

Spannungsmulti

Powermodul MEXB-PM für Modulares Experimentierboard

Im ELVjournal 1/2022 haben wir mit der Grundplatte MEXB-GP für unser Modulares-Experimentierboard-System und Modulträgern für Mikrocontroller die ersten Elemente für diese neue Art des Schaltungsaufbaus vorgestellt. In dieser Ausgabe folgt nun mit einem Powermodul der erste Bausatz, der das System um die Funktionalität zur Generierung stabiler Ausgangsspannungen ergänzt. Das Modul kann mittels Magnetfolie für das MEXB-System, aber auch stand alone verwendet werden.

MEXB-PM
Artikel-Nr.
157276
Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com

Infos zum Bausatz MEXB-PM



Schwierigkeitsgrad:
mittel



Ungefähre Bauzeit:
1h



Besondere Werkzeuge:
LötKolben



Löterfahrung:
ja



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Funktion

Das Powermodul MEXB-PM für das Modulare-Experimentierboard-System ist von der Funktion her eine Schaltung mit mehreren Spannungsreglern und diversen Spannungseingängen zur Erzeugung von stabilen Ausgangsspannungen.

In Verbindung mit der Grundplatte MEXB-GP (Bild 1, [1]) die wir im ELVjournal 1/2022 vorgestellt haben, kann das Modul als Element zur Spannungsversorgung in den Schaltungsaufbau integriert werden. Durch die Gestaltung mit einem Modulträger kann die Spannungsversorgung aber auch stand alone genutzt werden (siehe Anwendungsbeispiele am Ende des Beitrags).

Durch zahlreiche Spannungseingänge mit unterschiedlichen Anschlussvarianten ergeben sich viele Anwendungsmöglichkeiten. In Bild 2 sind alle Anschlussmöglichkeiten in Bezug auf die Eingänge dargestellt.

Welche Ausgangsspannung bei welcher Eingangsspannung zur Verfügung steht, ist in Tabelle 1 zu sehen.

Eingang	Eingangsspannung	Ausgang		Anmerkung	
USB-C USB-Micro	$U_{in} = 5\text{ V}$	3-24 V	X		
		3,3 V	OK		
		5 V / USB	OK		
3-24 V (X4, J7, J8, J9)	$U_{in} < 3,8\text{ V}$	3-24 V	OK	$U_{Out} \sim U_{In}$	
		3,3 V	X		
		5 V / USB	X		
	$3,8\text{ V} < U_{in} < 6\text{ V}$	3-24 V	OK	$U_{Out} \sim U_{In}$	
		3,3 V	OK		
		5 V / USB	X		
	$6\text{ V} < U_{in} < 24\text{ V}$	$6\text{ V} < U_{in} < 24\text{ V}$	3-24 V	OK	$U_{Out} \sim U_{In}$
			3,3 V	OK	
			5 V / USB	OK	

Tabelle 1: Verfügbare Ausgangsspannungen in Abhängigkeit von der Eingangsspannung



