

Universal-Schaltnetzteil-

Modul SPS05/SPS12

Die Schaltnetzteil-Module SPS05 M und SPS12 M liefern stabilisierte Ausgangsspannungen von 5 V und 12 V bei äußerst geringem Eigenverbrauch (<0,2 W) und bei ausgezeichneter Effizienz unter Lastbedingungen. Die Module sind für die Leiterplattenmontage in eigene Applikationen vorgesehen und werden wie herkömmliche vergossene Netztrafos auf die Platine montiert. Im Gegensatz zu Netztrafos stehen ausgangsseitig direkt stabilisierte Gleichspannungen zur Verfügung.

Allgemeines

Primär getaktete Schaltnetzteile sind herkömmlichen Trafonetzteilen technisch weit überlegen, jedoch ist die Realisierung für den Hobbyanwender ein recht schwieriges Unterfangen. Hohe Anforderungen hinsichtlich der Gerätesicherheit und EMV-Störungen sind ohne entsprechendes Messequipment kaum in den Griff zu bekommen und der Schaltungsaufbau setzt entsprechende Erfahrung voraus. Hinzu kommt, dass meistens Spezial-Bauteile benötigt werden, die nicht direkt am Markt erhältlich sind. Für eigene Schaltungen und Anwendungen ist es daher sehr vorteilhaft, wenn man auf fertige Module zurückgreifen kann.

Unsere kleinen Schaltnetzteile sind vollkommen gekapselt und von der mechanischen Ausführung her mit vergossenen Print-Trafos zu vergleichen. Die Module sind in einer 5-V- und in einer 12-V-Ausführung lieferbar, wobei die 5-V-Variante 1 A und die 12-V-Variante 0,5 A Ausgangsstrom liefern kann. Da die Module intern abgesichert sind, muss primärseitig nur noch die Netzspannung zugeführt werden. Eine interne Strombegrenzung sorgt dafür, dass die jeweilige Ausgangsspannung kurzschlussfest ist.

Die Module basieren von der grundsätzlichen Schaltungsrealisierung auf bewährten ELV-Schaltungen wie dem SPS05 UP, wobei jedoch hinsichtlich des Eigenverbrauchs (Stand-by) und der Effizienz bei unterschiedlichen Lastbedingungen weitere Optimierungen vorgenommen wurden. Die Energieeffizienz ist ein wichtiges Thema bei Schaltnetzteilen,

Daten SPS05 M

Ausgangsspannung:	5 Vdc
Ausgangsstrom:	1 A
Stand-by-Verbrauch:	<0,2 W
Eingangsspannung:	100–255 VAc
Netzfrequenz:	50/60 Hz
Primäranschluss:	Lötpins
Sekundäranschluss:	Lötpins
Modul-Abmessungen:	64,2 x 53 x 30 mm

Daten SPS12 M

Ausgangsspannung:	12 Vdc
Ausgangsstrom:	500 mA
Stand-by-Verbrauch:	<0,2 W
Eingangsspannung:	100–255 VAc
Netzfrequenz:	50/60 Hz
Primäranschluss:	Lötpins
Sekundäranschluss:	Lötpins
Modul-Abmessungen:	64,2 x 53 x 30 mm

und die entsprechenden EU-Richtlinien (ErP) stellen ab 4/2011 nochmals höhere Anforderungen. Ziel der politischen Maßnahmen ist eine ressourcenschonende und energieeffiziente Produktgestaltung. Dadurch werden die Umweltwirkungen energiebetriebener Produkte sowie Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der EU reduziert. Diese Anforderungen können mit herkömmlichen Trafonetzteilen nicht ansatzweise erfüllt werden und selbst viele zurzeit noch am Markt befindliche Schaltnetzteile erfüllen die ab 4/2011 geltenden ErP-Anforderungen nicht mehr. Die Schaltnetzteil-Module SPS05 M und SPS12 M bieten sowohl hinsichtlich des Stand-by-Verbrauchs als auch bei der Energieeffizienz noch deutliche Reserven.

