



# LED-Lichtorgel/Lauflicht

Mit diesem kleinen Steuergerät können verschiedenste Lichteffekte für LEDs oder LED-Stripes generiert werden, so eine Lichtorgel mit integriertem Mikrofon oder externem zugeführtem NF-Signal, ein Lauflicht oder ein Farbwechsler für RGB-LEDs. Es stehen drei Ausgangskanäle mit einer Schaltleistung von je 1,5 A zur Verfügung.

## „We call it a Klassiker“

Der berühmte Spruch Franz Beckenbauers zum Fußball-Klassiker Deutschland–England trifft auch hier den Punkt: Nur wenige Hobbyelektronik-Themen sind so ewig aktuell wie die Lichtorgel und das Lauflicht. In wie vielen Partykellern stehen sie noch, die Kästen mit den drei oder mehr bunten Lampen, die jede Party, und wenn es nur die mit der Freundin im Jugendzimmer war, zur Show machten!

Heute haben bei der Effektbeleuchtung Laser und LEDs das Regiment übernommen, also war es auch an der Zeit, einmal eine kleine Lichtorgel für LED-Ansteuerung zu bauen. Und da dazu heute sowieso ein Mikroprozessor beschäftigt wird, bekam der noch ein paar Zusatzaufgaben. So hält die „LED-LL“ insgesamt sechs Funktionen bereit, die besonders einfach über nur eine Bedientaste anwählbar sind:

### 3-Kanal-Lichtorgel

In dieser Betriebsart arbeitet das Gerät wie eine klassische Lichtorgel, d. h. das NF-Frequenzband wird in Tiefen, Mitten und Höhen aufgeteilt. Je nach Lautstärke (Pegel) der einzelnen Frequenzbänder werden die angeschlossenen LEDs im Rhythmus der Musik in der Helligkeit gesteuert. Schöne Effekte erzielt man unter anderem auch, wenn eine oder mehrere RGB-LEDs verwendet werden. Als Signalquelle kommen wahlweise ein internes Mikrofon oder eine extern anschließbare Audio-Signalquelle zum Einsatz, z. B. der MP3-Player.

### Farbwechsel

Diese Betriebsart ist für RGB-LEDs gedacht, hier lässt die Steuerung die möglichen (darstellbaren) Mischfarben, die eine RGB-LED erzeugen kann, „durchlaufen“. Die Farbwechsel-Geschwindigkeit kann in weiten Grenzen eingestellt werden.

### Drei Lauflicht-Funktionen

Es können drei verschiedene Lauflichtmuster für mehrere in Serie geschaltete LEDs generiert werden. Die Lauflicht-Geschwindigkeit ist einstellbar.

### Zufall

Wählt man diese Betriebsart, werden die zuvor beschriebenen Modi zufällig durchgeschaltet. Falls kein Audio-Signal erkannt wird, wird dabei „Lichtorgel“ nicht aktiviert, so dass nur zwischen Farbwechsel und den drei Lauflichtvarianten gewechselt wird. Auch hier ist die Durchlauf- bzw. Wechselgeschwindigkeit einstellbar.

### Daten

Spannungsversorgung:	12–24 Vdc
Stromaufnahme (ohne Last):	max. 25 mA
Ausgänge:	3x Open Collector/max. 1,5 A
Eingänge:	1x NF-Eingang (Low- und High-Pegel)
Abmessungen(Gehäuse):	89 x 99 x 26 mm

Da der Betriebsspannungsbereich mit 12 bis 24 V Gleichspannung recht groß ist, sind hier die verschiedensten Spannungsversorgungsvarianten denkbar, vom (Bordnetz-)Akku beim Camping bis zum ausreichend leistungsfähigen (Stecker-)Netzgerät. Es muss nur der benötigte Strom bereitgestellt werden können, der in der maximalen Version mit bis zu 3 x 1,5 A Ausgangsbelastung immerhin schon mehr als 4,5 A betragen kann. 1,5 A je Ausgangskanal lassen schon den Anschluss großer LED-Anordnungen zu, darauf werden wir im Rahmen der Installation des Gerätes noch ausführlich zurückkommen.

Der Anschluss der LEDs und der Versorgungsspannung und des externen Audio-Signals ist über Schraubklemmen gelöst, die ohne Öffnen des Gerätegehäuses zugänglich sind. So ist ein universeller Anschluss der „Peripherie“ einfach möglich.