Bild 1: Die Grundplatte MEXB-GP für das MEXB-System

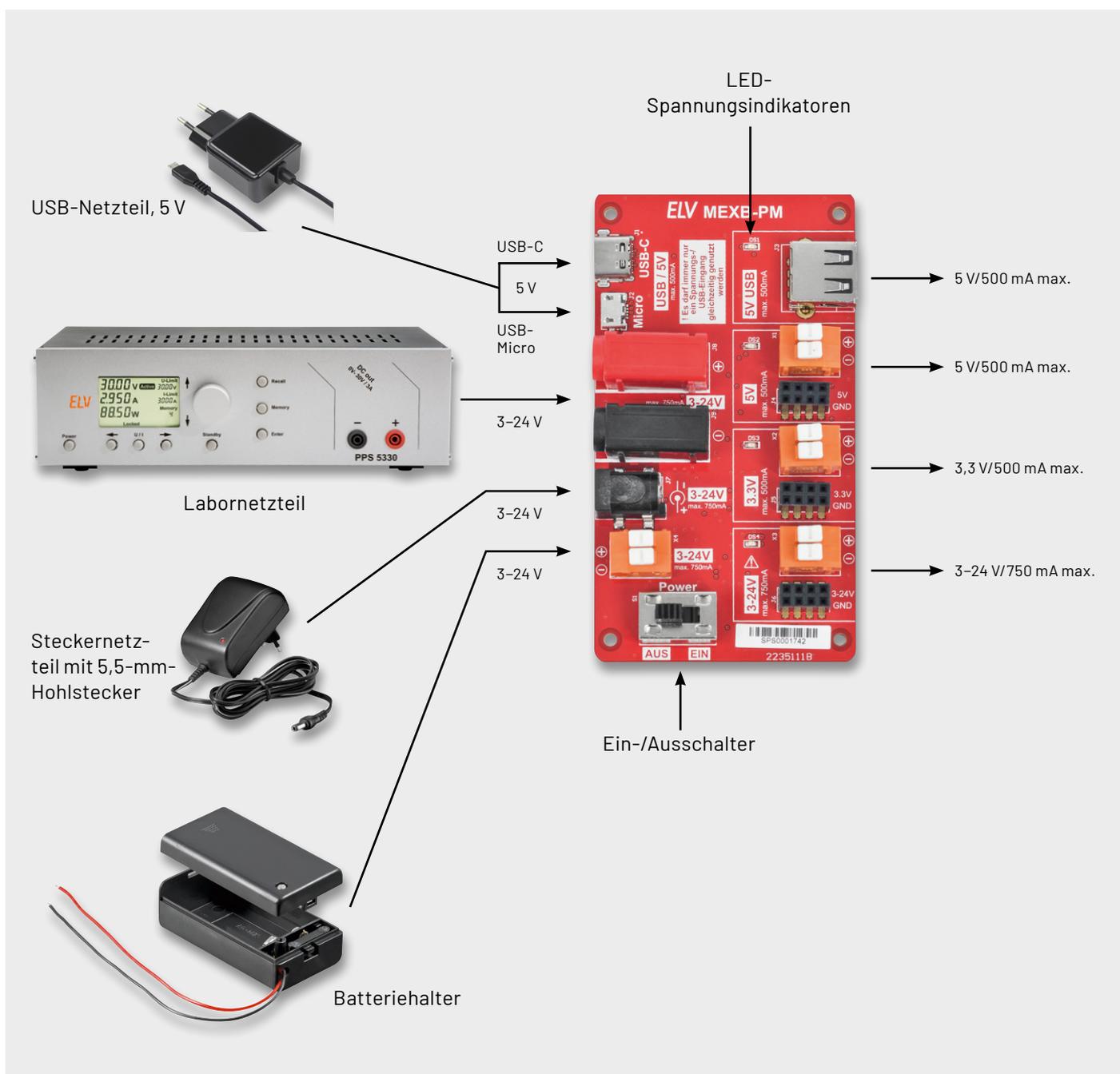


Bild 2: Anschlussmöglichkeiten und Spannungsausgänge auf einen Blick

Schaltung

Das Schaltbild für das MEXB-PM ist in **Bild 3** dargestellt. Die Schaltung wirkt durch die vielen Bauteile auf den ersten Blick etwas unübersichtlich. Deshalb ist in **Bild 4** zusätzlich ein Blockschaltbild zu sehen, das die Funktion unserer Schaltung verdeutlicht.

Die beiden USB-Buchsen J1 und J2 dienen zur reinen 5-V-Spannungsversorgung. Rein theoretisch könnte man diese beiden Eingänge mit einfachen Dioden entkoppeln, sodass keine gegenseitige Beeinflussung stattfindet. Dies hätte aber einen Spannungsabfall von ca. 0,3 V über den Dioden zur Folge.

Aus diesem Grund setzen wir „elektronische Dioden“, realisiert mit P-Channel-MOSFETs, ein. Diese Transistorpaare bilden jeweils einen elektronischen Schalter.

Schauen wir uns die Funktionsweise am Beispiel Q1/Q2 an. Diese beiden MOSFETs bilden in Reihe geschaltet einen Schalter für analoge Spannungen. Beide Gate-Anschlüsse sind miteinander verbunden und liegen über R6 an Masse. In diesem Zustand sind beide MOSFETs leitend und bedingt durch den niedrigen Einschaltwiderstand der MOSFETs (ca. 40 m Ω) fällt über diesen „Schalter“ nur wenig Spannung ab. Beim zulässigen Nennstrom sind dies gerade mal 40 mV. Die Schaltung für den zweiten USB-Anschluss (Micro-USB) über die Buchse J2 ist identisch aufgebaut. Hier bilden die MOSFETs Q3 und Q4 den Schalter.

