



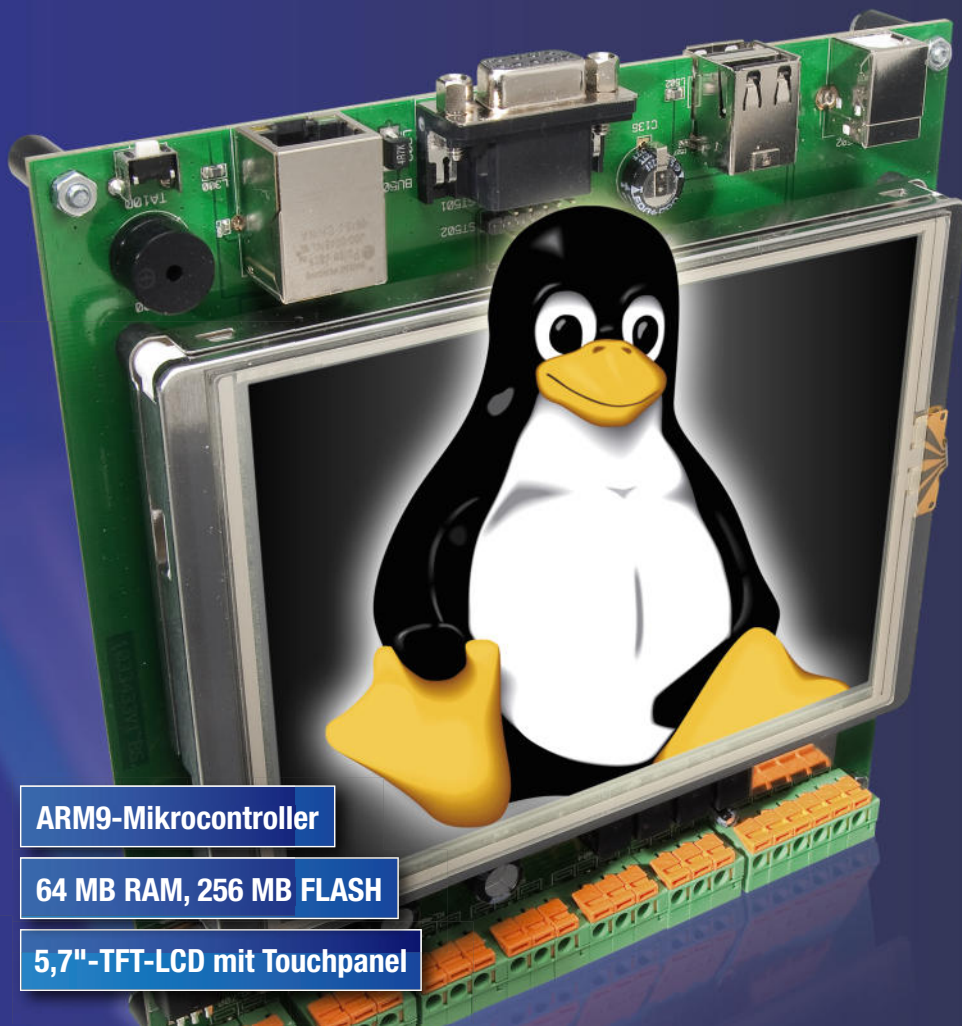
# ELV journal

## Mehr Wissen in Elektronik

LINUX-Entwicklungsplattform

## Linux-Control-Unit

Hard- und Software-Plattform für embedded LINUX



ARM9-Mikrocontroller

64 MB RAM, 256 MB FLASH

5,7"-TFT-LCD mit Touchpanel

### Freizeit



**Ortungspieper für Modellbau**  
„Entflogene“ Flugmodelle einfach wiederfinden – mit Beschleunigungssensor, unabhängig von der RC-Anlage  
S. 16

### Messtechnik



**Serieller SD-Datenlogger**  
Komfortabler und mobiler Datenlogger, schreibt alle Daten einer RS232/EIA232/TTL-Schnittstelle inklusive Zeitstempel auf eine microSD-Karte  
S. 27

## Weitere Highlights aus unseren Technik-Themen:

- > Mini-USB-UART-Umsetzer **S. 35**
- > Solar-Boost-Converter **S. 6**
- > BlueID für HomeMatic **S. 58**
- > Netzwerk-Steckdosenleiste **S. 10**
- > Touch Control **S. 70**
- > Elektronischer Gedächtnistrainer **S. 66**



# Innovative Kameras



## Aufmerksamer Beifahrer – Kfz-Video-Aufzeichnungssystem CarCamOne V2

Kompakt und leicht:  
nur 40 x 80 x 14 mm, nur 37 g

**NEU:** mit Zeitstempel für  
Datum und Uhrzeit

Ideal auch für Aufzeichnungen bei Motorsport-Wettbewerben  
oder für Ihr Urlaubs-Videoalbum



€ 69,-



Im Straßenverkehr gibt es oft Situationen, in denen eine Dokumentation nützlich wäre, z. B. um ein Unfallgeschehen zu dokumentieren.

Das ist jetzt besonders einfach möglich mit der „CarCamOne V2“. Einfach per mitgeliefertem Montagefuß z. B. auf dem Armaturenbrett montieren, an die Bordnetzsteckdose anschließen, Kamerakopf optimal auf die Straße ausrichten – fertig! Die Aufzeichnung erfolgt in unendlichen 8-Minuten-Schleifen oder als kontinuierliche Aufnahme. Dank eingebauten Akkus auch außerhalb des Fahrzeugs einsetzbar!

- Kamerakopf 90° schwenkbar
- Auflösung 680 x 480 Pixel
- Aufnahmeentfernung 0,3 m bis ∞
- **NEU:** Aufzeichnung in Echtzeit (28 Bilder/s) in Farbe
- Aufzeichnung auf SD-Karte (min. 1-GB-, max. 8-GB-SD-Karte)
- Pro Minute Aufzeichnung werden 50 MB Speicher benötigt

Lieferung mit 12-V-Bordnetz-Spiralkabel, auf 1,8 m ausziehbar

**22 % reduziert: Sie sparen € 20,-**  
**CarCamOne V2**  
JB-892-89 € 89,- € 69,-

**Gleich mitbestellen:**  
**SanDisk SDHC-Karte 4 GB**

JB-715-74 Tagespreis\* € 12,95

\* Tagesaktuelle Speicherpreise: [www.speicherkarten.elv.de](http://www.speicherkarten.elv.de)



## Filmt auch im Dunkeln – Taschenlampe mit Mini-Camcorder

Eine normale LED-Taschenlampe? Auf den ersten Blick schon, zumal sie auch ganz normal als solche benutzt werden kann. Aber hinter den Kulissen arbeitet ein Hightech-Camcorder, der die Bilder der eingebauten Kamera sogar im Dunkeln auf eine microSD-Speicherkarte aufnimmt.

Auf eine 1-GB-SD-Karte können Sie so

1,5 Stunden Videomaterial aufzeichnen. Eine IR-LED sorgt für auswertbare Kamerabilder auch bei Dunkelheit, und ein eingebauter Ladeadapter für stete Bereitschaft des internen Akkus.

- Robustes Aluminiumgehäuse mit integriertem Akku und 12-V-Ladegerät
- Mini-CMOS-Farbkamera, Auflösung 640 x 480 Pixel

- Speicherung als hochwertige MPEG-4-Aufnahme auf microSD-Karte bis 8 GB
  - LC-Display für Statusanzeige
- Abm. (Ø x L): 32 x 110 mm

**Taschenlampe mit Mini-Camcorder**

JB-941-13 € 59,95



€ 59,95



**Gleich mitbestellen:**

**microSDHC 4 GB Class 4**

JB-895-12 Tagespreis\* € 10,95



## Superklein, robust und vielseitig – Mini-Kamerarecorder „MiniDV“



€ 44,95

Die Mini-Farb-Kamera-Digitalrecorder-Kombination mit den vielen Talenten – als Action- oder Spycam unterwegs genauso einsetzbar wie als Video-Reisetagebuch, als Chat- oder PC-Kamera und auch als Überwachungskamera!