### Bedienung ganz einfach

Da alle Funktionen von einem Mikrocontroller gesteuert werden, kann die Auswahl der einzelnen Betriebsarten mit nur einem Taster – „Mode“ – erfolgen. Durch mehrmaliges Betätigen des Tasters wählt man mit Hilfe der sechs Anzeige-LEDs eine der sechs möglichen Betriebsarten aus.

In der Betriebsart „Lichtorgel“ beschränkt sich die Bedienung auf die Auswahl der Audio-Signalquelle zur Ansteuerung der Lichtorgel (internes Mikrofon oder extern) mit dem Eingangswahlschalter „NF“. Mit dem Trimmer „Level“ kann der Pegel für das externe NF-Signal angepasst werden.

Ist „Farbwechsel“ angewählt, kann die Geschwindigkeit der Farbwechselfolgen mit dem Trimmer „Speed“ eingestellt werden.

Nach Anwahl einer der drei Lauflicht-Varianten ist die Lauflicht-Geschwindigkeit ebenfalls mit dem Trimmer „Speed“ wählbar. In der Betriebsart „Zufall“ wird die zuvor eingestellte Geschwindigkeit für Lauflicht-Farbwechsel übernommen.

Kommen wir damit zur Schaltungstechnik des vielseitigen Lichtsteuergerätes.

### Schaltung

Im unteren Teil des Schaltbildes (Bild 1) ist der Mikrocontroller IC 1 vom Typ ATmega88 zu sehen, der die Ansteuerung der LEDs übernimmt. Über eine PWM (Pulsweiten-Modulation) kann zudem die Helligkeit der LEDs verändert werden. Die drei Leistungstransistoren T 1 bis T 3 sind MOSFETs und bilden die Leistungsendstufe. Dank des geringen Einschaltwiderstandes RDS(on) brauchen die Transistoren nicht gekühlt zu werden, da fast keine Verlustleistung entsteht. Zu beachten ist, dass die Ausgänge als Open Collector ausgeführt und keine strombegrenzenden Widerstände vorhanden sind (siehe auch Abschnitt „Installation“).

