

Mini-RGB-Farbwechsler für LEDs

Diese kleine Schaltung kann über drei verschiedene Ausgänge Mehrfarb-LEDs so ansteuern, dass sich deren nach dem RGB-Prinzip resultierende Mischfarbe automatisch in einem einstellbaren Zeitintervall (6 bis 60 Sek.) ändert. Zusätzlich lässt sich der Farbwechsler bei Erreichen einer beliebigen Farbe anhalten, um so ein bestimmtes Ambiente zu schaffen.

Das ganze Spektrum

Wer sich schon einmal mit Farbmischung beschäftigt hat, der weiß, dass sich durch die Mischung von nur wenigen Grundfarben nahezu beliebige Farbtöne erzeugen lassen. Da man über dieses Thema ohne weiteres ein ganzes Buch schreiben könnte, wollen wir hier nur die wichtigsten Aspekte dieses Themas kurz betrachten.

Ursprung des gesamten Lichtspektrums (von dem für uns nur ein kleiner Teil sichtbar ist) ist das rein weiße Sonnenlicht. Erst durch Brechung und Reflexion in verschiedenen Medien und auf unterschiedlichen Materialien entstehen überhaupt die für uns sichtbaren Farben.

Technische Daten:

Spannungsversorgung: 12–24 V
Stromaufnahme (ohne Last): ... 30 mA
Zeitintervall (1 Durchlauf):
6–60 Sek. (einstellbar)
Ausgangsstrom: 0,5 A pro Kanal
Abmessungen: 40 x 26 mm

In der Farbwissenschaft wird grundsätzlich zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung unterschieden.

Bei der subtraktiven Farbmischung werden die Grundfarben CMY = Cyan (C), Magenta (M) und Yellow (Y) gemischt. Dieses Verfahren wird z. B. beim Drucken eingesetzt. Es gilt: Alle Grundfarben zusammen ergeben (fast) Schwarz. Je mehr Farben miteinander vermischt werden, desto dunkler wird die Farbe, jedoch nie ein „echtes“ Schwarz. Das wird in der Drucktechnik als vierte „Farbe“ zugegeben, um ein sattes Schwarz zu erzeugen.

Bei der für uns interessanteren additiven Farbmischung werden hingegen keine Stoffe, sondern Lichtquellen gemischt. Bestes Beispiel hierfür, das jeder zu Hause hat, ist ein Monitor oder der Fernsehbildschirm. Bei genauerer Betrachtung setzt sich jeder Bildpunkt (Pixel) aus drei Grundfarben (Rot, Blau und Grün) zusammen. Aus diesen drei Lichtquellen, die von der Bildröhre im Zusammenspiel mit der Leuchtschicht der Bildröhre erzeugt werden, lassen sich beliebige Farben in jeder gewünschten Intensität erzeugen. Auch der moderne TFT-

Bildschirm funktioniert nach der additiven Farbmischung – hier wird jeder LCD-Bildschirm-Punkt über drei Dünnschicht-Transistoren angesteuert (je einer R, G, B, siehe Abbildung 1). Für die Anwendung als Fern-

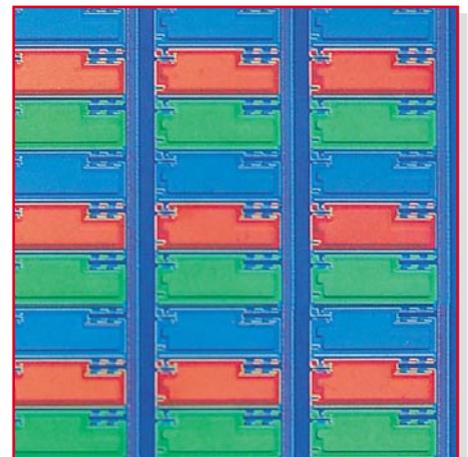


Bild 1: Diese Mikroskop-Vergrößerung einzelner Pixelpositionen eines TFT-Bildschirms zeigt deutlich den RGB-Aufbau mit drei Dünnschicht-Transistoren inklusive Farbfilter je Pixel. Foto: Sharp