Schaltung

Wie bereits erwähnt, basieren die primär getakteten Schaltnetzteil-Module (SPS05 M und SPS12 M) auf bewährten ELV-Schaltungen, so dass die in Bild 1 dargestellte Schaltung des SPS05 M mit der im „ELVjournal“ 2/2010 veröffentlichten Schaltung des SPS05 UP weitestgehend übereinstimmt. Da etwas mehr Platz zur Verfügung steht, konnte aber ein Leistungsübertrager (TR 1) in liegender Ausführung eingesetzt werden. Dieser Übertrager ermöglicht eine außergewöhnlich hohe Effizienz und sehr geringe EMV-Störungen.

Beim SPS05 M und SPS12 M bestehen die Unterschiede ausschließlich in der Dimensionierung, so dass wir uns bei der Schaltungsbeschreibung an der 5-V-Variante orientieren. Die Dimensionierungsunterschiede beim SPS12 M sind in Bild 3 und 4 zu sehen.

Kernkomponente unseres Schaltnetzteils ist wieder der SMPS-Controller (Switch Mode Power Supply = Schaltnetzteil) des Typs VIPer12A (IC 2).

Doch beginnen wir mit der Netz-Wechselspannung, die an ST 1 und ST 2 zugeführt wird. Über die Si-

cherung SI 1 gelangt die Netzspannung dann auf den Brückengleichrichter GL 1, wobei der X-2-Kondensator C 1 zur Störunterdrückung dient.

Durch die Gleichrichtung entsteht eine Gleichspannung von ca. 320 V, die an den Elkos C 2 und C 3 ansteht. Die Spule L 5 (zwischen den beiden Elkos) dient wieder zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Über den Leistungsübertrager TR 1 gelangt die 320-V-Gleichspannung auf den Drain-Anschluss des Schaltregler-ICs (IC 2), wo alle wesentlichen Stufen eines Schaltnetzteils integriert sind. Das IC-Blockschaltbild in Bild 2 erklärt die grundsätzliche Funktionsweise der Schaltung. Neben dem integrierten Leistungs-MOSFET, der als Schalter arbeitet, sind in diesem kompakten IC alle Regelungs- und Sicherheitsfunktionen bereits implementiert. Die erforderliche externe Beschaltung ist entsprechend gering.

Da Schaltnetzteile im Anlaufmoment eine Spannungsversorgung erhalten müssen, sind besondere Schaltungsmaßnahmen erforderlich. Das IC erhält direkt nach dem Einschalten seine Versorgungsspannung über eine interne strombegrenzte Quelle aus dem Drain-Anschluss. Anschließend läuft der interne Oszillator an, der bei 60 kHz schwingt.

Nach dem Anschwingen des Oszillators werden die weiteren internen Stufen aktiv, und der Power-MOSFET beginnt zu schalten. Die Begrenzung des Drain-Stroms geschieht über eine interne Regelschaltung und den externen Feedback-Anschluss. Hierüber erfolgt in unserer Applikation auch die Regelung der Ausgangsspannung. Ist der Schaltregler korrekt angelaufen, so versorgt die über die Hilfswicklung und D 4 generierte Spannung den Schaltregler, wobei der Elko C 8 zur Pufferung dient. R 6 übernimmt dabei eine Schutzfunktion.

Die Schaltnetzteil-Ausgangsspannung erzeugt der Diodengleichrichter D 3 aus der Sekundärwicklung des

