



# Kontaktlos gesteuert – DC-Motorabschaltung MAS 100

Hauptanwendung dieser Schaltung ist die Steuerung von DC-Getriebemotoren, die z. B. zum Verriegeln oder zum Öffnen von Klappen o. Ä. eingesetzt werden. Fährt der Motor gegen einen mechanischen Anschlag, steigt die Stromaufnahme an und der Motor wird automatisch abgeschaltet. Über einen Steuerungseingang kann man die Drehrichtung und damit die Parkposition festlegen. Der Abschaltstrom ist mit einem Trimmer einstellbar.

## Statt Endschalter

Getriebemotoren und Stellmotoren, wie man sie u. a. zunehmend in der Haustechnik einsetzt, werden meist durch Endschalter abgeschaltet bei Erreichen einer bestimmten Position. Vor allem, wenn diese Motoren ein großes Drehmoment aufweisen, ist diese Vorgehensweise vorteilhaft. In den Fällen, wo es mechanisch bedingt keine Möglichkeit gibt, solche Endschalter zu montieren, kann – insbesondere, wenn es um kleinere Motoren geht – die Endposition auch recht einfach durch Messung des Motorstroms ermittelt werden. Fährt der Motor an einen Anschlag, blockiert er und der aufgenommene Strom steigt stark an. Mit der hier vorgestellten Schaltung ist die beschriebene Art der Stromerfassung und Abschaltung realisiert.

## Funktion

Die automatische Abschaltung des Motors erfolgt durch die Überwachung des Motorstroms. Hierzu ist ein sogenannter „Shunt“ (Strommesswiderstand) in Reihe zum Motor geschaltet. Ein Mikrocontroller wertet den Strom aus, er erkennt ein Ansteigen des Stroms automatisch. In Bild 1 ist der zeitliche Verlauf des Motorstroms dargestellt. Um den Motor zu scho-

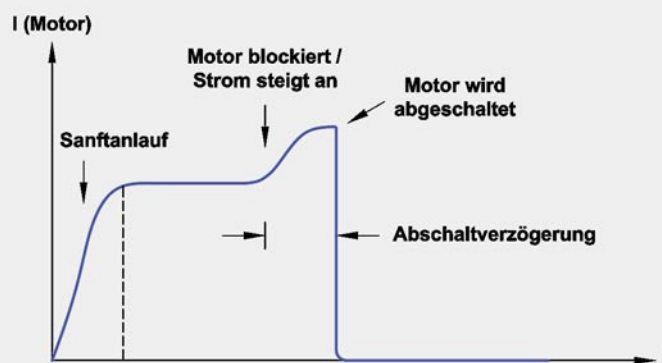


Bild 1: Zeitlicher Verlauf des Motorstroms mit Motorabschaltung

## Daten

Spannungsversorgung:	7–24 V <sub>dc</sub>
Stromaufnahme (Leerlauf):	10 mA
Ausgangsstrom:	max. 2 A
Abschaltswelle:	50 mA – 2 A
Sonstiges:	Sanftanlauf (Softstart)
Abmessungen (Platine):	50 x 33 mm

**Tabella 1: J 1 offen**

Links (L R)	Rechts (Enable)	Funktion
High	Low	Motor ist aktiv und läuft in Drehrichtung „Links“ (abhängig von Motorpolung). LED leuchtet rot. Wird eine Motorblockade registriert, schaltet der Motor ab. Der Motor ist für diese Drehrichtung gesperrt. Rote LED blinkt für ca. 3 Sekunden.
Low	High	Motor ist aktiv und läuft in Drehrichtung „Rechts“ (abhängig von Motorpolung). LED leuchtet grün. Wird eine Motorblockade registriert, schaltet der Motor ab. Der Motor ist für diese Drehrichtung gesperrt. Grüne LED blinkt für ca. 3 Sekunden
Low	Low	Motor ist abgeschaltet

