



Mehr in unserem Video



# Professionell experimentieren

## Prototypenadapter Professional Linear/Opto 1 PAD-PRO-L01

Dieses Set umfasst fertig aufgebaute PAD-Module aus den Bereichen Linear und Opto. Neben Operationsverstärkern und Transistoren enthält das aus 82 Bauteilen bestehende Set z. B. auch Leuchtdioden sowie eine Fotodiode. Die PAD-Module sind speziell für den Einsatz auf Steckboards konzipiert.

Unsere beliebte Serie der Prototypenadapter, kurz PAD genannt, erhält wieder Zuwachs. Das Set PAD-PRO-L01 umfasst fertig aufgebaute Module mit Halbleitern und optischen Bauteilen.

Im [PAD2](#) wurde bereits eine Bausatzvariante vorgestellt, bei der die PAD-Module von Hand aufgebaut werden müssen. Alle Platinen sind dabei zu einem Nutzen zusammengefasst, die dann herausgebro-

chen und mit Stiftleisten bestückt werden ([Bild 1](#)). Das neue Set beinhaltet dagegen fertig aufgebaute PAD-Module, die sofort einsatzbereit sind und in einem stabilen Sortimentskasten untergebracht sind. [Bild 2](#) zeigt das Set mit allen enthaltenen Modulen, die einzeln in [Tabelle 1](#) aufgeführt sind.

Im Folgenden lernen Sie die im Set enthaltenen Bauteile im Detail kennen. Dabei geht es um die grobe Funktionsweise der einzelnen Komponenten und nicht um die Grundlagen der Elektronik.

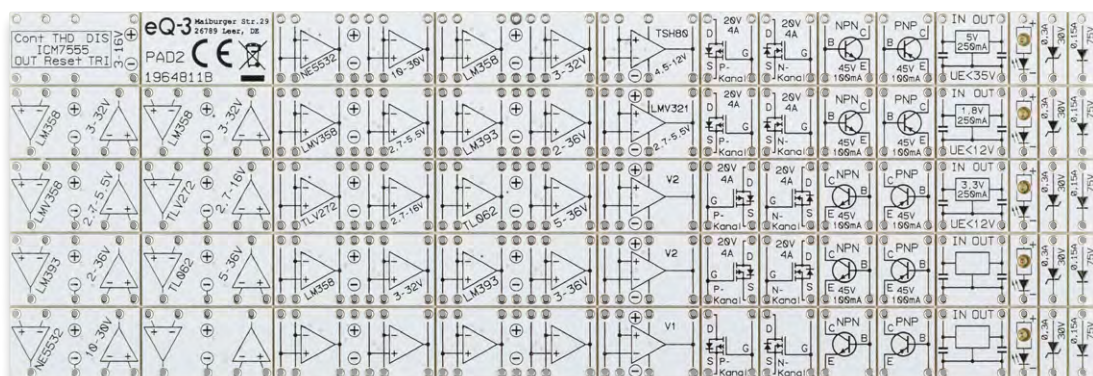


Bild 1: Nutzen des PAD2 (Bausatzversion)

Bild 2: Das Set des PAD-PRO-L01 mit allen enthaltenen Modulen



### Übersicht aller im Set enthaltenen Bauteile

Menge	Bezeichnung	CM-Bezeichnung
1	NE5532D - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-NE5532-B
1	NE5532D - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-NE5532-C
2	LM2903 - Komparator (2-fach)	CM-IC-LM2903-A
2	TLV272 - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-TLV272-A
2	TLV272 - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-TLV272-B
1	TSH801YDT - Video-Operationsverstärker (1-fach)	CM-IC-TSH80-A
2	TSV6192 - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-TSV6192-B
2	TSV6192 - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-TSV6192-A
1	TS9011SCY - Spannungsregler 3,3 V	CM-VP-3R3-A
1	MC7805 - Spannungsregler 5 V	CM-VP-5R-A
2	Leerplatine Spannungsregler SOT89	CM-VP-SOT89-A
2	Leerplatine NPN-Transistor SOT23	CM-TB-SOT23-A
2	Leerplatine PNP-Transistor SOT23	CM-TB-SOT23-B
2	Leerplatine N-Kanal-MOSFET-Transistor SOT23	CM-TF-SOT23-A
2	Leerplatine P-Kanal-MOSFET-Transistor SOT23	CM-TF-SOT23-B
4	IRLML2502 - MOSFET-Transistor N-Kanal	CM-TF-IRLML2502PbF-A
4	uPA1918 - MOSEFT-Transistor P-Kanal	CM-TF-uPA1918-A
2	Leerplatine - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-OA001
2	Leerplatine - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-OA002
2	TLP291 - Optokoppler	CM-IC-TLP291-A
2	ICM7555 - Timer-Baustein	CM-IC-ICM7555
1	LMV431 - Spannungsreferenz	CM-IC-LMV431-A
10	1N4148W - Siliziumdiode	CM-DG-151-A
5	BAT43W - Schottky-Diode	CM-DG-201-A
1	BWP34 - Fotowiderstand	CM-SB-01
5	BC847C - NPN-Transistor	CM-TB-BC847C-A
5	BC857C - PNP-Transistor	CM-TB-BC857C-A
2	LED, grün, 3 mm	CM-DL-G02
2	LED, rot, 3 mm	CM-DL-R02
2	LED, orange, 3 mm	CM-DL-O02
1	LED-Cluster (3x weiß)	CM-DL-W01
2	RGB-LED 10 mm	CM-DL-RGB01
5	Leerplatine für 3-5 mm-LEDs	CM-DL-X01

Tabelle 1



## Operationsverstärker – Beschreibungen und Erläuterungen zu den technischen Daten

Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten technischen Daten zu den Operationsverstärkern und Komparatoren finden Sie im Folgenden. Weitere detaillierte Daten können Sie dem Datenblatt des jeweiligen Herstellers entnehmen. Die Links zu den Datenblättern befinden sich als anklickbare Hyperlinks in [Tabelle 2](#).

### Spannung $U_B$

Versorgungsspannungsgrenzen für das Bauteil: Die Spannungsgrenzen müssen unbedingt eingehalten werden.

### Stromaufnahme $I_R$

Bei Operationsverstärkern bezieht sich dieser Wert auf die Stromaufnahme für einen einzelnen Operationsverstärker.

### Ausgangstrom $I_{OUT}$

Maximaler Strom, mit dem der Ausgang belastet werden darf; bei Transistoren ist dies der maximal zulässige Strom.

### Frequenz $f_T$

Der Frequenzgang (Bandbreite) wird durch das Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt (GBWP) definiert. Dieser Wert gibt den Frequenzgang bei einer Verstärkung von  $V = 1$  (unity gain) an. Wird der Verstärkungsfaktor erhöht, verringert sich dieser Wert.

### Eingangsoffset $U_{EO}$

Gibt die Eingangs-Offsetspannung (Fehlspannung) an, die zwischen den beiden Eingängen anliegt, wenn der Ausgang auf 0 V liegt.

### Rail-to-Rail

Dieser Begriff kann sich auf den Eingang oder Ausgang eines Verstärkers beziehen. Rail-to-Rail sagt aus, dass die Spannung am Ein- bzw. Ausgang sehr nahe (ca. 100 mV) an die Versorgungsspannungsgrenzen heranreichen kann bzw. darf. Mit einem Verstärker der einen Rail-to-Rail-Eingang aufweist, lassen sich sehr kleine Spannungen mit Bezug auf Masse- oder Versorgungsspannungspotenzial messen. Bei einem Standard-Operationsverstärker liegt der Ein- bzw. Ausgangsspannungsbereich ca. 1,5 V unterhalb bzw. oberhalb der Betriebsspannungsgrenze ([siehe Bild 3](#)). Rail-to-Rail erlaubt die volle Ausnutzung der Betriebsspannungsgrenzen. Dies ist besonders bei niedrigen Versorgungsspannungen vorteilhaft.