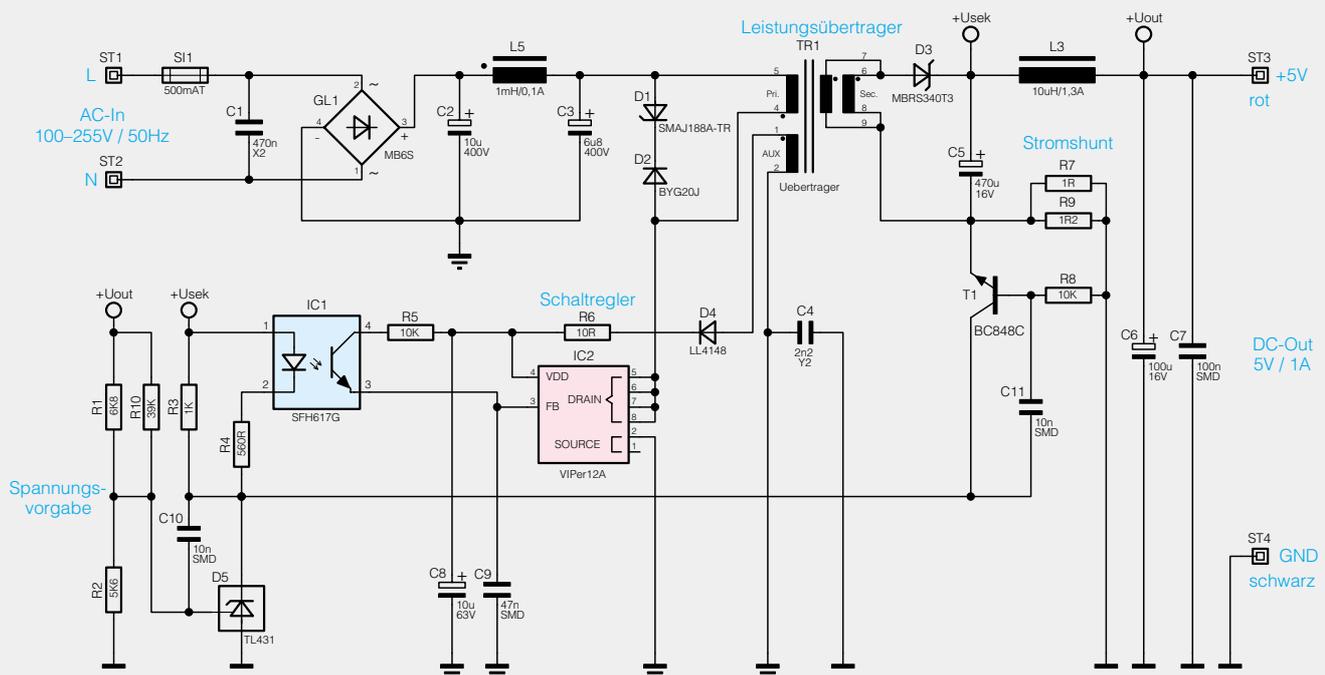


Bild 1: Schaltung des SPS05 M

Übertragers TR 1. Die Kondensatoren C 5 und C 6 dienen der Siebung und Glättung der Gleichspannung und L 3 und C 7 zur Störunterdrückung.

Die Regelung der Ausgangsspannung erfolgt über eine Rückkopplung von der Sekundärseite auf den primärseitigen Schaltregler. Die Schaltung hat dabei zwei Regelzweige: die Spannungsregelung und die Begrenzung bei sekundärseitiger Überlastung.

Die Spannungsregelung und letztendlich auch die Spannungsvorgabe geschehen dabei über die Referenzdiode D 5, die ihren Katodenanschluss so ausregelt, dass an ihrem Steuereingang eine Spannung von ca. 2,5 V ansteht. Dieser Anschluss wird über den Spannungsteiler aus R 1, R 2 und R 10 gespeist. Die Schaltung ist nun so ausgelegt, dass die Referenzdiode die Ausgangsspannung „DC Out“ auf 5 V ausregelt. Bild 3 zeigt die unterschiedliche Dimensionierung der 12-V-Variante in diesem Bereich.

Über den Optokoppler IC 1 zur galvanischen Trennung wird die Regelschleife geschlossen. Durch den Strom durch die Optokoppler-Diode wird der Stromfluss im primärseitigen Optokoppler-Fototransistor verändert. So wird dann letztlich der Strom im Feedback-Pin (FB) des Schaltreglers IC 2 so beeinflusst, dass der Schaltregler genau so viel Energie liefert, wie für eine Ausgangsspannung von 5 V erforderlich ist. Die Ausgangsspannung ist somit ausgeglichen.

Nur allein mit der Spannungsregelung würde die Schaltung auch unter Überlastbedingungen, d. h. bei