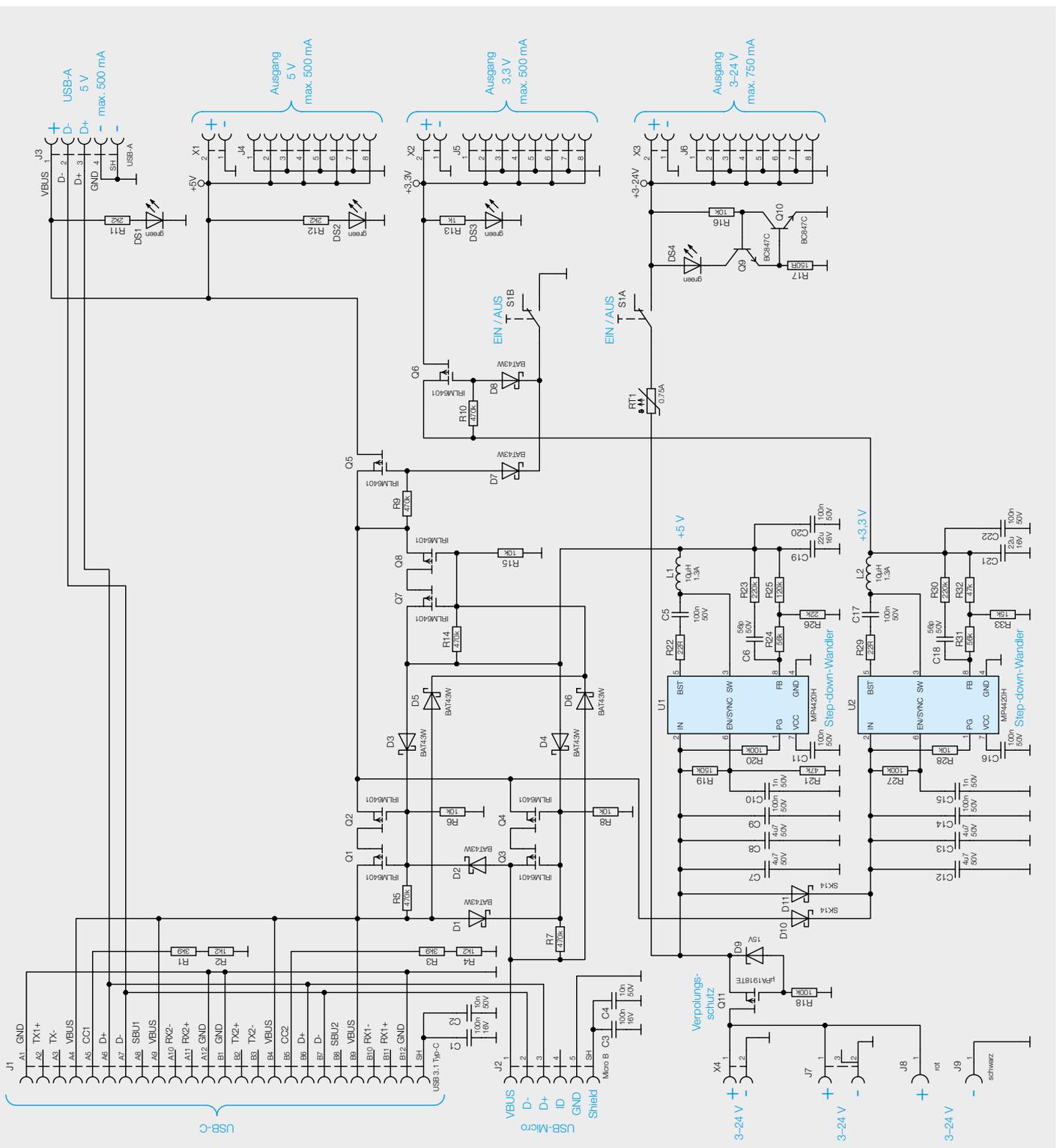


Bild 3: Schaltbild des MEXB-PM

Um den Fall abzusichern, dass beide USB-Anschlüsse Spannung führen, gibt es eine gegenseitige Verriegelung. Die geschieht mit den Dioden D1 und D2. Wie schon beschrieben sind die MOSFET-Schalter leitend, wenn das Gate an Masse liegt. Gibt man allerdings eine Spannung ($> 3\text{ V}$) auf das Gate, sperrt der MOSFET. Liegt z. B. an J1 eine Spannung an (5 V), gelangt über D1 diese Spannung auch auf die Gates der MOSFET-Schalter (Q3/Q4), wodurch diese Transistoren sperren. Im umgekehrten Fall wird über D2 der Schalter Q1/Q2 gesperrt, wenn J2 mit Spannung beaufschlagt wird.

Hinweis: Wenn beide USB-Eingänge gleichzeitig Spannung führen, wird keiner der beiden MOSFET-Schalter leitend und es erfolgt keine Spannungsversorgung.

Die zahlreichen anderen Dioden (D3–D7) dienen ebenfalls zur Verriegelung, allerdings im Zusammenhang mit den anderen Spannungseingängen, wie wir gleich sehen werden. Die Ausgänge der beiden beschriebenen MOSFET-Schalter führen zusammen auf den Transistor Q5, der als Schalter für die Ausgangsspannung fungiert. Vom Steuerungseingang von Q5 führt eine Diode (D7) zum mechanischen Schalter S1-B. Wenn dieser Schalter (Power Ein-Aus) auf Masse geschaltet wird, schaltet Q5 durch und die 5-V -Spannung gelangt zu den Ausgängen

J3 (USB-A) und X1/J4 (Klemme/Buchsenleiste). Die Leuchtdioden DS1 und DS2 dienen zur optischen Kontrolle, ob die 5-V -Spannung anliegt.

Schauen wir uns nun den Spannungsweg für die Eingangsspannungen im Bereich von $3\text{--}24\text{ V}$ an. Hierfür stehen die drei Eingänge X4 (Klemme), J7 (DC-Buchse) und J8/J9 (Bananenbuchse) zur Verfügung. Da diese Eingänge alle parallel geschaltet sind, darf immer nur einer dieser Eingänge mit Spannung beaufschlagt werden.

Der nachfolgende Transistor Q11 dient als Verpolungsschutz und schützt die Elektronik und somit auch die angeschlossene Experimentierschaltung vor dem versehentlichen Verpolen der Eingangsspannung. Von Q11 ausgehend nimmt die Eingangsspannung unterschiedliche Wege. Der direkte Weg führt über den PTC (RT1) zum Schalter S1-A und anschließend zu der Ausgangsklemme X3 und der Buchsenleiste J6. Der PTC erfüllt die Aufgabe einer reversiblen Sicherung im Überlastfall.