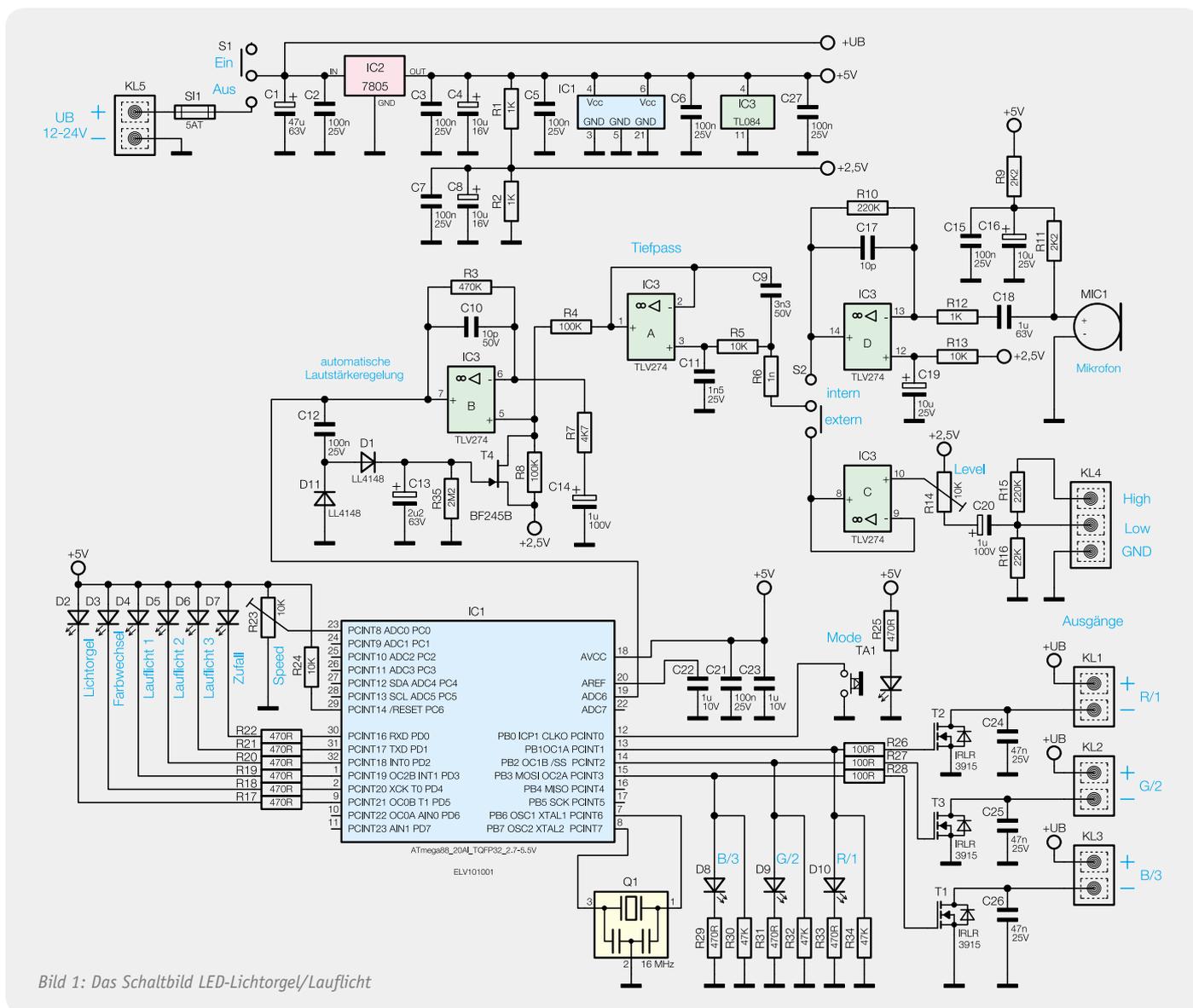


Bild 1: Das Schaltbild LED-Lichtorgel/Lauflicht

**Widerstände:**

100 Ω/SMD/0603	R26–R28
470 Ω/SMD/0603	R17–R22, R29, R31, R33
470 Ω/SMD/0805	R25
1 kΩ/SMD/0603	R1, R2, R12
2,2 kΩ/SMD/0603	R9, R11
4,7 kΩ/SMD/0603	R7
10 kΩ/SMD/0603	R5, R6, R13, R24
22 kΩ/SMD/0603	R16
47 kΩ/SMD/0603	R30, R32, R34
100 kΩ/SMD/0603	R4, R8
220 kΩ/SMD/0603	R10, R15
470 kΩ/SMD/0603	R3
2,2 MΩ/SMD/0603	R35
PT15, liegend, 10 kΩ	R14, R23

**Kondensatoren:**

10 pF/SMD/0603	C10, C17
1 nF/SMD/0603	C11
3,3 nF/SMD/0603	C9
47 nF/SMD/0603	C24–C26
100 nF/SMD/0603	C2, C3, C5–C7, C12, C15, C21, C27
1 µF/SMD/0805	C22, C23
1 µF/63 V	C18
1 µF/100 V	C14, C20
2,2 µF/63 V	C13
10 µF/16 V	C4

10 µF/25 V	C16, C19
47 µF/63 V	C1
100 µF/16 V	C8

**Halbleiter:**

ELV101001/SMD	IC1
MC7805CDT/SMD	IC2
TLV274/SMD	IC3
IRLR3915/SMD	T1–T3
BF245B	T4
LL4148	D1, D11
LED, 3 mm, Rot	D2–D10

**Sonstiges:**

Keramikschwinger, 16 MHz, SMD	Q1
Elektret-Einbaukapsel, 2-polig	MIC1
Sicherung, 5 A, träge, SMD	SI1
Drucktaster mit LED rot, 1x ein, print	TA1
Tastkappe, transparent	TA1
Schraubklemmleisten, 2-polig, print	KL1–KL3, KL5
Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print	KL4
Schiebeschalter, 2x um, print	S1, S2
2 Aufsteckdrehknöpfe, ø 12 mm, Schwarz	
2 Kunststoff-Steckachsen, 6 x 16,8 mm	
4 Kunststoffschrauben, 2,2 x 5 mm	
1 Gehäuse komplett, bearbeitet und bedruckt, Schwarz	

Die LEDs D 8 bis D 10 sind ebenfalls mit den PWM-Ausgängen des Controllers verbunden und dienen der optischen Kontrolle.

Zur weiteren Peripherie des Controllers gehört der Taster TA 1, mit dem die Betriebsart ausgewählt wird. Die ausgewählte Betriebsart wird mit den LEDs D 2 bis D 7 angezeigt. Mit dem Trimmer R 23, der mit dem Eingang des internen A/D-Wandlers verbunden ist, kann man die Geschwindigkeit der Lichteffekte verändern.