Mit dem praktischen Befestigungsclip ist die im robusten Metallgehäuse untergebrachte Kamera schnell überall angebracht, z. B. am Gürtel, am Helm usw.

- CMOS-Sensor mit 2 Mio. Pixel
- Aufzeichnung mit 30 Bildern/Sek., Auflösung 640 x 480, AVI-Format
- Empfindliches Objektiv, gute Bilder auch bei wenig Licht
- Card-Slot für microSD bis 2 GB, microSDHC bis 8 GB
- Integrierter Li-Ion-Akku für bis zu 2 Stunden Betrieb

- Automatische Aufnahme bei Geräuschen möglich, ideal z. B. für Zimmerüberwachung
- Integriertes Mikrofon
- USB-2.0-Port für Datentransfer
- Akku-Laden und Betrieb als Webcam

Superkleine Abm. (B x H x T):  
nur 21 x 56 x 20 mm!

**Mini-Kamerarecorder**

JB-883-97 € 44,95

**Gleich mitbestellen:**

**microSDHC 4 GB Class 4**

JB-895-12 Tagespreis\* € 10,95





## Alles im Blick und sicher abgespeichert – Video-Brille mit SD-Recorder EAGLE-I EASY



In dieser an sich normalen Sonnenbrille steckt eine komplette Kamera-Aufzeichnungsanlage: Mini-Farb-Kamera mit SD-Recorder!

Die ideale Ausrüstung für Ihre Outdoor-Abenteuer, denn Sie haben die Hände frei und die Aufnahme erfolgt authentisch aus Ihrer Blickrichtung! Keine Kabel – volle Bewegungsfreiheit! Supereinfache Bedienung: Aufnahme starten und stoppen – der Rest läuft automatisch. Dabei ist die Unisex-Sonnenbrille im mo-

dernen Hochglanz-Finish mehr als nur der Träger für Kamera und Recorder, sie verfügt über polarisierte Qualitäts-Markengläser und bietet echten Sonnenschutz. Die Video- und Audioaufnahme erfolgt in hoher Qualität auf einer microSD-Speicherkarte, die am PC, Kartenleser, Bilderrahmen und anderen Mediaplayern mit Videofunktion ausgelesen werden kann. Auch der einfache Direktanschluss an einen PC ist möglich, es ist kein Treiber oder extra Programm erforderlich – ein-

fach AVI-Daten vom PC-Mediaplayer aus wie ein beliebiges externes Laufwerk auslesen und/oder archivieren!

- Mikro-Kamera ø 3,6 mm
- Auflösung 720 x 480 Pixel, AVI, 30 fps
- Aufnahmezeit: ca. 1,5 Stunden
- microSD-Card-Slot, bis 16 GB
- LiPo-Akku, per USB aufladbar
- Leicht: nur 48 g

Video-Brille  
JB-941-12 € 69,95



Gleich mitbestellen:  
microSDHC 4 GB Class 4  
JB-895-12 Tagespreis\* € 10,95\*

\* Tagesaktuelle Speicherpreise: www.speicherkarten.elv.de



## Die All-in-One-Lösung für Ihre Video-Action – Action-Recorder-Set AR 3.6



Einfach die Mini-Kamera am Bike, Fahrrad, Auto, der Kleidung oder am Helm befestigen, Recorder in die Tasche, und los geht es!

Die Aufnahmen der superschlanken Kamera können entweder live am integrierten 6,3-cm-Bildschirm betrachtet oder/und auf SD-Karte aufgenommen und später ausgewertet werden. Der leistungsstarke Akku ermöglicht den mobilen Betrieb über bis zu 5 Stunden, eine integrierte Uhr zeichnet die Aufnahmezeiten auf und verschiedene Aufnahmemodi machen u. a. auch den Einsatz als Langzeit-Überwachungsrecorder möglich.

- Abgesetzte Mini-Farbkamera (ø 17, Länge 74 mm), Auflösung 720 x 480 Pixel, Echtzeit-Aufnahme (30 fps)
- Anti-Verwacklungs-Technik für ruhige Aufnahmen
- 128 MB interner Speicher, aufrüstbar

mit SD-Karte bis 32 GB

- Mehrere Aufnahmearten, u. a. Aktivierung durch Bewegung, Endlosaufnahme, Zeitstempel, Audioaufnahme
- USB-2.0- und A/V-Anschluss für externe Bildübertragung
- Einsetzbar als Mediaplayer für Video, Bilder, Musik
- Programmierbare Abschaltautomatik

Lieferung mit 1400-mAh-Li-Ion-Akku, A/V-/USB-Kabelset, Netzladegerät, Fahrrad-/Motorrad-Halterung, Schwenk-Halter, z. B. Kfz-Montage, Armgurt

Action-Recorder-Set  
JB-895-06 € 199,95

Gleich mitbestellen:  
hama SDHC-Karte 8 GB  
JB-825-92 Tagespreis\* € 17,50

\* Tagesaktuelle Speicherpreise: www.speicherkarten.elv.de



## Perfekt für Tauchgang, Modellflug, Action – wasserdichte Mini-Recorderkamera



Ganze 19 mm Durchmesser und 68 mm Länge, nur 22 g – aber komplett mit Farbkamera, Mikrophon, LiPo-Akku und 4-GB-Videospeicher!

Die kleine Farbkamera zeichnet mit einer Akkuladung bis zu 2 Stunden auf den internen Speicher auf.

Via USB können die Aufzeichnungen blitzschnell auf einen PC geladen werden. Und der (oder eine andere USB-Stromquelle) lädt den Akku auch wieder auf.

- 1,3-Megapixel-Farbkamera, Ausgabeauflösung 640 x 480, AVI, 30 Bilder/Sekunde (fps)
- Schutzklasse IP 68, Tauchtiefe ohne/mit Mikrophon 20 m/1 m
- LiPo-Akku, 280 mAh
- Integr. Flash-Speicher 4 GB
- Interne, per PC stellbare Systemuhr (Zeit-/Datumsstempel)

Kompatibel mit MS Windows 2000/XP/Vista/7

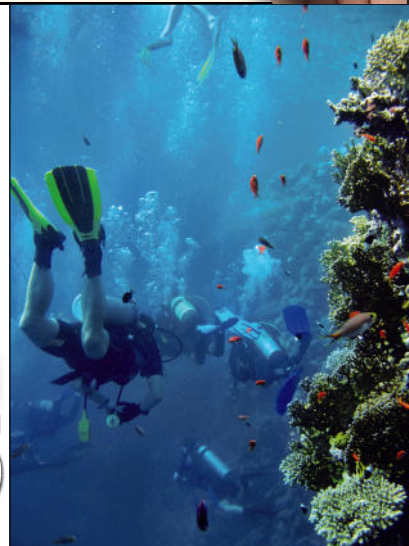
### Lieferumfang:

Mini-Kamera mit Halterungs- und Befestigungssatz für universelle Anbringung, Mikrophon-Abdeckkappe, USB-Kabel

Mini-Recorderkamera  
JB-899-85 € 79,95



Wasserdicht bis 20 m (IP 68)



## Audio-/Videotechnik

**RDS100 UP – das Radio für die Unterputzdose, Teil 2**

Komplettes und bequem per Touchcontrol bzw. FS20-Fernbedienung bedienbares RDS-Radio für den Einbau in UP-Schalterdosen Seite 48

40

**Elektrische Leistung hochauflösend messen – Energy Analyzer EA 8000, Teil 2**

Hochgenau und hochauflösend elektrische Leistung messen – der EA 8000 erfüllt höchste professionelle Anforderungen an die Leistungsmessung nach den aktuellen EU-Energiesparverordnungen