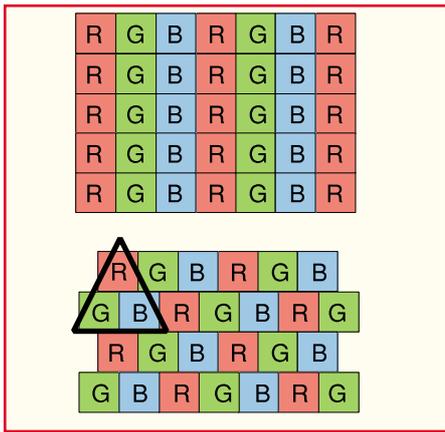


Bild 2: Vertical- und Delta-Stripe-Konfiguration der Farbfilter in TFT-Displays. Grafikidee: Sharp

sehbildschirm ordnet man die drei Transistoren sternförmig an (entspricht der Wiedergabe der alten Lochmasken-Bildröhre, daher stammt auch der Name Delta-Konfiguration, siehe Abbildung 2 unten). Bei Computer-Bildschirmen hingegen werden die einzelnen Punkte der Matrix genau übereinander angeordnet (Vertical-Stripe, Abbildung 2 oben), um exakt gerade Linien ohne Treppenbildung darstellen zu können.

Im Gegensatz zur subtraktiven Farbmischung gilt: Je mehr Lichtquellen addiert werden, desto heller wird das Ergebnis. Bei einem Bildschirm sind die einzelnen Pixel so klein, dass die drei Farben für das menschliche Auge zu einem Punkt verschmelzen. Andererseits kann man diese einzelnen Pixel sehr gut auf einer Großbildschirm-Wand beobachten, wenn man recht nahe davor steht.

In Abbildung 3 ist die Funktionsweise der additiven Farbmischung dargestellt. Man muss sich die drei Lichtquellen als verschiedenfarbige Taschenlampen vorstellen, die im abgedunkelten Raum eine weiße Wand anstrahlen. Mischt man z. B. rotes und grünes Licht, ergibt sich gelbes Licht. Abhängig von der Intensität der drei Primärfarben können alle für das mensch-

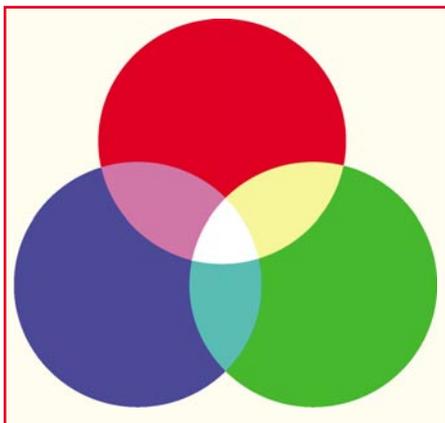


Bild 3: Additive Farbmischung

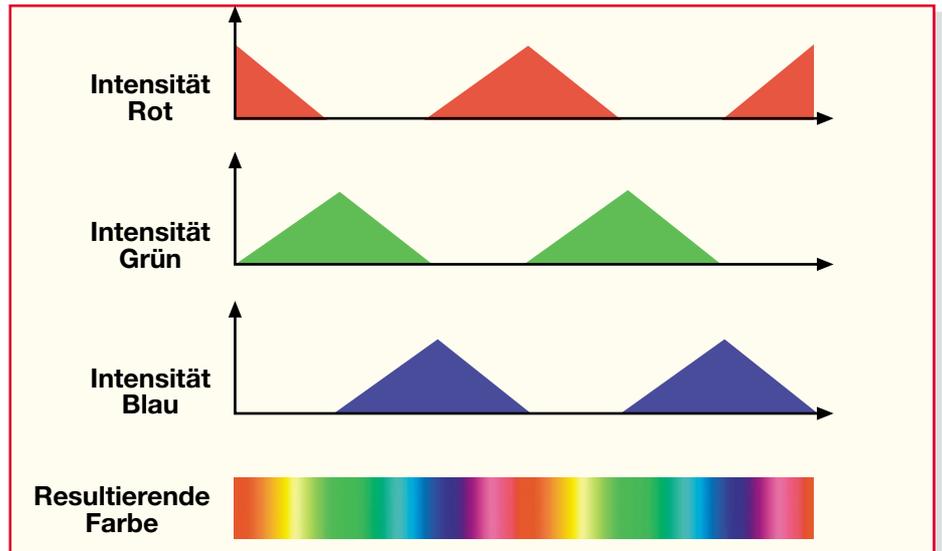


Bild 4: Der Zusammenhang zwischen den Intensitätsverläufen der RGB-Signale und dem resultierenden Farbverlauf

liche Auge sichtbaren Farben erzeugt werden. Echtes Schwarz bedeutet hier: alles ausgeschaltet.

