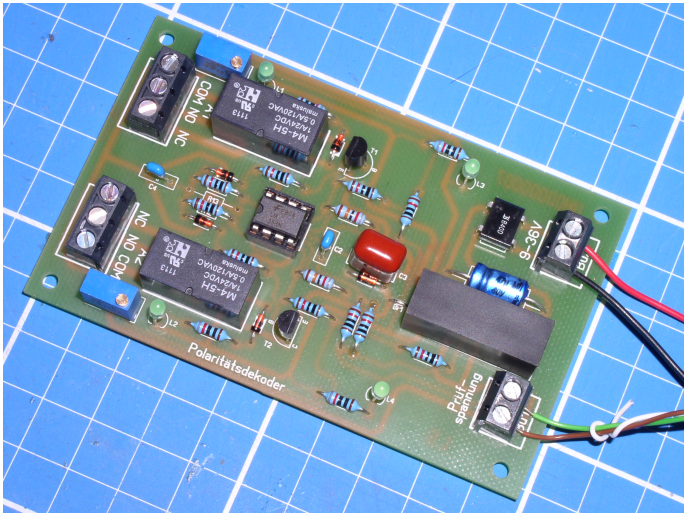


Polaritätsdekoder

Udo Hennig

30. Dezember 2011



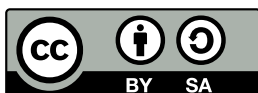
Copyright (©) 2011, Udo Hennig
e-Mail: info@udohennig.de

Dieses Werk steht unter einer Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported Lizenz. (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>).

Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten, öffentlich zugänglich machen, Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen und das Werk kommerziell nutzen unter den folgenden Bedingungen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der Form "Polaritätsdekoder von Udo Hennig; <http://www.udohennig.de/>" nennen. Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>).

You are free to copy, distribute, transmit, adapt and make commercial use of the work under the following conditions: You must attribute the work in the following manner "Polaritätsdekoder von Udo Hennig; <http://www.udohennig.de/>". If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.



Dieses Dokument wurde mit L^AT_EX gesetzt. Der Quelltext kann von <http://www.udohennig.de/> heruntergeladen werden.

Sollte Ihnen dieses Werk von Nutzen gewesen sein, oder Ihnen geholfen haben, können Sie mir eine Spende zukommen lassen (Empfänger: Udo Hennig; Kto: 1212321600; BLZ: 10090900; BIC: GENODEF1PO1; IBAN: DE48100909001212321600; Verwendungszweck: Polaritätsdekoder). Vielen Dank.

Ich bedanke mich bei dem Brandenburger Modellbahn-Freunden e.V. (<http://www.bmfev.de>) und bei Franziska Nehrenst für die geleistete Unterstützung

Inhaltsverzeichnis

1	Schaltung	2
1.1	Funktion	2
1.2	Schaltungsbeschreibung	2
2	Nachbau	4
2.1	Aufbau	4
2.1.1	Leiterplatte	4
2.1.2	Bestückung	4
2.1.3	Prüfung	5
2.2	Abgleich	5
A	Anhang	6
A.1	Stückliste	6
A.2	Schaltplan	7
A.3	Platinenlayout und Bestückungsplan	8
A.4	Bestelliste	9
A.5	Farbcode für Widerstände	10

Abbildungsverzeichnis

1	Schaltplan	7
2	Platinenlayout	8
3	Bestückungsplan	8

Tabellenverzeichnis

1	Technische Daten	2
2	Umschaltspannungen	3
3	Ausgangszustände	4
4	Stückliste	6
5	Bestelliste	9
6	Farbcode für Widerstände	10

1 Schaltung

Je nach Polarität einer angelegten Prüfspannung zieht ein Relais an. Die Ansprechspannung ist für beide Polaritäten getrennt im Bereich von ca. 0,1V bis ca. 1,6V einstellbar. Die Prüfspannung, die Betriebsspannung und die Schaltspannung sind voneinander galvanisch getrennt.