27

**Serieller Datenlogger für microSD-Speicherkarten**

Ein leistungsstarker Datenlogger, der alle Daten einer RS232- bzw. TTL-Schnittstelle auf einer microSD-Karte inklusive Zeitstempel speichert

## Audio-/Videotechnik

RDS100 UP –  
das Radio für die Unterputz-Schalterdose, Teil 2 48

## So funktioniert's

Sat-ZF-Verteilung über Lichtwellenleiter 20

## Stromversorgung

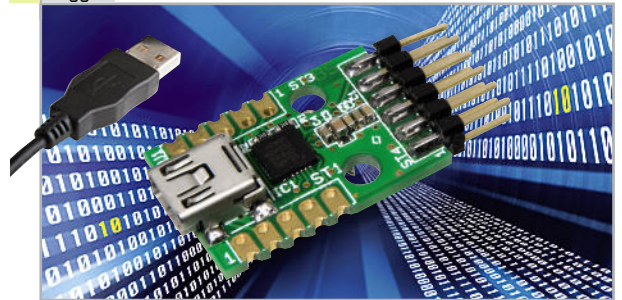
Solar-Boost-Converter SBC 300 6

70

**Touch Control TC8**

Moderne und vielseitig einsetzbare Bedieneinheit mit acht kapazitiv arbeitenden Tastflächen und universell konfigurierbaren Schaltausgängen

35

**Kompakt umgesetzt – Mini-USB-UART-Umsetzer**

Kompaktes und durch vielseitige Anschlussmöglichkeiten leicht in eigene Anwendungen integrierbares USB-UART-Modul zur einfachen Anbindung von Mikrocontrollern an USB

77



Titelbild: HiSystems/ perspectiveAerials

**Mit Hightech in die Luft gehen  
Wenn Chips fliegen lernen – Multikopter**

Multikopter sind der neue Star am Modellflughimmel – sie fliegen mit jeder Menge Hightech an Bord inklusive GPS und fernsteuerbarer Fotoausrüstung

## Haustechnik

BlueID – das Handyschlüsselbund für HomeMatic® 58

Touch Control TC8 70

## PC-Technik

Netzwerk-Steckdosenleiste IP-SL32 10

Mini-USB-UART-Umsetzer 35

Linux-Control-Unit LCU 1 62



20

**Sat-ZF-Verteilung über Lichtwellenleiter**

Die Alternative zum klassischen Koax-Kabel in der Sat-Hausverteilung – über große Strecken dämpfungsarme und flexibel verlegbare Lichtwellenleiter. Dazu eine Vorstellung der technischen Systeme

16



**Damit nichts verloren geht – Ortungspieper für Modellbau**

Unabhängig von Modellart und Fernsteuerung funktionierender Ortungspieper, z. B. für verloren gegangene Modellflugzeuge. Technische Grundlage: ein hochempfindlicher 3-Achsen-Beschleunigungssensor

54

**AVR von Anfang an – Lernpaket Mikrocontrollertechnik mit BASCOM**

Das Franzis-Lernpaket bietet alles, was man zum Einsteiger und zur Beschäftigung mit AVR-Controllern benötigt, und führt Schritt für Schritt hin bis zu komplexen Programm-Applikationen

10

**Netzwerk-Steckdosenleiste IP-SL32**

Elektrische Geräte bequem via Netzwerk oder gar Internet aus der Ferne schalten – diese Aufgabe lässt sich mit der 5fach-IP-Steckdosenleiste mit zusätzlichem Automatik-Timer einfach lösen

62

**Universal-embedded Linux-Plattform**



**Linux-Control-Unit LCU 1**

Die komplett ausgestattete und universell einsetzbare Entwicklungs- und Applikations-Plattform auf ARM-Controller-Basis mit „embedded Linux“ als Betriebssystem

66

**Elektronischer Gedächtnistrainer SE200**

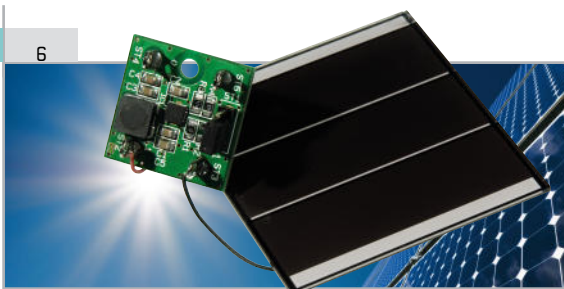
Kleines Gedächtnistrainerspiel mit AVR-Controller, Programmier-Schnittstelle und offen gelegtem Quellcode – die ideale Grundlage für eigene Programmierübungen

58

**BlueID – Handyschlüsselbund für HomeMatic®**

Einfach Tür und Tor per verschlüsselter Handyverbindung öffnen – BlueID ermöglicht dies über die HomeMatic-Hauszentrale, u. a. mit ausgeklügeltem Zugangsmanagement

6



**Solar-Boost-Converter SBC 300**

5 V aus nur 0,3 V! Der neue Step-up-Konverter liefert 5 V und Strom bis 300 mA bereits aus einer Solarzelle oder einer Akku-/Batteriezelle

**Freizeit**

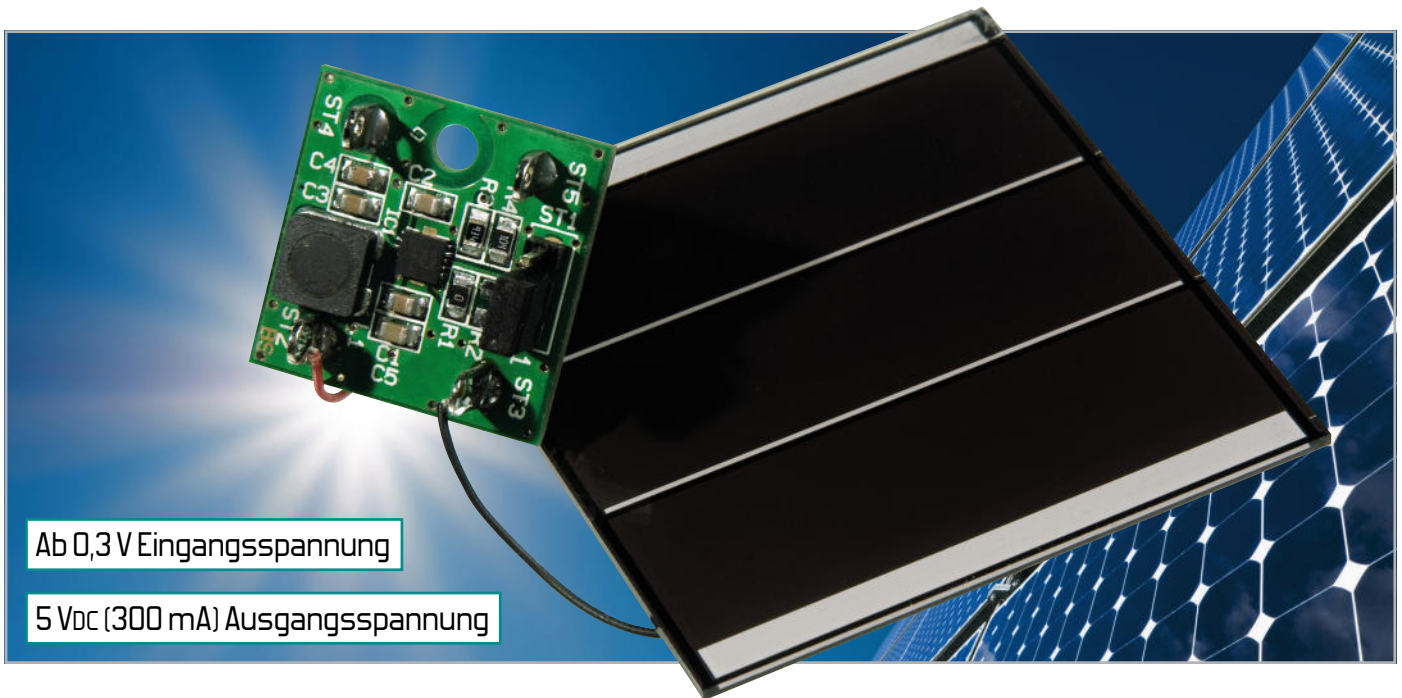
Ortungspieper für Modellbau OPM1	<b>16</b>
Lernpaket Mikrocontrollertechnik mit BASCOM	<b>54</b>
Elektronischer Gedächtnistrainer SE200	<b>66</b>
Mit Hightech in die Luft gehen Wenn Chips fliegen lernen – Multikopter, Teil 2	<b>77</b>

