

Das kleine Bunte – RGB-LED-8x8-Matrix-Modul

Das kompakte Modul verfügt über ein brillant-farbiges LED-Display mit 8 x 8 RGB-LEDs, über das in dem Modul gespeicherte Bilder und Animationen wiedergegeben werden können. So können Meldungen angezeigt, Bilder und kleine Animationen dargestellt oder entspannende, wechselnde Lichtmuster generiert werden. Programmierung und Spannungsversorgung erfolgen über eine USB-Schnittstelle. Alternativ kann das RGB-MM-8x8 mit Batterien ortsunabhängig betrieben werden. Dabei ist die Schaltung inklusive Bedientasten so klein, dass sie sich hinter dem Display verstecken kann.

Strahlend hell und vielseitig

Was ist im Zeitalter des LC-Displays an der LED-Technik dran, dass diese derzeit einen Boom bei vielen Anzeigeaufgaben erlebt? Nun, sieht man dieses LED-Modul in Aktion, wird es im Wortsinn augenscheinlich – es ist das brillante Leuchtbild der LED-Anzeige, die auch bei heller Umgebung noch sehr gut zu sehen ist. Dazu kommt bei dieser Art der (RGB-)Anzeige die Möglichkeit, rechnerisch bis zu 16,7 Millionen Farben bei 256 Farbstufen (8 Bit je Grundfarbe Rot, Grün, Blau) bilden zu können, dies entspricht dem vollen JPEG-Bildstandard. Und dies bei der angesprochenen Brillanz – das macht den Reiz einer solchen Anzeige aus.

Das hier vorgestellte Anzeigemodul ist quasi eine stark verkleinerte Ausführung einer Großanzeige (z. B. Videowall), das zur Darstellung von Bildern, Schriftzeichen oder Animationssequenzen in einer 8x8-Pixel-RGB-Matrix dient.

Es ist konstruktiv so ausgeführt, dass es, je nach Art der gewählten Spannungsversorgung, auch zu einer beliebig größeren Anzeige aneinandergereiht werden kann. Damit sind dann höhere Auflösungen, größere Darstellungen, Laufschriften, Textmeldungen und sogar die höher aufgelöste Anzeige von Bildern möglich.

Über eine mitgelieferte PC-Software, die der in diesem ELVjournal ausführlich beschriebenen Software

Spannungsversorgung:	5 Vdc, USB-powered, Batteriebetrieb 3 x 1,5 V Mignon (AA/LR6)
Stromaufnahme:	max. 500 mA USB-powered, bis zu 800 mA mit USB-Netzteil
Display:	8 x 8 RGB-LEDs, 60,2 x 60,2 mm
Schnittstelle:	USB 2.0
Konfigurationssoftware:	kompatibel mit Windows XP, Vista, 7
Abmessungen (B x H x T):	60,2 x 60,2 x 45 mm (mit Batterieplatte) 60,2 x 60,2 x 27 mm (ohne Batterieplatte)

zur FS20-LED-Statusanzeige entspricht, sind Bilder und Animationssequenzen einfach zu erstellen. Dabei können im Speicher des Moduls bis zu 1000 Sequenzen gespeichert werden. Eine Sequenz kann aus einem einzigen Bild oder aus mehreren Bildern bestehen. Die Länge der Sequenzen wird nur durch den zur Verfügung stehenden Speicherplatz begrenzt. Im Speicher können über 10.000 Bilder abgelegt werden, die auf bis zu 1000 Sequenzen beliebig verteilt werden können. Wählt man in den Sequenzen eine Darstellungszeit der Einzelbilder von 40 ms, dies entspricht 25 Bildern pro Sekunde, also Echtzeit-Videogeschwindigkeit bei PAL, ergibt sich eine mögliche Gesamt-Abspielzeit von gut sechseinhalb Minuten.

Die Spannungsversorgung des Moduls kann sowohl aus Batterien als auch über eine externe Versorgungsspannung oder per USB(-Netzteil) erfolgen. Die Batterie-Stromversorgung erfolgt über ein hinter

der Steuerplatine aufgesetztes Batteriemodul mit drei Mignon-Batterien – freilich mit begrenzter Betriebsdauer. Bei Einsatz guter Markenbatterien, auch der Einsatz leistungsfähiger NiMH-Akkus kommt in Betracht, ist jedoch ein mobiler Einsatz auch über mehrere Stunden möglich. In diesem Fall, aber auch bei der Spannungsversorgung über die dazu vorhandene Stiftleiste, können beliebig viele Module direkt und lückenlos aneinandergereiht werden, da die hinter dem LED-Modul liegenden Platinen nicht über die Konturen des LED-Moduls hinausragen. Die Stiftleisten des Moduls sind so angeordnet, dass das Modul auf eine Lochrasterplatte aufgesetzt werden kann.

