

ELV journal

Mehr Wissen in Elektronik

PC-Funk-Hauszentrale

PC-Funk-Hauszentrale FHZ 1300

Steuert, regelt, schaltet, signalisiert, warnt ...

Schalten

Dimmen

Wetterabhängig steuern

Klimatisieren

JETZT ALS SCHNELL-BAUSATZ

Umwelttechnik



Luftgüte-Warner LG 300

Beurteilt die Luftqualität in Bezug auf eine Gaskontamination und warnt, wenn ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird.

S. 44

PC-Technik



Radio aus dem Internet: WLAN-Radio

Heute kann man über das Internet eine riesige Stationsauswahl genießen.

S. 55

Weitere Highlights aus unseren Technik-Themen:

- > Funk-Schalterschnittstelle S. 17
- > Funk-Sensor für elektrische Impulse S. 6
- > Holzfeuchte-Messgerät S. 22
- > Lötkolbentemperatur-Messgerät S. 12
- > Power-Saver PS 100 S. 48
- > Universeller Impulsgenerator S. 79



Handwerken wie die Profis ...

Dreifach gut – der neue Akkuschauber IXO III Jetzt auch mit Winkelschrauber- und Drehmomentvorsatz!

Die dritte Generation des bereits über 6 Millionen Mal verkauften Mini-Akkuschaubers Bosch IXO ist da – jetzt mit neuer Akku-Technik mit 30 % mehr Kapazität – 30 % mehr schrauben!

- » Super-kompakt-Schrauber mit Lithium-Ionen-Akku-Technik
- » PowerLight – durch die eingebaute Leuchtdiode haben Sie Ihr Werkstück stets gut beleuchtet im Blick
- » LED-Drehrichtungs- und Ladezustandsanzeige
- » Automatische Spindelarretierung zum manuellen Festziehen oder Lösen von Schrauben – unterstützt den Schrauber bei höheren Drehmomenten
- » Lieferung mit Ladestation mit perfekter Maschinenablage, Bitaufnahme und 10-tlg. Bit-Satz (inkl. Ikea-Bit). Inkl. Metallbox.

IXO III Set – DAS komplette Schraubensystem

Der IXO III mit Spezialaufnahme für:

- » Winkelaufsatz: für schwer zugängliche Montagestellen, achtfach verstellbar
- » Drehmomentaufsatz: für Arbeiten an empfindlichen und kleinen Teilen (10-stufige Einstellung)

Einfacher Aufsatzwechsel ohne Werkzeug.

Lieferung als Komplett-Set mit Ladestation, 10-tlg. Bit-Satz (inkl. Ikea-Bit), Drehmoment- und Winkelaufsatz. Inkl. Metallbox.



IXO III Set: vielseitig durch Drehmoment- und Winkelschrauberaufsatz



Ladestation mit Bitaufnahme und 10-tlg. Bit-Satz (IXO III und IXO III Set)

IXO III Set

€ 69,99
83-794-13

IXO III

€ 49,99
83-793-98



Drehzahl: 0...180 min⁻¹
Max. Drehmoment: 3 Nm
Gewicht: nur 0,3 kg
Bohrfutter: magnetischer Bithalter



Neue Akku-Generation:
30 % höhere Kapazität!



powered by
Li-Ion
technology

Der Li-Ion-Akku weist eine Reihe Vorteile auf, die ihn zur neuen Akku-Generation für den Einsatz in Maschinen prädestinieren:

- sehr geringe Selbstentladung – immer einsatzbereit, vermeidet den typischen Akku-Maschinen-effekt „1 Woche nicht gebraucht, Akku leer“, Selbstentladung unter 5 % im Jahr
- kein Memory-Effekt – Kapazität bleibt auch bei Teil-ladung erhalten, Akku muss nicht erst vollständig entladen werden
- kompakt und leicht mit hoher Energiedichte

- lange Standzeit durch besonders flache Entladekennlinie

Lithium-Akkus erfordern eine spezielle Ladetechnik – nur das jeweils mitgelieferte Ladegerät einsetzen!

BOSCH



Weitere Infos, Daten, Zubehör
usw. finden Sie unter:
www.bosch.elv.de

Der Allesstecher – Akku-Universalschneider XEO

Endlich mühelos und frei vom lästigen Netzkabel schneiden!
Mit dem XEO haben herkömmliche Schneidwerkzeuge ausgedient!
Schneidet mühelos flexible Materialien bis 6 mm Dicke: Dekomaterialien, Stoffe, Teppiche, PVC, Kartonagen sowie Blech (Weißblech bis 0,4 mm/Kupferblech bis 0,2 mm).

- » AutoSharp – die selbstschärfende Schneidklinge macht den Klingentausch überflüssig und bietet kontinuierlich gute Schnittleistung
 - » Ladezustandsanzeige durch LED
 - » Einschaltperre
 - » Ergonomisches Gerätedesign mit Softgrip
 - » Schneidleistung pro Akku-Ladung bis 150 m
- Lieferung mit Ladegerät und Metallbox

Bosch Akkuscherer Xeo		Oberklasse
Heimwerker Praxis	Ausgabe 6/2007	1,3
Preis/Leistung: sehr gut		



Drehzahl: 240 min⁻¹
Schnittstärke: bis 6 mm
Gewicht mit Akku: 0,4 kg

€ 49,99
83-794-16





Kraftvolle 180 Watt!

€ **99,99**
83-794-17



Präzise und kraftvoll:
Das Werkzeug schwingt oszillierend um nur 2,8° mit bis zu 20.000 min⁻¹ hin und her.

Mit Koffer!

Das „Schweizer Taschenmesser“ unter den Elektrowerkzeugen – Multifunktionswerkzeug PMF 180 E Multi

Schnell, präzise, sicher – kommt in die engsten Winkel

Der Alleskönner in Ihrer Werkstatt – sägt, trennt, schleift, poliert, fräst, raspelt ...

Diese Universal-Maschine kann durch ihr Oszillationsprinzip Arbeiten im Heimwerkbereich ausführen, die bisher in diesem Bereich kaum möglich waren – vom ansatzlosen und planen Tauchschnitt über feinste Schleifarbeiten bis hin zur schnellen Ausführung von Schlitzern, dem Entfernen von Fliesenfugen, Austausch von Fliesen, Abschleifen von Bodenbelagsklebern, Glätten alter Fliesenkleberschichten, präzisen Karosserie- und Schleifarbeiten, Möbelrestaurierungsarbeiten ...

- » Multifunktional und präzise durch Oszillationsfunktion
 - » Werkzeugaufnahme mit Universalschraube – schneller und unkomplizierter Wechsel aller Einsatzwerkzeuge
 - » Stufenlose Steuerung der Oszillationsgeschwindigkeit über Stellrad für materialgerechtes Arbeiten
 - » Einsatzwerkzeuge in verschiedenen Winkeln aufsetzbar – maximale Erreichbarkeit von schwer zugänglichen Stellen und randnahes Arbeiten
 - » Softgrip, kompaktes Gehäuse und optimale Ergonomie für eine sichere Führung und müheloses Arbeiten
 - » Anschluss zur Staubabsaugung – für staubfreies Arbeiten
 - » Umfangreiches Werkzeugsortiment als Zubehör erhältlich
 - » Gewicht: nur 1,2 kg, Betrieb an 230 V
- Lieferung im praktischen Kunststoffkoffer mit Bimetall-Segmentsägeblatt, Deltaschleifplatte, 6 Schleifblättern (K120, K80, K60), HCS-Tauchsägeblatt



Umfangreiches Zubehör bereits im Lieferumfang. Weiteres Zubehör unter: www.bosch.elv.de



Kabelkanal schneiden



Bodenbeläge, Kleber entfernen



Farbe entfernen



Arbeiten an Fliesen und Fugen



Rohre, Nägel, Schrauben plan zur Wand trennen

Haustechnik

**PC-Funk-Hauszentrale FHZ 1300 PC WLAN**

PC-Funk-Interface für die Anbindung des ELV-Funk-Haussteuersystems, des Funk-Gefahrenmeldesystems und der ELV-Wettersensoren an eine PC-basierte Haussteuerung per WLAN

Seite 69

22

**Holzfeuchte-Messgerät**

Kompakt-Messgerät zur einfachen und schnellen Ermittlung der Rest-Holzfeuchte in Brenn- und Bauholz

48

Power-Saver PS 100

Spart Strom durch die vollständige Geräteabschaltung von Stand-by-Geräten. Bequeme Ansteuerung durch bis zu 3 anlernbare IR-Gerätefernbedienungen

6

**HomeMatic-Funk-Sensor für elektrische Impulse**

Erkennt zuvor angelernte Stromimpulsfolgen, z. B. im Kfz Lichthupe, Blinker, und steuert HomeMatic-Aktoren an, z. B. zur Garagentoröffnung oder Beleuchtung. Sehr sichere Signalübertragung dank AES-Verschlüsselung

44

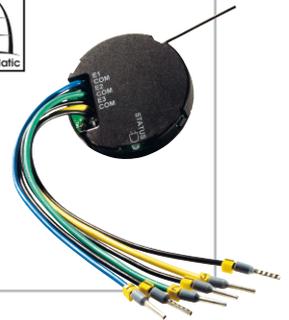
Luftgüte-Warner LG 300

Einfach zu handhabendes Warngerät, das die Beurteilung der Luftqualität in Bezug auf eine Gaskontamination erleichtert

17

3fach-Funk-Schalterschnittstelle

Batteriebetriebenes 3-Kanal-Unterputz-Sendegerät für den Anschluss von bis zu 3 Installations-Schaltern. Steuert HomeMatic-Aktoren wie Dimmer und Schalter an



26

Großer Leserwettbewerb

Fußbodenheizungs-Steuerung mit FS20-Komponenten, die zweite Variante, ausschließlich auf ELV-Gerätebasis

Haustechnik

HomeMatic-Funk-Sensor für elektrische Impulse	6
3fach-Funk-Schalterschnittstelle	17
Großer Leserwettbewerb	26
Power-Saver PS 100	48
PC-Funk-Hauszentrale FHZ 1300 PC WLAN	69

Werkstatt

Lötkolbentemperatur-Messgerät	12
Holzfeuchte-Messgerät	22

Messtechnik

Universeller Impulsgenerator, Teil 2	79
--------------------------------------	----

Umwelttechnik

Luftgüte-Warner LG 300	44
------------------------	----

60

Intelligente 3-Kanal-Temperaturregelung für PWM-Lüfter

Steuert bis zu 3 PWM-Lüfter nach Intel-PWM-Spezifikation, zusätzlich erfolgt eine Drehzahlanzeige und eine Alarmausgabe bei blockiertem Lüfter

55

Radio aus dem Internet

„Radio goes Internet“ – wir stellen Hintergrund, Gerätetechnik und die Praxis des Internet-Radioempfangs mit WLAN-Radios vor

32



Power-Schaltnetzteil SPS 5630 – 0-30 V/0-6 A

Das neue PWM-Labor-Schaltnetzteil arbeitet mit hohem Wirkungsgrad und ermöglicht sehr präzise Sollwert-Vorgaben für Ausgangsstrom und -spannung

74

Einführung in die digitale Signalverarbeitung

In Teil 8 unserer Serie beschäftigen wir uns mit der z-Transformation als diskreter Variante der Laplace-Transformation

79

Universeller Impuls-generator

Für die präzise Erzeugung von Impulsen im Puls-Pause-Bereich von 10 µs bis 10 s, extern triggerbar



39

Akkumulatoren – wiederaufladbare Speicher für elektrische Energie

Der Artikel zeigt die Historie, Wirkungsweise, Kenngrößen und Bauformen dieser wieder befüllbaren Speicher für elektrische Energie

66

Software-Schnittstelle für Funktionsgeneratoren DDS 10/DDS 110

Die Grundlage für die Programmierung eigener Software-Interfaces für die beliebten Signalgeneratoren: Wir legen die zugehörigen Übertragungsprotokolle offen!

12

LötKolbentemperatur-Messgerät

Batteriebetriebenes Messgerät für die schnelle und direkte Messung der Lötspitzentemperatur. Ideal für die genaue Temperaturkontrolle beim Verarbeiten temperaturempfindlicher Bauteile



PC-Technik

Radio aus dem Internet **55**

Intelligente 3-Kanal-Temperaturregelung für PWM-Lüfter **60**

Software-Schnittstelle für Funktionsgeneratoren DDS 10/DDS 110 **66**

Netzgeräte

Power-Schaltnetzteil SPS 5630 **32**

So funktioniert's

Akkumulatoren – wiederaufladbare Speicher für elektrische Energie **39**

Einführung in die digitale Signalverarbeitung, Teil 8 **74**

Rubriken

Die Neuen **84**

Bestellhinweise, Kundendienst, Impressum **113**

Vorschau auf die nächste Ausgabe **114**



HomeMatic – Funk-Sensor für elektrische Impulse

Der neue Funk-Sensor des HomeMatic-Systems kann bestimmte Stromimpulse in einer elektrischen Leitung auswerten und bei Erkennen einer zuvor gelernten Impulsfolge einen Aktor des HomeMatic-Systems bzw. die HomeMatic-Zentrale ansteuern. Ursprungsidee war dabei die sich eröffnende Möglichkeit, bequem über die zum Auto gehörende Funk-Fernbedienung und die Auswertung der optischen Quittungssignale des Autos auch das Garagentor öffnen und schließen zu können, ohne eine extra Fernbedienung bemühen zu müssen.

Aber auch andere Anwendungen, bei denen es gilt, bestimmte Impulsfolgen in einer gleichspannungsdurchflossenen Leitung für Meldungs- und Steuerzwecke auszuwerten, erschließen sich durch den Funk-Sensor HM-Sen-EP.

Bequem und sicher öffnen

Die Idee zum HM-Sen-EP ist aus der allseits bekannten morgendlichen Situation entstanden, das Auto zwar bequem mit seiner Fernbedienung öffnen zu können, die Garage, in der es steht, jedoch nicht. Diese Situation kennen alle, die keinen direkten Zugang zur Garage aus dem Haus haben.

Eine Lösung musste her, ohne gleich eine extra Fernbedienung für das Garagentor mitnehmen zu müssen. Ein Empfänger, der auf die Funksignale des Autoschlüssels reagiert, wäre eine Lösung gewesen, aber dieser hätte viele

Frequenzen und Funkprotokolle der zahlreichen Kfz-Modelle unterstützen müssen – nicht vernünftig lösbar.

Wesentlich einfacher auszuwerten ist dagegen das Kontrollblinken der Zentralverriegelung. Die meisten Autos mit einer Fernbedienung für die Zentralverriegelung geben ein solches Kontrollblinken auf ihren Blinkern aus, entweder von Haus aus oder nachträglich programmierbar. Bei den meisten Fahrzeugen gibt es unterschiedliche Blinkfolgen für das Ver- und Entriegeln, so dass man diesen Vorgängen zwei verschiedene HomeMatic-Kanäle zuordnen könnte.

Aus dieser Aufgabenstellung heraus entstand der HM-Sen-EP. Mit ihm ist es nun also möglich, die Garage zusammen mit dem Auto über dessen Fernbedienung zu öffnen. Die Verknüpfung vom Kontrollblinken der Zentralverriegelung und dem Öffnen des Garagentores birgt allerdings ein paar Probleme: Nachdem man aus der Garage gefahren ist, möchte man das Garagentor wieder schließen, ohne das Auto wieder zu verriegeln. Normales Blinken während der Fahrt könnte u. U. dazu führen, dass das Garagentor ungewollt und unbemerkt geöffnet wird. Und was tun, wenn man die Zentralverriegelung unabhängig vom Garagentor benutzen möchte? Diese Probleme können jedoch zum Teil mit Hilfe der HomeMatic-Zentrale gelöst werden, aber dazu später mehr.

Gerade in dieser sicherheitsrelevanten Anwendung kommen die diesbezüglichen Stärken des HomeMatic-Konzepts zum Tragen – die Datenübertragung erfolgt nicht nur bidirektional mit Empfangsbestätigung, sondern gleichzeitig auch verschlüsselt mit dem derzeit wohl sichersten Verschlüsselungsstandard AES, der u. a. auch bei WLAN-, WPA-2- (Wi-Fi) und SSL-Verschlüsselung eingesetzt wird. Mehr dazu finden Sie

Technische Daten: HM-Sen-EP

System:	HomeMatic
Protokoll:	BidCoS
Anzahl der Kanäle:	2
Signalaufnehmer:	induktiv, galvanisch getrennt
Stromaufnahme Stand-by:	ca. 5 µA
Stromaufnahme bei Signaleingang:	ca. 15 µA
Maximale Stromaufnahme:	ca. 50 mA
Spannungsversorgung:	2 x LR03/Micro
Batterielebensdauer:	ca. 7 Jahre
Abmessungen (Gehäuse):	90 x 40 x 24 mm
Antenne:	70 mm

unter http://de.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard. Damit übertrifft das System in puncto Sicherheit die bei weitem meisten Garagentor-Öffnungssysteme auf dem Markt. Selbst ein elektronisches Abhören der Funk-Signale würde einen Angreifer aufgrund des verwendeten Challenge-Response-Verfahrens nicht zum Erfolg führen.

Doch zurück zu unserem eigentlichen Projekt. Wahlweise kann der HM-Sen-EP ohne großen Programmier- und Installationsaufwand von der Lichthupe, dem Bremslicht oder anderen Beleuchtungseinrichtungen angesteuert werden. Dabei verhält sich der HM-Sen-EP ähnlich wie ein HomeMatic-Funk-Handsender mit 2 Tasten mit den Vorteilen, dass er nicht wie dieser vergessen oder verloren werden kann, nicht in Ablagefächern liegt und während der Fahrt klappert und auch nicht in diesen Fächern gesucht werden muss, wenn er gebraucht wird. Da er nicht direkt bedient werden muss, kann er auch unsichtbar im Auto verschwinden – und nur der Autobesitzer weiß, mit welchen Signalen er seine Garage öffnen kann. Ein wichtiger Aspekt auch unter dem Blickwinkel des Autofahrers, dessen Garage einen direkten und meist kaum besonders gesicherten Zugang zum Haus hat.

Die sonst bei der Fernbedienung vorhandenen Tasten werden beim HM-Sen-EP Kanäle genannt und können anders als ein Fernbedienungs-Tastenpaar separat angelehrt werden. Dabei ist Kanal 1 mit einer Einschaltdauer von 1 Sekunde für das Ansteuern eines Garagentores vorgesehen (Taster) und Kanal 2 mit einer Einschaltdauer von 3 Minuten z. B. für eine Außenbeleuchtung.

Installation

Der HM-Sen-EP kann über seinen induktiven Signalaufnehmer Impulsfolgen von Beleuchtungseinrichtungen oder anderen Gleichstromverbrauchern auswerten. Die Impulsfolge muss dabei aus relativ hohem, geschaltetem Gleichstrom bestehen, weshalb Xenon-Scheinwerfer aufgrund der Art ihrer Ansteuerung und der speziellen, gepulsten Spannungsversorgung eher ungeeignet sind. Auch LED-Beleuchtung wird bei modernen Kfz üblicherweise mit einem modulierten Strom betrieben, der die Funktion des HM-Sen-EP beeinträchtigen kann. Daher ist hier einfaches Glühlampenlicht zu bevorzugen.



Bild 1: So findet man die Leitungen, die an die Rückleuchte gehen. Rückleuchte und Stecker befinden sich meist hinter Abdeckungen.

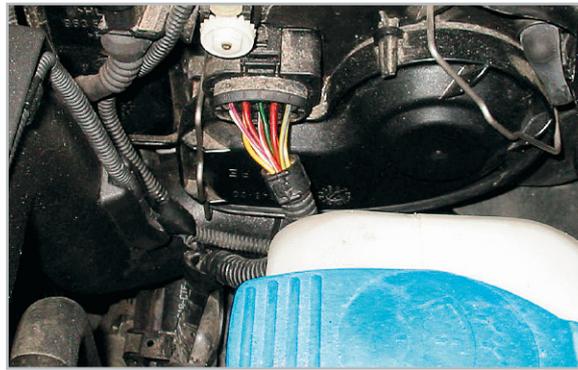


Bild 2: Auch die Leitungen zu den vorderen Scheinwerfern sind meist leicht zu finden.

gen. Die meisten Fahrzeuge verfügen heute immer noch, zumindest teilweise, z. B. über Blink- und Bremsleuchten mit Glühlampen. Und selbst wer Xenon-Hauptscheinwerfer hat – die Fernscheinwerfer sind meist immer noch mit H7-Halogenlampen bestückt. Und auch andere Leuchten wie Nebelscheinwerfer, Nebelschluss- oder Rückfahrleuchten sind für dieses Projekt einsetzbar.

Der HM-Sen-EP ist batteriebetrieben, so dass keine elektrischen Leitungen für die Versorgung des Gerätes nötig sind. Es muss nur die Leitung, die zur gewünschten Lampe in einer der Leuchten führt, in einer kleinen Schleife bzw. einigen Windungen um den Sensor gelegt werden, bei höheren Strömen ist nicht einmal dies notwendig, hier genügt die Platzierung des Sensors in der Nähe der richtigen Leitung. Daher ist als Einbauort eine Stelle zu wählen, an der diese Leitung zugänglich ist. Für Bremslicht, Blinker, Nebelschlussleuchte oder Rückfahrleuchte kann der HM-Sen-EP z. B. in der Nähe der Rückleuchten montiert werden (Abbildung 1).

Für die Lichthupe bietet sich ein Ort in der Nähe der vorderen Scheinwerfer (Abbildung 2) an. Bei der Unterbringung des Sensors im Motorraum ist allerdings darauf zu achten, dass der HM-Sen-EP vor Feuchtigkeit geschützt werden muss, also entweder wasserdicht einpacken oder an einem garantiert trockenen Ort platzieren.

Der HM-Sen-EP sollte aber nicht in der Nähe des Sicherungskastens montiert werden, auch wenn hier mit Sicherheit die benötigte Leitung zu finden ist. Hohe Ströme in Leitungen, die in unmittelbarer Nähe des HM-Sen-EP verlaufen, können vom Sensor fälschlicherweise erfasst werden. Die vielen Leitungen im Umfeld des Sicherungskastens können außerdem die Funkreichweite einschränken.

Generell sollte der HM-Sen-EP so platziert werden, dass die Antenne nicht direkt an Metallteilen anliegt oder zu dicht von Metallteilen abgeschirmt wird.

Tabelle 1: Leitungsfarben vieler deutscher Kfz-Hersteller (außer BMW)

Klemmenbezeichnung	Beschreibung	Farbe
L	Blinker links	Schwarz/Weiß
R	Blinker rechts	Schwarz/Grün
54	Bremslicht	Schwarz/Rot
56a	Fernlicht	Weiß

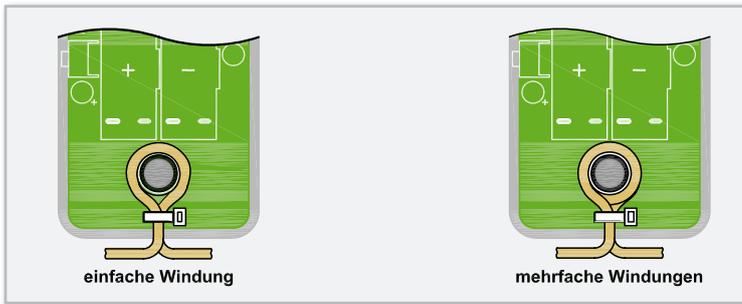


Bild 3: So wird die Leitung um den Sensor gelegt und mit dem Kabelbinder gesichert.

Richtwerte für die Empfindlichkeit des Sensors sind:

ca. 1 W (ca. 100 mA)	→	10 Windungen
ca. 10 W (ca. 1 A)	→	1 Windung
ca. 100 W (ca. 10 A)	→	3 cm Abstand

Abbildung 3 zeigt, wie die Leitung um den Sensor zu legen und sicher zu arretieren ist.

Wenn ein geeigneter Einbauort entdeckt wurde, muss die richtige Leitung gefunden werden. Die meisten deutschen Kfz-Hersteller (außer BMW) verwenden einheitliche Leitungsfarben (s. Tabelle 1), so dass man die benötigte Leitung direkt an der Farbe erkennen kann. Alternativ kann man die benötigte Leitung mit einer Prüflampe oder mit einem Zangenampereometer suchen.

Blinker und Bremslicht haben üblicherweise eine Leistung von 21 W, Fernlicht 60 W, so dass die zugehörige Leitung nur einmal um den Sensor gelegt werden muss. Bei Lampen mit geringeren Strömen und mehreren benötigten Windungen ist zu beachten, dass für die Windungen auch entsprechend mehr Leitungslänge benötigt wird.

Auch für eine einzelne Windung werden ein paar Zentimeter Leitungslänge benötigt. Man sollte aber nicht mit Gewalt an der Leitung des Kfz ziehen, um die benötigte Länge zu erhalten, ggf. muss ein anderer Einbauort gesucht werden, an dem mehr Leitungslänge zur Verfügung steht.

Wenn die benötigte Leitung mit anderen Leitungen zu einem Kabelbaum zusammengefasst ist, muss der Mantel des Kabelbaums auf einer Länge von etwa 10 cm entfernt werden (Abbildung 4). Jetzt kann die benötigte Leitung zu einer Schlaufe mit etwa 1 cm Durchmesser geformt und mit dem beiliegenden Kabelbinder fixiert werden (Abbildung 5).

Wenn man ein Garagentor über das Kontrollblinken der Zentralverriegelung steuern möchte, kann es hilfreich sein, die Blinkerleitung und die Fernlichtleitung gemeinsam zu ver-

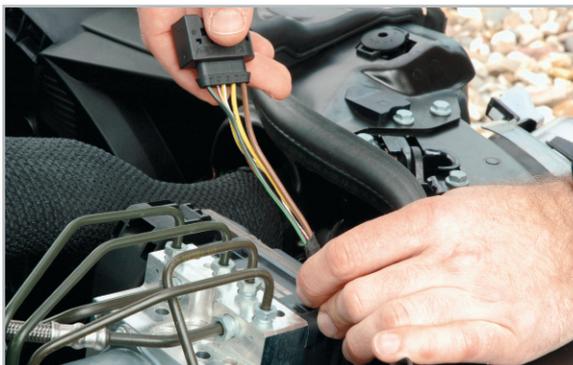


Bild 4: Um die benötigte Leitung aus dem Kabelbaum herauszulösen, ist dessen Mantel auf ca. 10 cm zu entfernen bzw. zurückzustreifen.

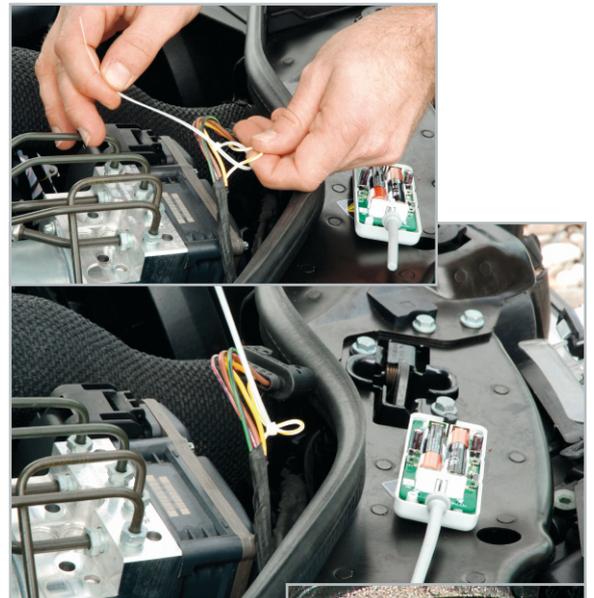
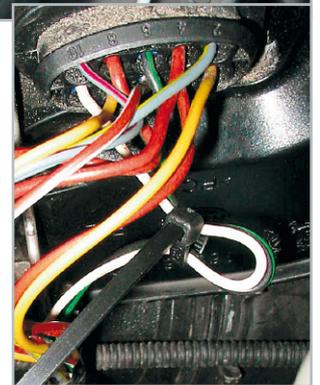


Bild 5: So wird die gewünschte Leitung aus dem Kabelbaum herausgenommen und mit dem Kabelbinder zu einer Schlaufe fixiert. Unten rechts ist bei einem weiteren Beispiel zu sehen, dass hier die Leitungen für Fernlicht und Blinker rechts zu einer Schlaufe zusammengefasst wurden.



wenden. So ist es später möglich, das Kontrollblinken der Zentralverriegelung mit der Lichttupe nachzuahmen. Damit schafft man sich eine Möglichkeit, das Tor unabhängig von der Zentralverriegelung anzusteuern, ohne einen zweiten HM-Sen-EP zu verwenden. Dazu muss in der Regel leider aber auch die Toleranz der Sequenzerkennung erhöht werden, was das Risiko eines ungewollten Auslösens während der Fahrt erhöht. Wenn man sich jedoch sicher ist, dass sich die Sequenz zum Öffnen des Tores von den üblichen Vorgängen während der Fahrt ausreichend unterscheidet, kann man den HM-Sen-EP durchaus so betreiben. Gerade die Lichttupe ist dazu gut geeignet: wer benutzt die schon, zumal mit einer genau kalkulierten Sequenz, direkt vor der eigenen Haustür?

Der HM-Sen-EP muss nun geöffnet (mit 2 Schrauben auf der



Bild 6: Hier ist die Leitung um den Sensor gelegt.

Bild 7: Das Gehäuse des Funk-Sensors wird geschlossen und das Gerät sicher und trocken untergebracht, hier hinter der Frontschürze, geschützt vor Spritzwasser und unsichtbar. Da die meisten Teile in diesem Bereich aus Kunststoff bestehen, wird auch die Funkreichweite nicht merkbar eingeschränkt.



Rückseite) und die vorbereitete Schlaufe um den Sensor geführt werden, wie es in Abbildung 6 zu sehen ist. Der Kabelbinder soll sich als Zugentlastung später im Inneren des Gehäuses befinden. Vor dem Schließen des Gehäuses sind noch die Batterien polrichtig entsprechend dem Platinaufdruck einzulegen. Abbildung 7 zeigt das geschlossene Gerät.

Wenn das Gehäuse wieder geschlossen ist, muss der HM-Sen-EP ggf. noch in geeigneter Weise befestigt (z. B. per Kabelbinder) und vor Feuchtigkeit geschützt werden. Ist der HM-Sen-EP anschließend nicht mehr zugänglich, sollte er jedoch davor an seine HomeMatic-Verknüpfungspartner bzw. die HomeMatic-Zentrale angelernt werden.

Dadurch, dass die Leitung um den Sensor nun in einer Schlaufe liegt, machen die anderen Leitungen einen relativ „weiten Bogen“ um den HM-Sen-EP herum, so dass sie die Erfassung der Blinkfolge nicht negativ beeinflussen sollten.

Bedienung

Eine vollständige Beschreibung der Bedienung ist in der mit dem Gerät mitgelieferten Bedienungsanleitung zu finden. Im Folgenden werden daher lediglich einige Besonderheiten und Eigenschaften erläutert, in denen sich der HM-Sen-EP von einem normalen HomeMatic-Funk-Handsender unterscheidet.

Blinkfolgen

Eine Blinkfolge wird im Folgenden als Sequenz bezeichnet, die aus bis zu 5 Pulsen besteht. Zu den Pulsen zählen auch die Pausen, also die Zeiten, in denen kein Strom durch die Lampe fließt (Abbildung 8).

Der HM-Sen-EP speichert beim Anlernen einer Sequenz für jeden seiner beiden Kanäle die Zeiten der 5 Pulse einer Sequenz und dazu einen Toleranzwert. Dabei handelt es sich um Kanalparameter, die, wenn vorhanden, auch auf der Benutzeroberfläche der HomeMatic-Zentrale erscheinen.

Für den Betrieb des HM-Sen-EP ist eine HomeMatic-Zentrale nicht zwingend erforderlich. Die Abbildung der Kanalparameter auf der Benutzeroberfläche der HomeMatic-Zentrale (Abbildung 9) dienen hier nur zur Verdeutlichung des Funktionsprinzips.

In dem in Abbildung 9 gezeigten Beispiel gilt:

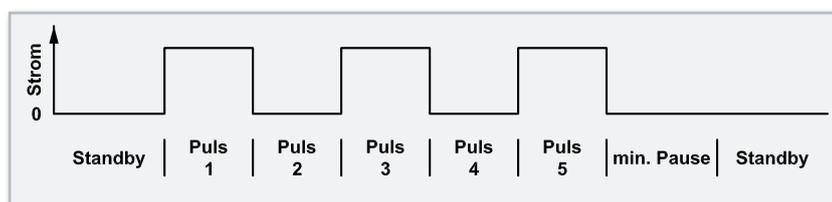


Bild 8: Je Sequenz sind maximal 5 Pulse inklusive Pulsphasen möglich.

Achtung!

Es ist genauestens darauf zu achten, dass nach dem Einbau weder der HM-Sen-EP noch die Leitungen in oder an bewegliche oder heiße Teile des Kfz geraten können. Im Motorraum ist insbesondere auf Riemer, Lüfter und die Abgasanlage zu achten. Außerdem dürfen durch den HM-Sen-EP keine Lufteinlässe versperrt werden. Es ist weiter darauf zu achten, dass der HM-Sen-EP auch durch Erschütterungen und während der Fahrt wirkende Beschleunigungs-, Verzögerungs- und Fliehkräfte nicht in oben genannte Teile geraten kann. **Der HM-Sen-EP ist als Bausatz nicht im Bereich der StVZO zugelassen.**

Name	Kanal	Parameter
HM-Sen-EP EEB0000430:1	Chn: 1	Wie oft soll die Lichtupe zum Auslösen des Aktors betätigt werden? <input type="text" value="Experte"/> Sequenz-Puls 1 <input type="text" value="0,496"/> Sequenz-Puls 2 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Puls 3 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Puls 4 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Puls 5 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Toleranz <input type="text" value="0,496"/>
HM-Sen-EP EEB0000430:2	Chn: 2	Wie oft soll die Lichtupe zum Auslösen des Aktors betätigt werden? <input type="text" value="Exco10"/> Sequenz-Puls 1 <input type="text" value="0,496"/> Sequenz-Puls 2 <input type="text" value="0,496"/> Sequenz-Puls 3 <input type="text" value="0,496"/> Sequenz-Puls 4 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Puls 5 <input type="text" value="NOT USED"/> Sequenz-Toleranz <input type="text" value="0,496"/>

Bild 9: Die Kanalparameter des HM-Sen-EP auf der Benutzeroberfläche der HomeMatic-Zentrale in der Experten-Ansicht

Kanal 1 → einmal Blinken
mit dem Puls-Eintrag:

1. Zeit ein

Kanal 2 → zweimal Blinken
mit den Puls-Einträgen:

1. Zeit ein

2. Zeit aus

3. Zeit ein

Es gibt auch andere Möglichkeiten, wie z. B.:

Kanal 1 → kurz, lang Blinken / Kanal 2 → lang, kurz Blinken

Beliebige Kombinationen aus bis zu dreimal Blinken sind möglich. Jeder der bis zu 5 Puls-Einträge kann dabei bis ca. 4 Sekunden lang sein.

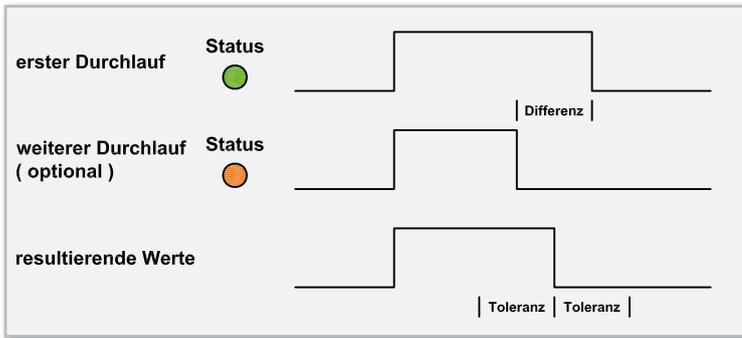


Bild 10: Die resultierende Pulslänge und der Toleranzbereich zweier Anlern-Durchläufe

Wenn der HM-Sen-EP eine Sequenz erkannt hat, sendet er den zugehörigen Schaltbefehl nicht unmittelbar danach. Es gibt zuvor noch eine Pause, deren Länge sich aus der Summe des längsten Pulses und der Toleranz ergibt. Diese Pause ist erforderlich, um eine Sequenz genauer identifizieren zu können. Im genannten Beispiel mit einmal Blinken für Kanal 1 und zweimal Blinken für Kanal 2 würde ohne diese Pause immer nur Kanal 1 reagieren, weil einmal Blinken in zweimal Blinken enthalten ist.

Die Mindestlänge für diese Pause beträgt 1 Sekunde, damit die Sequenz vom normalen Blinken der Blinker (Fahrtrichtungsanzeiger) während der Fahrt unterschieden werden kann. Diese Funktion macht es auch möglich, das Senden eines Schaltbefehls nach dem Erkennen einer Sequenz im Nachhinein noch zu unterbinden, indem ein oder mehrere weitere Pulse erzeugt werden. Hat man den HM-Sen-EP z. B. auf das Kontrollblinken der Zentralverriegelung angelernt und möchte die Zentralverriegelung benutzen, ohne dass der HM-Sen-EP einen Schaltbefehl sendet, kann man die Zentralverriegelung zweimal direkt hintereinander betätigen. Das zweite Kontrollblinken führt dann dazu, dass der HM-Sen-EP die Sequenz für ungültig erklärt und keinen Schaltbefehl sendet.

Generell sollte man für sicherheitsrelevante Funktionen, wie z. B. das Öffnen von Türen und Toren, möglichst lange Sequenzen mit kleinen Toleranzen verwenden. Einfache Sequenzen mit großen Toleranzen könnten ungewollt ausgelöst werden und damit z. B. ungewollt Türen und Tore öffnen, solange sich der HM-Sen-EP innerhalb der Funkreichweite befindet.

Anlernen von Sequenzen

Nachdem der HM-Sen-EP installiert ist, kann an jedem der beiden Kanäle eine Sequenz angelernt werden.

Alternativ kann man die gewünschte Sequenz auch in den Kanalparametern auf der Bedienoberfläche der HomeMatic-Zentrale eingeben oder verändern.

Wenn der HM-Sen-EP an eine HomeMatic-Zentrale angelernt ist, sollte er sich auch beim Anlernen der Sequenz innerhalb der Funkreichweite der Zentrale befinden, weil er die aktualisierten Kanalparameter direkt nach dem Anlernen an die Zentrale überträgt.

Für das Anlernen einer Sequenz an einen Kanal des HM-Sen-EP gilt:

Aufrufen:

- Kanaltaste (1 oder 2) lang drücken

Signalisierung durch Status-LED:

- grünes Leuchten: Sequenz ist leer, erster Durchlauf
- oranges Leuchten: weiterer Durchlauf zum Bestimmen der Toleranz

Beenden:

- wenn nicht der erste Durchlauf, nach Sequenz und ca. 4 Sek. Pause
- oder
- nach ca. 20 Sek.
- oder
- nach Tastendruck

Während die Status-LED leuchtet, muss also die gewünschte Sequenz ausgeführt werden (z. B. Lichthupe oder Zentralverriegelung betätigen). Mittels einer Wiederholung der Sequenz bei orange leuchtender Status-LED wird die Toleranz bestimmt.

Die Toleranz kann auch nachträglich noch angepasst werden. Dazu wird der oben beschriebene Anlernvorgang erneut durchgeführt. Die Status-LED leuchtet dann sofort orange, und die Sequenz muss wiederholt werden.

Der HM-Sen-EP speichert die maximale Abweichung der einzelnen Pulsängen gegenüber den gespeicherten Pulsängen als neuen Toleranz-Wert. Anschließend werden die Mittelwerte der Pulse in der Sequenz gespeichert. Abbildung 10 illustriert die beschriebenen Abläufe nochmals.

Löschen von Sequenzen

Falls ein Kanal des HM-Sen-EP nicht mehr genutzt werden soll, kann man eine bereits angelernte Sequenz löschen. Auch wenn eine Sequenz grundlegend verändert werden soll, ist die bereits gespeicherte Sequenz zunächst zu löschen. Für das Löschen einer Sequenz von einem Kanal des HM-Sen-EP gilt:

Schritt 1:

- Kanaltaste (1 oder 2) lang drücken
- Signalisierung durch Status-LED:
orangefarbenes Leuchten: Sequenz ist nicht leer

Schritt 2:

- Kanaltaste erneut lang drücken
- Signalisierung durch Status-LED:
grünes Leuchten: Sequenz ist leer

Beenden:

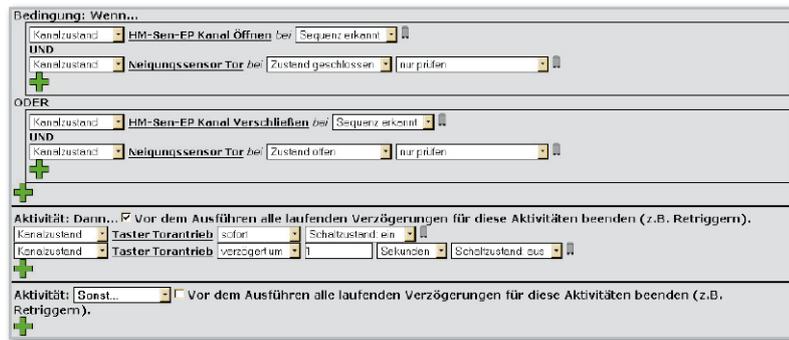
- nach ca. 20 Sek.
- oder
- nach Tastendruck

Direkte Verknüpfung

Wenn keine HomeMatic-Zentrale vorhanden ist oder die Verknüpfungspartner außerhalb der Reichweite der Zentrale liegen, muss der HM-Sen-EP direkt mit seinen Partnern verknüpft werden.

Mit direkten Verknüpfungen ist es auch möglich, beispielsweise einen Akteur zu Hause (z. B. Garagentor) und einen Akteur bei der Arbeit (z. B. Tor zum Firmengelände) anzusprechen,

Bild 11: Das HomeMatic-Programm Torsteuerung mit Neigungssensor



wenn sich der HM-Sen-EP in der jeweiligen Funkreichweite befindet.

Der HM-Sen-EP konfiguriert den Parameter „ON_TIME“ (Einschaltdauer) eines jeden direkt angelegten Verknüpfungspartners am Ende des Anlernvorganges automatisch um. Wie bereits erwähnt, ist Kanal 1 mit einer Einschaltdauer von 1 Sekunde für das Ansteuern eines Garagentores vorgesehen (Taster) und Kanal 2 mit einer Einschaltdauer von 3 Minuten z. B. für eine Außenbeleuchtung.

Außerdem wird die Authentifizierung mit AES-Verschlüsselung beim Verknüpfungspartner von Kanal 1 eingeschaltet. Auch ohne HomeMatic-Zentrale kann man also den Partner des HM-Sen-EP durch die Wahl des passenden Kanals beim direkten Anlernen dem gewünschten Verwendungszweck anpassen.

Einbindung in HomeMatic-Programme

Die erwähnten Probleme, die das Steuern eines Garagentores über das Kontrollblinken der Zentralverriegelung mit sich bringt, kann man zum Teil umgehen, wenn man die Steuerung über eine HomeMatic-Zentrale laufen lässt.

Auf deren Bedienoberfläche können der HM-Sen-EP und der Aktor zum Steuern des Tores in Programme eingebunden werden. Diese Programme bieten vielfältige Möglichkeiten. Im Folgenden wollen wir nur ein Beispiel beschreiben, das es erlaubt, die Zentralverriegelung auch zu benutzen, wenn das Auto nicht in der Garage abgestellt wird, sich aber dennoch innerhalb der Funkreichweite befindet.

Dazu wird neben dem HM-Sen-EP auch ein Neigungssensor (HM-Sec-TiS) am Garagentor benötigt. Dieser Neigungssensor informiert die Zentrale über den aktuellen Zustand des Tores („Offen“ oder „Verschlossen“). Mit Hilfe dieser Information kann man zunächst die Kommandos „Öffnen“ oder „Verschließen“ gezielt an den Torantrieb senden, auch wenn dieser nur einen Taster-Eingang hat.

Dazu legt man im Programm fest, dass der Aktor zum Steuern des Tores nur dann angesprochen wird, wenn der HM-Sen-EP einen Schaltbefehl über den Kanal, der zum Öffnen vorgesehen ist, sendet und das Tor geschlossen ist, nicht aber, wenn das Tor bereits geöffnet ist, weil es sonst wieder zufahren würde. Für den Kanal, der zum Verschließen vorgesehen ist, gilt diese Bedingung entsprechend umgekehrt. Abbildung 11 zeigt das Programm der Torsteuerung mit dem Neigungssensor.

Für das fallweise vom Torantrieb unabhängige Benutzen der Zentralverriegelung wird jetzt eine „Systemvariable“ mit dem

Namen „ZV separat“ angelegt. Wenn diese Systemvariable „wahr“ ist, soll das Tor nicht auf den HM-Sen-EP reagieren. Auf „wahr“ gesetzt wird diese Variable immer dann, wenn die oben genannten Bedingungen nicht erfüllt sind. Das heißt, wenn man das Auto vor der Garage abstellt und es mit der Zentralverriegelung abschließt, führt der daraufhin gesendete Verschließen-Schaltbefehl bei verschlossenem Tor dazu, dass „ZV separat“ auf „wahr“ gesetzt wird. Wenn man das Auto später mit der Zentralverriegelung wieder entriegelt, bleibt das Tor verschlossen. Lediglich die Variable „ZV separat“ wird wieder auf „falsch“ gesetzt, so dass das Tor wieder angesteuert werden kann. In Abbildung 12 ist das für den beschriebenen Ablauf eingeebnete Programm zu sehen.

Schaltbefehl per Taste senden

Zu Versuchszwecken sendet der HM-Sen-EP den Schaltbefehl eines Kanals außer nach dem Erkennen der zugehörigen Sequenz auch nach einem kurzen Tastendruck auf die jeweilige Kanaltaste (1 oder 2).

Im nächsten Teil beschreiben wir die Schaltung und den Nachbau. **ELV**

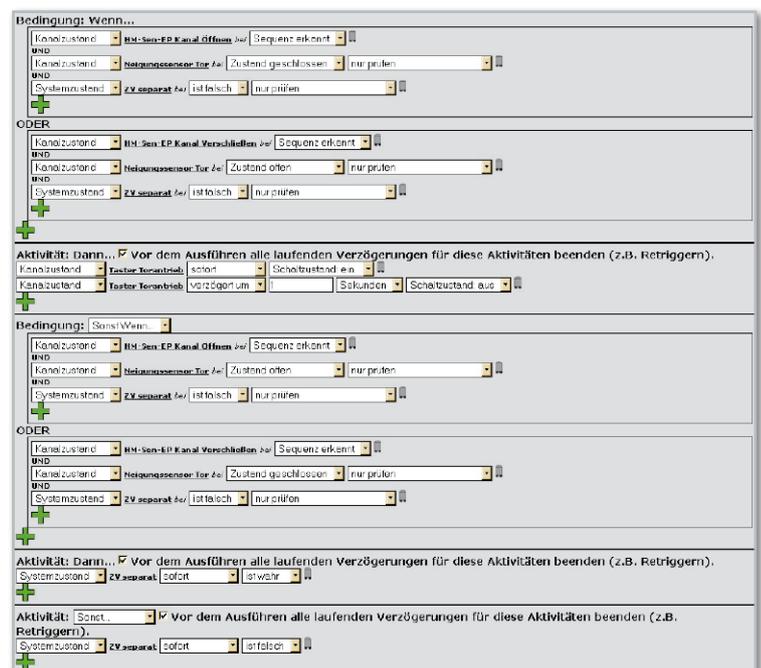


Bild 12: Das HomeMatic-Programm Torsteuerung mit Neigungssensor und fallweise separater Zentralverriegelung



LötKolbentemperatur-Messgerät

Die Einhaltung einer exakten Lötspitzen-Temperatur ist beim Verarbeiten empfindlicher Bauteile ein Muss, will man keine Verluste und Misserfolge riskieren. Aber nicht immer steht eine Lötstation mit exakter Lötspitzen-Temperaturanzeige zur Verfügung.

Dieses kleine, batteriebetriebene Messgerät basiert auf einem interessanten Sensorkonzept und zeigt die reale Lötspitzen-Temperatur exakt an.

Genau gemessen

Das heutige bleifreie Löten basiert u. a. auf einer systembedingt erhöhten Löttemperatur, um die beteiligten Materialien elektrisch und mechanisch mit einer exakten Lötstelle zu verbinden. Gerade hier zeigt sich bei empfindlicheren Bauteilen eine Tücke – sie sind bei Einsatz der vollen Löttemperatur thermisch überfordert. Eine auf einen bestimmten LötKolben abgestimmte Lötstation mit exakter Messung der Lötspitzen-Temperatur steht aber nicht jedem zur Verfügung und wird auch nicht immer gebraucht – denn meist genügt das „grobe“ Voreinstellen der Temperatur an der Lötstation. Das grenzt aber bei einfachen Lötstationen unter Einsatz von LötKolben

ohne interne Temperaturerfassung an Kaffeesatz-Leserei, so entstand die Idee, einen Temperatur-Anzeiger zu entwickeln, der auch nicht wesentlich beim Löten aufhält, einfach handhabbar und zudem preiswert sein sollte.

Heraus kam dieses Gerät mit zwei Anzeigefunktionen: Im Normalbetrieb wird, über einen normalen Sensor auf der Platine erfasst, die Umgebungstemperatur angezeigt. Sobald man mit dem LötKolben den dafür vorgesehenen Sensor berührt, wird dies vom Mikrocontroller erkannt (ab 80 °C), und die Temperaturanzeige schaltet automatisch auf LötKolbentemperatur-Anzeige um. Der LötKolbentemperaturmodus wird durch die zusätzliche Bargraph-Anzeige angezeigt.

Als Temperatursensor kommt ein in dieser Anwendung recht origineller Hochtemperatursensor, ein NiCr-Ni-Thermoelement, zum Einsatz. Mit ihm lassen sich theoretisch Temperaturen im Bereich von -40 °C bis $+1000\text{ °C}$ messen.

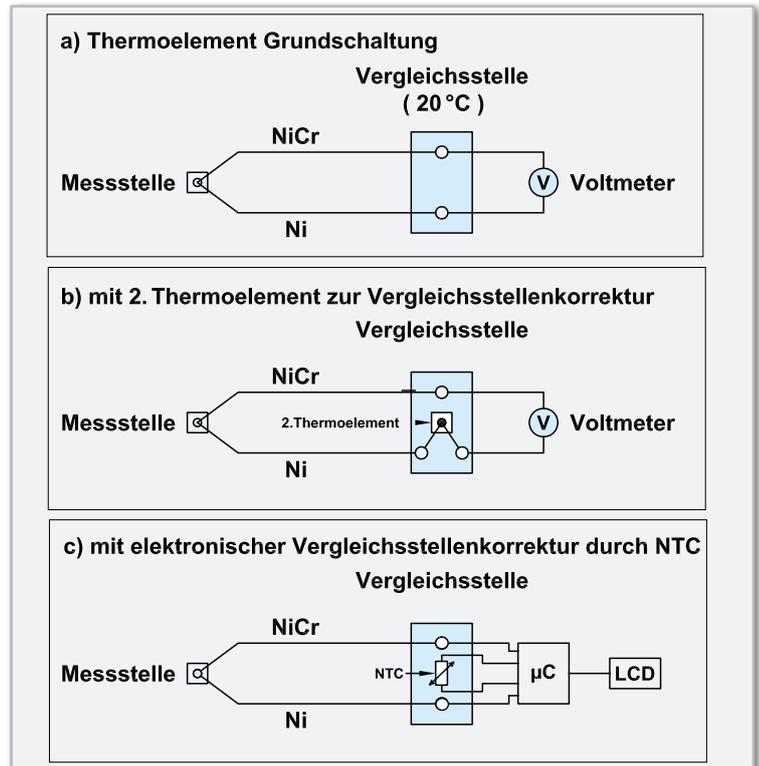
Der mechanische Aufbau ist speziell für eine 3-Punkt-Befestigung ausgelegt. Somit ist eine einfache Montage, z. B. auf einer Platine, möglich.

Der Sensor ist für die Lötspitze einfach zugänglich, erfordert kein zeitraubendes (und verletzungsgefährdetes) Anlegen eines Sensors o. Ä. und stellt in seinem konstruktiven Aufbau eine originelle Praxislösung dar.

Technische Daten: LTT 1

Versorgungsspannung:	9-V-Batterie (6LR61)
Stromaufnahme:	60 μA
Anzeigebereich:	Umgebungstemperatur -10 °C bis 40 °C , LötKolbentemperatur 100 °C bis 550 °C
Abmessungen:	84 x 68 x 46 mm

Bild 1: Die diskutierten Einsatzvarianten eines Thermoelements



Grundlagen der Thermoelemente

Mit einem Thermoelement lassen sich relativ hohe Temperaturen (bis 1500 °C) messen, je nach Bauart und Material. Bei diesen Sensoren wird der sogenannte Seebeck-Effekt genutzt (benannt nach dem Entdecker: Thomas Johann Seebeck, 1770–1831, Entdeckung des thermoelektrischen Effekts: 1821).

Das Prinzip des thermoelektrischen Effekts: Weist ein elektrischer Leiter an unterschiedlichen Stellen Temperaturdifferenzen auf, entsteht an den Enden bzw. an zwei verschiedenen Messstellen auf dieser Leitung eine Spannung (Thermospannung). Diese Spannung entsteht durch Thermodiffu-

sion. Jedes leitfähige Material besitzt einen unterschiedlichen Seebeck-Koeffizienten (V/K). Um die Spannung in der Praxis messen zu können, verwendet man zwei verschiedene Leiter mit unterschiedlichen Koeffizienten. In unserem Beispiel besteht der eine Leiter aus einer Nickel-Chrom-Legierung (NiCr) und der andere Leiter aus Nickel (Ni). Abbildung 1a zeigt solch eine Grundschaltung. Die Spannung wird an den kalten Enden des Leiters (Vergleichsstelle) gemessen. Die gemessene Spannung ist die Differenz zwischen der

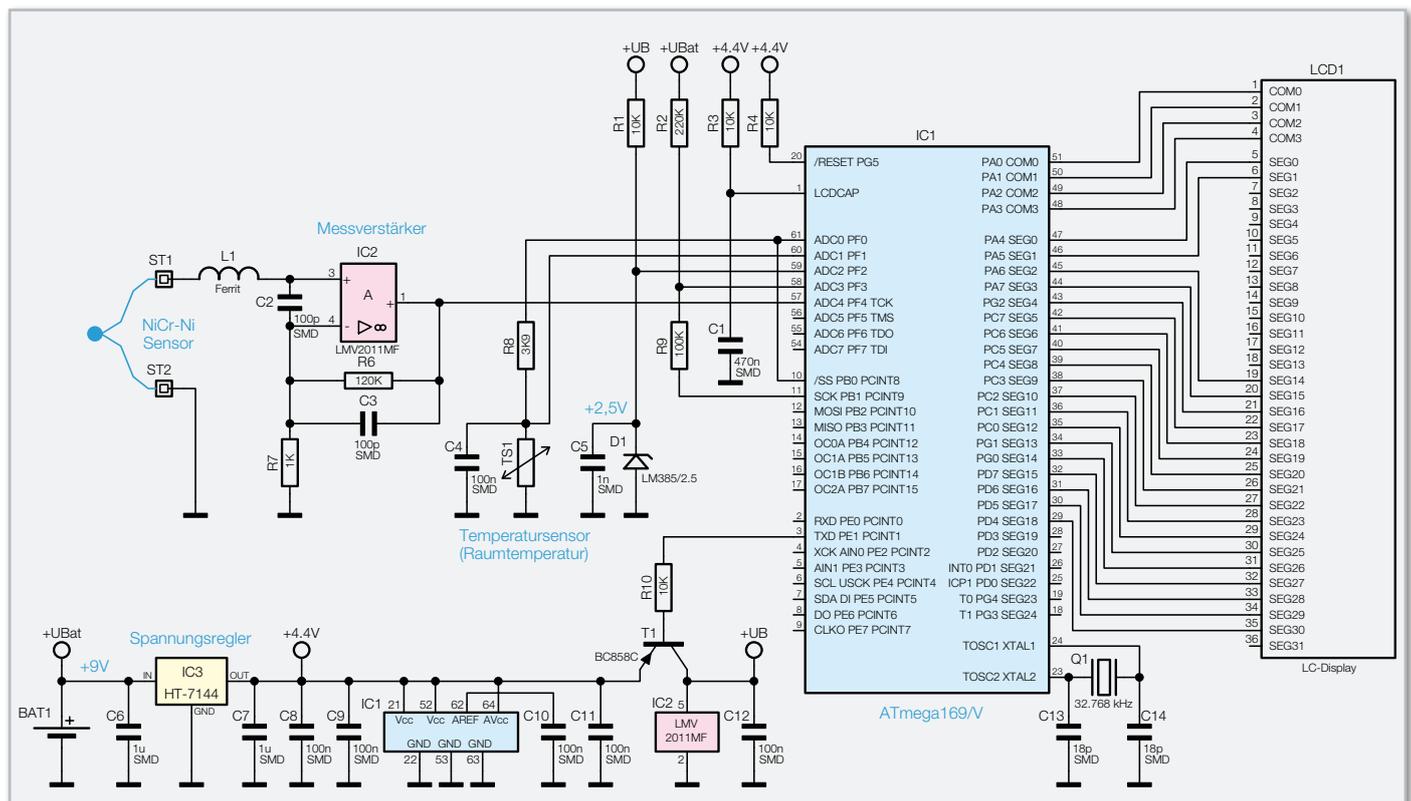
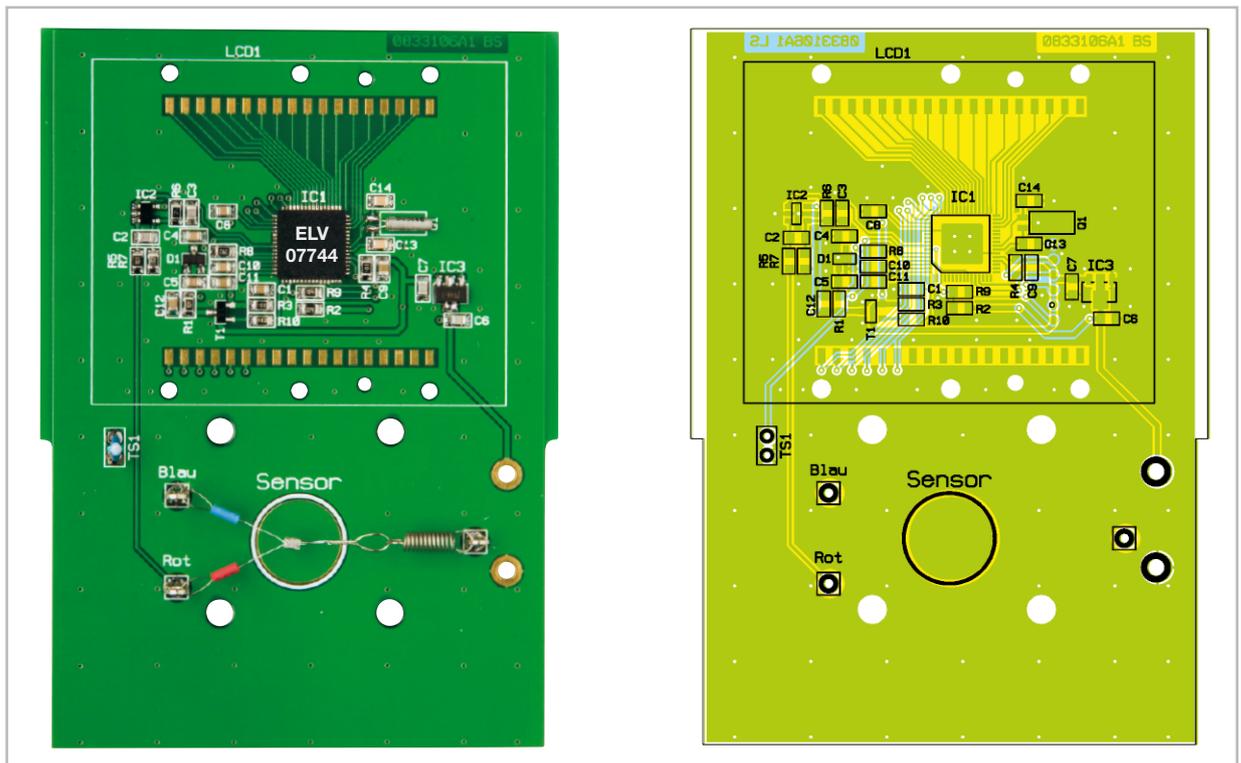


Bild 2: Schaltbild des Lötkolbentemperatur-Messgerätes



Ansicht der fertig bestückten Platine des LTT 1 mit zugehörigem Bestückungsplan

Messstelle (Fühler) und der Vergleichsstelle. In der Regel wird davon ausgegangen, dass die Vergleichsstelle eine Temperatur von 20 °C (Zimmertemperatur) aufweist. Ist die Temperatur höher als an der Vergleichsstelle, ist die Spannung positiv. Im umgekehrten Fall – die Messstelle ist kälter als die Vergleichsstelle – ist die Spannung negativ. Bei einem NiCr-Ni-Sensor liegt die Spannung (V/K-Konstante) bei 40,6 $\mu\text{V/K}$. Ist die Temperatur (Raumtemperatur) an der Vergleichsstelle unterschiedlich, muss eine Vergleichsstellenkorrektur vorgenommen werden. Dies kann z. B. durch einen zweiten Sensor erfolgen, der an der Messstelle (Übergang Fühlerkabel – Gerät) eingefügt wird. Dieser Sensor muss aus dem gleichen Material bestehen wie der Messfühler. Dieses Schaltungsprinzip ist in Abbildung 1b dargestellt. Die gemessene Spannung entspricht der Temperaturdifferenz der beiden Messstellen. Eine weitere Möglichkeit ist die elektronische Vergleichsstellenkorrektur (siehe Abbildung 1c). Hier wird mit einem beliebigen Temperatursensor, der sich an der Vergleichsstelle oder in deren Nähe befindet, die Raumtemperatur an der Vergleichsstelle gemessen. In Abbildung 1c ist dies durch einen NTC-Sensor angedeutet. Mit einem nachgeschalteten Mikrocontroller (mit A/D-Wandler) kann nun die Thermospannung und die Raumtemperatur (Vergleichsstelle) gemessen werden. Anhand dieser beiden Daten kann der Controller die Fühlertemperatur relativ genau errechnen und auf eine entsprechende Anzeige (z. B. LC-Display) ausgeben. Genau auf diesem Prinzip basiert die Schaltung des LötKolbentemperatur-Messgerätes.