*Die Funktion „Links“ und „Rechts“ ist aktiv!*

**Tabella 2: J 1 geschlossen**

Links (L R)	Rechts (Enable)	Funktion
High	High	Motor ist aktiv und läuft in Drehrichtung „Links“ (abhängig von Motorpolung). LED leuchtet rot. Wird eine Motorblockade registriert, schaltet der Motor ab. Der Motor ist für diese Drehrichtung gesperrt. Rote LED blinkt für ca. 3 Sekunden
Low	High	Motor ist aktiv und läuft in Drehrichtung „Rechts“ (abhängig von Motorpolung). LED leuchtet grün. Wird eine Motorblockade registriert, schaltet der Motor ab. Der Motor ist für diese Drehrichtung gesperrt. Grüne LED blinkt für ca. 3 Sekunden
High	Low	Motor ist abgeschaltet
Low	Low	Motor ist abgeschaltet

*Die Funktion „L|R“ und „Enable“ ist aktiviert!*

nen, verfügt die Schaltung über einen Sanftanlauf (Softstart), der den Motor nicht abrupt anschaltet, sondern den Motorstrom und somit die Motordrehzahl langsam erhöht. Dieses Vorgehen belastet auch die Spannungsquelle weniger, da der typisch hohe Anlaufstrom deutlich geringer ausfällt. Nachdem das Anlaufen erfolgt ist, wird der Motorstrom überwacht. Steigt der Motorstrom an, wird dies vom Mikrocontroller als Motorblockade interpretiert und der Motor abgeschal-

tet. Zwischen dem Zeitpunkt der Blockadeerkennung und der Abschaltung des Motors liegt technisch bedingt eine Verzögerung von ca. 0,2 Sekunden. Mit dem Trimmer R 20 kann die Schaltung auf unterschiedliche Motorleistungen (Abschaltströme) angepasst werden. Zur Steuerung dienen die beiden Eingänge „Links“ und „Rechts“ der Klemme KL 1. Diese Eingänge können in zwei verschiedenen Betriebsmodi verwendet werden, die nachfolgend beschrieben sind.