Für die Lichtorgelfunktion wird der Audiopegel von drei verschiedenen Frequenzbereichen benötigt (Tiefen, Mitten und Höhen). Bei einer klassischen Lichtorgel wird dies üblicherweise mit analogen Filterstufen bewerkstelligt. In unserer Schaltung wird das Audio(NF)-Signal vom Mikrocontroller über einen A/D-Wandler digitalisiert und anschließend per Software (Firmware) weiterverarbeitet. Das Filtern des Audio-Signals erfolgt durch mathematische Berechnungen. Um eine möglichst hohe Abtastfrequenz des A/D-Wandlers zu erreichen, arbeitet der Controller mit einer vom Keramikschwinger Q 1 bestimmten Taktfrequenz von 16 MHz.

Damit der A/D-Wandler das Audio-Signal digitalisieren kann, muss der Pegel in einem bestimmten Pegelbereich bleiben und darf nicht „übersteuern“.

Schauen wir uns den Audio-Signalweg etwas genauer an. Als Audio-Signalquelle kann man mit dem Schalter S 2 zwischen dem internen Mikrofon MIC 1 und dem externen Eingang KL 4 wählen. Das Mikrofon-signal wird mit der Verstärkerstufe um den IC 3 D um den Faktor 200 verstärkt, wobei das Widerstandsver-

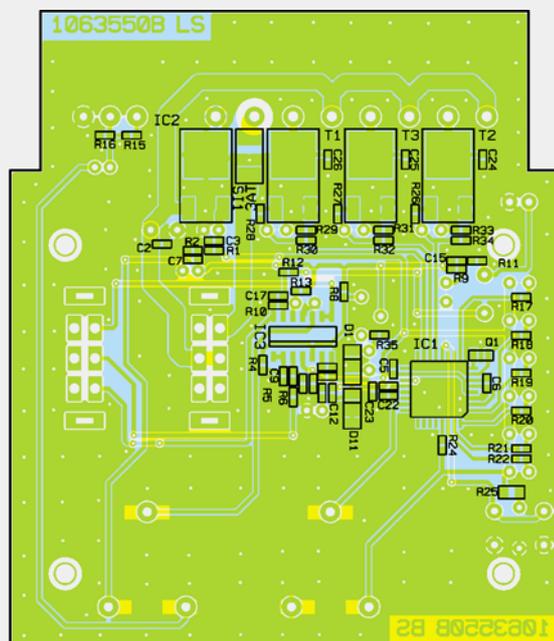
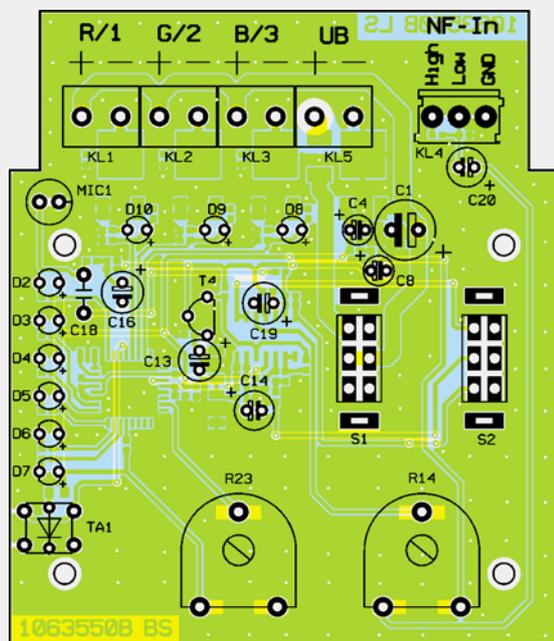
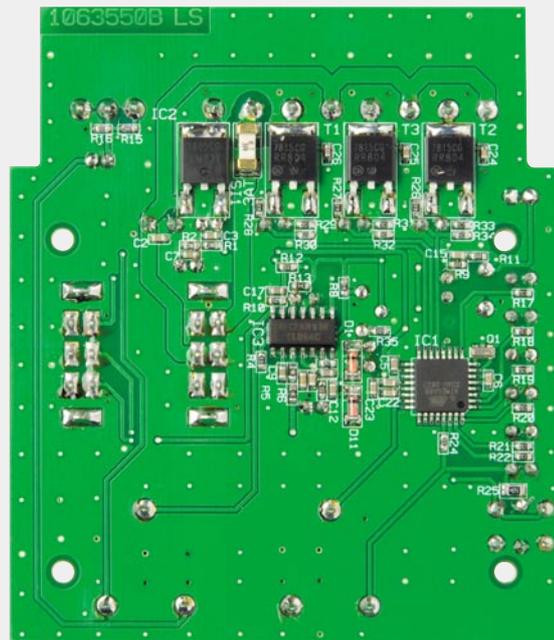
hältnis R 10/R 12 den Verstärkungsfaktor bestimmt. Der Kondensator C 18 dient zur DC-Entkopplung, da das Mikrofon über die Widerstände R 9 und R 11 mit Betriebsspannung versorgt wird. Wie dieses Mikrofon funktioniert und aufgebaut ist, wird im Kasten „Elektronikwissen“ näher erklärt.