Schaltung

In Abbildung 2 ist das Schaltbild des LötKolbentemperatur-Messgerätes dargestellt. Die Ansteuerung des LC-Displays

und die Messwerterfassung übernimmt der hochintegrierte Mikrocontroller IC 1 vom Typ ATmega169V. Durch die sehr niedrige Stromaufnahme kann der Controller und somit auch die Schaltung immer eingeschaltet bleiben, weshalb auch ein Ein/Aus-Schalter fehlt. Im Normalbetrieb wird, wie schon erwähnt, die Raum- bzw. Umgebungstemperatur angezeigt. Der Temperaturenfänger hierfür ist TS 1, vom Typ AT103. Dieser Sensor, auch Thermistor (NTC) genannt, weist einen negativen Temperatur-Koeffizienten auf, d. h. bei steigender Temperatur sinkt der Widerstandswert. Bei einer Temperatur von z. B. 25 °C nimmt der NTC einen Widerstandswert von genau 10 k Ω an. Ein wesentlicher Vorteil dieses Sensortyps ist, dass für alle Temperaturen die Widerstandswerte des Sensors genau bekannt sind (hierfür existiert für diesen Sensortyp ein genaues Datenblatt). Hierdurch ist, bei entsprechender Beschaltung, eine Temperaturmessung ohne aufwändigen Abgleich möglich.

Damit der Mikrocontroller den Widerstandswert des Sensors ermitteln kann, ist ein zweiter Widerstand in Reihe geschaltet (R 8), wodurch sich ein Spannungsteiler ergibt. Dieser Spannungsteiler wird von Pin 61 des Controllers mit UB (4,4 V) versorgt. Über den A/D-Wandler-Eingang ADC 1 (Pin 60) wird nun die Spannung über TS 1 gemessen. Anhand dieser Spannung und der bekannten Größen kann der Controller nun den Widerstandswert und somit die Temperatur errechnen.

Um Batterie-Kapazität zu sparen, findet diese Messung nur einmal in der Sekunde statt, weshalb dieser Spannungsteiler nicht direkt an UB liegt, sondern vom Controller geschaltet wird.

Aus dem gleichen Grund wird der Messverstärker (IC 2) für das Thermoelement ebenfalls nur für die Dauer der Messung aktiviert. Dies erfolgt mit dem durch den Controller angesteuerten Schalttransistor T 1. Die Spannung +UB ist somit nur für den Zeitraum der Messung präsent.

Das Thermoelement wird über die beiden Lötstifte ST 1 und ST 2 mit der Schaltung kontaktiert. Der Chip-Ferrit L 1 und der Kondensator C 2 unterdrücken hochfrequente Störsignale. Der nachfolgende nichtinvertierende Operationsverstärker IC 2 hat einen Spannungsverstärkungsfaktor von 121, der von den beiden Widerständen R 6 und R 7 bestimmt wird. Durch die sehr guten technischen Daten dieses Präzisions-Operationsverstärkers vom Typ LMV2011 (niedriger Offset usw.) ist ein Abgleich dieser Stufe nicht notwendig. Die verstärkte Analogspannung gelangt zur Messung auf den A/D-Wandler-Eingang ADC 4 (Pin 57) von IC 1.

Damit IC 1 seinen internen A/D-Wandler abgleichen bzw. den Skalenfaktor ermitteln kann, wird an Pin 59 eine externe, von der „Z-Diode“ D 1 stabilisierte Referenzspannung von 2,5 V zugeführt. D 1 ist in Wirklichkeit ein elektronischer Schaltkreis, dessen Funktion einer Z-Diode ähnelt, nur eben mit besseren technischen Eigenschaften.

Da die Schaltung eine Spannung von 4,4 V benötigt, erfolgt die Spannungsversorgung mittels einer 9-V-Batterie mit nachgeschaltetem Spannungsregler (IC 3). Dieser Spannungsregler IC 3 (HT7144) ist durch seinen geringen Eigenstrombedarf speziell für batteriebetriebene Schaltungen ausgelegt.

Zur „LOW-Bat.“-Erkennung wird die Batteriespannung (9 V) mit dem Spannungsteiler R 2 und R 9 heruntergeteilt und auf den A/D-Wandler-Eingang ADC 3 (Pin 58) gegeben. Der „Fußpunkt“ dieses Spannungsteilers liegt nicht, wie erwartet, an Masse, sondern wird vom Controller intern nur während der Messphase an Masse geschaltet. Hierdurch spart man wiederum wertvolle Batterie-Kapazität. Unterhalb einer Batteriespannung von 6 V erscheint das „BAT“-Symbol im Display. Unterhalb dieser Spannung ist eine einwandfreie Funktion der Schaltung nicht mehr gewährleistet, und die Batterie sollte gewechselt werden.

Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich recht einfach, da die Platine bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert wird, so dass nur die mechanischen bzw. bedrahteten Bauteile zu bestücken sind. Somit umgeht man eventuelle Handling- und Bestückungsprobleme auf der Platine. Hier ist lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Zuerst sollten der Quarz Q 1 und der Temperatursensor TS 1 bestückt und verlötet werden. Überstehende Anschlussenden von TS 1 sind mit einem Seitenschneider abzuschneiden.

Kommen wir nun zur Montage des Displays, welches fast alle SMD-Bauteile überdeckt. Es ist so in den Klarsicht-Halterahmen zu legen, dass die kleine Glasverschweißung an der linken Displayseite in die zugehörige Aussparung des Rahmens ragt (siehe Abbildung 3).

Dann ist der Befestigungsrahmen von der rechten Seite aufzuschieben und mit zwei Leitgummistreifen zu bestücken. Die Montage der zusammengebauten Displayeinheit auf der Platine erfolgt durch vorsichtiges und gleichmäßiges Verschrauben (über Kreuz verschrauben) mit sechs Schrauben 2,0 x 5 mm.

Stückliste: LötKolbentemperatur-Messgerät LTT 1

Widerstände:

1 k Ω /SMD/0805	R7
3,9 k Ω /SMD/0805	R8
10 k Ω /SMD/0805	R1, R3, R4, R10
100 k Ω /SMD/0805	R9
120 k Ω /SMD/0805	R6
220 k Ω /SMD/0805	R2

Kondensatoren:

18 pF/SMD/0805	C13, C14
100 pF/SMD/0805	C2, C3
1 nF/SMD/0805	C5
100 nF/SMD/0805	C4, C8–C12
470 nF/SMD/0805	C1
1 μ F/SMD/0805	C6, C7

Halbleiter:

ELV07744/SMD	IC1
LMV2011/SMD	IC2
BC858C	T1
LM385-2,5V/SMD	D1
LC-Display	LCD1

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	Q1
Chip-Ferrit, 0805	L1
Temperatursensor	TS1
Temperatursensor 103AT-2	TS2
Lötstift mit Lötöse	ST1–ST3
1 9-V-Block-Batteriehalter, print	
1 Zugfeder, 2,5 x 0,36 x 6,8 mm	
2 Leitgummis	
1 Display-Scheibe	
1 Displayrahmen	
6 Kunststoffschrauben, 2,2 x 5 mm	
4 Knippingschrauben, 2,2 x 6,5 mm	
2 Kunststoffschrauben, 2,5 x 6 mm	
1 Distanzplatte für Batteriehalter, bearbeitet	

Für die Befestigung des Sensors sind 3 Lötstifte mit Lötöse zu bestücken. Diese Lötstifte erhalten, wie in Abbildung 4 dargestellt, eine seitliche Einkerbung zur Aufnahme der Sensordrähte bzw. der Zugfeder. Diese Einkerbungen lassen sich einfach mit einem Seitenschneider vornehmen. Nachdem die

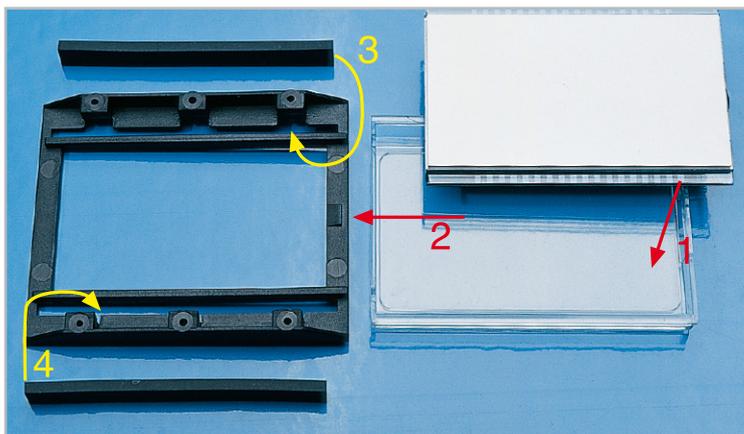


Bild 3: Montage des Displays

Lötstifte auf der Platinenunterseite verlötet sind, wird der Sensor mit der Zugfeder in Lötstifte eingehängt (siehe Abbildung 5). Hierbei ist auf die richtige Zuordnung der Farben (Rot und Blau) an den Anschlussdrähten zu achten.

Der Batteriehalter befindet sich auf der Rückseite der Platine und wird mit einem Kunststoffhalter befestigt (siehe Abbildung 6). Zuerst verschraubt man den Batteriehalter mit vier Schrauben 2,2 x 6,5 mm auf dieser Kunststoffplatte. Anschließend biegt man die beiden Anschlüsse der Batteriekontakte rechtwinklig um, bis diese bündig mit der Kunststoffplatte abschließen. Es verbleibt eine Fläche von ca. 2 mm Breite, die zum Anlöten auf der Platine dient. Nun wird diese Einheit auf die Rückseite der Platine gelegt und von vorn mit zwei Schrauben 2,5 x 6 mm befestigt. Nun können auch die beiden Batteriekontakte verlötet werden.



Bild 4: Die mit dem Seitenschneider eingeschnittenen Lötstifte halten den Sensor sicher fest.



Bild 5: So wird der Sensor zusammen mit der Zugfeder in die Lötstifte eingehängt.

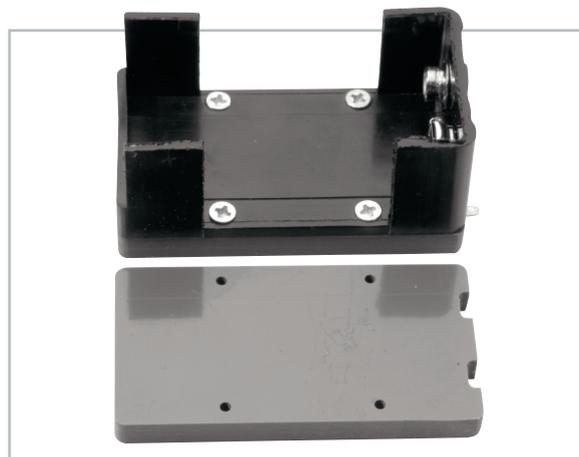


Bild 6: Die Kunststoffplatte für den Batteriehalter (oben)

Zum Schluss sind die beiden seitlichen Platinen, die zur Standfestigkeit der Einheit notwendig sind, mit der Hauptplatine zu verlöten. Nach dem Einsetzen der 9-V-Batterie ist die Schaltung einsatzbereit, Abbildung 7 zeigt das fertig montierte Gerät mit eingesetzter Batterie.

Tipps zum praktischen Einsatz

Vor der Messung sollte die Lötspitze gereinigt, also von überflüssigem Lötzinn und Fluxmittel befreit werden, um einen guten Wärmeübergang zu gewährleisten. Der mit der Lötspitze zu berührende Messpunkt ist der Knotenpunkt der Sensordrähte, der unterhalb des Sensors auf der Platine mit einem weißen Kreis gekennzeichnet ist. **ELV**

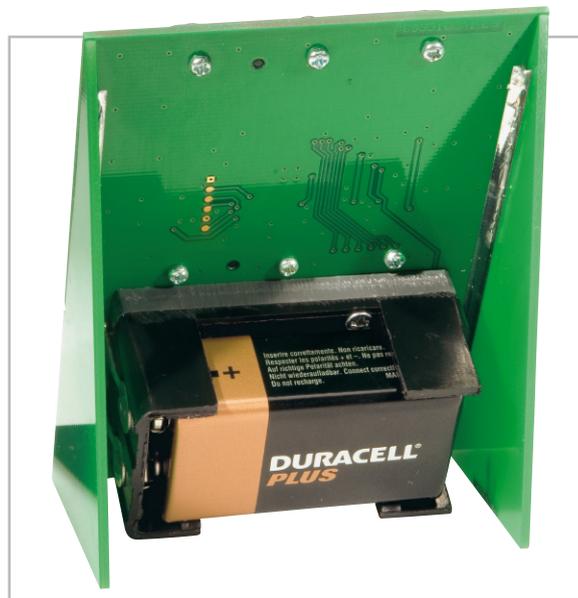


Bild 7: Das fertig montierte Gerät von der Rückseite gesehen



3fach-Funk-Schalterschnittstelle

Das neue Steuergerät für das HomeMatic-System verfügt über drei Eingänge für normale Elektroinstallationsschalter, ist batteriebetrieben und unter Putz installierbar. Damit kann das kompakte Gerät diskret in die normale Installationstechnik des Hauses eingebunden werden.

Sie ist weg ...

Moderne Haustechnik wird von allen Nutzern am meisten akzeptiert, wenn sie nirgendwo zu sehen ist. Gleichzeitig bietet sie Steuerungsmöglichkeiten, an die man vor einiger Zeit noch nicht einmal denken konnte. So kann man heute ganz normale Installationsschalter weitab von einem Stromanschluss ganz normal benutzen, ohne dass man merkt, dass diese lediglich einen batteriebetriebenen Sender ansteuern. So wird das Design nicht durch einen von der Installationslinie abweichenden Sender gestört und man hat robuste und funktionssichere Bedienorgane zur Verfügung.

Dazu kommt eine enorme Ersparnis an sonst zu verlegenden Kabeln – und man kann jederzeit überall nachrüsten, ohne Bauarbeiten.

Die neue 3-Kanal-Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM macht es nun möglich, auch normale Schalter (bis zu 3, auch Wechsel- und Kreuzschalter) für die Ansteuerung von HomeMatic-Aktoren einzusetzen. Die Bedienung der angeschlossenen Schalter erfolgt ganz normal, der steuernde Mikroprozessor der Funk-Schalterschnittstelle fragt den aktuellen Zustand der drei Schaltereingänge periodisch ab und sendet bei Bedienung einen Schaltbefehl an die zugeordneten Aktoren. Gesteuert werden können alle HomeMatic-Aktoren.

Das mit einer langlebigen Lithium-Batterie betriebene Gerät ist so kompakt, dass es unsichtbar hinter einem Unterputzschalter in einer UP-Schaltdose seinen Platz finden kann. Bei durchschnittlich 6 Schalterbetätigungen pro Tag erreicht die Batterie eine Lebensdauer von bis zu 3 Jahren.

Mit dieser kleinen Funk-Schnittstelle kann man auch nicht mehr benötigte Schalter einer neuen Funktion zuführen, etwa,

um eine neu installierte Lampe bequem fernzuschalten: einfach fachgerecht vom Stromnetz trennen und an die Funk-Schnittstelle anschließen!

Funktionsweise

Betrachten wir zunächst die Funktion des Gerätes anhand des Blockschaltbildes in Abbildung 1.

Die Schaltung wird mit einer 3-V-Lithium-Batterie versorgt, um, wie bereits erläutert, möglichst flexibel bei der Installation und dem Einbauort zu sein. In der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM sind zwei Mikrocontroller eingesetzt, um einen sehr geringen mittleren Stromverbrauch der Schaltung und somit eine hohe Batterielebensdauer von ca. 3 Jahren zu erreichen. Angeschlossen werden können bis zu drei Elektroinstallationsschalter (z. B. Wechsel- oder Kreuzschalter). Der Mikrocontroller von Texas Instruments (TI) prüft in regelmäßigen Abständen, ob angeschlossene Schalter betätigt

Technische Daten: HM-Swl-3-FM

Spannungsversorgung:	3-V-Lithium-Knopfzelle CR2032
Stromaufnahme:	
• Sende-/Empfangsbetrieb	40 mA
• „Stand-by“	ca. 1,5 µA
Funkprotokoll:	BidCoS
Freifeldreichweite:	ca. 100 m
Gehäuse-Abmessungen (ø x H):	50 x 10 mm

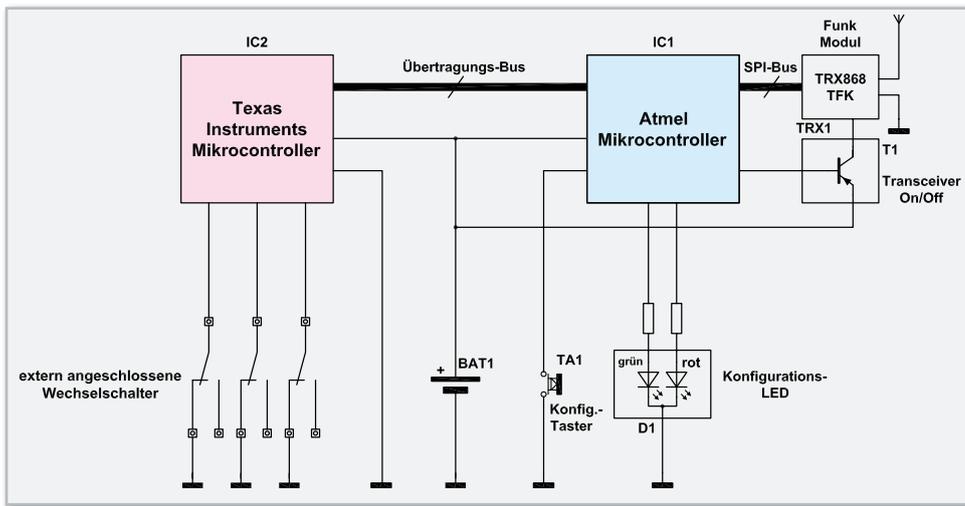


Bild 1: Blockschaltbild der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM

wurden. Ist dies nicht der Fall, versetzt sich der TI-Mikrocontroller sofort wieder in den „Sleep-Mode“, um möglichst wenig Energie zu verbrauchen. Wird nun ein Schalter betätigt, meldet er dieses Ereignis dem zweiten Mikrocontroller von Atmel. Dieser befindet sich bis zu dem Zeitpunkt der Ereignismeldung im „Power-down-Mode“. Dieser Mode hat, wie auch beim TI-Mikrocontroller, den Grund, möglichst wenig Energie zu verbrauchen, da der ja ständig fließende Ruhestrom die Energie-Bilanz der Schaltung erheblich beeinflusst. Die Kommunikation zwischen den Mikrocontrollern erfolgt über den aus fünf Leitungen bestehenden Übertragungs-Bus. Nach dem Aufwecken des Atmel-Mikrocontrollers aktiviert der den Transistor-Schalter „Transceiver On/Off“. Über diesen Schalter wird das Funkmodul TRX 1 mit Batteriespannung versorgt. Anschließend erfolgt das Programmieren des Funkmoduls über den SPI-Bus, um dann den entsprechenden Funkbefehl des betätigten Schalters zu senden. Da das Funkmodul bidirektional arbeitet, wartet es nach dem Aussenden der Information auf eine Empfangsbestätigung, die die Übertragungssicherheit ganz wesentlich erhöht. Ist dies erfolgreich geschehen, meldet das Funkmodul die abgeschlossene Übertragung unverzüglich dem Atmel-Mikrocontroller. Er versetzt sich dann selbstständig wieder in den „Power-down-Mode“.

Der Taster und die DUO-LED dienen zum Konfigurieren der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM im Zusammenspiel mit anderen Komponenten des HomeMatic-Systems. Die Akteure des Systems sind von der Funk-Schalterschnittstelle direkt oder über die HomeMatic-Zentrale ansprechbar.

Schaltung

Abbildung 2 zeigt das Schaltbild der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM mit 3 angeschlossenen Wechselschaltern. Eine 3-V-Lithium-Knopfzelle BAT 1 versorgt die gesamte Schaltung mit Energie. Die Diode D 3 dient als Verpolungsschutz. Der Mikrocontroller IC 2 von Texas Instruments hat die Aufgabe, die Zustände (offen/geschlossen) der angeschlossenen Wechselschalter alle 250 ms abzufragen. Die Widerstände R 2 bis R 4 und die Kondensatoren C 1, C 2, C 5 bis C 7 und C 10 sind dazu vorgesehen, ESD-Impulse zu unterdrücken. Dadurch werden die Eingänge der Ports P 1.0, P 1.6 und P 1.7 des Mikrocontrollers IC 2 geschützt. Aufgrund

der sehr gut dimensionierten internen Schutzschaltung des TI-Mikrocontrollers konnte hier jedoch im Nachhinein für die vorgesehene Anwendung auf die Bestückung der Kondensatoren als ESD-Schutz verzichtet werden. Dennoch sind auf der Platine des Gerätes für erhöhte ESD-Anforderungen die Bestückungsplätze für eine nachträgliche Bestückung vorhanden. Die Platinenfotos und Bestückungspläne geben hierzu Aufschluss.

Zwischen dem zyklischen Abfragen der Schalter befindet sich der Mikrocontroller im „Sleep-Mode“. Der mittlere Stromverbrauch beträgt dabei nur ca. 1,5 μ A. Die Taktfrequenz des TI-Mikrocontrollers IC 2 wird mit dem 32,768-kHz-Uhrenquarz Q 1 bestimmt. Auf die Bestückung der Lastkapazitäten C 8 und C 9 konnte man hier verzichten, da diese bereits intern im Mikrocontroller IC 2 vorhanden sind. Die Lastkapazitäten sind bei diesem Controller per Firmware für unterschiedliche Werte intern/extern aktivierbar. Auch hier gilt für die vorhandenen Bestückungsplätze das oben Gesagte.

Der Widerstand R 1 und der Kondensator C 3 am „RST-Eingang“ sorgen für einen definierten „Reset“ beim Batterie-Einlegen/-Wechsel. Der Kondensator C 4 dient zur Blockung der Betriebsspannung für den Mikrocontroller IC 2. Betätigt man nun z. B. den angeschlossenen Wechselschalter an E 1, wird dies spätestens nach 250 ms vom TI-Mikrocontroller erkannt. Dieses Ereignis meldet er dann dem zweiten Mikrocontroller von Atmel (IC 1). Die beiden Mikrocontroller sind über fünf Leitungen miteinander verbunden. Sämtlicher Informationsaustausch findet über diesen „Übertragungsbus“ statt.

Als Erstes wird der Atmel-Mikrocontroller IC 1 aus dem „Power-down-Mode“ erweckt. Danach teilt IC 2 dem Mikrocontroller mit, welche Schalter betätigt worden sind. Er aktiviert dann das Funkmodul TRX 1 mit Hilfe des Transistor-Schalters „Transceiver On/Off“, bestehend aus dem Transistor T 1 und dem Widerstand R 9. Der Kondensator C 13 dient zur Blockung der Betriebsspannung für das Funkmodul TRX 1.

Anschließend erfolgt über den SPI-Bus das Programmieren des Funkmoduls mit den notwendigen Parametern. Mit sogenannten Strobe-Befehlen wird das Funkmodul veranlasst, einen Funkbefehl auszusenden. Das verwendete Funkmodul TRX 1 ist ein Transceiver-Modul, d. h., es beinhaltet einen Sender und einen Empfänger. Dieses bietet den Vorteil, dass nach dem Senden auf eine Bestätigung (ACK) gewartet wer-

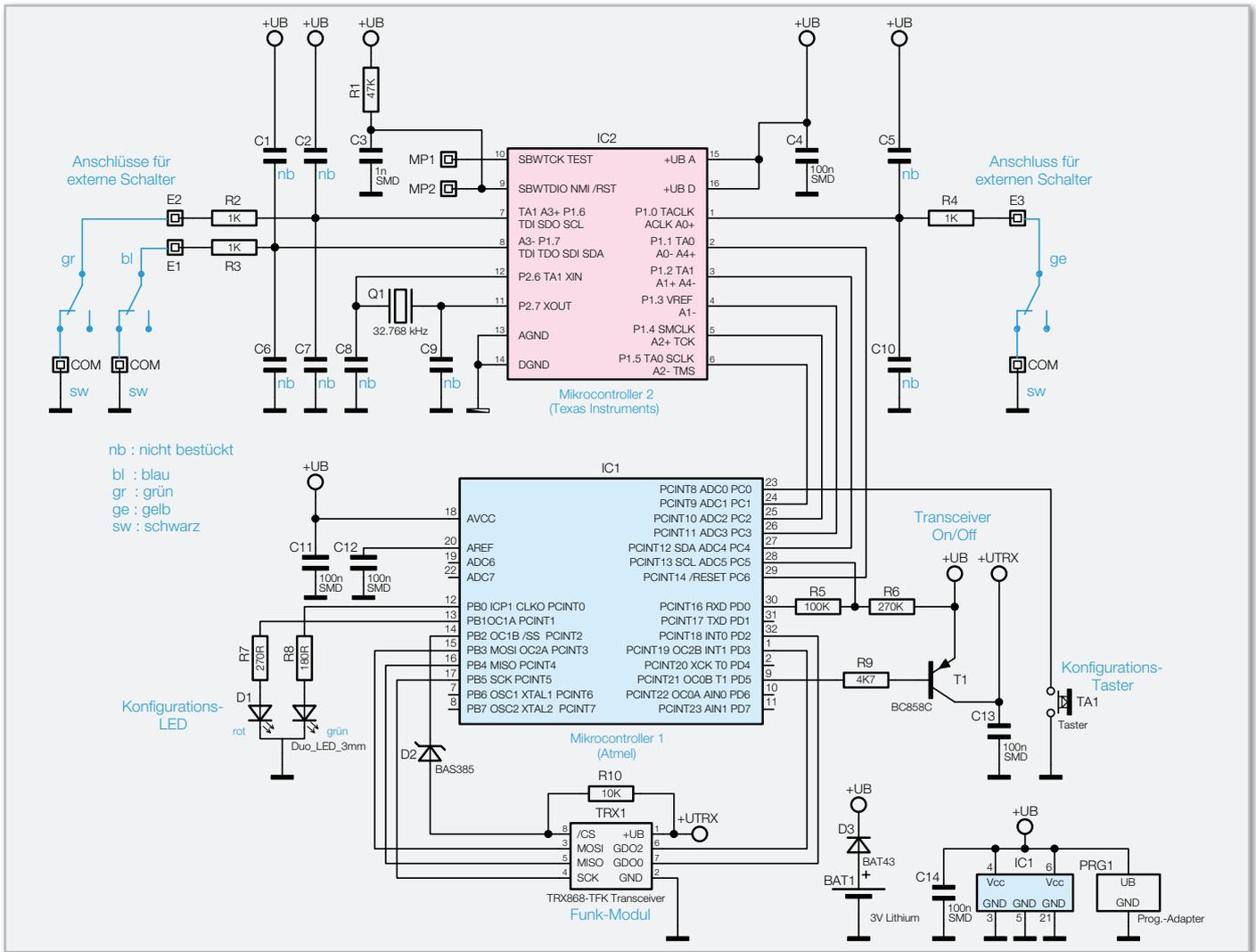


Bild 2: Schaltbild der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM

den kann, um so eine sichere Übertragung zu gewährleisten. Nach dem Empfang einer solchen Bestätigung deaktiviert der Atmel-Mikrocontroller das Funkmodul TRX 1 mit dem Transistor-Schalter „Transceiver On/Off“ und versetzt sich dann wieder in den „Power-down-Mode“.

Während jedes Sendevorgangs wird mit dem Spannungsteiler R 5 und R 6 die Batteriespannung gemessen und im RAM des Mikrocontrollers IC 1 abgespeichert. Dazu schaltet der Mikrocontroller IC 1 den Widerstand R 5 für die Zeit der Messung auf Masse. Der Konfigurationstaster TA 1 und die Konfigurations-DUO-LED D 1 dienen zum Anlernen und Konfigurieren im Zusammenspiel mit anderen Geräten des HomeMatic-Systems, wie z. B. einem Funk-Schalter. Die DUO-LED D 1 ist zur Stromersparnis im normalen Betrieb deaktiviert, außerdem wäre sie bei der vorgesehenen Montage als Unterputz-Gerät ohnehin nicht zu sehen.

Sie wird lediglich im Anlern- und Konfigurationsprozess benötigt.

Das Anlernen

Um mit der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM z. B. einen Steckdosen-Funk-Schalter steuern zu können, sind beide zuvor miteinander zu verknüpfen. Dies kann entweder mit

Hilfe der HomeMatic-Zentrale erfolgen oder direkt, wie hier nachfolgend beschrieben:

- Funk-Schalter in die gewünschte Steckdose stecken
- Konfigurations-Taster am Funk-Schalter so lange gedrückt halten, bis dessen Leuchtdiode anfängt zu blinken.
- Konfigurations-Taster an der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM kurz drücken, deren LED blinkt grün.
- Zum Schluss muss noch der gewünschte Kanal über das Betätigen des zugehörigen Installationsschalters angelernt werden.

Jetzt blinkt die LED an der Funk-Schalterschnittstelle orange. Ist die Verknüpfung erfolgreich verlaufen, leuchtet zum Schluss für kurze Zeit die DUO-LED der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM grün auf.

Auslieferungszustand herstellen

Will man die Funk-Schalterschnittstelle später einmal für andere Zwecke einsetzen, ist zuvor die bestehende Verknüpfung wieder zu löschen. Durch die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise werden alle Verknüpfungen in der Funk-Schalterschnittstelle gelöscht. Das Löschen einzelner Kanal-Verknüpfungen kann nur mit der HomeMatic-Zentrale erfolgen. So stellt man den Auslieferungszustand wieder her:

- Konfigurations-Taster der Funk-Schalterschnittstelle so lange (ca. 5 Sekunden) gedrückt halten, bis die DUO-LED anfängt, rot zu blinken.
- Anschließend den Konfigurations-Taster erneut für ca. 5 Sekunden drücken, bis die DUO-LED anfängt, doppelt so schnell rot zu blinken. Jetzt ist die Taste loszulassen. Sobald jetzt die DUO-LED aufhört zu blinken, befindet sich die Funk-Schalterschnittstelle wieder im Auslieferungszustand. Zur Bestätigung des Rücksetzens leuchtet die LED für etwa 3 Sekunden rot auf.

Nachbau

Im Zuge der Miniaturisierung der elektronischen Bauteile werden ELV-Bausätze mit vorbestückten SMD-Bauteilen

Stückliste: Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM

Widerstände:

180 Ω /SMD/0603	R8
270 Ω /SMD/0603	R7
1 k Ω /SMD/0603	R2–R4
4,7 k Ω /SMD/0603	R9
10 k Ω /SMD/0603	R10
47 k Ω /SMD/0603	R1
100 k Ω /SMD/0603	R5
270 k Ω /SMD/0603	R6

Kondensatoren:

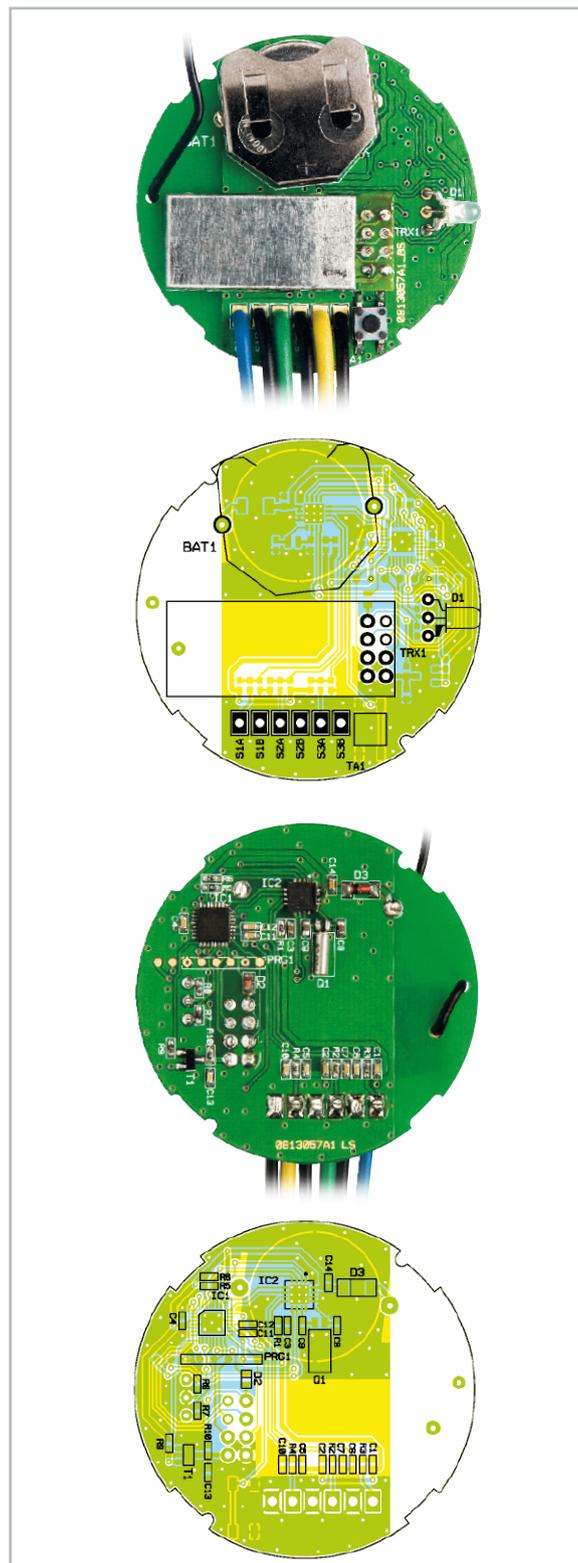
1 nF/SMD/0603	C3
100 nF/SMD/0603	C4, C11–C14

Halbleiter:

ELV07717/SMD	IC1
ELV07718/SMD/Schalterüberwachung	IC2
BC858C	T1
DUO-LED, Rot/Grün, 3 mm	D1
BAS385/SMD/Vishay	D2

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	Q1
Mini-Drucktaster, 1 x ein, 0,9 mm Tastknopflänge	TA1
Batteriehalter für CR2032, liegend, print	BAT1
Lithium-Knopfzelle CR2032	BAT1
Sender-/Empfangsmodul TRX868TFK-T, 868 MHz	TRX1
Stiftleiste, 2 x 4-polig, gerade, print	TRX1
6 Aderendhülsen, isoliert, 0,75 mm ² , 10 mm, Grau	
6 Gummi-Kappen, Weiß	
1 Kabelbezeichnungsring 1, Gelb	
1 Kabelbezeichnungsring 2, Gelb	
1 Kabelbezeichnungsring 3, Gelb	
3 Kabelbezeichnungsringe - (Minus), Gelb	
15 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Gelb	
15 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Grün	
15 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Blau	
45 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Schwarz	
1 Aufkleber mit HM-Funkadresse, Matrix-Code	
1 Mini-Unterputzgehäuse, komplett, bedruckt, Schwarz	



Ansicht der fertig bestückten Platine der Funk-Schalterschnittstelle mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite

ausgeliefert, es sind damit lediglich zusätzliche Baugruppen und bedrahtete Bauteile zu bestücken. Für die Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM bedeutet das, dass folgende Komponenten noch bestückt werden müssen: ein Funkmodul mit Stiftleiste, ein Batteriehalter, eine DUO-LED, ein Quarz und 6 Anschluss-Leitungen.

Als Erstes wird die doppelreihige, 8-polige Stiftleiste für das Funkmodul eingelötet, so dass man anschließend das Funkmodul von der Oberseite der Platine bestücken und verlöten

Achtung!

Bei unsachgemäßem Einsetzen bzw. Austausch der Batterie besteht Explosionsgefahr! Die verwendete Lithium-Batterie muss kurzschlussfest sein. Ein Einsetzen der Batterie mit einem metallischen Gegenstand, wie z. B. einer Zange oder einer Pinzette, ist nicht erlaubt, da die Batterie hierdurch kurzgeschlossen wird. Zudem ist beim Einsetzen unbedingt auf die richtige Polarität zu achten (Pluspol nach oben!).

kann. Die Antenne des Funkmoduls ist dabei durch die dafür vorgesehenen Bohrungen zu führen (Abbildung 3).

Jetzt wird der Batteriehalter von der Oberseite der Platine her bestückt und verlötet.

Bevor nun die DUO-LED bestückt werden kann, sind ihre Anschlüsse, wie in Abbildung 4 gezeigt, abzuwinkeln. Dabei ist darauf zu achten, dass das Abwinkeln zur richtigen Seite erfolgt, weil sonst die Farben zur Funktion vertauscht sind. Die Einbaurichtung ist am Bestückungsdruck auf der Platine zu erkennen und zusätzlich muss die abgeflachte Seite des Kopfes der DUO-LED nach oben zeigen, siehe Abbildung 4.

Jetzt werden die 6 Leitungen mit der Farbzurordnung gemäß Abbildung 5 von der Oberseite der Platine bestückt und verlötet. Anschließend ist nun der Quarz von der Unterseite der Platine zu bestücken und auch auf dieser Seite zu verlöten (siehe Platinenfoto). Zum Schluss schiebt man die 3-V-Lithium-Batterie polungsrichtig in den Batteriehalter, um danach die komplett bestückte Platine mit Leitungen in die Gehäuse-Oberschale einzusetzen.

Nach dem Arretieren des Gehäusebodens ist nun die Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM betriebsbereit für den Einbau z. B. in eine Unterputzdose (Abbildung 6).

Installation

An die Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM können bis zu drei Schalter (z. B. Wechselschalter oder Kreuzschalter, potentialfrei!) angeschlossen werden. Um eine einwandfreie Funktion des Gerätes zu gewährleisten, sind die Leitungslängen zu den externen angeschlossenen Schaltern auf maximal 3 m begrenzt. Nach dem Anschließen der Schalter muss das Gerät konfiguriert werden, siehe Kapitel „Das Anlernen“, und kann dann z. B. in einer Unterputzdose eingebaut werden. Durch die geringe Aufbauhöhe von 10 mm findet das Gerät auch hinter einem Wechselschalter ausreichend Platz in einer Unterputzdose. Bei besonders weit in die Dose ragenden Tastern kann man eine tiefe Schalterdose einsetzen.

Befinden sich netzspannungsführende Leitungen in der Nähe, z. B. bei einer Kombination der Schalter mit einer Netzsteck-



Bild 4: Einbaulage der DUO-LED in der Funk-Schalterschnittstelle HM-Swl-3-FM. Wichtig: Die LED muss mit der Platinenkante abschließen, damit eine problemlose Gehäusemontage erfolgen kann.

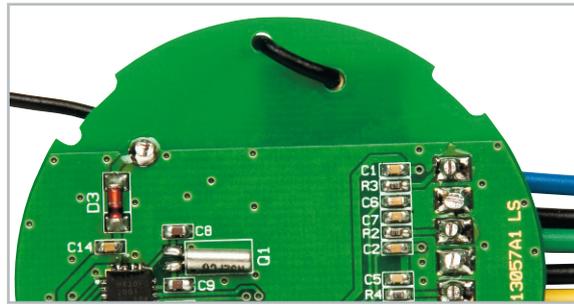


Bild 3: Hier ist die Führung der Antenne durch die dafür vorgesehenen Löcher gut zu sehen, ebenso die Lage des Quarzes und die Lötstellen für dessen Anschlüsse.

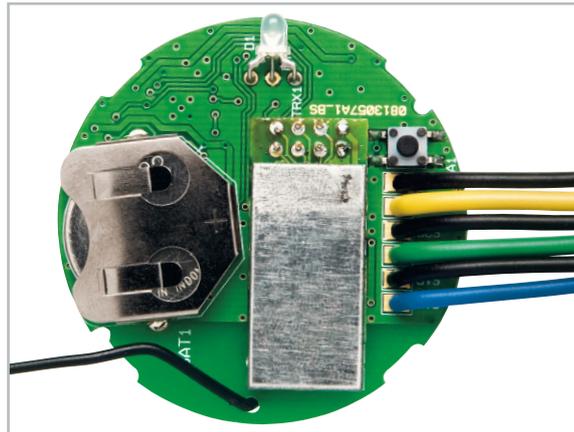


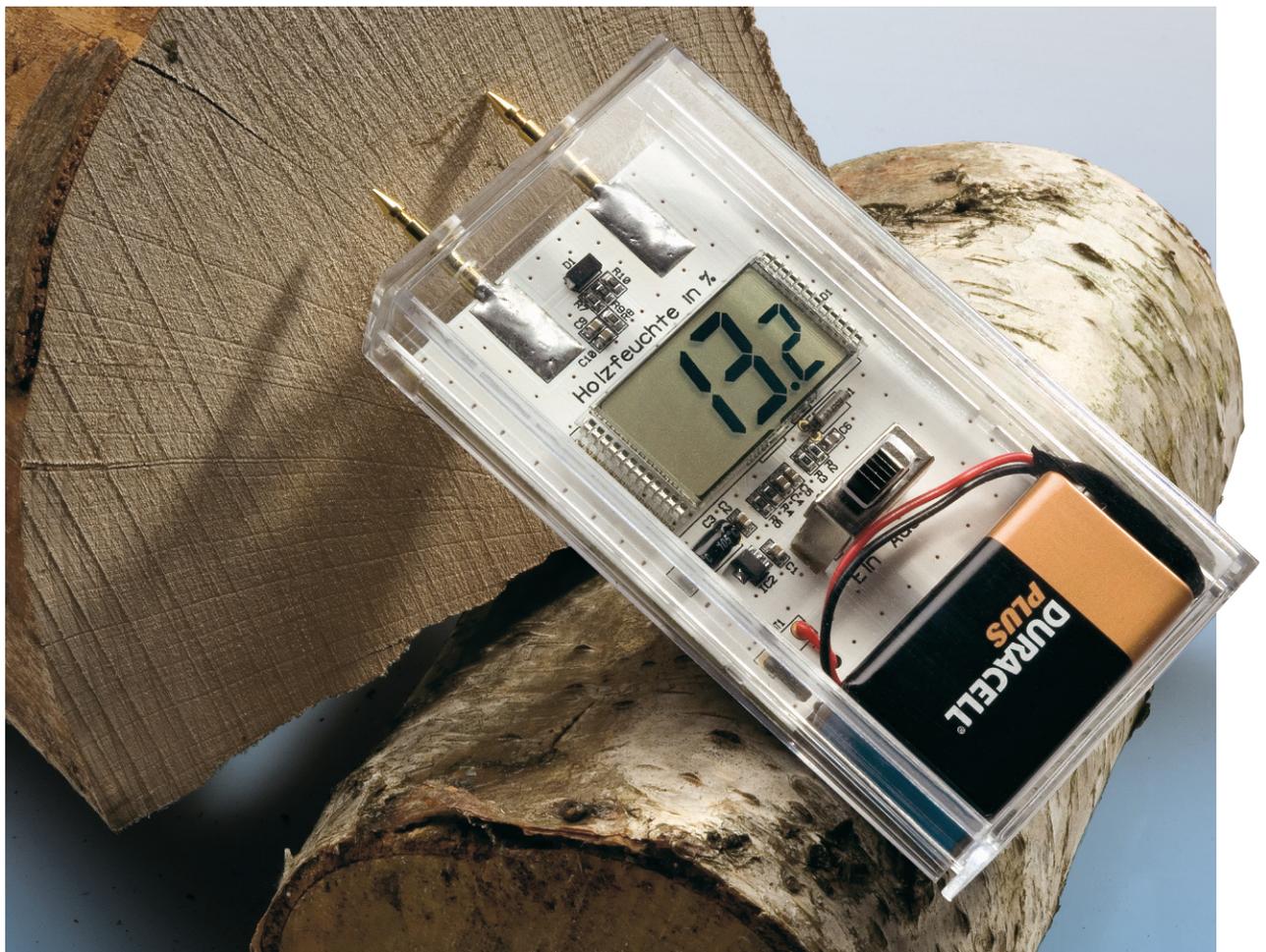
Bild 5: Ein Überblick über die Lage von LED, Funkmodul, Batteriehalter mit eingelegter Batterie und Anschlussleitungen



Bild 6: Komplette aufbaute Funk-Schalterschnittstelle

dose, so ist darauf zu achten, dass die Netzleitungen einen Mindestabstand von 10 mm zum Gerät selbst, zur Antenne und zu den Taster-Anschlussleitungen haben. Ein Kreuzen mit Netzleitungen ist im Interesse der Störsicherheit ebenfalls zu vermeiden. Die Antenne sollte man möglichst weit weg von einer Netzleitung entfernt so verlegen, dass sie in voller Länge ausgelegt ist. Sie darf z. B. nicht zu einem Knäuel zusammengewickelt werden.

Zum Abschluss noch der Hinweis, falls, wie eben beschrieben, an netzspannungsführenden Leitungen gearbeitet werden muss: Derartige Arbeiten dürfen nur von dazu ausgebildetem und befugtem Fachpersonal ausgeführt werden, die Vorschriften der VDE 100 sind zu beachten. **ELV**



Holzfeuchte-Messgerät

Egal, ob wir Holz zum Bauen oder als Brennholz einsetzen, eine Eigenschaft sollte uns im Vorfeld immer interessieren – die Restfeuchte im Holz. Sie ist entscheidend für die Verwendungsfähigkeit des Holzes. Unser kompaktes Holzfeuchte-Messgerät ermöglicht die blitzschnelle Messung der Holzfeuchte und damit eine objektive Zustandsbeurteilung.

Trocken oder nicht?

Holz ist ein sehr vielfältig einsetzbarer, wertvoller und zum Glück nachwachsender Rohstoff. Ob wir es als Konstruktionsholz auf dem Bau, zum Möbelbau, im Innenausbau, im Boots- oder Modellbau oder aber zum Heizen einsetzen – eine Eigenschaft ist besonders wichtig: es muss trocken sein. Daher ist bei der Verarbeitung von Holz Geduld gefragt. Denn frisch

geschlagen, kann Holz eine sogenannte Holzfeuchte von bis über 100 % besitzen! Holzfeuchte ist das Verhältnis von Wasser in den Holz-Zellen zur Trockenmasse im Holz. Dieses Wasser muss raus aus dem Holz – jedenfalls zum größten Teil! Ablagern unter bestimmten Umgebungsbedingungen ist hier das Mittel der Wahl – und das dauert seine Zeit! Hier gehen Jahre ins Land, bis Holz bereit ist für die Verarbeitung zu Möbeln oder als Brennholz. Denn künstliches Trocknen verschlechtert, bis auf ganz wenige Anwendungen, die Eigenschaften des Holzes dramatisch, etwa seine Elastizität.

Die Folgen der Verarbeitung zu nassen Holzes sind wohl jedem schon einmal begegnet: Da beginnen sich nach einem halben Jahr z. B. einzelne Bretter zu verziehen, Bohlen fangen an zu reißen, Flächen wölben sich, es entstehen Risse usw. Während all das bei vielen Anwendungen nur optische Unschönheiten nach sich zieht, können diese Prozesse, umgangssprachlich „Arbeiten“ genannt, im Holz-Konstruktions-

Technische Daten: HOF 1

Versorgungsspannung:	9-V-Batterie (6LR61)
Stromaufnahme:	30 µA
Anzeigebereich:	8–40 %
Abmessungen (Gehäuse):	106 x 58 x 24 mm

bau dramatische Folgen haben, man denke nur an Treppen oder Dach- und Stützkonstruktionen. Deshalb gibt es hier auch strenge Normen, die von der gesamten Verarbeitungskette, vom Sägewerk bis zum ausführenden Zimmermann, einzuhalten sind. In diesen Normen sind Grenzwerte festgelegt. So darf z. B. Konstruktionsholz nur eine maximale Rest-Holzfeuchte von 12 bis 15 % haben. Eine Ausnahme stellen hier lediglich spezielle Bauhölzer für den der Witterung ausgesetzten Außenbereich dar, die eine der Umgebung angepasste Holzfeuchte von bis zu 18 % aufweisen dürfen.

Geht man in den Baumarkt, erkennt man zu nasses Holz nicht immer auf den ersten Blick, meist merkt man es erst, wenn das Holz längst verarbeitet ist, dass man sich hier ungenügend abgelagerte Ware hat „andrehen“ lassen. Hier ist die Holzfeuchtemessung vor dem Kauf eine sehr praktische Sache. Ein guter Händler wird selbst darauf achten, dass er kein zu kurz gelagertes Holz einkauft, aber bei den „Schnelldreher“ im Massengeschäft der großen Baumarktketten rutscht schon einmal die eine oder andere Charge durch oder wird sogar bewusst eingekauft, um niedrige Verkaufspreise realisieren zu können.

Auch beim immer beliebter werdenden Brennholz ist die richtige Rest-Holzfeuchte wichtig. Hat Brennholz eine Holzfeuchte von mehr als 20 %, so verschwendet man wertvolle Heizenergie. Die Verluste betragen dabei bis zu 10 % je 10 % Holzfeuchte. Aber nicht nur zu geringe Ausbeute bei der Heizenergie ist die Folge, zu nasses Holz trägt ganz wesentlich zur Luftverschmutzung, sprich Feinstaubbelastung, bei, und es kann Schäden am Bauwerk anrichten: zu feuchte Abgase führen zur berüchtigten Versottung des Schornsteins.

Die Restfeuchte des Brennholzes sollte daher 10 bis 15 % betragen. Hat man z. B. selbst „Holz gemacht“, also frisch geschlagenes Holz zersägt und gehackt, sollte man es mindestens zwei Jahre trocken und belüftet im Freien, z. B. unter einem Regendach oder einem überdachten bzw. abgedeckten Holzstapel, lagern. Unter unseren klimatischen Bedingungen stellt sich dabei, je nach tatsächlichem Klima, eine Holzfeuchte von 14 bis 16 % ein. Denn Holz passt sich in seiner Feuchte stets der umgebenden Luft an. In feuchter Umgebung wird es nasser und quillt, in trockener Umgebung trocknet es durch und schrumpft im Volumen. Man sollte also für die Brennholzlagerung einen möglichst geschützten Ort wählen, den Stapel oben gut abdecken, ansonsten für natürliche Belüftung im Stapel sorgen. Dann stellt sich das sogenannte hygroskopische Gleichgewicht ein und das Holz trocknet unter optimalen Bedingungen durch. Während man diesen Prozess bei der eigenen Holzverarbeitung selbst in der Hand hat, kauft man beim Brennholzhändler die Katze im Sack. Denn auch hier gibt es, wie beim o. g. Baumarktbeispiel, schwarze Schafe, die Kaminholz verkaufen, das erst vor wenigen Monaten gefällt wurde. Entweder vertraut man also seinem Holzhändler, oder man misst eben nach.

Messen statt raten

Und das ist mit einem modernen elektronischen Messgerät recht einfach. Einfach zwei Elektroden ins Holz stechen, Wert ablesen, fertig!

Genauso arbeitet auch unser hier vorgestelltes Gerät. Bevor wir zu dessen Schaltungsbeschreibung kommen, wollen wir einmal kurz die gängigen Messverfahren zur Bestimmung der Holzfeuchte betrachten.

Darrmessung (Darrprobe)

Ein einfaches, jedoch sehr genaues Messverfahren zur Ermittlung der Holzfeuchte ist die Darrmessung. Hierbei wird dem zu messenden Holz eine Probe entnommen. Diese Probe wird gewogen und anschließend in einem Ofen auf ca. 105 °C erhitzt (getrocknet). Durch die Erwärmung wird das Wasser freigesetzt (es verdampft). Dieser Vorgang sollte so lange andauern, bis keine Gewichtsveränderung mehr auftritt. Das getrocknete Holz (Darrprobe) wird nun erneut gewogen. Nach folgender Formel wird dann die Holzfeuchte errechnet:

$$\text{Holzfeuchte in \%} = 100 \cdot \frac{\text{Nassgewicht} - \text{Darrgewicht}}{\text{Darrgewicht}}$$

Dieses Verfahren könnte man theoretisch auch zu Hause nachvollziehen, jedoch muss die Temperatur vom Trockenofen sehr genau eingehalten werden (103 °C ± 2 °C), da das Holz sonst verbrennt bzw. verkohlt. Dafür ist der „normale“ Backofen wohl eher nicht geeignet – es ist eher eine Labormethode.

CM-Verfahren (Calciumcarbid-Methode)

Das trifft umso mehr auf das zweite, das CM-Verfahren zu. Hier wird zerkleinertes und abgewogenes Holz in einem druckfesten Behälter mit Calciumcarbid gemischt. Dabei entsteht durch chemische Prozesse Acetylen, das einen gewissen Druck im Behälter aufbaut. Die Höhe dieses Drucks ist das Äquivalent zur Wassermenge im Holz. Dass auch dieses Verfahren für den Normalanwender ausscheidet, liegt schon allein wegen der potentiellen Gefahr im Umgang mit Acetylen auf der Hand.

Widerstandsmessung

Das technisch am einfachsten zu handhabende Verfahren ist die Messung des spezifischen Widerstands im Holz. Hier werden einfach zwei Elektroden in einem festen Abstand ins Holz gedrückt, über eine Widerstandsmessung wird das Äquivalent zur enthaltenen Wassermenge im Holz gebildet und direkt als Restfeuchtwert angezeigt. Für dieses Verfahren gibt es auch eine berührungslos mit Hochfrequenz arbeitende Messmethode, die aber recht aufwändiger und teurer Technik bedarf. Ein Holzfeuchte-Messgerät nach dem Widerstands-Messverfahren und mit Einstichelektroden ist hingegen sehr preiswert aufzubauen. Das Messgerät kann sehr kompakt sein, mit Batterien betrieben werden und ist somit leicht überall hin mitzuführen. Zudem arbeitet es gegenüber den beiden erstgenannten Methoden zerstörungsfrei. Im Übrigen arbeiten auch die tragbaren Baufeuchte-Messgeräte nach diesem Verfahren, allerdings sind sie in ihrer Messcharakteristik an den jeweiligen Baustoff (Beton, Holz, Ziegel etc.) angepasst. Derartige Geräte sind, wenn auch relativ einfach aufgebaut, völlig aus-

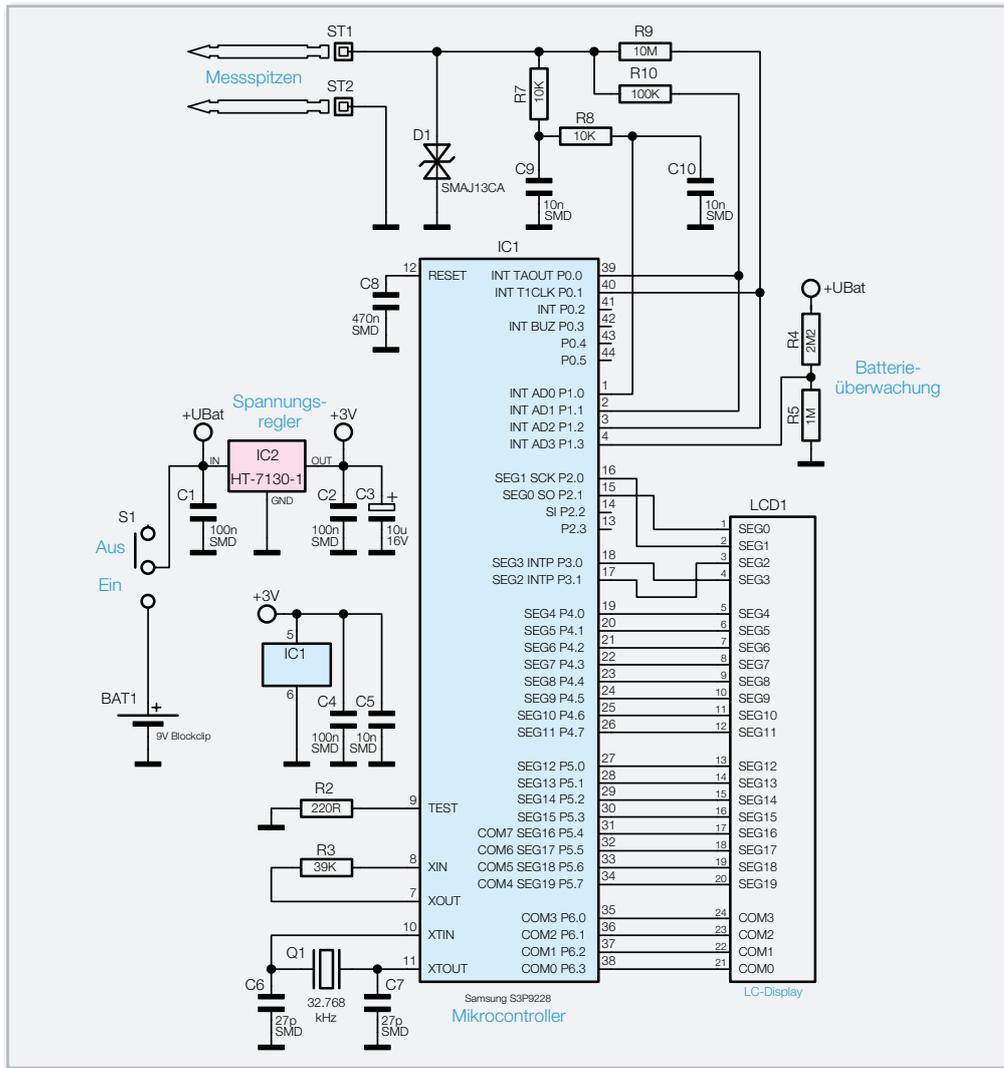


Bild 1: Die Schaltung des Holzfeuchte-Messgerätes

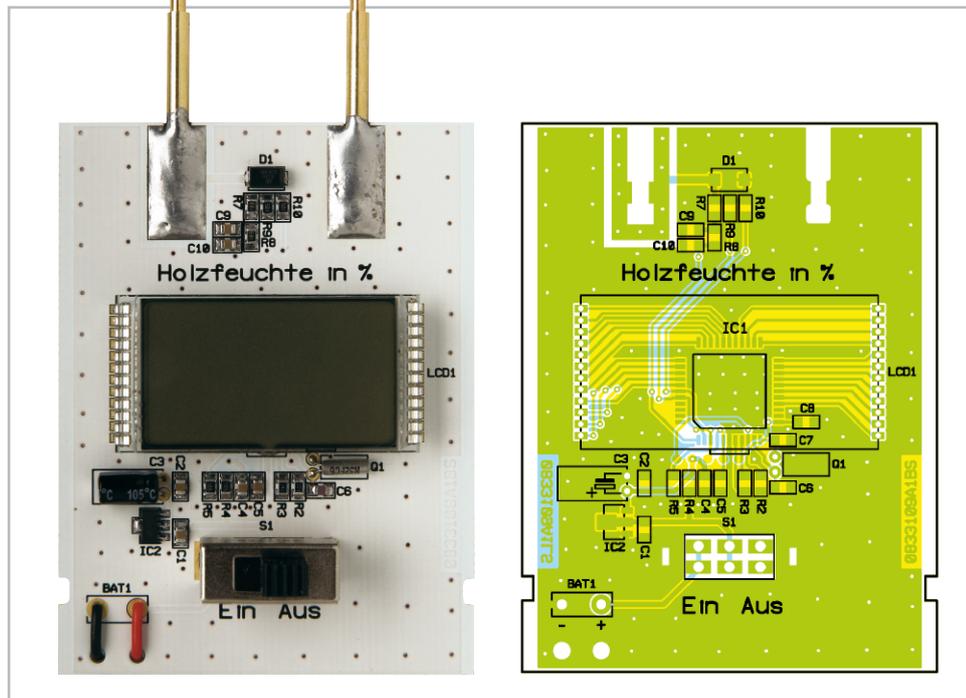
reichend für die Beurteilung der geltenden Grenzwerte. Wenden wir uns also nun der Schaltung unseres Holzfeuchte-Messgerätes zu, das mit dem beschriebenen Widerstandsmessverfahren arbeitet. Es zeigt die Restfeuchte direkt in Prozent auf einem LC-Display an. Außer dem Einschalten ist keinerlei Bedienung erforderlich.