Der Schalter S1 ist für das Ein- und Ausschalten der Spannungsversorgung zuständig. Dieser me-

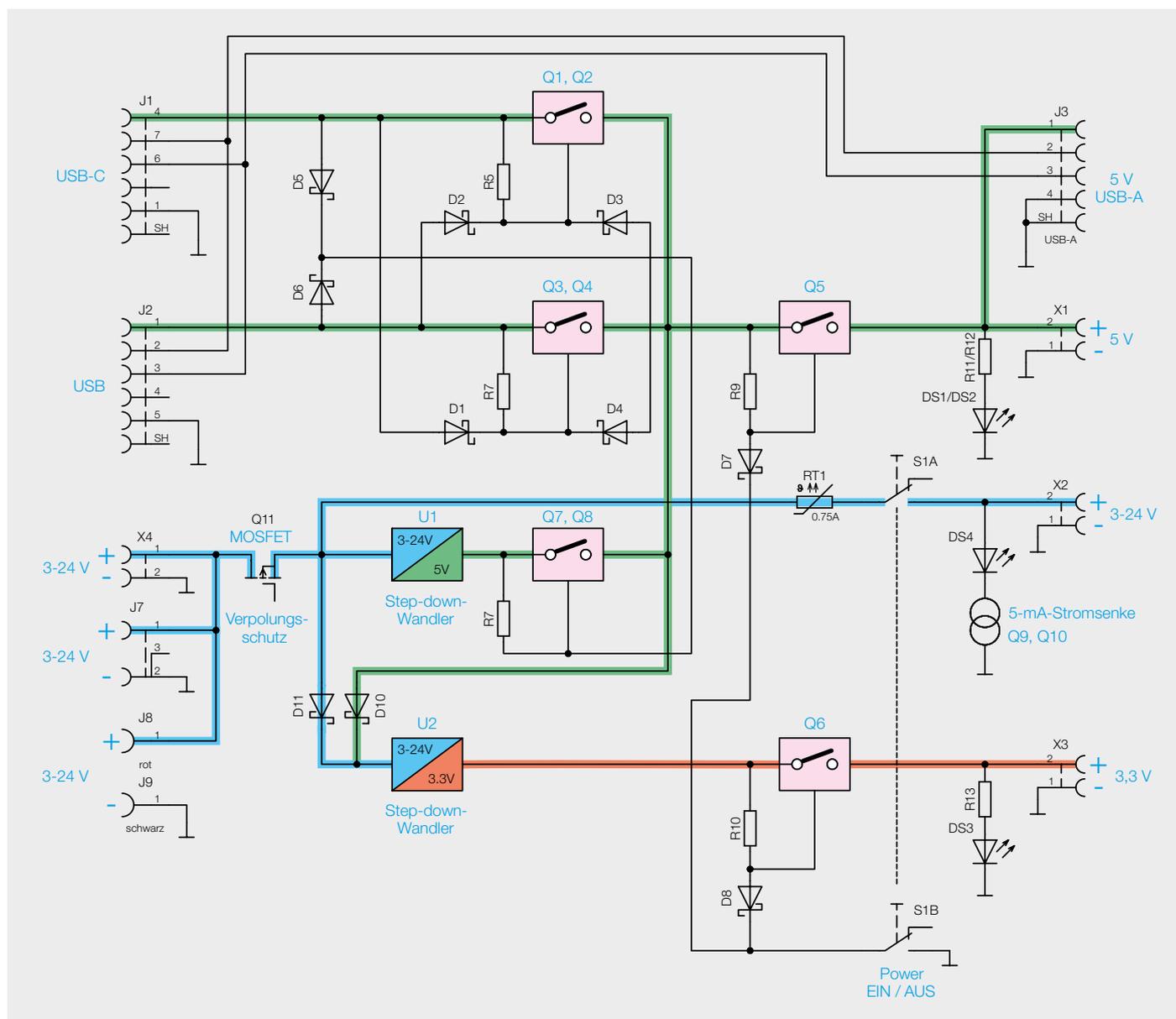


Bild 4: Blockschaltbild des MEXB-PM

chanische Schalter S1 beinhaltet zwei getrennte Schalter (S1-A und S1-B). Wie wir gesehen haben, ist der erste Schalter S1-B zum Schalten von Q5 zuständig. Mit S1-A wird nun rein mechanisch der Spannungsweg für die Spannung 3–24 V geschaltet. Lediglich am Transistor Q11 fallen ein paar Millivolt ab, aber ansonsten wird die Eingangsspannung direkt auf die Ausgangsklemmen geleitet. Dies ist z. B. sehr vorteilhaft, wenn als Versorgung eine Batterie verwendet wird. So gelangt die Batteriespannung ohne nennenswerte Beeinflussung auf den Spannungsausgang. Trotzdem kann diese Spannung abgeschaltet werden und es besteht ein Verpolungsschutz.

Zur optischen Kontrolle für das Vorhandensein dieser Spannung dient die LED DS4. Da die Spannung an diesem Ausgang zwischen 3 V und 24 V liegen kann, ist die Berechnung für einen Vorwiderstand kritisch. Je nach Spannung wäre die LED unterschiedlich hell. Damit die Helligkeit über den gesamten Spannungsbereich konstant bleibt, kommt hier eine Stromsenke zu Einsatz, die für einen konstanten LED-Strom sorgt. Der LED-Strom wird mit den beiden Transistoren Q9 und Q10 konstant gehalten. Da über R17 immer eine konstante Spannung von 0,7 V anliegt (Basis-Emitter-Strecke von Q10), fließt infolgedessen auch ein konstanter Strom durch R17 und somit auch durch den Transistor Q9 und die LED DS4. Der LED-Strom wird durch den Widerstandswert von R17 bestimmt. In unserem Fall ergibt sich folgender Strom:

$$\frac{U_{R17}}{R17} = \frac{0,7 \text{ V}}{150 \Omega} = 4,6 \text{ mA}$$

Der zweite Spannungsweg, von Q11 ausgehend, führt zu den beiden Spannungswandlern U1 und U2. Diese beiden Schaltregler vom Typ MP4420H zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad im Vergleich zu herkömmlichen Linearreglern aus. Auf die detaillierte Funktionsweise wollen wir hier nicht weiter eingehen.

