

# Energiekosten-Messgerät

## Energy Master als ARR-Bausatz

Teil 2

Neben sehr präzisen Verbrauchsmessungen ab 0,1 W Leistungsaufnahme verfügt der Energy Master über sehr umfangreiche Messfunktionen. Datensätze für bis zu 10 unterschiedliche Verbraucher sind speicherbar und bleiben auch nach einer Netztrennung erhalten. Die erfassten Messwerte können noch bis zu 30 Minuten nach der Netztrennung abgelesen werden, wobei in diesem Zeitraum auch die Bedienung des Gerätes möglich ist. Der Eigenverbrauch des Gerätes liegt unter 0,3 W.

### Schaltung

Entsprechend der im Gerät vorhandenen Leiterplatten ist das Gesamtschaltbild des Energy Masters in zwei Teilschaltbilder (Bild 2 und 3) aufgeteilt.

Während die Messwerterfassung und die Spannungsversorgung mit einem effizienten Schaltnetzteil in Bild 2 zu sehen sind, zeigt Bild 3 das komplexe „Power-Meter-IC“ mit zugehöriger Peripherie, die Bedienelemente und das LC-Display.

Betrachten wir zuerst die Messwerterfassung und Spannungsversorgung in Bild 2, wo die 230 V Netz-Wechselspannung am Steckereinsatz zugeführt wird. Zum besseren Verständnis sind die Netzanschlüsse zwar mit Leiter (L) und Neutralleiter (N) beschriftet, wobei die tatsächliche Polarität aber keine Rolle spielt (ist davon abhängig, mit welcher Polarität das Gerät in die Steckdose gesteckt wird). Um für die Beschreibung eine eindeutige Zuordnung zu erhalten, gehen wir von der im Schaltbild beschrifteten Polarität aus. Der vom Steckeranschluss kommende Leiteranschluss ist direkt

mit dem entsprechenden Leiteranschluss der Steckdose verbunden und in der Leitung des Neutralleiters befindet sich der Stromshunt R 4. Der Bezugspunkt für alle Messungen innerhalb der Schaltung ist der Neutralleiteranschluss am Shunt-Widerstand R 4 und an der Entstördrossel L 2. Schaltungstechnisch liegt dieser Bezugspunkt auf +3,3 V gegenüber Schaltungsmasse und aufgrund dieses vom Energie-Messchip vorgegebenen Schaltungskonzeptes wirkt das Schaltbild zunächst etwas unübersichtlich.

Zur Spannungsversorgung der Schaltung, die im oberen Bereich des Schaltbildes dargestellt ist, gelangt die Netz-Wechselspannung über den SMD-Ferrit L 1 und die SMD-Spule L 2 sowie den Sicherungswiderstand R 1 auf die mit D 1 und C 2, C 3 aufgebaute Einweg-Gleichrichtung, wobei die Spule L 3 zur Entstörung dient. Die gleichgerichtete Netzspannung gelangt dann auf den mit IC 1 realisierten hocheffizienten Schaltregler, der zusammen mit der Speicherdrossel L 4 und der weiteren externen Beschaltung eine negative Ausgangsspannung an C 4 erzeugt. D 2 dient am Ausgang zur Einweg-Gleichrichtung und C 4 zur Pufferung der negativen Versorgungsspannung (-U<sub>B</sub>) in Höhe von ca. 10 V.

Zur Versorgung des Power-Meter-ICs und aller weiteren Stufen liefert der Ausgang des sehr präzisen Negativ-Spannungsreglers (IC 2) stabilisiert -3,3 V, wobei der Ausgang in dieser etwas ungewöhnlichen Schal-