RGB mit LED

In gleicher Weise, wie die Bildröhre farbiges Licht erzeugt, können wir auch verschiedenfarbige LEDs dazu benutzen, um eine interessante Beleuchtung für das Wohnzimmer, Vitrinen usw. zu erzeugen. Unsere kleine Steuerelektronik lässt LEDs in den Farben Rot, Blau und Grün in einer zeitlichen Abfolge so aufleuchten, dass fast alle Farben des (sichtbaren) Gesamtfarbspektrums erzeugt werden können. In Abbildung 4 ist der Zusammenhang zwischen der Intensität der drei Grundfarben und der daraus resultierenden Mischfarbe dargestellt. Die Geschwindigkeit der zeitlichen Abfolge (Sequenz) ist mit einem Poti in einem Bereich von 6 bis 60 Sekunden einstellbar. Platziert man die drei LEDs so, dass ein Gegenstand (z. B. die Wohnzimmerdecke) angestrahlt wird, ergibt sich die dargestellte Mischfarbe. Ein direkter Blick in drei nebeneinander angeordnete LEDs ergibt diesen Effekt nicht, da die LEDs im Gegensatz zu den Pixeln der Bildröhre bzw. des TFT-Bildschirms zu groß sind. Bessere Ergebnisse lassen sich mit einer RGB-LED erzielen, die alle drei LEDs in einem Gehäuse vereint. Ihr Aufbau erinnert an den des Farb-TFTs aus Abbildung 1. Eine solche RGB-LED ist in Abbildung 5 dargestellt. Nachteilig ist im Moment noch der relativ hohe Preis solcher LEDs. Sehr gute Ergebnisse lassen sich jedoch auch mit dicht nebeneinander angeordneten LED-Stripes (1 x Rot, 1 x Grün, 1 x Blau) erreichen, deren Licht man von einem hellen Gegenstand reflektieren lässt. Hier sind der Fantasie des Anwenders keine Grenzen gesetzt. So ist es z. B.

möglich, die LED-Stripes in einem halbdurchsichtigen weißen Gehäuse so einzubauen, dass man nur das reflektierte Licht sieht, und diese Leuchte etwa als Sauna-Wellness-Leuchte einzusetzen.

Als zusätzliche Bedienfunktion kann durch Betätigen eines Tasters die momentane Farbe gespeichert werden, d. h. die Sequenz wird gestoppt. Dieser Zustand wird in einem EEPROM gespeichert und beim nächsten Einschalten automatisch wieder hergestellt. Erst ein erneutes Betätigen des Tasters startet die Ablaufsequenz wieder. Ihre Anwendung kann eine solche Leuchte z. B. als Fernseh-Ambiente-Beleuchtung finden, in der Art, wie es etwa Philips mit einigen seiner Flachbildschirme vormacht – beim Fernsehen wird die Wand rings um das Fernsehgerät indirekt angestrahlt und sonst sorgt der Farbwechsler für Entspannung und das In-Szene-Setzen des teuren Stücks.

Schaltung

Wie man im Schaltbild (Abbildung 6) erkennt, ist für die Steuerung bzw. die Erzeugung der PWM-Signale ein kleiner Mikrocontroller (IC 2) vom Typ ATtiny 15 (ELV05462) zuständig. Da der Controller nur mit einer maximalen Betriebsspannung von 5 V arbeiten kann, wird mit IC 1 die