**Messtechnik**

Serieller Datenlogger für microSD-Speicherkarten	<b>27</b>
Energy Analyzer EA 8000, Teil 2	<b>40</b>

**Rubriken**

Die Neuen	<b>84</b>
Bestellhinweise, Kundendienst, Impressum	<b>113</b>
Vorschau auf die nächste Ausgabe	<b>114</b>



Ab 0,3 V Eingangsspannung

5 Vdc (300 mA) Ausgangsspannung

## Solar-Boost-Converter SBC 300

Dieser kleine Aufwärtswandler ist mit einem „Power-Management-IC“ von Texas Instruments realisiert, der bereits mit einer Eingangsspannung von 0,3 V arbeitet und nur 0,5 V zum Anlauf benötigt. Damit lassen sich neben Einzelzellen (Alkaline, NiMH) auch alternative Energiequellen wie Solar-Einzelzellen oder Mikrobrennstoffzellen effizient zur Spannungsversorgung nutzen. Der Wandler liefert am Ausgang stabilisiert 5 V, kann aber auch an andere Ausgangsspannungen angepasst werden.

### Allgemeines

Texas Instruments liefert den DC/DC-Boost-Wandler mit der z. Zt. niedrigsten Eingangsspannung am Markt (0,3 V) und einem maximalen Wirkungsgrad von über 90 %. Dieser Miniaturbaustein mit den Abmessungen von 3,25 x 3,25 mm kommt in unserem Solar-Boost-Converter SBC 300 zum Ein-

satz, dessen Ausgangsspannung fest auf 5 V eingestellt ist. Da die Ausgangsspannung durch einen Widerstandsteiler vorgegeben wird, kann die Schaltung bei Bedarf auch an andere Ausgangsspannungen im Bereich zwischen 1,8 V und 5,5 V angepasst werden.

Eingangsspannungen sind im Bereich zwischen 0,3 V und 5,5 V zulässig, wobei die Eingangsspannung nicht über der Ausgangsspannung liegen darf, d. h. bei 5 V Ausgangsspannung auch auf diesen Wert begrenzt ist (ansonsten steigt die Ausgangsspannung auf den Wert der Eingangsspannung). Mit diesen außergewöhnlichen Daten lassen sich nun interessante Energiequellen kleiner Leistung zur Spannungsversorgung nutzen.

Der verwendete Baustein ist aber ausschließlich in einer besonders kleinen SMD-Ausführung erhältlich und von Hand kaum noch zu verarbeiten. Abbildung 1 zeigt das reale IC im Größenvergleich zu einer Bleistiftspitze. Mit unserem kleinen Modul erschließt sich dieser SMD-Baustein (TPS 61200) nun auch für den Hobby-Anwender und viele weitere interessante Aufgaben. Die kompletten Modulabmessungen mit externer Beschaltung betragen nur 21 x 21 mm (Abbildung 2), so dass die Unterbringung des Moduls in den meisten Anwendungen kein Problem ist, und eine Platinenbohrung kann zur Befestigung genutzt werden.

Natürlich ist eine effiziente Energienutzung nur möglich,

### Technische Daten: SBC 300

Eingangsspannung:	0,3–5 Vdc (nicht höher als die Ausgangsspannung)
Ausgangsspannung:	5 Vdc (mit einem Spannungsteiler konfigurierbar)
Ausgangsstrom:	max. 300 mA (abhängig von der Eingangsspannung)
Eigenstromaufnahme:	<55 uA
Wirkungsgrad:	bis >90 % (lastabhängig)
Power-Save-Modus:	abschaltbar
Eingangsspannungsüberwachung:	optional mit einem Spannungsteiler konfigurierbar
Temperaturschutzschaltung:	chipintern
Abmessungen:	21 x 21 mm



wenn der Eigenverbrauch des Spannungswandlers entsprechend gering ist. Der Eigenverbrauch des Bausteins ist mit  $<55 \mu\text{A}$  spezifiziert, so dass mit einer einzigen Alkaline-Mignon-Batterie ein ununterbrochener Betrieb des Wandlers über 5 Jahre möglich ist.

Mit diesem Modul lässt sich die Kapazität von Alkaline-Einzelnzellen optimal nutzen und es ist wirklich eine vollständige Entladung der Zellen möglich (Abbildung 3).

Über einen Codierstecker (ST 1) kann ein Power-Save-Modus wahlweise aktiviert oder deaktiviert werden, der die Effizienz bei geringer Ausgangslast weiter erhöht. Im Power-Save-Modus stoppt der Wandler, wenn der Strom durch die Speicherdrossel unter 300 mA sinkt und die Ausgangsspannung den Soll-Wert erreicht hat. Im Power-Save-Modus muss allerdings ein höherer „Ausgangsripple“ in Kauf genommen werden. Wie sich der Wirkungsgrad mit der Power-Save-Funktion verändert, ist in Abbildung 4 und 5 zu sehen.

Da der maximale Ausgangsstrom des Moduls von der Eingangsspannung abhängig ist, kann es in Abhängigkeit von

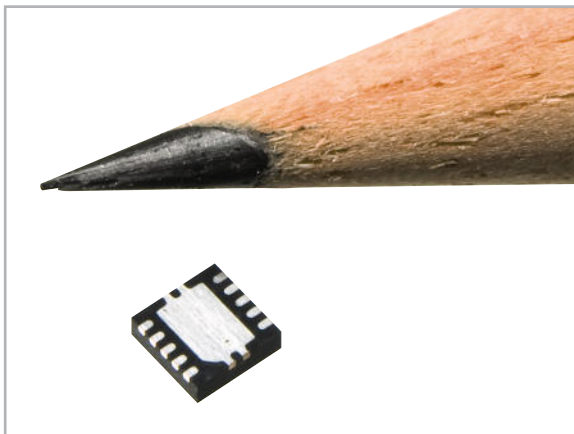


Bild 1: Abmessungen des TPS 61200 im Vergleich zu einer Bleistiftspitze

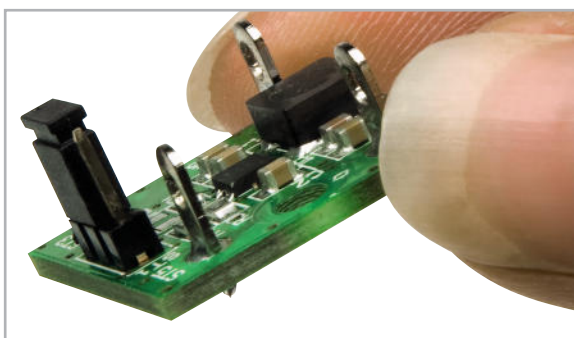


Bild 2: Die Abmessungen des kompletten Spannungswandlers betragen nur 21 x 21 mm.



