: Ein Photovoltavic-Switch der eine galvanische Trennung ermöglicht.

Auch in dieser Anwendung kann ein Widerstand in die Masseleitung gelegt werden:

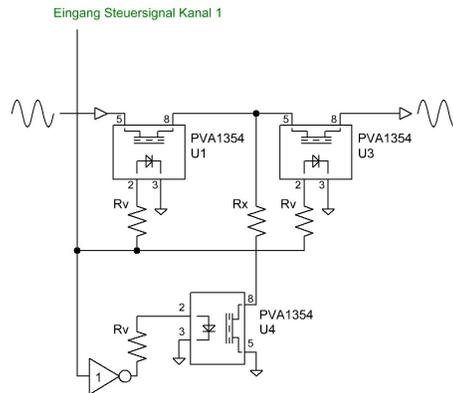
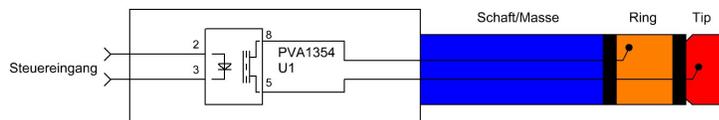


Bild: In der Masseleitung ein Vorwiderstand mit der Eingangsimpedanz.

Ergänzend kann bei reiner Verwendung als Eingangsabschalter der Halbleiterschalter U3 entfallen. Der Phantasie und Entwicklungsvielfalt sind hier keine Grenzen gesetzt. Durch die verschleißfreie Funktionsart der Bausteine lassen sich komplexe Koppelfelder aufbauen. Die geringe Größe der Bausteine ermöglicht zusätzlich in SMD Form eine hohe Packungsdichte.

Auch sind Stecker (Inserstecker) für unterschiedliche Anwendungen zu realisieren. Dabei steckt der Halbleiterschalter im Klinkenstecker und wird in den entsprechenden „Insert“ des Mischpultes gesteckt. Schon kann der Ausgang von „Extern“ gemutet werden. Ein Eingriff in das Mischpult ist nicht erforderlich und die Audiosignale müssen nicht über lange, störungsanfällige Leitungswege geroutet werden.



Bilder: Ein Halbleiterschalter in IC-Form kann in einen Stecker integriert werden.

Dabei spielt die Bauform eine wichtige Rolle, denn im Stecker ist nicht unendlich viel Platz vorhanden. Spezielle SMD Versionen erleichtern den Einsatz.

Die Perfekte Lösung, ein Mischpult mit schaltbaren Kanalzügen zu versehen. Kein Eingriff in das Pult notwendig. Außerdem kann eine entsprechende Logik außerhalb vom Pult verwendet werden und eine optische Anzeige nachbilden. Typische Anwendung: Rundfunkpulte mit den typischen „Roten“ und „Gelben“ Tasten.

Der weitere Einsatz ist eine einfache Umschaltung, die sich auch als Platinenlayout darstellen lässt. Dazu ein Beispiel mit dem Einsatz von Halbleiterschaltern in IC-Form.

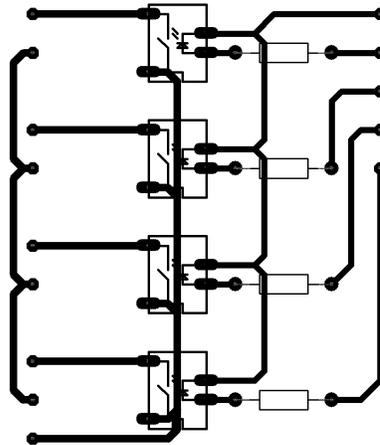


Bild: Ein einfaches Layout unter Verwendung der beschriebenen Halbleiterschalter „PVA1354“. Die Bausteine sind in einem 4 poligen Gehäuse untergebracht und sind dem Timer NE555 (DIP8 Gehäuse) im Aussehen sehr ähnlich.

Die Ansteuerung erfolgt über eine im IC befindliche Leuchtdiode, deren Stromstärke zwischen 10 und maximal 25mA liegt. Größere Ströme sind weder sinnvoll – noch zu empfehlen, da die LED unnötig leidet und die Lebensdauer des Optokopplers verkürzt wird.

## Logiksteuerung kontra Schalter

Viele Möglichkeiten bieten sich an, wenn es um die Steuerung der Relais geht. Grundsätzlich sind Relaisstreiber erforderlich, denn ein Logikbaustein oder Mikroprozessor ist nicht in der Lage, die Spulen der Relais mit ausreichend Strom zu versorgen. Nachfolgend eine Steuerungsschaltung für Relais:

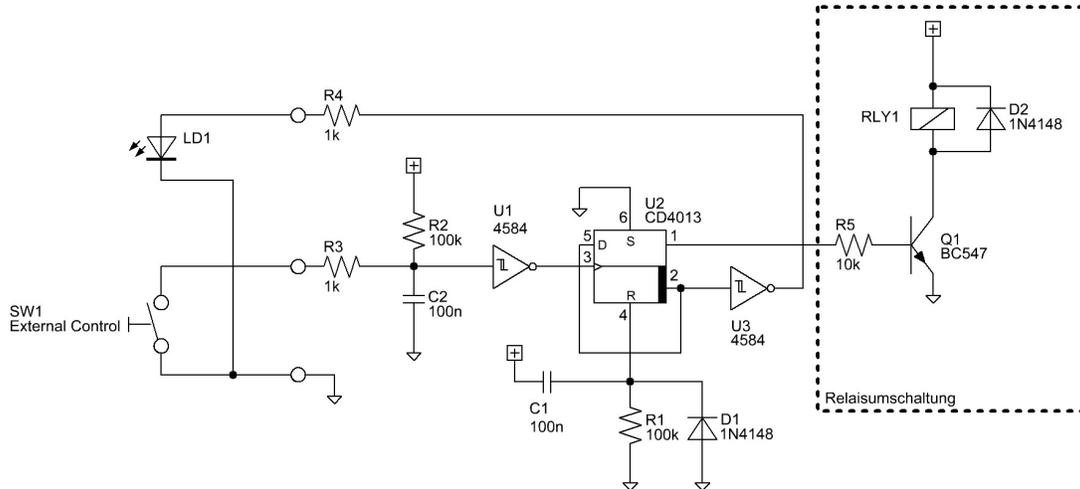


Bild: Logiksteuerung mit CMOS Bausteinen – preiswert und extrem zuverlässig

Die Steuerung über handelsübliche Bausteine ist preiswert. Im Fall einer Störung kann der Laie die Schaltung einfach instand setzen. Bemerkenswert sind die zuverlässigen Schaltelemente – bestehend aus Schmitt-Trigger für die Eingangsentprellung und einem Flip-Flop für die Signalspeicherung. Die Leuchtdiode LD1 dient als Kontrolle für den aktivierten Ausgang. Der Einbau in einen beleuchteten Drucktaster ist die Formvollendung der Relaisbedienung.

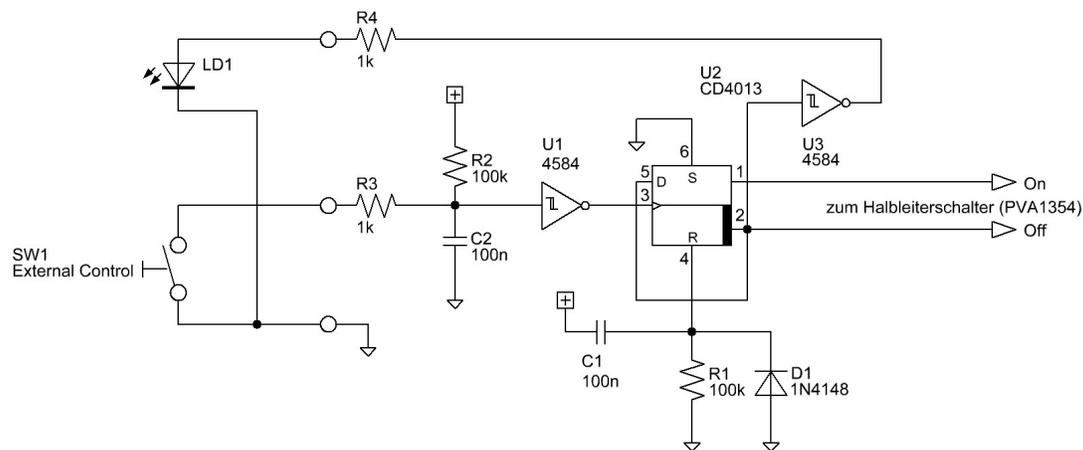


Bild: Logiksteuerung ohne Relaisstreiber – zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters

Alle Rechte vorbehalten!