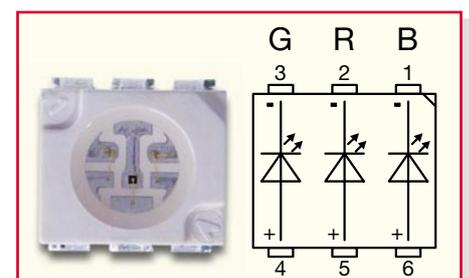


Bild 5: Aussehen und Anschlussbelegung einer RGB-LED

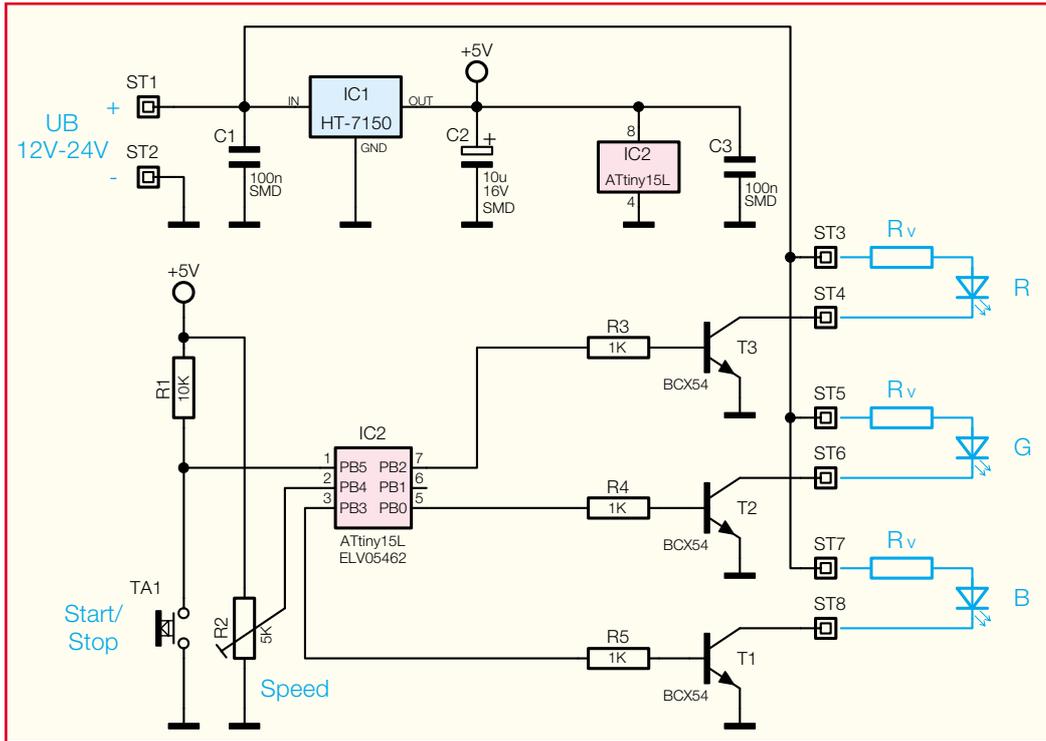


Bild 6: Schaltbild des RGB-Farbwechslers

Eingangsspannung U_B , die z. B. von einem unstabilierten Steckernetzteil oder einem Bordnetz stammen kann, auf 5 V stabilisiert. Um möglichst viele LEDs an der Steuerung anschließen zu können, werden diese direkt an U_B betrieben.

Wie schon erwähnt, erfolgt die Helligkeitsregelung mit Hilfe von Puls-Weiten-Signalen (PWM), die intern von IC 2 generiert werden. Die Ansteuerung der LEDs mit PWM-Signalen erweist sich als vorteilhaft in Bezug auf die Leistungsverluste der drei Schalttransistoren (T 1 bis T 3). Ein weiterer Vorteil ist der, dass sich im Vergleich zur Linearregelung die Helligkeit einer LED so am besten verändern bzw. einstellen lässt. Im Linearbetrieb müsste mit einer Stromregelung gearbeitet werden, die dann immer auf die jeweiligen verwendeten LEDs abzustimmen ist.

Die vom Controller angesteuerten Schalttransistoren T 1 bis T 3 können einen maximalen Dauerstrom von 0,5 A schalten, was je nach Betriebsspannung und LED-Typ für bis zu 175 Leuchtdioden ausreicht.

Mit dem Trimmer R 2, dessen Schleiferkontakt auf den Eingang eines internen Analog-Digital-Wandlers von IC 2 führt, kann die Ablaufgeschwindigkeit in einem

Bereich von 6 bis 60 Sekunden eingestellt werden. Ein weiteres Bedienelement ist der Taster TA 1, mit dem die Ablaufsequenz gestartet bzw. gestoppt werden kann. Die momentane Einstellung (aktuelle Farbe in der Stopp-Position) wird vom Controller in einem internen EEPROM gespeichert. Dieser erhält die Einstellung auch bei abgeschalteter Betriebsspannung.

Nachbau und Installation

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass der mitunter mühsame Umgang mit den kleinen SMD-Bauteilen entfällt. Hier ist also lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig. Dabei helfen sowohl die Stückliste als auch der Bestückungsplan und das Platinenfoto.