Bild 3: Zur Speisung des Spannungswandlers können optimal ein oder zwei Alkaline-Zellen genutzt werden.

der Anwendung auch sinnvoll sein, das Modul mit zwei in Reihe geschalteten Zellen zu versorgen. Bei Eingangsspannungen  $>2,4 \text{ V}$  kann das Modul bis zu 300 mA Ausgangsstrom liefern. Eine integrierte Temperatur-Schutzschaltung schützt den Baustein vor Überhitzung.

Mit Hilfe eines Spannungsteilers (R 1, R 2) kann auf Wunsch eine Spannungsschwelle für die Unterspannungserkennung am Eingang eingestellt werden. Der Baustein wird in den „Stand-by-Modus“ geschaltet, wenn die Eingangsspannung an diesem Pin unterhalb 0,25 V sinkt.

Das Modul ist geradezu prädestiniert für den Einsatz an Solar-Einzelnzellen, da diese die maximale Leistung beim Betrieb im optimalen Arbeitspunkt abgeben, der bei ca. 0,5 V liegt. Schaltungstechnisch muss dann natürlich eine Arbeitspunktregelung vorhanden sein.

Es ist unbedingt zu beachten, dass die maximale Eingangsspannung auf 5,5 V begrenzt werden muss, bzw. die Solarzelle auch unter maximalen Lichtbedingungen keine höhere Spannung abgeben darf.

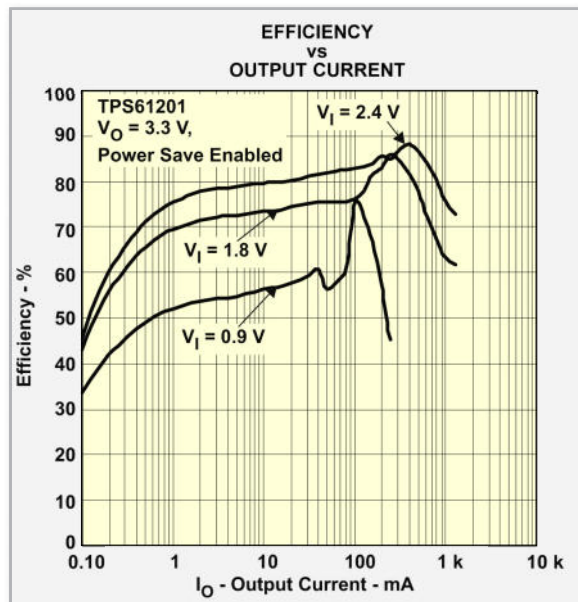


Bild 4: Wirkungsgrad mit „Power-Save“-Funktion

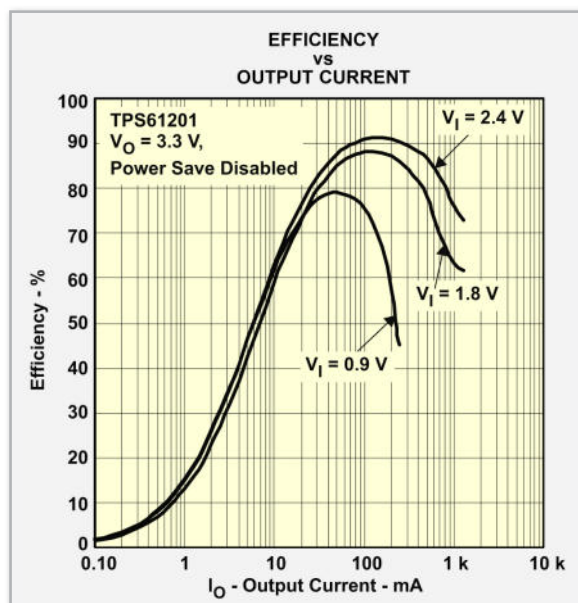


Bild 5: Wirkungsgrad mit deaktivierter „Power-Save“-Funktion

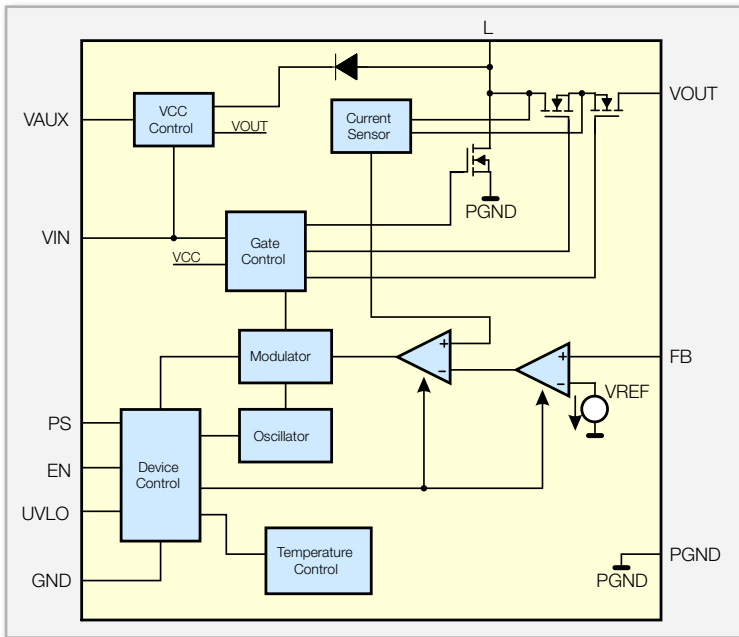


Bild 6: Interne Struktur des TPS 61200

## Schaltung

Wie das Blockschaltbild in Abbildung 6 zeigt, sind sämtliche erforderlichen Stufen für die Realisierung eines hocheffizienten Schaltreglers im TPS 61200 integriert. Neben einer Speicherdrossel werden an externer Beschaltung nur noch wenige Widerstände und Kondensatoren benötigt. Die komplette Schaltung unseres „Step-up-Wandlers“ ist in Abbildung 7 dargestellt. An ST 2 und ST 3 wird dem Modul die Eingangsspannung zugeführt, die z. B. von einer einzelnen Alkaline-Batterie oder einer Solarzelle kommen kann. Mit C 1 erfolgt eine erste Pufferung, und direkt vom Eingang gelangt die Spannung auf Pin 5 des Schaltregler-Bausteins IC 1 und auf die Speicherdrossel L 1. Die grundsätzliche Arbeitsweise des Bausteins entspricht einem typischen „Step-up-Wandler“, wobei neben der Steuerung auch der FET-Schalttransistor im IC integriert ist. Neben dem integrierten Schalttransistor ist

die Speicherdrossel L 1 eine wesentliche Komponente des Schaltreglers. Wie im Blockschaltbild und Hauptschaltbild zu sehen, ist die Speicherdrossel direkt mit dem Eingang und dem Schalttransistor verbunden.

Die Ausgangsspannung des integrierten FETs gelangt von Pin 2 des Bausteins (Vout) zum Speicherkondensator, der aus den beiden parallel geschalteten SMD-Keramik-Kondensatoren C 3 und C 4 besteht. Dieser Anschluss ist auch gleichzeitig gegenüber Schaltungsmasse der Ausgang des Wandlers (ST 4 gegen ST 5).

Direkt vom Ausgang wird der mit R 3 und R 4 aufgebaute Spannungsteiler gespeist, dessen Mittelabgriff wieder auf den „Feedback“-Pin des Regler-ICs geführt wird. Der Spannungsteiler bestimmt die Ausgangsspannung, und die Schaltung ist ausgeregelt, wenn an Pin 10 des ICs 500 mV anliegt. Nach folgender einfacher Formel kann die Ausgangsspannung der Schaltung berechnet werden:

$$R3 = R4 \cdot \left( \frac{V_{out}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

C 1 dient zur Pufferung der Eingangsspannung und die Kondensatoren C 2 und C 5 zur allgemeinen Stabilisierung und zur Störunterdrückung.