Schaltung

Da dieses Messgerät nicht über ein Messwerk oder eine einfache LED-Anzeige, sondern über ein Display (LCD 1) mit direkter Prozent-Angabe verfügt, liegt der Einsatz eines kleinen Mikrocontrollers nahe. Der hier zum Einsatz kommende Controller (IC 1) vom Typ Samsung S3P9228 ist speziell für die Ansteuerung von LC-Displays ausgelegt und besitzt als weiteres Feature eine sehr niedrige Stromaufnahme. Die Versorgungsspannung von 3 V wird aus einer 9-V-Batterie und dem Spannungsregler IC 2 vom Typ HT7130 gewonnen. Dieser Spannungsregler ist ebenfalls für Batteriebetrieb, also niedrigen Stromverbrauch, optimiert. Der Eigenstromverbrauch der gesamten Schaltung (Abbildung 1) liegt damit bei nur wenigen Mikroampere. Kommen wir zur eigentlichen Messschaltung, die mit dem internen A/D-Wandler von IC 1 realisiert ist. Um den Widerstandswert (Holzfeuchte) zwischen den beiden Eingangsklem-

men ST 1 und ST 2 zu ermitteln, wird ein einfaches Verfahren mit einem Vorwiderstand verwendet. Der Mikrocontroller kann, je nach Messbereich, einen der beiden Widerstände R 9 oder R 10 auf den Ausgang ST 1 schalten und mit 3 V speisen. Die Umschaltung erfolgt dabei automatisch durch die interne Firmware. Durch einen externen Widerstand (Widerstandswert der zu messenden Holzprobe) zwischen ST 1 und ST 2 sinkt die Spannung an ST 1, je nach Widerstandswert. Diese Spannung wird nun mit dem A/D-Wandler von IC 1 gemessen, und aus dem bekannten Vorwiderstand und der gemessenen Spannung der Widerstand errechnet. Anhand dieses Wertes ermittelt der Controller anhand einer internen Tabelle („lock-up table“) die Holzfeuchte und steuert die Anzeige entsprechend an. Werte unter 8 % und über 40 % werden nicht angezeigt (Anzeige= ---), da diese für die vorgesehenen Anwendungsfälle nicht relevant sind. Die Transildiode D 1 schützt den Eingang vor Spannungsspitzen und elektrostatischen Entladungen (ESD). Mit den beiden Tiefpässen R 7/C 9 und R 8/C 10 werden niederfrequente Störsignale unterdrückt. Ein weiterer A/D-Eingang (Pin 4) von IC 1 ist für die Überwachung der Batteriespannung eingesetzt. Hierzu wird die Batteriespannung (9 V) mit dem Spannungsteiler R 4 und R 5 auf einen für den A/D-Wandler zulässigen Pegel heruntergeteilt. Unterhalb von 6 V steuert der Controller dann das Low-Bat.-Symbol im LC-Display an.

Ansicht der fertig bestückten Platine des Holzfeuchte-Messgerätes mit zugehörigem Bestückungsplan



Nachbau

Der Nachbau des Holzfeuchte-Messgerätes gestaltet sich recht einfach, da zum einen die Schaltung mit relativ wenigen Bauteilen auskommt und zum anderen die SMD-Bauteile schon vorbestückt sind. Letzteres erspart den mitunter mühsamen Umgang mit den kleinen SMD-Bauteilen. Hier ist lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Lediglich 6 Bauteile sind zu bestücken, die man anschließend auf der Platinenunterseite verlötet. Der Quarz Q 1 und der Elko werden, wie im Platinenfoto zu sehen, liegend montiert. Beim Elko C 3 ist unbedingt auf die richtige Polung zu achten. Der Minuspol ist am Elko-Gehäuse gekennzeichnet. Die überstehenden Drahtenden werden mit einem Seitenschneider auf der Platinenunterseite abgeschnitten.

Auch ist beim LC-Display auf die richtige Einbaulage zu achten. Hierzu befindet sich an einer Seite des Displays eine kleine „Nase“, die produktionsbedingt beim Verkleben der Displayscheiben entstanden ist. Diese Markierung ist auch im Bestückungsaufdruck auf der Platine gekennzeichnet.

Beim Schalter S 1 ist darauf zu achten, dass dieser plan auf der Platine aufliegt, um die Lötstellen mechanisch zu entlasten. Die Zuleitungen für den Batterieclip kürzt man auf eine Länge von ca. 5 cm. Die Kabelenden werden abisoliert und, wie im Platinenfoto dargestellt, durch die Platine gefädelt, was zur Zugentlastung dient. Die farbliche Zuordnung: rotes Kabel = „+“, schwarzes Kabel = „-“.

Zum Schluss werden die beiden Messspitzen in die dafür vorgesehenen Aussparungen der Platine gelegt und auf beiden Platinenseiten mit reichlich Lötzinn verlötet.

Der Gehäuseeinbau ist mit wenigen Handgriffen, ohne Einsatz von Werkzeug, bewerkstelligt. Zuvor sollte die 9-V-Batterie angeschlossen werden.

Die Platine wird so in die Gehäuseunterschale gelegt, dass die seitlichen Rastnasen vom Gehäuse in die Platine einras-

ten. Anschließend werden Gehäuseober- und -unterteil zusammengeschoben.

Damit ist das Gerät betriebsbereit. Die Bedienung ist, wie bereits erwähnt, ganz einfach: einschalten, Messspitzen leicht in die Holzprobe drücken, Messwert ablesen, Gerät ausschalten! **ELV**

Stückliste: Holzfeuchte-Messgerät HOF 1

Widerstände:

220 Ω /SMD/0805	R2
10 k Ω /SMD/0805	R7, R8
39 k Ω /SMD/0805	R3
100 k Ω /SMD/0805	R10
1 M Ω /SMD/0805	R5
2,2 M Ω /SMD/0805	R4
10 M Ω /SMD/0805	R9

Kondensatoren:

27 pF/SMD/0805	C6, C7
10 nF/SMD/0805	C5, C9, C10
100 nF/SMD/0805	C1, C2, C4
470 nF/SMD/0805	C8
10 μ F/16 V	C3

Halbleiter:

ELV07752/SMD	IC1
HT7130/SMD	IC2
SMAJ13CA/SMD	D1
LC-Display, 3,5-stellig, print	LCD1

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	Q1
Schiebeschalter, 2 x um, hoch, print	S1
9-V-Batterieclip	BAT1
Messspitze	ST1, ST2
1 Profil-Gehäuse, transparent, komplett, bearbeitet	

Leserwettbewerb

Ihre Haustechnik-Anwendungen



Teil 2

Steuerung einer Fußbodenheizung

Moderne Haustechnik entlastet uns nicht nur von Routinetätigkeiten, sie dient der Sicherheit genauso wie dem hoch aktuellen Thema Energiesparen. All dies kann man unter dem Begriff „Wohnkomfort durch Haustechnik“ zusammenfassen. Im Rahmen unseres Leserwettbewerbs stellen wir Ihnen hier die zweite Lösung zur Heizungssteuerung vor.

Steuerung nur mit ELV-Komponenten

Die zweite vorzustellende Lösung basiert komplett auf dem Einsatz von ELV-Komponenten.

Ausgangssituation war hier zum Zeitpunkt des Hauskaufs eine Fußbodenheizung mit einem Gaskessel und insgesamt 13 Heizkreisen in einem 240 m² großen Haus. Ursprünglich verrichteten am Heizkreisverteiler allein Heimeier-Handventile ihren Dienst. Die Heizung ist witterungsgeführt, ein ein-

ziger Raumthermostat war für die Temperatureinstellung des gesamten Hauses zuständig, ansonsten waren allein Außen- und Vorlauftemperatur die Regelungskriterien. Die Folge war, auch aufgrund der großen Hausfläche und der Lage der Räume in alle vier Himmelsrichtungen, dass an eine bedarfsgerechte Temperaturregelung für die einzelnen Räume nicht zu denken war. Nachbarn berichteten später, dass der (technisch unbedarfte) Vorbesitzer im Winter regelmäßig die Temperaturen über Fenster und Haustür „regelte“. Der erste Winter mit dieser Heizung brachte – obwohl er mild verlief – aufgrund des im Vergleich zum vorher bewohnten Haus enormen Gasverbrauchs das Aus für den immerhin auch schon 25 Jahre alten Heizkessel. Er wich einer modernen Gas-Brennwertheizung, die, auch aufgrund der eingebauten Zirkulationssteuerung für Wasser und Heizung sowie zahlreicher verfügbarer Optimierungsparameter des kleinen Steuercomputers, auf einen Schlag und nach nur wenigen Tagen „Üben“ in der nächsten Heizsaison mehr als ein Drittel weniger Gasverbrauch „erwirtschaftete“. Die integrierte Heizungs-Umwälzpumpe wird durch eine externe Pumpe unterstützt, die vom Heizkessel direkt angesteuert wird. Hier ist ein Temperaturwächter für den Vorlauf zwischengeschaltet, der die externe Pumpe bei 50 °C Vorlauftemperatur sofort stoppt und damit eine Überhitzung der Heizschläuche verhindert. Die internen Pumpen werden auch intern überwacht, sie stoppen ebenfalls, sobald die externe Pumpe gestoppt ist. Entsprechend erfolgt dann die Nachführung des Brenners. Das nur nebenbei zur groben Funktion des Heizkessels. Die beschriebene Siche-

Wir wollen es wissen – Ihre Anwendungen und Applikationen!

Wir wollen gern wissen, welche eigenen, kreativen Anwendungen und Applikationen Sie mit den ELV-Haustechnik-Systemen realisiert haben – ob mit Standard-Bausteinen oder eingebunden in eigene Applikationen:

Alles, was nicht gegen Gesetze oder Vorschriften, z. B. VDE-Vorschriften, verstößt, ist interessant. Denn viele Applikationen verhelfen sicher anderen zum Aha-Erlebnis und zur eigenen Lösung.

Schreiben Sie uns, fotografieren Sie Ihre Applikation, berichten Sie uns von Ihren Erfahrungen und Lösungen. Die interessantesten Anwendungen werden redaktionell bearbeitet und im „ELVjournal“ mit Nennung des Namens vorgestellt. Jede im „ELVjournal“ veröffentlichte Anwendung wird mit einem Warengutschein in Höhe von € 200,- belohnt.

Die Auswahl der Veröffentlichungen wird allein durch die ELV-Redaktion ausschließlich nach Originalität, praktischem Nutzen und realisierter bzw. dokumentierter Ausführung vorgenommen, es besteht kein Anspruch auf Veröffentlichung, auch bei themengleichen Lösungen.

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Für Ansprüche Dritter, Beschädigung und Verlust der Einsendungen wird keine Haftung übernommen.

Alle Rechte an Fotos, Unterlagen usw. müssen beim Einsender liegen.

Die eingesandten Unterlagen und Aufnahmen verbleiben bei der ELV Elektronik AG und können von dieser für Veröffentlichungen und zu Werbezwecken genutzt werden. Ihre Einsendungen senden Sie per Brief oder Mail mit Stichwort „FS20-Applikation“ an:

ELV Elektronik AG, 26787 Leer bzw. redaktion@elv.de

rung gegen das Hochlaufen der Temperatur war ein Sicherheitspolster gegen die Angst, bei der nun folgenden Installation am Heizkreisverteiler könnte etwas schiefgehen ...

Bedarfsgerechte Einzelraumregelung

Weitere Einsparungen sollte eine bedarfsgerechte Heizung für jeden Raum bringen. Allerdings schied eine verkabelte Lösung ob der hohen Kosten und vor allem ob des Bauaufwands aus. Just zu dieser Zeit brachte ELV die erste Funk-Hauszentrale, die FHT-Raumregler-Serie und den elektronischen Ventilantrieb zu gegenüber anderen Lösungen erschwinglichen Preisen auf den Markt. Faszinierend war, dass alles per Funk funktioniert und man keinerlei Verdrahtung benötigt. In allen im Winter ständig beheizten Räumen wurden Raumregler FHT 80b eingebaut, und zwar relativ niedrig im Raum, um einen Temperaturanstieg der FBH schneller erfassen zu können. Da sich die warme Luftschichtung automatisch weiter nach oben bewegt, ist im relevanten Bereich des Raumes die Soll-Temperatur relativ kurz danach erreicht, der für Fußbodenheizungen typische Überschwingeffekt kommt nicht spürbar zum Tragen.

Kontinuierlich arbeitende Ventilantriebe

Statt der Heimeier-Ventilköpfe kamen die ELV-Funk-Stellantriebe auf die entsprechenden Ventile (Abbildung 1). Sie passen direkt, man muss nicht einmal einen Adapter bemühen. Ist der Abstand der Ventile am Verteiler zu eng, was aber kaum zu erwarten ist, da sie genormt sind, kann man Zwischenstücke vom Heizungsbauer beziehen (Abbildung 2). Diese erleichtern mitunter auch das Herankommen an die Überwurfmutter des Antriebs, falls hier einmal ein Austausch oder eine Wartung ansteht.

Eine Zentrale kam zunächst nicht zum Einsatz, dafür später in einige Räume, wo undiszipliniertes Lüftungsverhalten der Familie beobachtet wurde, und vor allem ins Bad ein Tür-Fenster-Melder, der bei längerem Lüften den Regler für diesen Raum abregelt (dazu wurde der ELV-Melder mit einer Zeitverzögerung modifiziert, so dass er nicht sofort bei einem normalen kurzen Lüften anspringt). Dies mag bei der FBH auf den ersten Blick wenig Effekt bringen, aber es erzieht zum Kurzlüften. Denn wenn der Raum spürbar auskühlt, wird das Fenster schon geschlossen. Andererseits können so Heizungsverluste vermieden werden, wenn etwa der Junior früh zur Arbeit fährt und vergisst, das Fenster in seinem Zimmer zu schließen. Dann nämlich greift die Fenster-auf-Erkennung mit ihrer einstellbaren Temperatur richtig und das Ventil für diesen Raum wird nahezu komplett zugeregelt.

Mit Geduld abgleichen

Der Abgleich jedes einzelnen Raumes auf die benötigte Temperatur nahm dann relativ viel Zeit und Geduld in Anspruch, man muss Heiz- und Absenkezeiten sowie Soll-Temperaturen sorgfältig anhand der Raumnutzung und der Heizungscharak-



Bild 1: Der Heizkreisverteiler mit den montierten Ventilantrieben. Hier sind diese schon umgerüstet auf den Betrieb per Zentral-Empfänger. Die verdrihten Signalleitungen sollten hitzebeständige Silikon-Ummantelungen haben bzw. so verlegt sein, dass sie nicht das recht warme Vorlauf-Rohr berühren können. Im oben sichtbaren Kabelkanal werden die Leitungen zusammengeführt und sind auf einen Verteiler gelegt, der vom im Nebenraum installierten Zentral-Empfänger mit dem verstärkten bzw. gepufferten Empfangssignal gespeist wird.

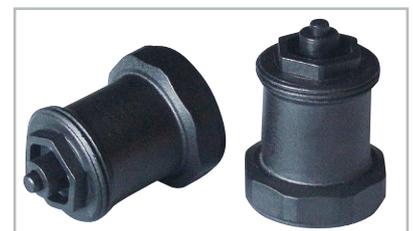
teristik des jeweiligen Fußbodenmaterials abstimmen, um das gewünschte gleichmäßige Heizen ohne das berüchtigte Überschwingen zu erreichen. Jedes „Drehen“ am Regler wird recht verzögert mit einer Temperaturreaktion beantwortet, aber die Geduld lohnt sich! Dank der stetigen Regelung der ELV-Ventilantriebe, der eingebauten Hysterese der Temperaturregler und der in weiser Voraussicht von den Entwicklern integrierten Offset-Funktion konnte so u. a. auch recht schnell der in dieser Heizungsanlage fehlende hydraulische Abgleich hervorragend simuliert werden, so dass unterschiedliche Leitungslängen leicht kompensierbar waren. Nun „verbrannte“ man sich in der Küche nicht mehr die Füße, während im weiter weg gelegenen Wohnzimmer noch Kälte herrschte.

Arbeitet dieses System erst stabil, kann man weiter optimieren, indem man z. B. die externe Umwälzpumpe in ihrer Leistung herunterregelt. Solange hier kein großes Nachfordern an Wärme durch die Raumregler erfolgt, ist die Leistung noch nicht zu niedrig und man spart richtig Strom. Denn diese Pumpe ist einer der größten Stromfresser im Haus, hier muss man eingreifen, soweit es geht.

Im Übrigen hat sich bewährt, die Absenktemperatur in den Räumen nicht zu tief zu wählen, bei mir genügen gerade drei bis vier Grad Raumtemperatur-Unterschied, der aufgrund der Trägheit des Systems und einer sehr guten Kellerdeckenisolation kaum zu einem Anspringen des Brenners während der Absenkezeiten führt. Man muss sich bei der Wahl der Absenkezeiten stets bewusst sein, dass das ganze System völlig anders reagiert als bei einer Heizung mit Heizkörpern – für eine Stunde Abwesenheit absenken bringt nichts!

Einige Beispiele zu bewährten Zeitregimes: Das Bad wird rechtzeitig ab 5 Uhr am Morgen aufgeheizt, damit die Ersten, die um 6.30 Uhr aufstehen, einen angenehm auf 21 °C geheizten Raum vorfinden. Der relativ kleine Raum ist recht schnell aufgeheizt, unterstützt durch einen eingebundenen Rohrheizkörper („Handtuchrockner“). Dabei reicht die aufgebauete Wärme so weit, dass man die Heizung bereits um

Bild 2: Passen die Ventilantriebe nicht direkt nebeneinander wie in Bild 1 auf den Heizkreisverteiler, so helfen Ventilverlängerungen (beim Heizungsbauer zu beziehen), um die Antriebe dennoch montieren zu können. Hier Verlängerungen für Heimeier-Ventile.



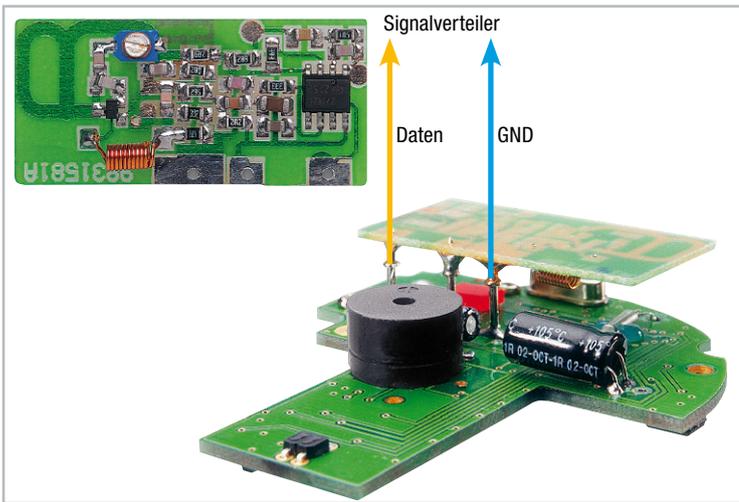


Bild 3: Die auszubauende Empfängerbaugruppe sowie die Lage der drei Lötstifte der Empfängerbaugruppe: abschneiden, nicht auslöten, dabei könnte die Hauptplatine beschädigt werden! An die abgeschnittenen Lötstifte werden die beiden Leitungen für Signal und GND gelegt, für die wiederum eine kleine Aussparung ins Gehäuse einzuarbeiten ist.

8 Uhr wieder auf 19 °C Normaltemperatur absenken kann. Trotz zwischenzeitlichem Lüften hält sich die Temperatur von 20 bis 21 °C den ganzen Tag über. Erst ab 17 Uhr beginnt die nächste Aufheizphase, die um 21 Uhr endet. So findet selbst der, der noch um Mitternacht duschen möchte, angenehme 21 °C vor.

Ab 22 Uhr wird der Heizkessel selbst intern durch seine Steuerung auf Nachtabsenkung geschaltet. Das wird selbst für den, der als „Nachtarbeiter“ bis ein, zwei Uhr nachts im Büro arbeitet, nicht zum Problem, dank des Wärmespeichervermögens des Fußbodens kühlt der ohnehin durch die laufenden Computer zusätzlich erwärmte Raum nur sehr langsam ab. Ein letztes Beispiel zur bedarfsgerechten Nutzung: Das tägliche Leben spielt sich hauptsächlich in der großen Wohnküche ab, erst abends wird das Wohnzimmer genutzt. Ergo wird Letzteres den ganzen Tag auf Absenken (17 Grad) gefahren (zudem liegt es nach Süden, bekommt also bei sonnigem Wetter ohnehin genug Aufheizung über die riesige Fensterscheibe) und das Aufheizen auf 21 Grad beginnt erst ab 17 Uhr. Das genügt, um bis 20 Uhr so viel Wärmepotential aufzubauen, dass es auch über die Nachtabsenkung des Heizkessels ab 22 Uhr hinaus über mehrere Stunden reicht.

Es lohnt sich also, die Nutzungsgewohnheiten genau zu analysieren und die Raumregler darauf anzupassen, zumal diese auch noch eine Differenzierung je nach Wochentag erlauben.

Während 7 Stunden in der Nacht arbeitet, zeitlich mit den Raumreglern koordiniert, auch der Kessel selbst auf Absenk-

betrieb, dann sind auch alle Pumpen abgeschaltet.

Ansonsten wird die Heizung auch bei Abwesenheit bis zu mehreren Tagen nicht komplett abgeschaltet, sondern lediglich die zu haltende Raumtemperatur etwas weiter abgesenkt auf 14 °C, um bei der Rückkehr in wenigen Stunden angenehme Temperaturen zu haben. Dies spart bei den langen Aufheizzeiten einer Fußbodenheizung tatsächlich Heizenergie, da man zum Aufheizen des ausgekühlten Hauses (dauert je nach Außentemperatur und Abschaltzeit bis zu 12 Stunden) deutlich mehr Energie benötigt als zum Halten eines bestimmten, nicht zu hoch liegenden Temperaturniveaus, ganz abgesehen vom Komfortfaktor, dass das Haus unter den Bedingungen einer solchen Heizung „blitzschnell“ aufgeheizt ist!

Funktechnik mit Tücken

Bald stellte sich allerdings ein unangenehmer Effekt der Funktechnik ein! Der relativ abgelegene Heizungsraum war einmal ohnehin weit weg und zusätzlich empfangstechnisch generell ein „Funkloch“. Das merkte man spätestens nach zwei Tagen, wenn ein Raum plötzlich geheizt war, obwohl die Heizung eigentlich abgesenkt sein sollte. Dafür sorgt ein ansonsten angenehmer Effekt der Ventiltriebe: Fällt die Funkverbindung länger aus, piept der Antrieb nicht nur (was man dank abgelegenen und mit einer Feuerschutztür versehenem Heizungsraum kaum einmal hört), er stellt sich auch auf 30 % Ventilöffnung ein, was den Frostschutz bei einem



Bild 4: Der Zentral-Empfänger wurde im Nebenraum der Heizung untergebracht. Er war hier empfangsgünstig unterzubringen.

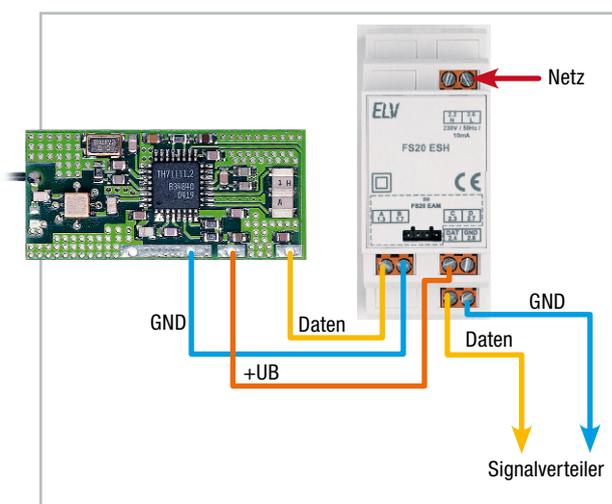


Bild 5: Die Zusammenschaltung des Empfangsmoduls RX868SH-C3 mit dem FS20 ESH und die Signal-Weiterführung zum Verteiler für die Ventilantriebe.

Achtung! Der Netzanschluss des FS20 ESH darf nur von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen VDE- und Sicherheits-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten!

unbeaufsichtigten Betrieb und Funk-Ausfall sichert. Nun lief natürlich die Heizung im betroffenen Raum, solange die Umwälzpumpe der Heizung eingeschaltet war (5 bis 22 Uhr). Da die Funkstörungen, wohl der Bausubstanz geschuldet, anhielten, griff ich zu einem unkonventionellen Mittel, dessen Nachahmung allerdings nur erfahrenen Elektronikern zu empfehlen ist.

Die Funkempfänger wurden, natürlich unter Verlust der Garantie, aus den Ventilantrieben ausgebaut. Das geht recht einfach, es sind nur die drei Lötstifte des Empfängers mit einem kräftigen Seitenschneider abzuschneiden. Wie man den Ventilantrieb fachgerecht demontiert und montiert, ist im „ELVjournal“ 4/05 sehr detailliert beschrieben, die Abbildung 3 zeigt die Lage der Lötstifte und der Empfängerplatine selbst.

Stattdessen gingen nun Leitungen vom Signaleingang und der Masse der Ventilantriebssteuerung zu einem Lötverteiler. Dort wurden sie zu einer Signalleitung zusammengefasst, die ich in einen deutlich empfangsgünstigeren Nebenraum verlegte.

Hier kam eine Lösung zum Zuge, die vom FS20-Hutschienensystem abgegrübelt war. Ein 868-MHz-HQ-Empfänger und ein Nachbau des Signalverstärkers, der im Systemnetzteil des FS20-Hutschienensystems eingebaut ist, kamen in ein Empfängergehäuse (Abbildung 4), das von einer alten PC-Wetterstation stammt. Die Spannungsversorgung erfolgt durch ein kleines Netzteil, das die benötigten 5 V und 3,6 V liefert. Alternativ kann man natürlich auch gleich zum FS20 EAM sowie zum FS20 ESH greifen – ich löte halt lieber selbst. Ein Schaltungsvorschlag zum Nachbauen mit dem FS20 ESH ist in Abbildung 5 zu sehen. Ich favorisiere auch hier den neu-

en HQ-Empfänger von ELV, er ist aus meiner Sicht dem im FS20 EAM eingebauten Empfänger in den Empfangseigenschaften überlegen, wenn auch fast doppelt so teuer. Die Signalleitung zu den Ventilantrieben kam an den Ausgang des Signalverstärkers, Batterien wieder in die Ventilantriebe einlegen – ein Verbindungstest: Es läuft! Und seitdem jahrelang ohne jegliche Störung!

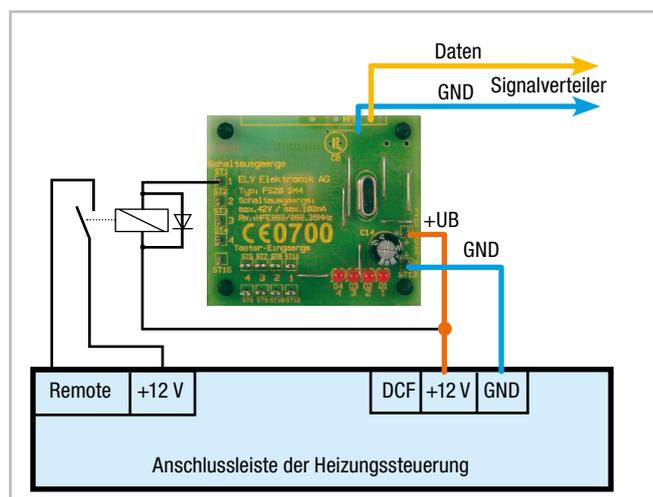
Bereits die erste Heizsaison mit dieser bisher beschriebenen Konfiguration brachte satte 20 % Gas-Ersparnis!

Zentral und nach Witterung gesteuert

Die nächste Ausbaustufe war die Einbindung einer PC-Funkzentrale, die für den Rest der Haussteuerung ohnehin nötig wurde. Hierüber kann man die Raumregler direkt und bequem am PC programmieren und sich übrigens auch ständig die aktuellen Ventilpositionen (allerdings nur die Vorgaben des Raumreglers, die Ventilantriebe selbst besitzen ja keinen Datensender), die aktuellen Raumtemperaturen sowie alle offenen Fenster anzeigen lassen. Zum Einsatz kam die FHZ 1300 PC.

Über Programm-Makros sind die Raumregler jetzt entsprechend ihrer Lage im Haus (Himmelsrichtung) mit den Daten des KS-300-Wettersensors verknüpft, so dass hier eine individuelle witterungsgeführte Raumregelung entstand. Das betrifft vor allem das rechtzeitige Schalten in den Absenk-

Bild 6: Das Schaltmodul FS20 SM4 leitet den per E-Mail erhaltenen Schaltbefehl der PC-Zentrale an den Fernsteuereingang der Heizungssteuerung weiter.



betrieb, wenn die Tagestemperatur stark und schnell ansteigt – so kann man die Reaktionszeit der Steuerung weiter verbessern und spart Heizenergie, die sonst verpuffen würde. Denn der eine Außentemperaturfühler des Heizkessels liegt zum einen ohnehin (installationstechnisch richtig) auf der Nordseite des Hauses und zudem reagiert die Kesselsteuerung hier sehr träge.

Gerade die südwärts gelegenen Räume heizen sich zwar durch die großen Fensterflächen und die starke Sonneneinstrahlung relativ schnell auf, allerdings durch gedämmte Scheiben und Wände eben auch nur verzögert. Regelt man die Heizung also außentemperaturgeführt rechtzeitig herunter, merkt man den bereits eingeleiteten Absenkbetrieb nicht, da ja der Raum gleichzeitig von der Sonne aufgeheizt wird. Die KS-300-Makros sind im Übrigen auch die Programmgrundlage für die Steuerung der beiden im Sommer bei Bedarf betriebenen Klimaanlage im Haus.

Ein weiteres Makro verhindert bei bestimmten Wetterlagen, dass die Heizung am Morgen überhaupt anläuft. Es muss allerdings noch per Hand nach dem Wetterbericht gestartet werden, da es leider noch keine Anbindung an die schönen neuen DCF-Daten-Wetterstationen mit ihrer recht exakten Temperaturvoraussage für den nächsten Tag gibt. Typische Wetterlage dafür: Am Morgen ist es noch kühl, aber laut Vorhersage steigt die Tagestemperatur schnell auf 20 °C oder mehr an. Da ist es herausgeworfene Heizenergie, wenn die Heizung wie sonst am frühen Morgen anläuft. Das ergibt weitere Einsparungen, besonders in der Übergangsperiode, wo die Heizung ja immer wieder gebraucht wird.

Im Übrigen brachte der Einsatz der PC-Funkzentrale auch die angenehme Möglichkeit, die Heizung bei längerer Abwesenheit (z. B. Urlaub) aus der so genannten Urlaubsschaltung rechtzeitig hochfahren zu lassen, so dass mit der Heimkehr nun das Haus angenehm warm ist. Ich schicke der Zentrale rechtzeitig eine E-Mail, die zu einer bestimmten Zeit das Hochfahren der Heizung auslöst. Denn glücklicherweise hat meine Heizkesselsteuerung einen (per vollständiger, mitgelieferter Installationsanleitung gut zu findenden) Fernsteueranschluss, der ein „Aufwecken“ aus der Urlaubsschaltung mittels Anlegen von 12 V an den Schalteingang erlaubt. Also habe ich ein kleines FS20-Schaltmodul (FS20 SM4) ohne 868-MHz-Empfänger ebenfalls, wie bei der Modifikation der Ventilantriebe beschrieben, per Leitung an den Zentral-Empfänger angeschlossen (Abbildung 6). Die Betriebsspannung des Moduls liefert der Fernsteueranschluss des Heizkessels praktischerweise gleich selbst (vorgesehen für die Versorgung eines optionalen, externen Funkuhr-Empfängers), das Schalten des Fernsteuer-Eingangs übernimmt potentialfrei ein 12-V-Relais.

So etwas sollte man allerdings nur machen, wenn man weiß, was man tut! Eine Heizkesselsteuerung ist zwar für den Elektriker kein Teufelszeug, dennoch sollte man sich mit seinem Heizungsbauer abstimmen (vor allem, solange es bei einer neuen Heizung um Gewährleistungsfragen geht!) und eine gute Dokumentation der Anlage zur Verfügung haben. Die lässt leider nicht jeder Heizungsbauer beim Kunden, also im Bedarfsfall danach fragen! Und vor allem – Finger weg von der eigentlichen Brenner- und internen Pumpensteuerung! Wir reden hier ausschließlich von dem bei modernen Hei-

zungen zusätzlich am Gerät oder abgesetzt installierbaren Steuergerät!

Letzter Stand

Brandneu in der Anlage ist das Wärmebedarfsrelais FHT 8W. Es schaltet die externe Umwälzpumpe ab, wenn keiner der Raumregler mehr einen Wärmebedarf anmeldet. So wird auch hier vor allem Strom gespart, und die ansonsten bisher trotz Steuerung vom Heizkessel her fast ganztags (außer Absenkezeit in der Nacht) laufende Pumpe muss nun nicht mehr gegen geschlossene Ventile laufen. Denn bisher konnte man zwar hören, dass bei geschlossenen Ventilen die interne Umwälzpumpe des Heizkessels bei Registrierung eines schnellen Temperaturanstiegs im Vorlauf abschaltete, aber dies geschah nicht mit der externen Pumpe, die lief ununterbrochen, solange die Heizkesselsteuerung nicht auf Nacht-Absenkbetrieb geschaltet war. Der Heizungsbauer konnte hier nicht helfen und der Hersteller des Heizkessels gibt „naturgemäß“ keine nähere Auskunft über die Arbeit seiner Steuerung.

Jetzt ist dank Wärmebedarfsrelais und ohne direkten Eingriff in die Heizkesselsteuerung also Ruhe, solange alle Räume ausreichend geheizt sind. Sobald einer der Ventilantriebe angesteuert wird, springt auch die externe Umwälzpumpe wieder an. Auch hier steht wohl langfristig eine deutliche Stromersparung ins Haus.

Das Wärmebedarfsrelais, im gleichen Raum wie der Zentralempfänger stationiert, steuert einen Funk-Leistungsschalter FS20 AS1 an, dessen Schaltkontakt in Reihe zur Absenkesteuerung des Heizkessels und – ganz wichtig! – zum Vorlauf-Temperaturwächter geschaltet ist. Denn dessen Funktion darf keinesfalls beeinträchtigt werden! Nach Ende dieser Heizperiode ist geplant, die Umwälzpumpe komplett vom Kessel zu trennen (von hier aus erfolgt ja noch die Absenkesteuerung zur Nacht) und den FS20 AS1 an die PC-Zentrale zur Steuerung der Absenkezeiten anzubinden. Dann wird auch der Bimetall-Vorlauf-Temperaturwächter einem elektronischen Thermostaten weichen und somit die gesamte Technik außerhalb des Heizkessels modernisiert sein. Abbildung 7 gibt noch einmal einen Überblick über die bisherige Gesamtinstallation.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die realisierte Einzelraumregelung erhebliche Einsparungen an Gas und Strom erbracht hat. Zusammen mit dem Gas-Brennwertkessel ergab sich eine Gaseinsparung von je nach Saisonverlauf 50 bis 60 % gegenüber der ursprünglichen Heizanlage.

Anhand eines installierten Gasverbrauchssensors und eines Stromsensors aus dem EM-1000-PC-System kann man alle Verbrauchsdaten sehr genau am PC verfolgen.

So konnte ich die exorbitanten Preissteigerungen der letzten Jahre wenigstens teilweise auffangen, vor allem aber ist der Wohnkomfort im Haus deutlich gestiegen, denn ist einmal alles sorgfältig eingestellt, muss man sich um fast nichts mehr kümmern, von normalen Wartungsarbeiten abgesehen. Bei der sich immer weiter öffnenden Preisschere zwischen den stark steigenden Energiepreisen und den insgesamt relativ preiswerten Komponenten, deren Anschaffung nur einmal ansteht, eine unbedingt lohnende Maßnahme, auch wenn es von ELV eigentlich nicht so gedacht war ...

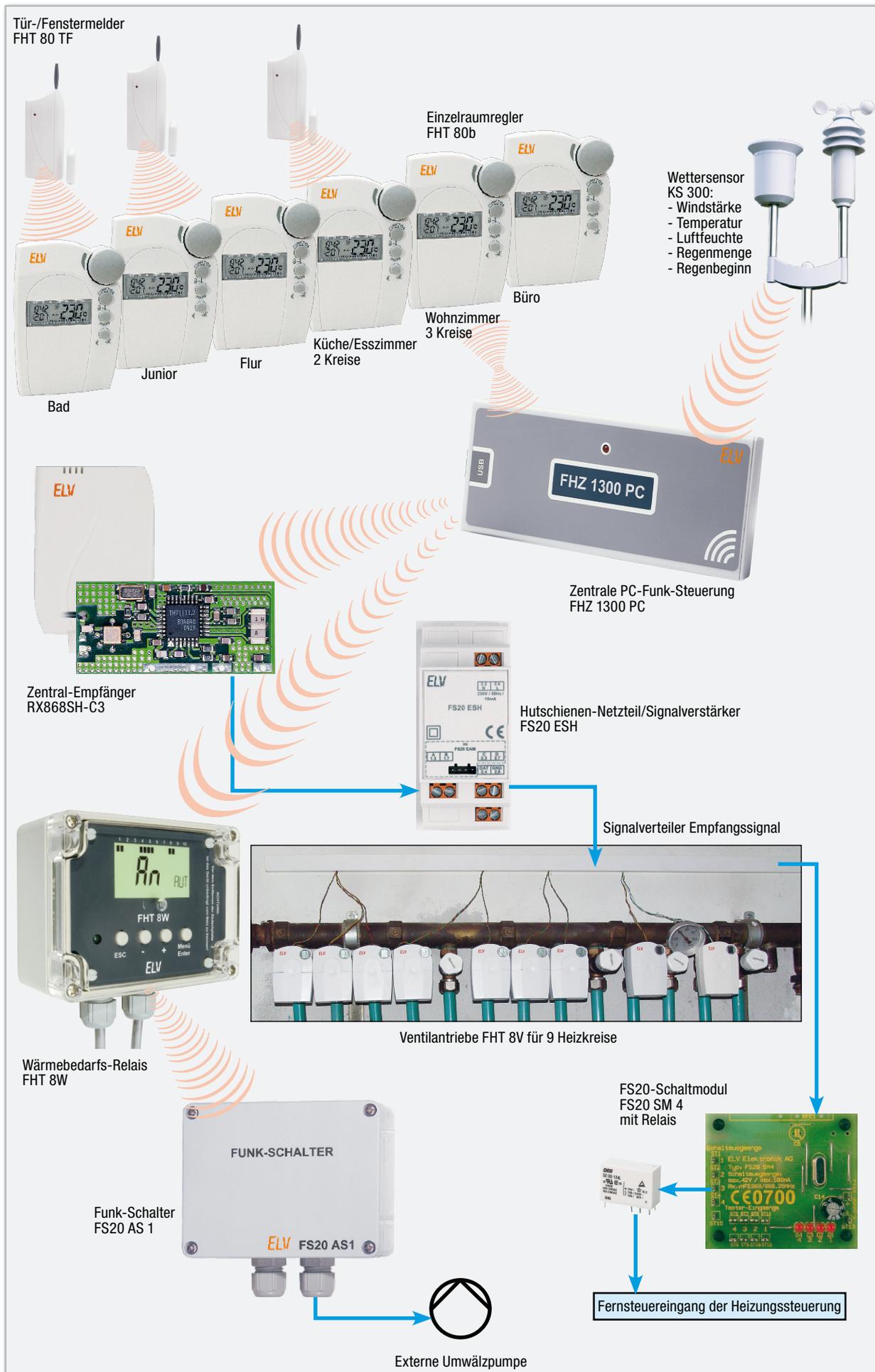


Bild 7: Die Konfiguration der FBH-Steuerung mit umgebauten Ventilantrieben, Fernsteuer-Schaltmodul und Umwälzpumpen-Steuerung

Prozessor-Schaltnetzteil



30 V/6 A

Das Prozessor-Schaltnetzteil SPS 5630 zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad aus und kann eine einstellbare Ausgangsspannung von 0 bis 30 V mit bis zu 6 A Strombelastbarkeit liefern. Dank Prozessorsteuerung und der Sollwert-Vorgabe mit einem Inkrementalgeber bietet das Gerät einen außergewöhnlichen Bedienungskomfort.

Die Soll- und Ist-Werte sowie alle wichtigen Statusinformationen werden auf einem großen hinterleuchteten LC-Display dargestellt. Untergebracht ist das SPS 5630 in einem hochwertigen Metallgehäuse mit Alu-Front.

Allgemeines

Das pulswertenmodulierte (PWM) Labor-Schaltnetzteil SPS 5630 arbeitet nach dem Prinzip des sekundär getakteten Schaltreglers. Im Gegensatz zu linear geregelten Netzgeräten zeichnen sich Schaltnetzteile durch einen besonders hohen Wirkungsgrad aus. Der hier eingesetzte Step-down-Wandler arbeitet über den gesamten Spannungsbereich mit einem hohen Wirkungsgrad, wobei prinzipbedingt die Vor-

teile bei hohen Ausgangsströmen und kleineren Ausgangsspannungen besonders zum Tragen kommen. In der Endstufe wird selbst bei voller Strombelastung nur wenig Leistung in Verlustwärme umgesetzt, so dass selbst volle Belastungen das SPS 5630 nahezu „kalt“ lassen.

Bei einem Labor-Netzgerät sind natürlich neben den Leistungsdaten präzise Sollwert-Vorgaben für die Ausgangsspannung und den Ausgangsstrom wichtig. Hier vereint nun das mit einem Inkrementalgeber (Drehimpulsgeber) ausgestattete SPS 5630 die einfache und schnelle Bedienbarkeit einer herkömmlichen Poti-Einstellung mit der Präzision einer digitalen Sollwert-Vorgabe, z. B. über Tasten. Die Auflösung des Inkrementalgebers ist für die Einstellung veränderbar. So sind für die Spannungsvorgabe je Rastung Schritte zwischen 10 mV und 10 V und für die Stromvorgabe je Rastung Schritte zwischen 1 mA und 1 A möglich. Im LC-Display wird die jeweils zu verändernde Stelle mit Hilfe eines Unterstrichs gekennzeichnet. Je Umdrehung verfügt der Inkrementalgeber über 24 Raststellungen.

Beim SPS 5630 werden alle wichtigen Einstellungen und Parameter auf einem großflächigen hinterleuchteten LC-Display gleichzeitig angezeigt. Dabei sind neben den Ist-Werten für Spannung, Strom und Leistung auch die Grenzwerte (Sollwert-Vorgaben) für Spannung und Strom direkt abzulesen. Des Weiteren werden alle wichtigen Statusinformationen und welcher Regler gerade aktiv ist (U oder I) direkt auf dem Display angezeigt.

Arbeitet das Netzgerät beispielsweise als Spannungskonstanter (der Ist-Wert und der Soll-Wert für die Spannung sind gleich groß), kann neben dem aktuell fließenden Strom auch

Technische Daten: SPS 5630

Ausgangsspannung:	0–30 V (Auflösung 10 mV)
Ausgangsstrom:	0,1–6 A spannungsabhängig, 2,5 A bei 30 V (Auflösung 1 mA)
Mikroprozessorsteuerung:	für alle Bedienfunktionen
Einstellungen:	per Tasten und Inkrementalgeber
Anzeige:	großflächiges hinterleuchtetes LC-Display zur gleichzeitigen Anzeige von Spannung, Strom und Leistung mit den zugehörigen Grenzwerten für U und I und Statusinformationen
Speicher:	bis zu 16 individuelle Einstellungen speicherbar
Besondere Merkmale:	Stand-by-Funktion zum Deaktivieren des Ausgangs, Endstufen-Temperatursicherung, Trafo-Temperatursicherung, Sicherheitsbuchsen, kurzschlussfester Ausgang
Restwelligkeit:	<20 mV eff. (bei Voll-Last)
Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz
Abmessungen Metallgehäuse (B x H x T):	303 x 155 x 95 mm

Die wesentlichen Features des SPS 5630:

- einstellbare Ausgangsspannung von 0 bis 30 V
- einstellbarer Ausgangsstrom von 0,1 bis 6 A (bis 12 V, darüber hinaus sinkt die maximale Stromentnahme bis zu einer Ausgangsspannung von 30 V auf max. 2,5 A – siehe Grafik in Abbildung 1)
- geringe Verlustleistung
- dauerkurzschlussfest
- großes hinterleuchtetes LC-Display
- gleichzeitige Anzeige von Soll-Wert, Ist-Wert und Statusinformationen
- präzise Sollwert-Vorgaben mit einem Inkrementalgeber (Drehimpulsgeber)
- Stand-by-Taste zum schnellen Deaktivieren des Ausgangs
- elektronische Temperatursicherungen für Trafo und Endstufe
- benutzerdefinierbarer Speicher für 16 individuelle Sollwert-Vorgaben
- Sicherheits-Ausgangsbuchsen
- hochwertiges Metallgehäuse mit Alu-Front

der programmierte Grenzwert (Limit) direkt abgelesen werden. Mit einem Blick ist dann erkennbar, wie weit die Stromaufnahme der angeschlossenen Last noch vom programmierten Grenzwert entfernt ist. Das große LC-Display ist durch die abschaltbare bzw. über einen Timer steuerbare Hinterleuchtung jederzeit gut ablesbar. Des Weiteren kann der Displaykontrast programmiert werden.

Eine Stand-by-Funktion ermöglicht auf Tastendruck das schlagartige Ein- und Ausschalten des Ausgangs, wobei der Stand-by-Modus mit einem auffälligen Symbol im Display angezeigt wird. Im praktischen Betrieb kann es wichtig sein, die Spannung schnell abschalten zu können.

Selbstverständlich ist das SPS 5630 dauerkurzschlussfest. In einem benutzerdefinierbaren Speicher können bis zu 16 individuelle Sollwert-Vorgaben abgelegt werden, die dann jederzeit wieder zur Verfügung stehen. Die Anzeige des ausgewählten Speicherplatzes erfolgt unten rechts im Display.

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich oder bei unbeaufsichtigtem Betrieb durch Unbefugte verändert werden, können alle Bedienfunktionen – mit Ausnahme der Stand-by-Taste zum schnellen Deaktivieren des Ausgangs – gesperrt werden. Befindet sich das Gerät bereits im Stand-by-Modus, ist auch diese Taste gesperrt. Die Sperre wird im Display mit dem Symbol „Locked“ angezeigt.

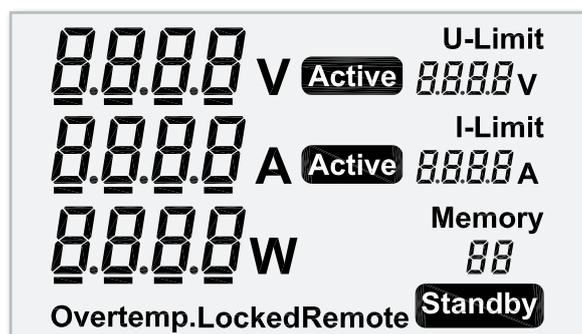


Bild 2: Das Display des SPS 5630

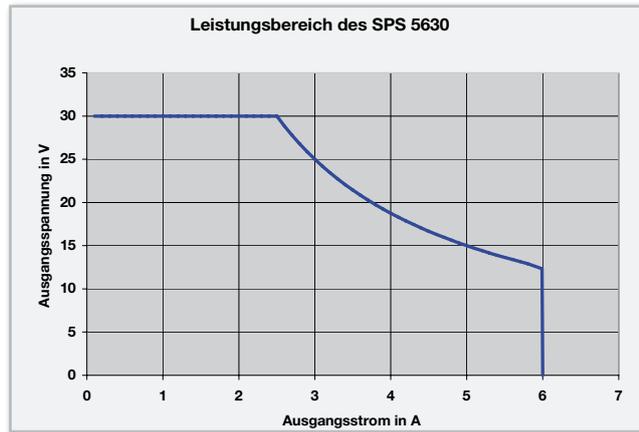


Bild 1: Der Betriebsbereich vom SPS 5630

Sowohl für die Endstufe des PWM-Schaltreglers als auch für den leistungsfähigen Netztransformator ist eine elektronische Temperatursicherung vorhanden, die bei Überlast das Gerät in den Stand-by-Modus versetzt. Signalisiert wird der Überlastzustand durch ein „Overtemp.“-Symbol im Display, das zur Vorwarnung bereits 5 °C unterhalb der Abschalttemperatur zu blinken beginnt.

Aufgrund des PWM-Schaltreglers ist die maximal mögliche Stromentnahme des SPS 5630 von der eingestellten Ausgangsspannung abhängig. Das SPS 5630 kann bis zu 12 V Ausgangsspannung einen max. Ausgangsstrom von 6 A liefern, während bei höheren Ausgangsspannungen sich die Strombelastbarkeit verringert, bis letztendlich bei 30 V Ausgangsspannung noch 2,5 A zur Verfügung stehen (Abbildung 1).

Bedienung

Die Bedienung des SPS 5630 ist nicht nur komfortabel, sondern auch besonders einfach und im Grunde genommen selbsterklärend. Neben dem Bedienkonzept mit Drehimpulsgeber (Inkrementalgeber) trägt dazu auch das große übersichtliche und hinterleuchtete LC-Display bei. Wie die Frontansicht des Gerätes zeigt, sind zur Bedienung 7 Taster, ein Drehimpulsgeber mit 24 Raststellungen pro Umdrehung sowie ein Netzschalter zum Ein- bzw. Ausschalten der primärseitigen Netzspannung vorhanden. Im LC-Display werden alle wichtigen Daten übersichtlich dargestellt. Für die Istwert-Anzeigen der Spannung, des Stroms und der Leistung auf der linken Displayseite werden dabei besonders große Zeichen verwendet, während die Limits und der gewählte Speicherplatz auf der rechten Displayseite kleiner dargestellt werden. Im mittleren Bereich des Displays wird der jeweils aktive Regler (U oder I) übersichtlich angezeigt. Beim aktiven Regler sind dann der Soll-Wert und der Ist-Wert gleich groß. Die Statuszeile im unteren Bereich des Displays informiert über verschiedene Betriebszustände. Abbildung 2 zeigt das Display des SPS 5630 mit allen zur Verfügung stehenden Anzeigesegmenten. Nach dem Einschalten des SPS 5630 mit dem Netzschalter (links unten) führt das Gerät einen Displaytest durch und steuert für ca. 2 Sekunden alle Segmente des Displays an. Danach werden kurz die Versionsnummern der Firmware (Haupt-Mikrocontroller, Displaycontroller) angezeigt und das Gerät übernimmt die zuletzt genutzte Gerätekonfiguration

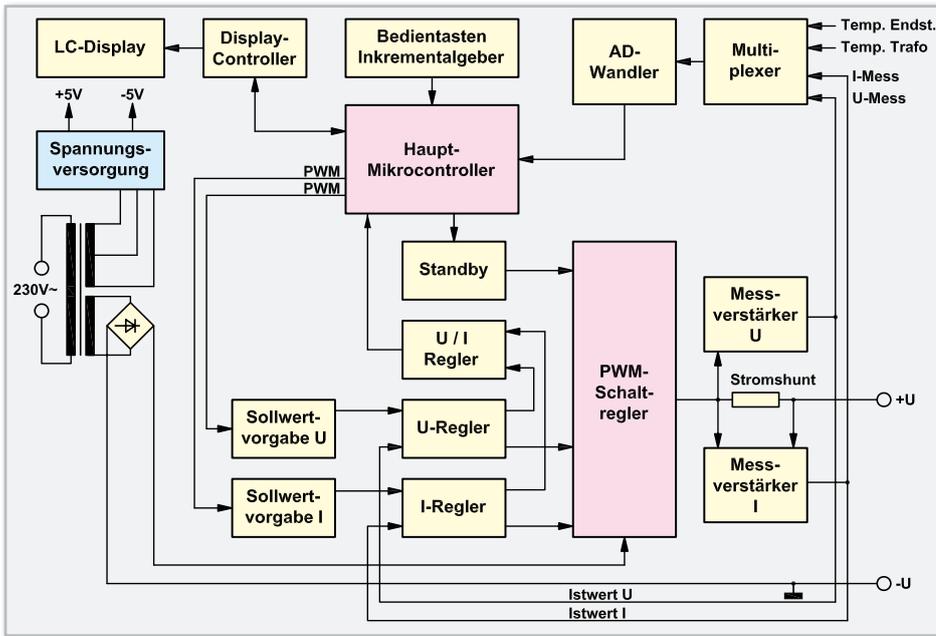


Bild 3: Blockschaltbild des SPS 5630

vor dem Ausschalten. Es wird nach dem Einschalten der Netzspannung immer zuerst der Stand-by-Modus aktiviert.

Grundsätzlich erfolgt die Sollwert-Vorgabe für Spannung und Strom 4-stellig, wobei zuerst mit der „U/I“-Taste unterhalb des Displays die zu verändernde Größe auszuwählen ist. Bei der jeweils aktivierten Einstellfunktion wird dann ein „Unterstrich“ an der aktuell zu verändernden Stelle angezeigt. Die gewünschte Stelle, die verändert werden soll, ist bei Bedarf mittels der „←“- und „→“-Tasten unterhalb des Displays auszuwählen. Mit dem Inkrementalgeber erfolgt die Einstellung des gewünschten Soll-Wertes, bei dem bei einem Über- bzw. Unterlauf automatisch ein Übertrag auf die nächste Stelle erfolgt. Die zuletzt gewählten Einstellschritte bleiben auch nach dem Umschalten von U auf I oder umgekehrt erhalten, d. h., es kann z. B. die Spannungsvorgabe in 100-mV-Schritten und die Stromvorgabe im 10-mA-Raster erfolgen, ohne dass dazu die Stellen erneut auszuwählen sind. Sobald eine der Pfeiltasten oder der Inkrementalgeber betätigt wird, erfolgt unabhängig davon, welcher Regler aktiv ist, die Anzeige des Soll-Wertes in der Hauptanzeige (links). Die Übernahme der neuen Einstellung als Grenzwert (Limit) erfolgt automatisch, wenn länger als 5 Sekunden keine Bedienung erfolgt, oder sofort bei Betätigung der „Enter“-Taste. Nach der Übernahme erscheinen links wieder aktuelle Ist-Werte und rechts die neuen Sollwert-Vorgaben.

Benutzerdefinierte Speicherplätze

Für individuelle Spannungs- und Stromvorgaben stehen beim SPS 5630 insgesamt 16 Speicherplätze zur Verfügung, die über eine „Recall-Funktion“ schnell aufzurufen sind. Auch bei einem Spannungsausfall bleiben abgespeicherte Einstellungen erhalten.

Sollwert-Vorgaben abspeichern

Das Abspeichern der aktuell eingestellten Sollwert-Vorgaben erfolgt mit der Taste „Memory“. Nach einer kurzen Betätigung der Taste blinkt die Speicherplatz-Nummer. Nun kann mit dem Inkrementalgeber oder den Pfeiltasten der ge-

wünschte Speicherplatz ausgewählt werden. Zur Übernahme der aktuellen Sollwert-Vorgaben unter dem ausgewählten Speicherplatz ist die Taste „Enter“ kurz zu betätigen.

Sollwert-Vorgaben aufrufen

Das Aufrufen von abgespeicherten Sollwert-Vorgaben ist jederzeit mit der Taste „Recall“ möglich. Nach einer kurzen Tastenbetätigung blinkt die Speicherplatz-Nummer und die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes mit den abgespeicherten Sollwert-Vorgaben ist dann mit dem Inkrementalgeber oder den Pfeiltasten möglich. Im Display werden die zum jeweiligen Speicherplatz gehörenden Sollwert-Vorgaben groß dargestellt.

Zur Übernahme der abgespeicherten Werte als neue Sollwert-Vorgaben ist kurz die „Enter“-Taste zu betätigen.

Tastatur-/Inkrementalgeber-Sperre (Lock)

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich verändert werden, kann eine „Lock-Funktion“ aktiviert werden. Dazu sind beide Pfeiltasten so lange gedrückt zu halten (ca. 3 Sek.), bis im Display die Anzeige „Locked“ erscheint. Mit Ausnahme der Stand-by-Aktivierung sind dann alle Bedienfunktionen gesperrt. Befindet sich das Gerät bereits im Stand-by-Modus, ist auch diese Taste gesperrt. Die Sperre kann durch erneutes gleichzeitiges Drücken der beiden Pfeiltasten wieder aufgehoben werden.

Stand-by-Modus

Mit Hilfe der Taste „Stand-by“ ist der Ausgang des Netzgerätes aktivierbar bzw. deaktivierbar, ohne dass dazu Einstellungen zu verändern sind. Der Stand-by-Zustand wird im Display mit dem entsprechenden Symbol angezeigt. Besonders praktisch ist diese Funktion, wenn an einem angeschlossenen Gerät gearbeitet wird, da zum Ausschalten keine Sollwert-Veränderungen notwendig sind. Die Taste hat eine Toggle-Funktion, d. h., ein weiterer Tastendruck hebt den jeweils aktuellen Zustand wieder auf. Um Abgleichfehler zu vermeiden, ist die Stand-by-Funktion im Abgleich-Modus während der Abgleich-Funktion gesperrt.

Display-Kontrast und Hinterleuchtung

Durch eine lange Tastenbetätigung des Tasters „U/I“ (>5 Sek.) gelangt man in das Set-up-Menü für den Display-Kontrast und zur Einstellung der Zeiten für die Display-Hinterleuchtung. Durch kurze Tastenbetätigungen der Taste „U/I“ kann zwischen den beiden Menüpunkten „Cont“ (für die Kontrasteinstellung) und „ILL“ (Zeiten für die Display-Hinterleuchtung) beliebig gewechselt werden. Der Kontrast ist in 8 Stufen mit den Pfeiltasten oder dem Drehimpulsgeber zu

verändern. In gleicher Weise kann auch bestimmt werden, ob die Beleuchtung ständig ausgeschaltet, ständig eingeschaltet oder nach jeder Tastenbetätigung für eine Minute, 5 Minuten, 10 Minuten, 30 Minuten oder auch 60 Minuten aktiviert werden soll. Das Abspeichern des jeweils neu eingestellten Wertes erfolgt durch eine kurze Betätigung der „Enter“-Taste, wobei dann automatisch das Menü verlassen wird. Erfolgt länger als 15 Sekunden keine Eingabe, wird das Set-up-Menü automatisch verlassen.

Übertemperatur-Schutzschaltung

Die Endstufentemperatur und die Temperatur des Netztrafos werden durch den Mikrocontroller ständig überwacht, wobei zur Vorwarnung das Symbol „Overtemp.“ bereits 5 °C unterhalb der Abschalttemperatur zu blinken beginnt. Sobald die Endstufe oder der Netztrafo die jeweils zulässige Temperaturgrenze überschreitet, erfolgt dann eine komplette Abschaltung der Ausgangsspannung. Im Display wird dieser Zustand durch die ständige Anzeige des Symbols „Overtemp.“ signalisiert. Der Ausgang wird automatisch erneut aktiviert, sobald sich die Temperaturen wieder im normalen Bereich befinden.

Blockschaltbild

Das Zusammenwirken der einzelnen Baugruppen des SPS 5630 veranschaulicht das Blockschaltbild in Abbildung 3. Zentrales Bauelement des SPS 5630 ist der Haupt-Mikrocontroller im oberen mittleren Bereich des Blockschaltbildes. Hier werden die Sollwert-Vorgaben generiert und der Controller erhält die Messwerte für Strom und Spannung, die Information, welcher Regler aktiv ist, und Temperaturinformationen von Trafo und Endstufe.

Der nicht-flüchtige Speicher (EEPROM) des SPS 5630 ist direkt im Mikrocontroller integriert. Die Kalibrierparameter und die individuellen Spannungs- und Stromvorgaben werden hier abgespeichert und bleiben auch ohne Betriebsspannung nahezu unbegrenzt erhalten.

Direkt mit dem Haupt-Mikrocontroller ist ein weiterer Controller verbunden, der zur Steuerung des LC-Displays dient, auf dem alle Informationen des Netzgerätes dargestellt werden.

Über die Bedientasten und den Inkrementalgeber (oben im Blockschaltbild) erfolgt die Eingabe der gewünschten Parameter und Vorgabewerte.

Diese Informationen sowie die aktuellen Messwerte vom A/D-Wandler nutzt der Haupt-Mikrocontroller dann für die erforderlichen Steueraufgaben.

Die Sollwert-Vorgaben für die Ausgangsspannung und den Ausgangsstrom liefert der Haupt-Mikrocontroller in Form von PWM-Steuersignalen. Zur endgültigen Sollwert-Vorgabe für den PWM-Schaltregler werden aus den Steuersignalen proportionale Gleichspannungen gewonnen und dem U-Regler und dem I-Regler zugeführt. Abhängig von der Spannungs- und Stromvorgabe (Soll-Werte) und den Ist-Werten für Strom und Spannung wird der PWM-Schaltregler dann entweder vom U- oder vom I-Regler gesteuert.

Über die vom Haupt-Mikrocontroller gesteuerte Stand-by-Funktion kann die Endstufe schlagartig und unabhängig von den Soll- und Ist-Werten ein- und ausgeschaltet werden.

Die Ausgangsspannung und der Ausgangsstrom werden mit Hilfe von Messverstärkern erfasst und die proportionalen Messwerte als Ist-Werte dem entsprechenden Regler (U oder I) zugeführt und zusätzlich über einen Multiplexer (oben rechts) auf den A/D-Wandler gegeben.

Der Dual-Slope-A/D-Wandler arbeitet mit 14 Bit Genauigkeit und hat die Aufgabe, die Messwerte für Spannung und Strom in digitale Informationen für den Mikrocontroller umzuwandeln. Des Weiteren werden dem A/D-Wandler über den Multiplexer proportionale Spannungswerte zur Endstufentemperatur und zur Trafotemperatur zugeführt. Auch diese Spannungen werden mit dem A/D-Wandler in digitale Daten für den Mikrocontroller gewandelt. In Abhängigkeit von den Temperaturwerten kann der Mikrocontroller das SPS 5630 in den Stand-by-Modus versetzen.