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Ein zentrales Bedienfeld mit Quittierungsleuchtdioden erleichtert die Steuerung und Übersicht der Matrix.

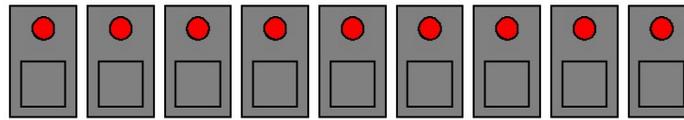


Bild: Bedienfeld mit Digitaster und Leuchtdiode. Auch beleuchtete Drucktaster anderer Fabrikate erzeugen ein optisch ansprechendes Gesamtbild.

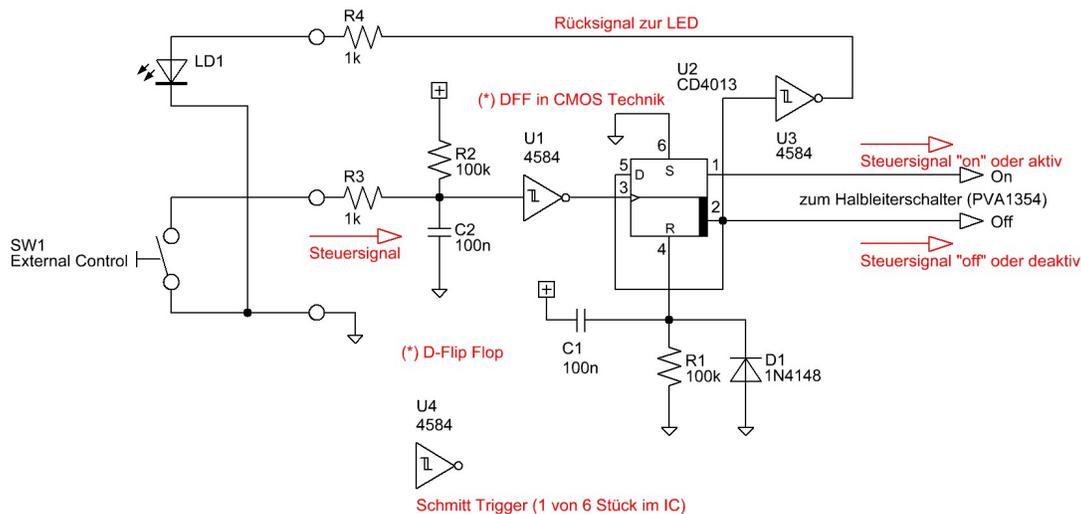


Bild: Logiksteuerung als universelle Idee für verschiedene Anwendungen

Die CMOS Bausteine arbeiten mit einer Versorgungsspannung zwischen 5 und 15 Volt – wobei die Hersteller einen Gesamtarbeitsbereich von 3-18 definieren. In der praktischen Anwendung sind diese Werte in Hinblick auf den Störspannungsabstand (3V) und der maximal zu lässigen Gesamtverlustleistung (18V) nicht empfehlenswert. Dauerhafter Einsatz bei 20V und sogar 24V führen hingegen zahlreicher Behauptungen einer Anwendung zur unmittelbaren – oder mittelbaren Zerstörung der Bausteine.

## Logiksteuerung mit CMOS Technik

Extrem vorteilhaft ist, dass Bausteine der CD40xx Serie mit einfacher Gleichspannung von 12V betrieben werden. Diese Spannung ist ebenfalls für die Relais einsetzbar. Bei Audioschaltungen, bei denen bei symmetrischer Umschaltung inklusive Masse ohnehin 3 Umschalter benötigt werden, lassen sich zwei Relaisspulen von 5V in Reihe schalten und an 12V betreiben. Die verbleibenden 2V Differenzspannung können durch die Spannung  $U_{CE}$  am Transistor vernachlässigt werden. Wer es für erforderlich hält, platziert einen Vorwiderstand von einigen 10-Ohm vor den Relaisspulen:

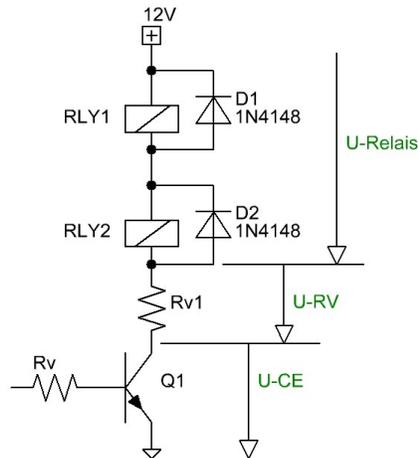


Bild: Reihenschaltung der benötigten Relaisspulen mit Transistortreiber

Die Vielfalt dieser Umschaltungen, Auswahlselektoren und Koppelfelder sind extrem groß. Daher kann sich der ambitionierte Bastler und Techniker ein komplettes Koppelfeld mit Relais aufbauen. Oftmals auch „Kreuzschiene“ bezeichnet, lassen sich hier alle möglichen Signale in einem Studio „schalten du verwalten“.

Um die Relais anzusteuern, können auch komplexe Treiberbausteine zum Einsatz kommen. Dies erspart den Anwendern den Einsatz von einzelnen Transistoren:

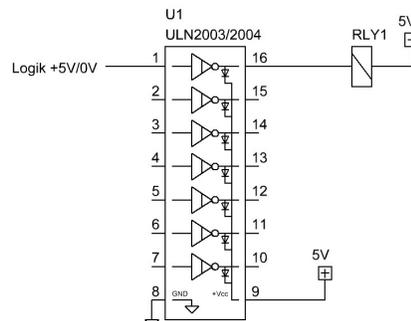


Bild: Ein Treiberbaustein mit insgesamt 7 Schaltstufen in einem 16poligen DIP Gehäuse erleichtert die Ansteuerung der einzelnen Relais erheblich. Außerdem sind die erforderlichen Freilaufdiode im Baustein untergebracht.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## Freilaufdioden an Relais

Fließt durch eine Induktivität ein Strom, arbeitet die Spule gegen den aktuellen Stromfluss. Wird der Stromfluss hingegen unterbrochen, reagiert die Spule mit einer induzierten Spannung, die wortgemäß auch Selbstinduktion genannt wird.

Diese beim Abschalten der Spulenspannung entstehende Spannung kann zur Zerstörung der Schaltglieder führen. Zusätzlich werden störende Spannungsimpulse erzeugt, die eine weitreichende Beeinflussung der gesamten Steuerungsschaltung herbeiführen können.

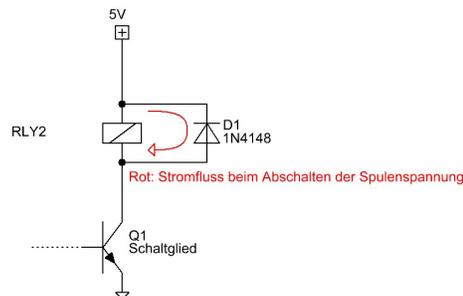


Bild: Freilaufdiode verhindert Beschädigungen am Schaltransistor

Entgegen einiger Vorschriften ist es immer empfehlenswert, die Freilaufdiode möglichst dicht an der Spule unterzubringen. Lange Leitungswege in einem Geräte können als Sendeantenne wirken und den „Kurzschluss“ der Selbstinduktionsspannung als „Spike“ weiterleiten. Empfindliche Audioschaltungen reagieren oftmals mit einem Knacken, das kaum lokalisiert werden kann.