Wie bereits erwähnt, verfügt der Baustein über eine Unterspannungserkennung, die in unserer Grundkonfiguration nicht genutzt wird, da der entsprechende Eingang (Pin 7) über den 0-Ω-Widerstand R 1 mit der Eingangsspannung verbunden ist. Sobald die Spannung an Anschluss 7 unterhalb von 250 mV abfällt, wird der Schaltwandler zwangsweise in den „Stand-by-Modus“ versetzt. Mit einer entsprechenden Dimensionierung des Spannungsteilers, bestehend aus R 1 und R 2, kann optional eine Abschaltsschwelle definiert werden, die sich nach folgender Formel berechnet:

$$R1 = R2 \cdot \left( \frac{V_{in}}{V_{UVLO}} - 1 \right)$$

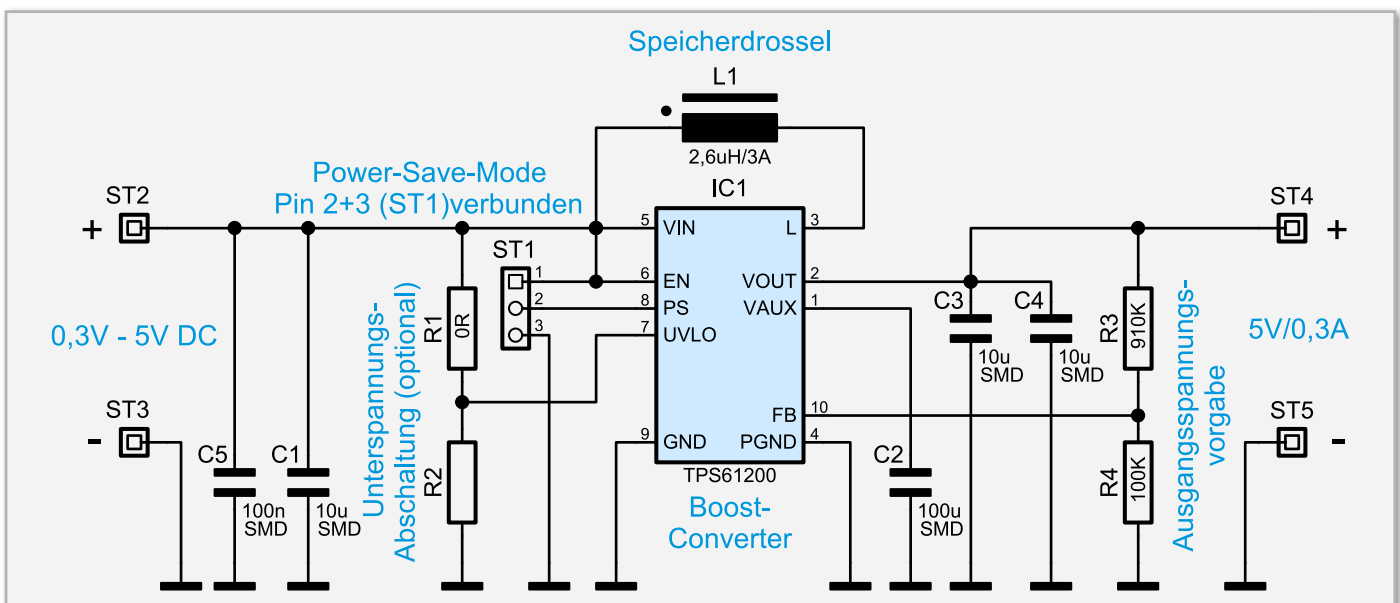
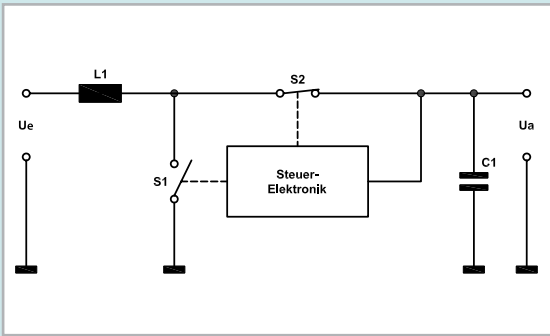


Bild 7: Schaltung des SBC 300



## Elektronikwissen – Step-up-Wandler



Die prinzipielle Funktionsweise eines „Step-up-Wandlers“ ist einfach und in der Prinzipschaltung dargestellt. Neben der Steuer-Elektronik besteht die Schaltung aus nur vier Grundelementen, bestehend aus einer Spule, zwei Schaltern und einem Speicherkondensator. Die Schalter sind in unserem Fall in Form von FET-Transistoren im TPS 61200

integriert und werden abwechselnd periodisch geschaltet. Ist der Schalter S 1 geöffnet und der Schalter S 2 geschlossen, so fließt vom Eingang über die Drosselspule L 1 und den Schalter S 2 ein Strom zum Ausgang des Wandlers. Der Kondensator C 1 lädt sich dadurch auf den Wert der Eingangsspannung auf, womit am Ausgang auch die niedrigst mögliche Ausgangsspannung ansteht.

Wird der Schalter S 1 geschlossen und der Schalter S 2 geöffnet, steigt der Strom durch die Drosselspule L 1 an und es wird Energie gespeichert. In der nächsten Schaltperiode öffnet wieder S 1 und S 2 wird geschlossen. Die an der Drossel anliegende Spannung addiert sich nun zu der Eingangsspannung U<sub>e</sub>. Der Ausgangskondensator wird entsprechend aufgeladen. Das periodische Umschalten erfolgt im schnellen Wechsel mit der Schaltfrequenz des Wandlers. Die Ausgangsspannung wird durch das Tastverhältnis, mit dem die Schalter (FETs) geschaltet werden, bestimmt.

Über den Codierstecker ST 1 kann Pin 8 des Bausteins (Power-Save-Modus) wahlweise mit der Eingangsspannung oder mit Schaltungsmasse verbunden werden. Bei einer Verbindung mit der Eingangsspannung ist der Power-Save-Modus aktiviert und wenn der Eingang auf Massepotential liegt, deaktiviert.

## Nachbau

Da alle SMD-Komponenten bereits werkseitig vorbestückt sind, stellt der praktische Aufbau trotz der winzigen Bauteile keine große Herausforderung dar. Von Hand zu bestücken sind nur noch die 4 Lötstifte mit Öse zum Anschluss der Ein- und Ausgangsleitungen und die 3-polige Stiftleiste ST 1 zur Aufnahme der zugehörigen Codierbrücke.

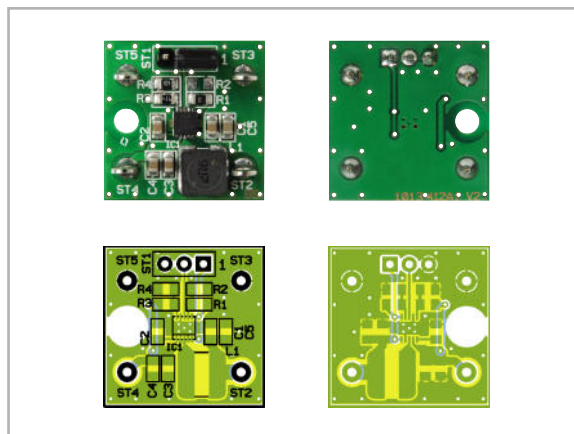
Die Lötstifte sind vor dem Verlöten stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen und dann an der Platinenunterseite sorgfältig festzusetzen.

Vorsicht, dabei können leicht Kurzschlüsse zur umgebenden Massefläche entstehen. Die 3-polige Stiftleiste muss vor dem Verlöten mit dem Kunststoffteil plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Nach dem Aufstecken des Codiersteckers in der gewünschten Position sind die Aufbauarbeiten bereits abgeschlossen und dem Einbau in der gewünschten Anwendung steht nichts mehr entgegen.