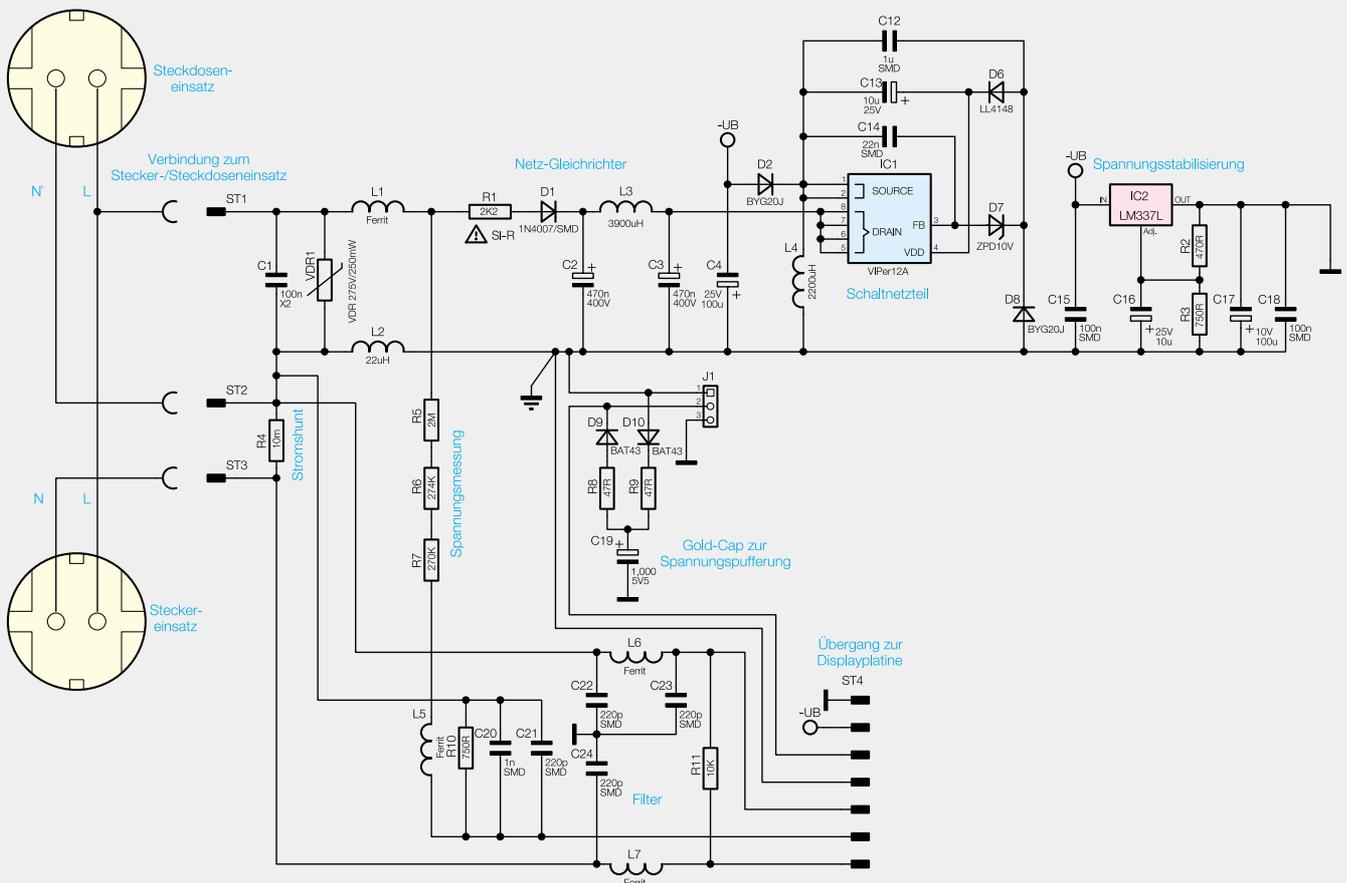


Bild 2: Das Schaltbild der Netzteilplatte

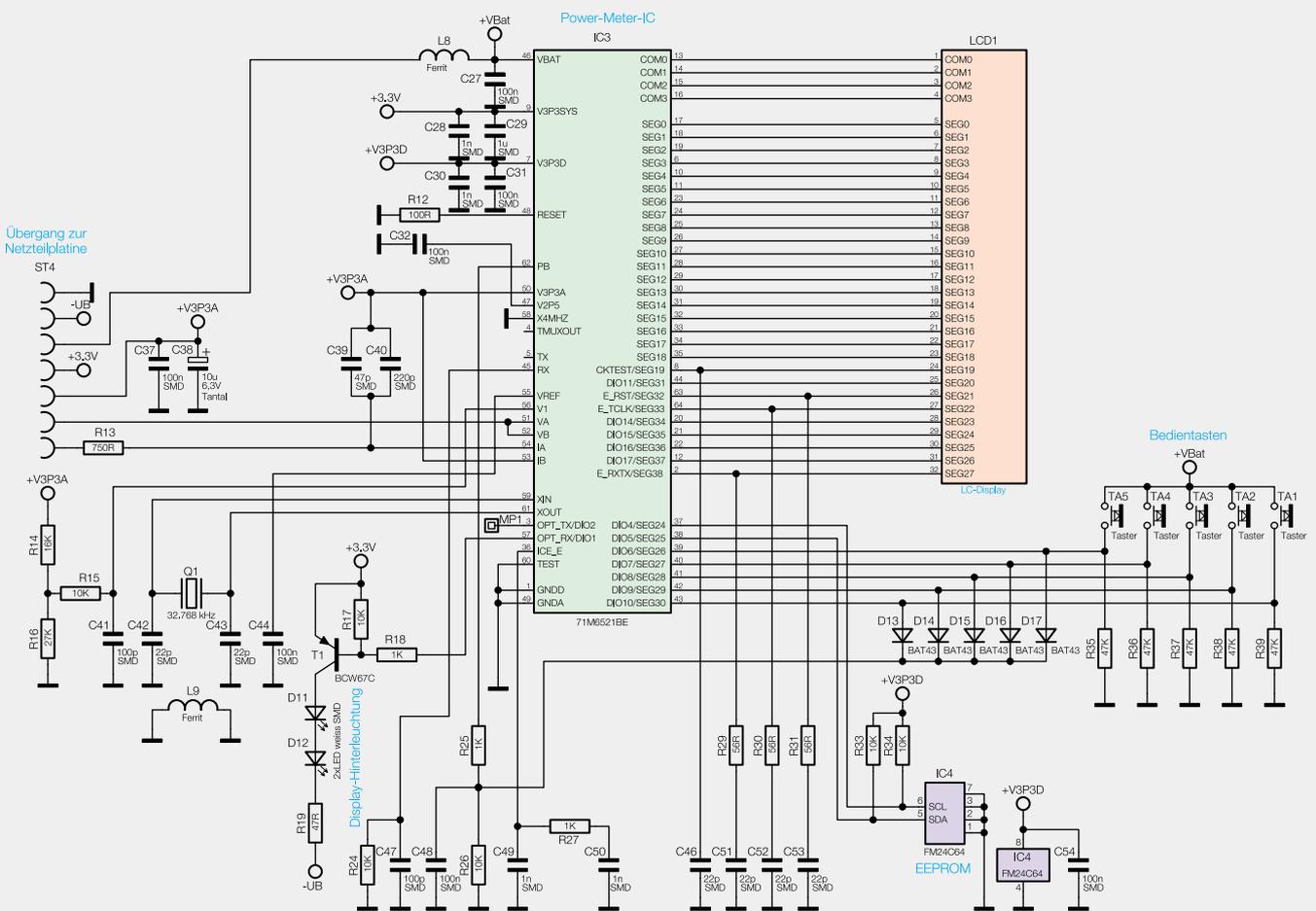


Bild 3: Das Schaltbild der Displayplatte

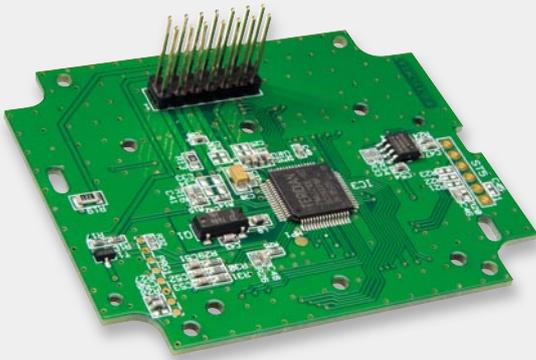


Bild 4: Displayplatine von der Unterseite mit dem Power-Meter-IC

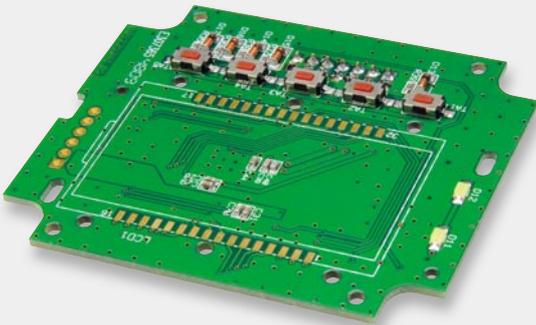


Bild 5: Displayplatine von der Oberseite ohne Display

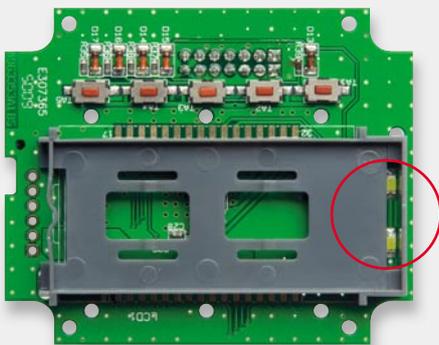


Bild 6: Displayplatine mit montiertem Display-Halterahmen

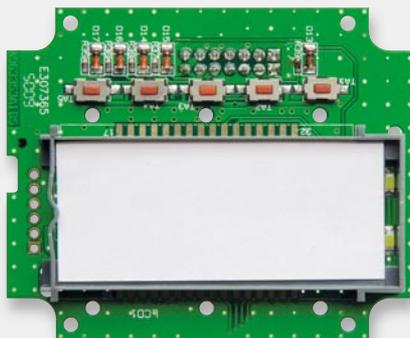


Bild 7: Einsetzen der Reflektorfolie

Die Massepotenzial entspricht. Am Ausgang dient C 17 zur Pufferung und C 18 zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Wie bereits erwähnt, ist das Gerät noch bis zu 30 Min. nach dem Herausnehmen aus der Steckdose bedienbar und abzulesen. Die Betriebsspannung des Power-Meter-ICs wird dann vom Gold-Cap C 19 mit einer Kapazität von 1 F über R 8 und D 9 geliefert. Bei Einstecken des Gerätes in die Steckdose wird der Gold-Cap über D 10 und R 9 auf 3,3 V aufgeladen. Über den Steckverbinder ST 4 gelangen die vom Netzteil gelieferte Spannung und die vom Gold-Cap gelieferte Spannung zum Power-Meter-IC in Bild 3.

Direkt an den Versorgungspins von IC 3 in Bild 3 verhindern Staffelblockungen (C 27 bis C 29) hochfrequente Störeinflüsse, wobei über einen chipinternen Schalter entweder die an Pin 9 anliegende Spannung oder die Gold-Cap-Spannung (Pin 46) zum eigentlichen Versorgungspin (Pin 7) des Bausteins durchgeschaltet wird. Hier erfolgt eine weitere Blockung mit C 30, C 31. Die Versorgungsspannung des Bausteins wird ständig über den mit R 14 und R 16 aufgebauten Spannungsteiler überwacht (interner „Power-Fault-Circuit“).

Bei sehr genauen Messungen im Netzspannungsbereich hat man grundsätzlich mit Störungen zu „kämpfen“, die dem Netz überlagert sind. Entsprechend aufwändig und umfangreich sind die erforderlichen Entstörmaßnahmen und Filter, und auch hinsichtlich EMV sind mehr Maßnahmen erforderlich als bei vielen anderen Schaltungen. Hochfrequente Störeinflüsse werden zum einen durch „Staffelblockungen“ an den entsprechenden Versorgungsanschlüssen verhindert und zum anderen durch Filter-Maßnahmen im Bereich der Messeingänge in Bild 2.