Der Schaltregler U1 generiert eine stabile Spannung von 5 V, vorausgesetzt die Eingangsspannung ist größer als 6 V. Der zweite Schaltregler U2 ist über die Diode D11 mit der Eingangsspannung, kommend von Q11, verbunden. Die Diode D11 dient zur Entkopplung, da über D10 auch alternativ die 5-V-Spannung von den USB-Buchsen als Eingangsspannung verwendet wird. D10 und D11 bilden somit eine ODER-Funktion.

Der Schaltregler U2 ist auf eine Ausgangsspannung von 3,3 V konfiguriert. Auch hier muss die Eingangsspannung um ca. 1 V höher als die Ausgangsspannung sein, damit der Schaltregler arbeiten kann. Die 3,3-V-Spannung gelangt über den „Schalter“ Q6 auf die Ausgangsklemme X2 und J5. Das Gate von Q6 ist über Diode D8 mit dem Schalter S1-B verbunden, wird also auch wie die andere Ausgangsspannung geschaltet. Auch am 3,3-V-Ausgang gibt es eine optische Kontrolle mittels der LED DS3. Somit sind alle Spannungsausgänge mit optischen Indikatoren (LEDs) ausgestattet, sodass man auf einen Blick erkennt, welche Ausgangsspannungen zur Verfügung stehen.

Der Spannungsausgang vom 5-V-Schaltregler U1 führt auf den „Schalter“ Q7/Q8, welcher folgende Funktion erfüllt. Für die Generierung von 5 V am Ausgang gibt es drei unterschiedliche Quellen. Zum einen sind es die beiden USB-Eingänge, die ja schon eine stabile Spannung von 5 V bereitstellen. Als weitere Option kann der Spannungseingang 3–24 V verwendet werden, falls die Spannung größer als 6 V ist.

Wie man im Blockschaltbild (Bild 4) erkennt, führen diese Spannungsquellen zum MOSFET-Schalter Q5. Damit aber immer nur eine Spannungsquelle aktiv sein kann, verriegeln sich die Eingänge gegenseitig. Wird z. B. eine Spannung an den USB-Eingängen angelegt, gelangt entweder über D5 oder D6 eine Spannung auf die Gates des Schalters Q7/Q8, der sich am Ausgang des Schaltreglers U1 befindet und diesen dann sperrt. Im umgekehrten Fall, wenn eine Spannung an einem der drei Spannungseingänge (3–24 V) angelegt wird, die größer als 6 V ist, werden über die Dioden D3 und D4 die USB-Eingänge gesperrt. Aus diesem Grund kann immer nur eine Spannungsquelle verwendet werden.

Nachbau

In Bild 5 sind alle im Bausatz enthaltenen Bauteile aufgezeigt. Wie man erkennt, ist nur eine geringe Anzahl an bedrahteten mechanischen Bauteilen zu bestücken. Der Nachbau sollte somit auch Elektronikernsteigern gelingen. Die sehr kleinen SMD-Bauteile sind auf der Platine schon vorbestückt (siehe Platinenfoto Bild 6), da diese für manuelles Verlöten, speziell für Anfänger, nicht geeignet sind.



Bild 5: Alle im Lieferumfang enthaltenen Bauteile

Widerstände:

22 Ω/SMD/0402	R22, R29
150 Ω/SMD/0402	R17
1 kΩ/SMD/0402	R13
1,2 kΩ/SMD/0402	R2, R4
2,2 kΩ/SMD/0402	R11, R12
3,9 kΩ/SMD/0402	R1, R3
10 kΩ/SMD/0402	R6, R8, R15, R16, R28
15 kΩ/SMD/0402	R33
22 kΩ/SMD/0402	R26
47 kΩ/SMD/0402	R21, R32
56 kΩ/SMD/0402	R24, R31
100 kΩ/SMD/0402	R18, R20, R27
120 kΩ/SMD/0402	R25
150 kΩ/SMD/0402	R19
220 kΩ/SMD/0402	R23, R30
470 kΩ/SMD/0402	R5, R7, R9, R10, R14
PTC/0,75 A/33 V/SMD	RT1

Kondensatoren:

56 pF/50 V/SMD/0402	C6, C18
1 nF/50 V/SMD/0402	C10, C15
10 nF/50 V/SMD/0402	C2, C4
100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C3
100 nF/50 V/SMD/0603	C5, C9, C11, C14, C16, C17, C20, C22
4,7 μF/50 V/SMD/0805	C7, C8, C12, C13
22 μF/16 V/SMD/1206	C19, C21

Halbleiter:

MP4420H/SMD	U1, U2
IRLML6401/SMD	Q1-Q8
BC847C/SMD	Q9, Q10
uPA1918TE/SMD	Q11
BAT43W/SMD	D1-D8
MMSZ5245B/15 V/0,5 W/SMD	D9
SK14/SMD	D10, D11
LED/green/SMD/0603	DS1-DS4