Für den Betrieb ist der Spannungswandler unbedingt in ein geschlossenes Gehäuse einzubauen, welches die Anforderungen an eine Brandschutzumhüllung erfüllen muss. Eine ausreichende Luftzirkulation ist sicherzustellen und sowohl der Eingang als auch der Ausgang sind entsprechend der Anwendung abzusichern.

## Hinweis:

Die Eingangsspannung darf bei einem klassischen „Step-up-Wandler“ niemals größer sein als die gewählte Ausgangsspannung.



Ansicht der fertig bestückten Platine des SBC 300 mit dem zugehörigen Bestückungsplan, links die SMD-Bauteilseite, rechts die Unterseite der Platine

## Stückliste: SBC 300

## Widerstände:

0 Ω/SMD/0805	R1
100 kΩ/SMD/0805	R4
910 kΩ/SMD/0805	R3

## Kondensatoren:

100 nF/SMD/0805	C2, C5
10 µF/SMD/0805	C1, C3, C4

## Halbleiter:

TPS61200DRC/SMD	IC1
-----------------	-----

## Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 2,6 µH/3 A	L1
Stiftleiste, 1x 3-polig, gerade, print	ST1
Jumper	ST1
4 Lötstifte mit Lötöse	ST2–ST5



## Netzwerk-Steckdosenleiste IP-SL32

Mit der Netzwerk-Steckdosenleiste stehen 5 Steckdosen zur Verfügung, die sich in 2 Gruppen (3+2) über das Netzwerk bzw. das Internet mit einem Web-Browser schalten lassen. Somit ist es möglich, von „jedem Ort der Welt“ aus beliebige heimische Verbraucher an- oder auszuschalten. Weiterhin ist ein Ausschalt-Timer in das robuste Gerät integriert, mit dem sich beide Steckdosengruppen unabhängig voneinander nach einer frei wählbaren Zeit selbstständig wieder abschalten.

### Aus der Ferne schalten

Angesichts der immer weiteren Verbreitung von Computernetzwerken, auch im privaten Bereich, ergibt sich für den Techniker die Herausforderung, die einmal hierfür (mit meist nicht unerheblichem Aufwand) zu installierende Infrastruktur möglichst weitgehend auszunutzen. Und da der Aufbau und der Betrieb von kleinen sowie einfach strukturierten Netzwerken im Gegensatz zum Zustand noch vor einigen Jahren heute auch vom technisch interessierten Laien beherrschbar ist, erschließen sich auch im Privatbereich immer neue Nut-

zungsmöglichkeiten neben der eigentlichen Aufgabe, Computerdaten zu transportieren. So ist es durchaus nicht unüblich, im Netzkabel Audio- und Videodaten zu führen, etwa von Überwachungskameras. Aber auch die eigentliche Netzwerkübertragung, die dank moderner, weitgehend selbst konfigurierender Technik einfach beherrschbar ist, findet immer mehr Anwendungen. So sind Web-Server in Überwachungskameras, ob drahtgebunden oder als WLAN-Kamera, heute bereits recht verbreitet. Und da ein moderner Web-Server heute nicht mehr viel größer ist als eine normale Netzwerkbuchse (Abbildung 1), ist solch ein Bauteil (ein WLAN-Modul ist kaum größer) recht einfach in eigene Geräte zu integrieren.

Für ambitionierte Elektroniker bietet ELV z. B. ein kleines Entwicklungssystem (Abbildung 2) mit einem solchen Server an, das die Einbindung in eigene Lösungen über mehrere Standard-Schnittstellen einfach macht. Auch das ELV EUG 100 („ELVjournal“ 5/2009) ist solch eine Anwendung,

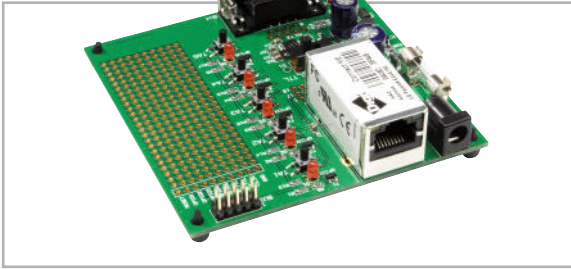
### Technische Daten: IP-SL32

Netzwerkschnittstelle:	RJ45, TCP/IP, Ethernet 10/100 Mbit/s
Betriebsspannung:	230 V/50 Hz
Eigen-Leistungsaufnahme:	0,7 W
Max. Schaltleistung je Kanal und gesamt:	3680 VA/16 A
Programmierbare Timer-Zeit:	1 sec bis 23 h : 59 min : 59 sec
Schutzklasse:	IP 20, für trockene Innenräume
Abm. (B x H x T):	462 x 47 x 74 mm
Netzkabel-Länge:	1,5 m

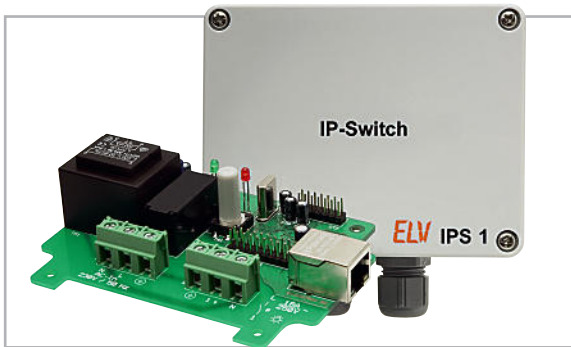


**Bild 1:** Modernste Web-Server sind nicht viel größer als eine Ethernet-Buchse, hier der Digi Connect ME® aus unserem WSEB1-Projekt.





**Bild 2:** Das Web-Server-Evaluation-Board WSEB1 von ELV verbindet Geräte und Mikrocontroller via Digi Connect ME® mit dem Netz.



**Bild 3:** Der LAN-IP-Switch IPS 1 ist die Lösung für stationäre Installationen.

die die Ethernet-Anbindung eigener Mikrorechner-Applikationen erlaubt.

Da liegt die Anwendung „Fernschalten“ natürlich nahe. Bereits vor drei Jahren haben wir dazu den IP-Switch IPS 1 (Abbildung 3) vorgestellt. Bei dem übernahm eine Kombination aus leistungsfähigem Mikrocontroller und einem speziellen Ethernet-Interface-Baustein die Aufgabe des Web-Servers. Wenn es nicht auf extrem platzsparenden Aufbau ankommt, hat diese Lösung einen ökonomischen Vorteil und man ist bei der Konfiguration der zu lösenden Aufgabe flexibler.

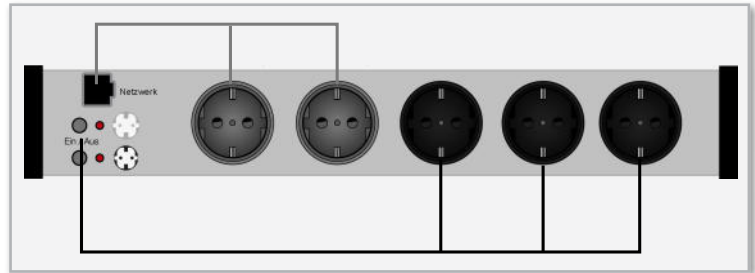
Was lag also näher, nach der Lösung mit dem IPS 1 als ortsfestem IP-Schalter ein noch kompakteres, mobiles und vielseitigeres Schaltgerät zu entwickeln? Ergebnis dieser Überlegung ist die IP-Steckdosenleiste IP-SL32. FS20-Bausatz-Kennern wird der Anblick bekannt vorkommen, ist die neue Steckdosenleiste doch kaum vom Pendant aus der FS20-Reihe zu unterscheiden, das von FS20-Funksendern auf zwei individuell programmierbaren Kanälen ansteuerbar ist. Lediglich die integrierte Ethernet- bzw. RJ45-Buchse fällt hier auf den ersten Blick auf.