### Anwendungsbereiche

Hier werden spezielle Anwendungsbereiche aufgeführt. Wenn sich ein Verstärker z. B. besonders gut für den Einsatz in Videoverstärkern eignet, steht hier „Video“.

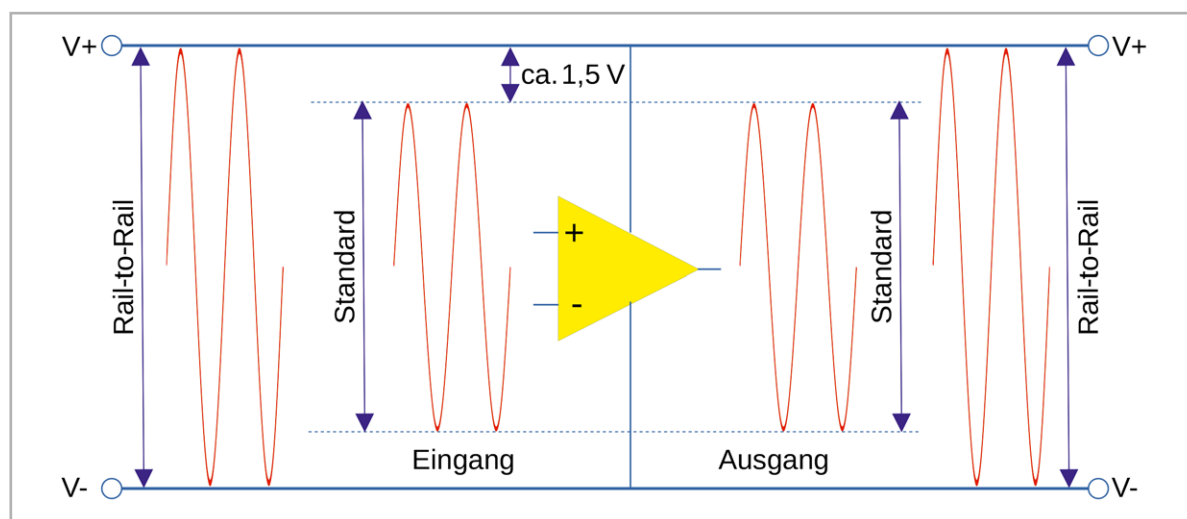


Bild 3: Unterschied zwischen den Ein- und Ausgangsspannungsgrenzen bei „Rail-to-Rail“ und „Standard“

### Technische Daten Operationsverstärker und Komparatoren

Typ	Funktion	$U_B$	$I_R$	$I_{OUT}$	$f_T$	$U_{EO}$	Anwendungsbereiche	Besonderheiten	Link zum Datenblatt
TLV272	2-fach-OP	2,7-16 V	550 $\mu$ A	100 mA	3 MHz	0,5 mV	Solartechnik Messtechnik universell	Rail-to-Rail-Ausgang niedrige Stromaufnahme für Batteriebetrieb geeignet CMOS-Eingänge	<a href="#">Datenblatt TLV272</a>
NE5532	2-fach-OP	10-30 V	8 mA	35 mA	10 MHz	0,5 mV	Audio	sehr rauscharm	<a href="#">Datenblatt NE5532</a>
TSV6192	2-fach-OP	1,5-5,5 V	10 $\mu$ A	10 mA	450 kHz	0,8 mV	universell Filter Batteriegeräte	Rail-to-Rail-Ein-/Ausgang niedrige Stromaufnahme niedriger Leistungsbedarf	<a href="#">Datenblatt TSV6192</a>
TSH80IYDT	1-fach-OP	4,5-12 V	10 mA	55 mA	100 MHz	1,1 mV	Videoverstärker	Rail-to-Rail-Ausgang niedriger Klirrfaktor (0,1%) speziell für Video	<a href="#">Datenblatt TSH80</a>
LM2903	2-fach-Komparator	2-30 V	0,6 mA	16 mA		1 mV	Fensterkomparator Spannungsvergleicher	Open-Collector-Ausgang niedrige Stromaufnahme kompatibel mit TTL/CMOS	<a href="#">Datenblatt LM2903</a>

An einen Operationsverstärker werden viele Kriterien und Anforderungen gestellt. Eine der wichtigsten Anforderungen ist der Versorgungsspannungsbereich. Dies ist das erste Merkmal zum Ausschlusskriterium. Als nächstes Kriterium könnten Sie sich beispielsweise den Frequenzgang anschauen, aber auch die Stromaufnahme kann ein wichtiges Merkmal sein, wenn Sie z. B. eine Schaltung für den Batteriebetrieb entwickeln möchten. In [Tabelle 2](#) sind alle Operationsverstärker mit den wichtigsten Daten aufgelistet, was einen direkten Vergleich ermöglicht.

Einige Hersteller bieten den gleichen Operationsverstärker in verschiedenen Gehäusevarianten an. Dabei kann ein Gehäuse ein, zwei oder auch vier identische OPs enthalten. Dies geschieht in der Regel aus Platzgründen. Ein 1-fach-Verstärker kann in einem sehr kleinen SOT23-5-Gehäuse untergebracht werden. In einem S08-Gehäuse sind in der Regel zwei einzelne Operationsverstärker untergebracht, wie zum Beispiel beim TLV272.

In unserem Set sind für einige Operationsverstärker zwei Ausführungen für Doppel-OPs verfügbar ([Bild 4](#)). Bei der großen Variante sind die Eingänge doppelt herausgeführt. Dies kann nützlich sein, wenn die periphere Schaltung sehr umfangreich ist, wie z. B. bei Filterschaltungen.

Auf dem Platinaufdruck leider nicht zu sehen: Zwischen den Versorgungsspannungsanschlüssen ist ein Keramikkondensator  $1\mu\text{F}/50\text{V}$  geschaltet. Durch sehr kurze Verbindungsleitungen zu den Gehäuseanschlüssen ergibt sich eine gute Blockung der Versorgungsspannung.

Im folgenden Kapitel stellen wir Ihnen die einzelnen Bauteile näher vor.

### Komparator LM2093

Ein Komparator ist ein spezieller Operationsverstärker, der auf das Vergleichen von Spannungen ausgelegt ist. Der LM2093 ist baugleich und kompatibel mit dem bekannten LM393. Dieser Komparator vereint zwei separat nutzbare Komparatoren in einem Gehäuse. Im Gegensatz zu einem Operationsverstärker kennt der Komparator nur zwei Ausgangszustände: High oder Low.

Der Ausgangszustand ist abhängig vom Spannungspotenzial der beiden Eingänge. Die Spannungen an den Eingängen werden miteinander verglichen, und abhängig davon wird der Ausgang geschaltet. Der Ausgang ist als Open Collector ausgelegt. Beim Experimentieren mit dem LM2093 wird diese Eigenschaft gern übersehen. Wenn Sie keinen Pull-up-Widerstand oder eine Last an den Ausgang anschließen, ist auch keine Spannungsänderung am Ausgang messbar.

Im Blockschaltbild ([Bild 5](#)) ist gut erkennbar, dass der Open-Collector-Ausgang aus einem Transistor besteht, der gegen Masse (-VCC) schaltet. In [Bild 6](#) ist das PAD-Modul des Komparators dargestellt.