Sonstiges:

Speicherdrosseln, SMD, 10 μH / 1,3 A	L1, L2
Schiebeschalter, 2x um	S1
Federkraftklemmen, 2-polig, THT, 90°, orange	X1-X4
USB-Buchse, Typ C, SMD	J1
USB-Buchse, Micro B, SMD	J2
USB-Buchse, Typ A, liegend, THT	J3
Buchsenleisten, 2x 4-polig, gerade	J4-J6
Hohlsteckerbuchse für 5,5-/2,1-mm-Stecker, SMD	J7
Print-Bananenbuchse, 4 mm, rot	J8
Print-Bananenbuchse, 4 mm, schwarz	J9
Distanzrollen, M2,5 x 5 mm	
Senkkopfschrauben, M2,5 x 12 mm	
Muttern, M2,5	
Trägerplatte, 101,6 x 55,2 x 3 mm, PMMA, schwarz	
Magnetfolie, 1,5 mm, selbstklebend, bearbeitet	

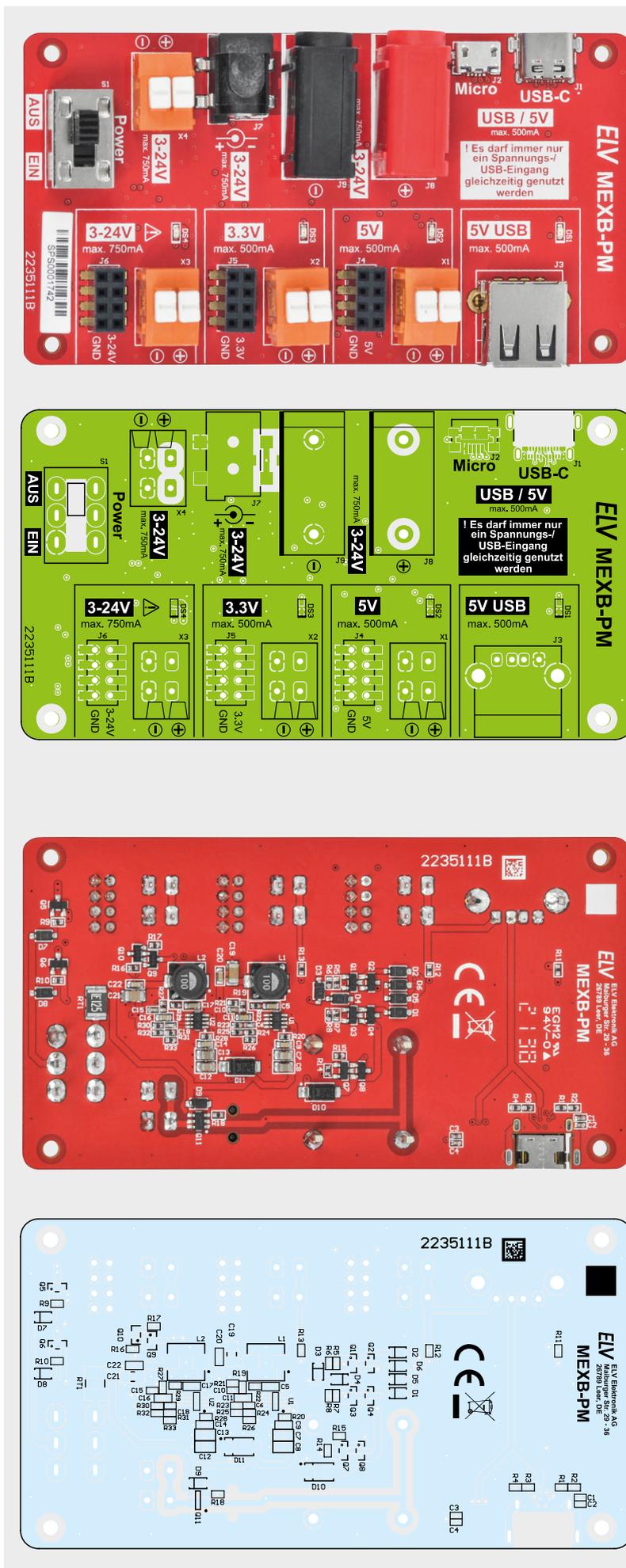


Bild 6: Platinenfotos und Bestückungsdrucke des MEXB-PM



Bild 7: Mechanischer Aufbau (Seitenansicht)