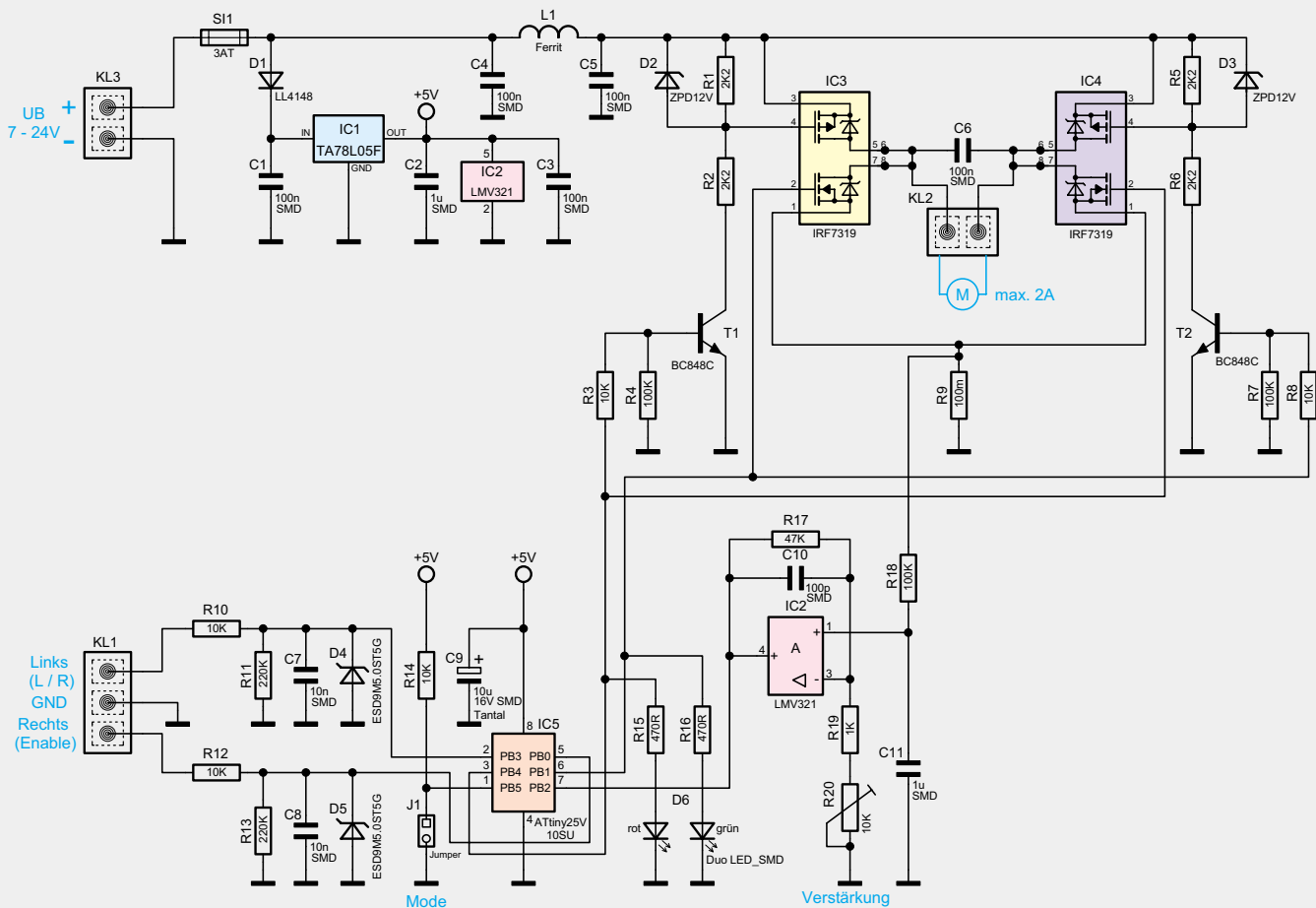


Bild 2: Schaltbild der MAS 100

Im ersten Modus (J 1 offen) wird jeweils an die Steuerleitungen für „Links“ oder „Rechts“ ein High-Signal angelegt, um den Motor in die entsprechende Richtung drehen zu lassen.

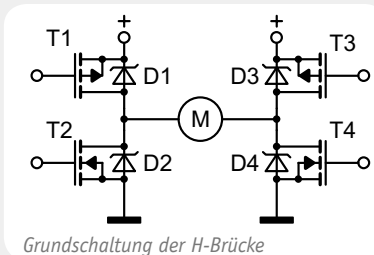
Ein „High“ bedeutet, dass an diesem Eingang eine extern zugeführte Spannung anliegt, die in einem Bereich von 5 bis 24 V liegen kann. Alternativ kann auch über einen Schalter oder Taster eine Verbindung zur +UB-Klemme hergestellt werden. Bleiben die Steuerleitungen unbeschaltet, bedeutet dies „Low“-Pegel. Als optische Kontrolle dient eine zweifarbig LED, die entsprechend der Drehrichtung rot oder grün leuchtet. Nach dem Abschalten des Motors blinkt die LED für 3 Sekunden. Der zweite Modus (J 1 geschlossen) ist dafür gedacht, mit nur einer Steuerleitung die Drehrichtung des Motors und somit die beiden Parkpositionen des Motors verändern zu können. Liegt der „Enable“-Anschluss auf „low“, ist der Motor abgeschaltet. In Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die beschriebenen Funktionen zusammengefasst.