### TLV272 – der Allrounder

Der TLV272 ist ein kleines Multitalent. Neben dem großen Versorgungsspannungsbereich ist auch der

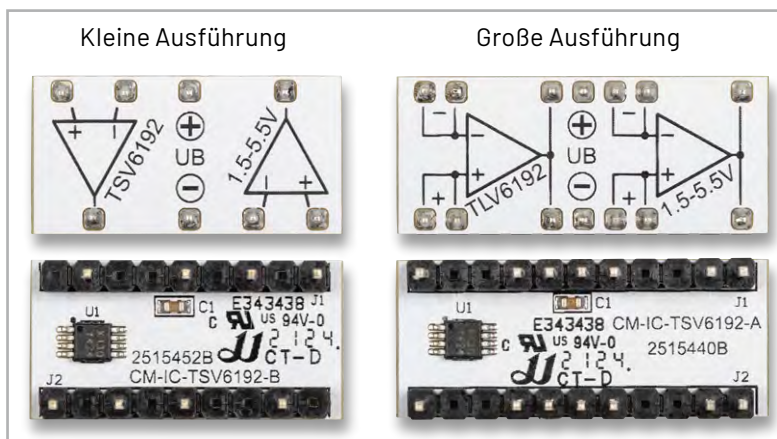


Bild 4: Beispiel für unterschiedliche Platinenversionen

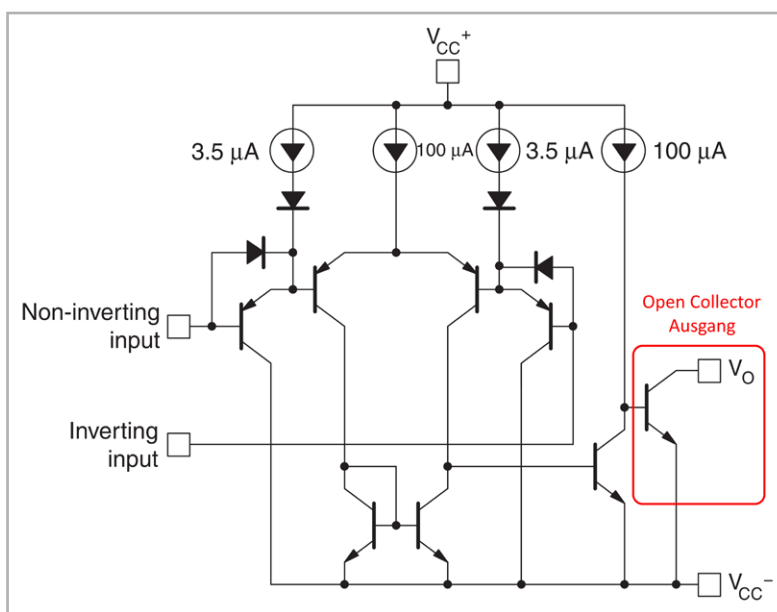


Bild 5: Das Blockschaltbild des LM2093 mit gekennzeichnetem Open-Collector-Ausgang

relativ weite Frequenzbereich von 3 MHz hervorzuheben. Dieser moderne OP in CMOS-Technik hat sehr hochohmige Eingänge und eignet sich dadurch besonders für Messaufgaben, bei denen Sensoren ausgewertet werden sollen, die nur wenig belastet werden dürfen. Auch hier stehen je nach Beschaltung eine kleine und große Platinenversion zur Verfügung. [Bild 7](#) zeigt die kleine Variante.

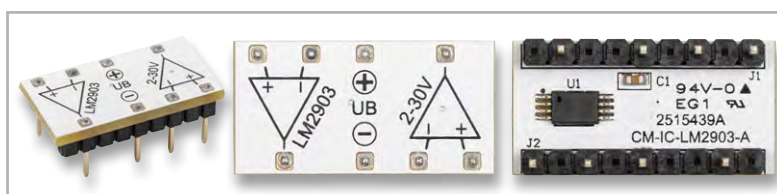


Bild 6: PAD-Modul des Komparators LM2093

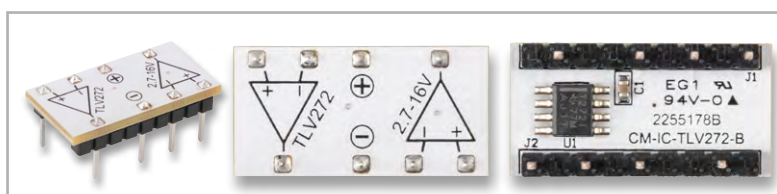


Bild 7: PAD-Modul des Operationsverstärkers TLV272 (kleine Platinenversion)

## Videoverstärker TSH80

Der TSH80 ist ein spezieller Verstärker für Videoanwendungen. Seine Hauptvorteile sind der hohe Frequenzgang von 100 MHz und der 150- $\Omega$ -Ausgangstreiber. Der Ausgang liefert einen maximalen Strom von 55 mA, sogar noch bei einer Frequenz von 100 MHz (-3 dB). Ein Ausgangstreiber für 150  $\Omega$  bedeutet, dass hiermit eine Last von 75  $\Omega$  oder 50  $\Omega$  getrieben werden kann.

Nach dem Prinzip der Leistungsanpassung müssen der Innenwiderstand einer Quelle und der Lastwiderstand identisch sein. Aus diesem Grund muss ein Verstärker für Impedanzen von 75  $\Omega$  (Videotechnik) in der Lage sein, den entsprechenden Strom für eine Last von 150  $\Omega$  (75  $\Omega$  + 75  $\Omega$ ) zu liefern. Bild 8 zeigt das PAD-Modul des Videoverstärker TSH80H

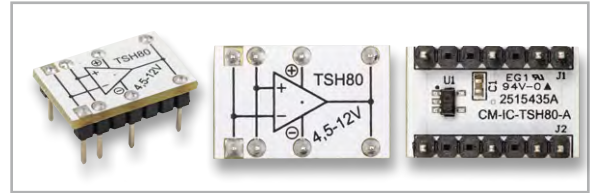


Bild 8: PAD-Modul des Videoverstärkers TSH80-A

## NE5532 - rauscharmer Audioverstärker

Der NE5532 ist ein 2-fach-OP mit sehr niedrigem Rauschen und speziell für Audioanwendungen ausgelegt. Aufgrund der relativ geringen Anschaffungskosten wird der NE5532 gerne in Audioschaltungen eingesetzt. Natürlich gibt es noch rauschärmere Verstärker (OPs), diese sind jedoch teils deutlich teurer. Beachten Sie, dass dieser Baustein eine minimale Versorgungsspannung von 10 V benötigt. Auch von diesem Verstärker gibt es eine kleine und große Platinenversion. Die große Version ist in Bild 9 zu sehen.

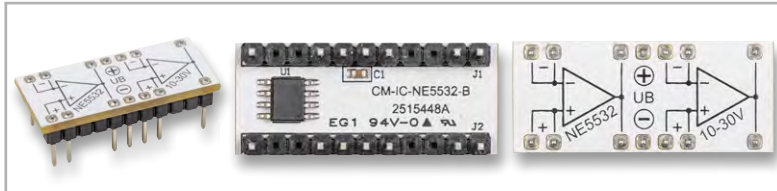


Bild 9: PAD-Modul des Operationsverstärkers NE5532 (große Platinenversion)

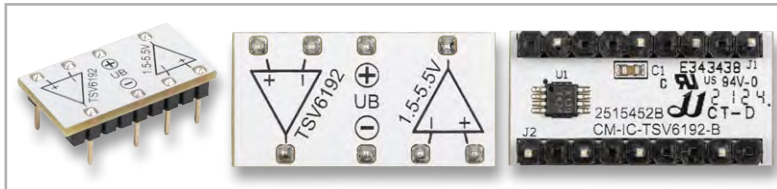


Bild 10: PAD-Modul des Operationsverstärkers TSV6192 (kleine Version)

## TSV6192 - der Sparsame

Dieser Operationsverstärker ist ein Vertreter der modernen Generation. Dank der extrem niedrigen Stromaufnahme von 10  $\mu$ A eignet sich dieser Baustein sehr gut für batteriebetriebene Schaltungen. Ein weiteres Feature sind die Rail-to-Rail-Ein-/Ausgänge (siehe Abschnitt „Rail-to-Rail“).

Ist ein Operationsverstärker sehr sparsam im Verbrauch, schränkt dies in der Regel auch den Frequenzgang sehr ein. Dies gilt auch für den TSV6192, dessen Verstärkungsbandbreitenprodukt (GBP) liegt bei ca. 380 kHz. Wenn Sie lediglich Gleichspannungen oder niederfrequente Signale (Beispiel Audio) verstärken, stellt diese Einschränkung kein Problem dar. Bild 10 zeigt die kleine PAD-Variante.