Der links im Blockschaltbild eingezeichnete Netztransformator speist den Leistungs-Brückengleichrichter, der wiederum die Eingangsspannung für den PWM-Schaltregler liefert. Eine weitere Wicklung mit Mittelanzapfung stellt die Wechselspannungen für die interne Spannungsversorgung zur Verfügung. Hier werden die stabilisierten Spannungen +5 V und -5 V erzeugt.

Schaltung

Da es sich beim SPS 5630 um eine relativ umfangreiche Schaltung handelt, ist das Gesamtschaltbild in mehrere in sich geschlossene Funktionsgruppen (Teilschaltbilder) aufgeteilt. Die Prozessoreinheit (Abbildung 4) besteht im Wesentlichen aus den beiden Mikrocontrollern und dem großen hinterleuchteten LC-Display. Diese Komponenten sind zusammen mit den Bedienelementen auf der Frontplatte des SPS 5630 untergebracht. Ein weiteres Teilschaltbild zeigt den A/D-Wandler mit Eingangsmultiplexer (Abbildung 5).

Das Schaltungsteil des sekundär getakteten PWM-Schaltreglers, das im Wesentlichen aus der Endstufe, der Regelung und der Spannungsversorgung besteht, ist im Hauptschaltbild (Abbildung 6) zu sehen. Ein weiteres Teilschaltbild (Abbildung 8) zeigt die Spannungsversorgung.

Prozessoreinheit

Betrachten wir zuerst die Prozessoreinheit in Abbildung 4, die mit 2 Mikrocontrollern realisiert wurde. Die Controller übernehmen alle Steueraufgaben, ermöglichen die komfortable Bedienung und sind für die Anzeige der Messwerte im Display verantwortlich. Die erforderliche externe Beschaltung ist hingegen äußerst gering. Während der Mikrocontroller IC 201 für die Ansteuerung des LC-Displays verantwortlich ist, übernimmt der Controller IC 200 alle Steueraufgaben des eigentlichen Netzgerätes. Neben dem Arbeitsspeicher ist in IC 200 auch ein EEPROM zur Speicherung von nicht-flüchtigen Daten, wie z. B. die Abgleichparameter und die individuellen Spannungs- und Stromereinstellungen, vorhanden. Der Prozessortakt wird mit dem Keramikresonator Q 200 erzeugt.

Die Kommunikation zwischen den beiden Mikrocontrollern

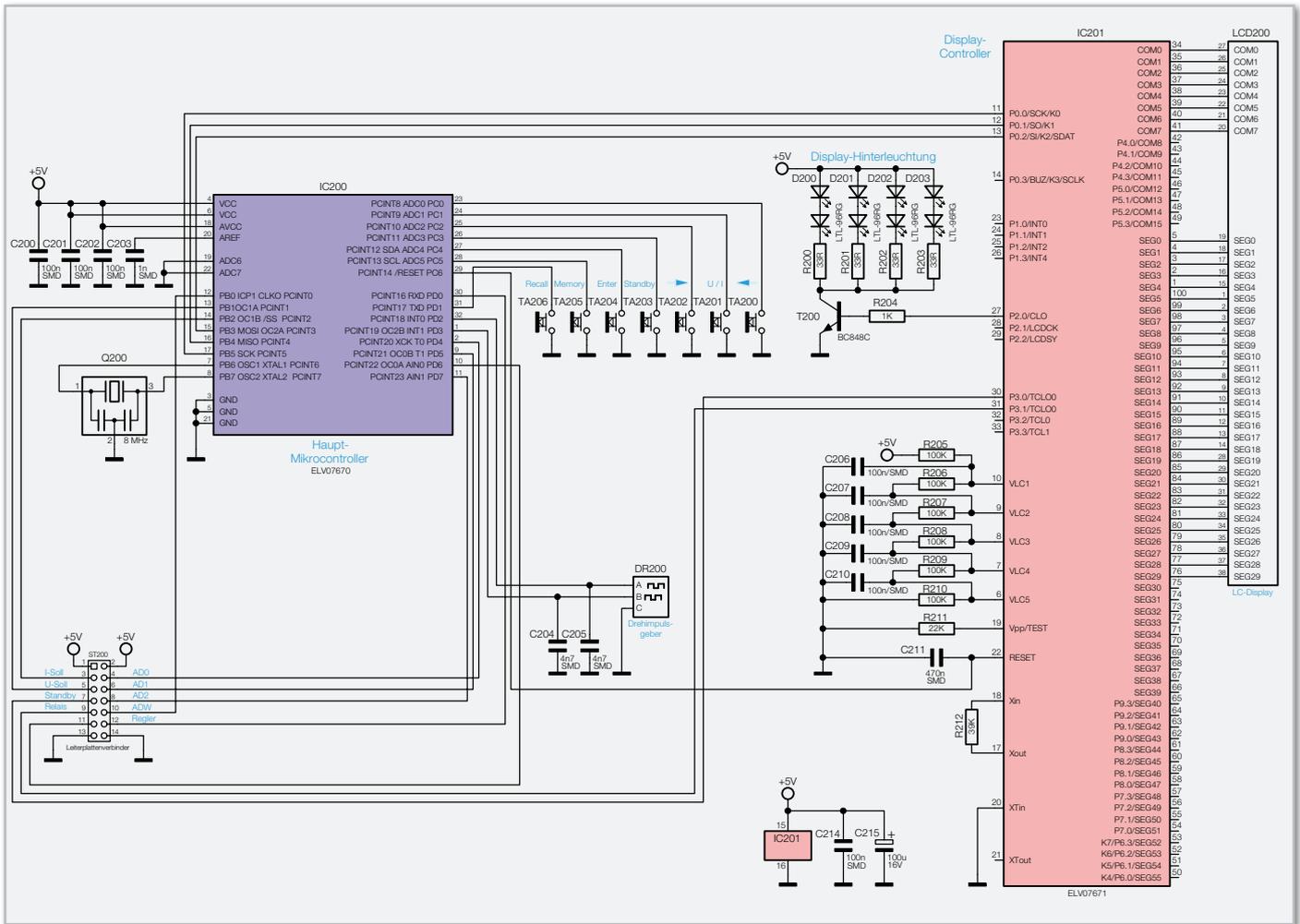


Bild 4: Schaltbild der Prozessoreinheit des SPS 5630

erfolgt über insgesamt 4 Portleitungen. Die auf der Frontplatine untergebrachte Prozessoreinheit ist über den Flachbandkabel-Steckverbinder ST 200 mit der Basisplatine (PWM-Schaltnetzteil) verbunden. Die insgesamt 7 Bedientasten des Gerätes sind direkt an Port PC 0 bis PC 5 und Port PD 1 des Controllers IC 200 angeschlossen und benötigen keine weitere Beschaltung. An Port PD 2 und PD 3 ist der Drehimpulsgeber (Inkrementalgeber) angeschlossen.

Hier dienen die Kondensatoren C 204 und C 205 zur Störunterdrückung. Des Weiteren dienen die Kondensatoren C 200 bis C 203 zur Störabblockung an den einzelnen Versorgungspins des ICs.

Der Display-Controller IC 201 steuert über Port 2.0 und R 204 den Transistor T 200, in dessen Kollektorkreis sich die „Sidelooking-Lamps“ der Display-Hinterleuchtung mit den zugehörigen Vorwiderständen R 200 bis R 203 befinden. Zur Takterzeugung sind bei diesem Controller Pin 17 und Pin 18 mit einem Widerstand (R 212) beschaltet. Die Spannungsteilerkette R 205 bis R 210 mit den zugehörigen Abblock-Kondensatoren C 206 bis C 210 bestimmt den Displaykontrast. Der Kondensator C 214 ist zur Störabblockung direkt an den Versorgungspins des Controllers angeordnet.

A/D-Wandler

Damit der Prozessor die analogen Messwerte verarbeiten kann, ist eine Analog-Digital-Wandlung erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt die in Abbildung 5 dargestellte Schal-

tung, die mit IC 8 A, B und externen Komponenten realisiert wurde. Dabei handelt es sich um einen integrierenden Wandler. Die Grundelemente dieses trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers sind der als invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 8 B und der Komparator IC 8 A. Bei diesem Zwei-Rampen-Wandler wird vorausgesetzt, dass Mess- und Referenzspannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Über Port PD 4, PD 5 und PD 7 (IC 200) erfolgt mit Hilfe des Analog-Multiplexers IC 7 die Auswahl des Mess-Eingangs. Neben dem Kondensator im Rückkopplungszweig (C 49) gehören die jeweiligen Widerstände (R 33 bis R 37) zum Integrator. Damit der Offset des OPs keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 8 B über den Spannungsteiler R 38, R 39 leicht negativ vorgespannt. Der nachgeschaltete Komparator (IC 8 A) schaltet um, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist. Der Transistor T 2 erzeugt dann eine Spannungsflanke an Port PB 0 des Controllers IC 200. Die erforderliche Referenzspannung wird von der Referenzdiode D 17 im unteren Bereich des Schaltbildes zur Verfügung gestellt. Neben den Messgrößen für U und I werden dem Multiplexer IC 7 auch proportionale Spannungen zur Endstufentemperatur und zur Trafotemperatur zugeführt.

Die Funktionsweise ist recht einfach. Im Ruhezustand ist Eingang 5 des Multiplexers durchgeschaltet, d. h., Pin 3 und Pin 5 sind miteinander verbunden. Dadurch wird der Integra-

tionskondensator C 49 über R 40 kurzgeschlossen und somit vollständig entladen. Zur Messung schaltet der Eingangsmultiplexer auf einen Eingangskanal und die Messspannung wird abintegriert. Mit einer stabilen Referenzspannung (-2,5 V) erfolgt danach so lange das Aufintegrieren, bis der Ausgang des Miller-Integrators wieder Ruhepotential führt. Vom Prozessor wird die Zeit, die zum Aufintegrieren benötigt wird, genau erfasst. Aus dem Verhältnis der Zeiten für das Ab- und Aufintegrieren und den verwendeten Vorwiderständen kann exakt die anliegende Spannung ermittelt werden. Für jeden Messkanal wiederholt sich der zuvor beschriebene Vorgang. Damit der A/D-Wandler zu Beginn der Messung auf jeden Fall im Ruhezustand ist, wird der Integrationskondensator grundsätzlich vorher entladen. Über den Komparator IC 8 A und den Transistor T 2 erhält der Mikrocontroller die Zeitinformationen.

PWM-Schaltregler

Das eigentliche Schaltnetzteil arbeitet als sekundär getakteter PWM-Schaltregler und ist in Abbildung 6 zu sehen. Das hier dargestellte Schaltungsteil ist über den 14-poligen Steckverbinder ST 8 mit der Proessoreinheit verbunden. Die wesentlichen Baugruppen sind der mit IC 6 realisierte PWM-Controller, die mit T 1, D 13 und L 1 realisierte Endstufe und die beiden Regler für Strom und Spannung. Zentrales Bauelement des PWM-Schaltreglers ist das bekannte Schaltregler-IC SG 3524 (IC 6), dessen interner Schaltungsaufbau in Abbildung 7 dargestellt ist. Dieses IC ist sehr flexibel einsetzbar und enthält alle Grundelemente, die zum Aufbau eines PWM-Schaltreglers erforderlich sind. Eine interne Referenzspannung steht an Pin 16 zur Verfügung und dient zunächst zur Speisung des mit R 13 und R 14 aufgebauten Spannungsteilers an Pin 1 (invertierender Eingang des Fehlerverstärkers). Wenn das SPS 5630 als Spannungskonstanter arbeitet, wird der Ist-Wert von IC 3 A bestimmt, und wenn das Netzgerät als Stromregler arbeitet, liefert IC 3 B den Ist-Wert jeweils in Verbindung mit den Widerständen R 9 bis R 12. Welcher Regler gerade aktiv ist, hängt natürlich von

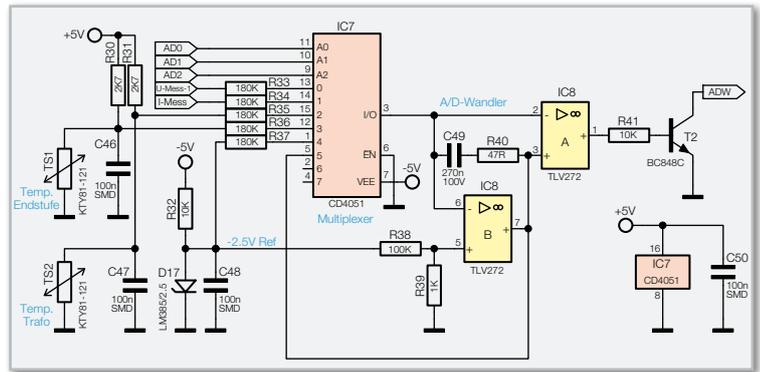


Bild 5: Die Schaltung des A/D-Wandlers

den Sollwert-Vorgaben und der aktuellen Last ab. Der im SG 3524 integrierte Regler wiederum vergleicht ständig die Eingangsgrößen an Pin 1 und Pin 2 miteinander und steuert über seinen an Pin 9 mit einer R/C-Kombination (R 16, C 27) beschalteten Ausgang den integrierten Komparator und somit das PWM-Ausgangssignal (Puls-Pause-Verhältnis). Die Schaltfrequenz des Step-down-Wandlers wird durch die externe Oszillatorbeschaltung an Pin 6 und Pin 7 (R 15, C 26) bestimmt. Zwei im SG 3524 integrierte Treibertransistoren an Pin 11 bis Pin 14 dienen zur Steuerung des selbstsperrenden P-Kanal-Leistungs-FETs T 1. Der Spannungsteiler R 17, R 18 sowie die Diode D 10 dienen zusammen mit der Transil-Schutzdiode D 11 zur Begrenzung der Gate-Source-Spannung. Solange der PWM-Ausgang des SG 3524 den P-Kanal-Leistungs-FET (T 1) durchsteuert, fließt der Ausgangsstrom über diesen Transistor, die Speicherdrossel L 1 und die Sicherung SI 4 zum Ausgang. Aufgrund der in L 1 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss bei gesperrtem FET (T 1) über die schnelle Schottky-Diode D 13 aufrechterhalten. Die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom ist direkt abhängig vom Tastverhältnis, wobei der Elko C 29 zur Glättung dient. Die Transil-Schutzdiode D 12 eliminiert Störimpulse, und die Sicherung SI 4 dient zum Schutz des Netzgerätes und der angeschlossenen Last im Fehlerfall.

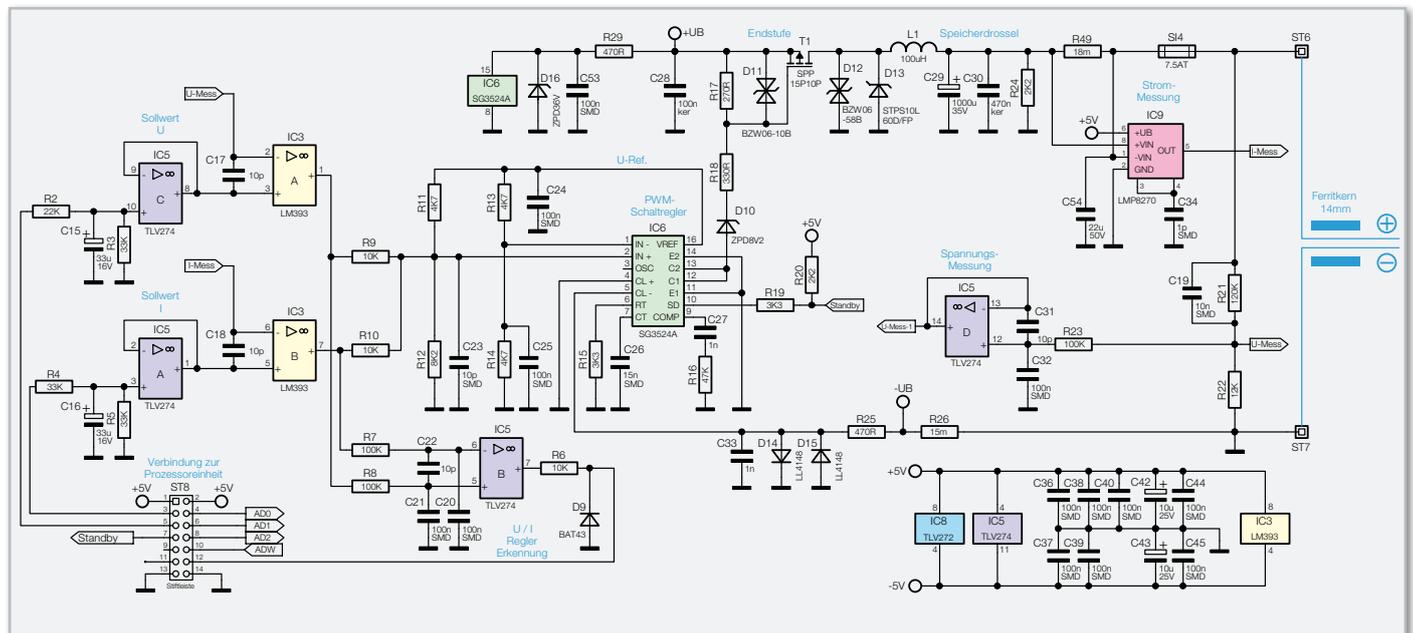


Bild 6: Schaltbild des Schaltnetzteils

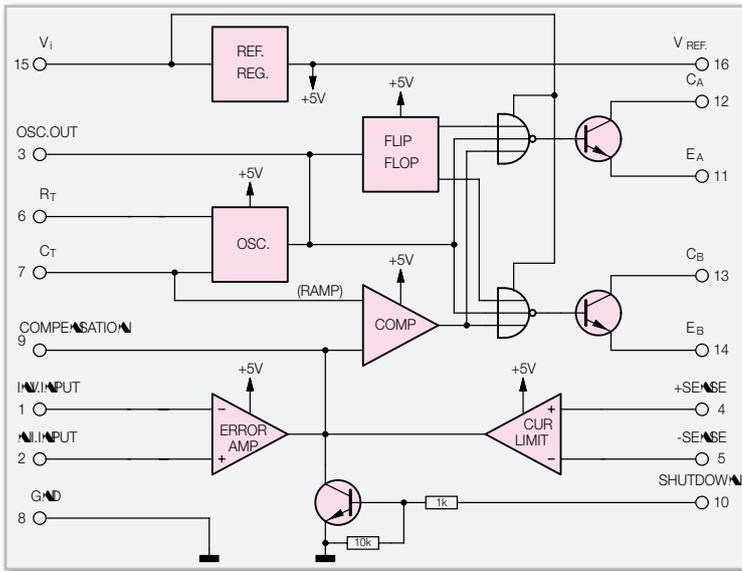


Bild 7: Interner Aufbau des SG 3524

Über den mit R 21 und R 22 aufgebauten Spannungsteiler wird die Ausgangsspannung des SPS 5630 gemessen und direkt IC 3 A an Pin 2 zugeführt. Hier erfolgt dann der Vergleich mit dem an Pin 3 anliegenden Soll-Wert. Des Weiteren wird die zur Ausgangsspannung proportionale Messspannung über den Pufferverstärker IC 5 D dem Multiplexer des A/D-Wandlers (IC 7) zugeführt.

Die am Stromshunt R 49 abfallende Spannung ist direkt proportional zum Ausgangsstrom des SPS 5630 und wird mit Hilfe des Messverstärkers IC 9 um den Faktor 20 verstärkt. Die am Ausgang (Pin 5) anstehende Spannung gelangt zum Vergleich mit dem Soll-Wert des Stroms direkt auf Pin 6 des Komparators IC 3 B und zur Messung des Ausgangsstroms auf den Multiplexer des A/D-Wandlers (IC 7).

Unabhängig vom Stromregler wird die an R 26 abfallende Spannung zur schnellen Maximalstrombegrenzung über R 25 auf die Chip-interne Strombegrenzerschaltung (Pin 4, Pin 5) des SG 3524 gegeben. Die Dioden D 14 und D 15 dienen zum Schutz des Eingangs (Pin 5).

Die vom Mikrocontroller kommenden Sollwert-Informationen gelangen auf die mit R 2, R 3, C 15 und R 4, R 5, C 16 aufgebauten R/C-Kombinationen, wo jeweils aus dem PWM-

Signal des Mikrocontrollers der arithmetische Mittelwert gebildet wird. Die nachgeschalteten Operationsverstärker IC 5 C und IC 5 A dienen als Impedanzwandler für die Steuerspannungen.

Spannungsversorgung

In Abbildung 8 ist die Spannungsversorgung des SPS 5630 dargestellt. Der Netztransformator wird über die 2-polige Netz-Buchse BU 100, die Netz-Sicherung SI 100 und den Netzschalter S 100 mit Spannung versorgt, wobei der primärseitige X2-Kondensator C 100 zur Störunterdrückung dient. Die obere Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung liefert 2 x 9 V mit 0,33 A Strombelastbarkeit zur Versorgung des Prozessorteils und der gesamten Steuerelektronik.

Zwei mit D 1, D 2 und D 3, D 4 aufgebaute Mittelpunktzweiweg-Gleichrichterschaltungen liefern unstabilierte Kleinspannungen, die zunächst mit C 2 und C 6 gepuffert werden.

Die unstabilierte positive Spannung wird auf den Eingang des Festspannungsreglers IC 1 gegeben und die negative Spannung auf den Eingang des Negativreglers IC 2.

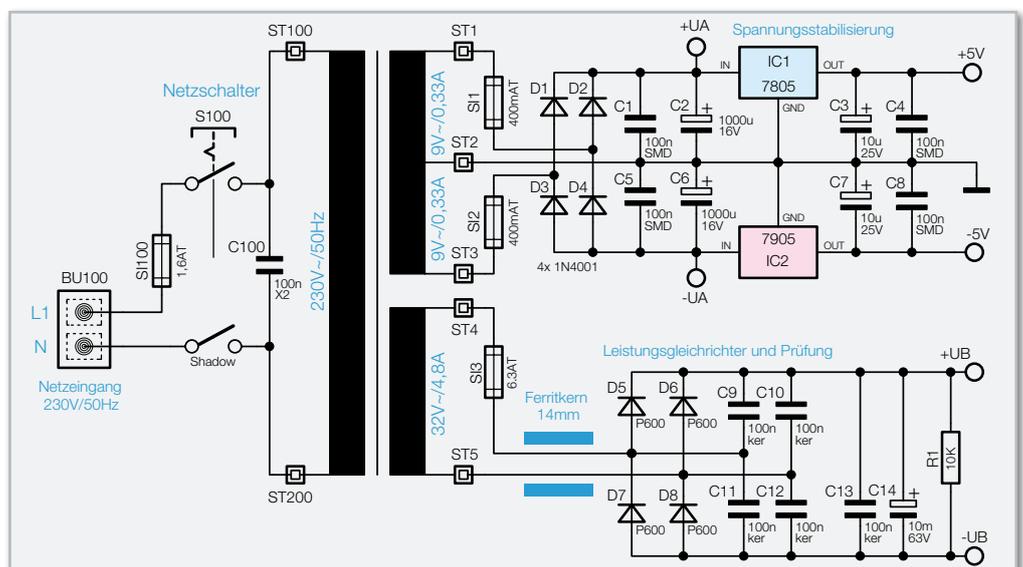
Am Ausgang der Festspannungsregler IC 1 und IC 2 stehen dann +5 V und -5 V zur Versorgung der Steuerelektronik zur Verfügung. Schwingneigungen an den Spannungsregler-Ausgängen werden mit C 3 und C 7 verhindert. Zur Unterdrückung von hochfrequenten Störungen dienen die Keramik-Kondensatoren C 1, C 4, C 5 und C 8.

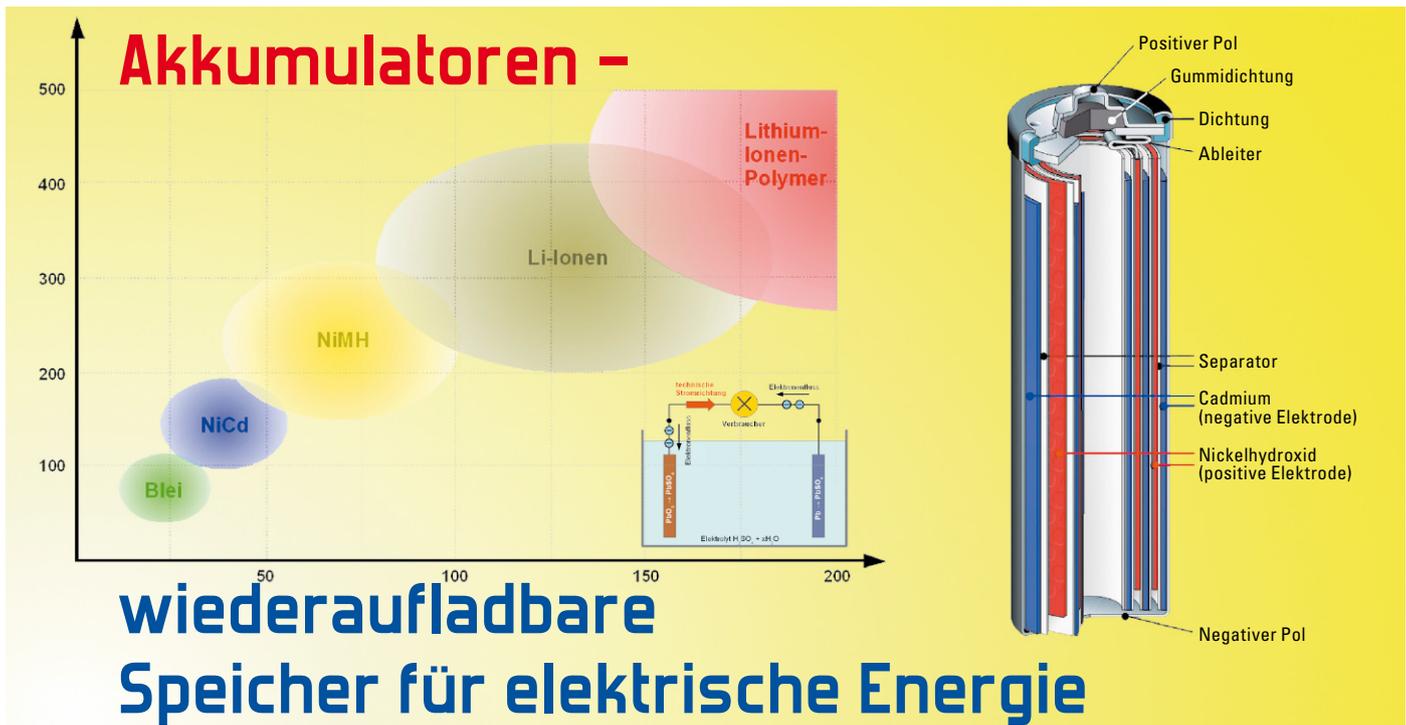
Die Leistungs-Endstufe des PWM-Schaltreglers wird mit der unteren Wicklung des Netztransformators, die maximal 32 V/4,8 A liefert, versorgt. Über die Sicherung SI 3 gelangt die Spannung dieser Wicklung auf den mit D 5 bis D 8 aufgebauten Brückengleichrichter.

Störspitzen, die beim Schalten der Dioden entstehen können, werden mit Hilfe der Keramik-Kondensatoren C 9 bis C 12 unterdrückt. Der Elko C 14 dient zur Pufferung und Glättung der unstabilierten Gleichspannung und C 13 zur weiteren Störunterdrückung. Im ausgeschalteten Zustand des SPS 5630 sorgt der Widerstand R 1 für die Entladung des Puffer-Elkos.

Im nächsten Teil zeigen wir den Nachbau und den Abgleich dieses interessanten Schaltnetzteils. **ELV**

Bild 8: Die Spannungsversorgung des SPS 5630





Ein Akkumulator ist eine Spannungsquelle, die einen Stromfluss über einen Lastwiderstand bewirkt. Die dabei freigesetzte Leistung ($VA = W$), multipliziert mit der Zeit, ist die abgegebene Energiemenge in Wh. Ist die interne Energiemenge des Akkus verbraucht, lässt sie sich durch Laden (ein Stromfluss aus einer externen Quelle zurück in den Akku) wieder rückspeichern und ein neuer Entladezyklus kann beginnen. Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit Historie, Wirkungsweise, Kenngrößen und Bauformen dieses wieder befüllbaren Speichers für elektrische Energie, ohne den das Zeitalter der mobilen Elektronik nicht denkbar wäre.

Geschichtlicher Rückblick

Der österreichische Archäologe Wilhelm König machte im Jahr 1936 etwa 30 km südöstlich von Bagdad Ausgrabungsfunde, von denen er annahm, es handle sich um eine frühe Form der Trockenbatterie. Die Fundstücke, ca. 15 cm hohe tönernerne Krüge, enthielten – durch einen Bitumenpfropfen im Hals voneinander isoliert – eine an der Unterseite geschlossene Hülse aus Kupferblech und darin einen Eisenstab. 1938 beschrieb König seinen Fund in einem Fachartikel „Ein galvanisches Element aus der Partherzeit?“ (Forschungen und Fortschritte 14 [1938]; 8–9), worin er als Anwendung das Galvanisieren von Kunst- und Kultobjekten mit hauchdünnen Goldschichten für möglich hielt. Auch über medizinische Anwendungen wie eine Art Entkeimung des Wassers spekulierte er. Über das Für und Wider solcher Deutungen wird seitdem heftig gestritten. Auch wenn viele Fragen offen bleiben, ist es doch eine faszinierende Vorstellung, dass die Menschheit vielleicht schon vor mehr als 2000 Jahren über elektrische Spannungsquellen verfügen konnte.

In der Neuzeit wird der italienische Naturforscher Alessandro Volta (1745–1827) als Vater der Batterie angesehen (Abbildung 1). Angeregt durch die Experimente des italienischen Arztes, Anatomen und Biophysikers Luigi Galvani (1737–1798), in denen dieser Muskelkontraktionen an seziierten Froschschenkeln unter dem Einfluss statischer Elektrizität

untersuchte und den Begriff der „animalischen Elektrizität“ prägte (Abbildung 2), analysierte Volta das Phänomen genauer und kam zu dem Schluss, dass die Muskelzuckungen auf Kontaktelektrizität zwischen der Gewebeflüssigkeit und den unterschiedlichen Metallen der Versuchseinrichtung zurückzuführen seien. Nach systematischen Untersuchungen der elektrochemischen Spannungen verschiedener Metalle (A. Volta: „On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds“; Philosophical Transactions of the Royal Society, 90: 403-431, 1800) war es zur Volta'schen Säule – der ersten funktionierenden Batterie – nicht mehr weit.



Bild 1: Alessandro Volta legte die Grundlagen der modernen Elektrochemie.

Bild 2: Luigi Galvani's Froschschenkel-Experimente regten Volta zur Erforschung des Phänomens der Kontaktelektrizität an.



Die Volta'sche Säule bestand aus gestapelten Scheibentripeln (Volta-Zelle), jeweils aus einer Kupferplatte als negativer Elektrode, einer mit Salzlake getränkten ledernen Zwischenlage als Elektrolyt und einer Zinkplatte als positiver Elektrode (Abbildung 3). Damit war der Weg frei zur systematischen Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Strom und Magnetismus und elektrochemischer Phänomene. Zahllose Experimente mit vielen anderen Metallkombinationen und Elektrolyten hatten das Ziel, die Spannung und den Stromfluss zu erhöhen. An ihrem Ende stand die Volta'sche Spannungsreihe. Etwa 100 Jahre nach seiner bahnbrechenden Entwicklung (1897) wurde Volta posthum geehrt, indem man die Einheit der elektrischen Spannung mit Volt benannte.

Die Spannung einer Volta-Zelle mit Zinkplättchen (elektrochemisches Standardpotential $-0,76\text{ V}$) und Kupfer (elektrochemisches Standardpotential $0,34\text{ V}$) beträgt ca. $1,1\text{ V}$. In der dargestellten Volta'schen Säule mit 14 gestapelten Elementen wird entsprechend eine Spannung von ca. $15,4\text{ V}$ erzeugt. Der elektrochemische Mechanismus: Die Zinkatome geben zwei Elektronen ab und gehen als Zinkionen in Lösung. Die dabei freigesetzten Elektronen erzeugen in der Zinkelektrode einen Elektronenüberschuss, der sich über einen Verbraucher als Elektronenfluss zur Kupferelektrode (entgegengesetzt zur technischen Stromrichtung!) abbaut. An den Kupferplättchen wird Wasserstoff freigesetzt. Weil die elektrochemischen Vorgänge in der Volta'schen Säule nicht umkehrbar sind, lässt sie sich nicht wieder aufladen. Deshalb zählt man sie zur Klasse der Primärelemente.

Das Verdienst, die Urform des Akkumulators – also einen Stromspeicher – erfunden zu haben, gebührt dem deutschen Apotheker Johann Wilhelm Ritter (1776–1810). Er deutete die dabei ablaufenden chemischen Vorgänge als Erster richtig. Die von ihm 1803 vorgestellte Ritter'sche Ladungssäule bestand ähnlich wie Voltas Anordnung aus abwechselnd geschichteten Metallscheiben mit porösen Zwischenlagen zur Aufnahme einer elektrolytischen Flüssigkeit („kochsalz-nasse Pappplatten“). Ritter verwendete jedoch einheitlich Kupferplättchen. So konnte natürlich zunächst keine Spannung entstehen. Als Ritter jedoch seine Anordnung eine Zeit lang mit einer Volta'schen Säule verband und dann wieder trennte, war an ihren Klemmen eine belastbare Spannung festzustellen. Der Grund liegt in der Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Oberflächen der Kupferscheiben durch den Ladestrom. Während der Stromabgabe bilden sich die Veränderungen zurück. Solange dieser Vorgang nicht abgeschlossen ist, gibt die Ritter'sche Säule Strom ab.

Es dauerte gut 50 weitere Jahre, bis 1854 der deutsche Arzt und Physiker Wilhelm Josef Sinsteden (1803–1891) zeigte, dass zwei Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure besonders gute Stromspeichereigenschaften aufwiesen. Sinsteden kann somit als Vater des Blei-Akkumulators angesehen werden, obwohl er seine Erfindung nicht wirtschaftlich verwertete. Der französische Physiker Gaston Planté (1834–1889) brachte den Blei-Akkumulator 1859 zur technischen Reife. Von den vielen Erfindern, welche die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Blei-Akkumulators stetig verbesserten, hat 1886 der luxemburgische Ingenieur Henri Tudor (1859–1928) gerippte Bleiplatten mit vergrößerter Oberfläche eingesetzt. Die großtechnische Herstellung des Tudor-Akkus nahm 1887 der Industrielle Adolph Müller in der von ihm gegründeten Aktiengesellschaft für Akkumulatorenherstellung (AFA) auf. Die AFA rief 1904 ihre Tochtergesellschaft VARTA (Vertrieb, Aufladung, Reparatur Transportabler Akkumulatoren) für die Fertigung kleiner und transportabler Akkumulatoren ins Leben. Seitdem wird der Blei-Akku in der heute noch üblichen Kastenform vorwiegend zum Starten von Kraftfahrzeugen eingesetzt.

Akkumulatoren hatten bis zur Entwicklung der dynamoelektrischen Maschine 1866 durch Werner von Siemens (1816–1892) noch keine praktische Bedeutung, denn zu ihrer Ladung war immer erst eine Primärbatterie nach Art einer Volta'schen Säule erforderlich. Daher rührt auch die Bezeichnung Sekundärbatterie. Mit dem Dynamogenerator stand nun ein leistungsfähiger Stromerzeuger zur Verfügung, der einen Akkumulator einfach und preiswert laden konnte. So spielte der Blei-Akku in den Anfängen der Automobiltechnik zur Speicherung der Antriebsenergie in elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen eine bedeutende Rolle.

Akkumulatoren – Idealvorstellung und Realität

Die wünschenswerten und die chemisch-physikalisch realisierbaren Eigenschaften eines Akkumulators werden trotz aller

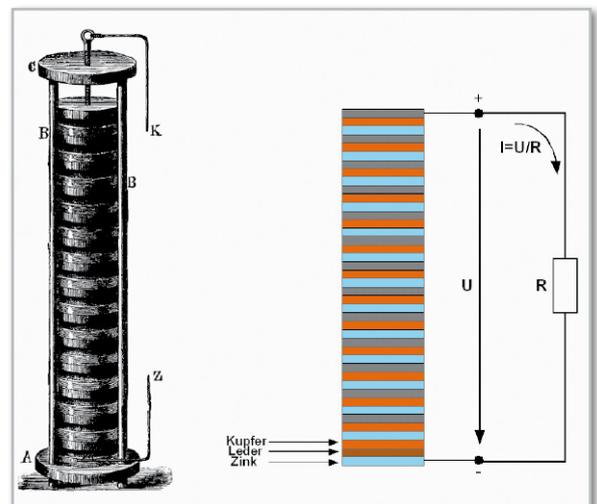


Bild 3: Die Volta'sche Säule war das erste Primärelement, dessen Spannung sich durch die Höhe des Elementarzellenstapels in weiten Grenzen einstellen ließ. Damit war der Weg zur systematischen Erforschung elektrochemischer und -physikalischer Phänomene frei.

Forschungen nicht zur Deckung zu bringen sein. So steht zum Beispiel die Forderung nach einem großen Speichervolumen im Gegensatz zur möglichst kompakten Größe eines Akkus. Aber lassen wir unserer Fantasie einmal freien Lauf. Der „ideale“ Akkumulator soll die folgenden Attribute vereinen:

- geringes Volumen und Gewicht
- hohe Speicherdichte
- weiter Arbeitstemperaturbereich
- minimale Selbstentladung für lange Lagerzeit
- Hochstromfestigkeit
- kurze Ladezeiten
- hoher Wirkungsgrad
- freie Formgebung
- in Herstellung und Betrieb und Entsorgung keine giftigen Stoffe benötigend bzw. absondernd
- lange Lebensdauer
- Sicherheit in allen Betriebszuständen
- recycelbar
- billig in der Herstellung ...

Dieser Wünschekanon hört sich nach der „eierlegenden Wollmilchsau“ oder der „Quadratur des Kreises“ an. In der Realität sind die Vielzahl der Akkumulatortypen daher auf die bestmögliche Erfüllung eines bestimmten Aufgabenkreises optimiert, sei es in Spielzeug, Leuchten, mobiler Unterhaltungselektronik, Laptops, Uhren, Funktechnik, Alarmtechnik, Notstromversorgungen, Solarstromversorgungen, Kraftfahrzeugen, Elektrowerkzeugen oder in elektronischer Kleidung (i-wear, smart clothes).

Der Blei-Akkumulator

Im Blei-Akkumulator finden wir alle Elemente wieder, die jeder Akkumulator in unterschiedlicher Ausgestaltung aufweist: positive Elektrode, Elektrolyt und negative Elektrode. Deshalb beschreiben wir sein Wirkungsprinzip etwas eingehender. Die (vereinfachten) chemischen Vorgänge an den Elektrodenplatten sind noch relativ einfach nachzuvollziehen (etwas Restwissen aus dem Chemieunterricht braucht's aber schon!). Die in den Reaktionsgleichungen verwendeten Größen sind O (Oxygen = Sauerstoff), H (Hydrogen = Wasserstoff), S (Sulfide = Schwefel) und Pb (Plumbum = Blei). Der Buchstabe e steht für ein Elektron und die hochgestellten Plus- und Minuszeichen (+, -) deuten auf einen Mangel (+) oder einen Überschuss (-) an Elektronen hin. Wir haben es dann mit positiv oder negativ geladenen Ionen zu tun.

Der Akkumulator wird meist ohne Elektrolytfüllung ausgeliefert. Dann besteht die positive Elektrode aus PbO_2 (Bleiodioxid) und die negative Elektrode aus porösem Blei (Pb, Bleischwamm). Nach dem Einfüllen der mit Wasser (H_2O) verdünnten Schwefelsäure (H_2SO_4) sind die Voraussetzungen für eine erste Entladung gegeben. Man bezeichnet den unbeladenen Akku deshalb auch als „trocken vorgeladen“.

Entladung: Werden die Elektroden des geladenen Akkumulators nun über einen Verbraucher verbunden, setzt ein Stromfluss ein (Abbildung 4).

An der positiven Elektrode wandelt sich das Bleiodioxid unter Abgabe von Sauerstoffionen (O^{2-}) und Aufnahme von Sulfationen (SO_4^{2-}) in Bleisulfat ($PbSO_4$). Die aus dem Elektrolyten

aufgenommenen Sulfationen (SO_4^{2-}) lassen freie Wasserstoffionen (H^+) zurück, die sich mit den freigesetzten Sauerstoffionen (O^{2-}) zu Wasser (H_2O) verbinden. Im Zuge der Entladung verringert sich die Konzentration der wässrigen Schwefelsäure daher beständig. Deshalb kann die Säuredichte als Maß für den Ladungszustand dienen – 1,285 kg/l (voll) bis 1,16 kg/l (leer) – und mit einem Aräometer (Senkwaage) geprüft werden.

An der negativen Elektrode verbindet sich das Blei (Pb) nach Abgabe von zwei Elektronen mit dem Sulfation zu Bleisulfat ($Pb^{2+} + 2e + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4$). Es wandeln sich also sowohl das Bleiodioxid (PbO_2) der positiven Elektrode als auch das Blei (Pb) der negativen Elektrode zu Bleisulfat ($PbSO_4$). Sind beide Elektroden gleich, ist die Spannung zwischen ihnen null und die Entladung vollständig. Der Blei-Akku wird irreversibel beschädigt, wenn man bei einer Säuredichte von weniger als 1,15 kg/dm³ nicht nachlädt. Über 2,4 V Klemmspannung sollte man die Zelle nicht aufladen, weil sonst der Ladestrom die Zersetzung des Wassers im Elektrolyten in Wasserstoff und Sauerstoff bewirkt (Knallgasbildung!). Man sagt, der Akku „gast“.

Ladung: Beim entladenen Blei-Akku bestehen beide Platten aus Bleisulfat ($PbSO_4$) (Abbildung 5). Im Zuge des Ladens gibt die positive Platte Sulfationen (SO_4^{2-}) an den Elektrolyten ab und verbindet sich mit dem Sauerstoff des Elektrolytwassers unter Freisetzung von Wasserstoffionen zu Bleiodioxid. Dabei werden zwei Elektronen zur Stromleitung frei. Im Verlauf der Ladung steigt die Säurekonzentration wieder an. Die Vorgänge an den Platten bei Entladung bzw. Ladung sind in den Gleichungen in Abbildung 4 bzw. Abbildung 5 dargestellt.

Der Blei-Akkumulator mit flüssigem Elektrolyten hat heute in der Unterhaltungselektronik keine Bedeutung als mobile Energiequelle. Für einen lageunabhängigen Betrieb ist der Ersatz des flüssigen Elektrolyten „wässrige Schwefelsäure“ (H_2SO_4) durch ein Gelsubstitut (durch Zugabe von Kieselsäure erstarrte Schwefelsäure) und der gasungsfreie geschlossene Betrieb Voraussetzung. Der Blei-Gel-Akku erfüllt beide Anforderungen. Er wurde früher in portablen Tonbandgeräten

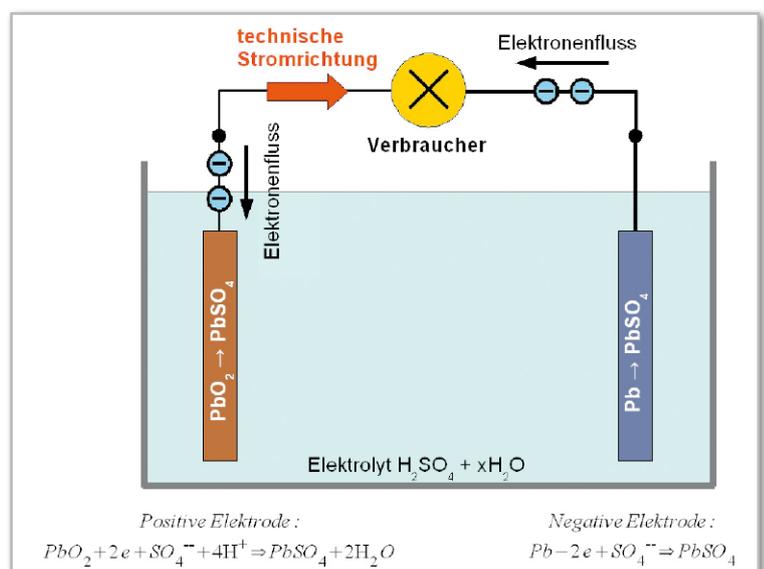


Bild 4: Dieses Bild fasst die elektrochemischen Vorgänge bei der Entladung eines Blei-Akkumulators zusammen. Mit fortschreitender Entladung sinkt die Dichte des Schwefelsäureelektrolyten.

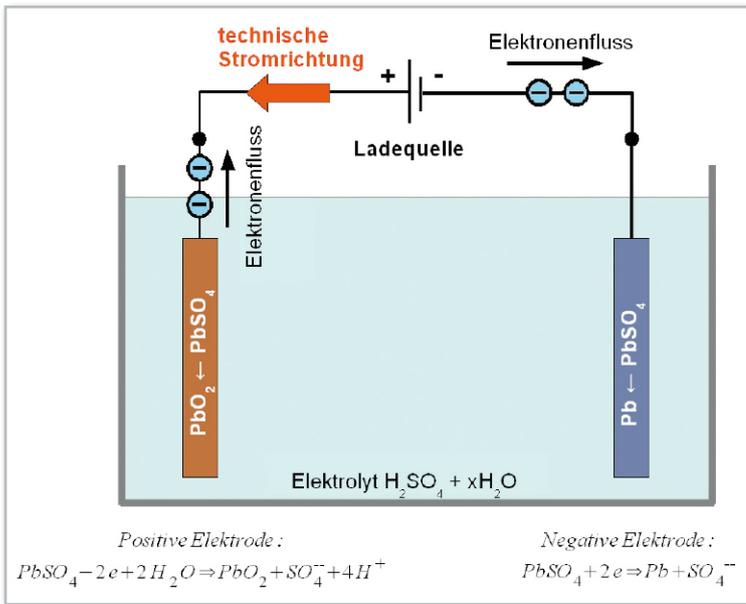


Bild 5: Bei der Ladung des Blei-Akkumulators steigt die Dichte des Schwefelsäureelektrolyten so lange an, bis er „gast“.

eingesetzt, heute noch in unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) für den PC, in leistungsstarken Handscheinwerfern und Campingleuchten. Mit der zunehmenden Miniaturisierung der Elektronik konnte der Blei-Akku nicht mithalten und spielt heute in portablen Geräten keine Rolle mehr.

Trotz seiner geringen Energiedichte von ca. 30 Wh/kg kann der Blei-Akkumulator wegen seines geringen Innenwiderstandes kurzzeitig hohe Ströme liefern. Er wird deshalb bis heute als Starterbatterie für Verbrennungsmotoren verwendet. Der elektrische Anlassermotor zieht für wenige Sekunden Ströme von 100 bis 1000 A, ohne dass dabei die Spannung zu tief abfallen darf. Der Blei-Akku kann dies in einem weiten Temperaturbereich zu günstigen Kosten leisten.

Der Nickel-Cadmium-Akkumulator

Der Nickel-Cadmium-Akkumulator (NiCd) kann auf eine über

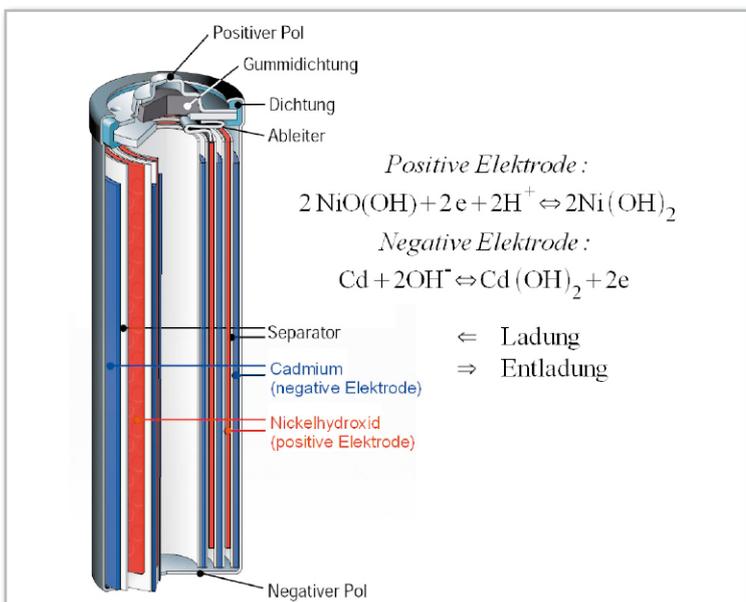


Bild 6: Schichtenaufbau eines NiCd-Akku-Wickels

100-jährige Geschichte zurückblicken. Etwa ab 1890 beschäftigten sich der amerikanische Erfinder Thomas Alva Edison (1847–1931) und der schwedische Physiker Waldemar Jungner (1869–1924) mit Akkumulatoren, deren Elektrolyt alkalisch ist und somit nicht an der Elektrodenreaktion teilnimmt, sondern nur die Aufgabe eines flüssigen Ionenleiters mit gleich bleibender Konzentration erfüllt. Als negative Elektrode setzte Edison Eisen, Jungner dagegen Cadmium ein, als positive Elektrode wählten beide Nickel. 1899 ließ sich Jungner auf seinen Nickel-Cadmium-Akkumulator ein Patent erteilen, 1901 wurde Edisons Urheberschaft am Cadmium-Eisen-Akkumulator geschützt. 1947 machte ein Verfahren von Georg Neumann (1898–1976) die Herstellung des gasdicht verschlossenen NiCd-Akkus möglich.

Wegen seiner Robustheit und im Vergleich zum Blei-Akku hohen Energiedichte dominierte das Nickel-Cadmium-System den Markt der Klein-Akkumulatoren nahezu vollständig. Die großen Stückzahlen im Umlauf und ein nicht vollständig geschlossener Recyclingkreislauf stellen heute wegen des giftigen Schwermetallbestandteils Cadmium aber ein Umweltproblem dar. Deshalb wird seit dem 26.9.2006 gemäß EU-Batterie-Richtlinie 2006/66/EG das „In-Verkehr-bringen“ von „Gerätebatterien und -akkumulatoren, die mehr als 0,002 Gewichtsprozent Cadmium enthalten, einschließlich solcher, die in Geräte eingebaut sind“ untersagt. Die Umsetzung dieser Richtlinie in die nationale Gesetzgebung muss bis zum 26. September 2008 erfolgen.

In zylindrischer Form enthält der NiCd-Akku einen Wickel aus gestapelten Schichten, bestehend aus der Minuselektrode (geladen: Cadmium Cd, entladen: Cadmiumhydroxid $Cd(OH)_2$), einer mit wässriger Kalilauge (KOH + Wasser) getränkten Separatorfolie und der Plus-Elektrode (geladen: Nickeloxidhydrat $NiO(OH)$, entladen: Nickelhydroxid $Ni(OH)_2$). Die Reaktionen an den Elektroden bei Ladung und Entladung sind in Abbildung 6 angegeben. Man sieht, dass das Kalium im Elektrolyten Kalilauge nicht an den Reaktionen beteiligt ist. Diese sind hier stark vereinfacht dargestellt. In Wirklichkeit laufen besonders an der positiven Elektrode zahlreiche Zwischenreaktionen ab.

NiCd-Akkus haben eine Nenn-Klemmenspannung von 1,2 V und liegen damit ca. 20 % unter den 1,5 V herkömmlicher Primärbatterien (z. B. Alkali-Mangan). Deshalb kann man sie nicht in allen Fällen als 1:1-Ersatz verwenden.

Im Betrieb des Akkus sind einige Randbedingungen zu beachten, um seine volle Kapazität auch nach mehreren Lade-Entlade-Zyklen zu erhalten. Bei einer Dauerladung mit niedrigen Strömen oder bei Nachladung bereits bei nur teilweiser Entleerung wird die aktive Fläche der negativen Cadmium-Elektrode durch Kristallbildung auf der Oberfläche reduziert. Der Akku büßt dabei einen Teil seiner Kapazität ein. Er „merkt sich“ gewissermaßen, welche Kapazität ihm abverlangt wird, und stellt sich quasi darauf ein. Daher rührt auch die Bezeichnung „Memory-Effekt“ (Abbildung 7). Abhilfe schafft, den Akku stets so lange zu entladen, bis das betriebene Gerät seine Funktion einstellt, dann voll laden und vom Ladegerät trennen. Manche Ladegeräte haben auch eine Entlade-funktion, mit der sie den Akku definiert tief genug entladen, bevor der Ladevorgang einsetzt, oder können solche Akkus in mehreren Lade-Entlade-Zyklen „refreshen“. Problematisch

Bild 7: Wird der Entladezyklus eines NiCd-Akkus nicht vollständig durchlaufen, verliert er an Kapazität (Memory-Effekt).

sind auch der Kapazitätsverlust mit abnehmender Temperatur und die recht hohe Selbstentladungsrate von 5 bis 10 % pro Woche. Bei richtiger Behandlung sind 1000 Zyklen problemlos zu erreichen, ohne dass dabei die Kapazität unverträglich nachlässt.

Der Nickel-Metallhydrid-Akkumulator

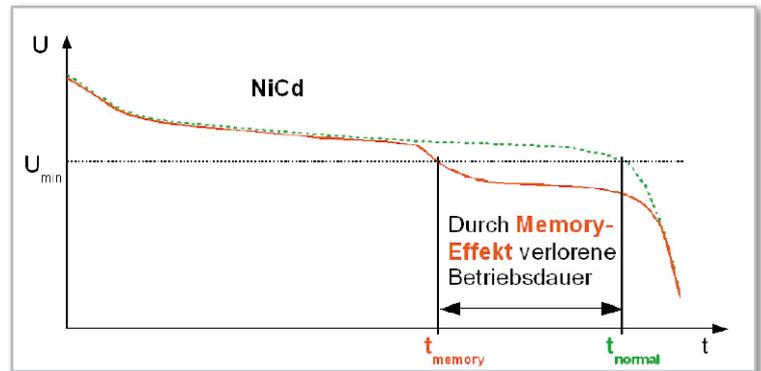
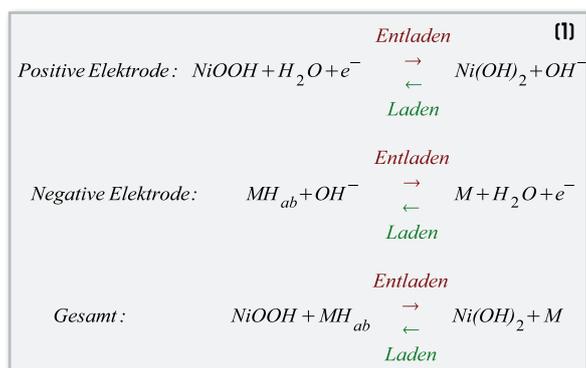
Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) haben bereits weitgehend den NiCd-Akku mit seiner giftigen negativen Cadmiumelektrode verdrängt. Wegen der Spannungsgleichheit mit NiCd-Akkus können sie diese 1:1 ersetzen, bei doppelter Kapazität und ohne deren Umweltproblematik. Der grundsätzliche Aufbau eines NiMH-Akkus ist dem des NiCd-Akkus sehr ähnlich (Abbildung 8). Lediglich für die negative Elektrode wird statt Cadmium ein Metallhydrid eingesetzt.

Metallhydride sind Verbindungen zwischen Wasserstoff und einem Metall oder einem Metallgemisch (Legierung) mit erstaunlichen Eigenschaften. Im Zusammenhang mit der Entdeckung von Nickel-Eisen- (NiFe), Magnesium-Nickel- (MgNi) und Lanthan-Nickel-Legierungen (LaNi₅) vor ca. 25 Jahren fiel deren enormes Speichervermögen für Wasserstoff auf. Geeignete Legierungen sind in der Lage, bis zum 1000fachen ihres Volumens an Wasserstoff in ihrem Kristallgitter reversibel einzulagern. Damit übersteigt der volumetrische Anteil an Wasserstoff in einem Metallhydrid sogar den Wert von verflüssigtem Wasserstoff.

Der NiMH-Akku macht Gebrauch von der elektrochemischen Umkehrbarkeit des Einlagerungsvorgangs im Material der negativen Elektrode. Die positive Elektrode besteht aus einer Nickeloxid-Verbindung und der Ladungsaustausch zwischen den Elektroden findet über einen wässrigen Elektrolyten statt. Die Reaktionen an den Elektroden und in Gesamtheit gibt Gleichung 1 wieder.

In Gleichung 1 ist M die Wasserstoff speichernde Metallverbindung und H_{ab} der absorbierte Wasserstoff. MH_{ab} ist also nicht als chemische Formel zu verstehen, sondern als Anschrift für ein Mischmetall M mit absorbiertem Wasserstoff H_{ab}.

An der Gesamtreaktion ist das Wirkungsprinzip des NiMH-Akkus zu erkennen: Der Wasserstoff bewegt sich beim Laden von der positiven zur negativen Elektrode und umgekehrt beim Entladen, ohne dass der Elektrolyt (verdünnte Kalilauge



KOH) einen Anteil an der Reaktion hätte. Er wird weder in seiner Konzentration noch in der Zusammensetzung verändert, sondern dient ausschließlich als Transportmedium für die negativen Hydroxid-Ionen (OH⁻). Das erleichtert die Herstellung gasdichter Zellen. Im unbelasteten Zustand stellt sich zwischen den Elektroden eine Leerlaufspannung von ca. 1,3 V ein.

Den Vorstellungen vom Ideal kommen der Eneloop-Akku (Hersteller Sanyo) und Folgeprodukte anderer Hersteller ein gutes Stück näher. Sie weisen eine stark verringerte Selbstentladung (Low Self Discharge: LSD-NiMH) von typ. 10 % im Jahr auf. Deshalb werden sie vorgeladen ausgeliefert und können meist sofort eingesetzt werden. Möglich wurde dies durch eine Superkristall-Legierung (Superlattice Alloy) als Material für die negative Elektrode und eine modifizierte positive Elektrode. Den Nachteil einer etwas geringeren Kapazität gleicht die flachere Entladekurve aus. Für Foto- und Filmkameras, die ja stets einsatzbereit sein sollen, sind LSD-NiMH-Akkus deshalb eine gute Wahl.

Im zweiten Teil dieses Artikels werden weitere Speicher für elektrische Energie wie Li-Ionen-, Li-(Ionen-)Polymer- und RAM-Akkus, Super-Caps, Brennstoffzellen usw. beleuchtet, die Systeme aus der Sicht der Anwendungen genauer unter die Lupe genommen und die Besonderheiten der Ladeverfahren beschrieben.

ELV

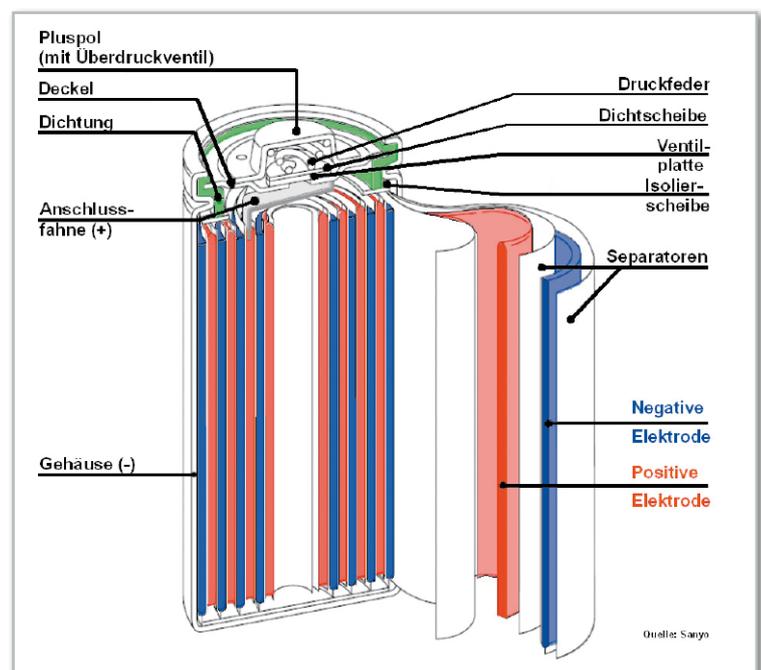


Bild 8: Schnittbild eines NiMH-Akkus



**Wacht über
die Luftqualität**

Luftgüte-Warner LG 300

Die Kontamination der Atemluft mit bestimmten Gasen ist gesundheitsschädlich bzw. schränkt zumindest das Wohlbefinden ein. Der LG 300 hilft dabei, die Luftqualität in Bezug auf eine Gaskontamination zu beurteilen. Er warnt über eine RGB-LED, sobald ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird.

Kopfschmerzen?