1.1 Funktion

Bei verschiedenen Steuerungsaufgaben kann es manchmal notwendig oder wünschenswert sein, bestimmte Schaltvorgänge von der Polarität einer sich (langsam) ändernden Spannung abhängig zu machen. Dabei soll einerseits der Schaltvorgang so früh wie möglich ausgelöst werden und andererseits soll die zu prüfende Spannung große Werte annehmen können und die Prüfspannung so wenig wie möglich belasten. Die einfache Variante mit einem Relais und einer in Reihe geschalteten Diode hat den Nachteil, dass das Relais erst bei seiner Versorgungsspannung (z.B. 5V) anspricht. Wenn die Spannung weit über die Betriebsspannung des Relais ansteigt, wird es schnell überlastet.

Diese Schaltung soll bei diesem oder vergleichbaren Problemen helfen. Je nach Polarität der angelegten Prüfspannung wird ein Relais geschaltet. Liegt die Prüfspannung bei 0V ist kein Relais angezogen. Die Schaltgrenzen (Ansprechspannungen) können mit den Spindeltrimmern für beide Polaritäten getrennt im Bereich von ca. 0,1V bis ca. 1,6V eingestellt werden. Die Prüfspannung, die Betriebsspannung und die Schaltspannung sind galvanisch voneinander getrennt. Über die Relaiskontakte können dann weitere Schaltvorgänge – ebenfalls unabhängig von der Betriebsspannung – ausgelöst werden. Der Betriebsspannungsbereich von 9–36V erlaubt ein Betrieb im Modellbahnbereich (12V–16V AC/DC) sowie in der Steuerungstechnik (24V DC).

Betriebsspannung	9 – 36V AC/DC
Prüfspannung	-30 – +30V DC
Stromaufnahme	35 mA
Schaltleistung	24V/1A
Betriebstemperatur	0 bis +70 °C
Abmessungen L/B/H	100/61/20 mm

Tabelle 1: Technische Daten

1.2 Schaltungsbeschreibung

Hauptbestandteil der Schaltung sind zwei als invertierende Komparatoren geschaltete Operationsverstärker (OPV). Die zu prüfende Spannung wird über den Widerstandsteiler $R1/R10$ den invertierenden Eingängen der OPV zugeführt.

Die interne Spannungsversorgung erfolgt über ein DC/DC-Wandler. Dadurch wird eine galvanische Trennung zwischen der Betriebsspannung und der Prüfspannung erreicht. Gleichzeitig wandelt der DC/DC-Wandler die Betriebsspannung in die interne Versorgungsspannung von $\pm 5V$ um. Diese wird durch die LED's $L3$ und $L4$ angezeigt.

Die antiparallel geschalteten Z-Dioden $D1$ und $D2$ begrenzen die Spannung an den invertierenden Eingängen auf ca. 4V und schützen so die OPV's vor Zerstörung bei zu hohen Eingangsspannungen. Die Kondensatoren $C2$ und $C3$ dienen der Unterdrückung von Störpulsen und verhindern ein Flattern der Relais.

Die Referenzspannung der Komparatoren wird mit den Widerständen $R2/R3$ bzw. $R6/R7$ erzeugt. Über die Spindeltrimmer kann die Spannung in einem Bereich von 0V bis ca. 1,6V bzw. 0V bis -1,6V sehr genau eingestellt werden.

Die Komparatoren sind mit einer Hysterese bestehend aus $R4/R5$ bzw. $R8/R9$ ausgestattet. Die Hysterese sichert ein sauberes Umschalten der Ausgangsrelais am Umschaltpunkt und verhindert ein Relaisflattern.

Im Ausgangszustand (Prüfspannung 0V) liegt am nichtinvertierenden Eingang *IC1a* die eingestellte Referenzspannung, die größer als 0V ist. Am invertierenden Eingang liegt die Prüfspannung mit 0V. Damit hat der nichtinvertierende Eingang gegenüber den invertierenden Eingang ein höheres Potential und der Ausgang von *IC1a* geht auf $+U_b$.

Beim *IC1b* liegt im Ausgangszustand (Prüfspannung 0V) am nichtinvertierenden Eingang die eingestellte Referenzspannung, die kleiner als 0V ist. Am invertierenden Eingang liegt die Prüfspannung mit 0V. Damit hat der nichtinvertierende Eingang gegenüber dem invertierenden Eingang ein niedrigeres Potential und der Ausgang von *IC1b* geht auf $-U_b$.