## Leerplatinen für Operationsverstärker

Wenn Sie gerne eigene Operationsverstärker auf Adapterplatinen verwenden möchten, stehen Ihnen unterschiedliche Leerplatinen zur Verfügung. Wichtig: Hierfür benötigen Sie Erfahrung mit dem Lötten von SMD-Bauteilen. In Bild 11 sind die unterschiedlichen Platinenversionen dargestellt. OPs im SO8-Gehäuse sind in der Regel Doppel-OPs, d. h. zwei OPs in einem Gehäuse, die ein einheitliches Anschlussschema aufweisen. Die Gehäuseform SO8 ist für erfahrene Elektroniker recht einfach aufzulöten, da der Pin-Abstand (Pitch) 1,28 mm beträgt. Wie bei allen PAD-Modulen mit Operationsverstärkern ist auch hier der Blockkondensator (1  $\mu$ F/50 V) bereits auf der Platine vorhanden. Nach Auflöten des gewünschten ICs werden die Stiftleisten bestückt.

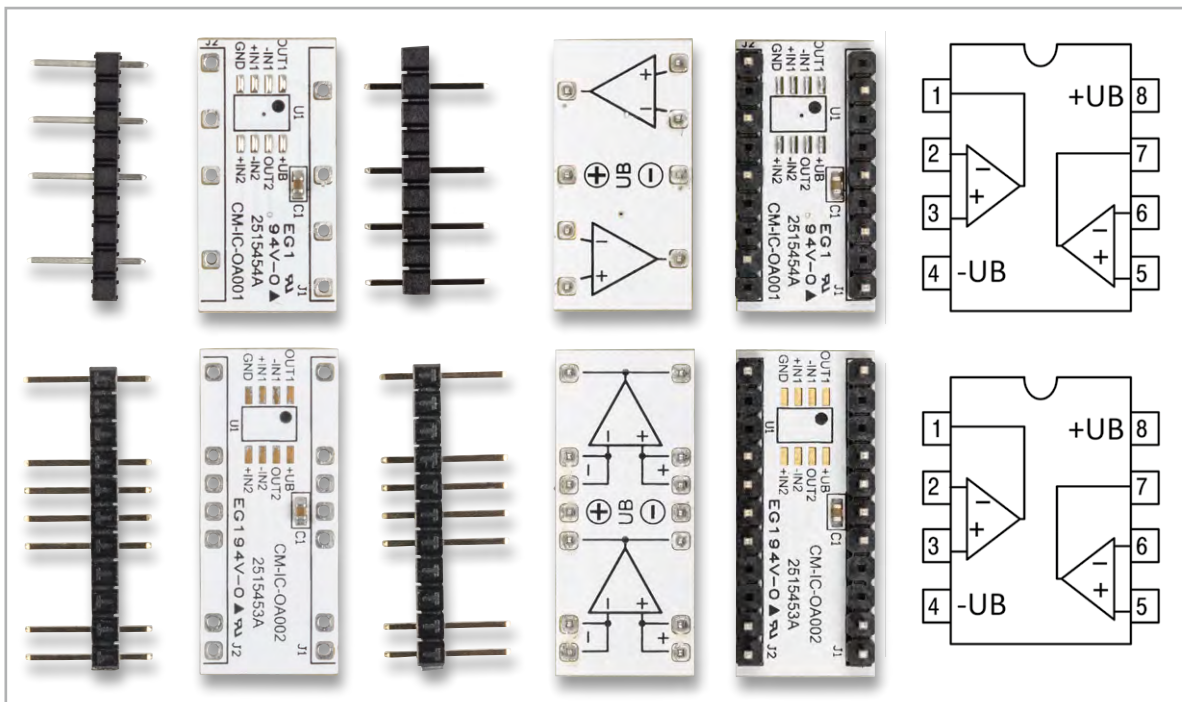


Bild 11:  
Für die händische Bestückung von Operationsverstärkern stehen zwei unterschiedliche Platinenversionen zur Verfügung.



### Timer-Baustein ICM7555 (NE555)

Der ICM7555 ist ein integrierter Timer-Baustein, der seit Jahrzehnten in zahlreichen Schaltungen und Geräten eingesetzt wird. Technisch gesehen ist der ICM7555 die moderne, stromsparende CMOS-Version des NE555 und voll kompatibel. Dank seiner analogen Technik und seines einfachen Aufbaus ist dieses Bauteil sehr leicht einzusetzen. Hauptanwendungsgebiete sind Timer-Schaltungen und alles, was mit Zeitverzögerungen und einfachen Oszillatoren zusammenhängt.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktion mit zahlreichen Anwendungsbeispielen finden Sie beim ELV Bausatz [NE555-EXB](#). Unter „Downloads“ können Sie die Bauanleitung herunterladen und einsehen.

In Teil 3 der Artikelserie zum [PAD-PRO-EXSB](#) finden Sie zudem zahlreiche Experimente mit dem ICM7555. [Tabelle 3](#) zeigt die wichtigsten technischen Daten des ICM7555. Das Blockschaltbild und die somit erkennbare Funktionsweise zeigt [Bild 12](#). In [Bild 13](#) ist das PAD-Modul des Timers dargestellt.

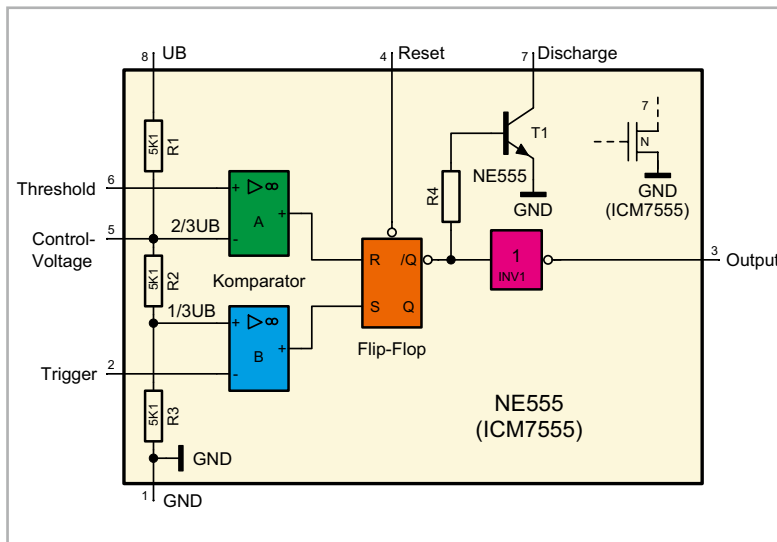


Bild 12: Blockschaltbild des NE555/ICM7555

Tabelle 3	<b>CM-IC-ICM7555</b>	
	Funktion	CMOS-Timer-Baustein
	Typ	ICM7555
	Betriebsspannung (UB)	3-16 V
	Stromaufnahme (Ib)	60 µA (ohne Last)
	Ausgangsstrom (Iout)	100 mA
	Frequenz (fmax.)	500 kHz

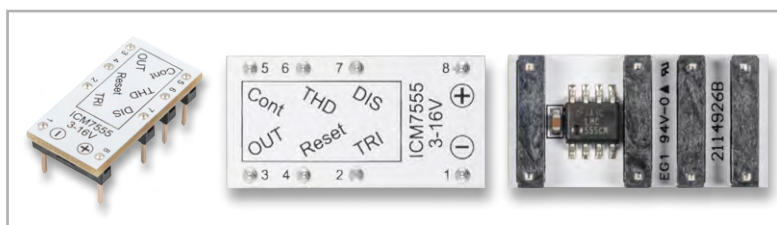


Bild 13: PAD-Modul des Timer-Bausteins ICM7555

### Transistoren: bipolar und MOSFET

Es stehen vier unterschiedliche gängige Transistorvarianten zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um NPN-, PNP- und MOSFET-Transistoren. Wie bei PAD-Modulen üblich, sind die Anschlussbelegung und Beschriftung oben auf den Platinen aufgedruckt ([Bild 14](#)). Die genaue Typenbezeichnung der verwendeten Transistoren befindet sich dagegen auf der Platinenunterseite. Entscheidend ist, um welchen Typ es sich handelt – also NPN, PNP oder MOSFET. In [Tabelle 4](#) sind die wichtigsten Daten der Bauteile dargestellt.