## Schaltung

In Bild 2 ist das Schaltbild der Motorabschaltung dargestellt. Die eigentliche Motoransteuerung erfolgt mit einer sogenannten H-Brücke, die aus IC 3 und IC 4 besteht. Jedes IC beinhaltet einen P- und einen N-Kanal-MOSFET-Transistor. Mit dieser hier funktionell modifizierten H-Brücke (siehe auch „Elektronikwissen“) kann die Polung und somit die Drehrichtung des an KL 2 angeschlossenen Motors verändert werden. Es ist immer nur ein sich diagonal gegenüberliegendes Transistorpaar durchgeschaltet. Die Ansteuerung erfolgt durch einen kleinen Mikrocontroller (IC 5) vom Typ ATtiny25. Die oberen Transistoren von IC 3 und IC 4 werden über T 1 und T 2 angesteuert. Die beiden Z-Dioden D 2 und D 3 verhindern, dass bei einer maximalen Betriebsspannung von 24 V die Gatespannung größer als 12 V wird. Am Fußpunkt der Transistoren (Source-Anschluss der beiden unteren MOSFETs) fließt der Strom durch den Shuntwiderstand R 9 nach Masse. An diesem Widerstand wird der Motorstrom gemessen.

### H-Brücken (Vierquadrantensteller) mit MOSFETs

Die H-Brücke (Vollbrücke) ist eine Schaltungsanordnung von 5 Bauelementen, die in Form eines H verschaltet sind. Die nebenstehende Zeichnung zeigt



Grundschaltung der H-Brücke

eine Grundschaltung mit MOSFET-Transistoren, wobei die Bauteilbezeichnungen nicht mit unserer Anwendung übereinstimmen. Die gezeichneten Freilaufdioden (D 1 bis D 4) sind üblicherweise in die Transistoren integriert. In der Mitte liegt der Brückenweig, der hier mit dem Gleichstrommotor belegt ist. Die Anordnung ermöglicht neben dem Polaritätswechsel der Motorspannung auch die Betriebszustände „Leerlauf“ und „Bremsen“. Eine H-Brücke lässt sich z. B. auch mit Relais realisieren, wobei dann auf eine PWM verzichtet werden muss, da Relais nicht mit hoher Frequenz getaktet werden können.

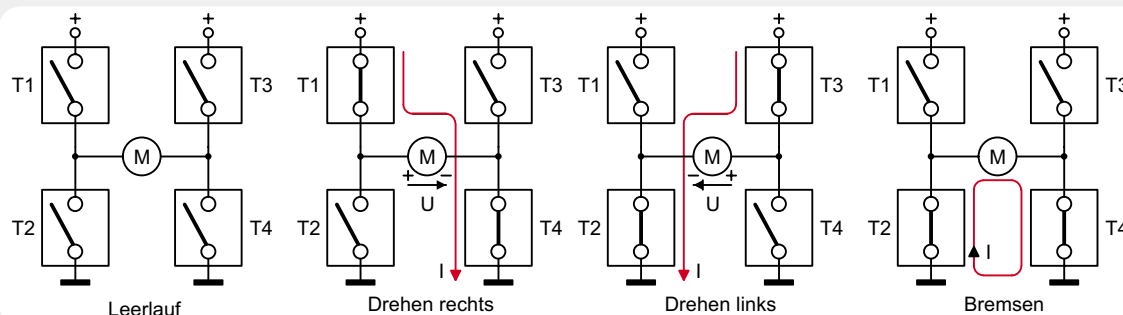
Die vier möglichen Betriebszustände sind nachfolgend anhand von Schaltern dargestellt.