Die Bedienung erfolgt über vier Tasten direkt am Modul (Play/Pause, nächste Sequenz, vorherige Sequenz, Reset), zusätzlich ist der Anschluss von vier externen Tastern für die Bedienung möglich. Beim Anschluss der externen Taster ist zu beachten, dass

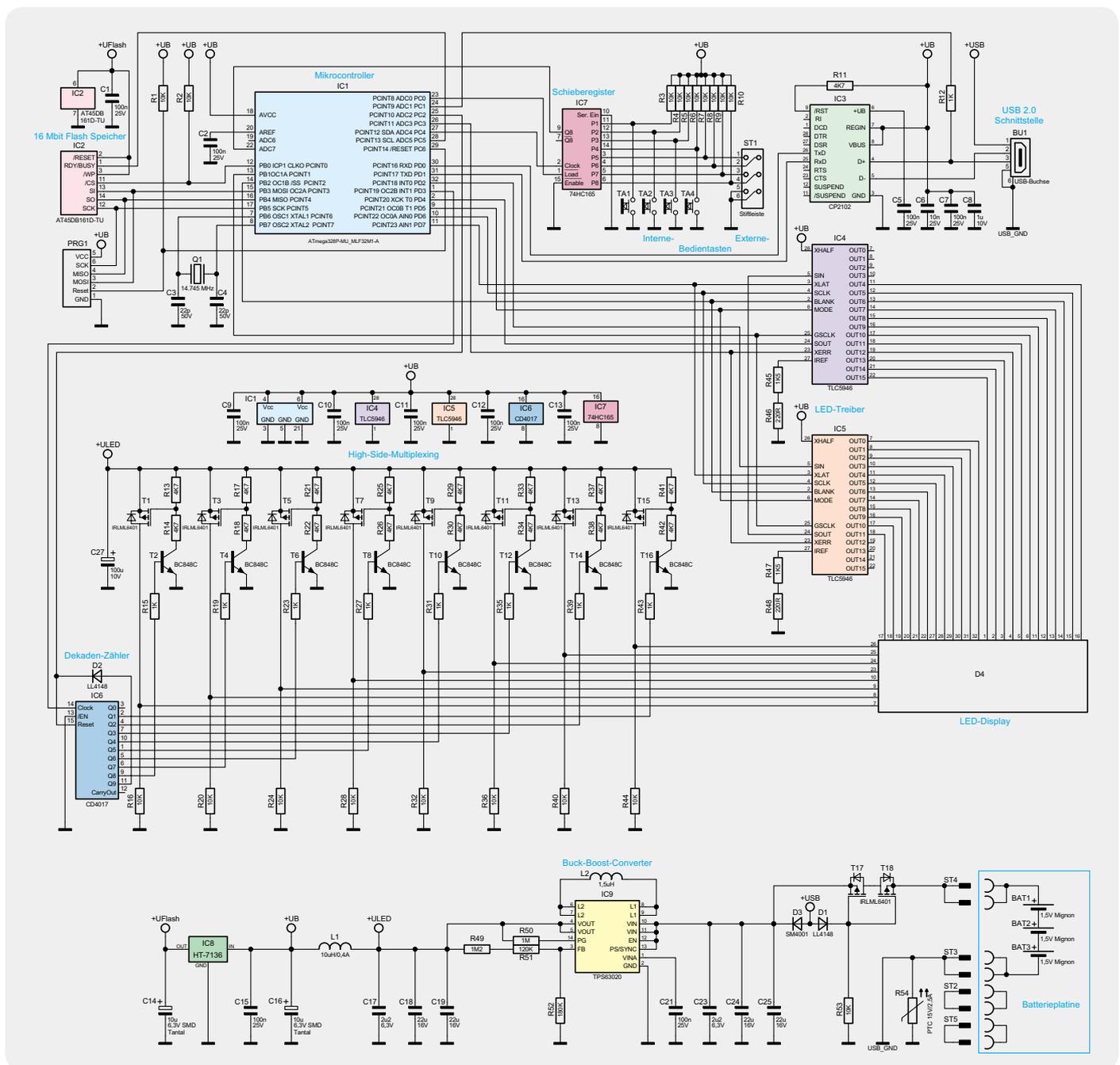


Bild 1: Die Schaltung des RGB-LED-8x8-Matrix-Moduls

die Anschlussleitungen aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit nicht länger als 3 Meter sein dürfen.

Das Modul bzw. die Anordnung aus mehreren Modulen ist zum Schutz vor elektrostatischen Entladungen immer in einem Gehäuse zu betreiben, das nach eigenen Vorstellungen gestaltet werden kann.

Nach dem Anlegen der Betriebsspannung wird automatisch die erste Sequenz gestartet. So können mehrere Module, die mit einem Netzteil versorgt werden, ganz einfach synchron gestartet werden. Eine gleichzeitige Bedienung mehrerer Module ist durch externe Tasteranschlüsse möglich.

Bedienung

Die Bedienung des RGB-Matrix-Moduls ist denkbar einfach. Zur Konfiguration und zum Erstellen von Bildern und Sequenzen wird das Modul mit dem PC verbunden. Die Einstellungen werden über die mitgelieferte PC-Software vorgenommen. Auf diese gehen wir an dieser Stelle nicht näher ein, sie ist in einem gesonderten Beitrag in diesem ELVjournal ausführlich beschrieben.