Jeder weiß: Eine klimatisch angenehme und unbelastete Innenraumluft hat für die Gesundheit und das Wohlbefinden eine signifikante Bedeutung. Für Beeinträchtigungen der Luftqualität sind u. a. Gase verantwortlich, die entweder ausgeatmet werden oder durch eine Kontamination präsent sind. Bereits die (private) Elektronik-Werkstatt liefert hier anschauliche Beispiele: Lötdampf, die Abgase beim Reinigen und Behandeln von Platinen, Kontaktreiniger, Isolierspray, Lacke etc. führen bereits in geringen Konzentrationen zur Verschlechterung der Luftgüte. Aber auch Werkstätten und Garagen sind solche Orte, wo es zu mehr oder weniger Kontamination kommen kann. Und selbst im Büro oder im heimischen

Wohnzimmer hätte ein Luftgüte-Warner seine Berechtigung: Der Aufenthalt mehrerer Menschen in einem geschlossenen Raum, und erst recht, wenn vielleicht geraucht wird, lässt den Schadstoffgehalt der Luft rasch ansteigen – die Leistungsfähigkeit und Aufmerksamkeit sinkt, Unwohlsein macht sich breit. Auch der Betrieb von Gasgeräten im Haus, etwa von Gasherden, führt bei ungenügender Lüftung schnell zur erhöhten Gaskontamination. Die Tabelle 1 gibt hier einen guten Überblick, in welcher Konzentration einzelne Gase in „reiner“ Luft vorkommen.

Der neue LG 300 macht es einfach, eine Beurteilung der Luftqualität in Bezug auf Gaskontaminationen vorzunehmen. Er warnt über eine gut „ablesbare“ RGB-Leuchtdiode, sobald der vorgegebene bzw. automatisch eingestellte Grenzwert überschritten wird, und lässt sich bei Bedarf auch auf evtl. tolerierbare Konzentrationen kalibrieren.

Technische Daten: LG 300

Alarmausgabe:	optisch über RGB-Leuchtdiode
Grenzwert:	einstellbar über Abgleichpegel
Abgleich:	automatisch und auf Tastendruck bei Frischluft
Anzeigen:	Abgleichmode, Alarm, Dauerheizen
Betriebsspannung:	8–16 Vdc
Stromaufnahme:	ca. 75 mA
Abmessungen (B x H x T):	58 x 24 x 52 mm

Der Gassensor

Gassensoren werden im Allgemeinen für das Erkennen von bestimmten Gasen in der Umgebungsluft eingesetzt. Die elektrische Gruppe dieser Sensorart verändert im Verhältnis zu der herrschenden Gaskontamination ihren elektrischen Widerstand. Typischerweise sind die zu detektierenden Gase für Lebewesen reizend bzw. gesundheitsgefährdend oder giftig. Das Sensorelement selbst besteht dabei meist aus Halb-

Tabelle 1: Zusammensetzung der „reinen“ Luft in Erdnähe

Gas	Formel	Volumenanteil
Hauptbestandteile		
Stickstoff	N ₂	78,08 %
Sauerstoff	O ₂	20,95 %
Argon	Ar	0,934 %
Gehalt an Spurengasen		
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	0,035 %
Neon	Ne	18 ppm
Helium	He	5 ppm
Methan	CH ₄	1,7 ppm
Krypton	Kr	1 ppm
Wasserstoff	H ₂	500 ppb
Distickstoffoxid	N ₂ O	317 ppb
Kohlenstoffmonoxid	CO	200 ppb
Xenon	Xe	90 ppb

ppm = parts per million (10⁻⁶)
 ppb = parts per billion (10⁻⁹)
 ppt = parts per trillion (10⁻¹²)

leiternmaterialien wie Zinndioxid, Zinkoxid oder Titandioxid, je nach der gewünschten Selektivität auf die gewünschten Gase.

Die Messung der Gaskonzentrationen beim LG 300 erfolgt über den Gassensor „SP3-AQ2-01“ der japanischen Firma FIS Inc.

Dieser besteht im Prinzip aus drei Hauptkomponenten (Abbildung 1a):

- Sensorelement aus Zinndioxid inklusive Heizung und Elektrodenanschlüssen
- Boden mit den Anschlussstiften
- Gehäuse, bestehend aus einem feuerfesten, feinmaschigen Gitter und der ummantelnden Kunststoffkappe

Die eigentliche Messung verläuft dabei im Allgemeinen wie folgt: Das Zinndioxidsensorelement wird durch die integrierte Heizung (Abbildung 1b) auf etwa 400 °C erhitzt. Im Sensor selbst werden die (üblicherweise in der Raumluft vorhandenen) Sauerstoffmoleküle vom Sensorelement adsorbiert. Die elektronegativen Sauerstoffmoleküle binden Elektronen aus der Oberfläche des Sensors. Somit wird das Sensorelement positiver, der Widerstand steigt und bleibt auf einem vergleichsweise hohen Wert konstant. Wenn sich nun allerdings Moleküle der zu detektierenden Gase in der Luft befinden, verdrängen diese die des Sauerstoffs auf der Sensor-

oberfläche. Diese Reaktion ist für den Detektionsvorgang unerlässlich, denn die Gasmoleküle geben im Gegensatz zu den Sauerstoffmolekülen Elektronen an die Oberfläche des Zinndioxidsensors ab und kehren so die Aktivität des Sauerstoffs um. Das Resultat ist ein signifikant sinkender Widerstandswert des Gassensors, was sich verhältnismäßig stark über die Spannung am Lastwiderstand bemerkbar macht.

Wie im Diagramm (Abbildung 2) zu sehen ist, verfügt der in der Schaltung verwendete Sensor über ein breites Spektrum an detektierbaren Gasen und ist deshalb für die allgemeine Anwendung ideal geeignet. Aus dem Diagramm lässt sich aber auch die niedrige Ansprechschwelle ersehen, die diesen Sensortyp auszeichnet.

Trotz der guten Messeigenschaften ist die Schaltung jedoch aufgrund einer relativ hohen Drift des Sensors und der Anzeigemethode nicht für genaue Absolutmessungen geeignet. Ihre Stärke besteht eben in der Breitbandigkeit und hohen Ansprechempfindlichkeit des Sensors.

Temperatursensor

Als Temperatursensor für die integrierte Temperaturkompensation des Gassensors kommt der NTC-Widerstand vom Typ 103AT-2 zum Einsatz. Dieser Sensor, auch Thermistor genannt, weist einen negativen Temperatur-Koeffizienten auf, d. h. bei steigender Temperatur sinkt der Widerstandswert. Bei einer Temperatur von z. B. 25 °C nimmt der NTC einen Widerstandswert von genau 10 kΩ an. Ein wesentlicher Vorteil dieses Sensors ist der, dass für alle Temperaturen im Bereich von -30 bis +110 °C die Widerstandswerte des Sensors genau bekannt sind. Hierdurch ist es möglich, ohne einen aufwändigen Abgleich die Kompensation der Temperaturdrift zu erzielen.

Bedienung

Nachdem die Spannungsversorgung für das Gerät hergestellt wurde, beginnt die obligatorische Vorheizdauer von ca. 30 Minuten.

Neue Sensoren, die noch nicht in Betrieb waren, haben eine starke Drift. Deshalb muss vor dem ersten Einschalten des Gerätes der Taster gedrückt und die Schaltung mit Spannung versorgt werden, bis die RGB-LED durch ein weißes Blinken den Dauerheizmodus anzeigt. Nach 24 Stunden wird dieser durch einen manuellen Neustart des Gerätes verlassen.

Nach der Vorheizphase setzt die Schaltung, angezeigt durch ein blaues Signal, einen neuen Grenzwert und beginnt mit

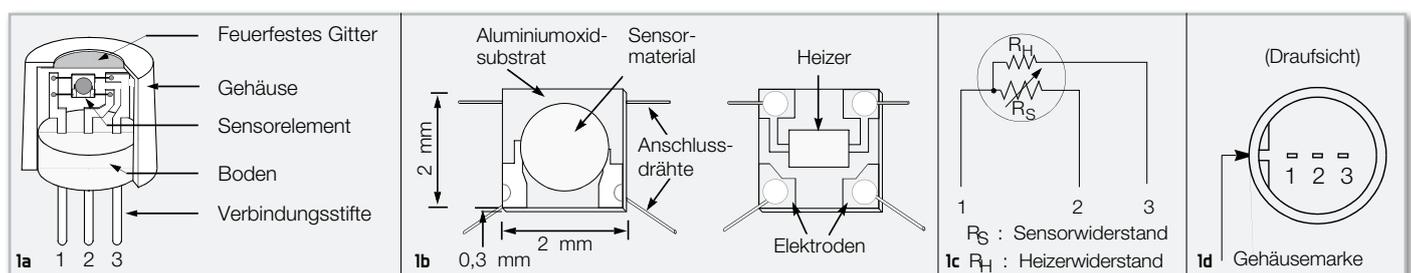


Bild 1 a - d: Der Aufbau, die Beschaltung und die Anschlussbelegung des eingesetzten Gassensors

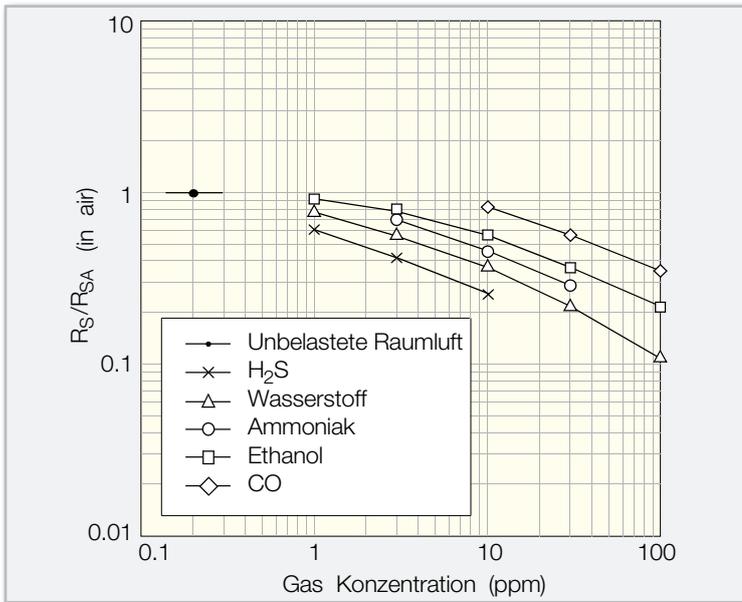


Bild 2: Das Diagramm zeigt den weiten Anwendungsbereich und die hohe Empfindlichkeit des Gassensors.

den Messungen, die ca. alle 5 Sekunden stattfinden. Ein eigener Grenzwert lässt sich während der Messphase jederzeit durch Drücken des Tasters festlegen. Man nimmt also das Gerät entweder in der gewünschten Umgebung automatisch in Betrieb oder wartet ab, bis ein subjektiver Grenzwert erreicht ist, und drückt dann den Taster zur Kalibrierung auf diesen Grenzwert.

Nach jeder Messung kommt einer von drei Alarm-Bereichen zum Einsatz. Der erste zeigt durch ein grünes Signal die Unterschreitung des Grenzwertes an. Beim mittleren Bereich erfolgt die Ausgabe einer geringen Überschreitung des Grenzwertes durch ein gelbes Signal. Der letzte Bereich stellt die deutliche Überschreitung des Grenzwertes dar und wird durch ein rotes Signal angezeigt.

Schaltung

Abbildung 3 zeigt die sehr übersichtliche Schaltung des Luftgüte-Warners. Die Ausgangsspannung des Spannungsteilers, bestehend aus Gassensor (Pin 2) und R 3, wird direkt auf den A/D-Wandler-Eingang (PC 1) des Mikrocontrollers (IC 1) geführt. Wie bereits beschrieben, benötigt das Sensorelement zum Betrieb eine Heizung, weshalb ein Batteriebetrieb ausscheidet. Das im Sensorgehäuse integrierte Heizelement (an Pin 1 und Pin 3 des Sensors, siehe Abbildung 1c) wird über den Transistor T 1 geschaltet. Die Steuerung des Transistors erfolgt wiederum direkt vom Mikrocontroller (PB 1).

Da die Schaltung über eine integrierte Temperaturkompensation für den Gassensor verfügt, wird der Temperatursensor in Verbindung mit R 2 als Spannungsteiler ebenfalls mit dem A/D-Wandler-Eingang (PC 0) des Mikrocontrollers (IC 1) verbunden. Die Kondensatoren C 6 und C 7 dienen hier zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Auch der Abgleichtaster TA 1 ist ohne Umwege mit dem entsprechenden Prozessorport (PC 2) verbunden. Da der Controller über interne Pull-up-Widerstände verfügt, ist keine weitere Beschaltung erforderlich. Die RGB-Leuchtdiode D 2 ist direkt mit PD 5, PD 6 und PB 3 des Mikrocontrollers verbunden und wird mit der 5-V-Betriebsspannung versorgt.

Betrachten wir abschließend die recht einfache Spannungsversorgung des Gaswarners. Zum Betrieb ist ein unstabiles Steckernetzteil ausreichend. Allerdings ist hierbei Folgendes unbedingt zu beachten: Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem muss es sich um eine Quelle begrenzter Leistung handeln, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Forderungen von einfachen 12-V-Steckernetzteilen mit bis zu 500 mA Strombelastbarkeit erfüllt. Von der Hohlsteckerbuchse BU 1 gelangt die unstabilisierte Spannung über die Verpolungsschutzdiode D 1

auf den Pufferelko C 8 und direkt auf den Eingang des Spannungsreglers IC 2. Die Beschaltung der Hohlsteckerbuchse BU1 erfolgt gemäß Schaltbild (Innenseite 5V, Außenseite Masse). Am Ausgang stehen dann stabilisierte 5 V zur Verfügung. Der Elko C 11 verhindert Schwingneigungen am Ausgang des Reglers und die Kondensatoren C 9, C 10 und C 1, C 2 dienen zur hochfrequenten Störunterdrückung. Für den im Mikrocontroller integrierten A/D-Wandler erfolgt eine zusätzliche Siebung der Versorgungsspannung mit L 1, C 3 und C 4. C 5 dient zu guter Letzt der Beschaltung des ungenutzten AREF-Eingangs des Mikrocontrollers.

Nachbau

Da die SMD-Bauteile, die in dieser Schaltung zum Einsatz kommen, bereits komplett auf der Platine des Luftgüte-Warners bestückt sind, geht es sofort

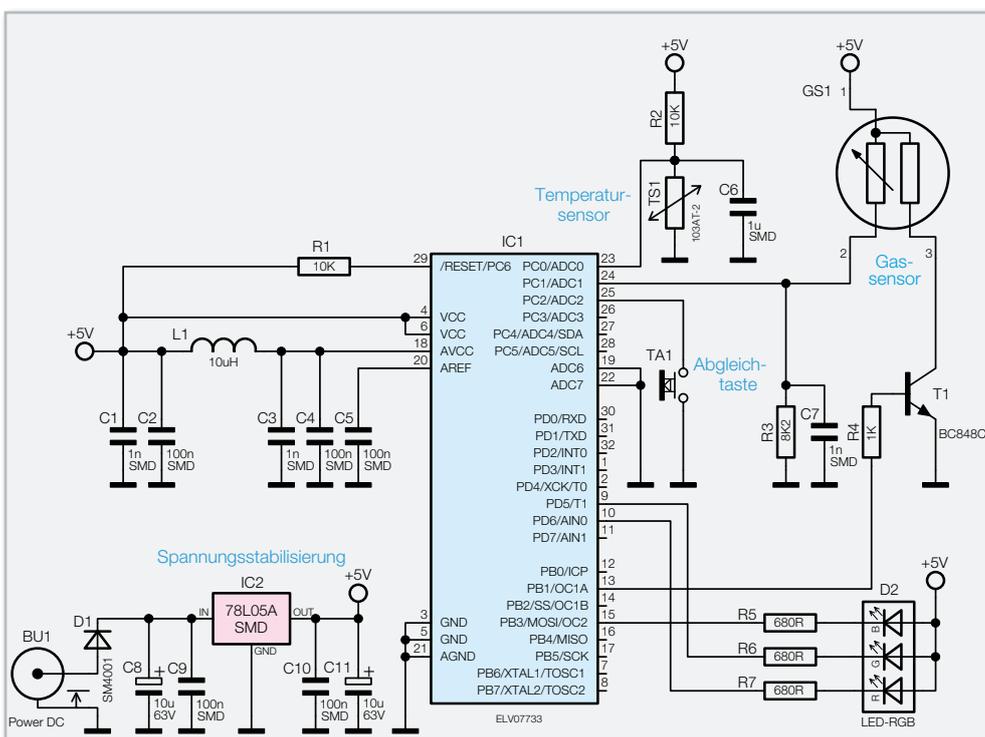
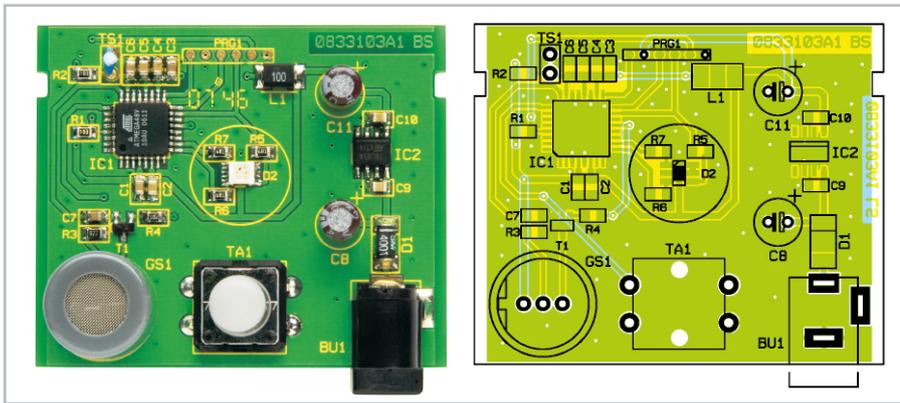


Bild 3: Die Schaltung des Luftgüte-Warners LG 300



Ansicht der fertig bestückten Platine des Luftgüte-Warners mit zugehörigem Bestückungsplan



Bild 4: Der eingesetzte Temperatursensor. Deutlich erkennt man die Verdickungen in den Anschlüssen. Bis hierher ist der Sensor in die Platine einzusetzen.

an den Einbau der verbliebenen Bauteile. Die Elkos C 8 und C 11 müssen mit der richtigen Polarität (Markierung beachten: Elko ist am Minuspol gekennzeichnet) eingelötet werden. Besonders wichtig ist die korrekte Polarität beim hochwertigen Sensor GS 1. Die Gehäusemarke (s. Abbildung 1d) muss mit dem entsprechenden Symbol im Bestückungsdruck der Platine übereinstimmen.

Beim Temperatursensor ist darauf zu achten, dass dieser nicht zu tief, sondern in Höhe der verbreiterten Anschlussdrähte (Abbildung 4) mit der Platine verbunden wird. Auf eine Polung der beiden Anschlüsse braucht man dabei nicht zu achten. Um die vorgesehene Kunststoffkappe für die RGB-Leuchtdiode D 2, die der besseren Streuung und Erkennung der RGB-Lichtsignale dient, einsetzen zu können, müssen das Unterteil, wie in Abbildung 5 zu sehen, entfernt und die Kunststoffnasen mit einem kleinen Tropfen Sekundenkleber o. Ä. benetzt (Abbildung 6) und auf die Platine aufgebracht werden. Hierbei ist die Bedienungsanleitung des verwendeten Klebers zu beachten. Der Kleber ist vorsichtig und sparsam aufzutragen, damit beim Verdunsten möglichst wenig Dämpfe in das Innere der Kappe geraten können. Diese können, je nach Kleber, u. U. den Lichtaustritt der RGB-LED trüben oder die Oberfläche der Abdeckkappe angreifen. Deshalb ist eine Probeklebung mit dem nicht benötigten Unterteil der Plastik- kappe auf einem anderen Untergrund zu empfehlen. Jetzt bleibt nur noch, den Taster TA 1 sowie die Hohlsteckerbuchse BU 1 einzulöten.

Beim Verlöten ist darauf zu achten, dass diese Bauteile plan



Bild 5: Die Abdeckkappe für die RGB-LED besteht aus Unter- und Oberteil. Das Unterteil (links) ist abzunehmen.

Stückliste: Luftgüte-Warner mit RGB-LED LG 300

Widerstände:

680 Ω /SMD/0805	R5-R7
1 k Ω /SMD/0805	R4
8,2 k Ω /SMD/0805	R3
10 k Ω /SMD/0805	R1, R2

Kondensatoren:

1 nF/SMD/0805	C1, C3, C7
100 nF/SMD/0805	C2, C4, C5, C9, C10
1 μ F/SMD/0805	C6
10 μ F/63 V	C8, C11

Halbleiter:

ELV07733/SMD	IC1
78L05/SMD	IC2
BC848C	T1
SM4001/SMD	D1
RGB-LED/SMD	D2

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 μ H	L1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Temperatursensor 103AT-2	TS1
Gassensor SP3-AQ2, print	GS1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1
1 Tastknopf, 18 mm	TA1
1 PIR-Multilinse PF17CL, 2-teilig	
1 Profilgehäuse, komplett, transparent, bearbeitet und bedruckt	

auf der Platinenoberfläche aufliegen, um mechanische Belastungen der Lötstellen im späteren Betrieb zu vermeiden. Nach Einsetzen der Platine in das dafür vorgesehene Schiebegehäuse sind die Aufbauarbeiten beendet und der LG 300 ist einsatzbereit. **ELV**



Bild 6: So wird ganz wenig Kleber auf die Haltenasen der Abdeckkappe aufgetragen.



**Stand-by-Abschaltung
mit IR-Fernbedienung**

Bis zu 2 große Kraftwerke arbeiten in Deutschland nur für die Bereitstellung der Leistung, die viele Elektrogeräte im Stand-by-Betrieb benötigen. Dies führt in jedem Haushalt zu Stromkosten von bis zu 100 Euro pro Jahr. Durch eine intelligente Abschaltetechnik wie dem hier vorgestellten Power-Saver PS 100 können diese Ausgaben bequem eingespart werden.

Technische Daten: PS 100

Einschalten der Netzspannung:	über angelernte IR-Fernbedienung
Ausschalten der Netzspannung:	automatisch 30 Sek. nach Erreichen der zuvor angelernten Stand-by-Stromstärke
Anzahl anlernbarer Fernbedienungen:	3
Unterstützte IR-Übertragungs-Protokolle:	RC5, RC6, RECS80, RCMM, NEC-Code, Sharp-Code, R-2000, SIRC, Toshiba, Micom Format und weitere ähnlich aufgebaute Protokolle
Anzeige:	rote LED für Schaltzustand und Anlernen
Bedienelement:	Taster zum Anlernen
Speichern der Einstellungen:	netzausfallsicher im EEPROM
Betriebsspannung:	230 V/50 Hz
Max. Stromaufnahme ohne Geräte:	0,07 A
Wirkleistung im Stand-by (Relais aus):	0,3 W
Wirkleistung im Betrieb (Relais ein):	1 W
Maximale Schaltleistung / Schaltstrom:	1380 Watt / 6 A
Kabellänge Netzkabel und Mehrfachdose:	jeweils 1,40 m
Abmessung Gehäuse (B x H x T):	60 x 30 x 112 mm

Kosten sparen durch Stand-by-Abschaltung

Trotz der ständig steigenden Stromkosten verzichten noch immer viele Hersteller von Unterhaltungselektronik auf energiesparende Schaltungen für die Stand-by-Funktion ihrer Produkte. Die eingesetzte preiswertere Elektronik führt jedoch im Endeffekt zu einer erheblichen Mehrbelastung für den Eigentümer und für die Umwelt. In einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2006 gibt das Umweltbundesamt diese Kosten mit mindestens 4 Milliarden Euro an. Bereits 1 Watt Stand-by-Leistung kostet den Verbraucher ungefähr 1,50 Euro pro Jahr. Zwar beginnen heute einige Hersteller, Geräte mit niedrigem Stand-by-Stromverbrauch zu produzieren, was jedoch die wenigsten neuen Geräte betrifft. Eine Leistungsaufnahme zwischen 3 und 20 Watt pro Komponente ist üblich und führt je nach Geräteanzahl zu Stromkosten von bis zu 100 Euro pro Jahr – einfach zu viel!

Stand-by-Betrieb ist andererseits für den Benutzer eine feine Sache – es genügt der bequeme Griff zur Fernbedienung, um die Geräte aus der Ferne ein- und auszuschalten. In den ersten Jahren des Einsatzes dieser Technik kam noch hinzu, dass die Hersteller geradezu vorschrieben, die Geräte niemals vollständig vom Stromnetz zu trennen, da sonst alle Nutzereinstellungen wie Senderspeicher oder die zuletzt gewählten Einstellungen gelöscht würden. Erst durch den Einsatz von EEPROM-Speicherbausteinen änderte sich das, und heute bleiben bei den meisten Geräten auch beim vollständigen Abschalten die Einstellungen erhalten. Lediglich zeitgesteuerte Geräte wie Videorecorder oder Festplattenreceiver sollten nicht vom Netz getrennt werden, da sie sonst nicht selbstständig Sendungen aufzeichnen könnten. Bei diesen Geräten lohnt es sich, bereits beim Kauf auf eine geringe Leistungsaufnahme im Stand-by zu achten. Alle anderen Geräte lässt

man heute nur noch aufgrund des Bedienkomforts im Stand-by, um sie jederzeit bequem per Fernbedienung einschalten zu können. Dies führt jedoch zu den genannten Kosten.

Dabei lassen sich diese Ausgaben leicht vermeiden. Bereits 1997 hatte ELV den Power-Saver PS 97 entwickelt, der automatisch erkannte, wann ein angeschlossener Fernseher in den Stand-by-Betrieb wechselt, und ihn dann vollständig abgeschaltet hat. Die gesamte Leistungsaufnahme wurde damit auf unter 1 Watt gesenkt, da lediglich der Power-Saver ständig in Bereitschaft blieb. Das Einschalten erfolgte bequem über die TV-Fernbedienung.

Heute, zehn Jahre später, befinden sich nur wenige ähnlich funktionierende Geräte auf dem Markt. Die erhältlichen Produkte sind zudem größtenteils weder auf dem Stand der Technik noch glänzen sie durch Qualität und Funktion. Bei genauerem Hinsehen fallen sogar einige verbreitete Geräte durch ihre mangelhafte Qualität dermaßen auf, dass sie für den Verbraucher bereits ein Sicherheitsrisiko darstellen. Zudem reagieren diese Geräte auch ungewollt auf jedes IR-Signal. Hier soll nun der PS 100 eine Lücke schließen, der, ausgerüstet mit einer präzisen Strommesstechnik und einem lernfähigen IR-Empfängersystem, auch in der Lage ist, nur auf

bestimmte Fernbedienungsbefehle zu reagieren. Dadurch kann beispielsweise eine häufig genutzte Musikanlage per Fernbedienung bedient werden, ohne dass der am PS 100 angeschlossene Fernseher mit angeschaltet wird. Das einfache, gezielte Anlernen von bis zu 3 Fernbedienungen an den PS 100 ermöglicht es, sowohl mehrere Geräte an einem PS 100 anzuschließen als auch mehrere PS 100 gleichzeitig in einem Raum einzusetzen.

Abbildung 1 zeigt zwei mögliche Geräte-Kombinationen.

Im linken Beispiel sind ein Fernsehgerät, ein DVD-Player und ein Receiver an einem PS 100 angeschlossen. Die Ein/Aus-Tasten der 3 zugehörigen Fernbedienungen sind am PS 100 angelernt. Wird nun eine der Fernbedienungstasten gedrückt gehalten, so versorgt der PS 100 zuerst das ganze TV-System mit Netzspannung. Direkt im Anschluss schaltet sich das gewünschte Gerät ein, da nun auch dieses den Befehl von der Fernbedienung empfängt. Die anderen Geräte können anschließend mit der jeweils zugehörigen Fernbedienung eingeschaltet werden.

Nachdem alle Geräte wieder in den Stand-by-Zustand versetzt sind, erkennt dies der PS 100 anhand des gemessenen Stroms und trennt das ganze System nach 30 Sekunden wie-

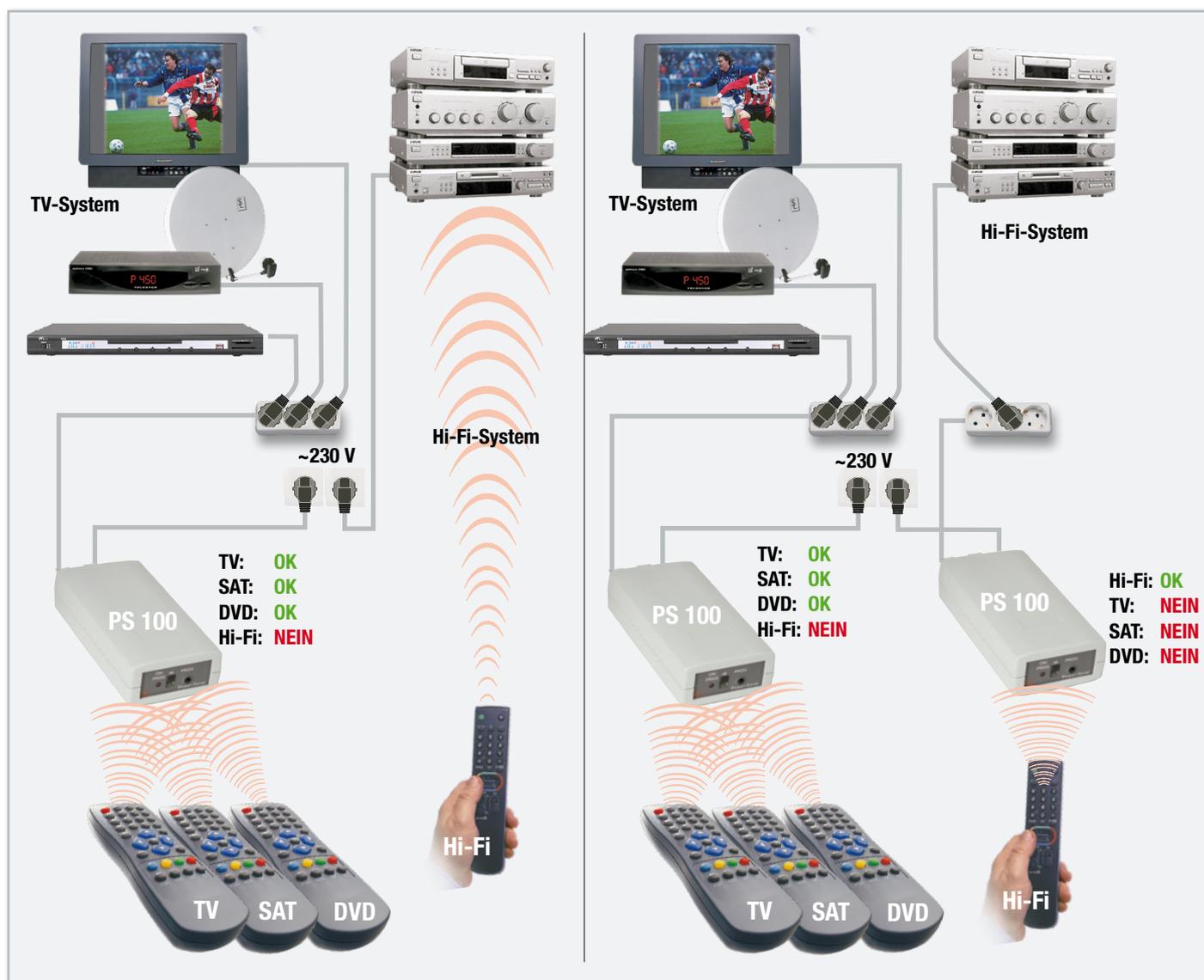


Bild 1: Einzel- und Mehrfacheinsatz des PS 100: Durch gezieltes Anlernen der gewünschten Fernbedienungen wird eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen – was nicht im jeweiligen PS 100 gespeichert ist, wird ignoriert!

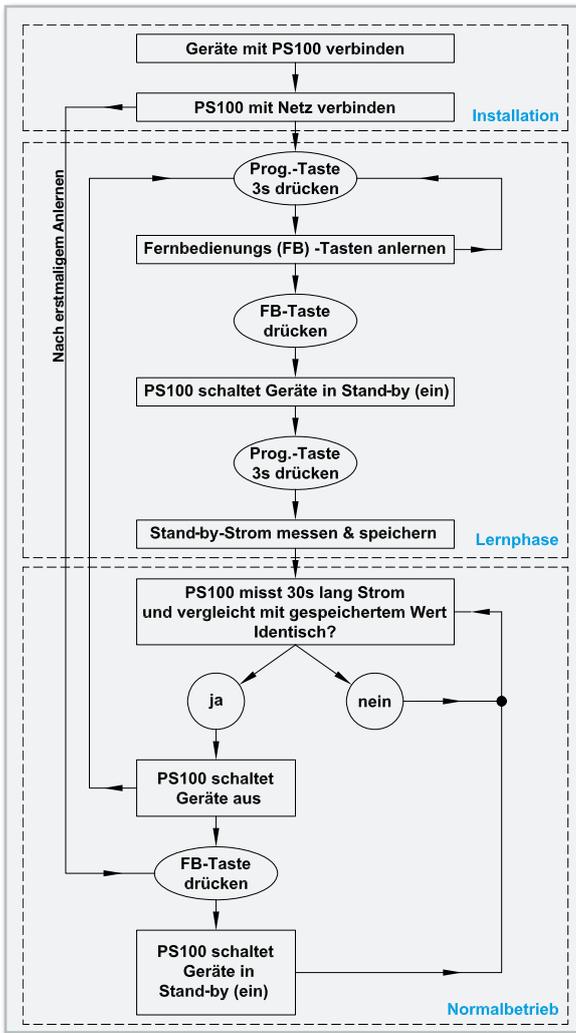


Bild 2: Das Funktionsdiagramm des PS 100

komfortabler! Gleiches gilt auch für andere heimliche Stromfresser im Haushalt.

Installation und Bedienung

Die Installation des PS 100 beschränkt sich auf wenige Arbeitsschritte und ist sehr einfach gehalten. Wie im Funktionsdiagramm in Abbildung 2 dargestellt, werden lediglich alle zu schaltenden Geräte in die Mehrfachdose eingesteckt und der PS 100 anschließend mit Netzspannung verbunden. Die rote LED in der Gehäusefront blinkt einmal kurz auf und erlischt wieder. Die angeschlossenen Geräte bleiben vorerst spannungsfrei. In der nun folgenden Lernphase können bis zu 3 Tasten von beliebigen Infrarot-Fernbedienungen angelesen werden. Wird eine vierte Taste angelesen, so wird dadurch die erste Taste wieder gelöscht. Sinnvoll ist es, diejenigen Fernbedienungstasten zu wählen, die das zugehörige Gerät einschalten, also z. B. „ON“ oder bei TV-Geräten eine der Programmtasten 1 bis 9 o. Ä. Sollen weitere Tasten hinzugefügt oder bereits vorhandene gelöscht werden, so ist das immer dann möglich, wenn die angeschlossenen Geräte spannungsfrei geschaltet sind – die LED also noch aus ist.

Das Anlernen wird gestartet, indem die Programmier-Taste des PS 100 für mindestens 3 Sekunden gedrückt wird und die rote LED aufleuchtet. Daraufhin hält man die Fernbedienung in Richtung des IR-Empfängers und drückt die gewünschte Fernbedienungstaste einmal kurz. Die Fernbedienung sollte dabei mindestens einen Meter vom Empfänger entfernt gehalten werden, damit nicht ein zu starkes IR-Signal den übertragenen IR-Code verfälscht. Die rote LED erlischt erst wieder, wenn die Lernphase abbricht (LED geht ohne zu blinken aus) oder wenn sie erfolgreich beendet wird (LED blinkt zweimal). Ein Abbruch erfolgt entweder gewollt durch nochmaliges Drücken der Programmier-Taste oder durch ein fehlerhaftes IR-Signal, was beispielsweise von einer störenden Leuchtstofflampe herrühren kann. Für ein Anlernen weiterer Fernbedienungstasten ist die beschriebene Prozedur zu wiederholen.

Wird anschließend eine der angelesenen Tasten betätigt, so schaltet der PS 100 die angeschlossenen Geräte ans Stromnetz und bringt diese damit in den Stand-by-Betrieb. Dabei ist zu beachten, dass einige Geräte nicht direkt in den Stand-by-Betrieb gehen, sondern sich vollständig einschalten, nachdem sie mit Spannung versorgt werden. Dies gilt insbesondere für Set-Top-Boxen, Satelliten- und Kabel-Receiver, die z. B. nach neu angeschlossenen Zubehör oder nach einer neuen Firmware suchen. Nach einiger Zeit sollten auch diese Geräte selbstständig in den Stand-by-Betrieb wechseln. Wenn dies nicht der Fall ist, sollten solche Geräte manuell in den Stand-by geschaltet werden. Erst wenn sichergestellt ist, dass sich alle Geräte im Stand-by-Modus befinden, ist die Programmier-Taste am PS 100 für mindestens 3 Sekunden zu drücken, womit der aktuelle Stromfluss gemessen und im EEPROM gespeichert wird. Dieser Vorgang wird durch ein Blinken der LED angezeigt. Das Speichern im EEPROM hat den Vorteil, dass die Daten auch nach einem Stromausfall erhalten bleiben.

Damit ist der PS 100 betriebsbereit und schaltet die an-

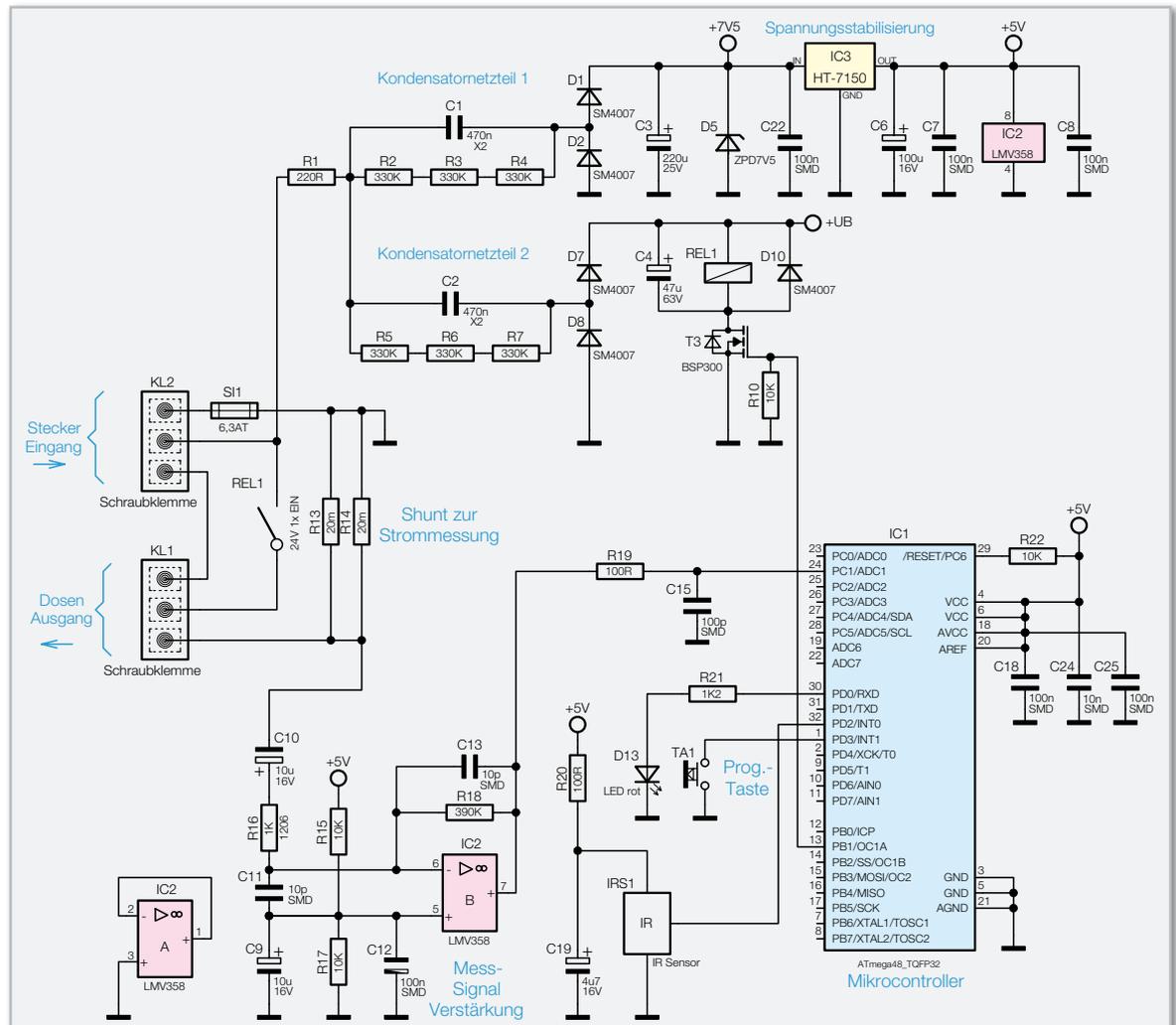
der von der Netzspannung ab. Das im selben Raum aufgestellte Hi-Fi-System kann gleichzeitig über Fernbedienung bedient werden, ohne dass der PS 100 das TV-System wieder ans Stromnetz schaltet. Das nicht angelesene IR-Signal wird einfach ignoriert.

Im rechten Beispiel in Abbildung 1 ist am ersten PS 100 wieder das TV-System angeschlossen.

Zusätzlich gibt es in diesem Fall einen zweiten PS 100, an dem das Hi-Fi-System angeschlossen ist. Drei Fernbedienungen sind am ersten Power-Saver und eine ist am zweiten PS 100 angelesen (natürlich können auch hier drei Fernbedienungen angelesen werden). Hört man nun den ganzen Tag Musik, so bleiben Fernsehgerät, DVD-Player und Receiver ausgeschaltet und nehmen keine Leistung auf. Am Abend hingegen, wenn die TV-Anlage in Betrieb ist, nimmt so das Hi-Fi-System keinen Strom auf. Durch solch eine gezielte Zusammenstellung der Geräte lässt sich das Sparpotential optimal ausnutzen.

Im Übrigen lassen sich auf diese Weise beliebige Geräte ein- und ausschalten, auch wenn sie selbst nicht über eine Fernbedienung gesteuert werden. Bestes Beispiel ist das PC-System. Moderne Computer und Monitore nehmen auch im scheinbar ausgeschalteten Zustand weiter Strom auf, was man aber meist nicht einmal an einer Kontrollleuchte sieht! Hier kann man sich zwar mit der berühmten schaltbaren Steckdosenleiste behelfen, aber mit dem PS 100 und einer beliebigen Fernbedienung geht das wesentlich eleganter und

Bild 3: Schaltbild des PS 100



geschlossenen Geräte nach 30 Sekunden spannungsfrei, vorausgesetzt dass innerhalb dieser Zeit kein Gerät eingeschaltet wird und den fortlaufend gemessenen Strom dadurch erhöht. Sollten während der 30 Sekunden Geräte eingeschaltet werden, so schaltet der PS 100 erst dann alles ab, nachdem das letzte Gerät in den Stand-by-Betrieb gewechselt ist und erneut 30 Sekunden vergangen sind.

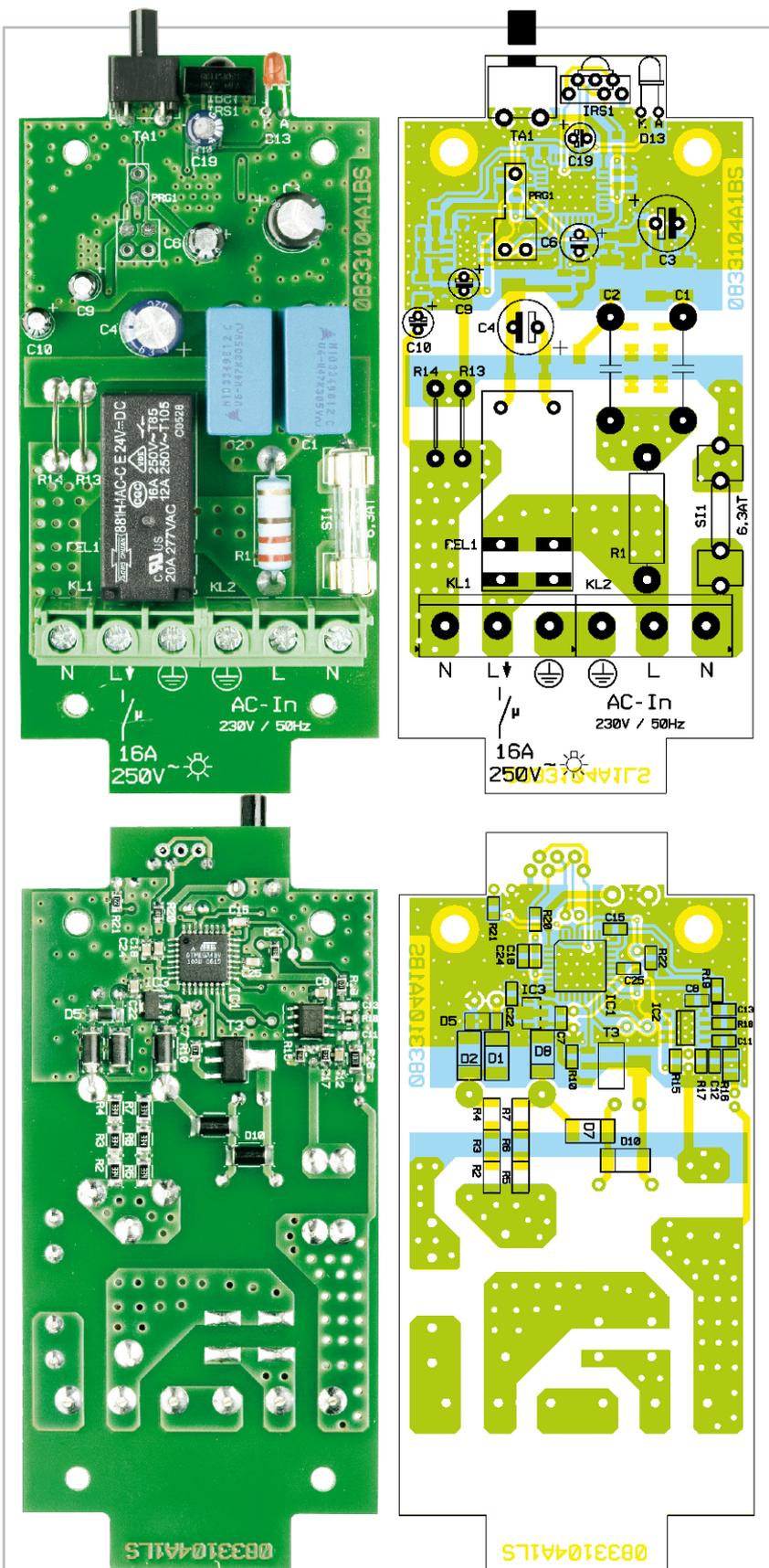
Zuletzt sollen zwei Sonderfunktionen beschrieben werden, die durch eine bestimmte Vorgehensweise aktiviert werden können. Zum einen kann der PS 100 in den Auslieferungszustand zurückgesetzt werden, indem alle gespeicherten Einstellungen gelöscht werden. Zum anderen kann der PS 100 bei Bedarf in einen Einfach-Modus umgeschaltet werden. In diesem Modus reagiert der PS 100 auf alle IR-Fernbedienungen, ohne dass bestimmte IR-Codes angelernt werden müssen. Dieser Modus kann eventuell weiterhelfen, wenn die gewünschte Fernbedienung nicht ganz kompatibel ist und sich nicht richtig anlernen lässt.

Aktiviert werden diese Sonderfunktionen durch den folgenden Ablauf: Zuerst wird der PS 100 vollständig von der Netzspannung getrennt – entweder über eine schaltbare Steckdosenleiste oder durch das Ziehen des PS-100-Netzka-bels. Anschließend wird die Programmier-Taste gedrückt gehalten und das Netzkabel wieder eingesteckt bzw. die Steckdosenleiste eingeschaltet. Während die Taste gehalten wird, blinkt die LED regelmäßig auf. Wird die Taste nach zweimaligem Blinken losgelassen, so wird der PS 100 vom Standard-

in den Einfach-Modus umgeschaltet (der Wechsel zurück in den Standard-Modus erfolgt auf die gleiche Art und Weise). Wird die Taste länger gedrückt gehalten, bis die LED 5-mal geblinkt hat, so wird der PS 100 in den Auslieferungszustand zurückgesetzt.

Schaltung

Das Schaltbild des Power-Saver PS 100 ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Erzeugung der beiden Betriebsspannungen für das Relais und die übrige Elektronik erfolgt mittels zweier Kondensatornetzteile direkt aus der 230-V-Netzspannung. Aus diesem Grund gibt es keine galvanische Trennung, wodurch alle Teile der Elektronik inklusive GND direkt mit der Netzspannung verbunden sind! Der Betrieb der Schaltung ist daher ausschließlich in dem dafür vorgesehenen Gehäuse zulässig und bei Aufbau und Inbetriebnahme sind die im Kapitel „Nachbau“ gegebenen Sicherheitshinweise zu beachten. Als strombegrenzende Sicherheitselemente und kapazitive Vorwiderstände werden die beiden X2-Kondensatoren C 1 und C 2 verwendet. Die Widerstandsketten R 2, R 3, R 4 und R 5, R 6, R 7 dienen der schnellen Entladung der Kondensatoren bei Trennung des PS 100 vom Netz. Der in Reihe geschaltete Metalloxidwiderstand R 1 begrenzt den Einschaltstrom, da C 1 und C 2 im Einschaltmoment sehr kleine Widerstandswerte besitzen.



Ansicht der fertig bestückten Platine des PS 100 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite

begrenzt. Ohne die Z-Diode würde bei geringer Last die Eingangsspannung auf weit über 100 V ansteigen. Mit der Schutzfunktion wird zwar ein kontinuierlicher Strom über die Z-Diode in Kauf genommen, der jedoch durch den Kondensator C 1 auf maximal 33 mA begrenzt ist. Damit bleibt die Verlustleistung unterhalb von 0,25 W.

Der Kondensator C 3 glättet die Eingangsspannung und versorgt dadurch den Spannungsregler IC 3 zwischen den positiven Halbwellen mit ausreichend Strom. Der Keramik-Kondensator C 22 dient der Unterdrückung hochfrequenter Störungen.

Das zweite, mit C 2, D 7 und D 8 aufgebaute Kondensatornetzteil bleibt während des Stand-by-Betriebs dauerhaft im Leerlauf, ohne Leistung aufzunehmen. Erst wenn der PS 100 die angeschlossenen Geräte mit Netzspannung versorgen soll, schaltet der Mikrocontroller IC 1 den MOSFET-Transistor T 3 und damit das Relais REL 1. Die Kapazität von C 2 ist dabei so gewählt, dass sich mit dem fließenden Strom am Relais eine Spannung von ca. 20 V einstellt. Der Elko C 4 glättet diese pulsierende Spannung.

Im Leerlauf nimmt dieses Kondensatornetzteil zwar fast keine Leistung auf, jedoch bewirkt die fehlende Last eine hohe Drain-Source-Spannung von 650 V_{ss} an T 3. Der Transistor muss daher ein besonders spannungsfester Typ mit einer Durchbruchspannung von über 700 V sein. Aber auch ein Durchbruch würde in der vorliegenden Schaltung den Transistor nicht zerstören, da C 2 den Strom auf 33 mA begrenzt. Nach einem Durchbruch würde die Drain-Source-Spannung sofort auf unter 1 V sinken und T 3 wieder sperren.

Sobald die an Klemme KL 1 angeschlossenen Geräte über den Relaiskontakt mit Netzspannung versorgt werden, fließt ein Strom über die parallel geschalteten 20-m Ω -Shunt-Widerstände R 13 und R 14. Bei einer Stand-by-Leistung von 23 W fließt beispielsweise ein Strom von 100 mA, der an den Shunts einen Spannungsabfall von 1 mV bewirkt. Solch kleine Signalpegel erfordern eine entsprechend hohe Verstärkung, die mit dem Operationsverstärker IC 2 B realisiert wird. Der Verstärkungsfaktor wird durch das Verhältnis von R 18 zu R 16 bestimmt. Der zum Stromfluss proportionale Spannungsverlauf gelangt nach der Verstärkung zum A/D-Wandler des Mikrocontrollers. Da es sich bei dem Signal um eine Wechsellspannung handelt, wird ihr ein Gleichanteil überlagert (DC-Offset), bevor es zum A/D-Wandler gelangt. Dieser kann Eingangssignale von 0 bis 5 V digitalisieren. Der Gleichanteil wird über den Spannungsteiler R 15 und R 17 am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers festgelegt.

Der Elko C 10 entkoppelt das Messsignal, während C 9 die Offset-Spannung möglichst konstant hält. Der Keramik-Kondensator C 11 dient der Unterdrückung von HF-Störungen und C 13 der Unterdrückung von Schwingneigungen des OPs.

Die Dioden D 1 und D 7 bilden Einweg-Gleichrichter, die nur die positiven Halbwellen durchlassen. Der Massebezug wird über die Klemmdioden D 2 und D 8 festgelegt.

Die Stabilisierung der 5-V-Versorgungsspannung erfolgt über den Festspannungsregler IC 3. Der verwendete Typ HT-7150 verträgt eingangsseitig bis zu 26 V, weshalb die Z-Diode D 5 die Eingangsspannung auf einen zulässigen Wert

Achtung:

Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme nur von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten.

Insbesondere ist bei allen Arbeiten am geöffneten Gerät, z. B. bei der Reparatur, ein Netz-Trenntrafo vorzuschalten, da beim PS 100 keine Netztrennung vorhanden ist und daher an jedem Bauelement Netzspannung anliegt.

Der Empfang des Einschaltbefehls mittels einer Infrarot-Fernbedienung erfolgt über den IR-Empfänger IRS 1. Dieser demoduliert ankommende IR-Signale und leitet sie direkt an den Mikrocontroller weiter. Dieser speichert im Anlernmodus bis zu drei empfangene IR-Codes dauerhaft im integrierten EEPROM. Im Normalbetrieb vergleicht der Mikrocontroller alle neu empfangenen IR-Codes mit den bereits gespeicherten und schaltet über T 3 das Relais, sobald eine Übereinstimmung festgestellt wird.

Über die Programmier-Taste wird dem Mikrocontroller mitgeteilt, dass er einen neuen IR-Code einer gedrückten Fernbedienungstaste erkennen und speichern soll oder dass er den momentanen Stand-by-Strom messen und ebenfalls im EEPROM dauerhaft speichern soll.

Die rote LED D 13 zeigt an, ob das Relais angezogen ist, ob sich der PS 100 in der Lernphase befindet und ob das Anlernen erfolgreich war.

Nachbau

Zum Nachbau ist unbedingt der Sicherheitshinweis zu beachten!

Der größte Teil der PS-100-Elektronik ist mit SMD-Bauteilen realisiert, die bereits werkseitig bestückt sind. Nur noch wenige bedrahtete Bauteile sind von Hand zu bestücken, so dass der praktische Aufbau schnell und einfach erfolgen kann.

Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdrucks und des Schaltbildes. Die Bauteilanschlüsse werden von oben in die dafür vorgesehenen Bohrungen gesteckt und von unten verlötet.

Bei den Elkos C 3, C 4, C 6, C 9, C 10 und C 19 und der Leuchtdiode D 13 ist unbedingt auf die richtige Polarität zu achten. Falsch gepolte Elkos können sogar platzen. Der Minuspol der Elkos ist auf einer Seite am Gehäuse gekennzeichnet. Auf der Platine ist hingegen der Pluspol (+) deutlich markiert.



Bild 4: So erfolgt die richtige Bestückung des IR-Empfängers.

Die Anode (A) der LED ist durch den etwas längeren Anschluss gekennzeichnet. Die LED wird so eingelötet, dass sich ihre Gehäuseunterseite 10 mm über der Platinenoberfläche befindet. Nach dem Einlöten wird die LED in 5 mm Höhe um 90° zur Vorderseite hin umgebogen, so dass sie nach der Montage der Platine ins Gehäuse durch das vorgesehene Sichtfenster in der Frontblende hindurchleuchten kann.

Der Taster TA 1 und der Infrarot-Empfänger IRS 1 werden so eingelötet, dass sie plan auf der Platine aufliegen. Die Anschlüsse des IR-Empfängers müssen in die genau passenden, nebeneinander liegenden drei Bohrlöcher gesteckt und einge-

Stückliste: Power-Saver PS 100

Widerstände:

4 cm Manganindraht, 1,513 Ω/m	R13, R14
100 Ω/SMD/0805	R19, R20
220 Ω/2 W/Metalloxid	R1
1 kΩ/SMD/1206	R16
1,2 kΩ/SMD/0805	R21
10 kΩ/SMD/0805	R10, R15, R17, R22
330 kΩ/SMD/1206	R2-R7
390 kΩ/SMD/0805	R18

Kondensatoren:

10 pF/SMD/0805	C11, C13
100 pF/SMD/0805	C15
10 nF/SMD/0805	C24
100 nF/SMD/0805	C7, C8, C12, C18, C22, C25
470 nF/250 V-/X2/MKP/RM = 15 mm	C1, C2
4,7 µF/16 V	C19
10 µF/16 V	C9, C10
47 µF/63 V	C4
100 µF/16 V	C6
220 µF/25 V	C3

Halbleiter:

ELV07745/SMD	IC1
LMV358	IC2
HT7150/SMD	IC3
BSP300/SMD	T3
SM4007/SMD	D1, D2, D7, D8, D10
ZPD 7V5/SMD	D5
LED, 3 mm, Rot, Low current	D13
TSOP1138	IRS1

Sonstiges:

Schraubklemmleiste, 3-polig, 24 A/500 V	KL1, KL2
Print-Taster, 1 x ein, Schwarz, winkelpoint	TA1
Relais, 1 x ein, 24 V/17 A, print	REL1
Sicherung, 6,3 A, träge	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	SI1
4 Kunststoffschrauben, 3,0 x 5 mm	
2 Kabeldurchführungen mit Zugentlastung, 7,6 mm, Schwarz	
4 Gehäusefüße 12,7 x 3,5 mm, selbstklebend, Schwarz	
1 Element-Gehäuse, G407, Dunkelgrau, komplett, bearbeitet und bedruckt	
6 Aderendhülsen, 0,75 mm ² , 6 mm lang	
1 Dreifach-Steckdose mit 1,5 m Netzleitung	
1 Netzkabel, 3-adrig, Weiß, 1,5 m	

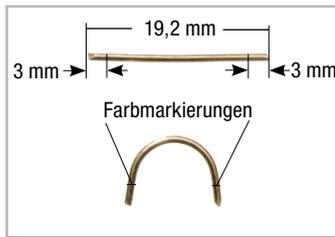


Bild 5: Abmessung und Form der Shunt-Widerstände

lötet werden. Die drei zusätzlichen, direkt daneben liegenden Bohrlöcher sind für eine alternative Gehäusebauform vorgesehen und bleiben frei. Abbildung 4 zeigt die richtige Anordnung des IR-Empfängers.

Die beiden X2-Kondensatoren C 1 und C 2 haben zwar keine vorgeschriebene Polung, dürfen aber keinesfalls durch einen anderen Kondensatortyp ersetzt werden, da nur dieser Typ durch eine spezielle Konstruktion auch bei Überlast nicht in Brand gerät und Spannungsimpulsen bis 2500 V (z. B. durch Blitzschlag in das Stromnetz) standhält. Daraus folgt auch die relativ große Bauform für einen 470-nF-Kondensator.

Die Kondensatoren C 1, C 2, das Relais REL 1 und die Anschlussklemmen KL 1 und KL 2 müssen ebenfalls plan aufliegen, bevor man sie verlötet. Bei den Kontakten des Relais und der beiden Schraubklemmen ist darauf zu achten, dass die Lötstellen mit reichlich Lötzinn ausgeführt werden, da hier später hohe Ströme fließen.

Die beiden zur Strommessung dienenden Shunt-Widerstände aus Manganindraht müssen vor dem Einlöten, wie in Abbildung 5 dargestellt, abgelängt und gebogen werden. Der verwendete Draht hat einen Widerstandswert von $1,513 \Omega/\text{m}$, so dass wir für einen $20\text{-m}\Omega$ -Widerstand eine wirksame Drahtlänge von $13,2 \text{ mm}$ benötigen. Für die Befestigung auf der Platine werden zusätzlich 3 mm an jedem Drahtende benötigt, also insgesamt $19,2 \text{ mm}$ pro Shunt. Dafür werden vom 40 mm langen Stück Manganindraht zwei $19,2 \text{ mm}$ lange Stücke abgeschnitten. Jetzt werden vom linken und vom rechten Ende genau 3 mm abgemessen und mit einem feinen, wasserfesten Stift markiert. Der Draht wird gebogen und so durch die Bohrlöcher gesteckt, dass die Markierung oberhalb der Platine gut zu erkennen ist. Anschließend werden die Drähte auf beiden Platinenseiten sorgfältig verlötet, wobei darauf zu achten ist, dass das Lötzinn gerade bis an die Markierungen reicht. Abbildung 6 zeigt die so verlöteten Shunt-Widerstände.

Der liegend zu bestückende Metalloxidwiderstand R 1 ist mit 1 bis 3 mm Abstand zur Platinenoberfläche zu verlöten.