Für die Strommessung wird der dem Strom proportionale Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R 4 auf den Multiplexer-Eingang des A/D-Wandlers geführt, wobei Spannungsabfälle im  $\mu\text{V}$ -Bereich zu messen sind. Über den SMD-Ferrit L 7 gelangt die Spannung dann auf den Strom-Messeingang IA des in IC 2 integrierten A/D-Wandlers. Die Kondensatoren C 22 bis C 24, C 39, C 40 dienen in Verbindung mit den Widerständen R 11 und R 13 zur Filterung.

Zur Messung der Netz-Wechselspannung wird die Spannung mit einem mit R 5 bis R 7 und R 10 aufgebauten Spannungsteiler heruntergeteilt. Danach gelangt die am Spannungsabgriff liegende Netzspannung auf die Eingänge VA und VB des Bausteins. Die Kondensatoren C 20 und C 21 verhindern hochfrequente Störeinflüsse.

Der chipinterne Taktoszillator des 71M6521 (IC 3) ist extern mit dem Quarz Q 1 und den Kondensatoren C 42, C 43 beschaltet.

Das LC-Display wird direkt von IC 3 über 4 COM- und 28 Segmentleitungen angesteuert.

Ein externes EEPROM, angeschlossen an Pin 37 und Pin 38, kommuniziert über den I<sup>2</sup>C-Bus mit dem Power-Meter-IC, wobei die Widerstände R 33 und R 34 als Pull-ups dienen.

Die 5 Bedientaster des Gerätes sind direkt an Pin 39 bis Pin 43 von IC 3 angeschlossen, wobei die Widerstände R 35 bis R 39 als Pull-downs dienen. Über die Dioden D 13 bis D 17 wird bei einer beliebigen Tastenbetätigung an Pin 62 des Power-Meter-ICs ein Interrupt erzeugt.

Pin 57 des Power-Meter-ICs steuert über den Transistor T 1 die Display-Hinterleuchtung mit den Leuchtdioden D 11 und D 12.

## Nachbau

Da es sich beim Energy Master um einen werkseitig abgeglichenen ARR-Bausatz handelt, ist der praktische Aufbau sehr unkompliziert und bis zum funktionsfähigen Gerät sind nur wenige Aufbauschnitte erforderlich. Alle Leiterplatten werden vollständig bestückt geliefert und an den Leitblechen der Steckdoseneinheit ist bereits die Anschlussplatine angelötet.

Wir beginnen die Aufbauarbeiten mit der Displayplatine, wo nur noch die Montage des großen hinterleuchteten Displays erforderlich ist. In Bild 4 ist die Displayplatine von der Unterseite mit dem Power-Meter-IC und in Bild 5 von der Oberseite (Displayseite) vor der Montage des Displays zu sehen.

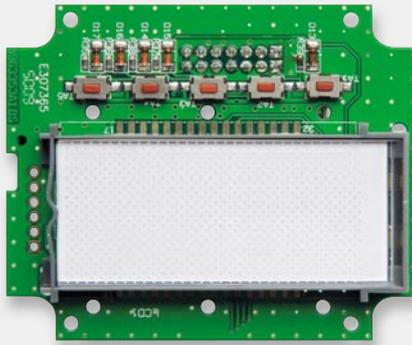


Bild 8: Einsetzen der Licht-Verteilplatte mit dem Punktraster nach unten

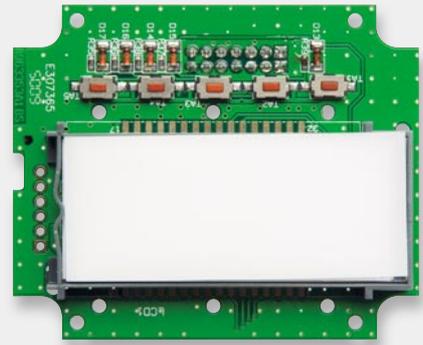


Bild 9: Einsetzen der Diffusorfolie

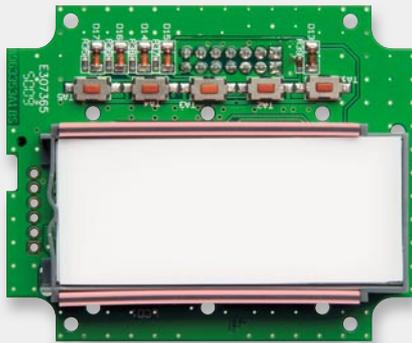


Bild 10: Einsetzen der Leitgummistreifen



Bild 11: So wird die Schutzfolie vom Display entfernt.

Die Displaymontage beginnt mit dem Einrasten des Halterahmens, wobei unbedingt auf die korrekte Einbaulage zu achten ist. Die LEDs zur Displaybeleuchtung müssen in dem dafür vorgesehenen Schlitz des Halterahmens, entsprechend Bild 6, zu sehen sein.

In die Mitte des Rahmens wird nun ein weißes Stück Papier gelegt (Reflektorfolie, Bild 7). Die LEDs zur Display-Hinterleuchtung dürfen dabei keinesfalls abgedeckt werden.

Danach folgt die Licht-Verteilplatte, wie in Bild 8 gezeigt, die mit der Bedruckung (Punktraster) nach unten einzusetzen ist, und die silberbeschichtete Seite der Licht-Verteilplatte muss an der gegenüberliegenden Seite der LEDs liegen. Vorsicht, die Reflektorfolie kann beim Einsetzen leicht verrutschen.

Auf die Licht-Verteilplatte kommt die Diffusorfolie, wie in Bild 9 gezeigt. Die Diffusorfolie hat die gleiche Länge wie die Licht-Verteilplatte und deckt auch die LEDs unterhalb der Verteilplatte ab.