Angenommen, die Prüfspannung wird jetzt positiver. Steigt die Prüfspannung soweit an, dass sie größer als die Spannung am nichtinvertierenden Eingang von *IC1a* wird, schaltet der Komparator *IC1a* von $+U_b$ nach $-U_b$. Fällt die Spannung soweit ab, dass sie kleiner als die Spannung am nichtinvertierenden Eingang von *IC1a* wird, schaltet der Komparator *IC1a* wieder von $-U_b$ nach $+U_b$.

Analog verhält sich *IC1b* bei negativer Prüfspannung. Fällt die Prüfspannung unter die Spannung am nichtinvertierenden Eingang von *IC1b*, schaltet der Komparator *IC1b* von $-U_b$ nach $+U_b$. Steigt die Prüfspannung wieder soweit an, dass sie größer als die Spannung am nichtinvertierenden Eingang von *IC1b* wird, schaltet der Komparator *IC1b* von $+U_b$ nach $-U_b$.

Die Spannungen an den nichtinvertierenden Eingängen und damit die Umschaltspannungen können mit folgender Formel berechnet werden. Für den Umschaltpunkt des Komparator *IC1a* bei steigender Spannung U_H (einschalten) gilt Gleichung 1, bei fallender Spannung U_L (ausschalten) Gleichung 2.

$$U_H = (U_{+U_b} - U_{ref}) \frac{R_4}{R_4 + R_5} + U_{ref} \quad \text{für } IC1a \quad (1)$$

$$U_L = (U_{-U_b} - U_{ref}) \frac{R_4}{R_4 + R_5} + U_{ref} \quad \text{für } IC1a \quad (2)$$

In Tabelle 2 sind einige Umschaltspannungen abhängig von U_{ref} aufgelistet.

U_{ref}	U_H	U_L
0,0V	0,12V	-0,12V
0,2V	0,32V	0,07V
0,4V	0,51V	0,26V
0,5V	0,61V	0,36V
0,6V	0,71V	0,46V
0,8V	0,90V	0,65V
1,0V	1,10V	0,85V
1,2V	1,29V	1,04V
1,4V	1,49V	1,24V
1,6V	1,68V	1,43V

Tabelle 2: Umschaltspannungen

Die Ausgänge der Komparatoren sind über die Widerstände *R11* und *R12* zusammengeschaltet. Durch diese Zusammenschaltung werden am Knotenpunkt der beiden Widerstände (Ausgang) 3 Ausgangszustände erreicht (Tabelle 3).

Im ersten Fall liegen beide Komparatorausgänge auf $-U_b$. Damit liegt der Ausgang auch auf $-U_b$. In den beiden zweiten Fällen ist ein Komparatorausgang auf $+U_b$ und der andere auf $-U_b$. Durch den symmetrischen Spannungsteiler aus *R11/R12* ist das Potenzial am Ausgang 0V. Im dritten Fall sind beide Komparatorausgänge auf $+U_b$. Der Ausgang liegt analog wie im ersten Fall auf $+U_b$.

Dieses Ausgangssignal wird über je eine Diode und einem Widerstand den Transistoren *T1 T2* zugeführt. Liegt der Ausgang auf $+U_b$ wird über die Diode *D3* der Transistor *T1* angesteuert, der

	<i>IC1a</i>	<i>IC1b</i>	Ausgang
1.	$-U_b$	$-U_b$	$-U_b$
2a.	$+U_b$	$-U_b$	$0V$
2b.	$-U_b$	$+U_b$	$0V$
3.	$+U_b$	$+U_b$	$+U_b$

Tabelle 3: Ausgangszustände

wiederum das Relais *K1* und die LED *L1* einschaltet. Liegt der Ausgang auf $-U_b$ wird über die Diode *D4* der Transistor *T2* angesteuert, der wiederum das Relais *K2* und die LED *L2* einschaltet. Liegt der Ausgang auf $0V$ wird keiner der beiden Transistoren angesteuert und die Relais und LED's sind ausgeschaltet.

2 Nachbau

2.1 Aufbau

2.1.1 Leiterplatte

In der Anlage dieser .pdf-Datei befindet sich eine Datei [Platine.lay](#) die das Leiterplattenlayout enthält. Diese wurde mit dem Programm SPRINT-Layout der Fa. Abacom (<http://www.abacom-online.de>) erstellt.