Hat man die Bilder und Sequenzen auf das Modul übertragen, so lässt sich das Modul ähnlich wie ein MP3- oder CD-Player bedienen.

Mit der Taste TA 1 (Play/Pause) wird das Abspielen einer Sequenz gestartet. Betätigt man die Taste, während eine Sequenz läuft, wird die Sequenz angehalten (Pause), durch nochmaliges Betätigen der Taste wird sie weiter abgespielt.

Mit der Taste TA 2 (>>) springt man zur nächsten Sequenz, diese wird dann abgespielt.

Mit der Taste TA 3 (<<) springt man eine Sequenz zurück. Ist eine Sequenz abgelaufen oder läuft noch, beginnt sie nach einem Tastendruck von vorn. Betätigt man TA 3 direkt danach noch einmal, wird eine Sequenz weiter zurück gesprungen.

Erreicht man beim Vorwärtsschalten die letzte bzw. beim Zurückschalten die erste Sequenz, schaltet man mit dem nächsten Tastendruck zur ersten bzw. zur letzten Sequenz weiter.

Mit der Taste TA 4 (Reset) setzt man den Sequenzindex wieder auf eins zurück. Gerade laufende Sequenzen werden abgebrochen. Betätigt man anschließend TA 1 (Play), wird die erste Sequenz abgespielt.

Die Tasten TA 1 und TA 4 haben noch eine zweite Funktion: Mit einem langen Tastendruck (länger als 1 Sekunde) lässt sich die Helligkeit des Displays in acht Stufen einstellen. Mit der Taste TA 1 erhöht und mit der Taste TA 4 verringert man die Helligkeit. Dies ermöglicht es, das Modul schnell an wechselnde Lichtverhältnisse anzupassen.

Die Funktionen der Tasten TA 1 bis TA 4 stehen auch an den externen Taster-Eingängen zur Verfügung. Pin 1 entspricht Taste 1 usw.

Schaltungsbeschreibung

Mikrocontroller und USB

Bild 1 zeigt die Schaltung des Matrix-Moduls. Zentrales Bauelement ist der Mikrocontroller IC 1, ein ATmega328P. Er wird mit 14,745 MHz (Q 1) getaktet und ist über eine SPI-Schnittstelle mit einem 16-Mbit-Flash-Speicher (IC 2) verbunden. Dieser kann die an-

zuzeigenden Sequenzen stromausfallsicher speichern, die über den USB-Port vom PC aus übertragen werden. IC 3 dient dazu als USB-UART-Wandler. Der Datenaustausch erfolgt mit 1 Mbit/s.

Neben der Kommunikation kann der USB-Port auch zur Spannungsversorgung des Moduls dienen. Dabei stehen zwei Möglichkeiten zur Wahl, einmal die des Anschlusses eines modernen Netzteils mit USB-Versorgungsstecker und einmal die des Bezugs der Betriebsspannung von einem spannungsliefernden USB-Gerät, etwa dem PC. Bei letzterer Variante setzen die USB-Konventionen der maximal über einen USB-Port entnehmbaren Stromstärke Grenzen. Es dürfen maximal 500 mA je Port entnommen werden. Will man jedoch alle 192 LEDs des Moduls (8 x 8 x 3 Grundfarben) mit voller Helligkeit betreiben, sind schon bis zu 1 A erforderlich. Damit so ein Betriebsfall nicht den USB-Port des Stromlieferanten überfordern kann, überwacht der Mikrocontroller des Moduls über R 12 den Zustand der USB-Datenleitung „USB+“. Detektiert er hier eine Spannung, heißt dies, dass der USB-Port an einen PC oder ein USB-Gerät (z. B. aktiver Hub) angeschlossen ist. In diesem Fall reduziert der Mikrocontroller die maximal einstellbare Helligkeit der LEDs und damit die Stromaufnahme der Schaltung auf max. 500 mA.

Wird hingegen ein USB-Netzteil angeschlossen, ist „USB+“ nicht belegt, und der Mikrocontroller gibt den maximal zulässigen LED-Strom frei.

Anzeige und Treiber

Das LED-Matrix-Display D 4 ist so organisiert, dass in 8 Reihen jeweils 3 x 8 Leuchtdioden für die Farben Rot, Grün und Blau (insgesamt 192 LEDs) ansteuerbar sind. Somit wird es über insgesamt 32 Leitungen angeschlossen. Da der verwendete Mikrocontroller nicht so viele Ports zur Ausgabe zur Verfügung hat, ist eine Multiplexerschaltung erforderlich.

Die 8 Reihen (Zeilen) werden über die Controllerports PD 3 und PC 2 über einen Dekadenzähler (IC 6) und die High-Side-Treiberschaltung mit T 1 bis T 16 angesteuert. IC 6 erhält vom Controller bei jedem Zeilenwechsel (ca. alle 1,2 ms) einen Taktimpuls, der den jeweils nächsten Ausgang auf High-Pegel schaltet und über die angeschlossene Treiberschaltung die entsprechende LED-Reihe ansteuert. T 2, T 4 ... T 16 dienen hier als Inverter, die den jeweils zugehörigen P-Kanal-MOSFET (T 1, T 3 ... T 15) durchschalten. Der legt jeweils die 24 gemeinsamen Anoden einer LED-Reihe der Matrix an die LED-Versorgungsspannung „ULED“.