**Wichtig dabei:** Die Schaltleistung der bipolaren Transistoren NPN und PNP beträgt nur 100 mA.

Die MOSFET-Transistoren sind vom Typ IRLML2502 (N-Kanal) und µPA1918 (P-Kanal). Diese Transistoren werden hauptsächlich verwendet, um Lasten wie z. B. Motoren, große Relais oder Power-LEDs zu schalten. Obwohl das Gehäuse des SOT23 recht klein ist, können Ströme von ca. 3 A geschaltet werden. Bei einer maximalen Spannung von 20 V ergibt sich somit eine Schaltleistung von beachtlichen 60 W.

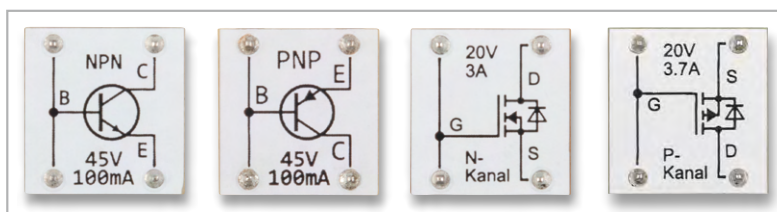


Bild 14: Unterschiedliche Transistortypen mit aufgedruckter Anschlussbelegung

Tabelle 4	<b>Technische Daten Transistoren</b>				
	Typ	BC847C	BC857C	IRLML2502	µPA1918TE
	CM-Bezeichnung	CM-TB-BC847C-A	CM-TB-BC857C-A	CM-TF-IRLML2502-A	CM-TF-uPA1918-A
	Technologie	NPN	PNP	N-Kanal MOSFET	P-Kanal MOSFET
	Betriebsspannung UCE/UDS	45 V	45 V	20 V	20 V
	Strom Ic/Id	100 mA	100 mA	3 A	3,7 A
	Rdson	-	-	0,045 Ω	0,21 Ω
	Frequenz (fg)	300 MHz	300 MHz	1 MHz	1 MHz
	Verstärkung HFE	420-800	420-800	-	-
	PTOT	0,25 W	0,25 W	0,8 W	2 W
	Besonderheiten	Universal-Bipolar-Transistor Audio, HF und Sensorik		MOSFET-Schalttransistoren	

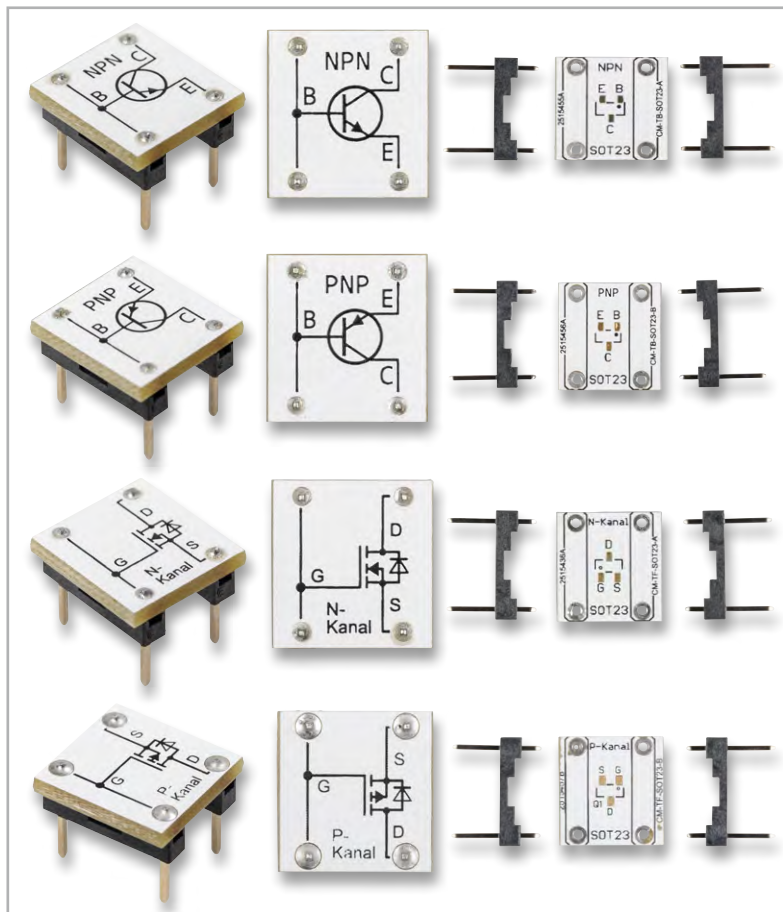


Bild 15: Für die händische Bestückung der Transistoren stehen Leerplatinen zur Aufnahme von Transistoren im SOT23-Gehäuse zur Verfügung.

### Technische Daten Spannungsregler

Typ	3,3-V-Regler	5-V-Regler
CM-Bezeichnung	CM-VP-3R3-A	CM-TB-BC857C-A
Spannungsregler	TS9011	MC7805
Eingangsspannung $U_E$	4-12 V	6-30 V
Ausgangsspannung	3,3 V	5 V
Ausgangsstrom $I_{OUT}$	250 mA	500 mA
Ruhestrom (ohne Last)	2 $\mu$ A	3 mA
Besonderheiten	für Batteriebetrieb geeignet	Überlastschutz

Tabelle 5

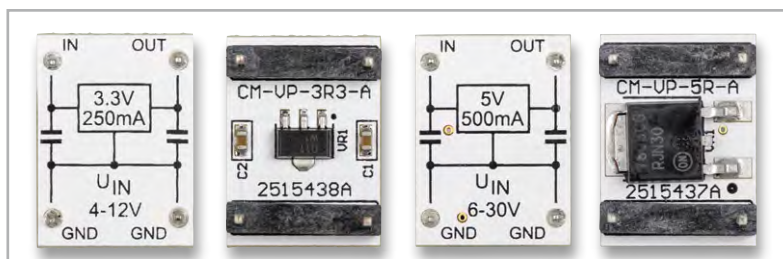


Bild 16: PAD-Module der beiden Spannungsregler

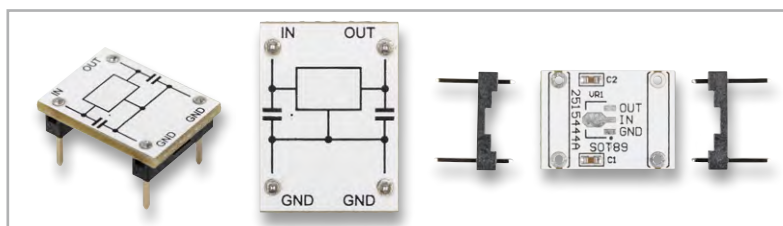


Bild 17: Leerplatine Spannungsregler

### Leerplatinen für Transistoren

Für jeden Transistortyp stehen auch Leerplatinen zur Verfügung, um Transistoren nach eigenen Wünschen zu bestücken. Sie erkennen diese Platinen daran, dass auf der Platinenoberfläche die Daten für Spannung und Strom fehlen.

Es können ausschließlich Transistoren in einem SOT23-Gehäuse verbaut werden. Die Anschlussbelegung für Transistoren im SOT23-Gehäuse ist bis auf wenige Ausnahmen einheitlich. Die Leerplatinen sind auf der Unterseite zusätzlich mit der Anschlussbelegung der Transistoren bedruckt (Bild 15).

Die Stiftleisten werden zweckmäßigerweise nach dem Bestücken der Transistoren eingesetzt und verlötet.