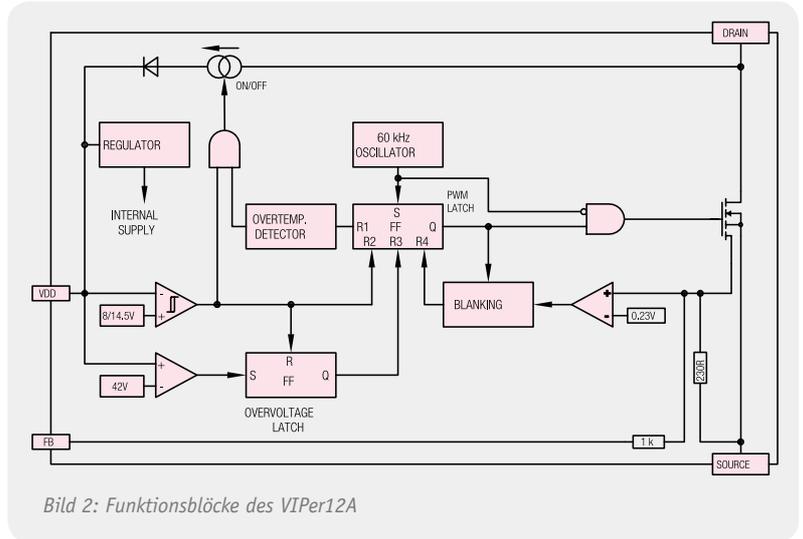


Bild 2: Funktionsblöcke des VIPer12A

einem Ausgangsstrom von mehr als 1 A, versuchen, die Ausgangsspannung auf 5 V stabil zu halten und so das PWM-IC und den Transformator überlasten. Zum Schutz ist daher noch eine Strombegrenzung implementiert. Über dem Shunt-Widerstand, bestehend aus der Parallelschaltung von R 7 und R 9, stellt sich eine zum Ausgangsstrom proportionale Spannung ein (Dimensionierung der 12-V-Variante siehe Bild 4). Diese Spannung bildet die Basis-Emitter-Spannung des Transistors T 1. Überschreitet die Spannung einen Wert von ca. 550 mV, entsprechend einem Ausgangsstrom von ca. 1 A, so steuert der Transistor durch und regelt über die Optokoppler-Diode – wie bei der Spannungsregelung – die Ausgangsleistung zurück. Dies hat dann zur Folge, dass die Ausgangsspannung bei zu hohem Ausgangsstrom zusammenbricht, eine Überlastung der Schaltung ist somit nicht möglich.

Letztendlich steht an den Ausgangspins ST 3 und ST 4 die 5-V-Gleichspannung an, die eine maximale Dauer-Strombelastbarkeit von 1 A aufweist.

Nachbau

Von der Bauform sehen die kompakten Netzteil-Module wie vergossene Standard-Netztrafos aus, und Bild 5 zeigt einen Blick auf das Innenleben ohne Gehäusedeckel. In Bild 6 ist die SMD-bestückte Platinenunterseite