Über R 13 erhält der OP IC 3 D eine durch den Spannungsteiler R 1/R 2 bereitgestellte Spannung von 2,5 V, sie legt den Arbeitspunkt fest.

Das externe Audio-Signal gelangt über die Klemmen KL 4 an die Schaltung. Dieser Eingang ist unterteilt in „low“ für Signalpegel bis ca. 1 V<sub>ss</sub> und in „high“ für höhere Spannungen, die z. B. direkt von einem Lautsprecherauszug kommen. Mit dem Trimmer „Level“ (R 14) kann man zusätzlich noch eine genaue Anpassung an den Pegel vornehmen. Der nachfolgende Operationsverstärker IC 3 C dient lediglich als Pufferstufe (Impedanzwandler).

Vom Umschalter S 2 führt das Audio-Signal auf einen Tiefpass zweiter Ordnung, der eine Grenzfrequenz von ca. 8 kHz aufweist. Diese Filterstufe ist mit IC 3 A und Außenbeschaltung aufgebaut. Durch Unterdrückung der Frequenzen oberhalb von 10 kHz wird die Funktion des A/D-Wandlers verbessert, da diese Frequenzen, bedingt durch die interne Abtastfrequenz, nicht in ein digitales Signal umgewandelt werden.

Der Operationsverstärker IC 3 B bildet mit seiner Außenbeschaltung einen Pegelbegrenzer (ALC), der wie folgend beschrieben funktioniert. Die Leerlaufverstärkung wird mit den beiden Widerständen R 3 und R 7 festgelegt. Die Widerstände R 4 und R 8



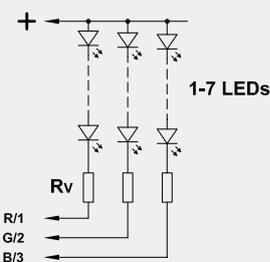
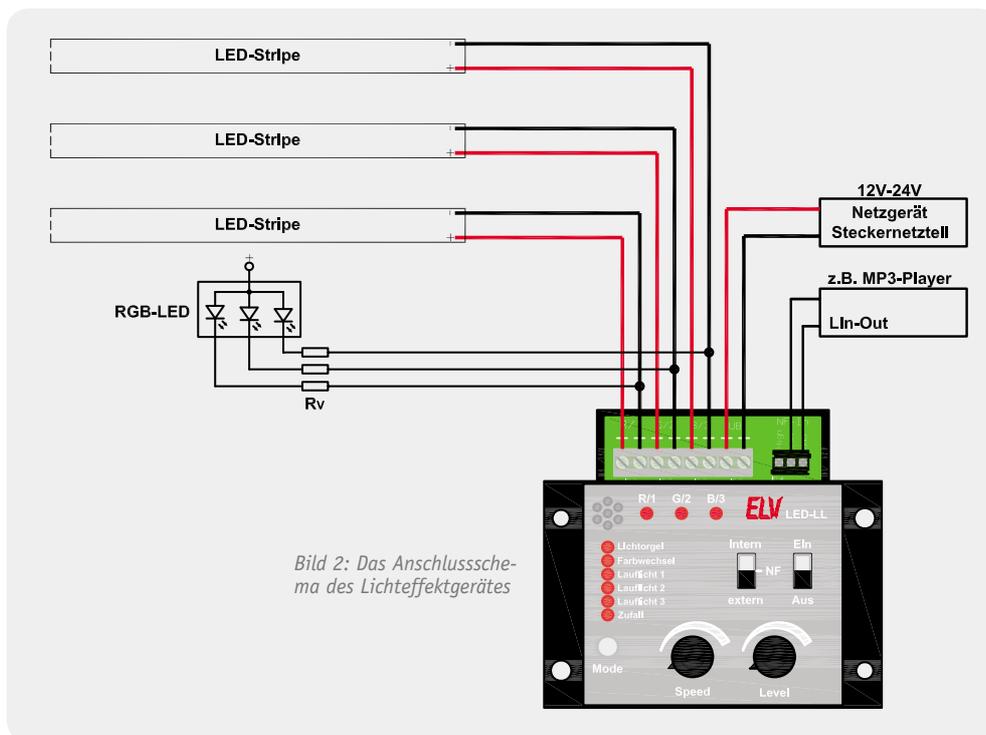
Ansicht der bestückten Platine des Lichteffektgerätes, links Bestückungs-/Oberseite, rechts Löt(SMD)-/Unterseite