Die Datei kann auch ohne die Software direkt zur Herstellung der Leiterplatte genutzt werden. Bei der Bestellung z.B. im Conrad-Leiterplattenservice (<http://www.conrad-leiterplattenservice.de/>) wird das SPRINT-Format direkt unterstützt. Die Datei kann somit bei der Bestellung direkt hochgeladen werden.

Möchten Sie die Leiterplatte komplett selbst herstellen, finden Sie das Platinenlayout im Anhang auf Seite 8.

2.1.2 Bestückung

Zuerst werden die niedrigen Bauteile wie die Widerstände *R1*, *R2*, *R4*, *R5* und *R7* – *R18*, die Dioden *D1* – *D6*, die Brücke *Br1* und der Gleichrichter *G11* eingelötet. Die Widerstandswerte sind über Farbringe kodiert. Mit Hilfe der Tabelle 6 auf Seite 10 können die Werte ermittelt und entsprechend der Stückliste auf Seite 6 eingelötet werden. Bei den Dioden ist auf die richtige Polarität zu achten. Die Kathode ist immer mit einem Ring gekennzeichnet. Der Gleichrichter *G11* ist lagerichtig einzusetzen. Die mit \sim gekennzeichneten Anschlüsse müssen zur Buchse *Bu2* zeigen. Als nächstes können die Kondensatoren *C2*, *C3* und *C4* eingesetzt und verlötet werden.

Danach folgt der IC-Sockel für *IC1* und die Transistoren *T1* und *T2*. Die Markierung des IC-Sockels zeigt dabei zu den 3poligen Buchsen *Bu3* und *Bu4*. Die Transistoren sind mit der abgeflachten Seite, wie auf dem Bestückungsdruck angegeben, einzusetzen.

Nun wird der Kondensator *C1* eingesetzt. Bei Elektrolytkondensatoren ist, wie bei Dioden, auf die Polarität zu achten. Der Pluspol des Kondensators ist bei radialen (liegenden) Kondensatoren meist mit einer Einkerbung gekennzeichnet. Bei axialen (stehenden) Kondensatoren ist der Minuspol gekennzeichnet.

Jetzt sind die LED's *L1* – *L4*, und die Spindeltrimmer *R3* und *R6* an der Reihe. Die LED's haben zwei unterschiedlich lange Anschlußdräte. Der Längere ist dabei immer die Anode, der Kürzere die Kathode. Das Gehäuse ist außerdem an der Kathode abgeflacht.

Zum Schluß kommen die Buchsen *Bu1*, *Bu2*, *Bu3* und *Bu4*, der DC/DC-Wandler *N1* sowie die Relais *K1* und *K2*.

Setzen Sie nun noch den Operationsverstärker *IC1* lagerichtig in die Fassung.

2.1.3 Prüfung

Nach Abschluß der Bestückung ist die gesamte Leiterplatte nochmals auf Fehler zu überprüfen. Kontrollieren Sie, ob alle Bauteile richtig eingesetzt sind, ob sich Draht- oder Lötzinnreste auf der Platine befinden. Dadurch können unliebsame Kurzschlüsse entstehen. Kontrollieren Sie, ob alle Lötstellen sauber verlötet und keine kalten Lötstellen entstanden sind.

2.2 Abgleich

Zur einwandfreien Funktion der Schaltung ist ein Abgleich erforderlich.

1. Trennen Sie den Baustein von der Betriebsspannung oder schalten Sie die Betriebsspannung aus.
2. Drehen Sie die beiden Spindeltrimmer $R3$ und $R6$ gegen den Uhrzeigersinn, bis zum Anschlag (max. 24 Umdrehungen).
3. Schließen Sie den Baustein an die Betriebsspannung an, bzw. schalten Sie sie ein.
4. Stellen Sie die Prüfspannung auf 0V und schließen Sie sie an den Baustein an.
5. Erhöhen Sie die Prüfspannung, bis ein Relais anzieht.
6. Verringern Sie die Prüfspannung wieder auf 0V. Das Relais bleibt angezogen.
7. Drehen Sie jetzt den Spindeltrimmer neben dem angezogenen Relais solange im Uhrzeigersinn, bis das Relais abfällt.
8. Ändern Sie die Polarität der Prüfspannung.
9. Wiederholen Sie die Schritte 5–7 mit dem anderen Trimmer und dem anderen Relais.