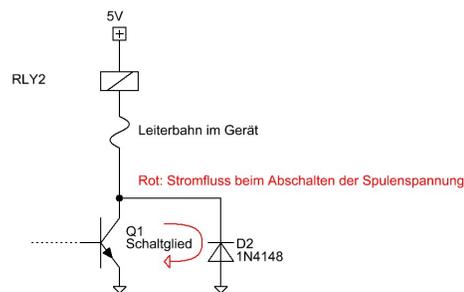


Bild: Durch eine Paralleldiode kann der Transistor ebenfalls geschützt werden.

Allerdings bergen diese Schaltungslösungen weitere Gefahren, denn Selbstinduktionen werden über die gesamte Schaltung verbreitet. So wird in diesem Beispiel nur der Transistor geschützt – der Rest der Schaltung erhält die Spannungs-Spitzen ungefiltert verpasst.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## Übersprechen und kapazitive Kopplungen

Audiosignale sind fies und schummeln sich gern in andere Leitungen ein. Jedenfalls ist dieser Effekt bei hochohmigen Anwendungen zu beobachten, bei denen Koppelpunkte durch schlechte Leitungsführungen verbunden werden. Ein Leiterplattenlayout ist pflegeleichter, wenn bestimmte Regeln beachtet werden.

Für ein Studio sind Koppelfelder eine extrem nützliche Einrichtung, denn kontaktbehaftete Verbindungen entfallen. Gerade hier sammeln sich Probleme mit Steckverbinder & Co. Somit verwenden Kreuzschienen immer eine Eingangs- und Ausgangsseite. Eine einfache Matrix soll dies verdeutlichen.

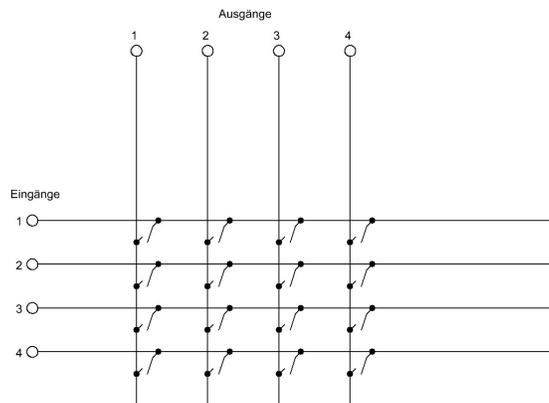


Bild: Typische Matrix – aufgebaut mit Relais.

Werden Relais in gekapselter Bauform verwendet, ist diese Selbst-Kreuzschiene die perfekte Wahl. Eingebaut in einem 19 Zoll Gehäuse würde eine derartige Matrix hervorragende Dienste leisten. Vorteilhaft sind auch externe Schaltfelder, die direkt an der benötigten Stelle angebracht werden. Somit verbleiben die Relaiskontakte an den Stellen mit dem Schaltbedarf – nur die Steuerleitungen werden kreuz und quer durch die Räumlichkeiten verlegt.

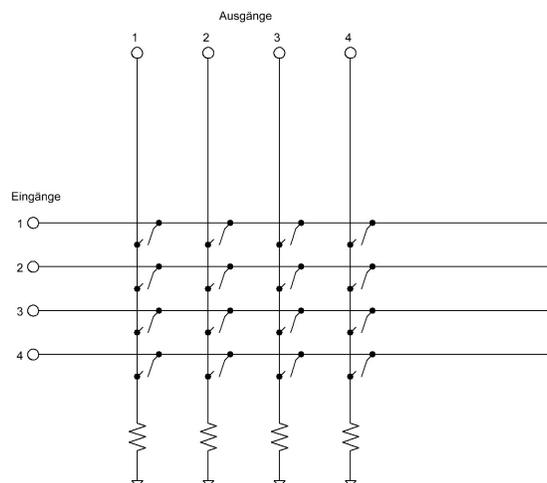


Bild: Typische Matrix mit zusätzlichen „Pull-down“-Widerständen. Diese Widerstände schaffen einen definierten Zustand an den geschalteten Ausgängen.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Eingangsverstärker schaffen eine zusätzliche Abschlussimpedanz, die als Treiber in der Matrix vorliegt. Somit werden alle Kreuzpunkte definiert angesteuert. Gleichzeitig dienen die Eingangsverstärker als Puffer- und Schutzstufen für die angeschlossenen Eingangsquellen. Zu beachten sind die Eingangs-Eigenschaften der Stufen – die je nach Anwendungsfall in symmetrischer – oder asymmetrischer Bauform ausgelegt werden können. Auf Grund der einfachen Umsetzung symmetrischer Eingangsstufen kann ein Eingang (meistens In-) fest mit Masse verbunden werden. Um Eingangssignale an die Matrix anzupassen, bietet sich eine einstellbare Verstärkung an.

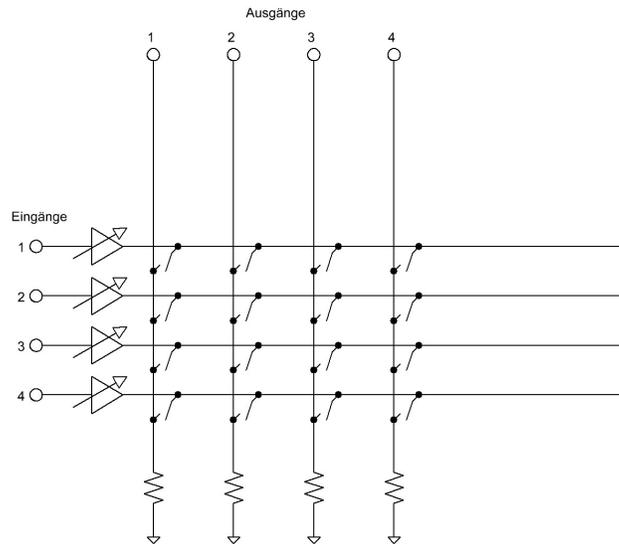


Bild: Matrix mit Eingangsstufen, deren Verstärkung einstellbar ist.

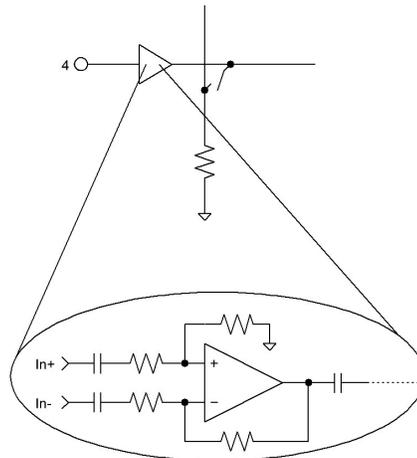


Bild: Matrix – Eingangsschaltung mit Operationsverstärker. Die Schutzschaltung verhindert, dass durch fehlerhafte Konfigurationen angeschlossene Ausgänge der treibenden Geräte zusammenschaltet werden.

In der Regel führt diese Fehlkonfiguration bei normalen Studiogeräten zu keinen Zerstörungen und Beschädigungen – wie gern von einigen „Schlaubern“ behauptet wird. Tatsache ist, dass bei niedrigen Ausgangsimpedanzen durchaus unzulässige Belastungszustände entstehen können. Geräte, die über jene Komplementärendstufen verfügen, können erhebliche Ausgangsströme liefern – die jedoch keinen Schaden anrichten.

Wird die Matrix mit einem herkömmlichen Bedienfeld angesteuert, sind doppelte Beschaltungen auch technisch durchführbar. Erst eine geschickte Logiksteuerung mit gegenseitiger Verriegelung der einzelnen Koppelpunkte bringt hier Abhilfe. Dazu kann ein Mikroprozessor verwendet werden – der jedoch für den Laien kaum zu programmieren ist. Da viele Projekte den Spaß am Eigenbau durch mangelnde Bauteilquellen oft verderben, ist hier eine einfache Lösung gefordert.

Ein vielfach DFF (D-Flip Flop) schafft hier Abhilfe. Ohne jetzt auf die Einzelheiten der Schaltung einzugehen, löscht eine Neueingabe immer den letzten Schaltwert. Fazit: Es kann immer nur ein Ausgang auf den Koppelpunkt geschaltet werden.