bilden einen Spannungsteiler, der in den Signalweg eingefügt ist. Parallel zu R 8 liegt der FET T 4, mit dessen Hilfe das Spannungsteilerverhältnis verändert und somit das Signal abgeschwächt werden kann. Über den Kondensator C 12 gelangt das Ausgangssignal von IC 3 B auf die Gleichrichterdioden D 1 und D 11. Die so gewonnene Gleichspannung wird mit dem Elko C 13 geglättet und gelangt nachfolgend auf das Gate von T 4.

Je nach Höhe der Steuerspannung verändert T 4 seinen Drain-Source-Widerstand, wodurch auch die Gesamtverstärkung verändert wird. Hierdurch ist ein geschlossener Regelkreis entstanden, der das Ausgangssignal von IC 3 B auf einem konstanten Pegel hält. Die Regelung setzt erst ab einem bestimmten Pegel ein, der von der Flussspannung der Dioden D 1

und D 2 bestimmt wird. Die Zeitkonstante C 13 und R 35 bestimmt das Regelverhalten der ALC. Ein plötzlicher Pegelanstieg lässt die Regelschaltung sofort ansprechen. Durch die Entladung von C 13 über R 35 steigt die Gesamtverstärkung anschließend nur langsam wieder an.

Die Spannungsversorgung erfolgt mittels einer Gleichspannung im Bereich von 12 bis 24 V, die über die Klemme KL 5 zugeführt wird. Diese Spannung (UB) dient an den Klemmen KL 1 bis KL 3 auch der Versorgung der angeschlossenen LEDs. Der Spannungsregler IC 2 stellt eine stabile Spannung von 5 V für die restliche Elektronik bereit. Wie schon erwähnt, wird mit dem Spannungsteiler R 1/R 2 eine Spannung von 2,5 V erzeugt, die als virtuelle Masse (Arbeitspunkt) für die Operationsverstärker dient.



## Nachbau

Für den Nachbau steht eine doppelseitige Platine zur Verfügung, auf der sowohl bedrahtete als auch SMD-Bauteile zum Einsatz kommen. Die SMD-Bauteile sind schon vorbestückt, so dass hier lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig ist.

Die Bestückung beginnt mit den Elkos C 1, C 4, C 8, C 13, C 14, C 16, C 19, C 20 sowie dem 1- $\mu$ F-Kondensator C 18. Bei den Elkos ist auf die polrichtige Bestückung zu achten, sie sind auf der Minusseite markiert, während auf der Platine die Lage des Pluspols aufgedruckt ist. Es folgen das Elektret-Mikrofon MIC 1, das ebenfalls polrichtig zu bestücken ist, und T 4, dessen Einbaulage sich aus dem Layout ergibt.

Danach werden die Schraubklemmen, die Schalter S 1 und S 2, die Taste TA 1 und die beiden Trimmer R 14 und R 23 bestückt. Bei TA 1 ist die Kathode der LED durch farbigen (roten) Anschlussdraht gekennzeichnet.

Bleiben noch die Leuchtdioden D 2 bis D 10. Diese sind erstens polrichtig (der längere Anschluss ist die Anode = +) und zweitens so einzubauen, dass die LED-Spitze genau 18 mm über der Platine sitzt.

Mit dem Aufsetzen der Tasterkappe ist der Aufbau der Platine beendet, jetzt erfolgt der Gehäuseeinbau.

Dazu ist die Platine in die Gehäuseunterschale zu legen und mit zwei Schrauben 2,2 x 4 mm zu befestigen. Anschließend wird das Gehäuseoberenteil aufgesetzt und mit zwei Schrauben 2,2 x 4,5 mm seitlich mit dem Unterteil verschraubt.