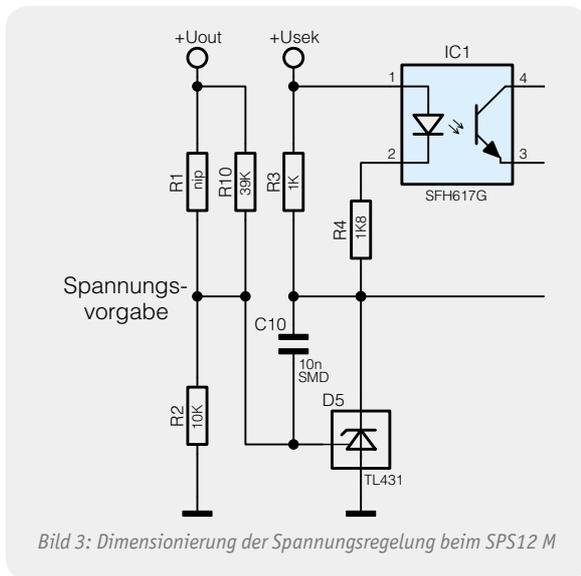


Bild 3: Dimensionierung der Spannungsregelung beim SPS12 M

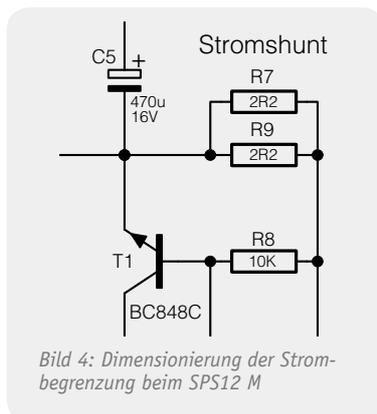


Bild 4: Dimensionierung der Strombegrenzung beim SPS12 M

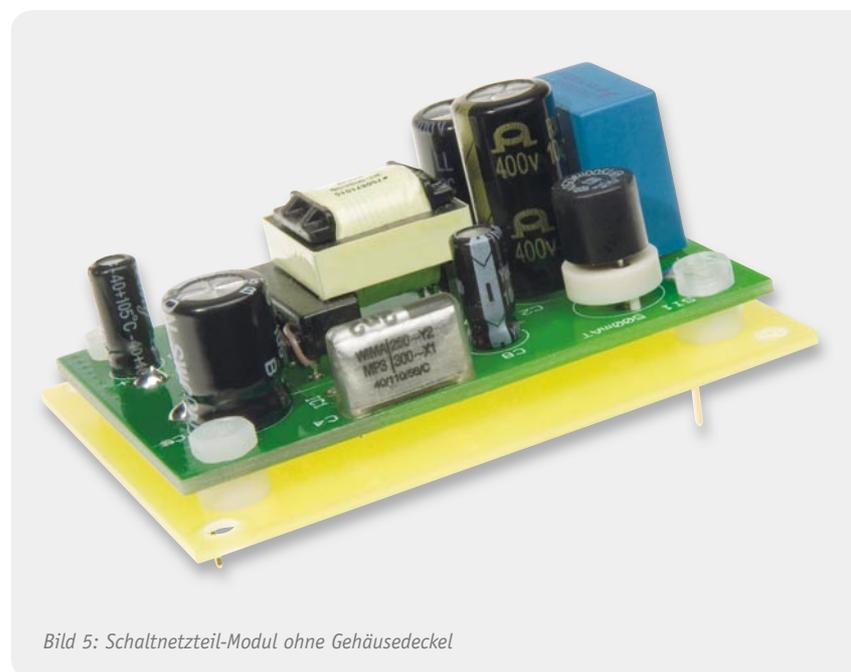


Bild 5: Schaltnetzteil-Modul ohne Gehäusedeckel

zu sehen, und Bild 7 zeigt die komplett bestückte Platinenoberseite.

Wie bei ELV-Bausätzen üblich, sind sämtliche auf der Platinenunterseite untergebrachten SMD-Komponenten bereits werkseitig vorbestückt, so dass sich die Platinenbestückung auf den Einbau der bedrahteten Bauelemente auf der Platinenoberseite beschränkt.

In gewohnter Weise erfolgen die gesamten Bestückungsarbeiten anhand des Bestückungsdruckes und der Stückliste, wobei aber auch die dargestellten Platinenfotos hilfreiche Zusatzinformationen liefern.

Die Bestückungsarbeiten beginnen wir mit dem Einbau des Optokopplers IC 1, dessen Polarität entweder an Pin 1 mit einem Punkt markiert oder an der Pin 1 zugeordneten Gehäuseseite durch eine Kerbe gekennzeichnet ist. Im Bestückungsdruck ist ebenfalls die Pin 1 zugeordnete Gehäuseseite gekennzeichnet.

Danach werden die Anschlüsse der Referenzdiode D 5 von der Platinenoberseite so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt und an der Platinenunterseite verlötet. Beim Einbau gibt das Symbol im Bestückungsdruck durch die Kennzeichnung der Gehäuseform die korrekte Polung vor.

Die Bestückung wird mit dem Einbau der Kondensatoren fortgesetzt, wobei neben der korrekten Polung der Elektrolyt-Typen vor allem darauf zu achten ist, dass die Bauteile plan auf der Platine aufliegen, bevor sie verlötet werden. Die Beachtung der Polarität ist gerade bei den Elkos wichtig, da falsch gepolte Elkos explodieren können.

In die Position der Sicherung wird der Sicherungshalter eingelötet, der anschließend sofort mit der kleinen Rundsicherung zu bestücken ist.