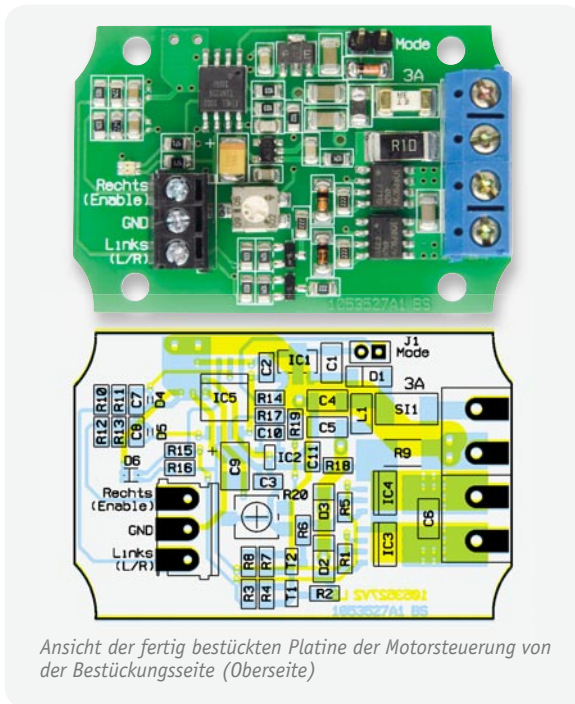
**Leerlauf:** Alle Transistoren sind „offen“ (nicht durchgeschaltet), es fließt kein Strom und der Motor befindet sich im Stillstand. Falls der Motor vor dieser Betriebsart in „Bewegung“ war, dreht dieser sich natürlich weiter und fungiert dann als Generator (so lange noch Bewegungsenergie vorhanden ist).

**Drehen rechts:** Werden T 1 und T 4 geschlossen, fließt ein Strom und der Motor dreht sich. Eine Drehzahleinstellung erfolgt in unserer Anwendung durch Anlegen eines PWM-Signals an T 1. Die am Motor anliegende effektive Spannung, und somit die Drehzahl, entspricht dem Puls-Pause-Verhältnis der PWM.

**Drehen links:** Werden T 3 und T 2 geschlossen, fließt ein Strom und der Motor dreht sich. Eine Drehzahleinstellung erfolgt in unserer Anwendung durch Anlegen eines PWM-Signals an T 3. Die am Motor anliegende effektive Spannung, und somit die Drehzahl, entspricht dem Puls-Pause-Verhältnis der PWM.

**Bremsen:** In einigen Anwendungen ist es notwendig, dass der Motor gezielt abgebremst wird. Dies kann durch Kurzschließen der vom Motor generierten Spannung erfolgen (Wirbelstrombremse). In diesem Fall werden T 2 und T 4 geschlossen und somit die Motoranschlüsse kurzgeschlossen. Hierbei ist zu beachten, dass relativ hohe Ströme fließen und die Transistoren die entstehende Verlustleistung auch in Wärme umsetzen müssen. Auch in dieser Betriebsart ist es möglich, die Transistoren per PWM anzusteuern. Somit lässt sich das „Abbremsen“ durch die PWM steuern.





Die über R 9 abfallende Spannung ist proportional zum fließenden Strom, wobei die Spannung relativ klein ist (max. 0,2 V). Ein nachfolgender Operationsverstärker IC 2 verstärkt diese Spannung um einen mit Trimmer R 20 einstellbaren Verstärkungsfaktor von 5 bis 48. Die so verstärkte Spannung gelangt auf den A/D-Wandlereingang des Mikrocontrollers IC 5, der somit in der Lage ist, den Motorstrom zu überwachen. Steigt der Motorstrom an (wie in Bild 1 dargestellt), erfolgt eine automatische Abschaltung. Die Duo-LED D 6 zeigt an, ob und in welcher Drehrichtung der Motor gerade aktiv ist. Zur exter-

nen Ansteuerung dienen die beiden Steuereingänge an der Klemme KL 1. Die Dioden D 4 und D 5 schützen die Mikrocontrollereingänge vor Überspannung.

Mit dem Spannungsregler IC 1 wird die Eingangsspannung auf die zulässige Betriebsspannung des Mikrocontrollers von 5 V stabilisiert. Die Diode D 1 dient hier als Verpolungsschutz.