## Installation

In Bild 2 ist das Anschlussschema der Schaltung dargestellt. Die Ausgangsspannung des Netzgerätes kann im Bereich von 12 V bis 24 V liegen, wobei zu beachten ist, dass diese Spannungsquelle auch den entsprechenden Strom liefern kann.

Soll die Schaltung mit einem externen Audio-Signal betrieben werden, kann man je nach Signalpegel den Low- oder High-Eingang verwenden. Beim Anschluss direkt an einen Lautsprecheranschluss ist – bedingt durch die höhere Signalspannung – der High-Eingang zu wählen.

Für den Anschluss von LEDs an das Gerät sind einige Regeln zu beachten, die wir im Folgenden einmal betrachten.



### Wichtiger Hinweis:

Die Ausgänge der Schaltung sind als Open Collector mit einer maximalen Schaltleistung von 1,5 A pro Kanal ausgelegt, um vielfältige Anschlussvarianten zu ermöglichen. Die angeschlossene Last wird mit einem Transistor (MOSFET) gegen Masse (-) geschaltet, so dass LEDs nie direkt (ohne Vorwiderstände) angeschlossen werden dürfen. Befolgen Sie bitte die Ausführungen zu den Vorwiderständen im Kapitel „Installation“!

### Anschluss von LEDs

Ob man für die LEDs einen extra Vorwiderstand (RV) einsetzen muss oder nicht, hängt von den verwendeten LEDs bzw. LED-Anordnungen ab. Bei handelsüblichen LED-Strips ist in den allermeisten Fällen kein separater Vorwiderstand erforderlich, da sich diese Vorwiderstände schon auf den LED-Platinen befinden (die Beschreibung hierzu sollte mit der LED-Platine mitgeliefert werden).

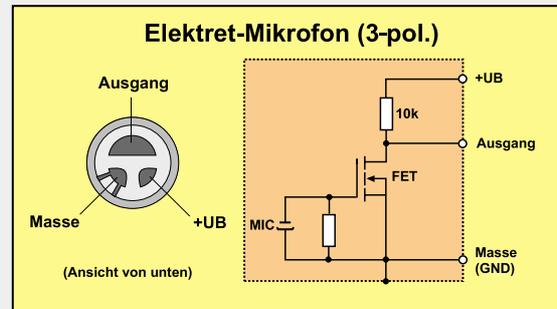
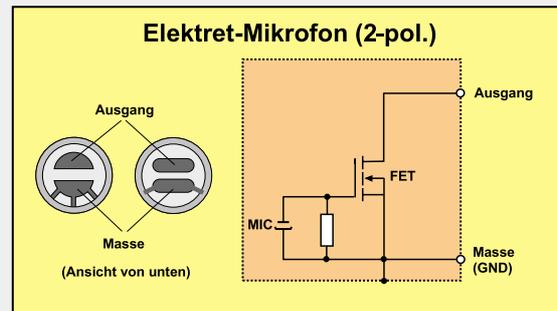
## Elektret-Mikrofone

Bedingt durch den geringen Preis und die sehr gute Signalqualität sind Elektret-Mikrofone die wohl am häufigsten hergestellten und eingesetzten Mikrofone. Man findet sie in vielen Geräten des alltäglichen Lebens wie z. B. Telefonhörern, Headsets, einfachen Mikrofonen, Handys, MP3-Playern mit Diktierfunktion usw., praktisch überall dort, wo Schallwellen in elektrische Signale gewandelt werden.

Die Funktionsweise eines Elektret-Mikrofons, welches auch als ECM (electret capacitor microphone) bezeichnet wird, ist der eines Kondensator-Mikrofons sehr ähnlich. Bei einem „echten“ Kondensator-Mikrofon wird eine Membran, die wie ein Kondensator aufgebaut ist, mit einer Polarisationsspannung beaufschlagt. Durch die Schallschwingungen ändert sich die Kapazität der sich gegenüberliegenden Membranen. Durch unterschiedliche Maßnahmen wird die Kapazitätsänderung in eine elektrische Spannung gewandelt. Ein großer Nachteil von Kondensator-Mikrofonen ist die extern zugeführte Phantomspannung von 48 V, weshalb diese Mikrofone fast nur in der professionellen Studioteknik zum Einsatz kommen.