Danach ist der Leistungsübertrager zu bestücken, und nach dem Bestücken werden die Anschlusspins an der Platinenunterseite verlötet. Eine Verpolung ist

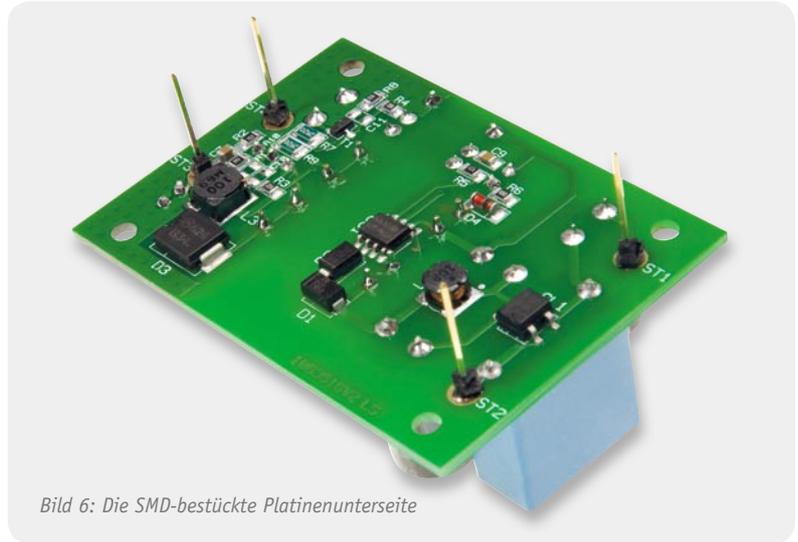
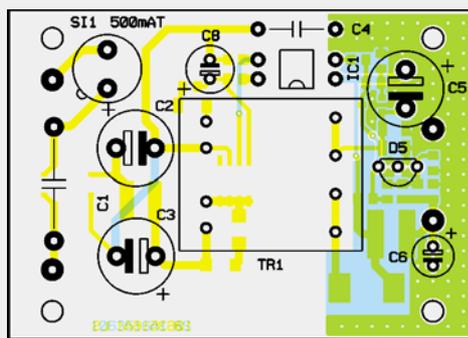


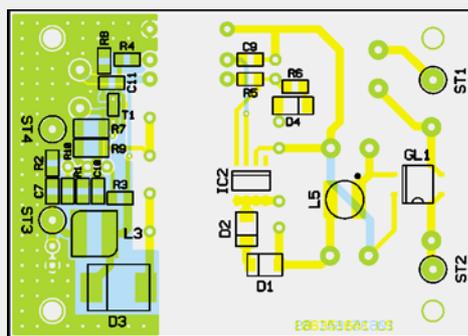
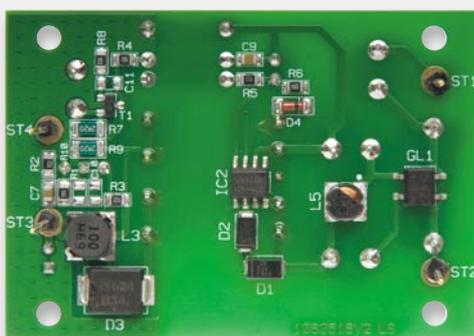
Bild 6: Die SMD-bestückte Platinenunterseite



Bild 7: Die komplett bestückte Platinenoberseite



Ansicht der fertig bestückten Platine des SPS05 M, oben von der Seite für konventionelle Bauteile, unten von der SMD-Seite



aufgrund der unterschiedlichen Anzahl und Anordnung der Anschlusspins nicht möglich.

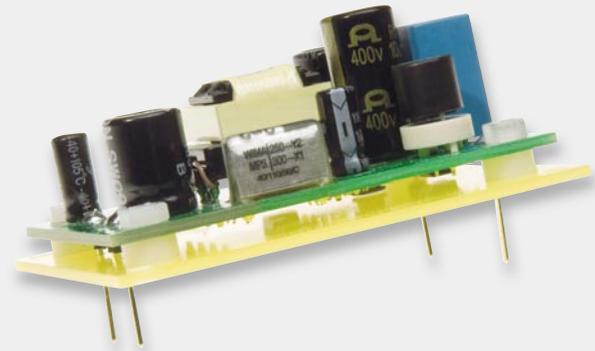
Im letzten Schritt der Bestückungsarbeiten sind an der Platinenunterseite 4 einpolige Stiftleisten (ST 1 bis ST 4) einzulöten, wie auch in Bild 6 zu sehen ist. Beim Verlöten an der Platinoberseite ist unbedingt auf eine gerade Ausrichtung zu achten.

Damit sind bereits die Bestückungsarbeiten der Leiterplatte abgeschlossen und es erfolgt der Einbau ins Gehäuse. Zuvor ist die Platine allerdings noch auf ordnungsgemäße Lötstellen und korrekte Bestückung hin zu prüfen.