Für die Montage der Elektronik in das beiliegende Gehäuse

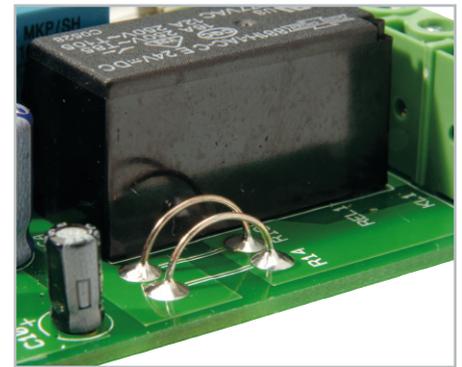


Bild 6: Die ordnungsgemäß eingelöteten Shunt-Widerstände

wird zuvor die bedruckte Frontblende ins Gehäuseunterteil gesteckt. Dieses ist an den vier durchgeführten Bohrungen zu erkennen. Anschließend wird die Platine so ins Gehäuse gesetzt, dass der Taster durch die vorgesehene Bohrung der Frontplatte ragt. Befestigt wird sie mit den vier kurzen Schrauben.

Die offenen Kabelenden der Mehrfachsteckdose und des Netzanschlusskabels werden durch die Bohrungen der Gehäuserückseite geführt, wie es in Abbildung 7 zu sehen ist. Dabei ist wichtig, dass – von außen auf die Rückwand gesehen – links das Kabel zur Mehrfachsteckdose und rechts das Netzanschlusskabel hindurchgeführt werden. Bevor die Kabel an den Schraubklemmen befestigt werden, sind beide Kabel von außen mit dem zugehörigen Zug- und Knickschutz in die Rückwand zu klemmen. Der Zug- und Knickschutz ist so über das Kabel zu führen, dass der breite Kragen nach außen weist und an der Innenseite noch ca. 7 mm Kabelisolierung überstehen. Der Zugschutz muss fest in die vorgesehene Bohrung gepresst werden, bis er einrastet und nicht wieder herausgezogen werden kann. Danach ist die Rückwand in die untere Gehäuseschale einzusetzen.

Die Anschlussdrähte werden wie in Abbildung 7 gezeigt und wie auf der Platine aufgedruckt in den Schraubklemmen verschraubt. Die PE-Leitungen sind etwas länger ausgeführt, damit sie im Falle eines Abrisses zuletzt aus den Klemmen herausgezogen werden.

Nach dem Anschluss der Kabel wird der Gehäusedeckel so aufgesetzt, dass die umlaufende Nut genau in die Feder passt. Von unten ist das Gehäuse mit den vier Gehäuseschrauben zu verschrauben.

Abschließend werden die vier Gehäusefüße über oder neben die Schraubenköpfe geklebt – und der PS 100 ist bereit, Energie und Kosten einzusparen!

ELV

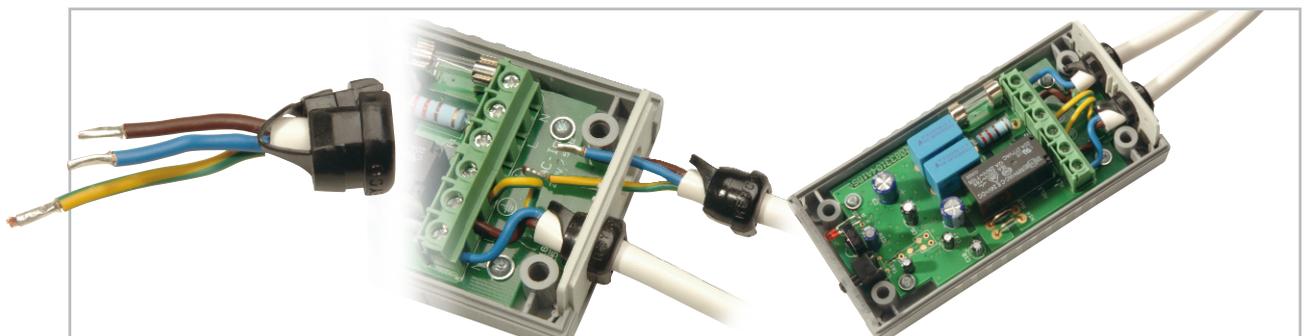
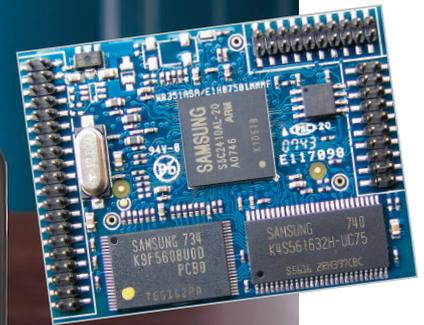


Bild 7: Der Anschluss der Netzkabel: Links sieht man den über das Kabel geführten Zug- und Knickschutz, in der Mitte das Einsetzen des Kabels in die Gehäuserückwand und rechts die fertig geklemmte Verkabelung.

Radio aus dem Internet



Jetzt für jeden Haushalt mit WLAN-Anschluss

„Radio goes Internet“ heißt es heute, wenn es darum geht, mehr und spezieller orientierte Hörschichten nicht nur lokal, sondern weltweit zu erreichen. Man benötigt nur einen Internet-Anschluss und im Fall moderner WLAN-Radios nicht einmal mehr einen ständig laufenden PC, um per Internet eine riesige Stationsauswahl genießen zu können. Wir werfen einen Blick auf die technische Seite des Internet-Radios und zeigen speziell am Beispiel WLAN-Radio, wie es in der Praxis funktioniert.

Quo vadis, Radio?

Hörrundfunk gehört ganz sicher zu den Grundbedürfnissen der modernen Gesellschaft. Und so können wir heute auf eine gut ausgebaute Infrastruktur, in Mitteleuropa vornehmlich an UKW-Rundfunksendern, zurückgreifen. Zahllose private und öffentlich-rechtliche Radiostationen tummeln sich im Äther, die Frequenzen sind nahezu voll ausgelastet. Im Gegensatz zum UKW-Rundfunk gehen die Anteile in den anderen Wellenbereichen stetig zurück, den Luxus einer MW- oder KW-Frequenz leisten sich nur noch relativ wenige, meist staatliche bzw. öffentlich-rechtliche Sender, zumal die Hörer-Klientel vornehmlich auf Lang- und Mittelwelle kontinuierlich zurückgeht.

Schon lange plant man allerdings hierzulande den Ausstieg aus dem analogen Rundfunk, ähnlich wie beim Fernsehen sollte der eigentlich bis 2010 (in Europa 2012) Geschichte sein. DAB, DVB-T, DRM sollten die digitalen Nachfolger heißen. Allerdings ging man speziell in Deutschland aufgrund der föderalen Struktur mit Landesrundfunkanstalten das Thema zerstritten und halbherzig an, so dass eine echte Ablösung des Analog-Funks bei uns wohl mittelfristig nicht zu erwarten ist. Zu sehr stoßen divergierende Interessen, föderale

Koalitionen und Antipathien zwischen Politik respektive Landesrundfunkanstalten und mangelndes Investitionsinteresse sowohl der Sender als auch der Geräteindustrie bis heute aufeinander. Das beste Beispiel hierfür ist der Ausbau des DAB-Netzes. Während einige Bundesländer, vornehmlich die, auf deren Territorium auch Geräteentwickler und -hersteller ansässig sind, den Ausbau vorantrieben, ließen andere den Ausbau „schleifen“, so dass an flächendeckenden digitalen Hörrundfunk bis heute nicht zu denken ist, gerade etwa 80 % sind erreicht – mit großen Lücken. Infolgedessen fehlt auch der Werbeimpuls der Geräteindustrie, breite Käuferschichten für das neue Medium zu interessieren. Ganz anders hingegen in Großbritannien, wo es wohl wesentlich dem Einfluss der großen BBC zu verdanken ist, dass DAB dort schon eine hohe Akzeptanz bei der Hörschicht erfährt. Folglich kommen auch einige der wichtigsten Gerätehersteller von dort.

Ein zweites Beispiel ist DVB-T. Lediglich in einem Berliner Pilotprojekt sind einige Rundfunksender im inzwischen nahezu flächendeckend installierten DVB-T-Netz aktiv, im Rest der Republik liegt das Medium brach.

Schließlich steht seit Anfang 2008 der digitale Hörrundfunk DAB in Deutschland völlig auf der Kippe – die KEF (Kommission zur Ermittlung des Finanzbedarfs der Rundfunkanstalten)

beschloss, keine Gebührenmittel mehr für den weiteren Ausbau von DAB zur Verfügung zu stellen – das Aus für diese Art des Digitalrundfunks?

Für den mobilen schon, denn keiner weiß derzeit, ob die vorhandene, recht teure DAB-Struktur weiter aufrechterhalten wird. Für den stationären Empfang hingegen wendet man sich zunehmend (neuerdings im Fall öffentlich-rechtlich auch gebührenmäßig) neben dem digitalen Satellitenrundfunk einem neuen Verbreitungsmedium zu – dem Internet.

Radio goes Internet

Heute kann sich eigentlich kein Sender dieser Welt mehr erlauben, nicht im Internet präsent zu sein – angesichts der weltweit gut ausgebauten Internet-Infrastruktur logisch. Nichts ist einfacher, als irgendwo auf der Welt via Internet und PC seinen absoluten Lieblingssender zu empfangen.

Auf diese Weise kann man weitab von der Heimat und auch außerhalb der heimischen Satelliten-Footprints wesentlich komfortabler als per störungsreicher Kurzwelle den Lieblingssender empfangen oder dem lokalen Dudel-/Blitzer-/Werbefunk aus dem Wege gehen.

Auf jeder Internet-Seite eines Senders findet man Möglichkeiten zum Direkt- oder Streaming-Empfang oder zum Podcast. Und legt man nicht Wert auf einen bestimmten Sender, sondern auf ein bestimmtes Genre, etwa Rockmusik oder Country, so helfen Suchmaschinen und Senderportale im Internet schnell weiter.

Radio hören (und natürlich auch Fernsehen) per PC ist also schon lange kein Hexenwerk mehr – solange man sich in (mindestens Hör-) Reichweite seines PCs befindet. Es ist also durchaus im Bereich des Möglichen, dass man, sobald es betriebssichere mobile Internet-Technologien massenhaft und erschwinglich gibt, auch angesichts des relativ flächendeckenden Internet-Ausbaus das Internet als zumindest

wichtigstes, wenn nicht (neben Satellitenfunk) alleiniges Verbreitungsmedium für den Hörrundfunk sieht und folglich terrestrisch per Funk nur noch eine KW-Fernempfangsstruktur für ferne Länder aufrechterhält (hier wird wohl hoffentlich bald DRM flächendeckend als digitale Version das Rennen machen).

Weg von PC und Kabel

Die Industrie hat diesen Trend dieses Mal offensichtlich erkannt und bringt derzeit massenhaft sogenannte LAN- und vor allem WLAN-Radios auf den Markt, die man auch als moderne Weltempfänger bezeichnen kann, sind sie doch ähnlich komfortabel und via Internet weitreichend wie ihre inzwischen schon fast historischen analogen Brüder (Abbildung 1).

Die Grundidee: Selbst im Privathaushalt mit Internet-Anschluss gibt es heute vielfach Netzwerkstrukturen. Dank moderner, einfach zu konfigurierender Netzwerktechnik ist es ein Leichtes, ein kleines Ethernet (LAN) oder ein Funknetz (WLAN) aufzubauen. Besonders Letzteres erfreut sich steigender Beliebtheit. Dank modernster Übertragungstechnik mit hohen Bandbreiten (Stichwort Wi-Fi), sicherer Übertragung und sinkenden Preisen ist es einfach, sich eine Funk-Infrastruktur per WLAN aufzubauen.

So können nicht nur vom Telefonanschluss weit entfernte Rechner bequem ans Internet angebunden werden, auch nahezu beliebige Peripheriegeräte wie Netzwerk-Festplatten, Drucker, Mediastationen usw. sind per Nachrüst-WLAN einfach einbindbar.

Und genau dies tun die modernen WLAN-Radios! Technisch haben die mit dem „Dampfradio“ eigentlich gar nichts mehr zu tun – gut, sie haben einen Lautsprecher ...

Dass hier eine neue Ära eingeläutet wird, versuchen derzeit die meisten Hersteller wohl dadurch auszudrücken, dass man sich an legendären, zu ihrer Zeit technisch bahnbrechenden



Bild 1: Die Weltempfänger-Boliden früherer Generationen hießen Grundig Satellit/Yachtboy oder Sony ICF – heute wertvolle Sammlerstücke, die es zur Bewahrung der Technik-Geschichte zu erhalten gilt. Mit ihnen sind alle jemals zugelassenen Frequenzbänder zu empfangen. Manche tragen sogar eine Zulassung als Seefunkempfänger.

Radio-Designs der Geschichte, etwa dem Star der Funkausstellung 1955, dem Küchenradio Braun SK 1, oder dem klaren, funktionellen Design der frühen Grundig-Satellit-Weltempfänger (Abbildung 1) orientiert. Im klaren Bauhausstil-Gehäuse ist die Frontplatte wie anno dazumal eindeutig strukturiert: links der Lautsprecher, rechts Skala und Senderwahl. Abbildung 2 zeigt ein exemplarisches Gerät, das sich klar an dieser Designlinie orientiert – weg vom heute üblichen Küchen- und Kofferradio-Design. Ältere Leser werden sich bei diesem Anblick sofort an die erwähnten, damals revolutionären Küchenradios der 50er und 60er erinnern fühlen, wie eben den SK 1/2 oder den Ilmenau als DDR-Pendant – kein riesiges Holzgehäuse, klar strukturierte Bedienung und moderne Miniaturtechnik im Inneren: damals neue Miniaturröhren, heute ein Embedded-PC.

Wie geht's und was ist drin?

Ja, wie geht es? Werfen wir gleich einmal einen Blick in das Innere! Abbildung 3 zeigt das „Motherboard“ eines solchen Radios. Tuner, Spulen, Filter sucht man hier vergebens. Das Ganze stellt einen typischen Embedded-Computer dar. Dessen Kern thront als Tochter-Board auf der Platine. Auf ihn kommen wir noch; wollen wir zunächst die Peripherie betrachten. WLAN-Kennern wird sofort der per USB-Slot angesteckte USB-WLAN-Stick unten links auffallen. Der genau stellt die drahtlose Verbindung zum WLAN-Router bzw. Access-Point her! Viele dieser Radios haben zusätzlich eine externe, schwenkbare Antenne, um optimalen Empfang zu sichern. Bei der hier zu sehenden Bauart muss man ggf. das Radio etwas drehen – wie früher einen MW-Empfänger. Der Rest des Boards trägt Stromversorgung, Audio-Endstufe, USB-Interface sowie das Wichtigste – die Schnittstelle zum Kern des Ganzen, dem Rechner-Board. Das sorgt für die WLAN-Kommunikation, die Dekodierung sowie für die Anbindung von Display und Bedienelementen. Die weit aus meisten aktuellen WLAN-Radios basieren auf dem hier gezeigten Barracuda-Board (Abbildung 4), das mit dem britischen Medienportal www.reciva.com kommuniziert bzw. von dieser Firma stammt. Es ist ein kompaktes Embedded-Design mit einem Linux-Software-Kernel, dessen Firmware sehr einfach aktualisiert bzw. gewechselt werden kann. Diese Tatsache rief natürlich sofort die Open-Source-Gemeinde auf den Plan, im Internet findet man vor allem im Portal www.sharppin.zewv.nl (Abbildung 5), aber auch auf diversen „hack-the-Barracuda“-Seiten eine große Gemeinde, die daran arbeitet, die Funktionalität der Hardware noch weiter auszureizen – für ambitionierte Techniker und Programmierer eine völlig neue Spielwiese! Ähnliches findet sich ja seit langem im Sat-Receiver-Bereich, wo kaum ein Betriebssystem von kreativen Programmierern verschont wird.

Doch zurück zur Technik der WLAN-Radios. Übrig bleibt eigentlich nur noch das, was man auf Frontplatte und Rückseite des Radios sieht: Lautsprecher, Display, Tastenfeld, meist ein großer Drehgeber als zentrales Bedienelement, Kopfhörer- und Line-out-Ausgang für den Anschluss einer Verstärkeranlage. Letzteres ist für anspruchsvolle Wiedergabe oft auch nötig. Die kleinen Kunststoffgehäuse und die ebenfalls meist



Bild 2: Ein typisches Beispiel für die neue Generation der WLAN-Radios ist die IPdio-Reihe von dnt. Die Design-Ähnlichkeit mit Grundig und Braun ist unübersehbar.

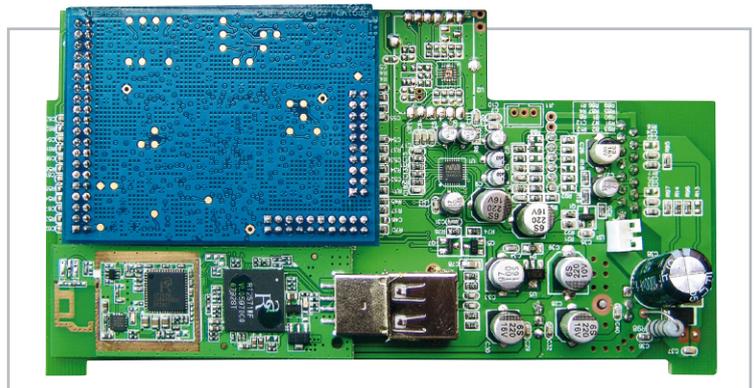


Bild 3: Die Grundplatte eines WLAN-Radios: Links oben dominiert das Barracuda-Board, links unten der USB-WLAN-Stick, darüber das USB-Interface, rechts Stromversorgung und Endstufe (Unterseite der Platine).

kompakten Lautsprecher bleiben klanglich vielfach auf Küchenradio-Niveau, was ja auch ihre eigentliche Bestimmung ist – ein kompaktes, überall leicht zu platzierendes Radio. Das zeigt allerdings nach außen hin in Form der Bedienelemente kaum, was in ihm steckt. Kunststück, die meisten Designer haben sich auch hier dem „reduce to the max“-Prinzip verschrieben und freundlicherweise nur die wichtigsten, täglich gebrauchten Bedienelemente auf der Frontplatte platziert. Der Rest wird heute dem Stand der Technik entsprechend per Infrarot-Fernbedienung gesteuert. Natürlich, man will einen Massenmarkt erschließen, und da muss sich ein Internet-Radio letztendlich im täglichen Betrieb genauso einfach bedienen lassen wie ein herkömmliches Gerät. An einem Detail dieser einfachen Bedienbarkeit sollten die Techniker allerdings noch dringend arbeiten – viele WLAN-Radios benötigen nach dem Einschalten zu lange, bis endlich ein Ton zu hören ist. Das liegt am nicht immer optimal gelösten WLAN-Handling der Geräte, was sich aber wohl schnell ändern wird, denn so etwas spricht sich herum bei der Kundschaft.

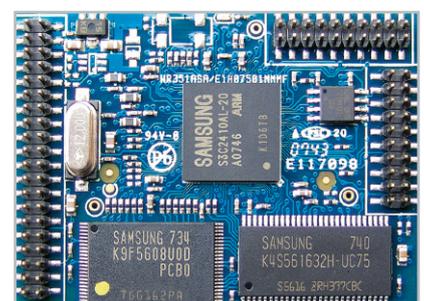


Bild 4: Das Barracuda-Board ist ein kompletter Embedded-Computer mit einem Open-Source-Linux-Kernel.

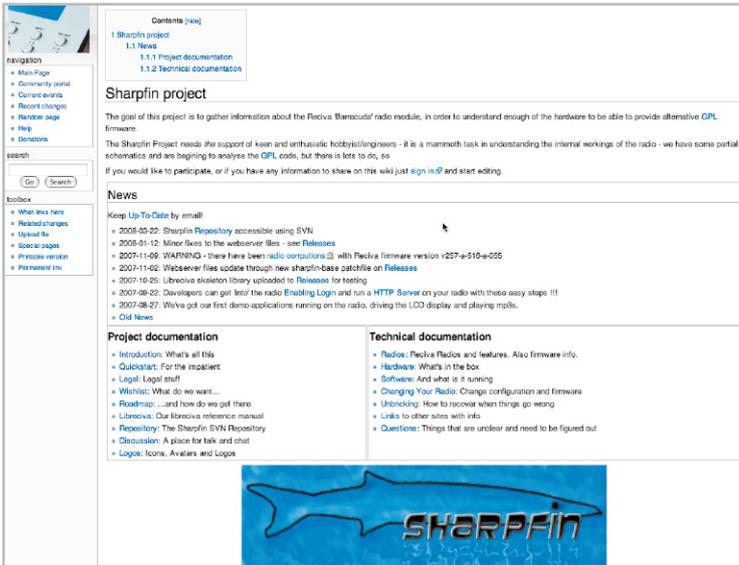


Bild 5: Das Open-Source-Projekt „Sharpfin“ beschäftigt sich mit der individuellen Modifikation der Firmware des Barracuda-Boards.

Je nach Modell gibt es weitere Features wie Weckfunktion, Anschluss für MP3-Player oder externe Lautsprecher. Auch integrierte UKW-Radios sind keine Seltenheit, bieten Sie doch eine „Notfunktion“ bei WLAN- oder Internet-Ausfall. Und für besten Signalempfang verfügen die Empfänger, leider viel zu oft tief in den Menüs versteckt, über eine Feldstärkeanzeige für das WLAN. Und draußen? Natürlich hat auch das tragbare „Kofferradio“ bereits seine Entsprechung gefunden. Geradezu Kultstatus hat etwa der „Pico Wi-Fi“ der britischen Firma Revo (Abbildung 6) erlangt. Der im Boxen-Design ausgeführte tragbare Empfänger schafft mit dem integrierten Akku mehrere Stunden netzunabhängigen Betrieb auf der Terrasse oder im Garten.

Die Praxis

Wie funktioniert es praktisch? Grundvoraussetzung ist natürlich neben einem DSL-Internetzugang ein aktives WLAN.



Bild 6: WLAN-Kofferradio – akkubetrieben, kann das Revo Pico Wi-Fi auch ohne Netzanschluss unterhalten. Was hier ebenfalls auffällt: ein vorbildlich schlechtes Bedienfeld. (Bild: NTP)

Abbildung 7 zeigt typische Konfigurationen dazu. Die Konfiguration mit dem WLAN-Router dürfte heute im privaten Bereich die meist eingesetzte sein. Hier ist ein WLAN-Access-Point bereits im Router integriert. Die Peripheriegeräte rund um diesen Netzwerkknoten können nun allein per WLAN oder in einer gemischten Umgebung von LAN und WLAN eingebunden werden.

Besitzt man bereits einen normalen LAN-Router und möchte diesen eigentlich nicht wechseln, weil das Netz stabil läuft („never change a running system“), hat man die Möglichkeit, zum Aufbau eines WLAN einen WLAN-Access-Point entweder direkt oder per Netzwerk an den Router anzubinden. Dies kann auch von Vorteil sein, wenn der Router-Standort funktechnisch recht abgelegen ist. Denn natürlich unterliegt auch das WLAN-Funksignal, das heute vorwiegend im 2,4-GHz-Bereich (in dem auch die Internet-Radios empfangen) ausgestrahlt wird, den üblichen Feld-Dämpfungen und -Verzerrungen, die stark von der Bausubstanz abhängig sind. Ein bereits verlegtes Netzkabel erlaubt es, den Access-Point funktechnisch günstiger zu platzieren.

Zusätzlich kann man hier auch zu einer besseren Antenne für WLAN-Router/Access-Point greifen, weshalb man beim Kauf dieser Geräte darauf achten sollte, dass man eine externe Antenne (Abbildung 8) anschließen kann. Letzteres erhöht im Übrigen auch die Empfangssicherheit für ein mobiles WLAN-Radio. Optimal ist z. B. eine Installation einer solchen Antenne an einem auf dem Dachboden stationierten Access-Point.

Steht die WLAN-Struktur, kann es nun an den Radioempfang gehen. Nach dem Einschalten sucht das WLAN-Radio sofort automatisch alle empfangbaren WLAN-Netze und fragt dann bei der ersten Inbetriebnahme, welches der empfangenen Netze als „sein“ Netz gültig sein soll. Jedes WLAN hat einen eigenen Namen, eine SSID-/ESSID-Kennung. Die seines eigenen WLANs erfährt man aus der Konfigurationseinstellung seines Routers bzw. Access-Points. Ist das benutzte WLAN per Verschlüsselung geschützt, erfragt das Gerät danach den WEP- oder WPA-Code. Auch der findet sich im Konfigurationsmenü des Routers/Access-Points.

Hat man auch diesen Code eingegeben, baut das Gerät sofort die Netzwerkverbindung auf und bietet dann per Menüauswahl Länder-, Stations- und Genrelisten an. Hier muss man nun wie bei einem RDS-Radio nur noch auswählen und kann die Lieblingssender gleich noch speichern. Fertig ist die Einrichtung des Radios! Im täglichen Betrieb wählt man nur noch per Stationstaste einen Sender aus und stellt Lautstärke und Klang ein – mehr nicht!

Das Ganze ist keine Zauberei, der Barracuda-Rechner arbeitet nicht anders als ein üblicher WEB-Server. Er wählt automatisch das britische Medienportal „reciva.com“ (Abbildung 9) an und bezieht von dort je nach Auswahl des Nutzers den Zugang zum gewünschten Sender. Will man die Auswahl der unendlichen Sendervielfalt ausschließlich auf seine persönlichen Vorlieben einschränken, kann man dies auf dieser Webseite ganz einfach tun. Nach einer einfachen Anmeldung (an persönlichen Daten ist nur eine gültige E-Mail-Adresse nötig) kann man u. a. persönliche Favoriten- und Historylisten für Radiostationen, Streams und Podcast-Abos erstellen. Soll das Radio direkt darauf zugreifen, ist noch unter „my Radios“

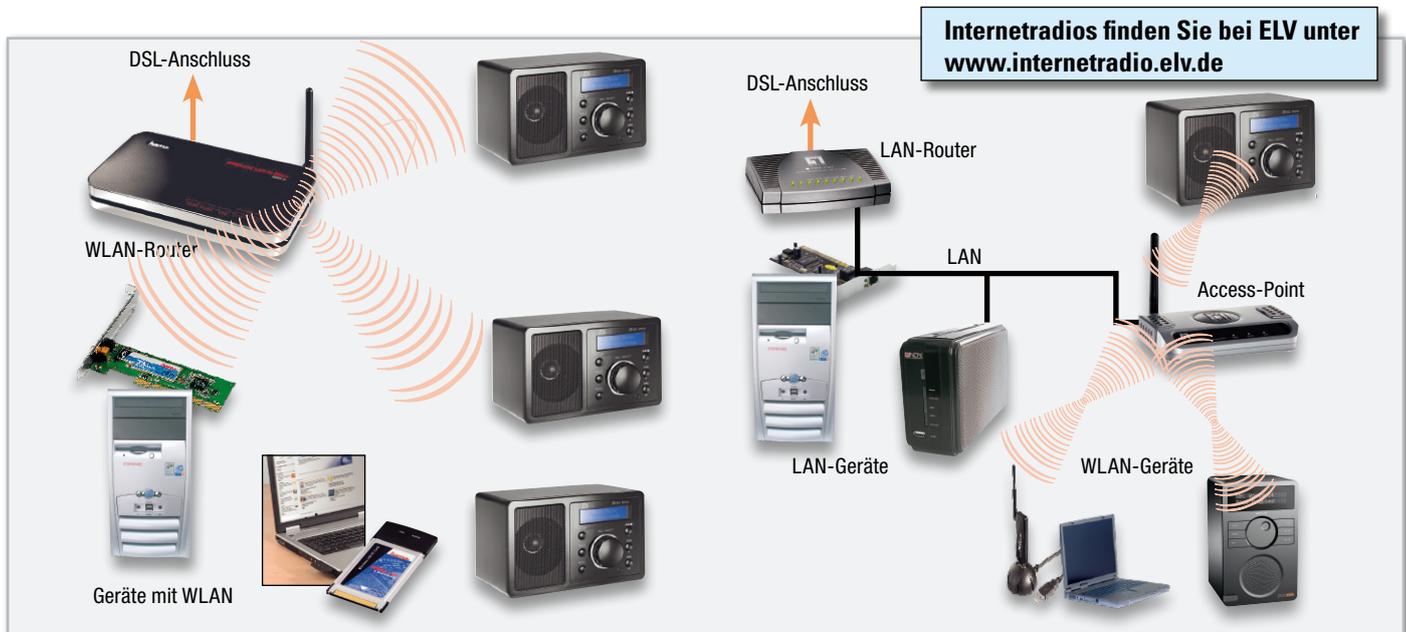


Bild 7: Die üblichen Strukturen von Heimnetzen: links ein reines WLAN-Netz mit einem DSL-WLAN-Router, rechts ein gemischtes LAN-/WLAN-Netz mit DSL-LAN-Router und WLAN-Access-Point.



Bild 8: Mit solchen leistungsfähigen Rundstrahlantennen erreicht man eine gute WLAN-Abdeckung im Gebäude und in der Umgebung.

die Seriennummer und ein Registrierungscode einzugeben. Beides findet sich im entsprechenden Menü des Radios. Über die Option „Premium“ gelangt man an den zum größten Teil allerdings kostenpflichtigen Streaming-Dienst „RealMusic“, der u. a. den direkten Zugriff auf viele Musiktitel ermöglicht.

An eines muss man sich allerdings gewöhnen, vor allem, wenn es sich um relativ exotische Stationen handelt: Die Internet-Radiolandschaft ist so dynamisch wie das Internet selbst – über Nacht können sich Adressen ändern, die Radiostation ist zeitweise nicht online oder nicht mehr existent. Ein modernes „Feature“, in der normalen hiesigen Sender-Internet-Landschaft allerdings seltener zu befürchten als die lästigen jährlichen Wechsel der Satellitenfrequenzen.

Was können sie noch?

Wenn das Gerät doch schon am Netzwerk „hängt“, warum nicht auch die MP3-Sammlung auf dem PC nutzen? So mancher hat schon einen Haus-Server mit diesen Daten ständig zu laufen. Auch dieses Feature bieten die meisten WLAN-Radios. Dazu muss man lediglich einen entsprechenden Ordner im PC freigeben (Sharing) und den Windows-Media-Player als so genannten UPNP-Server einrichten. Klingt kompliziert, ist aber in den jeweiligen Bedienungsanleitungen genau be-

schrieben und läuft halbautomatisch ab, unterstützt durch die Intelligenz des WLAN-Radios. Über das Display des WLAN-Radios ist die Titelliste auf dem PC zugänglich, so kann man von ferne das MP3-Abspiel ganz einfach vom WLAN-Radio aus steuern und die Dateien über das Radio wiedergeben. Was lässt sich also als Resümee konstatieren? Das Internet wird wohl das Radio-Medium der Zukunft werden. Wer also ohnehin ein WLAN betreibt bzw. dazu Zugang hat, sollte sich, insbesondere, wenn das örtliche Radioangebot ganz und gar nicht zusagt oder man auf Sparten fixiert ist, heute kein UKW-Radio mehr zulegen und zur WLAN-Technik greifen, zumal heute nicht einmal der stromfressende PC nötig ist, um weltweit die Lieblings-Radiostation zu hören. Dieses Mal zieht auch die Herstellerbranche mit und man darf gespannt sein, welche Gerätetechnik noch auf uns zukommt. Die erste WLAN-Radio-Generation ist bereits vielversprechend gestartet!

ELV

Bild 9: Das „Backbone“ des Barracuda-Boards – das RECIVA-Portal. Von hier bezieht das WLAN-Radio die Adressen der gewählten Sender.



Intelligente 3-Kanal-Temperaturregelung für PWM-Lüfter

Die PLS 100 ist eine intelligente und komfortable Lüftersteuerung für bis zu 3 PWM-Lüfter nach Intel-Spezifikation. Sie realisiert eine für jeden Lüfter getrennt programmierbare Zweipunkt-Regelung mit individuell einstellbaren Grenztemperaturen sowie eine akustische Alarmgabe bei blockiertem Lüfter. Das Display der Steuerung dient neben der Programmierung auch der Anzeige aktueller Temperaturen an den Messpunkten sowie der Lüfterdrehzahlen.

Technische Daten: PLS 100

Anzahl anschließbarer Lüfter:	1–3
Anschließbarer Lüfertyp:	PWM-Lüfter mit 4-pol. Stecker
Stromaufnahme pro Lüfter:	max. 0,8 A (insgesamt 2,5 A)
Temperatur-Messbereich:	0–100 °C
Auflösung:	0,1 °C
Anzeigeelement:	LCD für Temperatur und Umdrehung/Minute
Bedienelemente:	4 Taster
Speichern der Einstellungen:	dauerhaft im EEPROM
Betriebsspannung:	12 Vdc ±5 %
Stromaufnahme ohne Lüfter:	<50 mA
Kabellänge des Temperatursensors:	3 m
Abmessung der bestückten Platine (B x H x T):	122 x 38 x 20 mm

Intelligente Lüfter – intelligente Steuerung

Seit 2004 gibt es eine neue, interessante Lüftergeneration – die von Intel spezifizierten PWM-Lüfter. Die Spezialität dieser Lüfter ist die direkt im Motor integrierte Drehzahlregelung und die dazugehörige Leistungselektronik. Mittels eines

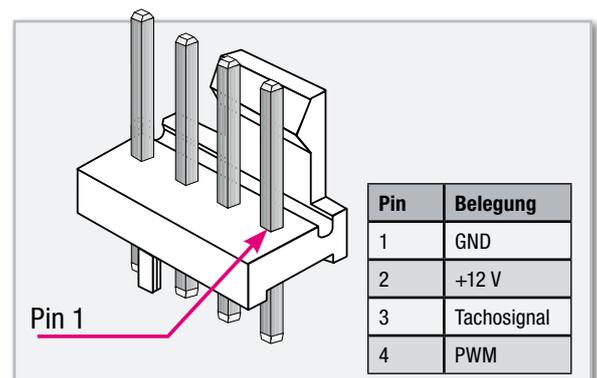
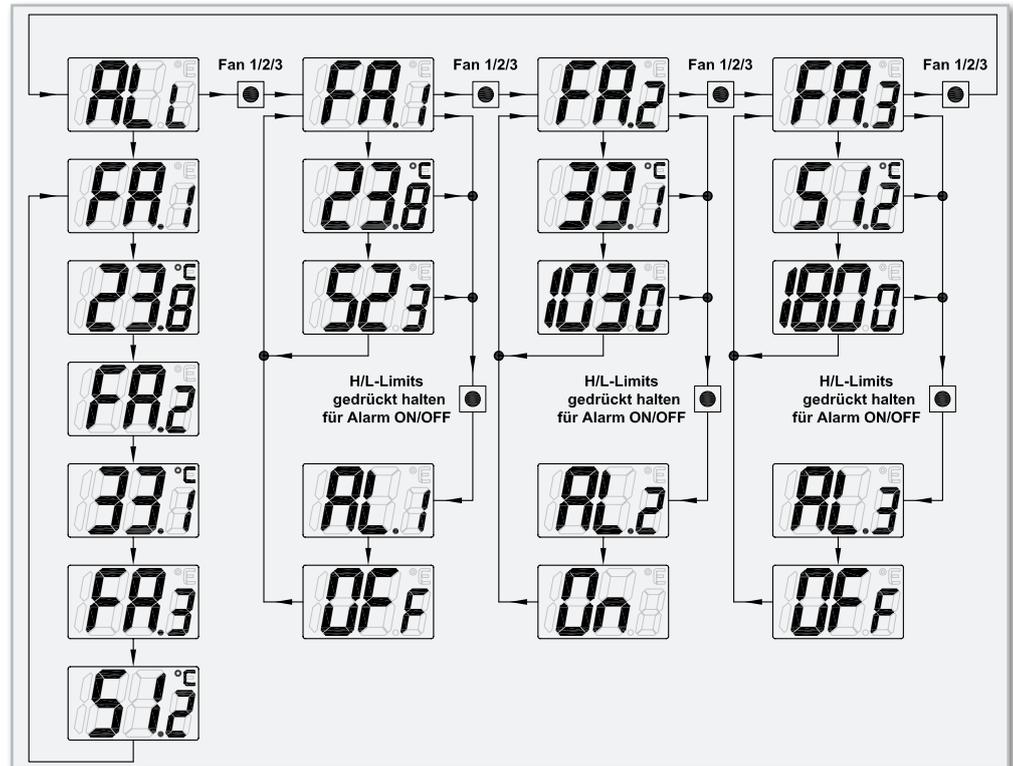


Bild 1: Die 4-polige PWM-Lüfter-Schnittstelle und deren Belegung

Bild 2: Das Bedienschema der PLS100



PWM-Signale können die Lüfter stufenlos gesteuert werden. Zusätzlich stellen diese Lüfter ein Tachosignal bereit und laufen nach einer Blockierung des Rotors automatisch wieder an. Da der Markt inzwischen eine breite Auswahl an guten, leisen und zudem sehr preiswerten Lüftern dieser Art anbietet, liegt es nahe, diese auch für andere Anwendungen nutzbar zu machen. So entstand die Lüftersteuerung PLS 100, die drei dieser Lüfter separat steuern kann.

Gerade ältere PCs mit unregelmäßigem Lüfterbetrieb sind mit dieser Lüftersteuerung samt PWM-Lüftern einfach nachrüstbar, diese kühlen dann die Hardware nach tatsächlichem Bedarf. Zudem werden dem Anwender auf dem Display die 3 Temperaturen und die Lüfterdrehzahlen in 4 einstellbaren Modi angezeigt.

Bleibt ein Lüfter stehen, so wird durch die Lüftersteuerung sofort ein Alarmton ausgegeben und das Wiederanlaufen des Lüfters durch eine entsprechend höhere Drehzahlvorgabe unterstützt.

Resultat einer solchen Nachrüstung: Der Rechner arbeitet in den meisten Betriebsphasen deutlich leiser, die Gesamt-Leistungsaufnahme und damit der Stromverbrauch sinken.

Die Intel-PWM-Spezifikation

Um die Lüfterleistung stufenlos vorgeben zu können, ohne eine zusätzliche Leistungselektronik ins Motherboard integrieren zu müssen, hat Intel 2004 eine neue Schnittstelle für PC-Lüfter vorgestellt. Dabei handelt es sich um die in Abbildung 1 gezeigte 4-polige Schnittstelle, die neben der 12-V-Versorgungsspannung eine Tacho-Signalleitung und eine Steuerleitung enthält. Über diese Steuerleitung wird ein Rechtecksignal mit einer Frequenz von 25 kHz und einem variablen Puls-Pause-Verhältnis zum Lüfter übertragen. Der Lüfter passt seine Leistung diesem Verhältnis in einem Bereich von 20 bis 100 % an. Über die Tacholeitung ist die Drehzahl des Lüfters extern auswertbar, so auch ein Lüfterstillstand.

Bedienung und Funktion

Die Bedienung erfolgt wie in der Übersicht in Abbildung 2 dargestellt.

Mit der Taste „Fan 1/2/3“ kann die Anzeigeart gewechselt werden. Entweder werden Temperatur und Drehzahl von dem jeweils ausgewählten Lüfter (Fan 1, Fan 2 oder Fan 3) im Wechsel angezeigt oder es erfolgt die Anzeige der Temperaturen aller angeschlossenen Lüfter im Wechsel (Anzeige: „ALL“) nacheinander. Durch Drücken der „+“- oder „-“-Taste kann man immer direkt zur nächstfolgenden Anzeige weiterschalten. Sind einzelne Temperatursensoren nicht angeschlossen, so werden deren Werte auch nicht angezeigt. Ist kein Sensor angeschlossen, so erscheint im „ALL“-Modus „Err“ im Display. Die Drehzahl wird auch dann im Fan-1-, Fan-2- oder Fan-3-Einzelmodus angezeigt, wenn kein Temperatursensor angeschlossen ist. Ein angeschlossener Lüfter würde dann mit voller Leistung laufen.

In den in Abbildung 3 dargestellten Einstell-Modus für die Temperatur-Grenzwerte springt man durch Drücken der Taste „Hi/Lo-Limits“. Für jeden Regelkreis sind die Grenzwerte separat einstellbar. Die Bedeutung der Grenzwerte ist aus dem Diagramm in Abbildung 4 ersichtlich. Der untere Regelwert wird im LC-Display als „Lo.x“ bezeichnet und gibt die Temperatur an, bis zu der der Lüfter mit minimaler Drehzahl arbeiten soll (die Lüfter können serienmäßig nicht bis zum Stillstand herabgeregelt werden, sondern nur bis ca. 20 % der Maximaldrehzahl). Der mit „Hi.x“ bezeichnete obere Temperaturwert gibt an, ab welcher Temperatur der jeweilige Lüfter mit maximaler Leistung arbeiten soll. Die Einstellung der Grenzwerte erfolgt über die Tasten „Hi/Lo-Limits“, „+“ und „-“. Im Einstell-Modus werden abwechselnd der Name des Grenzwertes und der jeweils gespeicherte Wert angezeigt. Wird die Taste „Hi/Lo-Limits“ ein weiteres Mal gedrückt, wechselt man zum jeweils anderen einstellbaren Grenzwert. Nun kann

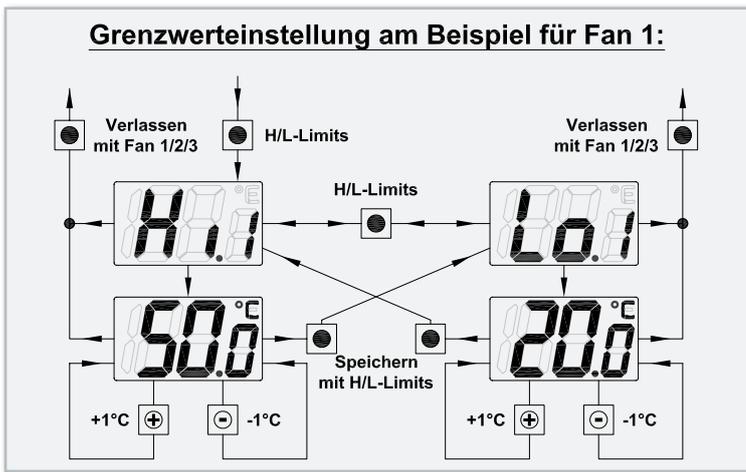


Bild 3: Einstellung der Temperatur-Grenzwerte

man mit den Tasten „+“ und „-“ den Wert um je 1 °C erhöhen bzw. verringern. Hält man die jeweilige Taste gedrückt, so ändert sich die Temperatur immer schneller. Drückt man anschließend wieder „Hi/Lo-Limits“, wird der eingestellte Wert im EEPROM gespeichert. Anschließend kann man mit „Hi/Lo-Limits“ zum zweiten Grenzwert wechseln oder mit „Fan 1/2/3“ den Einstell-Modus verlassen. Möchte man einen gerade mit den Tasten „+“ und „-“ veränderten Grenzwert nicht speichern, so drückt man die „Fan 1/2/3“-Taste. Zu beachten ist, dass der obere Grenzwert (Hi.x) logischerweise immer höher sein muss als der untere Grenzwert (Lo.x). Diese Bedingung wird vom Mikrocontroller geprüft und die Einstellung unlogischer Werte verhindert. Ist der Hi-Wert beispielsweise auf 50 °C eingestellt und der Lo-Wert z. B. auf 35 °C, so kann der Hi-Wert nur bis minimal 36 °C verringert werden. Möchte man aber einen niedrigeren Hi-Wert einstellen, so muss man erst den Lo-Wert niedriger einstellen und speichern.

Die Geschwindigkeitsregelung der Lüfter erfolgt abhängig von der jeweils gemessenen Temperatur linear zwischen den beiden gespeicherten Grenzwerten. Solch eine Regelung nennt sich auch Zweipunkt-Regelung.

Da die meisten PWM-Lüfter eine Mindestdrehzahl haben, die sie nicht unterschreiten, können mit der PLS 100 die Lüf-

ter nicht bis zum Stillstand herabgeregelt werden. Bei Erreichen von ca. 20 % der maximalen Lüfterdrehzahl bleibt deren Drehgeschwindigkeit konstant. Dies verhindert beispielsweise, dass der Lüfter bei Ausbleiben des Steuerungssignals (z. B. durch Kabelbruch) stehenbleibt und es zu einer Überhitzung kommt.

Zu bemerken ist schließlich, dass die LCD-Anzeige ab 1999 Umdrehungen/Minute (was allerdings nur wenige Lüfter schaffen) die Einerstelle nicht mehr angezeigt wird. Die drei vollständigen 7-Segment-Anzeigen werden dann für Zehner, Hunderter und Tausender genutzt, während ganz links nur ein obenstehender Strich erscheint, der auf diese veränderte Darstellung hinweist.

Weiterhin ist anzumerken, dass die PWM-Lüfter bei einer Rotorblockierung dauerhaft geschützt sind und jeweils nach einigen Sekunden automatisch einen Neustart versuchen. Dieses Feature der Lüfter wird von der PLS 100 zusätzlich unterstützt, indem ein PWM-Signal von 100 % übertragen wird, sobald die ermittelte Rotordrehzahl auf 0 U/Min. abfällt. Geschieht dies, so ertönt ein Alarmsignal und im Display der PLS 100 erscheint „AL.x“. Dieser Alarm ertönt, solange die Drehzahl bei 0 bleibt. Wenn an einem Kanal ein Temperatursensor, aber kein Lüfter angeschlossen ist, so bleibt die Drehzahl ebenfalls auf 0. Der Mikrocontroller ist systembedingt nicht in der Lage festzustellen, ob nur kein Lüfter angeschlossen oder ob dessen Rotor blockiert ist. Möchte man den Alarm abstellen, so kann man ihn für jeden Kanal getrennt abschalten. Dafür muss während des jeweiligen Einzelanzeigemodus (Anzeige: „Fan.x“) die „Hi/Lo-Limits“-Taste gedrückt gehalten werden, bis im Display „AL.x“ und anschließend „Off“ erscheint. In derselben Art und Weise kann man den jeweiligen Alarm auch wieder einschalten. Im Display erscheint dann erst wieder „AL.x“ und danach „On“.

Schaltung

Das Schaltbild der PWM-Lüftersteuerung PLS 100 ist in Abbildung 5 dargestellt.

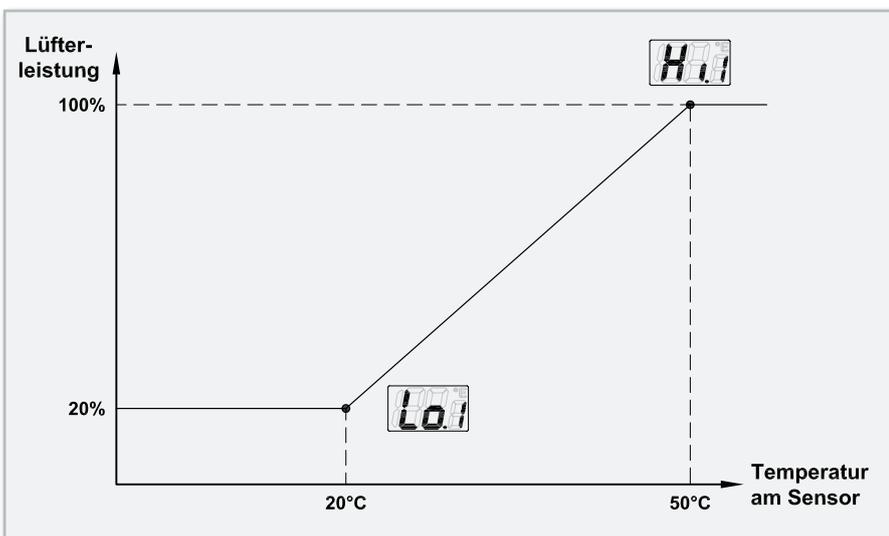


Bild 4: Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Drehzahl mit den einstellbaren Grenzwerten der Zweipunkt-Regelung

Zentrale Komponente ist IC 1, ein ATmega169PV, der einen integrierten LCD-Treiber besitzt und damit für eine direkte Ansteuerung von Displays prädestiniert ist. Der Mikrocontroller wird mit 3,3 V betrieben, die der Festspannungsregler IC 2 direkt aus der 12-V-Eingangsspannung erzeugt. Die Kondensatoren an IC 2 dienen der Unterdrückung von Störungen bzw. zur Spannungsstabilisierung.

Über TS 1, TS 2 und TS 3 können bis zu 3 Temperatursensoren an die PLS 100 angeschlossen werden, die mit jeweils einem A/D-Wandler-Eingang des Mikrocontrollers IC 1 verbunden sind.

Als Sensorelement kommt jeweils ein NTC-Widerstand vom Typ 103AT-2 zum Einsatz. Dieser auch Thermistor genannte Temperatursensor weist einen negativen Temperatur-Koeffizienten auf, d. h. bei steigender Temperatur sinkt sein Widerstandswert. Ein wesentlicher Vorteil dieses Sensors besteht darin, dass für alle Temperaturen im Bereich

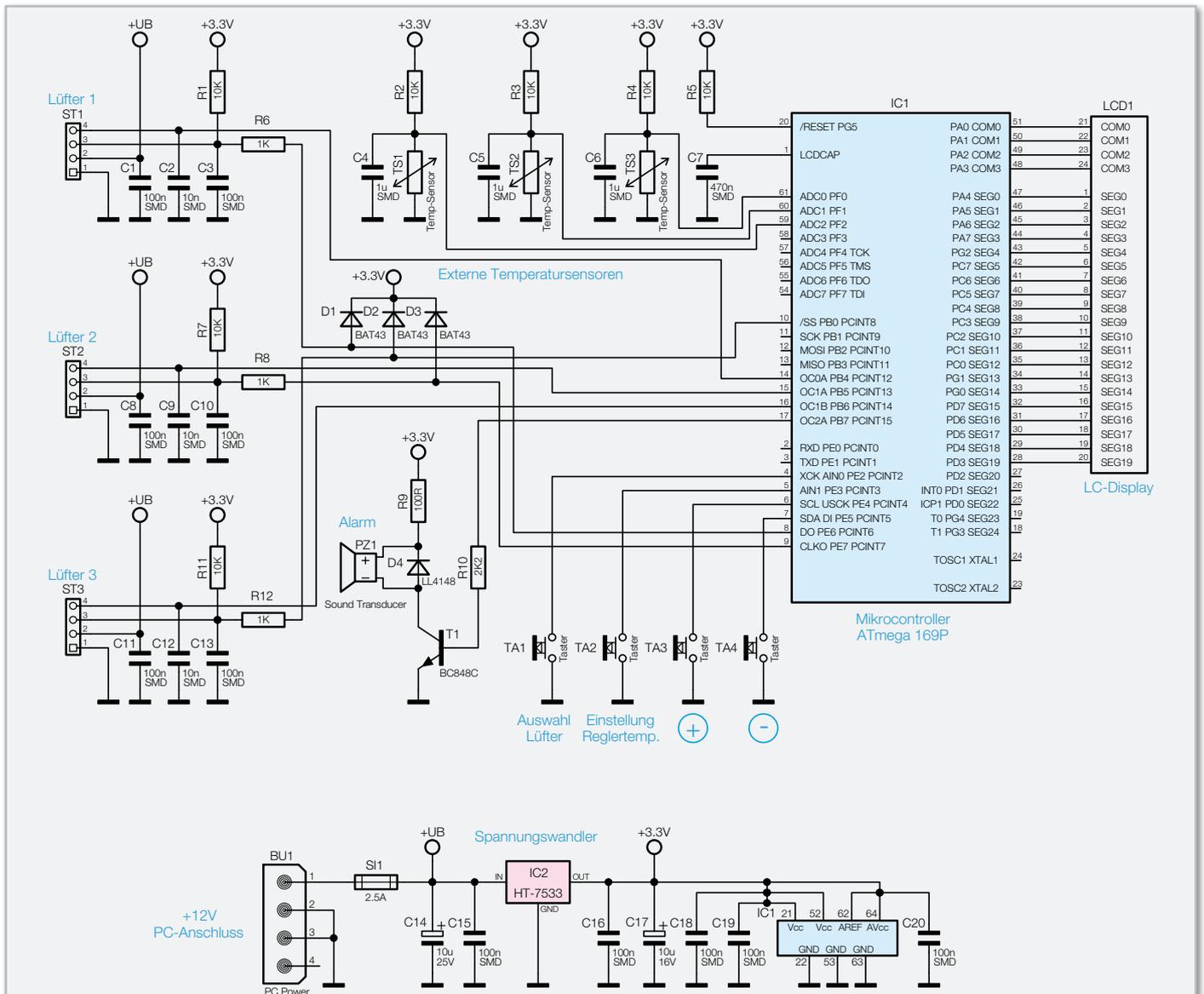


Bild 5: Das Schaltbild der PLS 100

von 0 bis +100 °C die Widerstandswerte des Sensors bekannt sind. Der Mikrocontroller ist somit ganz einfach mit Hilfe des internen A/D-Wandlers in der Lage, den Widerstandswert des Temperatursensors zu ermitteln und ohne Abgleich, anhand einer gespeicherten Tabelle, die zugehörige Temperatur zu errechnen. Bei einer Temperatur von 25 °C nimmt der 103AT-2 einen Widerstandswert von genau 10 kΩ an. Über T 1 ist ein Signalgeber angeschlossen, über den ein Alarmsignal ertönt, wenn er mit einem 2-kHz-Signal angesteuert wird.

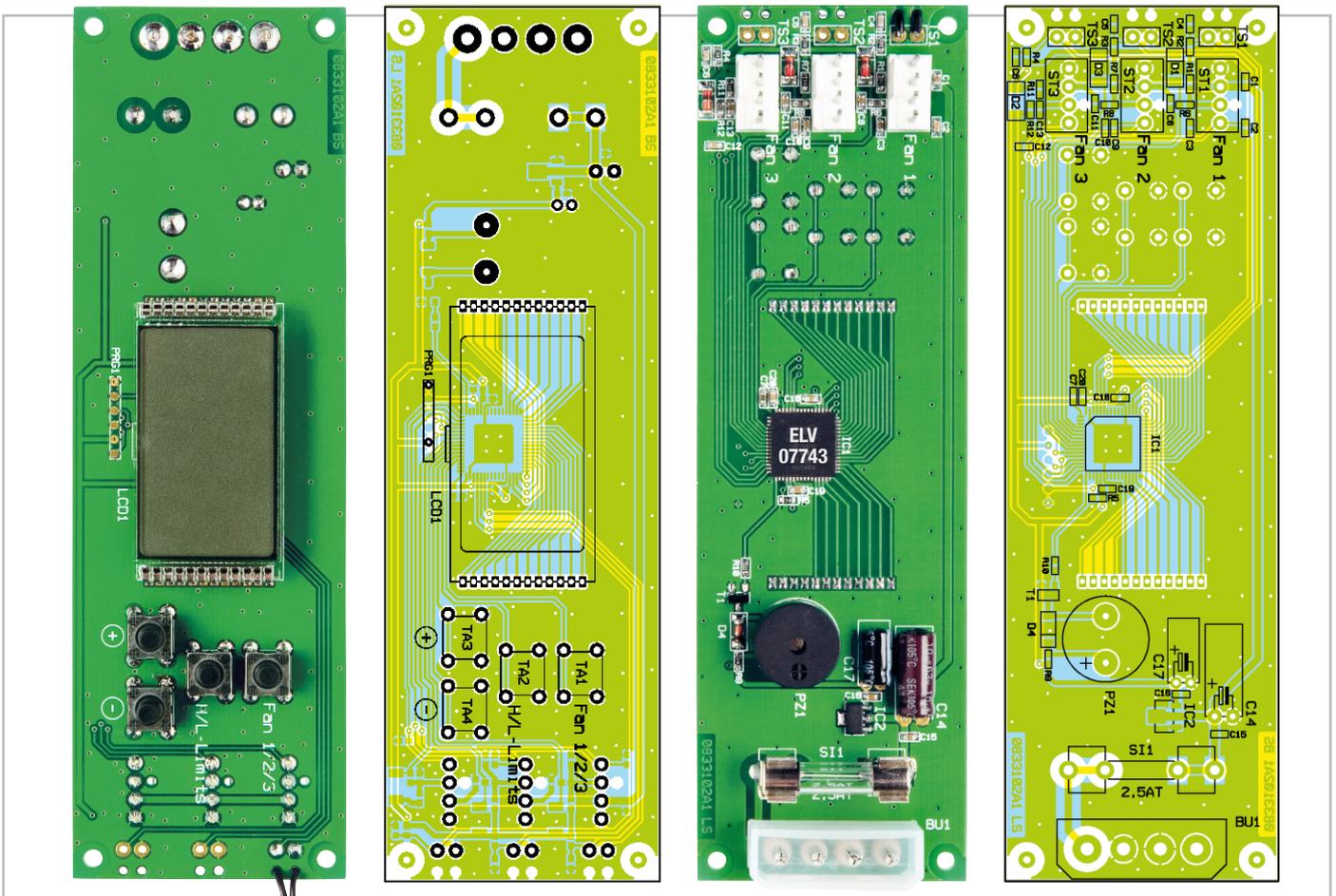
Die drei PWM-Steuerausgänge gehen direkt an die Steckanschlüsse ST 1, ST 2 und ST 3, über die die Lüfter angeschlossen werden. Diese können das 3,3-V-PWM-Signal direkt verarbeiten.

Das Tachosignal, das aus 2 Pulsen pro Rotordrehung besteht, wird vom Lüfter über einen Open-Collector-Ausgang bereitgestellt. Die Pull-up-Widerstände R 1, R 7 und R 11 heben das Signal auf einen 3,3-V-Pegel an. Zulässig wäre es laut der Intel-Spezifikation, wenn direkt im Lüfter ein Pull-up-Widerstand auf die 12-V-Versorgungsspannung geschaltet wäre. Dies wird von den Lüfter-Herstellern aber offenbar nur sehr selten so realisiert. Zur Sicherheit jedoch, um IC 1

auf keinen Fall zu beschädigen, sind die drei Tachosignale über die strombegrenzenden Widerstände R 6, R 8 und R 12 und die Schutzdioden D 1, D 2 und D 3 gegen Spannungen oberhalb von 3,3 V geschützt. Überspannungen werden damit auf maximal 3,7 V begrenzt. Die 2,5-A-Sicherung SI 1 soll das angeschlossene Netzteil bei zu hohen Lasten, Defekten oder Kurzschlüssen schützen. Abschließend wäre zur Schaltung noch zu sagen, dass der Mikrocontroller IC 1 intern ein EEPROM enthält, auf dem alle Nutzereinstellungen ausfallsicher gespeichert bleiben.

Nachbau

Der größte Teil der PLS-100-Elektronik ist mit SMD-Bauteilen realisiert, die bereits werkseitig bestückt sind. Nur noch wenige bedrahtete Bauteile sind von Hand zu bestücken, so dass der praktische Aufbau schnell und einfach vonstatten geht. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdrucks und des Schaltbildes. Die Bauteilanschlüsse werden in die dafür vorgesehenen Bohrungen gesteckt und von der jeweils anderen Seite verlötet.



Ansicht der fertig bestückten Platine der PLS 100 mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Vorderseite, rechts von der Rückseite

Auf die Vorderseite der Platine werden nur die Taster und das LC-Display montiert. Das Display kann je nach Gehäuse bzw. Frontplatte, wie in der Detailansicht in Abbildung 6 gezeigt, auch mit etwas mehr Abstand zur Platine aufgelötet werden. Bei den Elkos (C 14 und C 17) ist unbedingt auf die richtige Polarität zu achten, da falsch gepolte Elkos explodieren können. Der Minuspol der Elkos ist auf deren Gehäuse gekennzeichnet. Auf der Platine ist hingegen die Position des Pluspols durch ein Plus-Zeichen deutlich markiert. Beide Elkos sind, wie im Platinenfoto zu sehen, liegend zu montieren, nachdem ihre Anschlüsse rechtwinklig abgelenkt wurden. Auch beim Transducer-Modul PZ 1 ist auf die richtige Polarität zu achten. Sowohl auf dem Gehäuse als auch auf der Platine sind Pluszeichen aufgebracht.

Die 4-poligen Steckanschlüsse ST 1, ST 2 und ST 3 sind durch kleine Kunststoffnasen verpolungssicher ausgeführt. Die Temperatursensoren (einer liegt dem Bausatz bei) haben keine bestimmte Polung und sollten, wie in der Abbildung 7 gezeigt, zugsicher montiert werden, indem man die Anschlusskabel als Zugentlastung einmal durch die Platine führt.



Bild 6: Die Einbauhöhe des Displays kann je nach Einbautort leicht variieren.

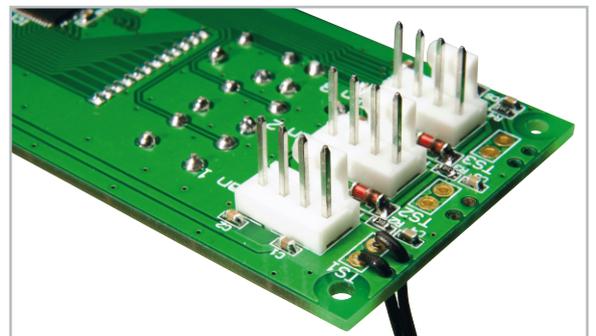
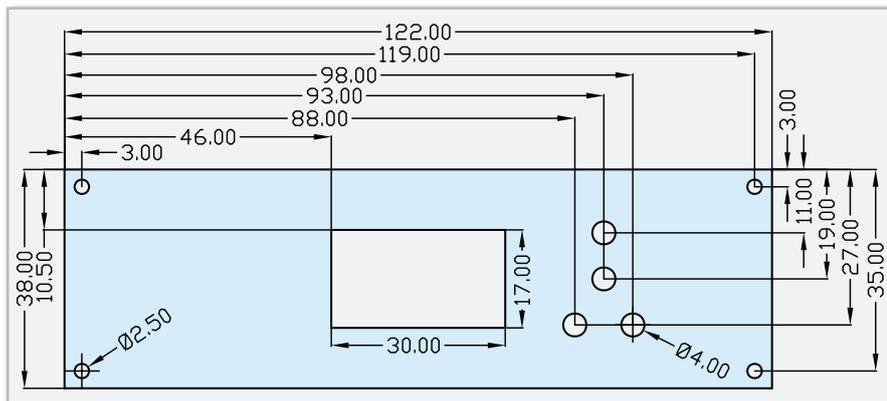


Bild 7: Befestigung der Temperatursensorkabel durch die Zugentlastungsbohrungen



Bild 8: Die Integration der PLS 100 in eine freie PC-Laufwerksabdeckung



Best.-Nr.: 82-370-75

Bild 10: Neben dem mitgelieferten sind bis zu zwei weitere NTC-Fühler des Typs 103AT-2 an die Reglerplatine anschließbar.