Gleichzeitig werden die Low-Side-Treiber (Stromsenke) IC 4 und IC 5 vom Controller angesteuert. Diese Treiberbausteine sind hochwertige 16-Kanal-LED-PWM-Treiber des Typs TLC5946 von Texas Instruments, die speziell zur Ansteuerung von LED-Anzeigen entwickelt wurden und die neben einer Konstantstromregelung (max. 40 mA/Kanal) auch über 6-Bit-Weißabgleichsregister und 12-Bit-PWM-Helligkeitsregister verfügen.

Die Höhe der Ströme, die IC 4 und IC 5 pro Kanal bereitstellen, wird gemeinsam für alle Kanäle über die Widerstände R 45/R 46 bzw. über R 47/R 48 definiert. Der hier gewählte Gesamtwert von 1,72 k Ω stellt einen maximalen Strom von 30 mA pro LED ein.



Bild 2: So wird die Abdeckfolie vom LED-Display entfernt

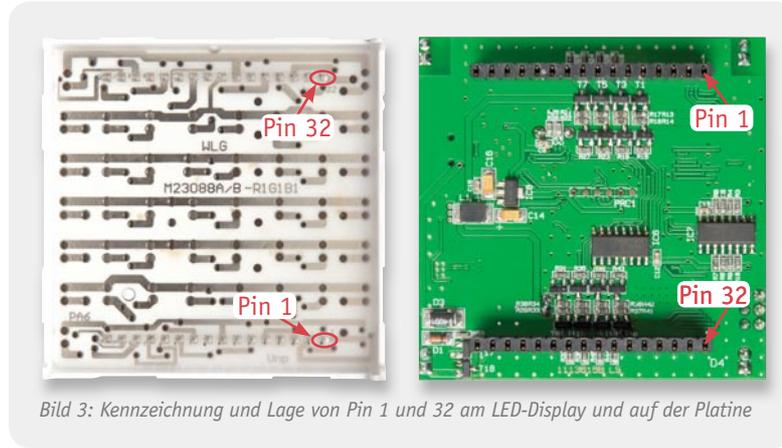


Bild 3: Kennzeichnung und Lage von Pin 1 und 32 am LED-Display und auf der Platine

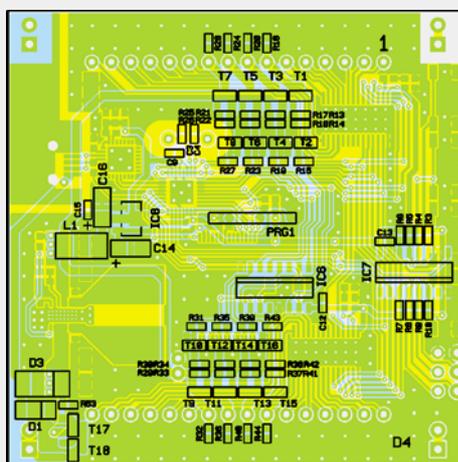
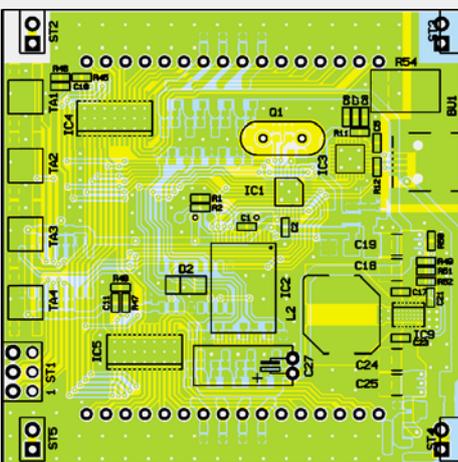
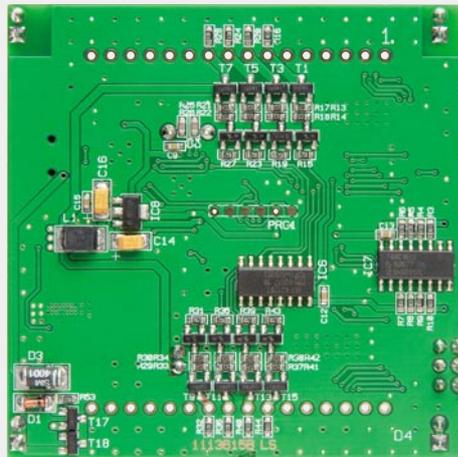
Nach ungefähr 1,2 ms Anzeigedauer sperren sowohl die Low-Side-Treiber als auch der gerade aktive P-Kanal-Transistor auf der High-Side und die nächste LED-Zeile kann angesteuert werden.

Der beschriebene Ablauf der Ansteuerung der einzelnen Zeilen wiederholt sich Zeile für Zeile, bis IC 6 einen Reset-Impuls erhält und der Durchlauf erneut beginnt.