Das Elektret-Mikrofon verwendet als Membran eine elektrisch geladene Folie, die meist aus Teflon besteht. Lediglich der nachgeschaltete Impedanzwandler, der in der Regel aus einem FET (Feldeffekttransistor) besteht, muss mit einer Spannung (>1,5 V) versorgt werden.

Die Funktion lässt sich vereinfacht und ohne in die Tiefen der Physik einsteigen zu müssen so erklären: Die Membran wird durch Schallschwingungen mechanisch verformt, wodurch ähnlich wie bei einem Piezokristall eine Spannungsänderung entsteht. Diese Signalspannung ist sehr gering und wird deshalb direkt „vor Ort“ mit einer Transistorstufe (FET) verstärkt. Dieser Transistor ist fast immer im abgeschirmten Mikrofongehäuse mit untergebracht, um Störeinkopplungen zu minimieren.



In der Übersichtsgrafik sind das Innenleben und die Anschlussbelegung von zwei unterschiedlichen Elektret-Mikrofon-Typen dargestellt. Bei der 3-poligen Variante befindet sich der notwendige Kollektor(Drain)-Widerstand bereits im Mikrofongehäuse. An diesem Widerstand kann die Signalspannung abgegriffen werden.

Bei einem 2-poligen Mikrofon ist nur der Drain-Anschluss des FET zugänglich. Der Vorwiderstand befindet sich in der nachfolgenden Elektronik. Ein weiterer Vorteil dieser Mikrofone ist die relativ geringe Versorgungsspannung von mindestens 1,5 V.

Beim Anschluss einzelner bzw. in Gruppen zusammengefasster LEDs ist jedoch immer ein entsprechender Vorwiderstand einzusetzen. Dazu, wie man den Vorwiderstand auf einfachste Weise errechnet, wollen wir Beispiele betrachten. Dazu müssen zunächst einige Angaben bekannt sein:

- Betriebsspannung (12 V bis 24 V),
- Flussspannung der LEDs (in Datenblättern als  $U_F$  bezeichnet) und
- LED-Strom ( $I_F$ ), den man selbst bestimmen kann (natürlich in den Grenzen, die das jeweilige Datenblatt der LED vorgibt).

Der Vorwiderstand wird nun nach folgender Formel berechnet: Da uns der Strom  $I_F$  bekannt ist – wir entscheiden uns für 20 mA (0,02 A) –, gilt es lediglich die Spannung  $U_{RV}$  (Spannung, die am Vorwiderstand abfällt) zu ermitteln.

Hierzu brauchen wir nur die Summe aller Flussspannungen ( $U_F$ ) der einzelnen LEDs von der Betriebsspannung abzuziehen. Die Flussspannung  $U_F$  der LED ist vorwiegend von der Farbe abhängig. Eine rote LED hat eine  $U_F$  von ca. 1,8 V, eine weiße LED bringt es auf eine Flussspannung von bis zu 4,5 V. Die genauen Daten können den technischen Angaben der verwendeten LED entnommen werden.

### Beispiel 1:

Es soll nur eine LED (weiß/ $U_F = 3,2$  V) bei einer Betriebsspannung von 12 V mit einem Strom von 20 mA pro Kanal betrieben werden.

$$R_V = \frac{U}{I} = \frac{UB - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{12\text{ V} - 3,2\text{ V}}{20\text{ mA}} = 5756\ \Omega \approx 5,6\text{ k}\Omega$$

Der errechnete Widerstand wird auf einen Wert der E12-Reihe, in diesem Fall auf 5,6 k $\Omega$ , gerundet. Sollen mehrere LEDs in Reihe geschaltet werden (siehe Bild 3), ist  $U_F$  in der Formel durch die Summe der Flussspannungen aller LEDs zu ersetzen.

### Beispiel 2:

Die Betriebsspannung soll wieder 12 V betragen, und es sollen 4 rote LEDs mit einer Flussspannung von ca. 2 V in Reihe geschaltet werden. Die Formel lautet dann folgendermaßen:

$$R_V = \frac{U}{I} = \frac{UB - (4 \times U_{LED})}{I_{LED}} = \frac{12\text{ V} - (4 \times 2\text{ V})}{20\text{ mA}} = 200\ \Omega \approx 220\ \Omega$$

Der Widerstandswert ist unkritisch, so dass man auch hier zu einem Wert aus der E12-Reihe greifen kann. Genauer geht es natürlich mit Widerständen der E24- oder E96-Reihe. **ELV**