Bild 9: Maß-Skizze für eine Frontplatte bzw. den Einbau der PLS 100



Bild 11: Solche PWM-Lüfter sind beispielsweise an der Lüftersteuerung PLS 100 zu betreiben.

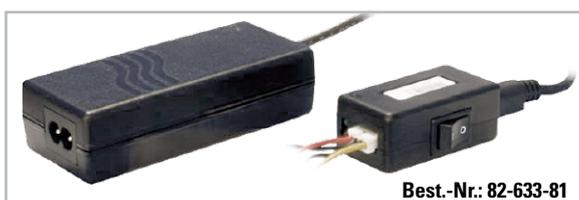
Installation

Einbau des PLS 100

Die Platine muss berührungssicher in ein Gehäuse eingebaut oder hinter eine freie 5¼-Zoll-Laufwerksabdeckung des PCs montiert werden. Ein Anwendungsbeispiel ist in Abbildung 8 zu sehen. Das Gehäuse oder eine PC-Laufwerksabdeckung kann nach der Skizze in Abbildung 9 bearbeitet werden. Hier sind alle Bohrungen für die Montage und die Taster und die Aussparung für das Display eingezeichnet. Wenn die Schrauben auf der Frontplatte stören, der kann stattdessen Gewindebuchsen von hinten an die Frontplatte kleben und die Platine von hinten anschrauben.

Anschluss des PLS 100

Je nach Anwendungsfall (also je nachdem, wo der Temperatursensor platziert werden soll) sollte die 3 Meter lange Anschlussleitung des Temperatursensors so weit wie möglich gekürzt und an die Platine (Lötkontakte TS 1/2/3) angelötet werden. Neben dem mitgelieferten sind maximal zwei weitere Temperatursensoren (Abbildung 10) anschließbar.



Best.-Nr.: 82-633-81

Bild 12: Alternativ zum internen PC-Netzteil ist die PLS 100 auch über solch ein Stand-alone-Netzteil, das über passende Adapter verfügt, betreibbar.

Anschließend werden die PWM-Lüfter (Abbildung 11) an die zum Temperatursensor zugehörige Buchse (Fan 1/2/3) angeschlossen.

Zuletzt ist die Platine an ein freies Spannungsversorgungskabel (4-poliger 5¼-Zoll-Floppy-Stecker) des PC-Netzteils anzuschließen. Optional kann man auch ein Stand-alone-Netzteil mit dem passenden 4-poligen Anschlussstecker einsetzen, wie es als Beispiel mit passendem Adapterkabelsatz in Abbildung 12 zu sehen ist. Wichtig ist, bei der Wahl des Netzteils die Höhe der Versorgungsspannung von $12 \text{ V}_{\text{DC}} \pm 5\%$ einzuhalten, damit die Lüfter korrekt funktionieren und nicht beschädigt werden. Hier kommt also nur ein stabilisiertes Netzteil infrage. **ELV**

Stückliste: PWM-Lüftersteuerung PLS 100

Widerstände:

100 Ω /SMD/0603	R9
1 k Ω /SMD/0603	R6, R8, R12
2,2 k Ω /SMD/0603	R10
10 k Ω /SMD/0603	R1–R5, R7, R11

Kondensatoren:

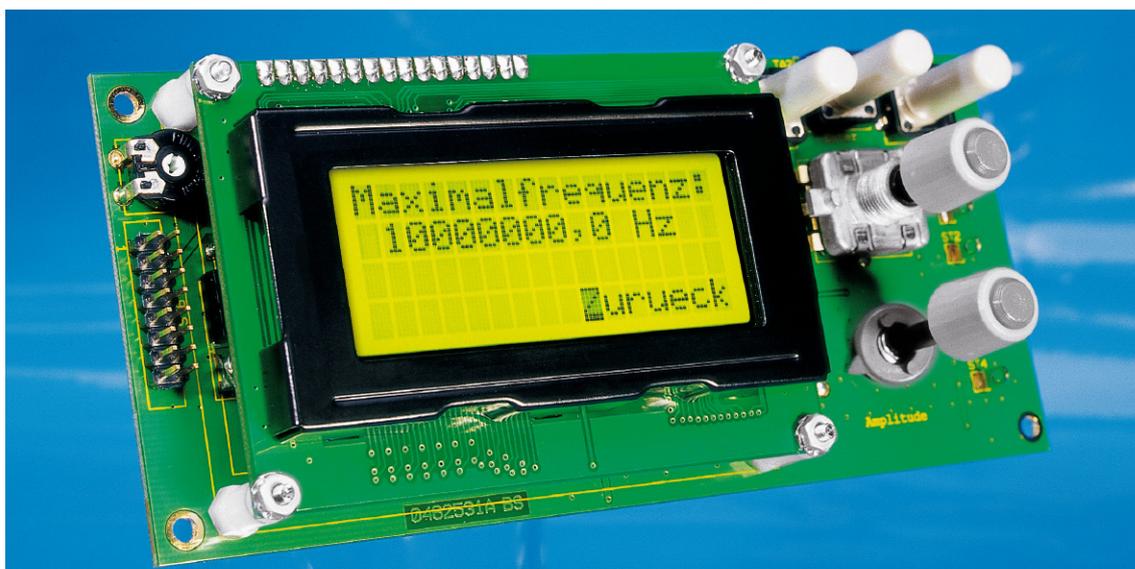
10 nF/SMD/0603	C2, C9, C12
100 nF/SMD/0603	C1, C3, C8, C10, C11, C13, C15, C16, C18–C20
470 nF/SMD/0603	C7
1 μ F/SMD/0603	C4–C6
10 μ F/16 V	C17
10 μ F/25 V	C14

Halbleiter:

ELV07743/SMD	IC1
HT7533/SMD	IC2
BC848C	T1
BAT43/SMD	D1–D3
LL4148	D4
LC-Display, 3,5-stellig, print	LCD1

Sonstiges:

Steckverbinder, 4-polig, stehend, print	BU1
PC-Lüfter-Stiftleiste, 1 x 4-polig, stehend, print	ST1–ST3
Temperatursensor mit Anschlussleitung, 103AT-11	TS1
Mini-Drucktaster, 1 x ein, 6 mm Tastknopflänge	TA1–TA4
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Sicherung, 2,5 A, träge	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	SI1



Software-Schnittstelle der Funktionsgeneratoren DDS 10/DDS 110

Mit der Veröffentlichung und Beschreibung der Übertragungsprotokolle der beliebten DDS-Funktionsgeneratoren DDS 10/DDS 110 wird es dem ambitionierten Hobbyprogrammierer ermöglicht, ein eigenes Software-Interface zu programmieren. Dadurch ist es möglich, die Signalgeneratoren über ein simples Konsolenfenster oder über eine an die jeweiligen Bedürfnisse angepasste grafische Programmoberfläche zu bedienen.

Vielseitige DDS-Generatoren

Die beiden programmierbaren DDS-Funktionsgeneratoren DDS 10/DDS 110 sind sehr universell im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 MHz einsetzbar. Sie verfügen nicht nur über feine Einstellschritte von 0,1 Hz, eine Wobbel- und Modulationsfunktion und geben Sinus-, Rechteck- und Dreieckssignale ab, sie sind auch vielseitig für die Frequenzaufbereitung, z. B. von PLL-Synthesizern oder KW-Empfängern, einsetzbar.

Beide laufen zur Höchstform auf, wenn die zahlreichen vorhandenen Möglichkeiten der Programmierung und Steuerung durch einen PC genutzt werden. Ein kostenloses Programm hierzu ist im ELV-Internet-Angebot bereits verfügbar. Natürlich liegt es, z. B. im Amateurfunk- und Messtechnik-Bereich, nahe, dass der ambitionierte Nutzer seine eigenen Programm-Applikationen an diese interessanten und vielseitigen Funktionsgeneratoren „anbinden“ möchte.

Genau dies soll durch die Veröffentlichung der Software-Schnittstelle möglich gemacht werden. Der folgende Artikel gibt dem Programmierer alle Werkzeuge für die Steuerung der beliebten Funktionsgeneratoren über eine Software-Schnittstelle in die Hand.

Verbindung mit dem Computer

Um eine Datenverbindung zu dem PC herzustellen, muss eine Hardware-Schnittstelle vorhanden sein, worüber die Kommu-

nikation stattfinden kann. Hier gehen die beiden DDS-Boards unterschiedliche Wege.

Das PC-Interface (Schnittstelle)

Das DDS-10-Board ist als Stand-alone-Gerät mit eigenem Display und vollständigen Bedienelementen konzipiert und kann so auch autark arbeiten. Es verfügt über eine serielle UART-Schnittstelle des zentralen Mikrocontrollers. Zur Anbindung an einen PC benötigt dieses Gerät einen zusätzlichen Schnittstellenwandler, um die UART-Schnittstelle des Mikrocontrollers für den Computer nutzbar zu machen. Dabei wird entweder der reelle COM-Port des Computers verwendet oder über USB ein virtueller COM-Port eingesetzt. Welche Schnittstellenwandler genutzt werden können und wie diese anzuschließen sind, ist in der Bedienungsanleitung der DDS-10-PC-Software nachzulesen.

Das ELV-Programm hält dazu zwei geeignete USB-Module sowie ein RS232-Modul bereit.

Die Datenübertragung beim DDS 10 erfolgt mit einer Datenübertragungsrate von 9600 Bit/s mit 8 Datenbits, 2 Stoppbits und gerader Parität. Nur mit diesen Einstellungen ist die Kommunikation möglich.

Der Funktionsgenerator DDS 110 hingegen verfügt bereits über einen USB-zu-UART-Schnittstellenwandler der Firma Silicon Laboratories auf der Platine. Durch diesen Baustein kann der Computer über die USB-Schnittstelle direkt mit dem DDS 110

Tabelle 1: Protokollrahmen des DDS 10

Anzahl Bytes	Beschreibung
1	Startzeichen
n	Nutzdaten
1	Stoppszeichen

Beispiel Protokollrahmen DDS 10:

In diesem Beispiel wird an den DDS 10 der Befehl zum Setzen der Signalform Rechteck gesendet.

```

0x02  0x73  0x05  0x82  0x03
|      |      |      |      |
|      |      |      |      |
|      |      |      |      |      Stoppszeichen
|      |      |      |      |      codierter Parameter (0x02 → Rechteck)
|      |      |      |      |      Befehl (,s')
Startzeichen

```

kommunizieren, dazu ist nur der beigegefügte Treiber zu installieren. Es wird keine zusätzliche Hardware benötigt.

Beispielprogramm

Um den Einstieg zur Programmierung eines eigenen Software-Interfaces für den DDS 110 zu erleichtern, wird auf der Produktseite des DDS 110 der Quellcode eines kleinen Konsolenprogramms angeboten. Zusätzlich sind alle notwendigen Datenblätter und Dateien zur Verwendung des USB-zu-UART-Schnittstellenwandlers CP2102 von Silicon Laboratories zusammengefasst. Der DDS 110 überträgt seine Daten mit einer Datenrate von 76.800 Bit/s, 8 Datenbits, 1 Stoppsbit und keiner Parität. Diese Einstellungen sind dann im eigenen Programmcode vorzunehmen.

Protokollrahmen

Kommen wir damit zur eigentlichen Protokollbeschreibung. Jeder gesendete Befehl und die dazugehörige Antwort wird in einem definierten Protokollrahmen übertragen. Innerhalb dieses Rahmens werden die eigentlichen Nutzdaten übertragen. Der Aufbau dieser Protokollrahmen ist in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Wie aus den Tabellen zu erkennen ist, sind die Protokollrahmen der beiden DDS-Boards unterschiedlich aufgebaut. Beim DDS 10 wird ein Datenpaket mit dem Startzeichen „STX“ (0x02) eingeleitet und mit dem Stoppszeichen „ETX“ (0x03) beendet. Die Zeichen stammen aus dem ASCII-Zeichensatz.

Diese Start- und Stoppszeichen dürfen innerhalb der Nutzdaten nicht wieder vorkommen, da das Datenpaket in diesem Fall nicht korrekt ausgewertet werden kann. Falls entsprechende Zeichen in den Nutzdaten vorhanden sind, müssen diese umcodiert werden. Dazu wird das ASCII-Steuerzeichen „ENQ“ (0x05) verwendet und nach dem Schema in Abbildung 1

```

<STX> → <ENQ><0x82>
<ETX> → <ENQ><0x83>
<ENQ> → <ENQ><0x85>

```

Bild 1: Codierungsanweisung von Steuerzeichen beim DDS 10**Tabelle 2: Protokollrahmen des DDS 110**

Anzahl Bytes	Beschreibung
1	Startzeichen
1	Paketnummer (ist immer NULL)
2	Länge der Nutzdaten
n	Nutzdaten
2	CRC16-Checksumme

Beispiel Protokollrahmen DDS 110:

In diesem Beispiel wird an den DDS 110 der Befehl zum Setzen der Signalform Rechteck gesendet.

```

0x02  0x00  0x02  0x00  0x73  0x10  0x82  0xFE  0xF7
|      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      |      |      |      Checksumme
|      |      |      |      |      |      |      |      codierter Parameter
|      |      |      |      |      |      |      |      (0x02 → Rechteck)
|      |      |      |      |      |      |      |      Befehl (,s')
|      |      |      |      |      |      |      |      Nutzdatenlänge
|      |      |      |      |      |      |      |      Paketnummer
Startzeichen

```

umgesetzt. Ebenfalls ist in Beispielen zu den Protokollrahmen die Verwendung dieser Codierung zu sehen.

Im Gegensatz zum DDS 10 ist der Protokollrahmen des DDS 110 etwas umfangreicher. Es werden zusätzliche Informationen übertragen, die der Kommunikationssicherheit dienen. Der Protokollrahmen des DDS 110 beginnt wie der des DDS 10 mit dem Startzeichen „STX“. Anschließend wird eine Paketnummer übertragen, diese hat beim DDS 110 jedoch keine Relevanz und besitzt deshalb immer den Wert NULL. Die nachfolgenden 2 Byte enthalten die Länge der nicht codierten Nutzdaten. Dabei wird zuerst das untere und anschließend das obere Byte dieses 16-Bit-Wertes übertragen. Nun folgen die Nutzdaten selbst, auch hier erfolgt wieder eine Umcodierung der Daten. Anders als beim DDS 10 braucht das Stoppszeichen „ETX“ nicht beachtet zu werden, da es der Protokollrahmen des DDS 110 nicht nutzt. Außerdem ist das zur Umcodierung genutzte ASCII-Steuerzeichen hier das „DLE“ (0x10) anstatt des „ENQ“. Abbildung 2 zeigt das Schema der Umcodierung beim DDS 110.

Nach den Nutzdaten folgt zum Abschluss die 2 Byte lange CRC16-Checksumme. Sie wird mit dem Polynom 0x8005 nach dem allgemein bekannten Berechnungsverfahren bestimmt. Die Checksumme wird über alle übertragenen Zeichen gebildet, für die beiden Checksummenbytes selbst wird jeweils eine NULL eingesetzt. Auch hier erfolgt zuerst die Übertragung des unteren und anschließend des oberen Bytes dieses 16-Bit-Wertes.

Befehlsübersicht

Die beiden DDS-Boards verfügen für die Kommunikation mit

```

<STX> → <DLE><0x82>
<DLE> → <DLE><0x90>

```

Bild 2: Codierungsanweisung von Steuerzeichen beim DDS 110

Tabelle 3: Gemeinsame Befehle des DDS 10 und DDS 110

Befehl	Hex-Code	Beschreibung
x	0x78	PC-Verbindung de-/aktivieren
V	0x56	Geräteversion auslesen
f	0x66	Frequenz einstellen
F	0x46	Frequenz auslesen
s	0x73	Signalform einstellen
S	0x53	Signalform auslesen
a	0x61	Sinusfilter schalten
A	0x41	Status des Sinusfilters auslesen
t	0x74	PLL-Teilerfaktor einstellen
T	0x54	PLL-Teilerfaktor auslesen
o	0x6F	PLL-Offset einstellen
O	0x4F	PLL-Offset auslesen
k	0x6B	Kalibrierwert des Oszillators einstellen
K	0x4B	Kalibrierwert des Oszillators auslesen
w	0x77	Wobble-Mode konfigurieren
m	0x6D	Modulations-Mode konfigurieren
e	0x65	Betriebsmodus einstellen
E	0x45	Betriebsmodus auslesen

einem Computer über einen Befehlssatz mit einer Vielzahl von Befehlen. Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht hierzu. In der Tabelle 3 sind zunächst die von DDS 10 und DDS 110 gemeinsam benutzten Befehle dargestellt. Die beiden Tabellen 4 und 5 zeigen hingegen Befehle, die speziell zu einem der DDS-Boards gehören.

Beschreibung der Befehle

Nachdem wir uns eine generelle Übersicht über die verfügbaren Befehle verschafft haben, sollen diese in der Folge genauer erläutert werden. Dazu ist es notwendig, die Grundlagen der Kommunikation zwischen PC und DDS-Board zu verstehen. Neben dem Protokollrahmen sind auch die Nutzdaten von gesendeten Befehlen und deren Antworten klar strukturiert.

Aufbau eines Befehls

Im ersten Byte der Nutzdaten ist das Befehlswort enthalten, im Anschluss folgen die Parameter.

<Befehl><Parameter 1>...<Parameter n>

Tabelle 5: Spezielle Befehle des DDS 110

Befehl	Hex-Code	Beschreibung
p	0x70	Aktuelle Konfiguration programmieren
P	0x50	Aktuelle Konfiguration auslesen
c	0x43	Minimal-/Maximalfrequenz einstellen
z	0x7A	Frequenzschrittweite einstellen
Z	0x5A	Frequenzschrittweite auslesen
g	0x67	Kalibrierte Amplitude einstellen
d	0x64	Amplitude digital einstellen
q	0x71	Amplitude kalibrieren
r	0x72	Reset auf Werkseinstellungen

Tabelle 4: Spezielle Befehle des DDS 10

Befehl	Hex-Code	Beschreibung
B	0x42	PC-Verbindung manuell beendet
p	0x70	Speicherplatz programmieren
P	0x50	Speicherplatz auslesen

Einige Befehle benötigen keine Parameterangabe, bei diesen Befehlen bestehen die Nutzdaten nur aus dem Befehlswort.

Aufbau einer Antwort

Nachdem ein Befehl zum DDS-Board gesendet wurde, erwartet der PC eine Antwort auf den Befehl. Das erste Byte der Nutzdaten enthält das zuvor gesendete Befehlswort, damit ist eindeutig zu erkennen, worauf geantwortet wird. Nach dem Befehlswort werden die Antwortparameter übertragen:

<Befehl><Antwort 1>...<Antwort n>

Neben den Antworten, die konkrete Werte wie die aktuelle Frequenz zurückgeben, gibt es auch allgemeine Antworten. Diese werden eingesetzt, um einfache Befehle zu bestätigen oder einen Fehler zu zeigen. Hierfür werden zwei ASCII-Steuerzeichen eingesetzt. Mit dem Zeichen „ACK“ (0x06) werden positive Quittierungen bestätigt. Das Zeichen „NAK“ (0x15) weist auf einen Fehler hin, dies kann durch einen unbekanntem Befehl oder durch ungültige Parameter verursacht werden. Bei Parametern und Antworten, die einen 16-Bit- bzw. 32-Bit-Wert benötigen, wird zuerst das oberste und dann die nachfolgenden Bytes übertragen, wie es im nachfolgenden Beispiel zu sehen ist.

Beispiel: Setzen einer Frequenz beim DDS 10:

In diesem Beispiel wird an den DDS 10 der Befehl zum Setzen der Frequenz auf 50 kHz gesendet.

0x02	0x66	0x00	0x07	0xA1	0x20	0x03
						Stopp-
		Parameter (50.000,0 Hz)				zeichen
	Befehl (,f')					
Startzeichen						

Eine detaillierte Übersicht der Befehle und der zu erwartenden Antworten ist in der Befehlstabelle dargestellt, die Sie auf der Produktseite einsehen können. **ELV**

Internet:

Herstellerseite des USB-zu-UART-Schnittstellenwandlers CP2102: <http://www.silabs.com>

Produktseite des DDS 10: <http://www.elv.de/output/controller.aspx?cid=74&detail=10&detail2=10617>

Produktseite des DDS 110: <http://www.elv.de/output/controller.aspx?cid=74&detail=10&detail2=16755>

PC-Funk-Hauszentrale FHZ 1300

Steuert, regelt, schaltet, signalisiert, warnt...



JETZT ALS SCHNELL-BAUSATZ

Das PC-Funk-Interface FHZ 1300 PC WLAN ermöglicht die Anbindung aller Systembestandteile der ELV-Funk-Haussteuersysteme an eine PC-basierte Haussteuerung über WLAN. Mit der FHZ 1300 PC WLAN wird die perfekte Verbindung zwischen den Komponenten des Funk-Haussteuersystems, dem Gefahrenmeldesystem und der ELV-Wetter-sensorik hergestellt.

Allgemeines

Mit der FHZ 1300 PC WLAN ist eine besonders komfortable und intelligente Haussteuerung mit Hilfe eines PCs möglich – und das nahezu von jedem Ort der Welt. Einfach per E-Mail-Befehl vor der Rückkehr aus dem Urlaub die Heizung hochfahren – mit der FHZ 1300 PC WLAN kein Problem. Bei außergewöhnlichen Ereignissen kann man sich (z. B. im Büro) warnen lassen. Dank Einbindung kompletter Wetterdaten geht das Heizen und Klimatisieren noch energieeffizienter, da eine wetterabhängige Steuerung weniger Energie verbraucht.

Das PC-Funk-Interface enthält neben der WLAN-Verbindung zum PC je einen Sender und Empfänger, die die Signale von und zu den Komponenten (Schaltsteckdose, Dimmer, Fernbedienungen usw.) übertragen bzw. von diesen empfangen. Aufgrund der hohen Reichweite (bis zu 100 m Freifeld) ist auch das Fernschalten bzw. der Signalempfang auf größere Entfernungen möglich.

Das Interface unterstützt die Komponenten der Systeme FS20 (Funk-Schaltsystem), HMS 100 (Haus-Meldesystem) und FHT-Funk-Heizungsthermostat sowie den Wetter-Kombi-Sensor KS 300. Die zum Lieferumfang gehörende PC-Software unterstützt diese Komponenten.

Es besteht durchaus auch die Möglichkeit, größere Gebäude mit den bewährten FS20-Funkmodulen auszustatten. Die Schnittstellen der FHZ 1300 PC WLAN sind dabei Clients im WLAN-Netzwerk.

Bei dem zu nutzenden PC bestehen keine hohen Systemanforderungen, es müssen lediglich das Betriebssystem MS Windows 98 SE/Me/2000/XP, eine WLAN-Schnittstelle und 25 MB freier Festplattenspeicher vorhanden sein.

Schaltung

In Abbildung 1 ist die Schaltung der FHZ 1300 PC WLAN dargestellt, wobei sich der Schaltungsaufwand in Grenzen hält. Wesentlicher Aufwand steckt in dem WLAN-Modul (WLM 1), das als fertiges Modul geliefert wird und zur Aufnahme einer CF-WLAN-Karte (Compact-Flash) dient. Treiber, TCP/IP, Web-Server und E-Mail-Programm sind im Modul fertig integriert.

Technische Daten: FHZ 1300 PC WLAN

Sende-/Empfangsfrequenz:	868 MHz
Modulation:	AM
Reichweite:	bis zu 100 m (Freifeld)
Schnittstelle:	für WLAN-Modul mit CF-Port
Spannungsversorgung:	6 Vdc
Stromaufnahme:	max. 350 mA
Abmessungen (B x H x T):	142 x 23 x 57 mm

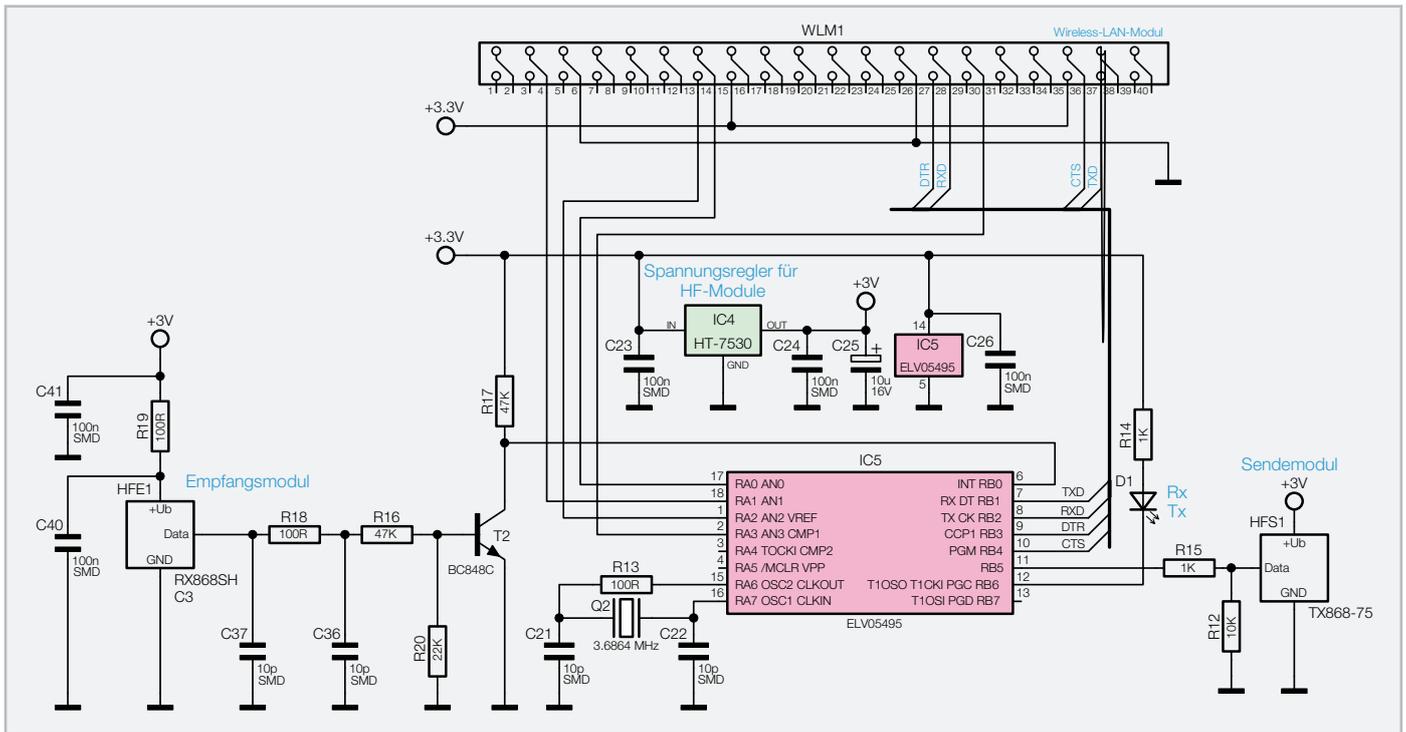


Bild 1: Schaltung der FHZ 1300 PC WLAN

Über eine serielle Schnittstelle kommuniziert das WLAN-Modul mit dem PIC-Controller IC 5.

Das Modul arbeitet nach den WLAN-Standards IEEE802.11b und IEEE802.11g (11 MBit/54 MBit). Es werden die Verschlüsselungen WPA (PSA) und WEP (128 Bit) unterstützt. Die Datenübertragung erfolgt „transparent“, d. h. die an der Modulschnittstelle zugeführten Daten werden 1:1 über das WLAN weitergeleitet. Umgekehrt gelangen die Daten, die über das WLAN an das Modul geschickt werden, ohne Veränderung zur Modulschnittstelle und somit zum Mikrocontroller IC 5. Über insgesamt 8 Leitungen ist das WLAN-Modul mit dem Controller IC 5 verbunden. Zur Spannungsversorgung des WLAN-Moduls WLM 1 dient eine Gleichspannung von 3,3 V. Der Mikrocontroller IC 5 steuert die im 868-MHz-ISM-Band arbeitenden Sende- und Empfangsmodule. Die über WLAN empfangenen Befehle der Funk-Haussteuerung, des FS20-Systems, der Funk-Heizungsregelung oder des Funk-Gefahrenmeldesystems werden an Pin 11 des Mikrocontrollers ausgegeben und gelangen über den Spannungsteiler R 15, R 12 zum HF-Sendemodul HFS 1.

Der 868-MHz-HF-Empfänger HFE 1 empfängt die Daten, die z. B. vom Funk-Haussteuerungs-System gesendet werden. Diese Informationen gelangen über den Transistor T 2 auf Pin 6 des Mikrocontrollers. Die Komponenten C 36, C 37 und R 18 dienen dabei zur Störunterdrückung. Der Controller setzt die Informationen in das erforderliche Format für das WLAN-Modul

um. Diese Daten gelangen dann über WLAN zum PC.

Der Taktoszillator des Mikrocontrollers ist an Pin 15 und Pin 16 mit dem Quarz Q 2, den Kondensatoren C 21, C 22 und dem Widerstand R 13 beschaltet.

Die über das Funkmodul empfangenen bzw. ausgesendeten Daten werden mit Hilfe der Status-LED D 1 angezeigt. Der Spannungsregler IC 4 versorgt die HF-Module mit +3 V. C 25 verhindert dabei Schwingneigungen am Ausgang des Spannungsreglers, und die Kondensatoren C 23, C 24 und C 26 verhindern hochfrequente Störeinflüsse. Am Empfangsmodul dienen die Komponenten R 19, C 40 und C 41 zur HF-Unterdrückung.

In Abbildung 2 ist die recht einfache Spannungsversorgung der FHZ 1300 PC WLAN zu sehen. Zum Betrieb des Gerätes ist eine Gleichspannung zwischen 4,5 V und 6 V erforderlich, die an die DC-Buchse BU 1 zugeführt wird. Über die Sicherung SI 1 und die zur HF-Unterdrückung dienende Spule L 1 gelangt die Spannung auf den Eingang des Spannungsreglers IC 7. Der Regler liefert dann ausgangsseitig stabilisiert 3,3 V. Die Elkos C 34 und C 35 dienen zur Pufferung und die Keramik-Kondensatoren im Netzteil verhindern hochfrequente Störeinflüsse.

Bei Verpolung der Eingangsspannung verhindert die Diode D 2 größere Schäden. Allerdings ist zu beachten, dass es bei verpolter Betriebsspannung zum Ansprechen der Sicherung SI 1 kommt. Diese ist dann auszutauschen.

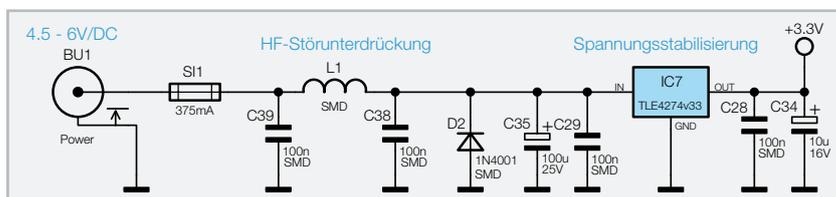


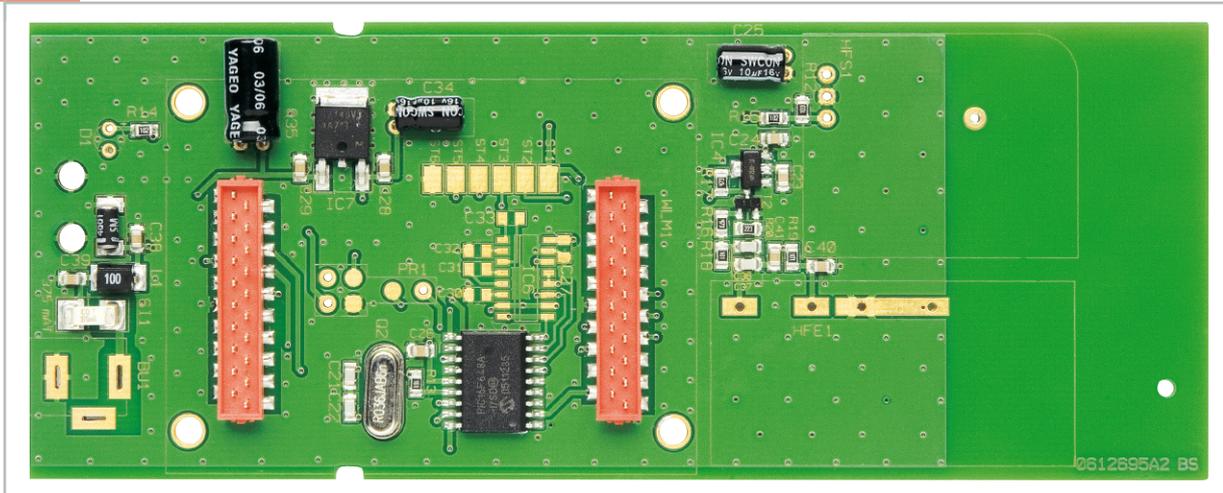
Bild 2: Spannungsversorgung der FHZ 1300 PC WLAN

Nachbau

Beim Bausatz der FHZ 1300 PC WLAN handelt es sich um einen ARR-Bausatz, bei dem alle wesentlichen Komponenten bereits werkseitig vorbestückt sind. Entsprechend einfach

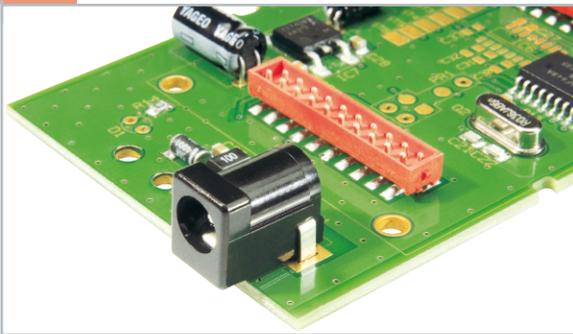
und schnell erledigt ist daher auch der praktische Aufbau. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die wenigen erforderlichen Schritte zum funktionsfähigen Gerät. Abgesehen von wenigen konventionellen Bauteilen sind nur noch die Funk-Sende- und -Empfangsmodule und das WLAN-Modul zu bestücken.

1



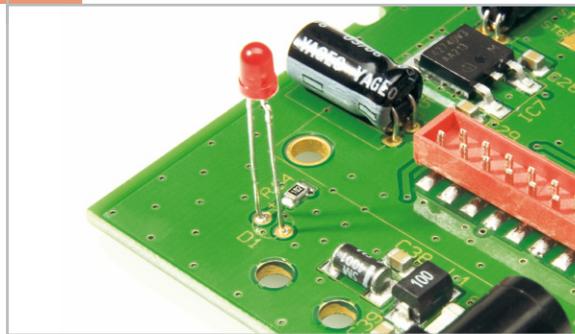
Basisplatine der FHZ 1300 PC WLAN im Auslieferungszustand. Sämtliche Bauteile der Leiterplatte befinden sich an der Platinenoberseite, an der Platinenunterseite erfolgt keine Bestückung.

2



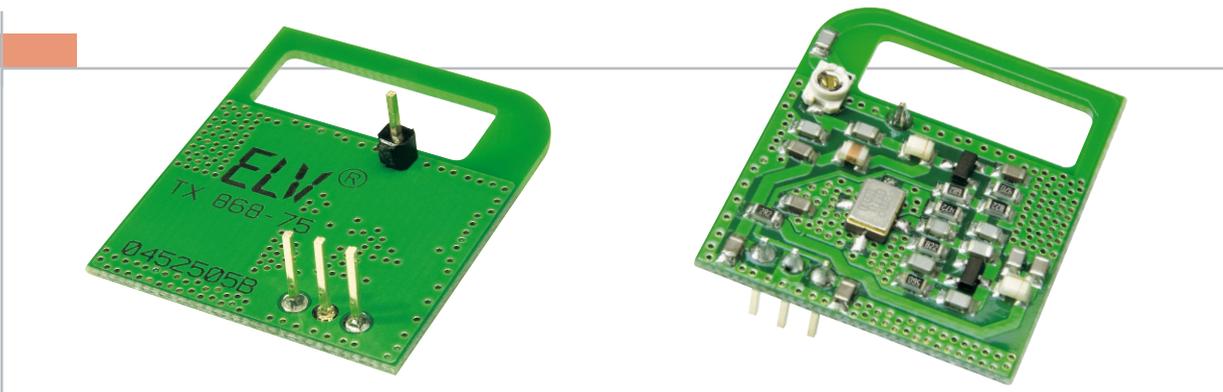
Beim Einlöten der DC-Buchse ist darauf zu achten, dass das Bauteil plan auf der Platinenoberfläche aufliegt.

3



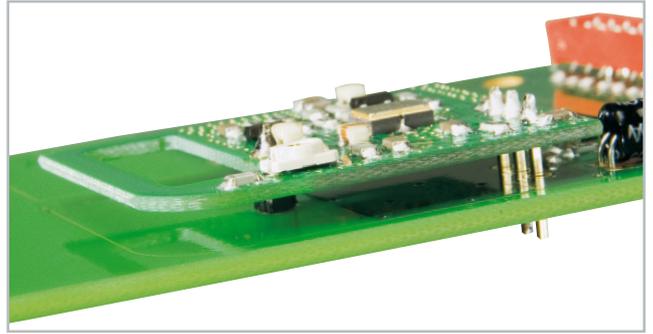
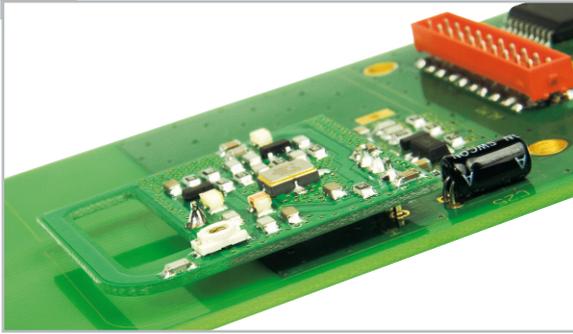
Die Leuchtdiode D 1 benötigt einen Leiterplattenabstand von 19 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche. Beim Einlöten ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten. Am Bauteil ist die Anode durch einen längeren Anschluss und im Bestückungsdruck ist die Anodenseite mit einem „+“ gekennzeichnet.

4



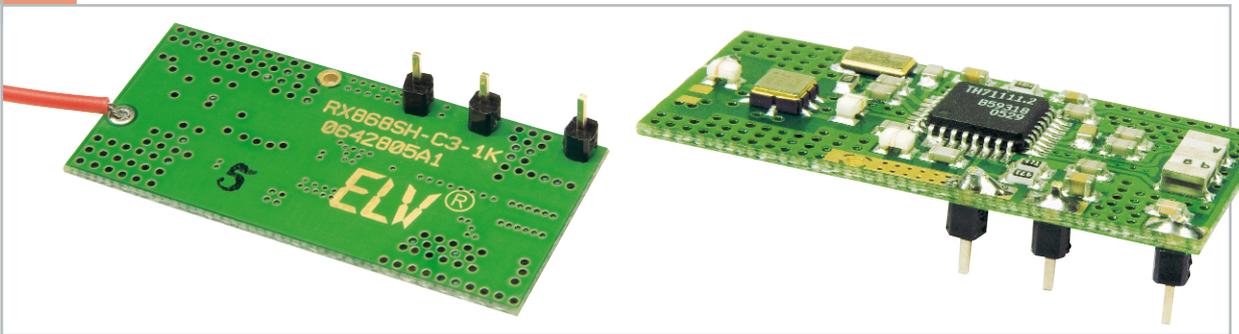
Das abgebildete HF-Sendemodul ist bereits werkseitig mit 3 Lötstiften ausgestattet. Zur mechanischen Stabilisierung auf der Leiterplatte ist noch ein vierter Lötstift wie abgebildet zu bestücken.

5



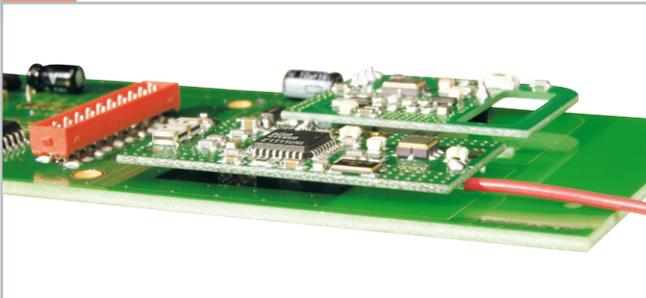
Das Sendemodul wird mit einem Abstand von 3 bis 4 mm zwischen der Sendeplatine und der Basisplatte eingelötet. Nach dem Einlöten muss das Modul parallel zur Basisplatte liegen. Die überstehenden Drahtenden werden an der Platinenunterseite direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

6



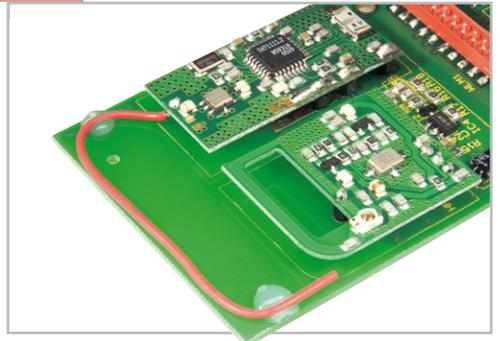
Beim 868-MHz-HF-Empfangsmodul sind drei Lötstifte erforderlich und wie abgebildet anzulöten.

7



Das Empfangsmodul wird in der gleichen Weise wie das Sendemodul mit 3 bis 4 mm Abstand auf die Basisplatte gelötet. Auch hier sind an der Platinenunterseite die überstehenden Drahtenden abzuschneiden.

8



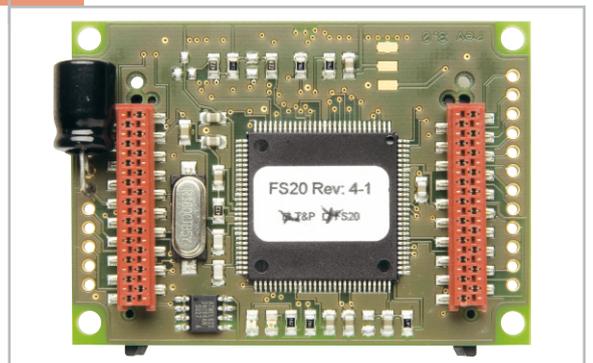
Die Antenne des Empfangsmoduls ist wie abgebildet mit ein paar Tropfen Klebstoff auf die Basisplatte zu kleben.

9



Das WLAN-Modul hat an der Oberseite einen Steckplatz zur Aufnahme einer Compact-Flash-WLAN-Karte (CF).

10



Die Abbildung zeigt das WLAN-Modul von der Platinenunterseite. Zentrales Bauelement ist ein sehr komplexer Controller mit insgesamt 112 Anschlüssen.

11



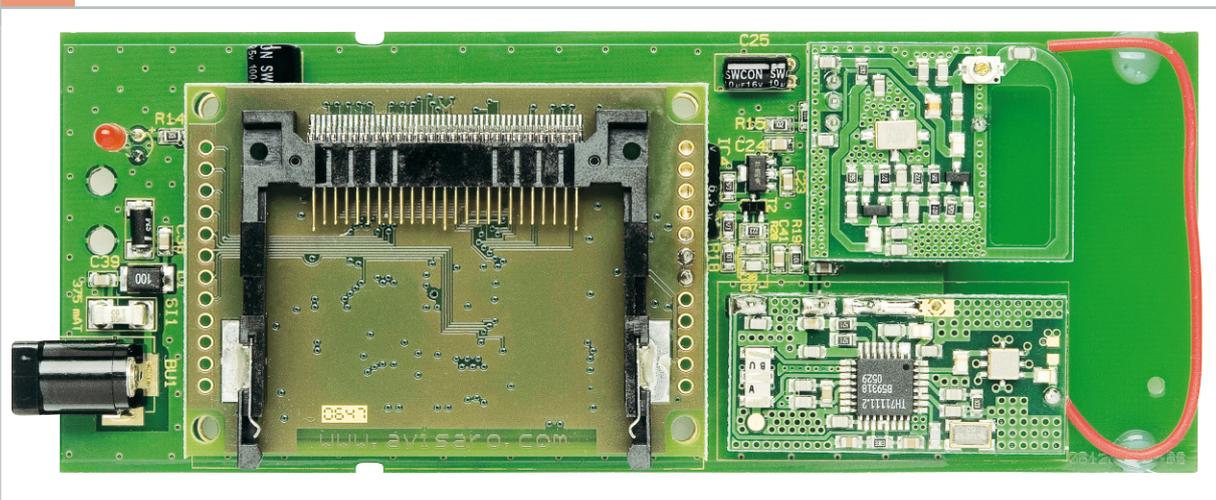
Das steckbare WLAN-Modul ist wie abgebildet auf die Basisplatte zu stecken.

Stückliste:

FHZ 1300 PC WLAN

1 Hauptplatine, vorbestückt	
LED, 3 mm, Rot, low current	D1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
WLAN-Compact-Flash-Trägermodul, print	WLM1
Sendemodul TX868-75, 868 MHz	HFS1
Empfangsmodul RX868SH-C3-1K mit flexibler Antenne	HFE1
4 Stiftleisten, 1 x 1-polig, gerade, print	
1 Gehäuse, komplett, Lichtgrau, seidenmatt, bearbeitet und bedruckt	
1 CD Software FHZ1300PC	

12



Komplett bestückte Leiterplatte des FHZ 1300 PC WLAN

13



Die fertig aufgebaute Leiterplatte wird wie abgebildet in das Gehäuseoberteil eingesetzt, und im letzten Arbeitsschritt ist das Gehäuse durch Aufschieben des Gehäuseunterteils zu verschließen.

Im nächsten Teil des Artikels werden die Inbetriebnahme und die Bedienung der Haussteuerung FHZ 1300 PC WLAN beschrieben. **ELV**

14

Ansicht der FHZ 1300 PC WLAN ohne WLAN-Karte (CF)



Einführung in die digitale Signalverarbeitung

Teil 8

Die z-Transformation als diskrete Variante der Laplace-Transformation ist ein mächtiges Werkzeug zur Analyse und zum Verständnis eines Abtast-LTI-Systems. Sie stellt den Zusammenhang zwischen seiner Differenzgleichung im Zeitbereich und der korrespondierenden Übertragungsfunktion im Frequenzbereich her.

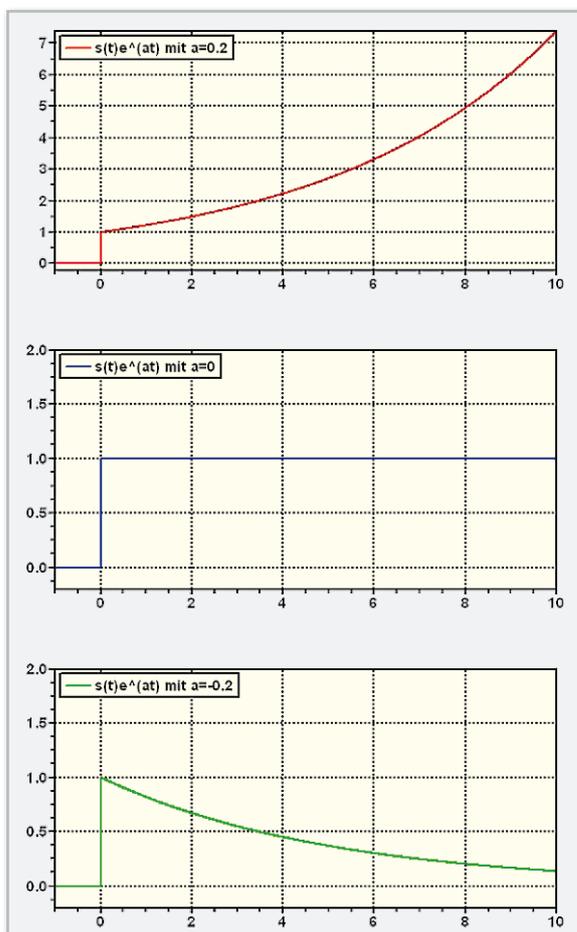


Bild 67: Die Funktion e^{at} klingt mit dem Dämpfungsfaktor $a > 0$ an, ist für $a = 0$ konstant und klingt für $a < 0$ ab.

Die z-Transformation

Zur Analyse digitaler Signale und Systeme (Abtastsysteme) im Frequenzbereich hat sich die z-Transformation bewährt. Vor ihrer Einführung wollen wir noch einmal einen Rückblick auf die Verhältnisse im analogen kontinuierlichen Frequenzbereich werfen. Gleichung (18) definierte die allgemeine Fouriertransformation eines beliebigen Zeitereignisses. Nun nehmen wir als untere Integrationsgrenze $t = 0$ an (kausale Zeitfunktion, die bei $t = 0$ beginnt) und ersetzen die imaginäre Frequenzvariable $i\omega$ durch die komplexe Frequenzvariable $s = \sigma + i\omega$. Die Erweiterung der imaginären Frequenzvariablen $i\omega$ um einen Realteil σ wird analytische Fortsetzung genannt. Damit geht das Fourierintegral über in das nach dem französischen Mathematiker Pierre-Simon Laplace (1749–1827) benannte einseitige Laplace-Integral als spektrale Dichtefunktion nach Gleichung (103).

Je nach Zeitfunktion $f(t)$ darf σ als Realteil von s einen gewissen Wert nicht über- oder unterschreiten, damit das Integral einen endlichen Wert annimmt (konvergiert). Durch das Einfügen des Dämpfungsterms $e^{-\sigma t}$ und den Beginn der Integration zum Zeitpunkt $t = 0$ (d. h. zum Einschaltzeitpunkt des Signals) lassen sich oft einseitige Laplace-Transformierte ermitteln, wo das Fourierintegral mangels Konvergenz nicht existiert.

Wir wollen das am einfachen Beispiel einer bei $t = 0$ beginnenden an- bzw. abklingenden e-Funktion verdeutlichen und setzen also $f(t) = e^{at}$. Für positives a klingt $f(t)$ auf unendlich an, für $a = 0$ geht $f(t)$ in die Sprungfunktion über (behält für alle Zeiten den Wert 1) und für negatives a klingt $f(t)$ auf null

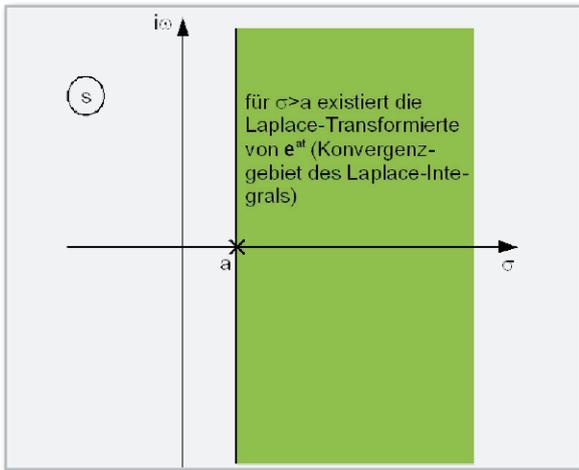


Bild 68: Im grün eingefärbten Gebiet konvergiert das Laplace-Integral von e^{at} .

ab (vergl. Abbildung 67). Aufgrund ihrer Wirkung wird a auch Dämpfungskonstante genannt.

Was bedeutet dies nun in der komplexen s -Ebene? Um das herauszufinden, setzen wir $f(t) = e^{at}$ (reellwertige e -Funktion) in Gleichung (103) ein und erhalten Gleichung (104).

Die Laplacetransformierte existiert nur, wenn $(a - \sigma) < 0$, d. h. $\sigma > a$ ist, weil nur dann das Einsetzen der oberen Grenze $t = \infty$ den Wert null ergibt und dadurch das Integral endlich ist. Man sagt auch, das Integral konvergiert für $\sigma > a$. Dieser Bereich wird deshalb auch Konvergenzgebiet genannt (im Englischen ROC: Region of Convergence).

Abbildung 68 gibt diesen Sachverhalt in Form eines PN-Diagramms (P = Pol, N = Nullstelle) von $L(s)$ wieder. Ein Pol ist eine Nullstelle des Nenners von $L(s)$ und wird mit einem Kreuz gekennzeichnet. Eine Nullstelle ist eine Nullstelle des Zählers von $L(s)$ und wird mit einem Kreis gekennzeichnet. Weil hier der Zähler von $L(s)$ die Konstante 1 ist, hat die Laplacetransformierte der reellwertigen e -Funktion keine Nullstelle. Wenn die imaginäre Achse ($\sigma = 0$) im Konvergenzgebiet liegt, geht auf ihr das Laplace-Integral $L(s)$ in das Fourierintegral $F(i\omega)$ über.

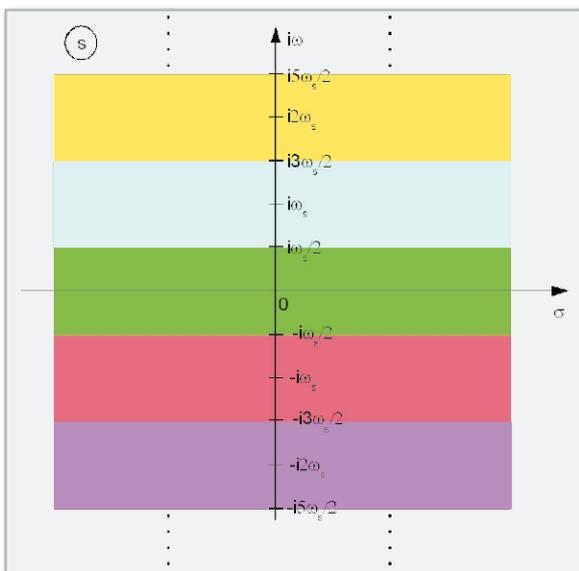


Bild 69: Der gesamte Informationsgehalt eines bandbegrenzten, abgetasteten Signals liegt in jedem einzelnen der abgebildeten Streifen in der Spektralebene. Die Streifen wiederholen sich periodisch in ω_s . Es genügt daher, den grünen Streifen um den Ursprung zu betrachten.

$$L(s) = \int_{t=0}^{\infty} f(t) \cdot e^{-st} dt = \int_{t=0}^{\infty} f(t) \cdot e^{-(\sigma+i\omega)t} dt \quad \text{Laplace-Integral} \quad (103)$$

mit $s = \sigma + i\omega$ komplexe Frequenzvariable

$$L(s) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-at} \cdot e^{-st} dt = \int_{t=0}^{\infty} e^{-(a+s)t} dt \quad (104)$$

$$= \frac{1}{a-s} e^{(a-s)t} \Big|_{t=0}^{\infty} = \frac{1}{a-s} e^{\frac{(a-s)t}{<0}} \cdot e^{-i\omega t} \Big|_{t=0}^{\infty}$$

$$= \frac{1}{s-a}$$

$$X_s(s) = \int_{t=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} x(t) \delta(t-nT_s) e^{-st} dt = \sum_{n=0}^{\infty} \int_{t=0}^{\infty} x(t) \delta(t-nT_s) e^{-st} dt \quad (105)$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} x(nT_s) e^{-snT_s} = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT_s) e^{-\sigma nT_s} e^{-i\omega nT_s}$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} x(nT_s) e^{-\sigma nT_s} e^{-i2\pi n \frac{\omega}{\omega_s}}$$

$$e^{-i2\pi n \frac{\omega}{\omega_s}} = e^{-i2\pi n \frac{\omega \pm \nu \omega_s}{\omega_s}} = e^{-i2\pi n \frac{\omega}{\omega_s}} \cdot e^{\mp i2\pi n \nu} = e^{-i2\pi n \frac{\omega}{\omega_s}} \quad (106)$$

$= 1$ für allen ν

$$z = e^{sT} \quad (107)$$

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n) \cdot z^{-n} \quad \text{einseitige } z\text{-Transformierte} \quad (108)$$

Zur Herleitung der z -Transformation wollen wir zunächst ein abgetastetes Zeitsignal gemäß Gleichung (50) Laplace-transformieren. Gleichung (105) zeigt den Rechengang:

Aus der letzten Zeile von Gleichung (105) wird ersichtlich, dass sich $X_s(s)$ in Vielfachen von $\pm \omega_s$ periodisch wiederholt. Mit anderen Worten: Es ergeben sich die gleichen Werte für $X(s)$ wenn man ω durch $\omega \pm \nu \omega_s$ ($\nu = 0, 1, 2, 3 \dots$) ersetzt. In Gleichung (106) wird das verdeutlicht.

Diese Periodizität der Laplacetransformierten eines abgetasteten (diskreten) Signals zeigt Abbildung 69.

Wir können das an einem Beispiel veranschaulichen. Angenommen, wir haben eine kontinuierliche Zeitfunktion $x(t)$, deren Laplacetransformierte $X(s)$ durch einen idealen Tiefpass mit der Grenzfrequenz $\omega_s/2$ bandbegrenzt wird. Abbildung 70 zeigt ihren Betrag. Wir sehen zwei Pole bei $\sigma < 0$ und $\pm i\omega_p$. Die Nullstellen liegen auf der imaginären Achse ($\sigma = 0$) bei $\pm i\omega_n$. Die zum bandbegrenzten Spektrum gehörende Zeitfunktion $x^*(t)$ können wir nun ohne Aliaseffekte mit ω_s abtasten. Wir erhalten die Wertefolge $x^*(n)$, die wir der Laplace-transformation unterwerfen. Das Ergebnis nach Betragsbildung $|H_p(s)|$ ist wie erwartet periodisch (Abbildung 71). Die Schnittkontur bei $\sigma = 0$ bildet den Betragsfrequenzgang für $s = i\omega$ (natürliche Frequenzen) ab.

Die Periodizität kann vermieden werden, indem man die s -Ebene durch Gleichung (107) auf die z -Ebene abbildet. Zur Schreibvereinfachung wurde in Gleichung (107) $T_s = T$ gesetzt (T_s : Sampling-Intervall). Die Abbildung $z = e^{sT}$ bewirkt, dass die Teile jeden Streifens mit $\sigma < 0$ in Abbildung 69 deckungsgleich auf das Innere eines Einheitskreises in der z -Ebene abgebildet wird. Für $\sigma > 0$ wird auf das Äußere des Einheits-

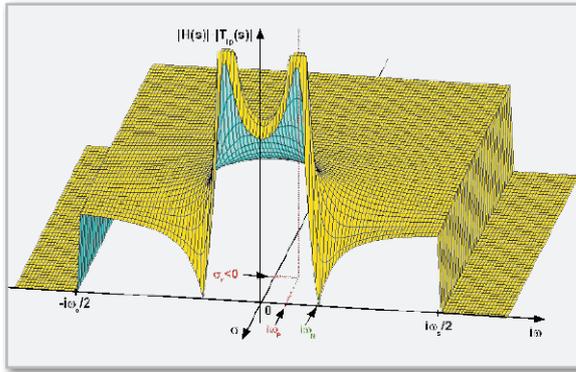


Bild 70: Das Spektrum einer biquadratischen kontinuierlichen Übertragungsfunktion muss bei $\pm i\omega_s/2$ bandbegrenzt werden, um Alias-Effekte zu vermeiden.

kreises abgebildet. Es genügt also, das von $\pm i\omega_s$ begrenzte Gebiet zu betrachten (Abbildung 72). Alle weiteren Streifen der s -Ebene legen sich als deckungsgleiche Blätter über die z -Ebene und enthalten keine weiteren Informationen.

Setzt man Gleichung (107) in Gleichung (105) ein, ergibt sich die Definitionsformel für die einseitige z -Transformierte (Gleichung [108]). Dabei wurden die Schreibvereinfachungen $x(nT_s) = x(n)$ und $X_s(z) = X(z)$ verwendet.

Die z -Transformierte einer Zeitfolge $x(n)$ existiert nur dann, wenn die Summe nach Gleichung (108) konvergiert, d. h. einen endlichen Summenwert aufweist.

Ein Beispiel für die Anwendung von Gleichung (108): Zu berechnen ist die z -Transformierte einer kausalen, reellen Exponentialfolge $x(n) = a^n$. Kausal bedeutet, dass alle Folgenwerte für $n < 0$ null sind. Für $a = 1,1$ ergeben sich also die Folgenwerte ... $x(-2) = 0$, $x(-1) = 0$, $x(0) = 1$, $x(1) = 1,1$, $x(2) = 1,21$, $x(3) = 1,33$, $x(4) = 1,46$, $x(5) = 1,61$, $x(6) = 1,77$, $x(7) = 1,95$ usw. Gleichung (109) zeigt den Rechengang.

Bei der Herleitung wurde die Summenformel für eine unendliche geometrische Reihe gemäß Gleichung (110) verwendet.

Für $a = 1$ geht die Exponentialfolge in eine Sprungfolge über, deren Werte ab dem Abtastindex 0 konstant den Wert 1 aufweisen, also $x(-2) = 0$, $x(-1) = 0$, $x(0) = 1$, $x(1) = 1$, $x(2) = 1$, $x(3) = 1$ usw. Die z -Transformierte $z/(z-1)$ erhalten wir aus Gleichung (109), indem wir darin $a = 1$ setzen.