Gehäuseeinbau

Zum Gehäuseeinbau ist die Schaltregler-Leiterplatte entsprechend Bild 8 auf eine Trägerplatte aus Leiterplattenmaterial zu montieren. Zur Befesti-

Bild 8: Montage der Modulplatine auf eine Trägerplatte aus Leiterplattenmaterial



Widerstände:

1,0 Ω/SMD/1206	R7
1,2 Ω/SMD/1206	R9
10 Ω/SMD/0805	R6
560 Ω/SMD/0805	R4
1 kΩ/SMD/0805	R3
5,6 kΩ/SMD/0805	R2
6,8 kΩ/SMD/0805	R1
10 kΩ/SMD/0805	R5, R8
39 kΩ/SMD/0805	R10

Kondensatoren:

2,2 nF/250 V~/Y2	C4
10 nF/SMD/0805	C10, C11
47 nF/SMD/0805	C9
100 nF/SMD/0805	C7
470 nF/250 V~/X2/MKP	C1
6,8 μF/400 V/105 °C	C3
10 μF/63 V	C8
10 μF/400 V/105 °C	C2
100 μF/16 V	C6
470 μF/16 V	C5

Halbleiter:

SFH617-2	IC1
VIPer12A/SMD	IC2
BC848C	T1
MB6S/SMD	GL1
SMAJ188A-TR/SMD	D1
BYG20J	D2
MBRS340/SMD	D3
LL4148	D4
TL431CLP	D5

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 10 μH/1,3 A	L3
SMD-Induktivität, 1 mH/0,1 A	L5
Übertrager 750871010, print	TR1
Rund-Sicherungshalter, print	SI1
Rundsicherung, 0,5 A, träge, print	SI1
Stiftleisten, 1x 4-polig, 19 mm, gerade, print	ST1-ST4
4 Distanzrollen, M3 x 5 mm	
4 Senkkopfschrauben, Polyamid, M3 x 12 mm	
4 Kunststoffmuttern, M3	
1 Modulträgerplatte, bearbeitet	
1 Gehäuse SPS05M, komplett, bedruckt	

Stückliste SPS05 M

Widerstände:

2,2 Ω/SMD/1206/1 %	R7, R9
10 Ω/SMD/0805	R6
1 kΩ/SMD/0805	R3
1,8 kΩ/SMD/0805	R4
10 kΩ/SMD/0805	R2, R5, R8
39 kΩ/SMD/0805	R10

Kondensatoren:

2,2 nF/250 V~/Y2	C4
10 nF/SMD/0805	C10, C11
47 nF/SMD/0805	C9
100 nF/SMD/0805	C7
470 nF/250 V~/X2/MKP	C1
6,8 μF/400 V/105 °C	C3
10 μF/63 V	C8
10 μF/400 V/105 °C	C2
100 μF/16 V	C6
470 μF/16 V	C5

Halbleiter:

SFH617-2	IC1
VIPer12A/SMD	IC2
BC848C	T1
MB6S/SMD	GL1
SMAJ188A-TR/SMD	D1
BYG20J	D2
MBRS340/SMD	D3
LL4148	D4
TL431CLP	D5

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 10 μH/1,3 A	L3
SMD-Induktivität, 1 mH/0,1 A	L5
Übertrager 750871030, print	TR1
Rund-Sicherungshalter, print	SI1
Rundsicherung, 0,5 A, träge, print	SI1
Stiftleisten, 1x 4-polig, 19 mm, gerade, print	ST1-ST4
4 Distanzrollen, M3 x 5 mm	
4 Senkkopfschrauben, Polyamid, M3 x 12 mm	
4 Kunststoffmuttern, M3	
1 Modulträgerplatte, bearbeitet	
1 Gehäuse SPS12M, komplett, bedruckt	

Stückliste SPS12 M



Bild 9: Zur Montage der Platine dienen Senkkopfschrauben aus Kunststoff.



Bild 10: Abstandsrollen bestimmen den Abstand der Schaltnetzteilplatine zur Trägerplatte.