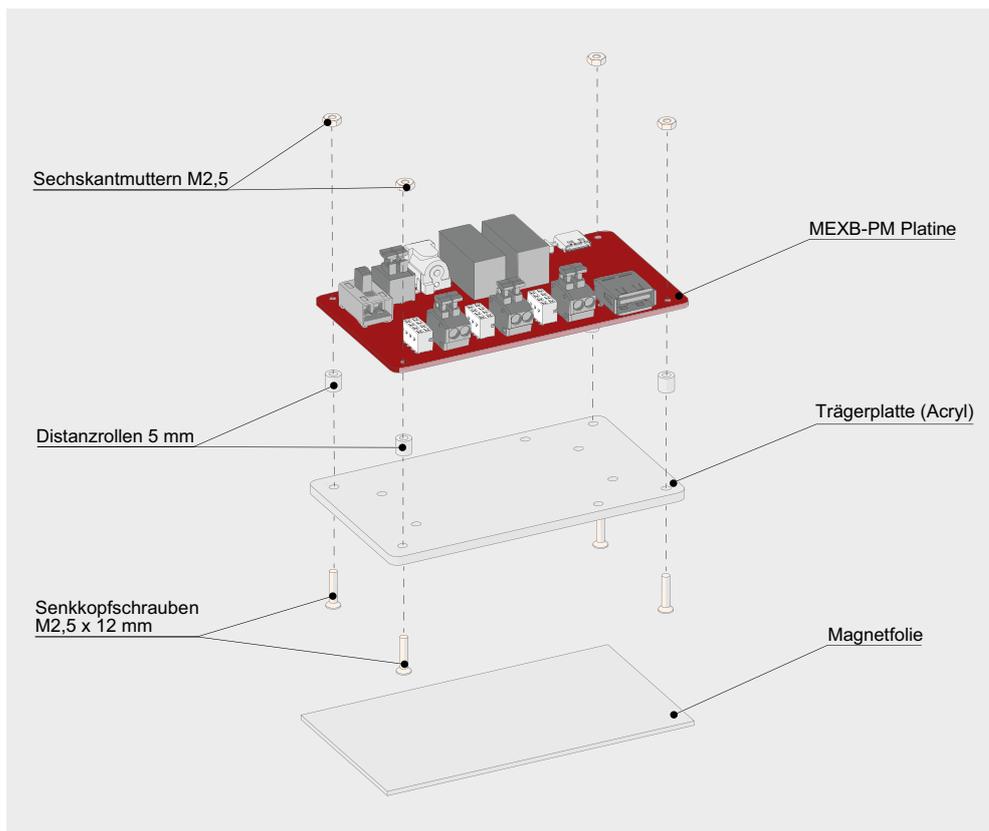


Bild 8: Explosionszeichnung für die Montage auf der Trägerplatte



Bild 9: Die Oberfläche der Acrylplatte muss mit Schleifpapier aufgeraut werden.

Wir beginnen mit dem Einsetzen der drei Buchsenleisten J4, J5 und J6. Dabei sind folgende Punkte zu beachten: Die Bauteile werden von oben in die Platine eingesetzt und sollten plan und gerade auf der Platine aufliegen. Anschließend werden die Anschlussdrähte auf der Unterseite verlötet.

Nun folgt das Einsetzen der vier Klemmen X1 bis X4. Hier ist darauf zu achten, dass die Anschlussöffnungen in Richtung Außenseite der Platine zeigen. Anschließend werden der Schalter S1, die USB-Buchse und die beiden Bananenbuchsen bestückt und verlötet. Die rote Bananenbuchse sollte für den Plus-Anschluss (+) und die schwarze Buchse für den Minus-Anschluss (-) verwendet werden. Die Bananenbuchsen haben etwas längere Anschlussdrähte, die aber nicht unbedingt abgeschnitten werden müssen, da die Platine ja auf einer Trägerplatte montiert wird.

Möchte man die überstehenden Anschlussdrähte dennoch abschneiden, dann sollte ein großer Sei-

tenschneider verwendet werden, da die Anschlussdrähte relativ dick sind. Einen kleinen Elektronikseitenschneider würde man damit beschädigen.

Nachdem alle Bauteile bestückt und verlötet sind, kann die Montage der Platine auf der Trägerplatte erfolgen. Die Befestigung erfolgt mit vier Senkkopfschrauben M2,5 x 12 mm und 5-mm-Distanzrollen. Es ist darauf zu achten, dass die Schrauben von der richtigen Seite eingesetzt werden, denn nur auf einer Seite befinden sich Senkungen für die Schrauben. In Bild 7 und Bild 8 ist detailliert dargestellt, wie die Montage erfolgt.

Die Magnetfolie ist nur dann erforderlich, wenn das Powermodul in Verbindung mit dem MEXB-System verwendet werden soll. Die Grundplatte des MEXB besteht aus einer Stahlplatte, sodass Komponenten mit magnetischen Eigenschaften, wie in unserem Fall das Powermodul, auf der Grundplatte fixiert werden können. Vor dem Aufkleben der Magnetfolie muss die Oberfläche von der Unterseite der Trägerplatte aufgeraut werden, denn die Acryloberfläche ist extrem glatt und bietet dem Kleber keine guten Hafteigenschaften. Bild 9 zeigt, wie man einfach mit sehr feinem Schleifpapier (Körnung > 240) die Oberfläche aufraut.