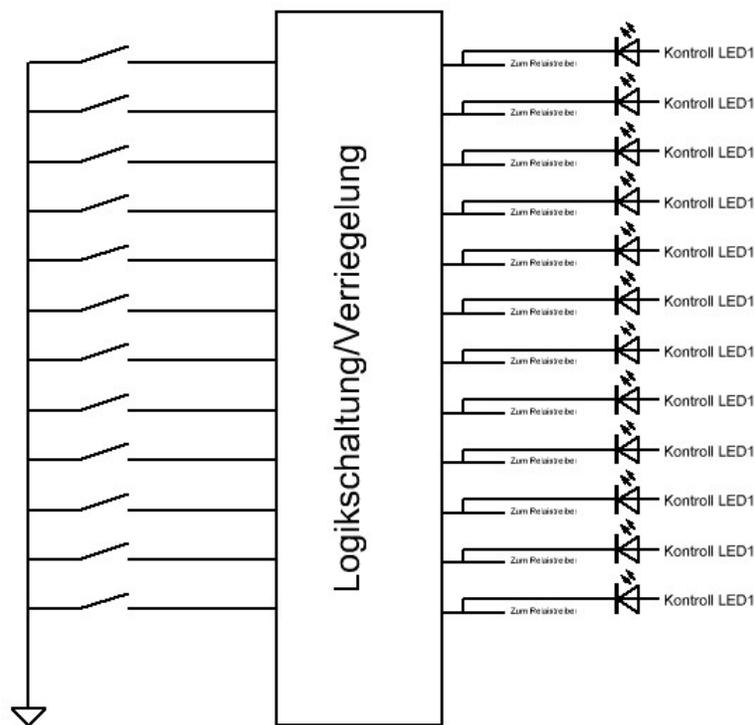


Bild: Viele Koppelpunkte erfordern eine Überwachung. Gleichzeitige Beschaltungen werden durch eine Logiksteuerung verhindert.

Diese Verriegelung kann mit Logikbausteinen – oder einem EPROM als programmiertes „Logik-Array“ realisiert werden. Beide Lösungen sind kostengünstig und erfordern keine besonderen Kenntnisse in der Digital- oder Programmieretechnik.

Eine Matrix kann auch mit einem einfachen Platinenlayout und Relais realisiert werden, was das nachfolgende Musterbeispiel aufzeigt:

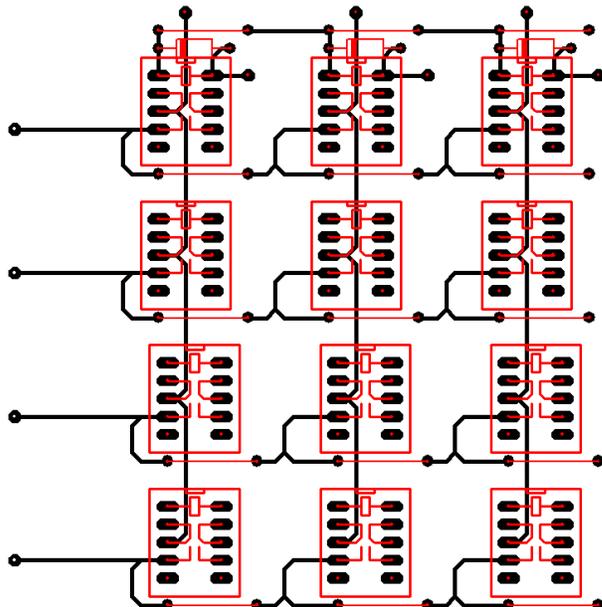


Bild: Platinen/Leiterplattenlayout für eine Audiomatrix oder eine Kreuzschiene. Durch die kleine Bauform sind die TQ2 Relais besonders gut geeignet. Zusätzlich sprechen die elektrischen Eigenschaften für den Einsatz dieser Relais.

Das Layout ist unvollständig und soll als Grundlage für weitere Ideen dienen. Grundsätzlich sind die Freilaufdioden direkt am Relais unterzubringen, damit induktive Störspitzen nicht über die Steuerleitungen geschickt werden.

#### **Qualität einer Schaltung, Bauteilen und Kosten**

Die Bauteilkosten sind je nach Geschmack hoch – oder gering. Bedenkt man den realen Preis einer hochwertigen Matrix, erscheinen die Kosten für den Selbstbau vergleichsweise gering. Allerdings sollte der Anwender auch bedenken, dass pro Kreuzungspunkt ein Relais benötigt wird. Werden symmetrische Signale geschaltet, bleibt es im Ermessen des Entwicklers, den Pin 1 als Masse ebenfalls mitzuschalten. Korrekt ist eine Abschaltung, denn dieser Zubringer/Abnehmer nimmt im ausgeschalteten Zustand nicht mehr an der Matrix teil.

Diese Preise sind sehr unterschiedlich und schwanken je nach Anbieter. Aber es ist Vorsicht geboten – denn in diesem Marktsegment werden auch häufig sogenannte „Low-Cost Variationen“ angeboten, die ebenfalls mit den gleichen Abmessungen und Erscheinungsbild auftauchen. Diese Relais sind generell ungeeignet für jene Anwendungen im Audiobereich. Nicht zuletzt fallen schlechte Kontakteigenschaften – sowie unzulässiges Prellen beim praktischen Einsatz ins Gewicht. Auch wenn viele Anbieter mit „preiswerten“ Miniaturrelais werben – sollte man sich nicht auf die Werbeversprechen einlassen – und besser zum hochwertigen Original greifen.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

So ist auch verständlich, warum einige Hersteller preiswerter Studiogeräte absolute „Dumpingpreise“ kreieren. Diese basieren diese Konzepte oftmals auf dem Einsatz „preiswerter“ – und „billiger“ Bauteile, die mit entsprechenden Werbeversprechen zur hochwertigen Komponente erklärt werden.

### Kreuzschiene im Eigenbau

Im Studio macht es durchaus Sinn, unterschiedliche Signale verteilen zu können. Steckverbinder bergen immer die Gefahr von Kontaktproblemen. Werden hingegen Relais verwendet, unterliegen die Kontakte selten Oxidationen.

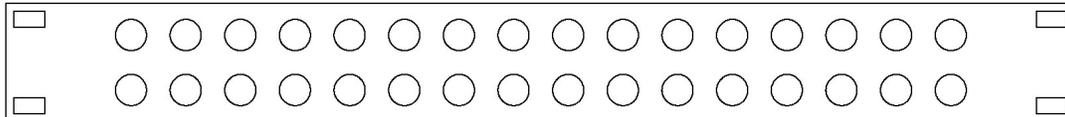


Bild: Ein typisches Patchfeld für die Studioumgebung.

Ohne auf die Beschaltungsarten „Normalisiert“ und „Halbnormalisiert“ einzugehen, bietet ein Patchfeld bei Einsatzuniverseller Klinkenstecker eine unbegrenzte Vielfalt von Steckmöglichkeiten. So können Geräte auch direkt an das Patchfeld angeschlossen werden. Nachteilig ist die Tatsache, dass alle Leitungen am Patchfeld zusammengeführt werden müssen. Somit verlängern sich die Leitungswege erheblich, was Störungen nach sich zieht. Besser sind Anwendungen, bei denen die erforderlichen Kontakte an diversen „Schaltstellen“ angebracht werden:

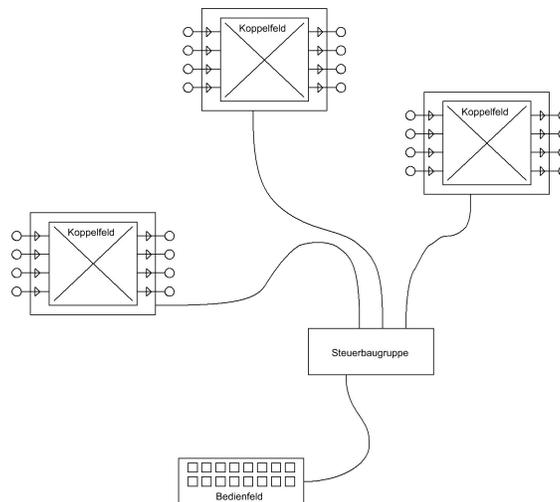


Bild: Eine dezentrale Anordnung der Relais-Schaltfelder erspart zusätzliche Leitungswege und vermeidet Störungen. Vorteilhaft ist das absolut flexible Routing unter Ausschluss von Fehlverbindungen. Nachteilig ist der erhöhte Bedarf an Bauteilen und Verbindungswegen für Steuerungssignale.