Dann erfolgt der Anschluss der Spannungsversorgung sowie der Leuchtdioden entsprechend den Ausführungen im Abschnitt „Installation“. Selbstverständlich sind sowohl beim Anschluss des Netzteils als auch bei dem der LEDs die richtigen Polaritäten zu beachten (siehe Platinaufdrucke).

Für den Einbau der kompakten Platine

steht ein unbearbeitetes Gehäuse zur Verfügung, bei dem lediglich die Bohrungen für die Anschlussleitungen einzubringen sind.

Installation

Vorweg sei prinzipiell erwähnt, dass eine LED niemals direkt ohne Vorwiderstand an die Ausgänge der Schaltung angeschlossen werden darf. Ob man jedoch einen extra Vorwiderstand einsetzen muss oder nicht, hängt von den verwendeten LEDs bzw. LED-Anordnungen ab. Bei handelsüblichen LED-Stripes ist in den allermeisten Fällen kein extra Vorwiderstand erforderlich, da sich diese Vorwiderstände schon auf den LED-Platinen befinden (die Beschreibung hierzu sollte mit der LED-Platine mitgeliefert werden).

Stückliste: Farbwechsler für RGB-LEDs RGB 100

Widerstände:

1 k Ω /SMD	R3–R5
10 k Ω /SMD	R1
SMD-Trimmer, 5 k Ω	R2

Kondensatoren:

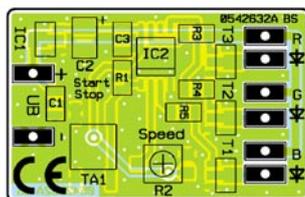
100 nF/SMD	C1, C3
10 μ F/SMD/16 V	C2

Halbleiter:

HT7150/SMD	IC1
ELV05462/SMD	IC2
BCX54/SMD	T1–T3

Sonstiges:

Mini-Drucktaster, 1 x ein	TA1
Lötstift mit Lötöse	ST1, ST2



Ansicht der fertig bestückten Platine des RGB-Farbwechslers mit zugehörigem Bestückungsplan

Beim Anschluss einzelner bzw. in Gruppen zusammengefasster LEDs ist jedoch immer ein entsprechender Vorwiderstand einzusetzen. Wie man den Vorwiderstand auf einfachste Weise errechnet, wollen wir im Folgenden betrachten. Dazu müssen 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). Es hat sich gezeigt, dass ein LED-Strom von ca. 15 bis 20 mA optimal ist. Eine weitere Erhöhung, z. B. auf 25 mA bringt keine wesentlich höhere Lichtleistung, nur der Stromverbrauch steigt an.

Der Vorwiderstand wird nun nach folgender Formel berechnet:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_F}$$

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.

Schauen wir uns die Berechnung an den folgenden Beispielen, illustriert in Abbildung 7, genauer an.

Die in den Beispielen verwendete RGB-LED kann natürlich durch „normale“ einzelne LEDs ersetzt werden. Um die Berechnungen zu vereinfachen, gehen wir hier von einer $U_F = 3$ V für alle drei Farben der RGB-LED aus.

Beispiel A: Betrieb einer einzelnen LED pro Ausgang mit einer Betriebsspannung von 12 V. Die Spannung über dem Widerstand R_V ergibt sich also wie folgt:

$$U_{RV} = U_B - U_F = 12\text{ V} - 3\text{ V} = 9\text{ V}$$

Eingesetzt in die Formel für R_V ergibt sich:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{9\text{ V}}{0,02\text{ A}} = 450\ \Omega$$

Da es diesen Widerstandswert in der E12-Reihe nicht gibt, wählen wir den nächstliegenden Widerstand mit 470 Ω .

Beispiel B: Will man mehrere LEDs betreiben, ist es im Sinne der Leistungsbilanz zweckmäßig, möglichst viele davon in Reihe zu schalten.

Wie viele LEDs in Reihe geschaltet werden können, hängt von U_B und U_F ab. Bei einer U_B von 12 V und einer Flussspannung von 3 V könnte man theoretisch 4 LEDs in Reihe schalten und käme genau auf 12 V. Dies ist aber nicht möglich, da hier keine Spannung mehr am Vorwiderstand abfallen kann. Also müssen wir die Anzahl der LEDs verringern. Maximal könnten bei 12 V Betriebsspannung also 3 LEDs in Reihe betrieben werden. In unserem abgebildeten Beispiel (B) haben wir 2 LEDs gewählt. Als Vorwiderstand ergibt sich:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_F} = \frac{(12\text{ V} - 3\text{ V} - 3\text{ V})}{0,02\text{ A}} = 300\ \Omega$$

Für diesen errechneten Wert könnte man einen 270- Ω - oder 330- Ω -Widerstand aus der E12-Reihe einsetzen.