### Nachbau und Gehäuseeinbau

Die Schaltung ist auf einer doppelseitigen Platine mit den Abmessungen 50 x 33 mm untergebracht. Dank der schon vorbestückten SMD-Bauteile sind die Nachbaurbeiten schnell und einfach erledigt, da lediglich die beiden Anschlussklemmen bestückt und verlötet werden müssen. Diese Klemmen sind unter Zugabe von reichlich Lötzinn einzulöten, da hier relativ hohe Ströme fließen.

Falls die Platine in das optionale Gehäuse eingebaut werden soll, werden die beiden Klemmleisten nicht bestückt. Die Anschlussleitungen werden, wie in Bild 3 dargestellt, direkt auf Kontaktflächen der Platine gelötet. Die endgültige Befestigung der Platine sollte natürlich erst dann erfolgen, wenn der Funktionstest erfolgreich war und der Trimmer R 20 auf den korrekten Motorstrom eingestellt ist (siehe „Inbetriebnahme“).

Wie man in Bild 3 erkennt, werden die Anschlussleitungen durch einen seitlichen Kabelschacht ins Innere des Gehäuses geführt, wodurch unter anderem auch eine Zugentlastung erreicht wird. Bevor die Platine im Gehäuseoberenteil mit vier Schrauben befestigt wird, ist noch der Lichtleiter in die entsprechende Gehäusebohrung einzusetzen.

Soll das Gehäuse spritzwassergeschützt bzw. wasserdicht sein, empfiehlt es sich, den Lichtleiter wasserdicht zu verkleben und die untere Gehäuseunterseite mit Vergussmasse zu befüllen, bis die seitliche Kabelaustrittsöffnung abgedeckt ist.

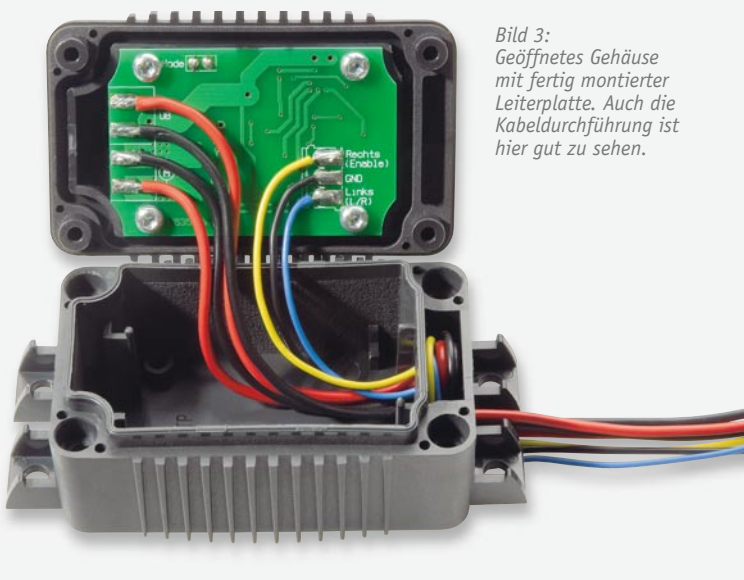
Als Nächstes wird in die Gehäuseoberseite eine Gehäusedichtung in die dafür vorgesehene Führungsnut eingesetzt (Bild 4). Zum Schluss werden beide Gehäusenhälften zusammengesetzt und verschraubt. Bild 5 zeigt das fertig montierte Gerät.

### Inbetriebnahme

Für die Motor- und Betriebsspannungsleitungen sollte ein auf den maximalen Motorstrom im Anschlagzustand angepasster Kabelquerschnitt von min. 0,75 mm<sup>2</sup> verwendet werden. Da über die Steuerleitungen fast kein Strom fließt, ist hier der Kabelquerschnitt nicht kritisch.

Der Anschluss der Zuleitungen erfolgt wahlweise über die Klemmleisten oder man lötet die Kabel direkt auf die Platine. Dieses ist abhängig davon, wie und wo die Platine später montiert wird.