Der Baustein ist damit am Empfindlichsten eingestellt. Das heißt, die Ausgänge werden bei geringstmöglicher Spannung geschaltet. Sollte dies nicht gewünscht sein, kann der Abgleich auch auf eine höhere Ansprechspannung (max. 1,6V) erfolgen. Gehen Sie dazu wie folgt vor.

1. Trennen Sie den Baustein von der Betriebsspannung oder schalten Sie die Betriebsspannung aus.
2. Drehen Sie die beiden Spindeltrimmer $R3$ und $R6$ im Uhrzeigersinn bis zum Anschlag (max. 24 Umdrehungen).
3. Schließen Sie den Baustein an die Betriebsspannung an, bzw. schalten Sie sie ein.
4. Stellen Sie die Prüfspannung auf die Ansprechspannung ein (max. 1,6V) und schließen Sie sie an den Baustein an. Ein Relais zieht an.
5. Drehen Sie die den Spindeltrimmer neben dem Relais gegen den Uhrzeigersinn, bis das Relais abfällt.
6. Drehen Sie die den Spindeltrimmer neben dem Relais im Uhrzeigersinn, bis das Relais anzieht.
7. Ändern Sie die Polarität der Prüfspannung und wiederholen Sie die Schritte 4 und 6 mit dem anderen Trimmer und dem anderen Relais.

Damit ist der Abgleich abgeschlossen. Die Schaltung kann eingebaut und in Betrieb genommen werden.

Literatur

- [1] MIETKE, DETLEF: *Vom Elektron zur Elektronik: Der OPV als Komparator*. <http://www.elektroniktutor.de/analog/kompar.html>.
- [2] SCHAERER, THOMAS: *Vom Fensterkomparator zum Präzisions-Schmitt-Trigger (LM324, LM358, LM385)*. <http://www.elektronik-kompodium.de/public/schaerer/wincst.htm>.
- [3] WIKIPEDIANER: *Wikipedia: Operationsverstärker*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>.
- [4] WIKIPEDIANER: *Wikipedia: Widerstand*. [http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_\(Bauelement\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_(Bauelement)).

A Anhang

A.1 Stückliste

Widerstände

R1, R2, R4, R7, R8, R10 – R14	10k Ω
R3, R6	Trimmer 5k Ω
R5, R9	820k Ω
R15 – R18	820 Ω