Mit externen Schaltmodulen lassen sich Leitungen immer an den Stellen mit „Bedarf“ schalten. Lange Leitungswege entfallen:

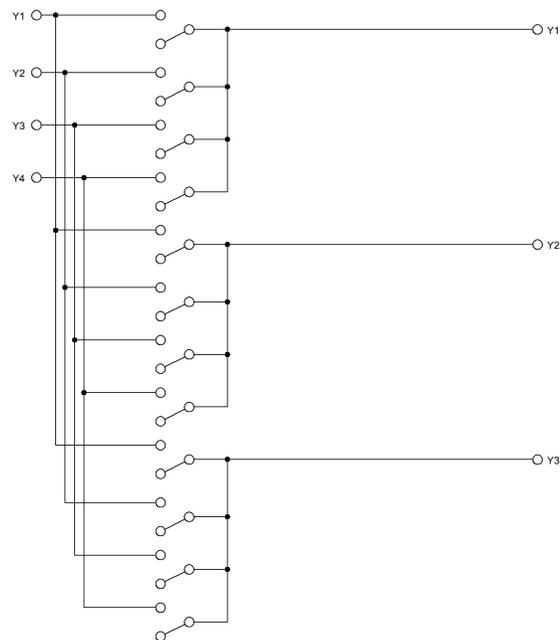


Bild: Einfache Darstellung einer externen „Schaltbox“. Die Ein- und Ausgänge sind jeweils mit Y gekennzeichnet – den auf Grund der passiven Arbeitsweise ist die Schaltung als bilateral anzusehen.

Fehlbeschaltungen sind nur dann von Bedeutung, wenn Ausgänge die Eingänge treiben und KEINE Verriegelung auf der Logikseite erfolgt. Beschädigungen von Geräten ist bei niederfrequenten Line-Signalen nicht zu befürchten. Werden jedoch Laustprechersignale für Monitore geschaltet, sind komplexe Verriegelungen absolut erforderlich. Die hierfür benötigten „Signaturen“ können entweder durch eine komplexe Logik – oder durch einen programmierbaren Baustein realisiert werden. Je nach Anwendungsbereich entscheidet der Nutzer, über die erforderlichen Maßnahmen gegen Fehlschaltungen.

## Vorschläge zu Eingangsschaltungen

Aktive Eingangsschaltungen erleichtern den Anschluss und vermeiden gezielt Anpassungsprobleme. Zusätzlich schützen Sie die Ausgänge von Geräten, die an die matrix angeschlossen werden.

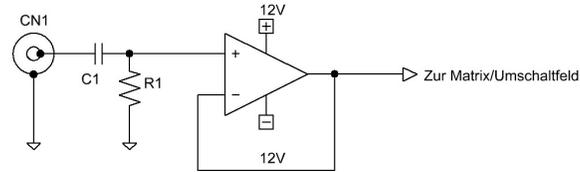


Bild: Eingangsschaltung für asymmetrische Signale. Typische Anwendung: Cinch Buchse.

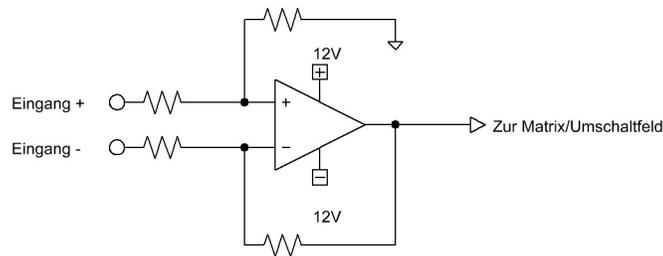


Bild: Eingangsschaltung für symmetrische Signale. Typische Anwendungen sind XLR und Klinensteckverbinder, mit dem die beiden Signale angeschlossen werden können. Allerdings ist zu bemerken, dass die o.g. Schaltung keinen Schutz vor Gleichspannungen bietet. Zwar liegen in wenigen Fällen Fehlergleichspannungen an einem Ausgang – jedoch ist es durchaus sinnvoll, entsprechende Blockkondensatoren zu verwenden.

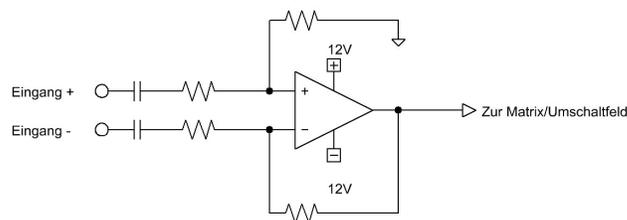


Bild: Eingangsschaltung mit entsprechenden Blockkondensatoren, die keine Gleichspannungsanteile an den Operationsverstärker lassen.

Bei diesen drei verhältnismäßig einfachen Eingangsschaltungen belassen wir es an dieser Stelle. Sie reichen aus, um eine Relaismatrix – oder ein komplexes Koppelfeld mit entsprechenden Stufen zu versehen.

In fortgeschrittener Form können auch zusätzliche Einstellungen zur Signaldämpfung vorgenommen werden. Realisiert werden diese Modifikationen oftmals in Form von kleinen Trimmern, die mit einem kleinen Schraubendreher von Außen zu erreichen sind.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008

Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Als Operationsverstärker bietet sich ein sehr rauscharmer Typ an, der bereits in vielen Audiogeräten mit Erfolg verarbeitet wird:

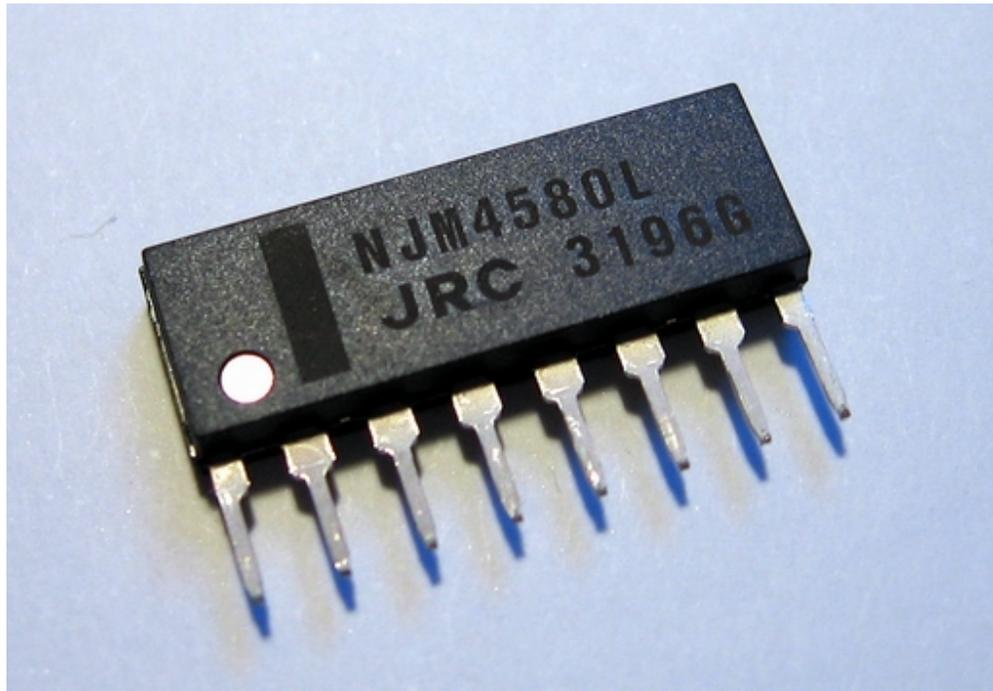


Bild: Der Operationsverstärker NJM4580L in der besonders platzsparenden Bauform „SIL8“.