Nicht immer ist die Transformation so einfach wie in den obigen Beispielen. Aber es gibt umfangreiche Korrespondenztabelle, aus denen man Nutzen ziehen kann bei der Transformation und insbesondere bei der Rücktransformation aus dem z -Bereich in den diskreten Zeitbereich. Tabelle 3 zeigt einige wichtige Korrespondenzen für die Laplace- und die z -Transformation.

An einem weiteren Beispiel wollen wir die Auswirkungen der Transformation einer im s -Bereich gegebenen komplexen Übertragungsfunktion $H(s) = U_2(s)/U_1(s)$ in den z -Bereich studieren. Wir gehen davon aus, dass das zugrunde liegende System linear und zeitinvariant ist (LTI-System). Dann lässt sich seine Übertragungsfunktion als Quotient zweier Polynome in s (Zählergrad \leq Nennergrad) darstellen. Abbildung 70 stellt den Betrag einer solchen Übertragungsfunktion mit Bandbegrenzung bei $\pm i\omega_s/2$ dar. Die Übertragungsfunktion mit der Variablen s zeigt Gleichung (111).

- Die Nullstellen des Zählerpolynoms sind die Nullstellen der Übertragungsfunktion.
- Die Nullstellen des Nennerpolynoms bezeichnet man als Pole der Übertragungsfunktion, weil diese hier den Wert ∞ annimmt.

In der linken Hälfte von Abbildung 73 sehen wir oben links das dreidimensionale „Betragsgebirge“ und unten links eine zweidimensionale Darstellung der Lage der Nullstellen (dargestellt als o) und der Pole (dargestellt als x) in der s -Ebene. Die Betragsdarstellung wurde für $\sigma > 0$ abgeschnitten (wir erinnern uns: $s = \text{Re}[s] + i\text{Im}[s] = \sigma + i\omega$). Die Schnittkontur ist der Betragsfrequenzgang von $H(s)$ für $s = i\omega$.

Die dreidimensionale Darstellung lässt sich folgendermaßen veranschaulichen. Stellen wir uns ein elastisches Tuch vor, das flach auf der s -Ebene liegt. An den Nullstellen wird das Tuch an der s -Ebene angeheftet und an den Polen nach oben gedrückt. Dadurch modelliert das Tuch eine Oberfläche mit Bergen (Pole) und Tälern (Nullstellen). So wird verständlich, dass sich Pole und Nullstellen mit wachsendem Abstand zur imaginären Achse immer weniger auf den Betragsfrequenzgang auswirken. Dieser ergibt sich ja aus dem senkrechten Schnitt durch das Gebirge auf Höhe der imaginären Achse und spiegelt dann nur die Verhältnisse auf den Ausläufern der entfernten Pole wider. Umgekehrt wirken sich Pole und Nullstellen umso stärker aus, je näher sie an die imaginäre Achse heranrücken.

Die Transformation von $H(s)$ gemäß Gleichung (111) in $H(z)$ erfolgt durch Umrechnen der Pole und Nullstellen entsprechend der Definition von z in Gleichung (107). Es ergibt sich Gleichung (112).

Wir wollen das einmal in Gleichung (113) konkret vorführen. Dabei wird die Abtastperiode T gleich 1 gesetzt, was einer Normierung der komplexen Frequenz s entspricht.

Aus den Nullstellen und Polen im z -Bereich lassen sich durch die Anschrift in Gleichung (114) (Produkt der Linearfaktoren) das Zähler- und das Nennerpolynom und damit die Übertragungsfunktion in z berechnen.

Die dreidimensionale Darstellung von $H(z)$ rechts oben in Abbildung 73 erhält man, indem man für ein regelmäßiges Raster in der z -Ebene den Betrag von $H(z)$ nach Gleichung (114) berechnet. Ein anderer Weg führt zum Ziel, indem man s in $H(s)$ nach Gleichung (111) durch die nach s aufgelöste Definitionsgleichung (107) von z substituiert, d. h. durch $(\ln|z|)/T$ mit $T = 1$ (vergleiche Gleichung [115]), und den Betrag bildet.

Nun wäre noch zu klären, wie der Betragsfrequenzgang von $H(z)$ zu gewinnen ist. Wir

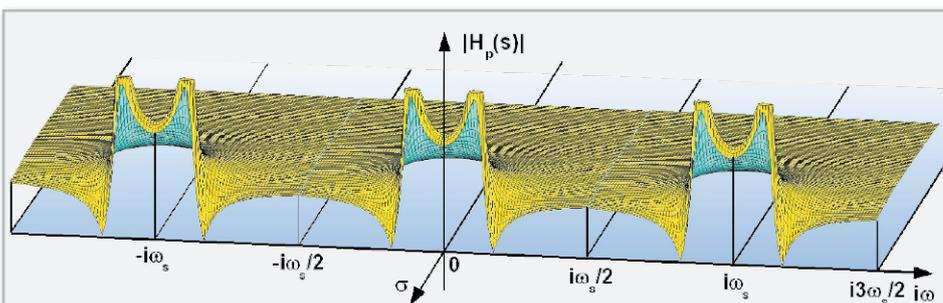


Bild 71: Durch die Abtastung mit ω_s wiederholt sich das Abtastspektrum periodisch in ω_s .

erinnern uns, dass die imaginäre Achse der komplexen s-Ebene zwischen $-\omega_s/2 < \omega < \omega_s/2$ auf den Einheitskreis in der z-Ebene abgebildet wird (vergl. Abbildung 72). Deshalb müssen wir in Abbildung 73 oben rechts die Werte finden, deren Koordinaten in der z-Ebene einen Abstand von 1 zum Ursprung aufweisen ($|z| = 1$). Am einfachsten kann man dies tun, indem wir alle Werte von $|H(z)|$ gleich null setzen, für die $|z| > 1$ gilt. So stanzt man gewissermaßen den Teil von $|H(z)|$ aus, der innerhalb des Einheitskreises liegt. Die Stanzfläche beschreibt den Betrag des Frequenzgangs im z-Bereich (Abbildung 74). Die untere Hälfte von Abbildung 73 zeigt in zwei PN-Diagrammen die genaue Lage von Polen (x) und Nullstellen (o) in der s- bzw. der z-Ebene.

Aus der Lage der Pole und Nullstellen in der s- bzw. z-Ebene kann man somit Rückschlüsse auf den Frequenzgang ziehen. Mit einem PN-Editor lässt sich durch gezieltes Anordnen der Pole und Nullstellen ein gewünschter Frequenzgang erzeugen.

Vertiefung

Bei jedem LTI-System ist das Verhältnis zwischen Ausgangsgröße U_2 (Reaktion) und Eingangsgröße U_1 (Anregung) als Quotient zweier Polynome in s oder z darstellbar. Man nennt diesen Quotienten die komplexe Übertragungsfunktion des LTI-Systems in der Gestalt einer gebrochen rationalen Funktion in s oder z. Die Nullstellen des Zählerpolynoms sind die Nullstellen der Übertragungsfunktion, die Nullstellen des Nennerpolynoms seine Pole.

Ein Polynom vom Grad n hat die allgemeine Gestalt gemäß Gleichung (116). Es hat n Nullstellen (Wurzeln), d. h. es gibt n Werte für x, an denen y den Wert null annimmt. Bei Polynomen mit reellen Koeffizienten hat jede komplexe Wurzel x_{01} ein konjugiert komplexes Gegenstück x_{02} , was Gleichung (117) vermitteln soll. Reelle und komplexe Wurzeln können auch jeweils in einer gewissen Vielfachheit auftreten. Weil sich jedes Polynom durch seine Wurzeln in Form eines Produkts von Linearfaktoren darstellen lässt, gilt: Gleichung (116) = Gleichung (118).

Beispiel 1:

Die reellen Wurzeln 1, 2, 3, 4 führen zu Gleichung (119).

Beispiel 2:

Die konjugiert komplexen Wurzeln $1 \pm i2$ und $3 \pm i4$ sowie die reelle Wurzel 5 führen zu Gleichung (120).

Beispiel 3:

Die doppelten konjugiert komplexen Wurzeln $1 \pm i2$ und die einfache konjugiert komplexe Wurzel $3 \pm i4$ sowie die reelle Wurzel 5 führen zu Gleichung (121).

Abbildung 75 stellt die Nullstellen von Gleichung (121) in der komplexen x-Ebene grafisch dar.

Die Beispiele bestätigen, dass konjugiert komplexe und reelle Wurzeln zu Polynomen mit reellen Koeffizienten gehören. Mit anderen Worten: Komplexe Pole und Nullstellen treten

Bild 73: Das Spektrum einer kontinuierlichen biquadratischen Übertragungsfunktion im s-Bereich (oben links) und ihr PN-Diagramm (unten links). Auf der rechten Seite die dreidimensionale Darstellung des Abtastspektrums im z-Bereich (oben rechts) und die zugehörige PN-Anordnung (unten rechts).

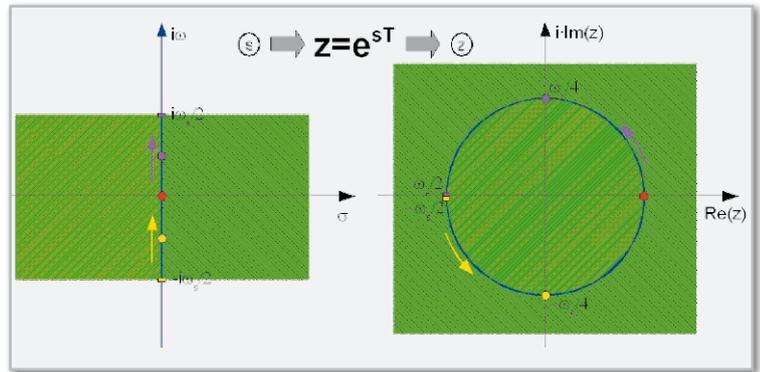
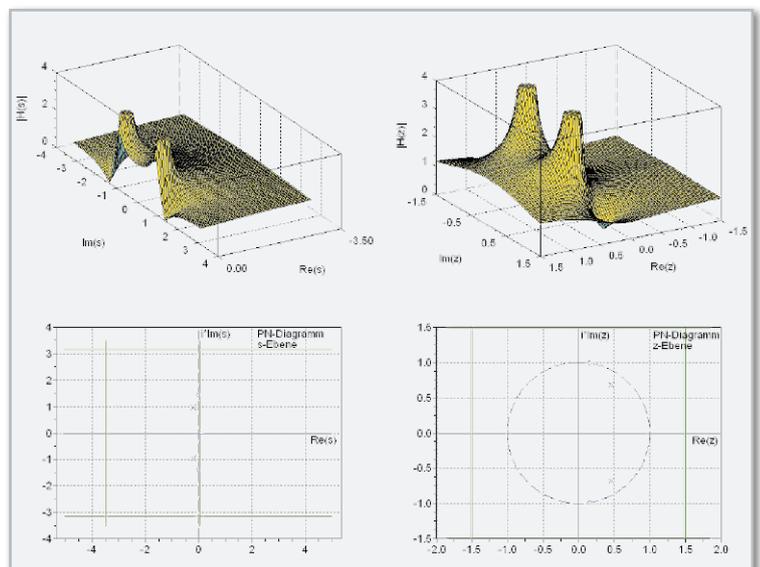


Bild 72: So bildet sich die s-Ebene über die Transformation $z = e^{sT}$ auf die z-Ebene ab.

Funktion	kontinuierliche Zeitfunktion	Laplace-Transformierte	diskrete Zeitfunktion	z-Transformierte
Dirac-Stoß	$\delta(t)$	1	$\delta(k)$	1
verzögerter Diracstoß	$\delta(t-t_0)$	$e^{-t_0 s}$	$\delta(k-k_0)$	z^{-k_0}
Einheitssprung	$\sigma(t)$	$\frac{1}{s}$	$\sigma(k)$	$\frac{z}{z-1}$
verzögerter Einheitssprung	$\sigma(t-t_0)$	$e^{-t_0 s} \cdot \frac{1}{s}$	$\sigma(k-k_0)$	$z^{-k_0} \cdot \frac{z}{z-1}$
Rampe	$\sigma(t) \cdot t$	$\frac{1}{s^2}$	$\sigma(k) \cdot k$	$\frac{z}{(z-1)^2}$
quadratische Parabel	$\sigma(t) \cdot t^2$	$\frac{2}{s^3}$	$\sigma(k) \cdot k^2$	$\frac{z(z+1)}{(z-1)^3}$
kubische Parabel	$\sigma(t) \cdot t^3$	$\frac{6}{s^4}$	$\sigma(k) \cdot k^3$	$\frac{z(z+1)(z+2)}{(z-1)^4}$
Parabel n-ten Grades	$\sigma(t) \cdot t^n$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	$\sigma(k) \cdot k^n$	$\frac{\prod_{v=0}^{n-1} (z+v)}{(z-1)^{n+1}}$
Exponentialfunktion	$\sigma(t) \cdot e^{-at}$	$\frac{1}{s+a}$	$\sigma(k) \cdot e^{-ak}$	$\frac{z}{z-e^{-a}}$
mit t multipliz. Exponentialfktn	$\sigma(t) \cdot t \cdot e^{-at}$	$\frac{1}{(s+a)^2}$	$\sigma(k) \cdot k \cdot e^{-ak}$	$\frac{\partial}{\partial a} \frac{z}{z-e^{-a}} = \frac{z \cdot e^{-a}}{(z-e^{-a})^2}$
mit t^n multipliz. Exponentialfktn	$\sigma(t) \cdot t^n \cdot e^{-at}$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$	$\sigma(k) \cdot k^n \cdot e^{-ak}$	$\frac{\partial^n}{\partial a^n} \frac{z}{z-e^{-a}}$
Potenzfunktion	$\sigma(t) \cdot a^t$	$\frac{1}{s - \ln(a)}$	$\sigma(k) \cdot a^k$	$\frac{z}{z-a}$
Sinus	$\sigma(t) \cdot \sin(at)$	$\frac{a}{s^2 + a^2}$	$\sigma(k) \cdot \sin(ak)$	$\frac{z \cdot \sin(a)}{z^2 - 2 \cdot \cos(a) \cdot z + 1}$
exponentiell bedämpfter Sinus	$\sigma(t) \cdot e^{bt} \cdot \sin(at)$	$\frac{a}{(s-b)^2 + a^2}$	$\sigma(k) \cdot e^{bk} \cdot \sin(ak)$	$\frac{z \cdot e^b \cdot \sin(a)}{z^2 - 2 \cdot e^b \cdot \cos(a) \cdot z + e^{2b}}$
Kosinus	$\sigma(t) \cdot \cos(at)$	$\frac{s}{s^2 + a^2}$	$\sigma(k) \cdot \cos(ak)$	$\frac{z(z - \cos(a))}{z^2 - 2 \cdot \cos(a) \cdot z + 1}$
exponentiell bedämpfter Kosinus	$\sigma(t) \cdot e^{bt} \cdot \cos(at)$	$\frac{s-b}{(s-b)^2 + a^2}$	$\sigma(k) \cdot e^{bk} \cdot \cos(ak)$	$\frac{z(z - e^b \cdot \cos(a))}{z^2 - 2 \cdot e^b \cdot \cos(a) \cdot z + e^{2b}}$

Tabelle 3: Laplace- und z-Korrespondenzen



$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a^k z^{-k} = \sum_{n=0}^{\infty} (az^{-1})^k = \frac{1}{1-az^{-1}} = \frac{z}{z-a} \quad \text{Konvergenz für } a < |z| < \infty \quad (109)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} c^n = \frac{1}{1-c} \quad c < 1 \quad \text{Summe unendliche geometrische Reihe} \quad (110)$$

$$H(s) = \frac{s^2+2}{s^2+0.4s+1} \quad \text{biquadratische Übertragungsfunktion im } s\text{-Bereich} \quad (111)$$

$$z_{0,1,2} = e^{s_{0,1,2} T} \quad \text{Nullstellen im } z\text{-Bereich} \quad (112)$$

$$z_{\infty,1,2} = e^{s_{\infty,1,2} T} \quad \text{Pole im } z\text{-Bereich}$$

$$z_{0,1,2} = e^{\pm i \cdot 1,4142135624} = \cos(1,4142135624) \pm i \cdot \sin(1,4142135624) = 0,1559436948 \pm i \cdot 0,9877659460 \quad \text{Nullstellen im } z\text{-Bereich} \quad (113)$$

$$z_{\infty,1,2} = e^{-0,2 \pm i \cdot 0,9797958971} = e^{-0,2} [\cos(0,9797958971) \pm i \cdot \sin(0,9797958971)] = 0,4561902602 \pm i \cdot 0,6798606420 \quad \text{Pole im } z\text{-Bereich}$$

$$H(z) = \frac{(z-z_{0,1})(z-z_{0,2})}{(z-z_{\infty,1})(z-z_{\infty,2})} = \frac{z^2 - z(z_{0,1}+z_{0,2}) + z_{0,1}z_{0,2}}{z^2 - z(z_{\infty,1}+z_{\infty,2}) + z_{\infty,1}z_{\infty,2}} \quad (114)$$

$$= \frac{z^2 - 0,3118873895z + 1}{z^2 - 0,9123805204z + 0,6703200460} \quad \text{Übertragungsfunktion im } z\text{-Bereich}$$

$$z = e^{sT} \Leftrightarrow s = \frac{1}{T} \ln(z) \quad (115)$$

$$y = a_n \cdot x^n + a_{n-1} \cdot x^{n-1} + a_{n-2} \cdot x^{n-2} + \dots + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0 = \sum_{v=0}^n a_v \cdot x^v \quad (116)$$

$$x_{0,1} = \operatorname{Re}(x_0) + i \cdot \operatorname{Im}(x_0) \quad \text{hat zur Folge} \quad x_{0,2} = \operatorname{Re}(x_0) - i \cdot \operatorname{Im}(x_0) \quad (117)$$

$$x_{0,1/2} = \operatorname{Re}(x_0) \pm i \cdot \operatorname{Im}(x_0) \quad \text{Paarweise konjugiert komplexe Wurzeln}$$

$$y = (x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot (x-x_2) \cdot \dots \cdot (x-x_{n-1}) \cdot (x-x_n) = \prod_{v=0}^n (x-x_v) \quad (118)$$

$$y = (x-1) \cdot (x-2) \cdot (x-3) \cdot (x-4) = x^4 - 10x^3 + 35x^2 - 50x + 24 \quad (119)$$

$$y = [x-(1-i \cdot 2)] \cdot [x-(1+i \cdot 2)] \cdot [x-(3-i \cdot 4)] \cdot [x-(3+i \cdot 4)] \cdot [x-5] = x^5 - 13x^4 + 82x^3 - 290x^2 + 525x - 625 \quad (120)$$

$$y = [x-(1-i \cdot 2)]^2 \cdot [x-(1+i \cdot 2)]^2 \cdot [x-(3-i \cdot 4)] \cdot [x-(3+i \cdot 4)] \cdot [x-5] = x^7 - 15x^6 + 113x^5 - 519x^4 + 1515x^3 - 3125x^2 + 3875x - 3125 \quad (121)$$

$$H(s) = \frac{\sum_{\mu=0}^M b_{\mu} \cdot s^{\mu}}{\sum_{v=0}^N a_v \cdot s^v} = \frac{\prod_{\mu=0}^M (s-s_{0\mu})}{\prod_{v=0}^N (s-s_{\infty v})} \quad M \leq N \quad (122)$$

Übertragungsfunktion eines kontinuierlichen Systems in s

$$H(z) = \frac{\sum_{\mu=0}^M b_{\mu} \cdot z^{\mu}}{\sum_{v=0}^N a_v \cdot z^v} = \frac{\prod_{\mu=0}^M (z-z_{0\mu})}{\prod_{v=0}^N (z-z_{\infty v})} \quad M \leq N \quad (123)$$

Übertragungsfunktion eines diskreten Systems in z

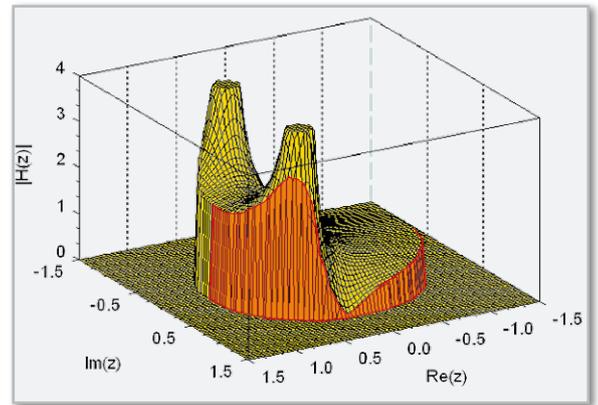


Bild 74: Stanz man das dreidimensionale Betragsspektrum der Übertragungsfunktion in z im Abstand eins zum Ursprung der z -Ebene aus, lässt sich an der Stanzkontur der Frequenzgang ablesen.

immer spiegelbildlich zur reellen Achse in der s - oder z -Ebene auf, reelle Pole oder Nullstellen liegen stets auf der reellen Achse.

Bei einer LTI-Übertragungsfunktion sind sowohl Zähler als auch Nenner Polynome in s oder z . Aus Kausalitätsgründen (keine Wirkung vor ihrer Ursache!) darf der Grad des Zählerpolynoms (d. h. seine höchste Potenz in s oder z) nur kleiner oder gleich dem Grad des Nennerpolynoms sein. Damit bestimmt der Grad des Nennerpolynoms den Grad einer Übertragungsfunktion (dieser ist als der höhere Grad von Zähler- oder Nennerpolynom definiert), wenn diese ein lineares, zeitinvariantes und kausales System beschreibt.

Damit ist die allgemeine Anschrift der komplexen Übertragungsfunktion eines LTI-Systems in der s -Ebene durch Gleichung (122) plausibel. Die Nullstellen des Zählers tragen als Nullstellen der Übertragungsfunktion den Index 0, die des Nenners als Pole der Übertragungsfunktion den Index ∞ . Der zusätzliche Index s der Koeffizienten des Zähler- und des Nennerpolynoms in der Gleichung dient zur formalen Unterscheidung von den Koeffizienten der Übertragungsfunktion in z , die das Übertragungsverhalten des Abtastsystems beschreibt (Gleichung [123]). Später lassen wir diesen Unterindex weg, weil wir uns ausschließlich im z -Bereich bewegen. Im nächsten Teil dieser Reihe werden wir zeigen, wie sich die Differenzgleichungen im Zeitbereich und ihre Entsprechungen im z -Bereich in Schaltungen umsetzen lassen. **ELV**

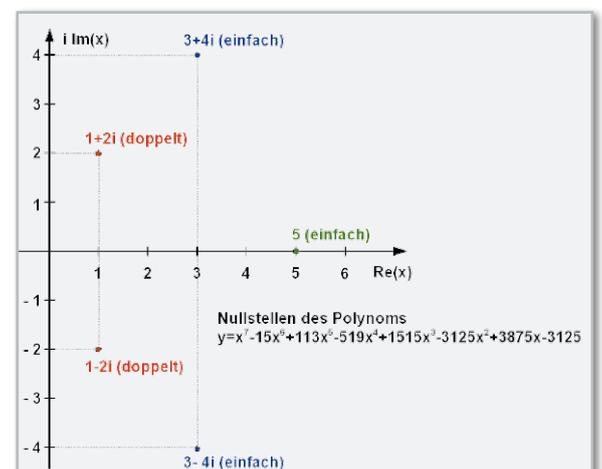


Bild 75: Ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen der Koeffizientendarstellung eines Polynoms und dessen Nullstellen.

Universeller Impulsgenerator

Teil 2



In der Messtechnik werden immer wieder Signale mit bestimmten Puls- und Pausenzeiten benötigt. Der Impulsgenerator UPG 100 erlaubt durch den Einsatz eines Mikrocontrollers die separate Einstellung dieser Zeiten im Bereich von 10 μ s bis 99,99999 s. Weiterhin ist es möglich, den Spannungspegel am Ausgang variabel einzustellen. Ein Open-Collector-Ausgang, ein externer Trigger-Eingang sowie die Möglichkeit zur Eingabe der Zyklenanzahl runden die Features dieses praktischen Gerätes ab. Der zweite Teil wendet sich der Bedienung, dem Nachbau und der Inbetriebnahme des UPG 100 zu.

Bedienung

Die wenigen Bedienelemente, nur 5 Taster und ein Drehimpulsgeber, sorgen für eine unkomplizierte und vor allem schnelle Bedienung.

Um die Pulsdauer (t_{on}) einzustellen, ist die Taste „On-Time“ kurz zu betätigen. Durch einen auf den Displays dargestellten Pfeil wird die Zeile hervorgehoben, die momentan bearbeitet wird (Abbildung 4 zeigt die aktivierte Zeile „ t_{off} “). Ein blinkender Cursor zeigt dabei die zu verändernde Ziffernstelle an.

Mit Hilfe des Drehimpulsgebers kann nun die Pulsdauer geändert werden. Durch Drehen nach rechts vergrößert sich der Wert, die Drehung nach links verringert den Wert. Durch das nochmalige Betätigen der Taste „On-Time“ ändert sich die Position des Cursors auf die nächste Ziffernstelle. Ist die höchstwertige Ziffernstelle erreicht, wird danach bei der niedrigsten Ziffernstelle wieder angefangen. So ist es mög-

lich, auch größere Zeitwerte schnell einzugeben. Die Einstellung der Pausendauer (t_{off}) erfolgt in der gleichen Weise nach Betätigung der Taste „Off-Time“.

Auf dem Display werden die Puls- bzw. Pausenzeiten nach folgendem Schema dargestellt.

$$T_{xxx} = 09 . 25075 \text{ s}$$

Die eingegebene Zeit wird in der Einheit Sekunden mit fünf Nachkommastellen angegeben. Dadurch beträgt die zeitliche Auflösung über den gesamten Wertebereich 10 μ s.

Bild 4: Das Display für die Einstellung von On- und Off-Time des Impulses. Der Pfeil weist auf die zur Eingabe bereite Zeile hin.

Neben den Puls- und Pausenzeiten ist es möglich, die Ausgangsspannung an der mit „Digital-out“ bezeichneten BNC-Buchse einzustellen. Durch kurzes Betätigen der Taste „High-Level“ erscheint wieder ein Pfeil in der dazugehörigen Displayzeile „Level“. Der einstellbare Spannungsbereich am Ausgang liegt dabei zwischen 2 und 5 V und ist in Schritten zu 50 mV einstellbar. Auch hier wird der Drehimpulsgeber zum Einstellen der Werte benutzt.

Nach der Definition der Zeiten und des Spannungspegels am Ausgang bleibt noch die Einstellung der Ausgabezyklen offen. Auch hier wird durch kurzes Betätigen der Taste „Number“ der Pfeil am Zeilenanfang („Number“) dargestellt. Die Eingabe der Zyklusanzahl erfolgt in gleicher Weise wie die Eingabe der Zeiten. Durch nochmaliges Betätigen der Taste „Number“ wird die Ziffernstelle ausgewählt, der Drehimpulsgeber verändert dann den Wert der Ziffer. Es sind bis zu 9999 Zyklen einstellbar. Um eine kontinuierliche (endlose) Ausgabe zu erreichen, ist der Wert null als Zyklusanzahl einzugeben. Nachdem alle Parameter definiert sind, kann die Ausgabe der Signalfolge gestartet werden. Hierfür stehen zwei Ausgabemöglichkeiten zur Verfügung. Durch einen kurzen Druck auf die Taste „Start“ erfolgt die „normale“ Ausgabe des Signals. In diesem Modus ist es weiterhin möglich, die Signaleinstellungen zu verändern. Der zweite Ausgabemodus, gekennzeichnet durch ein Stern-Symbol (*) am Anfang jeder Displayzeile, wird durch einen langen Tastendruck auf „Start“ aktiviert. In diesem „jitterarmen“ Modus sind die Einstellungen der Signalfolge nicht mehr zu verändern. Dafür erhält der Mikrocontroller mehr Prozessorleistung für die Signalerzeugung, wodurch sich das vorhandene Flankenjittern auf 62 ns verringert. Alternativ ist es möglich, diesen Ausgabemodus durch einen externen, an der BNC-Buchse „Trigger-in“ anliegenden Triggerimpuls zu starten. Das UPG 100 reagiert dabei auf eine fallende Flanke, deren Low-Pegel unterhalb von 1 V liegt.

Bei jedem Start einer Signalfolge werden die aktuell eingestellten Parameter mit denen im EEPROM verglichen. Falls ein Unterschied zwischen den Parametern besteht, wird der aktuelle Parameter im EEPROM des UPG 100 gespeichert. Dadurch steht nach dem Einschalten des UPG 100 die zuletzt gestartete Signalfolge wieder sofort zur Verfügung. Um eine



Bild 5: Das Display für die Einstellung von Spannungspegel und Zyklusanzahl.

laufende Signalausgabe zu stoppen, ist nur ein Druck auf die Taste „Start“ nötig.

Zusätzliche Funktionen

Im Grundzustand liegt der Spannungspegel auf Massepotential und die Signalausgabe beginnt mit einer steigenden Flanke auf den zuvor eingestellten Spannungspegel. Dieser Pegel wird dann gemäß der definierten Zeit t_{on} gehalten. Anschließend folgt die fallende Flanke auf das Massepotential, welches für den Zeitraum t_{off} gehalten wird. Abweichend davon besteht die Möglichkeit einer invertierten Ausgabe. Abbildung 6 zeigt den Unterschied zwischen diesen beiden Einstellungen. Um zwischen der normalen Ausgabe und der invertierten Ausgabe zu wechseln, ist die Taste „High-Level“ mindestens 3 Sekunden zu betätigen. Durch ein zusätzliches Symbol (x) in der betreffenden Zeile wird die Aktivierung der invertierten Ausgabe gekennzeichnet.

Außerdem besteht die Möglichkeit, die Zeiten t_{on} und t_{off} auszutauschen, indem die beiden Tasten „On-Time“ und „Off-Time“ gleichzeitig betätigt werden.

Nachbau

Auf der Platine des UPG 100 sind bereits alle SMD-Bauteile vorbestückt. Dies erspart den Umgang mit den mitunter nicht leicht zu handhabenden SMD-Bauteilen. Die Bestückung der restlichen Bauelemente erfolgt in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplans, der Stückliste und unter Zuhilfenahme der Platinenfotos. Zuerst sollte der Spannungsregler IC 3 bestückt werden. Hierzu sind zunächst die drei Anschlüsse mit einer Flachzange um 90 Grad nach hinten abzuwinkeln und in die zugehörigen Bohrungen der Platine einzusetzen. Der Spannungsregler ist dann mit dem mitgelieferten Befes-

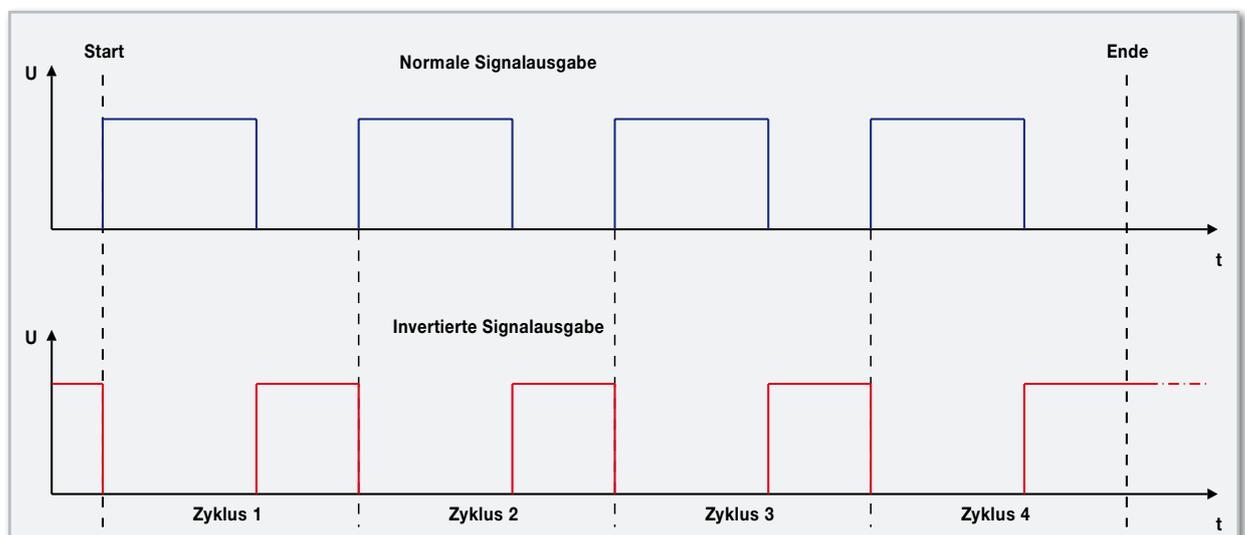
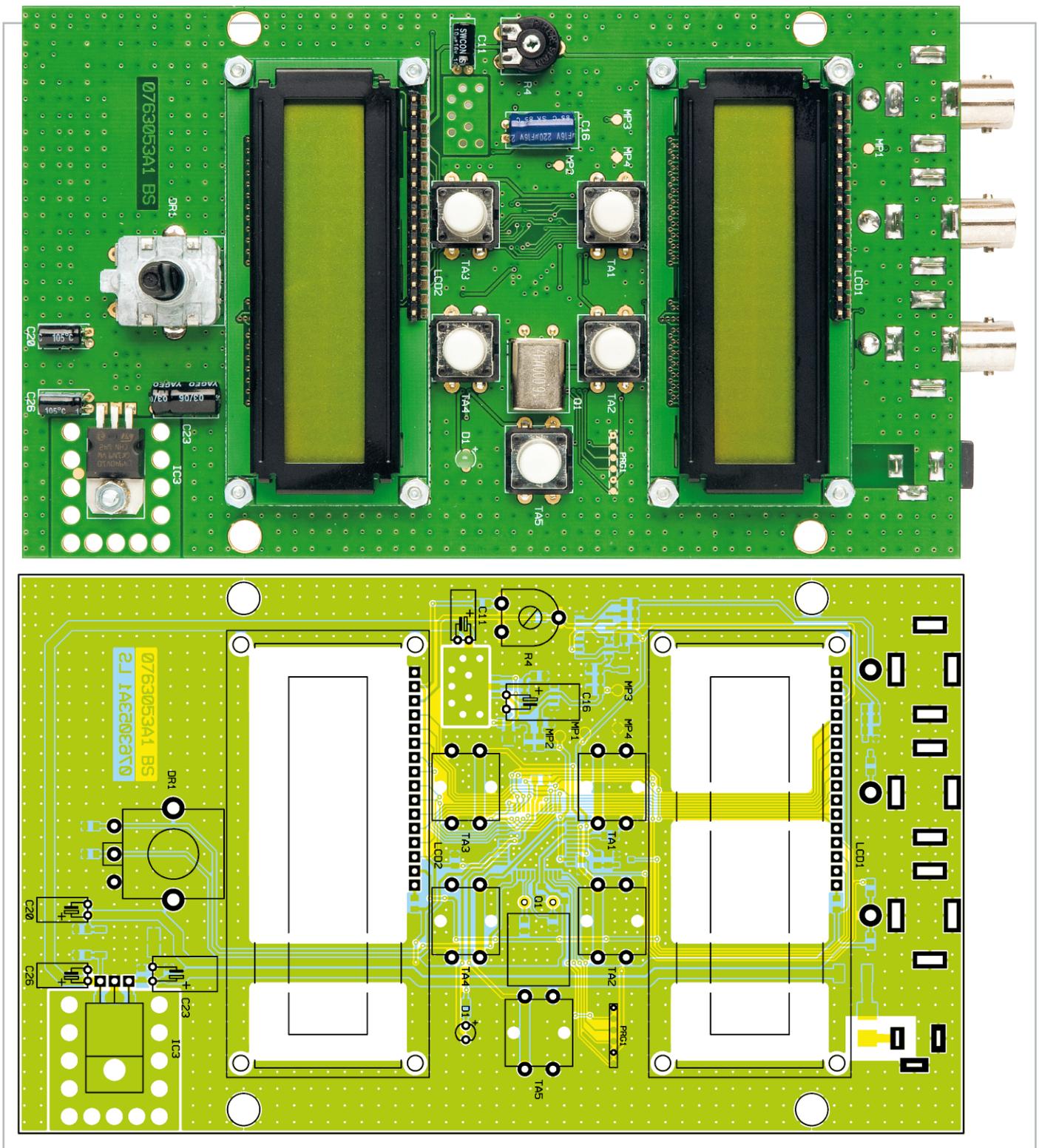


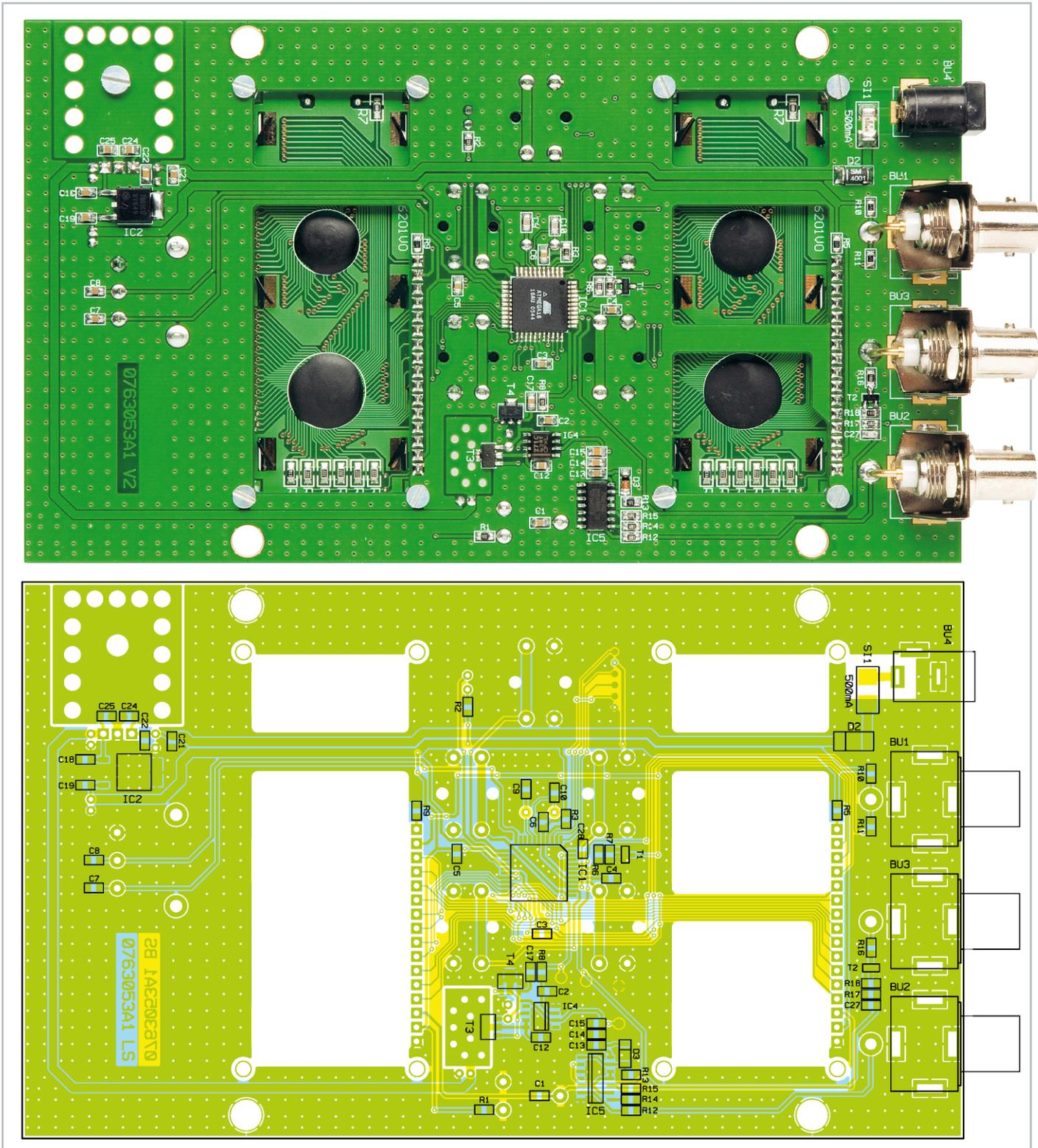
Bild 6: Vergleich der normalen und der invertierten Signalausgabe



Ansicht der fertig bestückten Platine des UPG 100 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Bestückungsseite

tigungsmaterial (Schraube M3 x 8 mm, Fächerscheibe M3, Mutter M3) auf der Platine zu befestigen. Dadurch wird eine bessere thermische Verbindung zu der Platine realisiert. Erst nach dem Befestigen des Spannungsreglers erfolgt das Verlöten seiner Anschlüsse auf der Lötseite. Als Nächstes folgt der Einbau der Elektrolyt-Kondensatoren C 11, C 16, C 20, C 23 und C 26. Beim Einsetzen der Elkos ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind in den meisten Fällen am Minus-Anschluss gekennzeichnet. Nun wird der Quarz Q 1 ebenfalls in liegender Einbaulage montiert. Um den Quarzkörper auf der Platine zu befestigen,

ist das beigefügte Klebepad zu verwenden. Danach sind die zuvor vorsichtig abgewinkelten Anschlüsse zu verlöten. Im nächsten Schritt sind das Potentiometer R 4 und die LED D 1 zu bestücken. Bei der LED sollte der Abstand zwischen der Spitze des Diodenkörpers und der Oberseite der Platine 13 mm betragen. Kommen wir nun zu den LC-Displays. Zuerst erfolgt das Anlöten der beiden 16-poligen Stiftleisten an die Displays. Dazu werden die Stiftleisten von der Oberseite der Displays her eingesetzt und an der Unterseite verlötet. Als Nächstes sind die 8 Befestigungsschrauben (M2,5 x 8 mm) mit den Muttern an die Platine des UPG 100



Ansicht der fertig bestückten Platine des UPG 100 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Lötseite

zu montieren. Nun werden die Displays so eingesetzt, dass die Stiftleisten in den dafür vorgesehenen Lötäugen stecken. Erst nachdem die Displays, wie in Abbildung 7 zu sehen, mit den restlichen Schrauben und Fächerscheiben befestigt sind, werden die Stiftleisten auf der Lötseite der UPG-100-Platine angelötet. Zum Abschluss sind die Metallstifte, die oberhalb des schwarzen Kunststoffes herausragen, mit einem Seitenschneider zu entfernen. Nach den Displays erfolgt nun die Bestückung der Taster TA 1 bis TA 5 und des Inkrementalgebers DR 1. Zu guter Letzt sind noch die BNC-Buchsen BU 1

bis BU 3 und die Hohlsteckerbuchse BU 4 anzubringen. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese Bauteile von der Lötseite her bestückt werden und somit auf der Bestückungsseite zu verlöten sind. Nachdem alle elektronischen Bauteile verarbeitet sind, ist noch die Frontplatte in die Aussparung des Gehäuseoberteils einzukleben. Dazu können die dem Bausatz beigelegten Klebepads verwendet werden. Im Anschluss ist die Frontseite des Gehäuses in die Unterschale einzusetzen. Nachdem die Platine ebenfalls in die Unterschale eingesetzt wurde, kann diese mit der Oberschale verschraubt werden.

Stückliste: Universeller Impulsgenerator UPG 100

Widerstände:

10 Ω /SMD/0805	R16
33 Ω /SMD/0805	R5, R9
68 Ω /SMD/0805	R12, R14, R15
330 Ω /SMD/0805	R2
820 Ω /SMD/0805	R17
1 k Ω /SMD/0805	R6
4,7 k Ω /SMD/0805	R1, R13
10 k Ω /SMD/0805	R3, R7, R10, R11, R18
100 k Ω /SMD/0805	R8
PT10, liegend, 1 k Ω	R4

Kondensatoren:

10 pF/SMD/0805	C27
27 pF/SMD/0805	C9, C10
100 pF/SMD/0805	C28
680 pF/SMD/0805	C15, C22
3,3 nF/SMD/0805	C14, C21
4,7 nF/SMD/0805	C7, C8
100 nF/SMD/0805	C1–C6, C12, C13, C17–C19, C24, C25
10 μ F/16 V	C11, C20, C26
100 μ F/25 V	C23
220 μ F/16 V	C16

Halbleiter:

ELV07738/SMD	IC1
MC7805CDT/SMD	IC2
L4940V10	IC3
TLC271/SMD	IC4
74HC14/SMD	IC5
BCW66H	T1

BC848C	T2
BCX54/SMD	T3
BCX51/SMD	T4
SM4001/SMD	D2
LL4148	D3
LED, 3 mm, Grün	D1
LCD MBC1620B, 2 x 16 Zeichen	LCD1, LCD2

Sonstiges:

Quarz, 16 MHz, HC49U	Q1
BNC-Einbaubuchse, print	BU1–BU3
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU4
Inkrementalgeber	DR1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1–TA5
Tastkappe, 10 mm, Grau	TA1–TA5
Sicherung, 500 mA, träge, SMD	SI1
2 Stiftleisten, 1 x 16-polig, gerade, print	LCD1, LCD2
1 Drehknopf mit 6 mm Innendurchmesser, 21 mm, Hellgrau	
1 Knopfkappe, 21 mm, Grau	
1 Gewindestift mit Spitze, M3 x 4 mm	
8 Zylinderkopfschrauben, M2,5 x 8 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
16 Muttern, M2,5	
1 Mutter, M3	
8 Fächerscheiben, M2,5	
1 Fächerscheibe, M3	
7 Fotokleber, Weiß, doppelseitig selbstklebend	
1 Schaumstoff-Klebestreifen, doppelseitig, 10 x 10 mm	
1 Frontplatte, bearbeitet und bedruckt, transparent	
1 Pultgehäuse, komplett, Lichtgrau, bearbeitet und bedruckt	

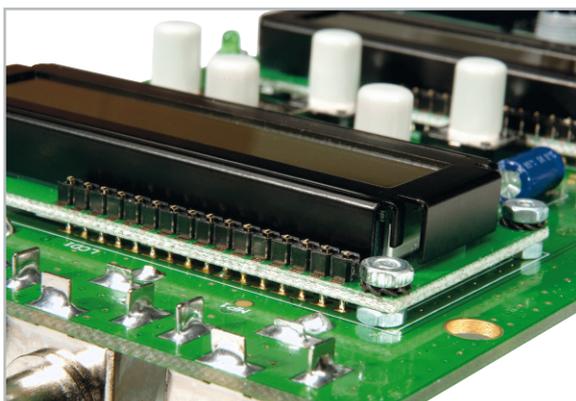


Bild 7: Ein auf der Platine des UPG 100 montiertes Display. Hier sieht man deutlich, wie die Stiftleisten zu bestücken sind.

Zum Abschluss ist der Drehknopf mit der Madenschraube am Drehimpulsgeber zu befestigen.

Inbetriebnahme

Nach dem Anlegen der Betriebsspannung wird auf den Displays der Name des Gerätes und die verwendete Firmwareversion für ca. 2 Sekunden angezeigt. Außerdem leuchtet in diesem Zeitraum die grüne LED unterhalb der Taste TA 5 (Start). Im Anschluss werden auf den Displays die vier Einstellungsmöglichkeiten (t_{on} , t_{off} , Level, Number) dargestellt. Nun ist es möglich, das UPG 100 wie im Abschnitt Bedienung beschrieben zu konfigurieren. **ELV**

Haustechnik


**PC-Funk-Interface
FHZ 1300 PC WLAN**

Im vorliegenden „ELVjournal“ wurde das PC-Funk-Interface FHZ 1300 PC in Form eines ARR-Bausatzes vorgestellt. Im zweiten Teil des Artikels beschäftigen wir uns dann ausführlich mit der Inbetriebnahme und der Bedienung des Gerätes, wobei insbesondere auch die komfortable PC-Software vorgestellt wird.

HomeMatic-Funk-Sensor für elektrische Impulse

Der HM-Sen-EP setzt einen HomeMatic-Funkbefehl ab, wenn er eine zuvor angelernte Impulsfolge, z. B. im Kfz durch Lichthupe, Blinker o. Ä., erkannt hat. Der zweite Teil des Artikels beschreibt die Schaltung und den Nachbau des HM-Sen-EP.

HomeMatic-Funk-Wassermelder

Teure Wasser- und Feuchtigkeitsschäden müssen nicht sein. Der neue HomeMatic-Funk-Wassermelder ist in der Lage, nicht nur einen Wasserstand, sondern auch eine Bodenfeuchtigkeit zu detektieren und separat zu melden.


Energiespar-Ampel ESA 1000

Angesichts ständig steigender Energiepreise ist es wichtig, den Verbrauch und somit die Kosten für Strom und Gas im eigenen Haushalt unter Kontrolle zu haben. Die Energiespar-Ampel ESA 1000 kann dazu einen wichtigen Beitrag liefern und zeigt mit Hilfe von farbigen Energie-Effizienzsymbolen auf einen Blick an, ob der Energieverbrauch in der aktuell laufenden oder in der davor liegenden Abrechnungsperiode höher oder niedriger ist.

Beleuchtung

LED-Lampe

Durch Einsatz einer neuartigen superhellen Flächen-LED wird diese Lampe zur innovativen Beleuchtungsidee. Die in einem Aluprofil untergebrachte 3-Watt-LED ist für den Betrieb an 12-V-Halogen-trafos ausgelegt.

So funktioniert's

Akkumulatoren, Teil 2

Es geht weiter mit der Beschreibung elektrischer Energiespeicher: Vom Lithium-Ionen-Akku bis zum Super-Cap.

Einführung in die digitale Signalverarbeitung, Teil 9

In der nächsten Folge werden wir sehen, wie sich Übertragungsfunktionen und Differenzgleichungen in eine Schaltungsstruktur umsetzen lassen.

Die Reifenfunke - Funk-Luftdruck-Überwachung

Richtiger Reifen-Luftdruck ist lebenswichtig für Reifen und Fahrer. Wir stellen ein neues, für jeden selbst zu montierendes Funk-Luftdruck-Überwachungssystem vor, das jederzeit den Überblick über Luftdruck und Temperatur im Reifen gibt.

PC-Technik

Serieller Datenlogger für USB-Stick SDU-1

Der SDU-1 kann die Daten von einer EIA232-Schnittstelle direkt auf einen USB-Stick speichern. Er kann damit als Datenlogger für GPS-Empfänger, Messgeräte und andere Geräte mit serieller Schnittstelle dienen.

Neues von myAVR - USB-Programmer mySmartUSB

mySmartUSB ist ein kompakter Universal-USB-/ISP-Programmer und zugleich ein Kommunikationsinterface für AVR-Mikrocontroller. Wir stellen Einsatz und Möglichkeiten dieses vielseitigen Boards vor.

Stromversorgung

Akku-Lade-Center ALC 3000 PC

Das Akku-Lade-Center ALC 3000 PC (Ladeleistung bis 60 VA) unterstützt alle aktuellen Akku-Technologien am Markt (inkl. LiFePO4 Akkus), sämtliche Parameter lassen sich optimal an die eigenen Bedürfnisse und an die eigenen Akku-Typen anpassen.



Videotechnik

FS20-Infrarot-Fernbedienung FS20 IRF

Mit der FS20 IRF können alle mit Infrarot-Fernbedienung ausgestatteten Geräte (wie TV, Sat/Kabel-Receiver, Verstärker, Radio ...) über FS20-Funksender angesteuert werden. Nach Empfang eines von 16 speicherbaren Funkbefehlen werden jeweils bis zu 5 angelernte Infrarotbefehle nacheinander ausgestrahlt. So lassen sich individuelle Makros erstellen.

2fach-Videoumschalter AVS2

Dieser RGB-fähige Videoumschalter erlaubt den Betrieb von zwei Videoquellen (z. B. Sat-Receiver und DVD-Player) an einem Fernsehgerät, das nur mit einer Scart-Buchse ausgestattet ist. Die Umschaltung erfolgt dabei automatisch, wodurch die Schaltung versteckt hinter dem Fernsehgerät angebracht werden kann.

Sicherheitstechnik

FS20-Mini-Lichtsensoren FS20 LS

Der FS20 LS ist eine Funk-Fernbedienung mit integriertem Lichtsensor in Streichholzschachtelgröße! Einsetzbar ist er zum Fernschalten per Handanruf, als Laserlichtschranke oder wenn eine Leuchtanzeige (Alarm, Warnung) direkt eine Aktion eines FS20-Empfängers auslösen soll.

Netzgeräte

Prozessor-Schaltnetzteil SPS 5630 0-30 V/0-6 A

Im vorliegenden „ELVjournal“ wurden die Funktionen und die Schaltung des Prozessor-Schaltnetzteils SPS 5630 beschrieben. Im zweiten und abschließenden Teil kommen wir zum praktischen Aufbau.

Zertifizierte Außenkameras ab € 169,⁹⁵



IP 68

SELVAG

Wetterfeste Day-&-Night-Farbkamera mit IR-Scheinwerfer

Hochwertige Überwachungskamera mit Voll-Wetterschutz, automatischem IR-Scheinwerfer und sehr hoher Auflösung – der Garant für perfekte Bilder auch bei Dunkelheit und schlechtem Wetter.

- » Hochwertiger Panasonic-D5-Color-Sensor
- » Hohe Ausgabeauflösung mit 480 TV-Linien
- » Fixfokus mit 6 mm Brennweite (F=2.0)
- » Integrierter IR-LED-Scheinwerfer mit 21 speziell angeordneten LEDs
- » Reichweite des IR-LED-Scheinwerfers bis 20 m
- » Getrennte Schutzscheiben für Objektiv und IR-Scheinwerfer – verhindert interne Reflexionen und Eigenblendungen des Objektivs durch den IR-Scheinwerfer
- » Hohe Ausfallsicherheit des IR-Scheinwerfers – bei Ausfall einzelner LEDs erfolgt kein Abdeckungsverlust des Beobachtungsfeldes
- » Gleichmäßige Infrarot-Ausleuchtung des gesamten Beobachtungsfeldes ohne Abschattung
- » Stromsparender Tagesbetrieb mit automatisch schaltendem IR-Scheinwerfer
- » Stabile und farbechte Farbwiedergabe
- » Sehr stabiles Aluminiumgehäuse, wetterfest und wasserdicht
- » Mit UVV-Kassen-Zertifikat für besonders hohe Zuverlässigkeit

OC-1
€ 169,⁹⁵
 83-723-63

UVV-zertifiziert

Hochauflösend

Alu-Druckguss-Gehäuse

Wetterfest

Getrennte Schutzscheiben

IR-Scheinwerfer

Wetterfeste Day-&-Night-Farbkamera mit Power-IR-Scheinwerfer und Vario-Objektiv

Highend-Überwachungskamera mit variabler Brennweite, extrem starkem IR-Scheinwerfer, extrem hoher Auflösung und Voll-Wetterschutz – robust, präzise, perfekt!

- » Sehr hoch auflösender 1/3"-Sony-HAD-CCD-Chip mit 752 x 582 Pixel
- » Extrem hohe Ausgabeauflösung mit 540 TV-Linien
- » Sehr empfindliches Vario-Objektiv 4...9 mm mit Auto-Iris (F=1.8) mit wettergeschützter Einstellmöglichkeit von außen
- » Bis zu 50 m reichender IR-Scheinwerfer mit 56 IR-LEDs
- » Automatisch umschaltendes Tag-/Nacht-Filter für perfekte Anpassung an die Beleuchtungsbedingungen
- » Spezielles Gehäusedesign mit wasserdichtem Platz für Stromversorgung und Kabel
- » Getrennte Schutzscheiben für Objektiv und IR-Scheinwerfer – verhindert interne Reflexionen und Eigenblendungen des Objektivs durch den IR-Scheinwerfer
- » Hohe Ausfallsicherheit des IR-Scheinwerfers – bei Ausfall einzelner LEDs erfolgt kein Abdeckungsverlust des Beobachtungsfeldes
- » Gleichmäßige Infrarot-Ausleuchtung des gesamten Beobachtungsfeldes ohne Abschattung
- » Sehr stabiles Aluminiumgehäuse, wetterfest und wasserdicht
- » Mit UVV-Kassen-Zertifikat für besonders hohe Zuverlässigkeit

Technische Daten: OC-1				
CCD-Bildsensor 1/3", Panasonic D5	Bildpunkte 753 x 582	Auflösung 480 TV-Linien	Mindestlichtstärke 0,5/0 Lux (F=2.0)	Auto-Shutter 1/60 bis 1/100.000 s
Video-Ausgang 75 Ω (1 Vss)	Videonorm PAL	Betriebsspannung 12 Vdc	Stromaufnahme 270 mA (IR an) 90 (IR aus)	Abmessungen ø x L 70 x 151 mm

Technische Daten: OC-2				
CCD-Bildsensor 1/3" Sony HAD	Bildpunkte 752 x 582	Auflösung 540 TV-Linien	Mindestlichtstärke 0,25/0 Lux (F=1.2)	Auto-Shutter 1/50 bis 1/100.000 s
Video-Ausgang 75 Ω (1 Vss)	Videonorm PAL	Betriebsspannung 12 Vdc	Stromaufnahme 670 mA (IR an) 190 mA (IR aus)	Abmessungen ø x L 90 x 235 mm

OC-2
€ 369,⁹⁵
 83-723-64



Unser Partner für Wiederverkäufer, Errichter und Installateure:

SECURITY-Discounter.de
 powered by **ELV**

Top-Service

- Kompetente Beratung
- Projekt-Unterstützung
- Installationshinweise

Übersichtlich

- Alle Artikel online
- Großes Serviceportal
- Anwendungs-Beispiele

Tolle Konditionen

- Rabatte
- Kein Mindest-Bestellwert
- Lieferung ab 1 Stück

www.security-discounter.de

Stiftung
Warentest

test



GUT (1,8)

Bestes Gerät im Test

Im Test:
7 programmierbare
Heizkörper-Thermostate
Ausgabe 5/2008

Energiekosten zu hoch?

Geld sparen mit dem **Testsieger!**

Einzelraumregelung ohne Netz und Kabel Funk-Heizkörper-Thermostat FHT 80b

Angenehme Wärme, besserer Wohnkomfort und Energie sparen!
Funk-Heizkörperregelungs-Systeme bieten zahlreiche Vorteile gegenüber herkömmlichen Thermostaten. Durch den Batteriebetrieb sind keine Kabel und kein Netzanschluss erforderlich. Das Bedienteil kann vom Heizkörper entfernt an einer günstigen Stelle positioniert werden, so dass die Temperatur „ordentlich“ erfasst wird und sich eine angenehme, gleichmäßige Raumtemperatur einstellt. Ein für jeden Tag einfach anpassbares Wochenprogramm regelt die Wärme für jeden Raum nach Ihren persönlichen Nutzungsgewohnheiten. Der Austausch des alten Ventilkopfes gegen den elektronischen Stellantrieb ist kinderleicht ohne Werkzeug möglich. Für die gängigsten Heizkörper liegt ein Adapter bei.

- » Max. Wärmekomfort – min. Energieverbrauch
- » Thermostat entkoppelt vom Stellantrieb, dadurch keine Messwertverfälschung (misst im Raum, nicht am Heizkörper!)
- » Ohne Netz und Kabel » einfache Installation
- » Steuert bis zu 8 Heizkörper pro Raum
- » Individuell programmierbare Tages-/Wochenprogramme mit klaren Menüstrukturen
- » Einfache Bedienung, vorprogrammiert
- » Thermostat vom Wandhalter per Schnellverschluss abnehmbar
- » Modernes Design mit großem Display, bequeme Eingabe-/Abfrage-Funktion mittels zentralem Steuerrad
- » Komplett mit Tür-/Fenstermelder – noch effizienter durch automatische Absenkung der Heizungstemperatur im Raum beim Öffnen eines Fensters oder einer Tür (z. B. Terrassentür)
- » Bis zu 4 Funk-Tür-/Fenstermelder je Raum, zusätzliche oder vorhandene Kontakte anschließbar
- » Wahlweise Einzelraumregelung oder Einbindung in das bidirektionale Steuersystem der Funk-Hauszentrale FHZ 1000



Unkomplizierte Montage – einfach den normalen Thermostaten gegen Funk-Stellantrieb tauschen

ELV ist Partner der
Klimaschutzkampagne ~~CO₂~~



Automatische Absenkung der Temperatur bei geöffnetem Fenster

Tür-/Fensterkontakt
FHT 80 TF

FHT 80b

Set
€ 94,95
83-576-98



Elektronischer Ventilantrieb
FHT 8V – passt an fast alle Ventile
(Adapter mitgeliefert)

Einzelraumregler FHT 80b,
zentralenfähig



Die praktischen Raumregler-Sets

FHT 80b Set 1:
1 Raumregler FHT 80b, 1 Stellantrieb, 1 Tür-/
Fenstermelder FHT 80 TF, Batterien
83-576-98 € 94,95

Funk-Stellantrieb
83-576-44 € 36,95

FHT 80b Set 2:
1 Raumregler FHT 80b,
1 Funk-Stellantrieb
83-576-97 € 72,95

Tür-/Fenstermelder
FHT 80 TF inkl. Batterien
83-576-99 € 33,95

Kleiner Bruder – FHT 8

Der Funk-Heizkörper-Thermostat für die Einzelraumregelung von bis zu 8 Heizkörpern im Raum. Wie FHT 80b, jedoch ohne Zentralen- und Tür-/Fenstermelder-Anbindung.

Set:
1 Bedienteil, 1 Stellantrieb mit Adapterset,
1 Satz Batterien
83-576-45 € 65,-