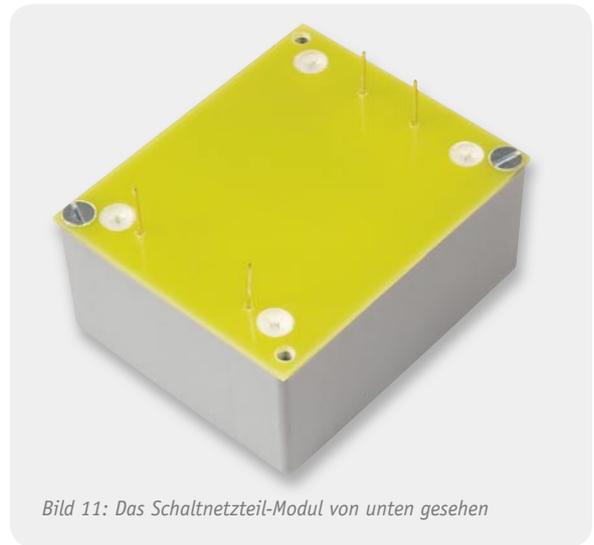


Bild 11: Das Schaltnetzteil-Modul von unten gesehen

gung dienen M3x12-mm Senkkopfschrauben aus Kunststoff (Bild 9), wodurch später eine plane Platinenmontage des fertigen Moduls ermöglicht wird. Der Abstand zwischen der Trägerplatte und der Schaltnetzteilplatine wird durch 5-mm-Abstandsrollen bestimmt, wie in Bild 10 zu sehen ist. Im letzten Arbeitsschritt wird der Gehäusedeckel mit 2 Senkkopfschrauben für Kunststoff montiert. Wie in Bild 11 zu sehen, bleiben dann noch 2 Schrauböffnungen frei. Diese Schraubdomen dienen letztendlich zur Montage des fertigen Moduls auf einer Leiterplatte.

Inbetriebnahme

Bei der ersten Inbetriebnahme des Gerätes ist im Prinzip nur die grundsätzliche Funktion zu testen. Bei diesem ersten Funktionstest ist allerdings zur Sicherstellung der elektrischen Sicherheit ein Trenntransfor-

mator vorzuschalten und die Netzanschlüsse sind sorgfältig zu isolieren. Als Last kann ein ohmscher Widerstand mit einem Widerstandswert von ca. 22Ω bei 5 V und 100Ω bei 12 V mit einer maximal zulässigen Verlustleistung von $>1,5 \text{ W}$ dienen.

Im spannungslosen Zustand sind zunächst die Verbindungen zum 230-V-Trenntrafo und zum Lastwiderstand herzustellen und nach dem Zuschalten der Eingangsspannung ist die Ausgangsspannung zu überprüfen. Liegt diese beim 5-V-Modul im Bereich von 4,85 V bis 5,35 V oder beim 12-V-Modul im Bereich von 11,4 V bis 12,6 V, arbeitet die Schaltung korrekt. **ELV**

Steuerung des PWM-Controllers Viper 12

Zur Steuerung von galvanisch getrennten Schaltnetzteilen ist ein Rückkopplungssignal von der Ausgangsspannung zum PWM-Controller (Primärseite) erforderlich. Für dieses Rückkopplungssignal ist daher unbedingt eine galvanische Trennung erforderlich, die in unserem Fall mit Hilfe eines Optokopplers erfolgt.

Im Gegensatz zu vielen konventionellen PWM-Controllern, die über eine Spannung gesteuert werden, erfolgt beim Viper 12 die Steuerung am „Feedback“-Eingang mit Hilfe eines Stromes. Die Abbildung verdeutlicht das grundsätzliche Funktionsprinzip.

Der Power-MOSFET liefert einen „Sense-Strom“, der direkt proportional zum Ausgangsstrom (Source-Strom) des Bausteins ist. Der durch den „Sense-Strom“ vom MOSFET und den Strom über den „Feedback“-Eingang am internen Widerstand R2 hervorgerufene Spannungsabfall wird dann mit einer internen festen Referenzspannung von 0,23 V verglichen.

$$R_2 \cdot (I_S + I_{FB}) = 0,23 \text{ V}$$

Der „Feedback“-Strom wird wiederum vom Transistor des Optokopplers geliefert und der

Kondensator C dient zur Beeinflussung des Regelverhaltens, indem abhängig von der Dimensionierung eine Mittelwertbildung erfolgt.