Für viele Audioanwendungen ist kann dieser Baustein mit großer Sicherheit als ausreichend bezeichnet werden. Im Gegensatz zu den vielen „High-End-Freaks“ ist die Technologie der Super-Rauscharmen Operationsverstärker mittlerweile längst ausgereizt. Durch die physikalischen Phänomene wird es zunehmend schwieriger, unter irdischen Bedingungen dem Rauschen zu begegnen.

Unkontrollierte Elektronenbewegungen sind der Grund für die mehr zufällig auftretenden Rauschartefakte, die sich durch unzählige Formen elektronischer Bauteile ziehen. So erzeugen die heutigen Schaltkreise auf Halbleiterbasis weniger Grundrauschen – als ein popeliger 10 Kilo-Ohm Widerstand aus der Grabbelkiste.

Doch immer wieder rufen Ingenieure und Entwicklungstechniker die schon erwähnten „High-End-Freaks“ auf den Tagesplan. Gerade hier hat die Industrie mittlerweile ein ganzes Paket als hervorragend anzusehender Lösungen ausgearbeitet. Als feines Beispiel sei die gezielte „Umetikettierung“ ganzer Bausteinserien zu absoluten „High-Performance-IC’s“ genannt, bei denen unter dem Einfluss von Vollmond, kurzweiliger UV-Strahlung und einem gehörigen Maß an Selbstüberschätzung eine vollkommen neue Ära Bausteine aus dem Boden gestampft wurde. Mit einem entsprechend Farbklecks versehen und Messzertifikat einschließlich laufender Nummer auf dem IC klingen - die schwarzen Käfer ohnehin besser, als der restliche „Massengammel“ aus der gleichen – für den „Freak“ nur unschwer zu erkennenden Fertigungsreihe... Nach psychologischer Anpassung der Stückpreise um das zwanzigfache muss auch der letzte, akustische Skeptiker zugeben, das die selektierte „A2 Serie“ um Längern besser klingt, als die sonst im Handel erhältlichen Bausteine.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

### Spannungsversorgung am Operationsverstärker

Um den Operationsverstärker entsprechend einsetzen zu können, benötigt er eine symmetrische Versorgungsspannung. Je höher diese Spannungsversorgung ist, desto größer auch der Arbeitsbereich. Als Richtwert sind Spannungen zwischen 12 und 15 Volt zu empfehlen.

Da diese Spannung sauber und mit geringer Restwelligkeit in Bezug auf das Brummen anliegen sollte, ist eine Selbstverständlichkeit.

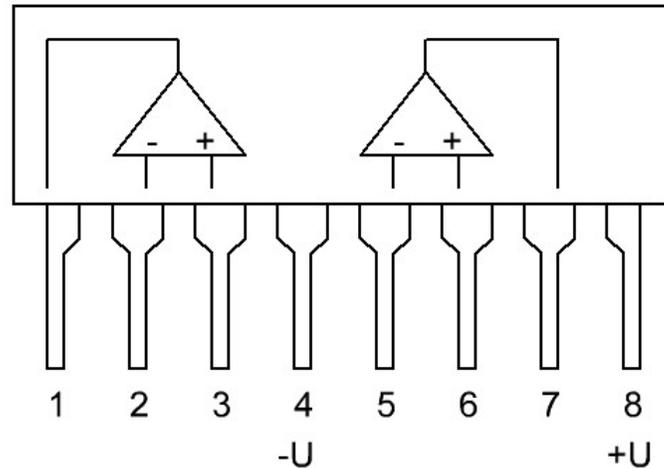


Bild: Anschlussbeschaltung NJM4580L

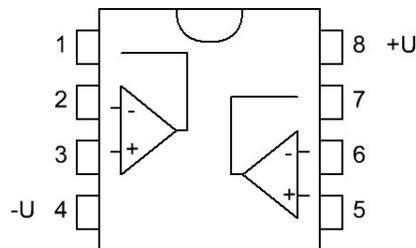


Bild: Anschlussbeschaltung NJM4580D

Oftmals ist es für den Elektroniker einfacher, die herkömmliche DIP8 Bauform einzusetzen. Baugleich sind zum NJM4580 folgende Typen: NE5532, RC4558 und TL072.

### Externe Schaltmodule und Kontaktbelegungen

Werden externe Module verwendet, sollte über die Unterbrechung der Masseleitungen nachgedacht werden. Ein engmaschiges Netz innerhalb kurzer Distanzen vermeidet Brummschleifen. Werden die Leitungswege jedoch länger, wächst auch die Wahrscheinlichkeit auftretender Brummstörungen. Daher erscheint das „Umschalten“ der Massewege sinnvoll, wenn ein Netz aus asymmetrischen Leitungen verwendet wird:

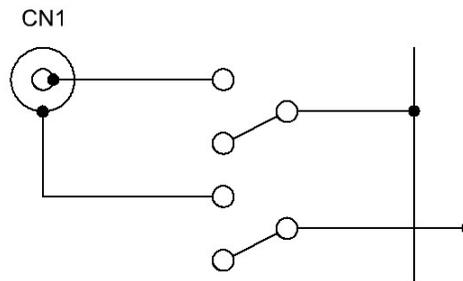


Bild: Die Masse der Eingangsbuchse wird mitgeschaltet.

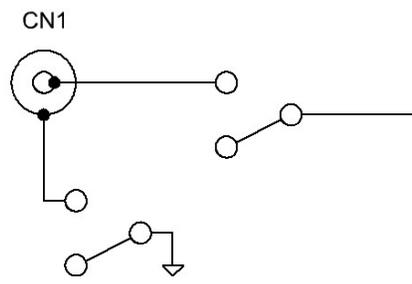


Bild: Andere Darstellung der geschalteten Masse

Bei symmetrischen Verbindungen ist ein Abschalten der Masse auf Grund der technischen Besonderheiten eigentlich nicht notwendig. Doch auch hier scheiden sich die Geister und so nachfolgend die technische Lösung:

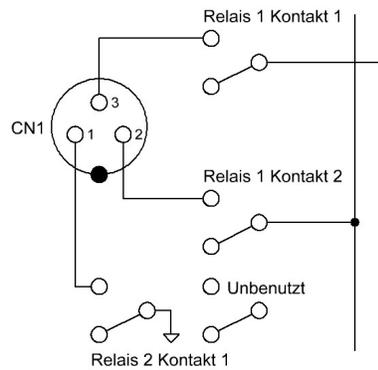


Bild: Bei symmetrischen Leitungen kann auch die Masseleitung an Pin 1 des XLR Steckers mitgeschaltet werden. Das gleiche Verfahren gilt auch für Klinenstecker – die allerdings bei einem Einbau der Buchsen in ein Metallgehäuse eine feste Verbindung – im Gegensatz zum XLR Verbinder – herstellen.

Nachteilig ist die Verschwendung von einem Relaiskontakt, der unbenutzt bleibt. Für die Umschaltung sind ohnehin zwei Relais mit jeweils 2 Umschalter erforderlich.

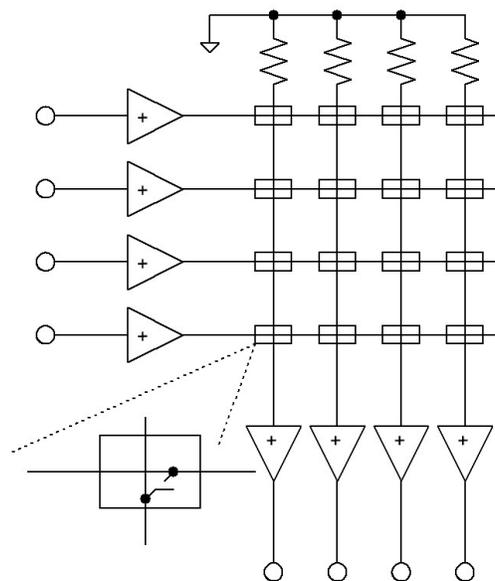


Bild: Typisches Koppelfeld mit Ein- und Ausgangsstufen. Die Koppelpunkte werden einpolig umgeschaltet. Daher können Relais oder hochwertige Halbleiterschalter verwendet werden. Auch der Einsatz von Reed Relais ist durchaus empfehlenswert.