Beispiel C: Dieses Beispiel entspricht im Prinzip dem Beispiel B mit dem Unterschied, dass die Betriebsspannung jetzt 24 V beträgt.

Grundsätzlich gilt, je höher die Betriebsspannung, desto mehr LEDs lassen sich in Reihe schalten. Schalten wir 7 LEDs in Reihe, ergibt sich eine Gesamtspannung an den LEDs von $7 \times 3\text{ V} = 21\text{ V}$. Es bleiben also noch 3 V ($24 - 21\text{ V}$), die über den Vorwiderstand abfallen können. R_V ist demnach:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_F} = \frac{3\text{ V}}{0,02\text{ A}} = 150\ \Omega$$

Wie man in diesen Beispielen erkennt, fließt in jedem Strang ein Strom von ca. 20 mA. Der maximale Ausgangsstrom des Farbwechslers beträgt 0,5 A pro Kanal. Es können somit 25 solcher Stränge parallel geschaltet werden, was bei 7 LEDs pro Strang eine maximale Anzahl von 175 LEDs pro Kanal ergibt. Damit kann die kleine Schaltung schon eine beachtliche Anzahl von LEDs ansteuern. ELV

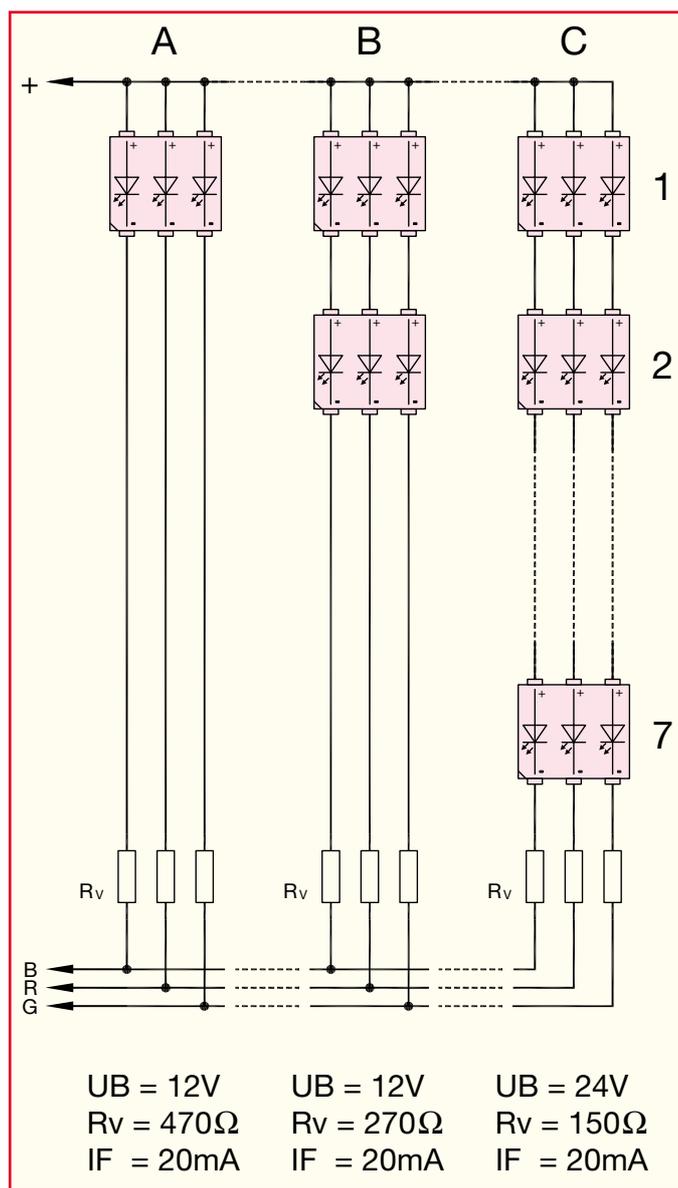


Bild 7: Die LED-Beschaltung für 12 V und 24 V mit den drei berechneten Beispielen