Für das Abspielen von Animationen, die mit 25 Bildern je Sekunde erzeugt werden, erfolgt die Ansteuerung

des Displays vier Mal hintereinander mit den gleichen Informationen. So wird eine nahezu flimmerfreie Bildwiedergabe mit einer Bildwiederholfrequenz von 100 Hz erreicht.

Die Steuerung des Moduls erfolgt, wie bereits erwähnt, über die vier am Gerät vorhandenen Tasten TA 1 bis TA 4 sowie über die 4 externen Taster-Eingänge, die an den Pins 1 bis 4 gegen Masse (Pin 5 und Pin 6) von Stiftleiste ST 1 angeschlossen werden können. Die Auswertung der Tasten und der externen



Ansicht der bestückten Platine des RGB-LED-8x8-Matrix-Moduls (ohne LED-Display) mit zugehörigem Bestückungsplan, links die Unterseite, rechts die Oberseite der Platine

Eingänge erfolgt über das Schieberegister IC 7, hier werden die Daten parallel eingelesen und seriell an den Mikrocontroller weitergegeben.

Spannungsversorgung

Da die Schaltung entweder mit drei Batterien oder über die USB-Buchse versorgt werden kann, erfolgt mit den beiden MOSFETs T 17 und T 18 zunächst eine automatische Umschaltung der Eingangsspannung. Sind nur Batterien angeschlossen, liegen die Gate-Anschlüsse der Transistoren über R 53 auf Masse, dadurch sind beide Transistoren leitend und die Batteriespannung liegt an der Schaltung an. Wird an der USB-Buchse eine Spannung angelegt, fließt ein Strom durch die Diode D 1 und den Widerstand R 53. Über den Spannungsabfall an R 53 steigt die Gate-Spannung der beiden Transistoren an und sie sperren. Hierdurch wird sichergestellt, dass bei Versorgung über die Buchse BU 1 die Batterien nicht belastet und auf keinen Fall geladen werden.

Es ist beim Batteriebetrieb kein Aus-Schalter vorgesehen, da zum Ausschalten die Batterieplatine einfach abgezogen werden kann.

Bei der weiteren Aufbereitung der Versorgungsspannung gab es mehrere Vorgaben zu erfüllen, zum einen sollte die Schaltung mit den 5 V vom USB-Anschluss und zum anderen mit Batterien versorgt werden können. Die Batteriespannung kann dabei, je nach Zustand der Batterien, zwischen 3 V und 4,5 V liegen. Für die LEDs des Displays wird jedoch eine Spannung von mehr als 4 V benötigt, um die Flussspannung der

LEDs und die Spannungsabfälle der Ansteuerung zu überwinden.

Auf der anderen Seite darf die Betriebsspannung am Mikrocontroller nicht höher als 4,4 V sein, damit die Kommunikation zwischen den ICs noch mit normgerechten Spannungspegeln gewährleistet ist. Aus diesen Gründen kommt in der Schaltung der Buck-Boost-Converter TPS63020 (IC 9) zum Einsatz, der sowohl die Batteriespannung von 3 V bei verbrauchten Batterien heraufsetzen als auch die USB-Spannung von 5 V herabsetzen kann.

Mit dem Spannungsteiler, bestehend aus R 49, R 51 und R 52, wird eine Ausgangsspannung von 4,17 V eingestellt, so dass alle geforderten Kriterien erfüllt sind. Der Buck-Boost-Converter hat eine hohe Effizienz und vor allem ist er auch in der Lage, bei kleinen Eingangsspannungen noch einen Ausgangsstrom von über 1 A zu liefern.

Da der Datenspeicher IC 2 nur mit maximal 3,6 V betrieben werden darf, wird er über den 3,6-V-Spannungsregler IC 8 separat versorgt.

Nachbau

Hauptplatine

Wie bei ELV-Bausätzen üblich, sind alle SMD-Bauteile bereits vorbestückt. Es bleiben also nur der Quarz Q 1, der Elko C 27, die Stiftleisten ST 1 bis ST 5 sowie die Buchsenleisten für das LED-Display bzw. das LED-Display selbst.

Während der Quarz keine bestimmte Polung hat und lediglich direkt auf der Platine aufliegend angelötet

Widerstände:

220 Ω/SMD/0603	R46, R48
1 kΩ/SMD/0603	R12, R15, R19, R23, R27, R31, R35, R39, R43
1,5 kΩ/SMD/0603	R45, R47
4,7 kΩ/SMD/0603	R11, R13, R14, R17, R18, R21, R22, R25, R26, R29, R30, R33, R34, R37, R38, R41, R42
10 kΩ/SMD/0603	R1–R10, R16, R20, R24 R28, R32, R36, R40, R44, R53
120 kΩ/SMD/0603	R51
180 kΩ/SMD/0603	R52
1 MΩ/SMD/0603	R50
1,2 MΩ/SMD/0603	R49
Polyswitch, 15 V, 2,5 A, SMD, 2920	R54

Kondensatoren:

22 pF/SMD/0603	C3, C4
10 nF/SMD/0603	C6
100 nF/SMD/0603	C1, C2, C5, C7, C9–C13, C15, C21
1 µF/SMD/0603	C8
2,2 µF/SMD/0603	C17, C23
10 µF/6,3 V/Tantal/SMD	C14, C16
22 µF/SMD/1210	C18, C19, C24, C25
100 µF/10 V/105 °C	C27

Halbleiter:

ELV101012/SMD	IC1
AT45DB161D-TU/SMD	IC2
ELV101017/SMD	IC3
TLC5946PWP	IC4, IC5
CD4017/SMD	IC6
74HC165/SMD	IC7
HT7136/SMD	IC8
TPS63020DSJ/SMD/TI	IC9
IRLML6401/SMD	T1, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T18
BC848C	T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16
LL4148	D1, D2
SM4001/SMD	D3
Dot-Matrix-Display YSM-2388ARGBC	D4

Sonstiges:

Quarz, 14,745 MHz, HC49U4	Q1
SMD-Induktivität, 10 µH	L1
SMD-Induktivität, 1,5 µH	L2
USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelprint, liegend, SMD	BU1
Mini-Drucktaster, 1x ein	TA1–TA4
Stiftleiste, 2x 3-polig, gerade, print	ST1
Stiftleisten, 1x 2-polig, gerade, print	ST2–ST5
3 Batteriehalter für Mignonzellen	BAT1–BAT3
4 Buchsenleisten, 1x 2-polig, trennbar, print, gerade	
2 Buchsenleisten, 1x 16-polig, print, gerade	

werden muss, ist beim Elko und dem LED-Modul auf die korrekte Polung zu achten. Bei Elkos ist auf dem Bauteil der Minuspol mit einem Minuszeichen markiert, während auf der Platine der Pluspol mit einem Plus gekennzeichnet ist. Der Elko ist liegend zu montieren, weshalb erst die Anschlüsse abzuwinkeln sind und das Bauteil erst danach einzulöten ist.

Für die Montage des LED-Displays, von dem zunächst vorsichtig die Schutzfolie zu entfernen ist (Bild 2), liegen dem Bausatz zwei 16-polige Buchsenleisten bei. Diese erlauben das spätere Entfernen des Displays, falls z. B. Messungen an der Schaltung vorgenommen werden sollen.

Beim Bestücken der Buchsenleisten ist darauf zu achten, dass diese plan auf der Platine aufliegen und im rechten Winkel zu ihr stehen. Die Buchsenleisten werden von der Oberseite (Bild 3) durch die Bohrun-

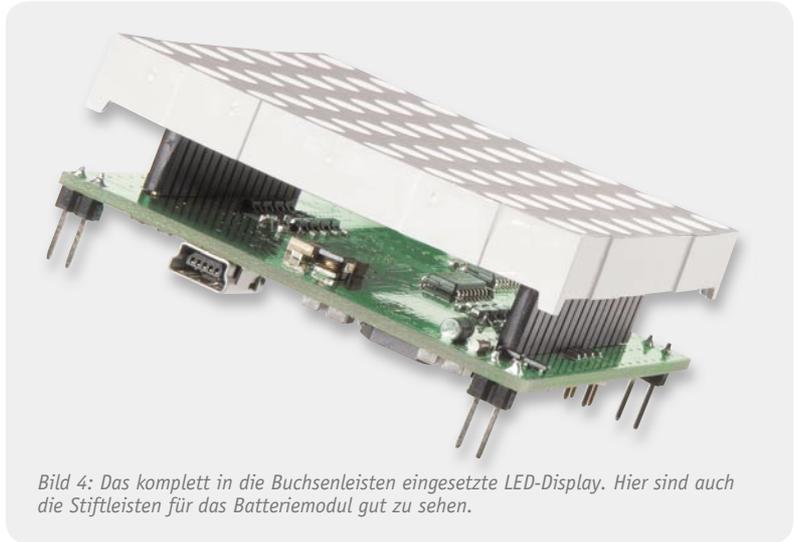


Bild 4: Das komplett in die Buchsenleisten eingesetzte LED-Display. Hier sind auch die Stiftleisten für das Batteriemodul gut zu sehen.

16-Kanal/12-Bit PWM-LED-Treiber TLC5946 von Texas Instruments

Die in dieser Schaltung verwendeten LED-Treiber TLC5946 von Texas Instruments bieten eine relativ einfache Möglichkeit, bis zu 16 LEDs mit jeweils maximal 40 mA anzusteuern.