### Spannungsregler

In diesem Set sind Spannungsregler mit zwei unterschiedlichen Ausgangsspannungen enthalten. In Tabelle 5 sind die technischen Daten der verwendeten Typen ersichtlich. Bild 16 zeigt die zugehörigen Platinen mit dem Aufdruck auf der Oberseite und dem eigentlichen Bauteil auf der Unterseite. Die notwendigen Kondensatoren (1  $\mu$ F/50 V) an den Ein- und Ausgängen des Spannungsreglers sind bereits auf der Platine bestückt. Techniker erwarten, dass diese Kondensatoren auf den Spannungsreglern so nahe wie möglich an den Pins des Gehäuses platziert sind. Dies ist durch die vorbestückten SMD-Kondensatoren gegeben. Zusätzliche Kondensatoren auf dem späteren Einsatzort (Steckboard) können deshalb entfallen.

Um eigene Spannungsregler aufzubauen, ist eine Leerplatine zur Bestückung von ICs im SOT89-Gehäuse vorhanden (Bild 17).

Es empfiehlt sich, die Stiftleisten zum Schluss einzusetzen und zu verlöten.

### Dioden

Als Standard-Dioden kommen eine Siliziumdiode (1N4148W) und eine Schottky-Diode (BAT43) zum Einsatz. Die wesentlichen technischen Daten wie max. Spannung und Strom sind auf der Platine aufgedruckt (Bild 18). Schottky-Dioden weisen eine sehr geringe Flussspannung von nur ca. 0,3 V auf und werden deshalb gerne da eingesetzt, wo der relativ große Spannungsabfall einer Siliziumdiode von 0,7 V nicht erwünscht ist. Ein weiterer Vorteil der Schottky-Diode ist die hohe Schaltgeschwindigkeit gegenüber einer Siliziumdiode. Für Standardanwendungen kann hingegen die Siliziumdiode verwendet werden. In Tabelle 6 finden Sie die technischen Daten der Dioden.

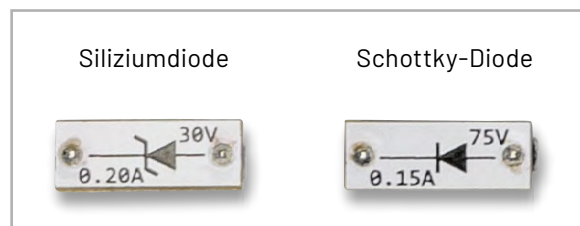


Bild 18: PAD-Module der beiden Dioden

### Optokoppler

Wie der Name erahnen lässt, werden hier zwei Bauteile optisch miteinander gekoppelt. Auf der einen Seite befindet sich eine LED, die als Sender agiert, während auf der gegenüberliegenden Seite ein Fototransistor die optischen Signale aufnimmt. Die Information wird durch Licht übertragen, und es besteht keine elektrische Verbindung. Dadurch wird eine galvanische Trennung erreicht.

Die optisch gekoppelten Sender und Empfänger sind in einem lichtundurchlässigen Gehäuse untergebracht. Je nach verwendetem Typ können analoge oder digitale Information übertragen werden.

Ein typischer Anwendungsfall ist der Einsatz im einem Schaltnetzteil, wo eine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärteil zwingend erforderlich ist. Hier werden analoge Spannungswerte vom Ausgang (Istwert) zur primären Steuereinheit (Sollwert) übertragen, damit der Regelkreis funktioniert.

Die Testschaltung in Bild 19 verdeutlicht die Funktionsweise eines Optokopplers. Durch Betätigen des Tasters fließt ein Strom durch den Vorwiderstand R1 und der internen LED des Optokopplers. Der Fototransistor empfängt das Licht der LED und schaltet daraufhin die Kollektor-Emitter-Strecke durch. Dadurch fließt ein Strom durch R2 und der LED, sodass die LED aufleuchtet.

**Wichtig:** Beachten Sie, dass die sendeseitige LED immer einen strombegrenzenden Vorwiderstand benötigt.

Die technischen Daten zum Optokoppler finden Sie in Tabelle 7, ebenso wie einen Link zum Datenblatt des Herstellers. In Bild 20 sind das Schaltsymbol und das PAD-Modul dargestellt.

Tabelle 6

#### Technische Daten Dioden

Typ	Schottky 30 V/0,2 A	Silizium 75 V/0,15 A
CM-Bezeichnung	CM-DG-201-A	CM-DG-151-A
Diodentyp	BAT43W	1N4148W
Spannung max. UR	30 V	75 V
Strom max. IF	0,2 A	0,15 A

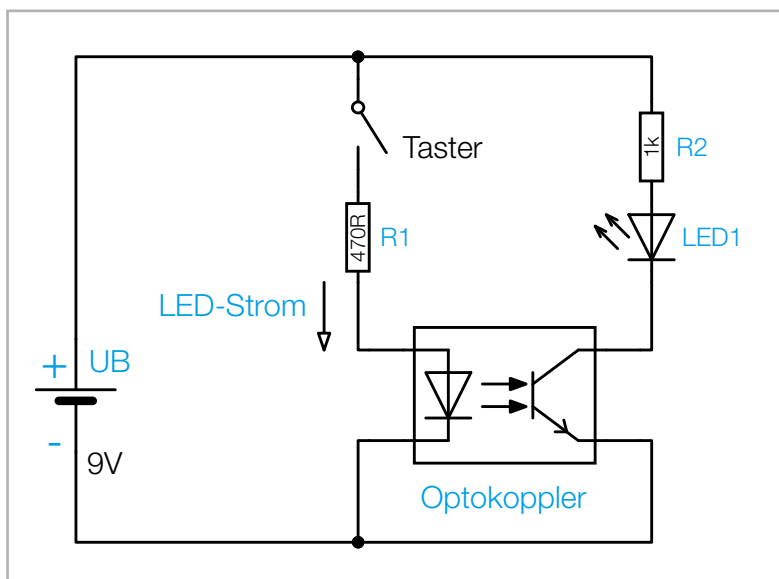


Bild 19: Testschaltung für einen Optokoppler

Tabelle 7

#### Technische Daten Optokoppler

CM-Bezeichnung	CM-IC-TLP291-A	
Typ	LED	Fototransistor
LED-Strom IF	5 mA typ. (50 mA max.)	-
Spannung UF (LED)	1,25 V	-
Spannung UCE	-	80 V max.
Datenblatt	<a href="#">Datenblatt TLP291</a>	

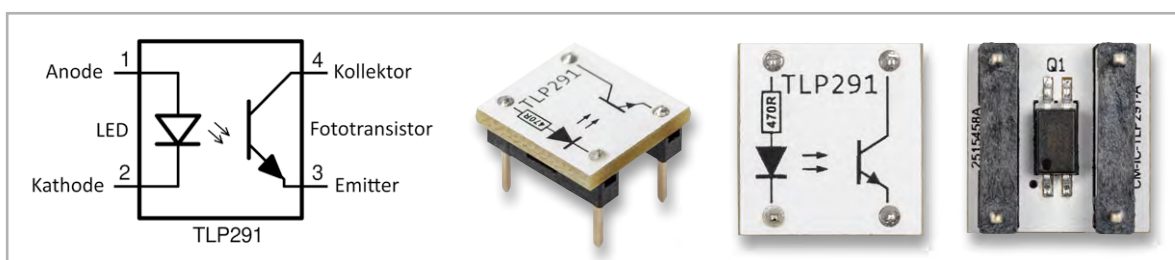


Bild 20: Schaltsymbol und PAD-Modul des Optokopplers TLP291

### Shunt-Regler

Der LMV431 ist ein sogenannter Shunt-Regler und stellt ein etwas ungewöhnliches, aber durchaus interessantes Bauteil dar (Bild 21). Seine Funktionsweise ähnelt der einer Z-Diode: Eine Spannungsquelle wird so weit belastet, bis sich über einem Vorwiderstand die gewünschte Spannung einstellt. Überflüssiger Strom wird, wie bei einer Z-Diode auch, parallel abgeleitet, was natürlich nicht wirtschaftlich ist. Aus diesem Grund werden Parallelregler in modernen Schaltungen kaum noch eingesetzt. Aber der Shunt-Regler vom Typ LMV431 bietet andere sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Schauen wir uns zunächst das Blockschaltbild in Bild 22 an.