Danach werden die beiden Leitgummistreifen entsprechend Bild 10 in die korrekte Position gebracht.

Das transflektive Display ist für den Einbau vorzubereiten, indem die dünne Schutzfolie vorsichtig abgezogen wird, ohne dabei die nun freigelegte Displayfläche mit den Fingern zu berühren (Bild 11).

Beim Einsetzen des Displays ist unbedingt auf die korrekte Polarität zu achten, wobei eine kleine „Nase“ am Displayglas (Anguss) zur Orientierung dient. Wie in Bild 12 zu sehen, muss diese Markierung letztendlich in die dafür vorgesehene Aussparung der Displayscheibe positioniert werden.

Zuletzt wird die Displayscheibe vorsichtig aufgesetzt und mit den 6 zugehörigen Schrauben (1,8 x 6 mm) sorgfältig verschraubt (Bild 13).

Die 5fach-Tasteneinheit wird entsprechend Bild 14 in die dafür vorgesehene Position des Gehäuseoberteils eingesetzt und die Displayplatine, wie in Bild 15 zu sehen, mit 4 Schrauben für Kunststoff (2,2 x 8 mm) im Gehäuseoberteil verschraubt.

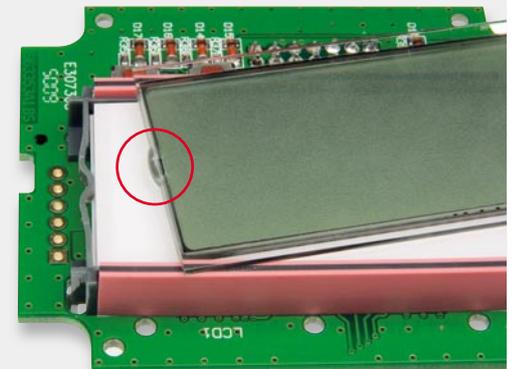


Bild 12: Einsetzen des Displays

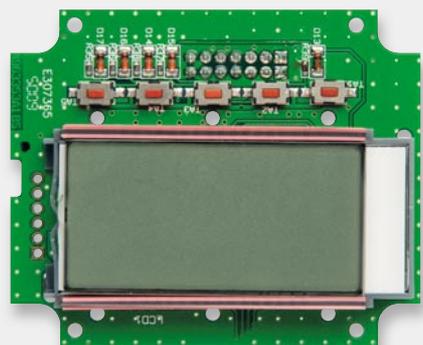


Bild 13: Montage der Displayscheibe

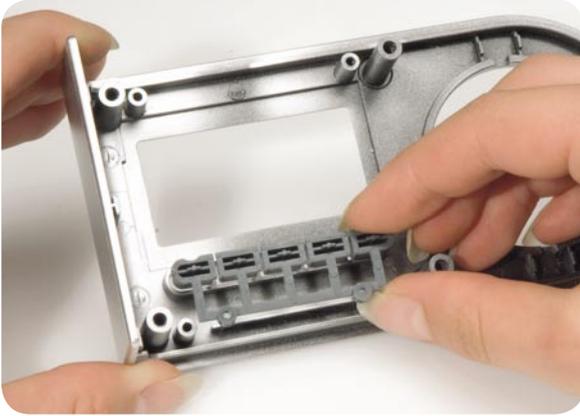


Bild 14: Einsetzen der Tasteneinheit im Gehäuseoberteil

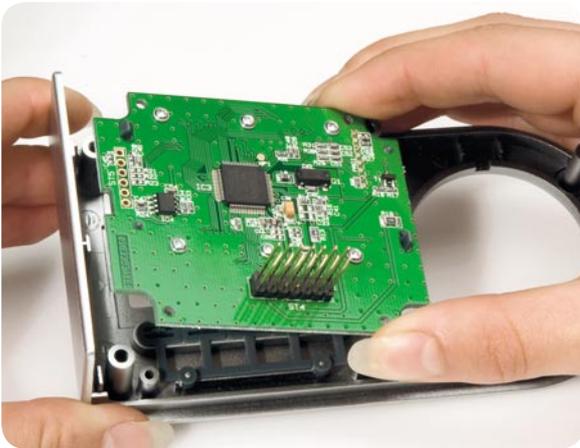


Bild 15: Montage der Displayplatine im Gehäuseoberteil

Nachdem die Displayplatine fertiggestellt und montiert ist, wenden wir uns der Netzteilplatine zu, die mit bereits angeschlossener Stecker-Steckdosen-Einheit komplett bestückt geliefert wird (Bild 16).

Im ersten Montageschritt wird der Schutzleiterkontakt des Stecker-Steckdosen-Einsatzes entsprechend Bild 17 eingesetzt. Auf den Stecker-Steckdosen-Einsatz ist danach der Aufsatz für die Kindersicherung aufzustecken und zu verrasten, wie in Bild 18 zu sehen. Alsdann ist die Kindersicherung samt Druckfeder so einzubauen, dass die Löcher der Steckdose durch diese abgedeckt werden. Bild 19 zeigt die Einheit nach diesem Montageschritt.

Die komplette Netzteilplatine mit Stecker-Steckdosen-Einheit wird danach in das Gehäuseunterteil eingesetzt, wobei die Netzteilplatine mit zwei Schrauben für Kunststoff 3 x 6 mm und die Anschlussplatine des Stecker-Steckdosen-Einsatzes mit einer Schraube 1,8 x 6 mm verschraubt werden. Damit die Anschlussplatine etwas Bewegungsfreiheit behält, darf die Schraube der Anschlussplatine nicht stramm angezogen werden. Die Schraube ist so weit einzudrehen, dass sich die Platine gerade noch bewegen kann. Die Schrauben der Netzteilplatine sind natürlich fest anzuziehen.