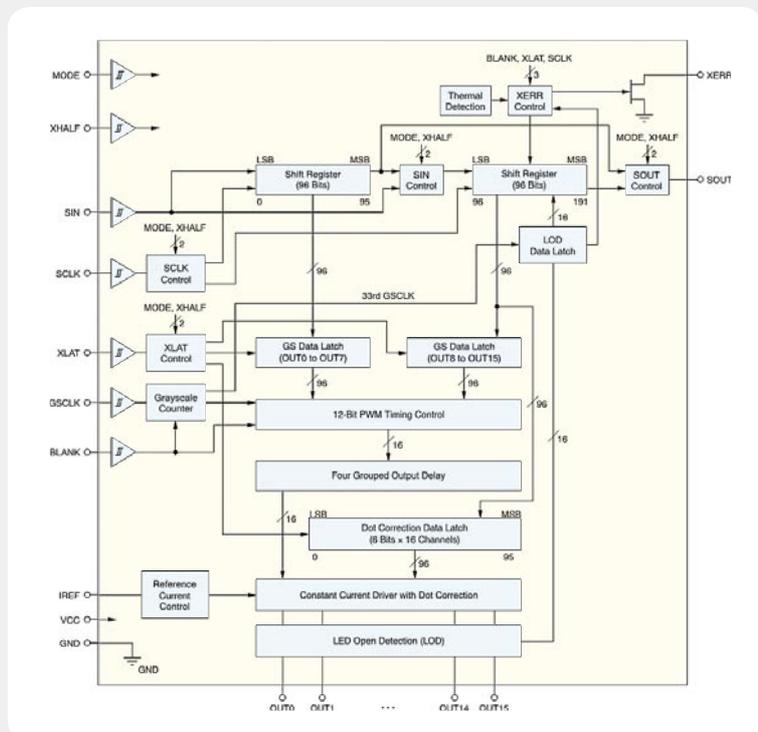
Mit einem Widerstand am IREF-Pin wird der maximal mögliche Strom pro Kanal eingestellt.

Die Helligkeitseinstellung der LEDs erfolgt über Pulsweitenmodulation (PWM). Diese lässt sich in 4096 Stufen (12 Bit) einstellen. Zusätzlich stellt der Treiber-Chip eine sogenannte Dot Correction (DC) zur Verfügung, mit ihr lassen sich Helligkeitsunterschiede zwischen den einzelnen angeschlossenen LEDs ausgleichen. In 64 Stufen lässt sich der über den Widerstand an IREF eingestellte Maximalstrom begrenzen. Somit kann für jeden einzelnen Kanal eine Helligkeitsanpassung vorgenommen werden.

Da in dem hier verwendeten Display zwischen den einzelnen LEDs einer Farbe keine großen Helligkeitsunterschiede vorhanden sind, wurde die Dot Correction für den Weißabgleich genutzt. Das heißt, alle acht Kanäle mit den LEDs einer Farbe werden mit dem gleichen DC-Wert beschrieben. Hiermit können dann die Helligkeitsunterschiede zwischen den Farben dem persönlichen Empfinden von Weiß angepasst werden.

Die Ansteuerung des Treibers ist sehr einfach, über die Anschlüsse SLK und SIN werden der Takt und die Daten für die serielle Übertragung der Daten angeschlossen.

Mit dem Mode-Pin wird eingestellt, ob über den seriellen Eingang Werte für die Helligkeit oder für die Dot Correction übertragen werden. Bei der Dot Correction werden 24 6-Bit-Werte, bei der Helligkeitseinstellung werden 24 12-Bit-Werte nacheinander übertragen.



Mit dem Blank-Eingang können die Ausgangskanäle alle gemeinsam aktiviert und deaktiviert werden.

Mit einem Impuls am XLAT-Pin werden die seriell geschriebenen Werte an die Ausgänge übernommen.

Über den SOUT-Pin sind die Treiberbausteine, wie auch in unserer Schaltung zu sehen ist, kaskadierbar.

Der XERR-Pin ist ein Ausgang, der signalisiert, ob im Treiberbaustein ein Fehler vorliegt, z. B. thermische Überlastung oder Ausfall einer LED. Nähere Informationen zum festgestellten Fehler erhält man, wenn man die Daten am SOUT-Pin während der ersten 17 Taktzyklen auswertet. Am Pin GSCLK muss noch ein Taktsignal angelegt werden, mit dem das PWM-Signal für die Ansteuerung der LEDs erzeugt wird.

Mit dem XHALF-Pin kann noch ein zweiter, erweiterter serieller Datenmodus aktiviert werden, bei dem die Helligkeitsregister in zwei Gruppen angesprochen werden können.

gen in der Platine gesteckt und von der anderen Seite angelötet.

Nun werden die Stiftleisten ST 1 bis ST 5 bestückt. Diese werden von der Unterseite (siehe Platinenfoto) durch die Platine gesteckt und von der anderen Seite angelötet. Dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass sie senkrecht zur Platine angebracht werden.

Als Letztes wird das Display eingesetzt, hierbei ist auf die richtige Polung zu achten, am Display sind Pin 1 und Pin 32 beschriftet (siehe Bild 3). Falls am Display die Beschriftung durch die Vergussmasse nicht lesbar ist, kann man sich an der Anordnung der Leiterbahnen orientieren. Auf der Platine ist eine Beschriftung für Pin 1 zu finden.

Beim Einsetzen müssen alle Pins gleichmäßig in die Buchsenleisten geführt werden, ohne einzelne Pins zu verbiegen oder neben die Buchse zu führen. Bild 4 zeigt das komplett in die Buchsenleiste eingesteckte LED-Display.