## Reed Relais

Als exotisches Relais verbleibt das Reed Relais. Diese spezielle Form des Relais verwendet einen hermetisch abgeschlossenen Kontakt. Dieser befindet sich in einem Glasröhrchen unter Vakuum oder einer Edelgasfüllung.

Unter diesen Bedingungen findet keine Veränderung der Kontakteigenschaften statt – solange keine großen Ströme oder Spannungen das Relais beschädigen. Die kleinen Kontaktfedern verfügen über seine verhältnismäßig geringe Belastbarkeit – die in der Regel unter 1 Ampere liegt. Als Leistungsschalter generell ungeeignet besticht das Reed-Relais über seine besondere Zuverlässigkeit. Da durch externe Einflüsse praktisch keine Veränderungen der Kontakteigenschaften zu befürchten sind, verfügen Reed-Relais über ungewöhnlich hohe Konstanz der Parameter.

Aus diesem Grund werden Reed-Relais hauptsächlich in Messgeräten und Einrichtungen verwendet, bei denen der Kontakt als „Schaltelement“ nicht auffallen darf. Dem entgegen steht die geringe Belastbarkeit und der verhältnismäßig hohe Preis bei hochwertigen Bauformen. Hinzu addiert sich ein weiterer Nachteil, der sich allerdings gut kompensieren lässt. Während normale Relaiskonzepte eine Vielzahl an Kontaktbänken ermöglichen, ist die Kontaktanzahl auf wenige Einzelkontakte begrenzt.

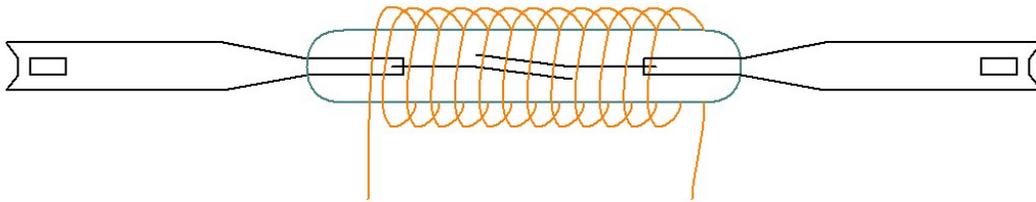


Bild: Reed Relais mit eingezeichneter Spule. Das entstehende Magnetfeld bewirkt eine Bewegung der Kontaktfedern und schließt den elektrischen Kreis. Vorteilhaft ist die schnelle und geräuschlose Arbeitsweise des Relais.

Nachteilig ist die Anfälligkeit gegen mechanische Stöße und Verwindungen. Dabei kann der Glaskörper reißen. Aus diesem Grund werden Reed-Relais meistens in fest vergossenen Gehäusen angeboten, deren Kontaktanschlüsse nicht mehr direkt aus dem Relais herausragen. Außerdem dienen diese Kunstharzgehäuse auch dem Schutz der empfindlichen Spule, die oftmals aus sehr dünnem Draht gefertigt wird, um einen möglichst hohen Spulenwiderstand zu erreichen.

Oftmals integrieren die Hersteller eine Freilaufdiode im Relais direkt an der Spule. Daher ist es für den Anwender immer empfehlenswert, vor Anschluss der Spule das Datenblatt zu studieren. Ist kein Datenblatt vorhanden, kann die vorhandene Diode mit einem Komponententester (oder einem Multimeter) ausgemessen und in der Schaltung berücksichtigt werden.

Der Stückpreis unterschiedlicher Reed-Relais schwankt zwischen wenigen Cent für Billigware bis hin zu zweistelligen Eurobeträgen für hochwertige Spezial Relais. Gerade im Audibereich kommt es auf das geräuschlose Schalten hinsichtlich Störungen durch das Relais an. Durch zusätzliche Induktionsspannungen in den Kontaktfedern entstehen bei einigen Relaisstypen Störungen im Nutzsignal.

**Alle Rechte vorbehalten!**

© by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008

Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Reed Relais gibt es mittlerweile in unterschiedlichen Bauformen – im typischen IC – oder in SIL (Single in Line) Gehäuse.

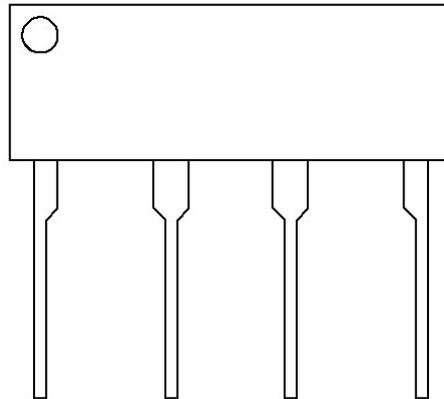


Bild: Reed Relais - Seitenansicht.

Der einfache Einbau über Bestückungsanlagen ermöglicht auch den industriellen Einsatz dieser kleinen Relais. So bieten sich Reed Relais ebenfalls für die Schaltung in einem Koppelfeld an. Allerdings werden für einen Stereokoppelpunkt zwei – und für einen symmetrisch-passiven Koppelpunkt sogar vier Relais benötigt.

Somit wird ein Projekt mit Reed-Relais oftmals erheblich teurer – als mit herkömmlichen Relais – wie dem TQ2-Relais von SDS.

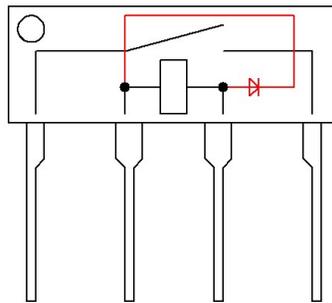


Bild: Reed Relais mit integrierter Freilaufdiode. Wird dieses Relais in verkehrter Richtung an Spannung gelegt, wird die Diode sofort zerstört und das Relais ist unbrauchbar!

In Zweifelsfall immer die Spule mit einem geeigneten Messgerät auf die Existenz einer zusätzlichen Freilaufdiode prüfen und einen Funktionstest mit Strombegrenzung durchführen.

### **Das Konzept und die Idee zur Matrix**

Wozu benötigt ein Studio einen Umschalter - oder eine Matrix? Die Frage ist durchaus berechtigt und zeigt auf, dass viele Anwender über unzureichende Eingangsbeschaltungen ihre Mischpulte oder Peripheriegeräte verfügen.

Eine der wohl wichtigsten Anwendungen ist die zusätzliche Erweiterung der Mischpulteingänge – oder eine generelle Disposition aller vorhandenen und anzuschließenden Signalquellen. Ein Patchfeld leistet oftmals gute Dienste – oder nur der Relaisbetriebenen Umschalteinheit um Längen unterlegen. Der Vorteil, einer komplexen Fernsteuerung bleibt ausnahmslos dem Relaischaltfeld vorbehalten.

Eine einfache – und für den Bastler nachvollziehbare Alternative ist der Einsatz von kleinen, preiswerten und unauffälligen Relais. Ein hervorragendes Relais für diesen Zweck ist das SDS Relais TQ2 – das in unterschiedlichen Spulenspannungen geliefert wird.

Mit den üblichen Spannungen zwischen 5 und 12Volt werden die meisten Anwendungen hervorragend bedient. Eine Logiksteuerung benötigt in den meisten Fällen eine Spannung von 5Volt – wobei die Wahl der Spulenspannung.

Die meisten Relaissteuerungen kommen mit einfachen 12Volt aus – nur die Logik benötigt in den meisten Fällen 5Volt. Schon, wenn Speicherbausteine (EPROM) und Prozessoren für Steuerungsfunktionen verantwortlich sind, werden präzise +5V benötigt. Diese können aus der Spulenspannung gewonnen werden.

Beim Einsatz von TQ2 Relais mit 5Volt Spulenspannung macht es ohnehin Sinn, zwei Spulen in Reihe zu schalten, wenn die Masseführung mitgeschaltet wird.