Die Kabelverbindungen zwischen der Netzteilplatine und der Stecker-Steckdosen-Einheit sind vorsichtig in die dafür vorgesehenen Kabelführungen zu drücken (Vorsicht, keine scharfen Gegenstände verwenden, die zur Beschädigung der Kabel führen können) und mit einem temperaturstabilen Klebstoff zu sichern (Bild 20). Jetzt bleibt nur noch, die Steckdosenabdeckung über die Schutzleiterbügel zu schieben. In Bild 21 ist die Innenseite des Gehäuseunterteils mit fertig montierter Netzteilplatine zu sehen.

Im letzten Montageschritt werden das Gehäuseoberteil mit der Displayplatine und das Gehäuseunterteil mit der Netzteilplatine zusammengefügt, wobei eine Kunststoff-Führung das korrekte Einsetzen der Stiftleiste ST 4 der Displayplatine in Buchsenleiste BU 4 der Netzteilplatine erleichtert. Nach dem Verschrauben der beiden Gehäusehälften mit 6 Schrauben für Kunststoff 3 x 10 mm (Bild 22) ist bereits der komplette Aufbau abgeschlossen und das Gerät einsatzbereit. **ELY**

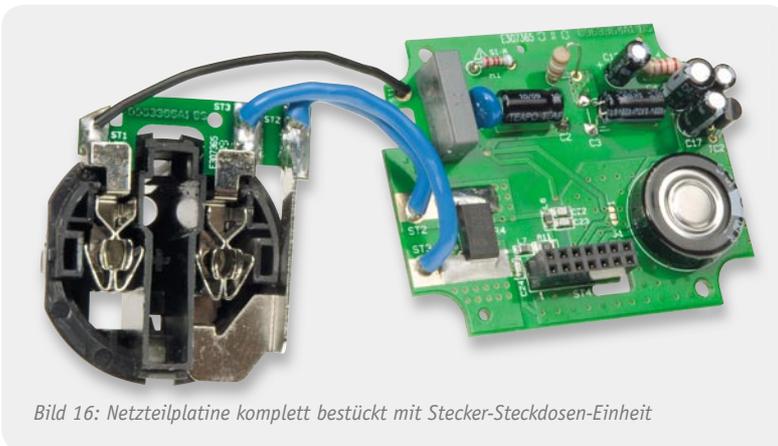


Bild 16: Netzteilplatine komplett bestückt mit Stecker-Steckdosen-Einheit



Bild 17: Montage des Schutzleiterkontaktes

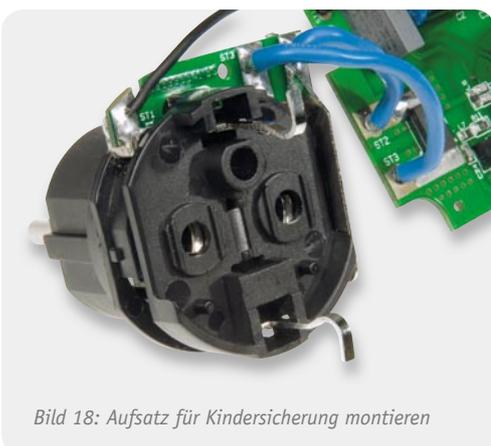


Bild 18: Aufsatz für Kindersicherung montieren



Bild 19: Montage der Kindersicherung mit Druckfeder

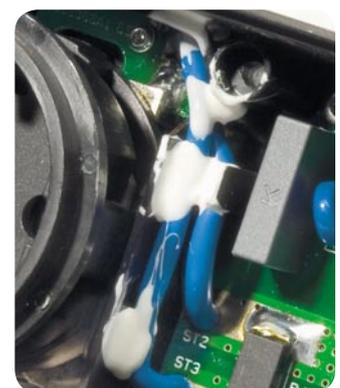
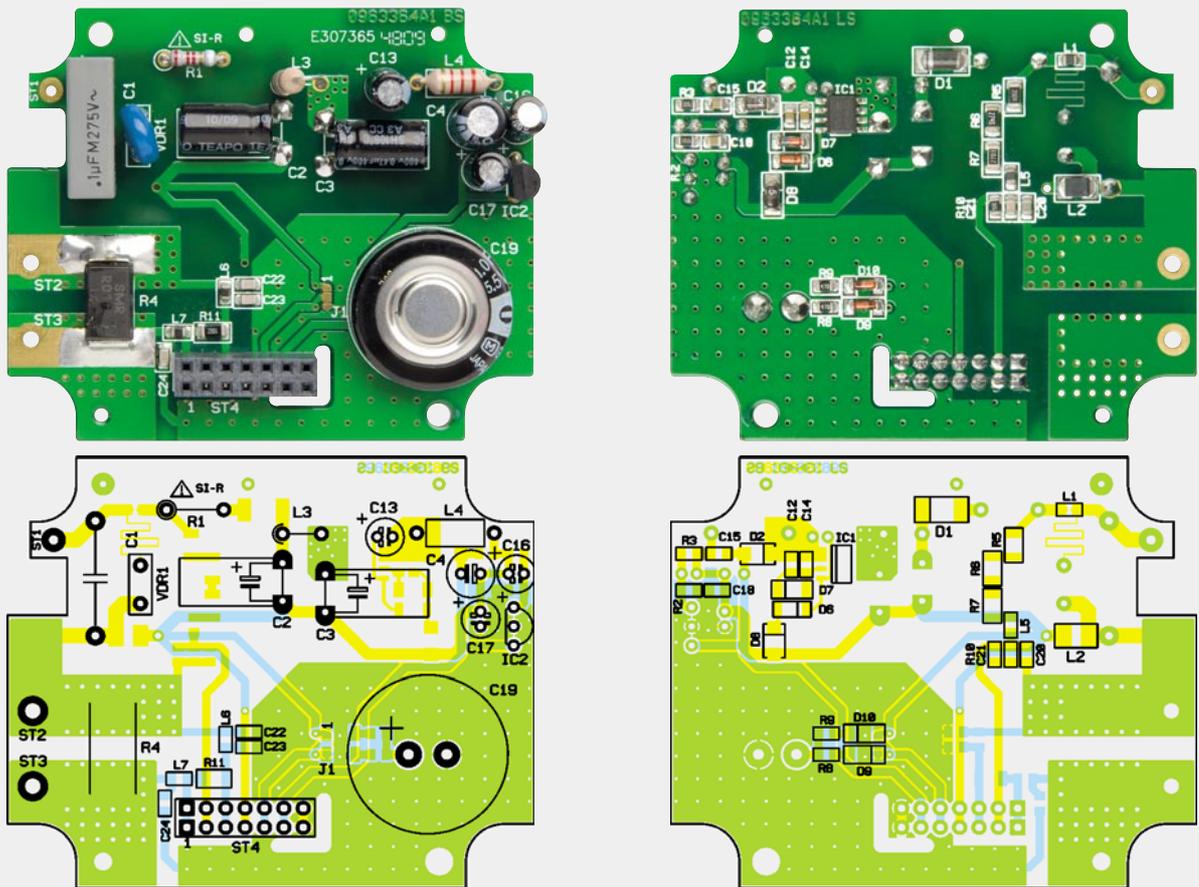
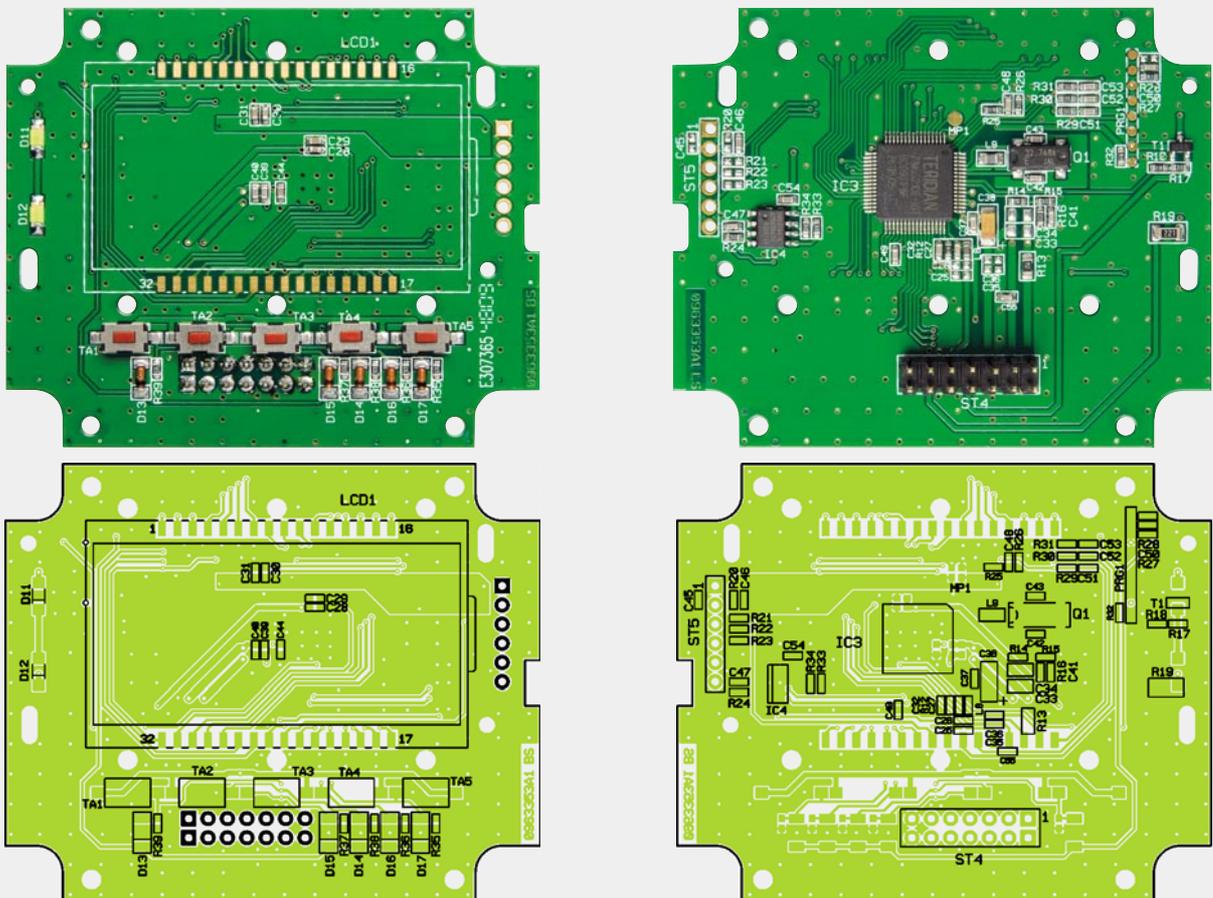