Batterieplatine

Zur Verbindung der Batterieplatine mit der Hauptplatine liegen dem Bausatz vier zweipolige Buchsenleisten bei. Diese werden gemäß Bestückungsdruck durch die Platine gesteckt und von der anderen Seite angelötet. Hierbei ist wieder zu beachten, dass die Buchsenleisten senkrecht zur Platine angebracht werden, damit sie auch genau auf die Stiftleisten der Hauptplatine passen.

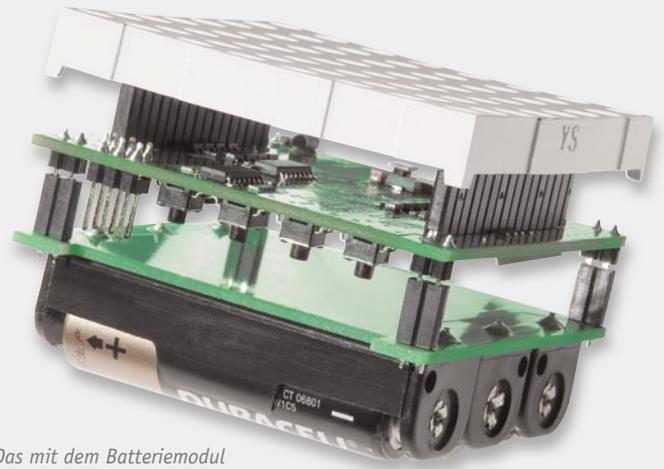
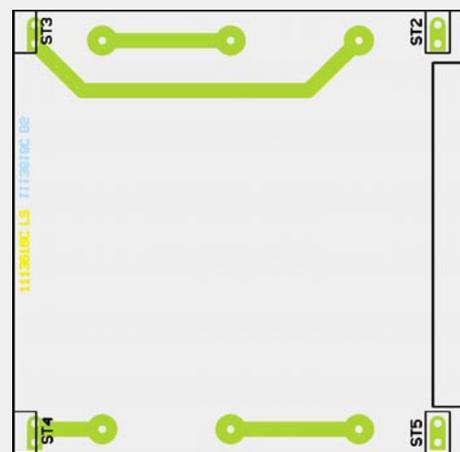
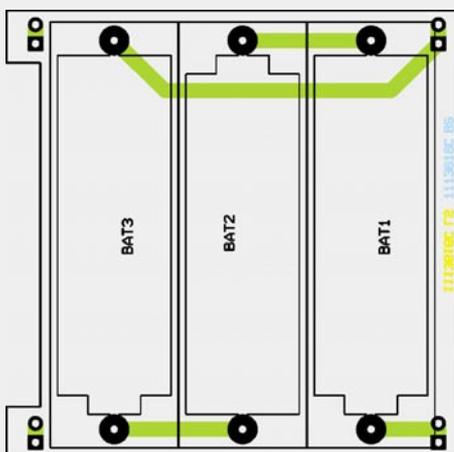
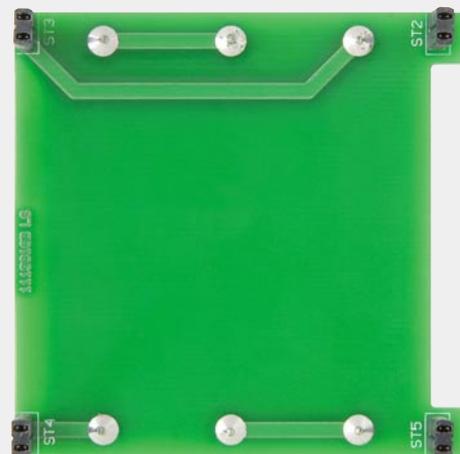
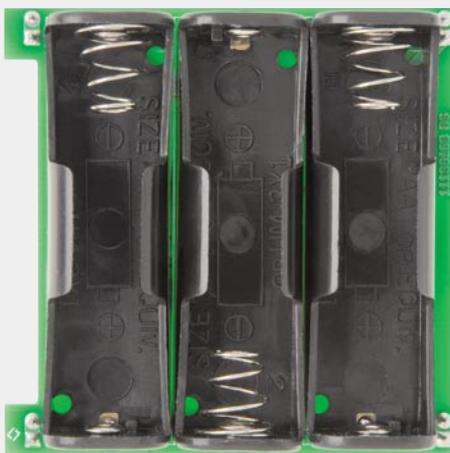


Bild 5: Das mit dem Batteriemodul komplettierte 8x8-Matrix-Modul

Durch den Einsatz der Buchsenleisten bleibt das Modul flexibel einsetzbar, man kann es mit der Batterieplatine benutzen (Bild 5) oder auf eine individuelle Trägerplatine aufstecken.

Als Letztes werden die drei Batteriehalter unter Beachtung der Polarität an den entsprechenden Positionen angelötet, die Halter sollten dabei möglichst flach auf der Platine aufliegen. **ELV**



Ansicht der bestückten Platine des Batterie-Moduls mit zugehörigem Bestückungsplan