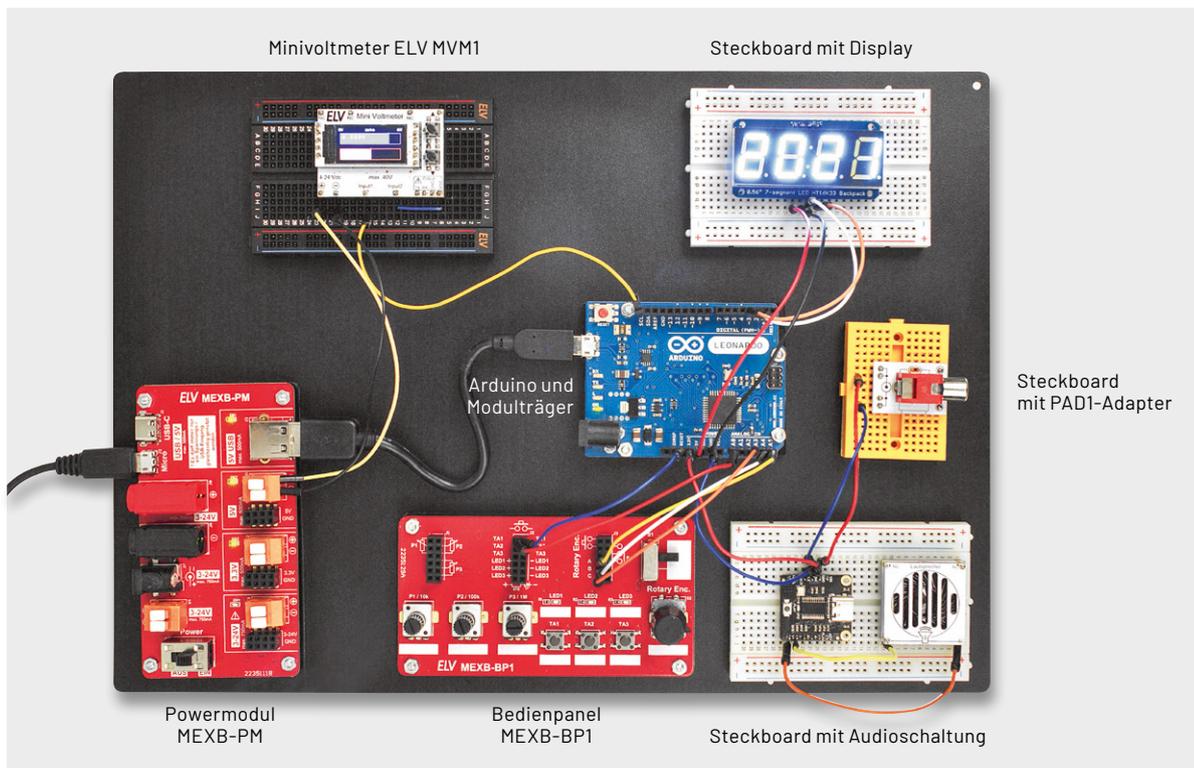


Bild 10: Anwendungsbeispiel mit einem Arduino als Mittelpunkt und weiteren Komponenten für das MEXB-System

Anschließend kann die Schutzfolie abgezogen und die Magnetfolie aufgeklebt werden. Die Magnetfolie ist mit Absicht etwas größer als die Trägerplatte gewählt, damit man etwas Spielraum für das Aufbringen der Folie hat. Überstehende Folie kann mit einem scharfen Messer (Cutter) entlang der Trägerplatte abgeschnitten werden. Vorsicht, Verletzungsgefahr!

Bild 10 zeigt das Powermodul MEXB-PM auf der MEXB-Grundplatte mit weiteren Komponenten, Bild 11 zeigt es als Standalone-Lösung in Verbindung mit einem Schaltungsaufbau auf einem Breadboard. **ELV**

i Weitere Infos

[1] Modulares Experimentierboard: Artikel-Nr. 156958

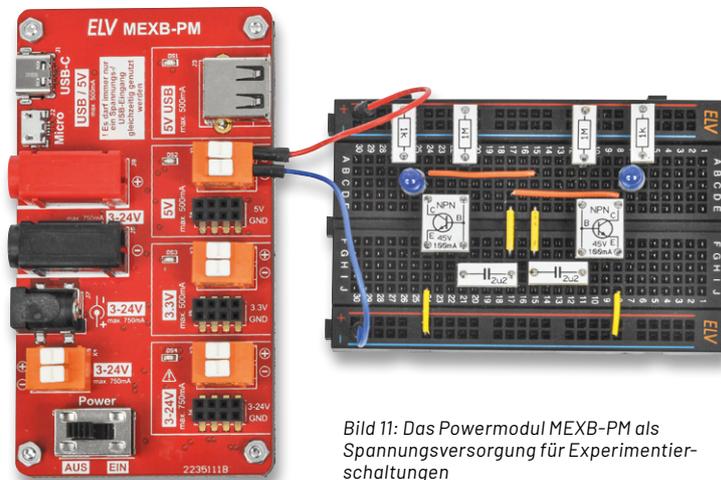


Bild 11: Das Powermodul MEXB-PM als Spannungsversorgung für Experimentierschaltungen

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	MEXB-PM
Spannungsversorgung/max. Eingangsströme:	
USB-C/USB-Micro:	5 V/500 mA max.
Bananenbuchse, DC-Klemme, Hohlsteckerbuchse:	3-24 V/750 mA max.
Ausgangsspannungen/max. Ausgangsströme:	
	3,3 V/500 mA max.
	5 V/USB/500 mA max.
	3-24 V/750 mA max.
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Sonstiges:	Kurzschlussfest, Überlastsicherung, USB-Funktionalität der USB-A-Ausgangsbuchse (Datenleitungen werden durchgeschleift)
Leitungslängen Ein- und Ausgangsbuchsen:	3 m max.
Abmessungen:	102 x 55 x 26 mm
Gewicht:	80 g