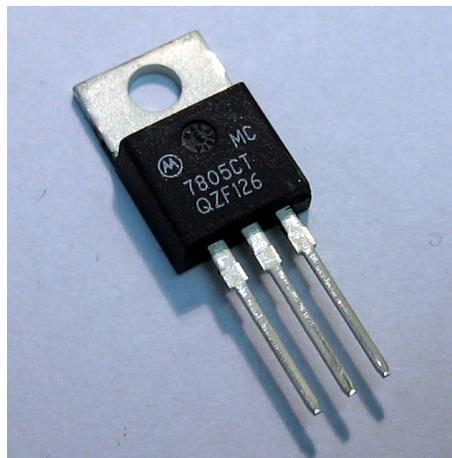


Bild: Spannungsregler MC7805 für die Gewinnung einer stabilen Spannung von 5 Volt

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

Die Beschaltung eines Spannungsreglers ist einfach und unproblematisch. Drei Anschlüsse reichen aus, um aus einer unstabilisierten Gleichspannung ein brauchbares +5V Potential zu erstellen:

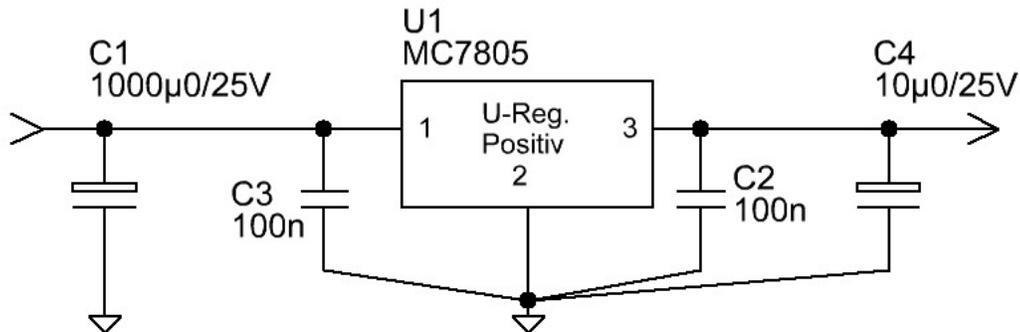


Bild: Spannungsregler im Einsatz

Wichtig sind beiden Entkoppelkondensatoren direkt am Spannungsregler. Die Anschlussbeinchen sollten sich möglichst dicht am Bauteil befinden. Somit werden unkontrollierte Schwingungen des Reglers in Zusammenarbeit mit dem Ausgangselko C4 wirkungsvoll verhindert. Wer möchte, kann der Schaltung noch einige zusätzliche Extras verpassen:

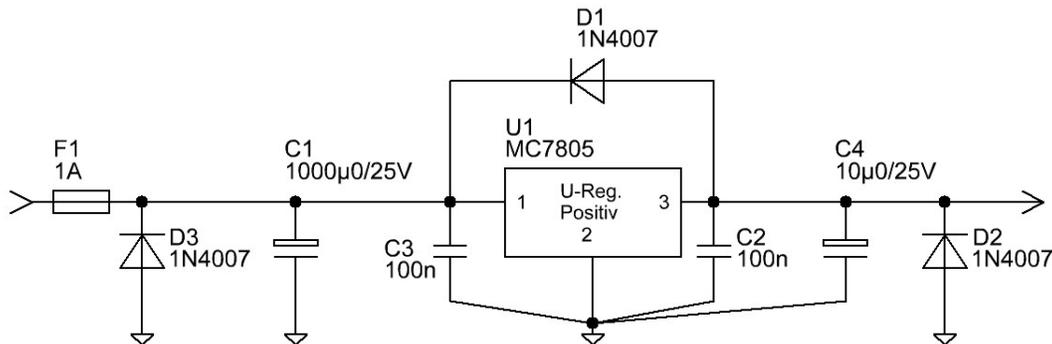


Bild: Spannungsregler und zusätzliche Schutzschaltungen.

Auf dem Bild sind die drei Schutzdioden klar zu erkennen. Die Eingangsdiode D3 sorgt bei einer fehlerhaften Polarität am Eingang für das sofortige Auslösen der Sicherung F1. Diode D1 schützt den Regler vor rückwärtigen Spannungen durch den Ausgang – was in der Regel nur bei Labornetzteilen vorkommen sollte. D2 dient als Verpolungsschutz für den Ausgang. Im Normalfall ist hier mit einer festen Last zu rechnen, die selten induktiven Charakter annimmt.

### **Bezugsquellennachweis**

Immer wieder werden wir zu den zahlreichen Schaltungsunterlagen nach Bauelementen und deren Bezugsquellen gefragt. Oftmals beliefern einige Hersteller und Distributoren nur ab 500 Stück – oder an direkt gewerbetreibende Betriebe. Auch die oftmals unverschämten Preiskalkulationen für Mindermengen sind eine Bremse für den Eigenbau.

So haben wir – insbesondere die Technik zu einer außergewöhnlichen Maßnahme gegriffen. Schaltungen und Vorschläge stützen sich in weiten Bereichen auf eine festgelegte Anzahl von Bausteinen. Wichtigstes Element ist die gegenseitige Austauschbarkeit und Vielseitigkeit der Bauteile. Spezialschaltungen werden nur in Ausnahmefällen eingesetzt, wo handelsübliche Schaltungskonzepte einen erheblichen Mehraufwand nach sich ziehen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, stehen interessierten Anwendern und Bastlern unsere freiwilligen Bauteildienste zur Verfügung. Diese, von den Mitarbeitern freiwillig erbrachte Dienstleistung bezieht sich nur auf die Weitergabe von Bauteilen zum Selbstkostenpreis und einer Versandpauschale. Größerer Mengen deckt definitiv der Fachhandel.

Durch den Einkauf größerer Mengen können wir attraktive Stückpreise weiterleiten – die jedoch NICHT Bestandteil eines Vertriebsnetzes sind.

Nachfolgend einige Preisrelationen für Bauelemente, die in aktuellen Schaltungen eingesetzt werden:

Relais SDS TQ2-5V	1 Stück 1,80	10 Stück 14,00 *
Relais Takamisawa A5W-K	1 Stück 1,80	10 Stück 14,00 *
IC PVA1354	1 Stück 1,70	10 Stück 14,00
IC TL084CN o. ACN	1 Stück 0 25	10 Stück 2,00

\* Je nach Verfügbarkeit auch Änderungen nach oben und unten möglich!

Verfahrensweise:

Die Bauteile werden durch einen Mitarbeiter auf privater Basis an den Anfragenden verschickt. Bezahlung nur per Vorkasse, denn soviel Vertrauen sollte schon sein. Andere Praktiken haben nur zu erheblichen Ärgernissen in bezug auf Erstattung der Auslagen geführt. Zu den Auslagen zählt der Aufwand für Verpackung und Versand in Höhe von generell EUR 4,00 bis zu einem Warenwert von EUR 25,00.

Hinweis: Dieser Service ist eine freiwillige Hilfsleistung ohne die Absicht, Gewinne zu erzielen. Es handelt sich dabei um die Weiterleitung der Kosten im Sinne einer Unterstützung an gleichgesinnte Einrichtungen.

Bitte keine Massenbestellungen aufgeben. (500 Stück oder mehr) Diese Bestellungen müssen wir aus rechtlichen Gründen leider ablehnen und den Direktvertrieb verweisen. Gern nennen wir auf Anfrage einen geeigneten Lieferanten.

Ende

**Alle Rechte vorbehalten!**

® by Jens Kelting 2008 / Copyright Bilder Jens Kelting 2007/2008  
Nachdruck und Weiterverwendung nur mit Genehmigung des Verfassers!

## **Achtung!**

**Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!  
Dies gilt für Inhalte und verwendetes Bildmaterial!**

**Keine Verwendung dieser Inhalte - auch nicht im  
Auszug – in anderen Projekten, Werken, Webseiten  
oder Darstellungen.**

**Alle Texte und Bilder dürfen nur (je nach  
Verwendung bis hin zur kostenfreien Lizenz und  
Nutzung) mit schriftlicher Genehmigung des Autors  
verwendet werden!**

**Copyright Text und Bilder  
Jens Kelting 2005 - 2008**