Der LMV431 verfügt über drei Anschlüsse: Anode, Kathode und Referenz. Eine interne Spannungsrefe-

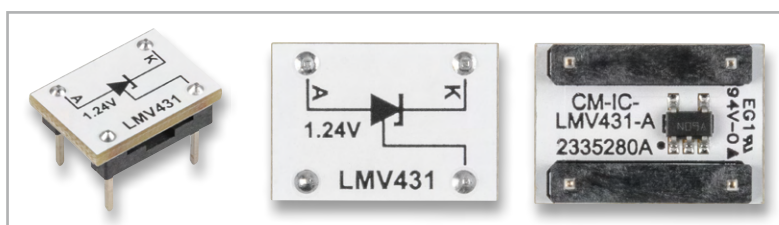


Bild 21: Die PAD-Platine des CM-IC-LMV431-A (Shunt-Regler)

Tabelle 8

#### CM-IC-LMV431-A

Typ	LMV431A
Referenzspannung	1,24 V (±1%)
max. Spannung (K)	30 V
max. Strom (K-A)	30 mA



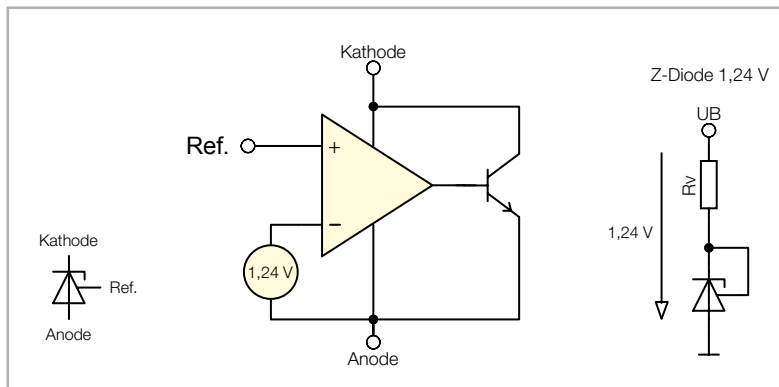


Bild 22: Blockschaltbild des LMV431

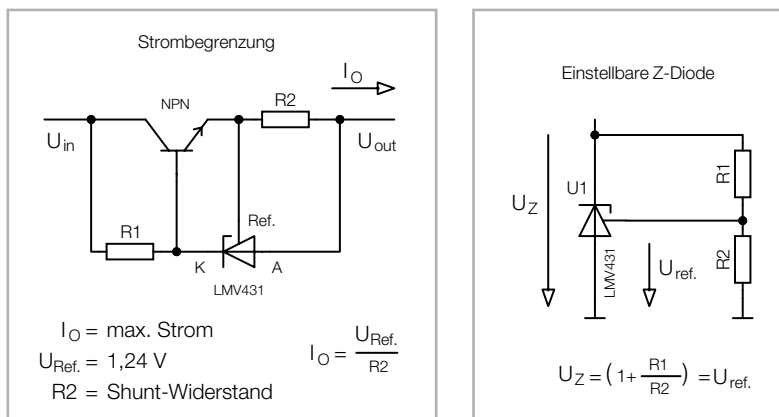


Bild 23: Anwendungsbeispiele für den LMV431: Strombegrenzung und variable Z-Diode

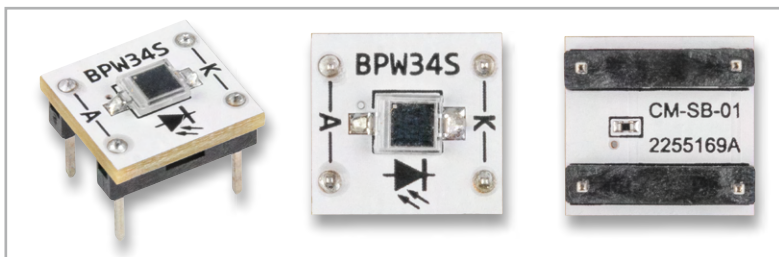


Bild 24: PAD-Platine der BPW34 (CM-SB-01)

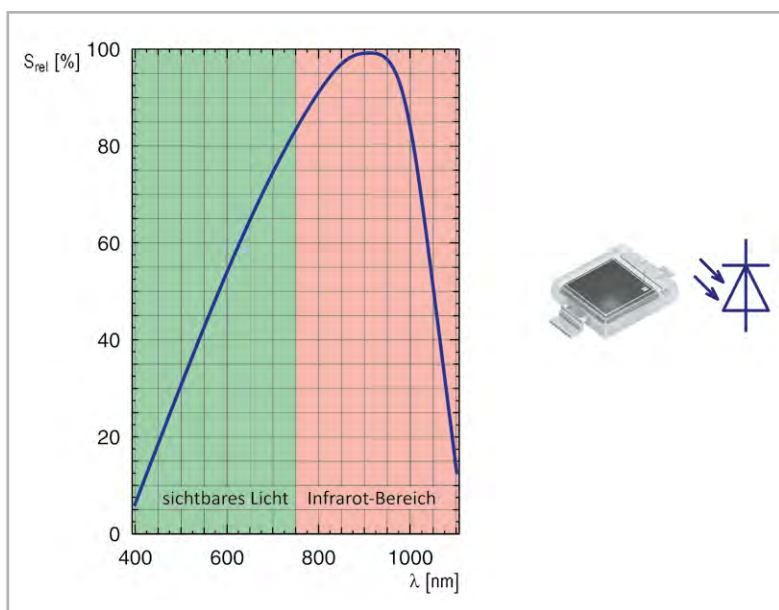


Bild 25: Kennlinie und Schaltsymbol der BPW34-S

renz von 1,24 V ist mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers verbunden. Der Ausgang steuert einen NPN-Transistor, dessen Kollektor zugleich mit der Versorgungsspannung verbunden ist. Dieser Anschluss wird als Kathode bezeichnet. Wenn Sie nun diese Kathode mit dem Eingang „Referenz“ (Ref.) verbinden, geschieht Folgendes: Der Operationsverstärker regelt den Ausgang so lange nach, bis die Spannung am Referenzeingang identisch mit der Referenzspannung ist. Allerdings muss hierfür ein Widerstand ( $R_v$ ) vorgeschaltet werden. Dieser Aufbau ergibt damit eine Z-Diode mit einer Spannung von 1,24 V, die sehr genau ist und so bei einer normalen Z-Diode nicht vorgefunden werden kann. Das Besondere ist, dass Sie mithilfe des Referenzeingangs und eines Spannungsteilers jede beliebige Spannung zwischen 1,24 V und 30 V generieren können, wie in Bild 23 (rechts) zu sehen. Dort ist auch die Formel für die Berechnung der Z-Spannung dargestellt. In Bild 23 links sehen Sie ein weiteres Beispiel: Ein Shunt-Regler kann auch zur Strombegrenzung eingesetzt werden. Wie wir wissen, stellt sich bei korrekter Beschaltung eine Spannung zwischen Anode und Referenz von 1,24 V ein. Der LMV431 steuert den Längstransistor (NPN) an und erlaubt nur eine max. Spannung von 1,24 V über dem Widerstand  $R2$ . Der maximale Strom ist also  $I_O = 1,24 \text{ V}/R2$ . Mit dem Widerstandswert von  $R2$  kann der gewünschte maximale Strom definiert werden.