Kondensatoren

C1	47 μ F
C2, C4	100nF
C3	2,2 μ F

Dioden

G11	B40D
D1, D2	Z-Diode 3,9V
D3-D6	1N4148
L1 – L4	LED grün

Halbleiter

IC1	LM358
T1	BC546
T2	BC556

Sonstiges

N1	IM2405S
K1, K2	Relais 5V
Bu1, Bu2	2polige Buchse
Bu3, Bu4	3polige Buchse

Tabelle 4: Stückliste

A.2 Schaltplan

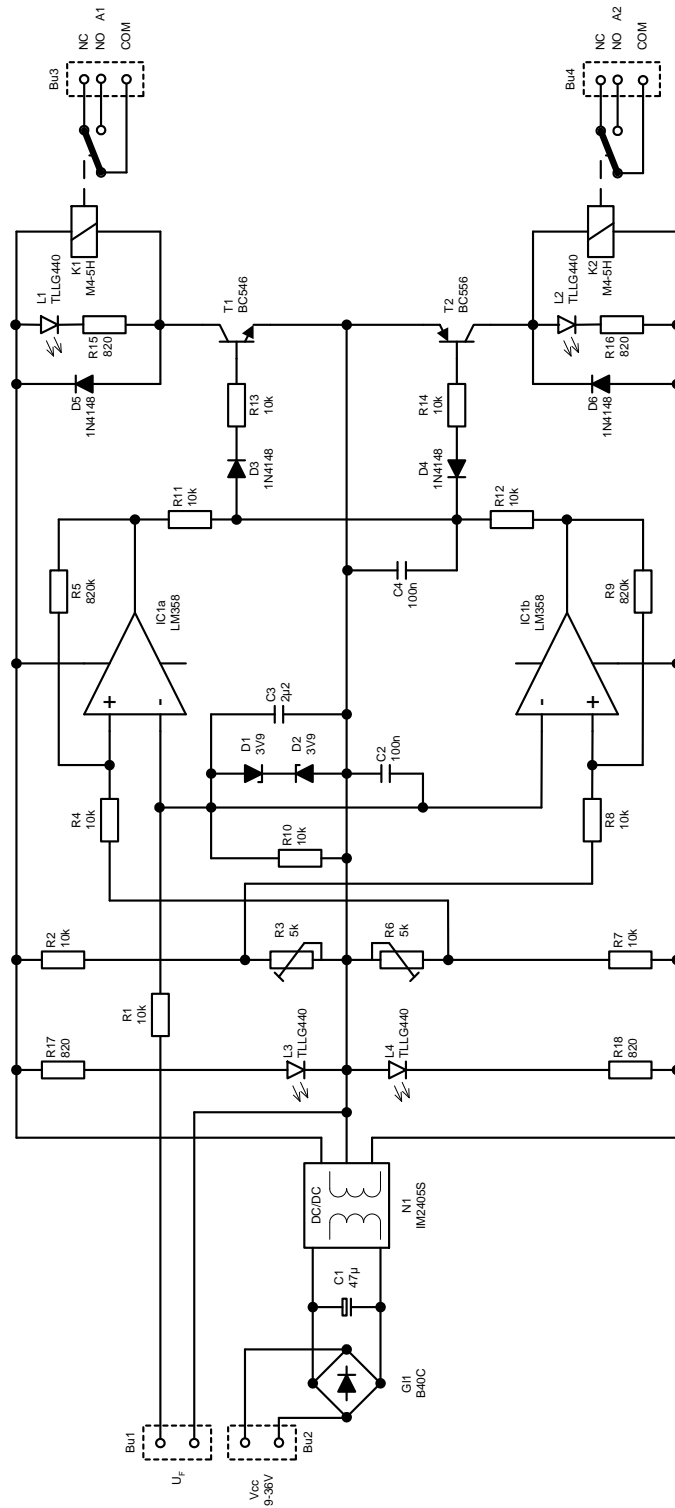


Abbildung 1: Schaltplan

A.3 Platinenlayout und Bestückungsplan

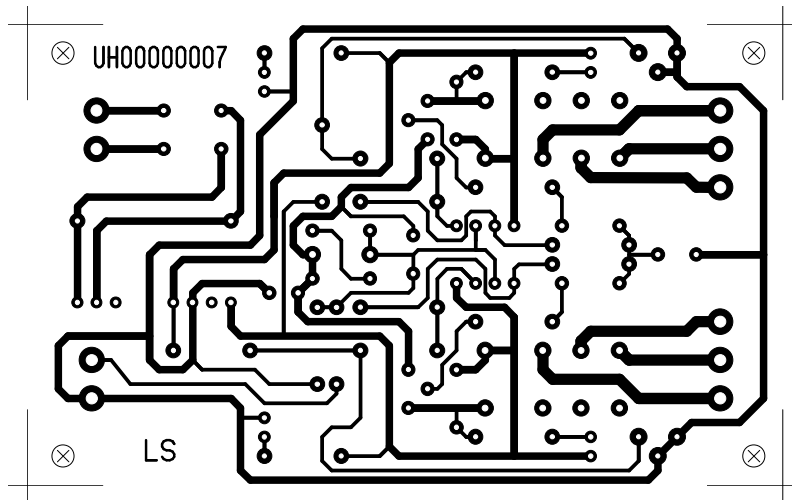


Abbildung 2: Platinenlayout (100×61mm)

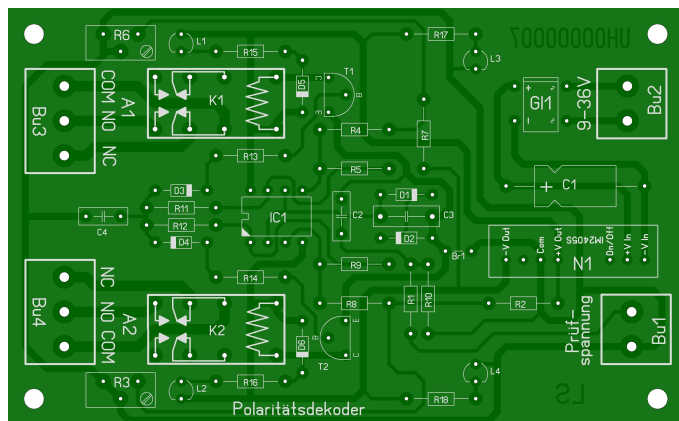


Abbildung 3: Bestückungsplan

A.4 Bestellliste

Leiterplatte:

Conrad Leiterplattenservice (<http://www.conrad-leiterplattenservice.de/>)

Lagenzahl: 1
Abmessungen: 100×61mm
Basismaterial: FR4, 35µmCu, 1,6mm
Stopplack: Ja
Bestückungsdruck: Ja
Oberfläche: HAL
Layoutvorgaben: Leiterbahnstärke ≥0.150mm
Bohrdurchmesser ≥0.3mm
Überlieferung: Nein
E-Test: Nein
Lieferzeit: 8 AT
Dateiformat: SPRINT
Projektname: Polaritaetsdekoeder

Bauelemente:

Bauteil	Menge	Bestellnummer	Bemerkung
<i>Conrad Elektronik (http://www.conrad.de)</i>			
B40D	1	501204-05	
1N4148	4	162280-05	
Z-Diode 3,9V	2	180068-05	
47µF	1	446133-05	
100nF	2	453099-05	
LED grün	4	145971-05	
BC546	1	154997-05	
BC556	1	155080-05	
LM358	1	174440-05	
Relais 5V	2	505145-05	
IC-Fassung	1	189502-05	
Buchse 2pol.	2	729949-05	
Buchse 3pol.	2	729957-05	
<i>Farnell über HBE-Shop (http://www.hbe-shop.de)</i>			
10kΩ	10	9341110	Mindestbestellmenge 10 St
820Ω	4	9342265	Mindestbestellmenge 10 St
820kΩ	2	9342290	Mindestbestellmenge 10 St
5kΩ Trimmer	2	9608737	
2,2µF	1	1744834	Mindestbestellmenge 5 St
IM2405S	1	1738177	

Tabelle 5: Bestellliste

A.5 Farbcode für Widerstände

Die Widerstände sind durch Farbringe gekennzeichnet. Je nach Anzahl der Ringe haben die Ringe folgende Bedeutung:

bei Widerständen mit 4 Ringen bedeuten:

1. Ring \Rightarrow erste Ziffer des Wertes
2. Ring \Rightarrow zweite Ziffer des Wertes
3. Ring \Rightarrow Zehnerpotenz des Faktors
4. Ring \Rightarrow Toleranz

bei Widerständen mit 5 Ringen bedeuten:

1. Ring \Rightarrow erste Ziffer des Wertes
2. Ring \Rightarrow zweite Ziffer des Wertes
3. Ring \Rightarrow dritte Ziffer des Wertes
4. Ring \Rightarrow Zehnerpotenz des Faktors
5. Ring \Rightarrow Toleranz

bei Widerständen mit 6 Ringen bedeuten:

1. Ring \Rightarrow erste Ziffer des Wertes
2. Ring \Rightarrow zweite Ziffer des Wertes
3. Ring \Rightarrow dritte Ziffer des Wertes
4. Ring \Rightarrow Zehnerpotenz des Faktors
5. Ring \Rightarrow Toleranz
6. Ring \Rightarrow Temperaturkoeffizient

Der Widerstandswert ergibt sich aus den Ziffern multipliziert mit einem Faktor. Der Faktor ist dabei eine Potenz der Zahl 10. Die Ringe *gelb-violett-rot-braun* ergeben $47 * 10^2 = 4700\Omega = 4,7k\Omega$ bei einer Toleranz von $\pm 1\%$.

Farbe	Wert	Toleranz	Temperaturkoeffizient
(keine)	-	$\pm 20\%$	-
silber	-2	$\pm 10\%$	-
gold	-1	$\pm 5\%$	-
schwarz	0	-	$200 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
braun	1	$\pm 1\%$	$100 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
rot	2	$\pm 2\%$	$50 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
orange	3	-	$15 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
gelb	4	-	$25 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
grün	5	$\pm 0,5\%$	-
blau	6	$\pm 0,25\%$	$10 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
violett	7	$\pm 0,1\%$	$5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$
grau	8	$\pm 0,05\%$	-
weiß	9	-	-

Tabelle 6: Farbcode für Widerstände