Auch das eingesetzte Netzteil ist entsprechend des maximal zu erwartenden Stroms zu wählen. Es muss auch bei diesem Strom eine stabile Spannung abgeben können, um die Funktion der Schaltung zu gewährleisten. Die Betriebsspannung muss natürlich der Motorspannung entsprechen. Ein 12-V-Motor muss daher auch mit einer 12-V-Betriebsspannung versorgt werden.



Wie die Steuereingänge zu beschalten sind, ist dem Abschnitt „Funktion“ zu entnehmen. Ein Funktionstest sollte möglichst mit einem Motor ohne mechanischen Anschlag erfolgen. Mit dem Trimmer R 20 kann die Abschaltsschwelle in einem Bereich von 50 mA bis 2 A eingestellt werden (siehe Bild 6).

Für den ersten Test wird dieser Trimmer auf Rechtsanschlag gebracht. Ist Modus 1 (J 1 offen) gewählt, läuft der Motor nach Anlegen einer Spannung an einen der beiden Steuereingänge von KL 1 an. Nimmt der Motor im Leerlauf z. B. 100 mA auf, kann der Trimmer R 20 langsam nach links gedreht werden, bis der Motor abschaltet (LED blinkt für 3 Sekunden).



Bild 4: So erfolgt das Einlegen der Dichtung in die zugehörige Gehäusenut.

Die Markierung von R 20 sollte jetzt fast auf Linksanschlag stehen. Der Motor ist nun für diese Drehrichtung gesperrt und kann folglich nur in die andere Drehrichtung aktiviert werden (Wechseln des Steuereingangs). Ist dieser Test erfolgreich, kann die Schaltung zum Einsatz kommen. **ELV**



Bild 5: Das betriebsfertig montierte Gerät

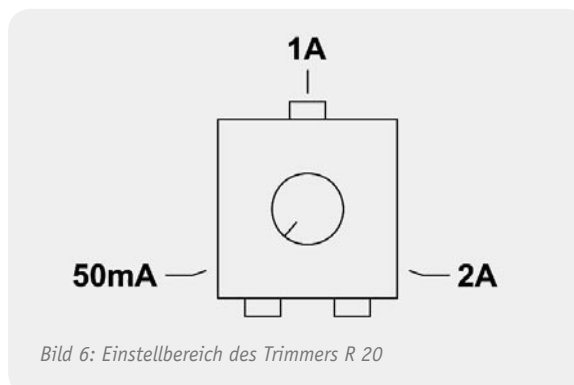


Bild 6: Einstellbereich des Trimmers R 20

Stückliste

**Widerstände:**

0,1 Ω SMD 2512 1W	R9
470 Ω SMD 0805	R15, R16
1 kΩ SMD 0805	R19
2,2 kΩ SMD 0805	R1, R2, R5, R6
10 kΩ SMD 0805	R3, R8, R10, R12, R14
47 kΩ SMD 0805	R17
100 kΩ SMD 0805	R4, R7, R18
220 kΩ SMD 0805	R11, R13
SMD-Cermet-Trimmer, 10 kΩ	R20

**Kondensatoren:**

100 pF SMD 0805	C10
10 nF SMD 0805	C7, C8
100 nF SMD 0805	C3
100 nF SMD 1206	C1, C4-C6
1 μF SMD 0805	C2, C11
10 μF 16 V SMD	C9

**Halbleiter:**

TA78L05F SMD	IC1
LMV321 SMD	IC2
IRF7319PBF SMD	IC3, IC4
ELV10974 SMD	IC5
BC848C	T1, T2
LL4148	D1
ESD9M5.0ST5G SMD	D4, D5
ZPD12V SMD	D2, D3
Duo-LED, Rot Grün, SMD	D6

**Sonstiges:**

Chip-Ferrit, 1206	L1
Sicherung, 3 A, träge, SMD	SI1
Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print	KL1
Schraubklemmleisten, 2-polig, print	KL2, KL3
Stiftleiste, 1x 2-polig, gerade, print	J1
Jumper	J1