### Fotodiode BPW34

Der hier zum Einsatz kommende Lichtsensor (Bild 24) ist eine Fotodiode und besteht aus einem lichtempfindlichen Halbleiter. Trifft Licht auf den frei liegenden PN-Übergang (Sensorfläche) des Halbleiters, wird ein elektrischer Strom erzeugt. Diese lichtempfindlichen Halbleiter reagieren nicht nur auf sichtbares Licht, sondern auch auf Licht im Infrarot- oder UV-Bereich. Es gibt spezielle Fotodioden mit einem Tageslichtfilter, um gezielt sichtbares Licht zu unterdrücken. Dies ist vorteilhaft, wenn z. B. nur Licht im IR-Bereich detektiert werden soll. So werden störende Einflüsse durch sichtbares Licht verhindert.

Die auf unserer kleinen Platine verwendete BPW34 (Bild 24) hat keinen Tageslichtfilter und detektiert somit ein weites Lichtspektrum. Technische Daten der Fotodiode sind in Tabelle 8 dargestellt.

In Bild 25 ist die Kennlinie der BPW34 dargestellt. Diese zeigt, dass die maximale Empfindlichkeit im nicht sichtbaren Infrarotbereich bei ca. 920 nm liegt.

Die Durchlasskurve (Flussrichtung) einer Fotodiode entspricht der einer normalen Siliziumdiode.

Tabelle 8

#### BPW34/CM-SB-01

Sensor	BPW34-S(SMD)
Lichtspektrum	430–1100 nm
Durchbruchspannung	60 V
Erfassungswinkel	$\pm 60^\circ$
Fotostrom	$> 5 \mu\text{A}$

In der Praxis wird eine Fotodiode im Sperrbereich betrieben. Dabei wird der Strom in Sperrrichtung gemessen, der sich je nach Lichtstärke in einem Bereich von nur wenigen Mikroampere bewegt.

Im Artikel PAD-PRO-EXSB, Teil 9 sind einige Anwendungsbeispiele mit dem BPW34 detailliert beschrieben.

### LED-Platinen

Es stehen drei unterschiedliche LED-Varianten zur Verfügung: die klassische Einzel-LED in unterschiedlichen Farben (Bild 26) sowie ein LED-Cluster und zwei RGB-LEDs, die jeweils eine rote, grüne und blaue LED integriert haben (Bild 28).

Bei den Einzel-LEDs sind die Vorwiderstände integriert. Der Widerstand hat einen Wert von 470 Ω und erlaubt so den Betrieb an Spannungen bis 12 V, was einem LED-Strom von ca. 6 bis 20 mA entspricht. Bei größeren Versorgungsspannungen sollte zusätzlich noch ein Widerstand in Reihe geschaltet werden (ca. 1-2,2 kΩ bei 24 V).

Neben den fertig bestückten LED-Platinen stehen Leerplatinen (Bild 27) für die eigene Bestückung von bedrahteten 3- oder 5-mm-LEDs zur Verfügung. Die beiliegenden Stiftleisten werden nach dem Verlöten der LED bestückt. Dies erleichtert den Zugang zu den Lötstellen der LED. Im rechten Teil von Bild 27 ist die Bestückung mit einer blauen 5-mm-LED zu sehen. Auf der Cluster-LED (Bild 28, rechts) befinden sich drei parallel geschaltete SMD-LEDs in weiß. Hier sind die LED-Vorwiderstände etwas kleiner, sodass die LEDs heller leuchten. Das LED-Cluster dient in erster Linie als Signalleuchte im Pulsbetrieb (Flasher). Bei Dauerbetrieb mit einer Spannung größer als 5 V sollte noch ein entsprechender zusätzlicher Vorwiderstand eingefügt werden.

Bei der RGB-LED handelt es sich um eine Variante mit gemeinsamer Anode, bei der die Anoden der drei einzelnen LEDs miteinander verbunden sind (Bild 28). Dieser Anschluss wird mit der Versorgungsspannung (+) verbunden, während die einzelnen Kathodenanschlüsse über Widerstände mit Masse (-) verbunden werden.

Unser Modul (CM-DL-RGB01) hat die benötigten Vorwiderstände bereits integriert. Die Vorwiderstände sind für eine Versorgungsspannung von 3,3 V bis 6 V ausgelegt. Bei Verwendung mit höheren Spannungen müssen Sie entsprechende Vorwiderstände, je nach gewünschter Spannung, in Reihe zu jedem Kathodenanschluss zuschalten. Bei 12 V müsste z. B. ein zusätzlicher Widerstand von 680 Ω und bei 24 V ein Widerstand von 2,2 kΩ vorgeschaltet werden.

### Fazit

Dieses Set richtet sich an alle Anwender, die zum Experimentieren auf Steckboards (Breadboards) fertig aufgebaute PAD-Module statt konventionell bedrahtete Bauteile nutzen möchten.

Wer gerne lötet, kann alternativ zu den Bausätzen PAD2 (Halbleiter) greifen. Allerdings fehlen hier die optischen Bauteile. **ELV**

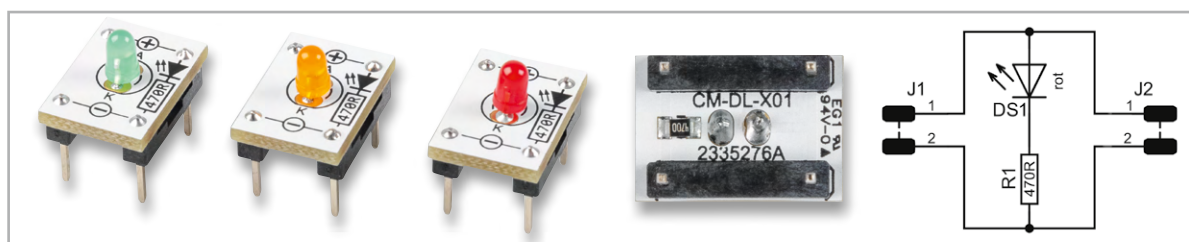


Bild 26: LED-PAD-Module



Bild 27: Leerplatine für LEDs mit Beispiel einer blauen 5-mm-LED

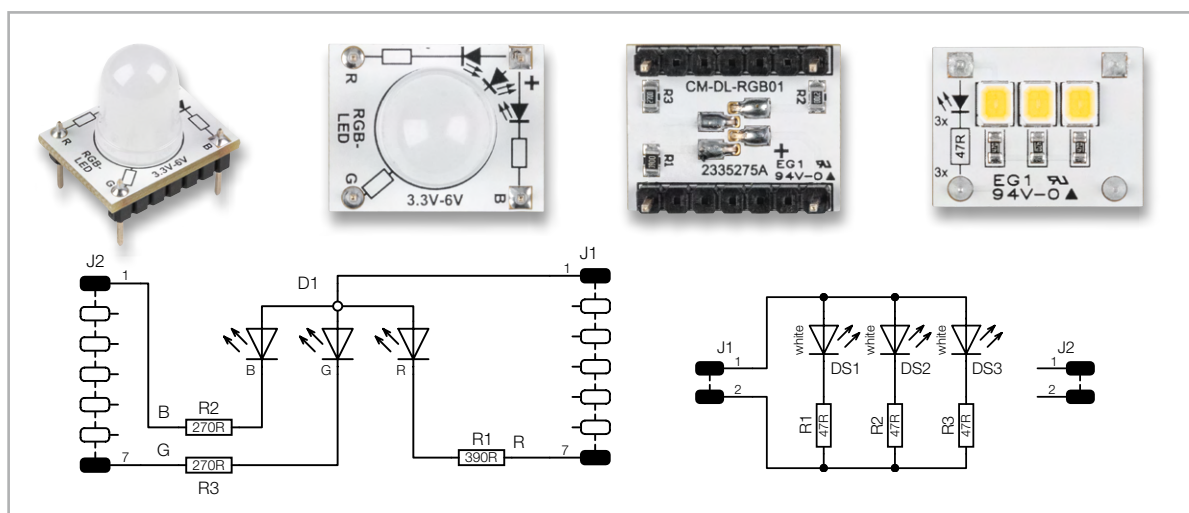


Bild 28: Fotos und Schaltbild der Platine CM-DL-RGB01 mit der RGB-LED und dem LED-Cluster (CM-DL-W01)