Bild 20: Kabel im Gehäuse mit Klebstoff sichern



Die Netzteilplatine mit den zugehörigen Bestückungsplänen, links die Platinenoberseite, rechts die SMD-Seite



Die Displayplatine mit den zugehörigen Bestückungsplänen, links die Displayseite, rechts die SMD-Seite



Bild 21: Innenansicht des fertig aufgebauten Gehäuseunterteils

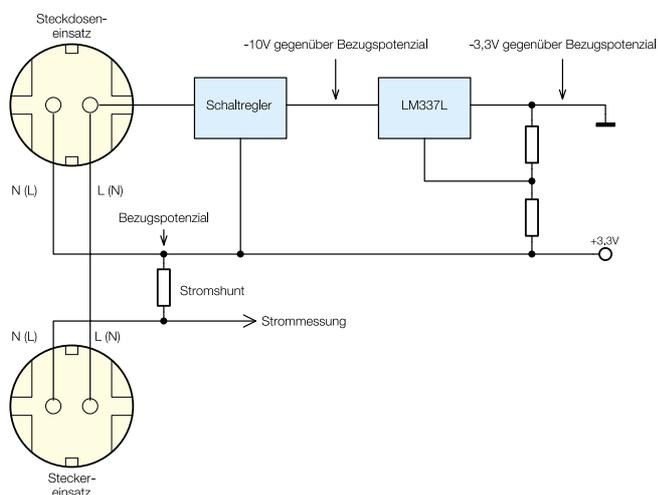


Bild 22: Verschrauben des Gehäuses

- |  |          |
|--|----------|
| 1 Steckerplatine, vorbestückt              |          |
| 1 Basisplatine, vorbestückt                |          |
| 1 Buchsenleiste, 2x 7-polig, gerade        | ST4      |
| 8 cm flexible Leitung,                     |          |
| ST1 x 0,5 mm <sup>2</sup> , Schwarz        | ST1      |
| 16 cm flexible Leitung,                    |          |
| ST1 x 1,5 mm <sup>2</sup> , Blau           | ST2, ST3 |
| 1 Displayplatine, vorbestückt              |          |
| LC-Display WT0904001B                      | LCD1     |
| 2 Leitgummis                               | LCD1     |
| Stiftleiste, 2x 7-polig, gerade,           |          |
| Länge 13,65 mm                             | ST4      |
| 1 Gehäusedeckel, silberfarben, bedruckt    |          |
| 1 Display-Rahmen                           |          |
| 1 Displayscheibe, transparent              |          |
| 1 Lichtverteilplatte mit                   |          |
| Heiß-Silber-Prägung, bedruckt              |          |
| 1 Diffusorfolie                            |          |
| 1 Reflektorfolie, glänzend, Weiß           |          |
| 1 Tastkappenset, Dunkelgrau, bedruckt,     |          |
| mit Schutzlack lackiert                    |          |
| 1 Gehäuseunterteil, bedruckt, Schwarz matt |          |
| 1 Steckdoseneinsatz OM54, Schwarz matt     |          |
| 1 Kindersicherung OM54, Grau               |          |
| 1 Druckfeder, ø 3,2 x 12 mm                |          |
| (Kindersicherung OM54)                     |          |
| 1 Stecker-Abdeckplatte V2, OM54,           |          |
| Schwarz matt                               |          |
| 1 Schutzleiterbrücke OM54,                 |          |
| komplett, punktgeschweißt                  |          |
| 1 Dosenkontakt 1 für OM54-Gehäuse          |          |
| 1 Steckereinheit ohne Sicherungshalter,    |          |
| komplett                                   |          |
| 2 TORX-Kunststoffschrauben, 3,0 x 6 mm     |          |
| 6 TORX-Kunststoffschrauben, 3,0 x 10 mm    |          |
| 7 TORX-Kunststoffschrauben, 1,8 x 6 mm     |          |
| 4 TORX-Kunststoffschrauben, 2,2 x 8 mm     |          |

Stückliste

### Stabilisierung der Versorgungsspannung des Energy Master



Das Netzteil des Energy Master wirkt auf den ersten Blick etwas unübersichtlich, da für alle Messungen die 3,3 V Versorgungsspannung des Energie-Messchips der Bezugspunkt ist. Das Blockschaltbild des Netzteils verschafft einen besseren Überblick über die grundsätzliche Funktionsweise dieses Schaltungsteils.

Zunächst ist der Bezugspunkt (3,3 V) direkt mit einem Pol des 230-V-Wechselstromnetzes (je nach Polung des Netzsteckers L oder N) und dem Bezugspunkt des Stromshunts (R 4) verbunden.

Aus diesem Grund arbeitet der sehr effiziente Schaltregler des Energy Masters als Negativregler, der zunächst eine Ausgangsspannung von ca. 10 V liefert. Eine galvanische Trennung ist nicht erforderlich. Für die Elektronik des Energy Masters erfolgt die weitere Stabilisierung mit Hilfe des einstellbaren 3-Pin-Präzisionsreglers vom Typ LM337L. Dieser Baustein ist einfach in der Beschaltung und verfügt über ausgezeichnete Regeleigenschaften.