### IP-SL32 – Funktion, Bedienung, Anwendung

Was ebenfalls auffällt, sind die beiden Steckdosengruppen, die sich jeweils getrennt ansteuern lassen. Zur einfachen Unterscheidung haben die Steckdoseneinsätze beider Gruppen unterschiedliche Farben, die sich auch bei der Taster-Bedienung wiederfinden (siehe Abbildung 4).

Die Steckdosenleiste lässt sich direkt am Gerät über Tasten oder aus der Ferne über einen Web-Browser bedienen. Alternativ kann der Benutzer ein C-Programm schreiben, welches er in eigene Programme einbinden kann. Hierzu später mehr.

Der aktuelle Schaltzustand wird durch rote LEDs, die jeweils an den Tastern angeordnet sind, dargestellt. In der Netzwerkbuchse sind ebenfalls zwei LEDs integriert. Eine gelbe,



**Bild 4:** Die jeweils zu einer Gruppe gehörenden Steckdosen und Bedientasten sind farblich markiert.

welche die Netzwerkaktivität anzeigt (Link/Act), und eine grüne, die über die Netzwerkgeschwindigkeit informiert (LED an: 100 Mbit/s, LED aus: 10 Mbit/s).

Insgesamt lassen sich an die Steckdosenleiste Lasten bis zu 3680 VA/16 A anschließen, das ist für Haupteinsatzgebiete wie Computer-Arbeitsplätze, A/V-Anlagen sowie die Beleuchtungs- und Gerätesteuerung ausreichend dimensioniert und entspricht der üblichen Absicherung von Steckdosen-Stromkreisen im Haushalt.

Die möglichen Anwendungen einer solchen Fernsteuerlösung sind sehr vielfältig. Als erste fällt einem sicherlich immer die ferngesteuerte An- und Abschaltung von (entfernter) Computerperipherie ein, etwa eines in einem anderen Raum stationierten Druckers. Auch der Fernstart von Servern oder Haustechnik- oder Datenerfassungs-Rechnern ist solch ein typisches Anwendungsgebiet. Gerade kleine, dezentral gelegene Rechner sind so leicht erreichbar. Bei kommerziellen Anwendungen ergeben sich durch eine solch einfache Erreichbarkeit auch positive Kosten- und Verfügbarkeitseffekte, etwa wenn man so den Steuerrechner einer weit abgelegenen Messstation bequem starten und abschalten kann.

Auch der Server bzw. ein NAS-Speicher in der eigenen Firma ist, sofern er nicht Tag und Nacht durchlaufen soll, auf diese Weise sehr einfach aus der Ferne erreichbar, falls man nach Feierabend darauf zugreifen muss. Umgekehrt kommt man so an den heimischen Rechner oder das NAS, wenn man im Betrieb Daten benötigt, die darauf liegen. Durch die Möglichkeit, mit der Netzwerk-Steckdosenleiste die angeschlossenen Verbraucher bedarfsgerecht fernschalten zu können, werden unnötige Betriebszeiten vermieden.

Aber es gibt für die Steckdosenleiste noch weit profanere Anwendungen, etwa das ferngesteuerte Schalten von Beleuchtungen, ob im Privatbereich oder im Geschäft. Genau so trifft dies auch auf andere elektrische Geräte zu. So kann man z. B. Klimageräte oder Heizungen schalten. Überhaupt kann man so Belüftungen situationsbedingt bequem ein- und ausschalten.

Schließlich noch eine Anregung für den heimischen Betrieb: Der Ambitionierte hat heute auch ein Netzwerkabel bzw. WLAN in allen Räumen, etwa, um vom Wohnzimmer aus im Internet surfen zu können oder via Media-PC/Player die A/V-Anlage zu versorgen. Mit der LAN-Steckdosenleiste ergibt sich so die einfache Möglichkeit, alle Geräte bequem via Netzwerk schalten zu können. So kann man das komplette Equipment bequem auf einen Mausklick abschalten. Das ist übrigens auch etwas für Vergessliche, denen es vielleicht erst auf der Arbeit einfällt, dass da zu Hause etwas noch nicht abgeschaltet war ...

## Installation

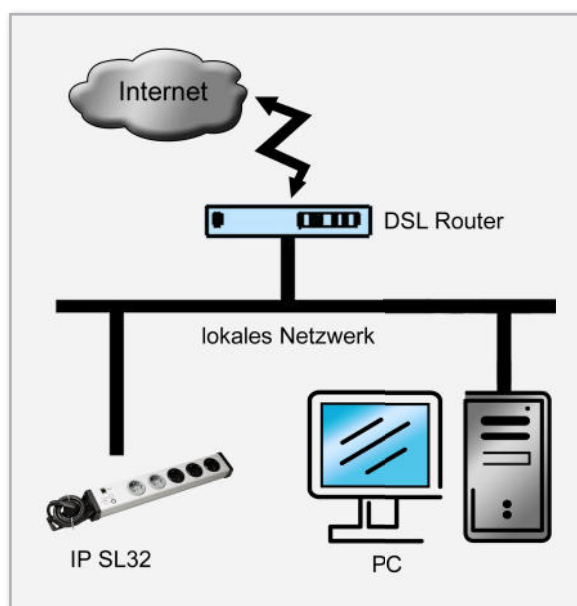
Die Netzwerk-Steckdosenleiste wird mit dem bestehenden Heim-Netzwerk gemäß Abbildung 5 verbunden.

Moderne DSL-Router verfügen über einen automatisch arbeitenden DHCP-Server, der dafür sorgt, dass jedes Gerät in einem Netzwerk, also auch unsere Netzwerk-Steckdosenleiste, eine eindeutige IP-Adresse und weitere Konfigurationsparameter (Hostname, Netzmaske usw.) zugewiesen bekommt. Weiterhin besteht aber auch die Möglichkeit, die Konfiguration selbst vorzunehmen, dies wird im Abschnitt „Konfiguration“ näher vorgestellt.

Soll die Netzwerk-Steckdosenleiste auch außerhalb des heimischen Netzwerks erreichbar sein, so sind einige Einstellungen im Netzwerk vorzunehmen. Der DSL-Router bekommt ebenso automatisch vom DSL-Provider eine eindeutige Internet-IP-Adresse zugewiesen. Da diese Adressvergabe in der Regel dynamisch erfolgt, ist der Router allerdings nach jeder Einwahl unter einer anderen Adresse verfügbar, was natürlich die Erreichbarkeit der dahinter liegenden Geräte im Netzwerk deutlich erschwert. Für diese Fälle gibt es Service-Dienste, die dynamische Adressen (z. B. 42.89.112.144) in statische (und auch leichter zu merkende) Adressen umsetzen, z. B. dynIPSL32.com. Der wohl bekannteste Dienst dieser Art ist DynDNS [1].

Unter dieser statischen Adresse ist das lokale Netzwerk jetzt im Internet erreichbar, jedoch ist es nicht ohne Weiteres möglich, direkt auf die IP-Adressen innerhalb des Netzwerks zuzugreifen.

Um die Steckdosenleiste dennoch zu erreichen, muss im Router eine Portweiterleitung aktiviert werden. Wie dabei vorzugehen ist, ist in der Regel in der Bedienungsanleitung des Routers beschrieben. Nach dieser Aktivierung ist das Gerät via Internet durch Eingabe der statischen Adresse mit Angabe des entsprechenden Ports zu erreichen. Adresse und Portnummer sind durch einen Doppelpunkt zu trennen, z. B. <http://dynIPSL32.com:80>.



**Bild 5:** Einbindung der Netzwerk-Steckdosenleiste in das bestehende lokale Netzwerk mit Anbindung an das Internet

## Der Web-Server der IP-SL32

Nachdem die Netzwerk-Steckdosenleiste, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, installiert worden ist, kann über einen Standard-Web-Browser auf den Web-Server der Steckdosenleiste zugegriffen werden.

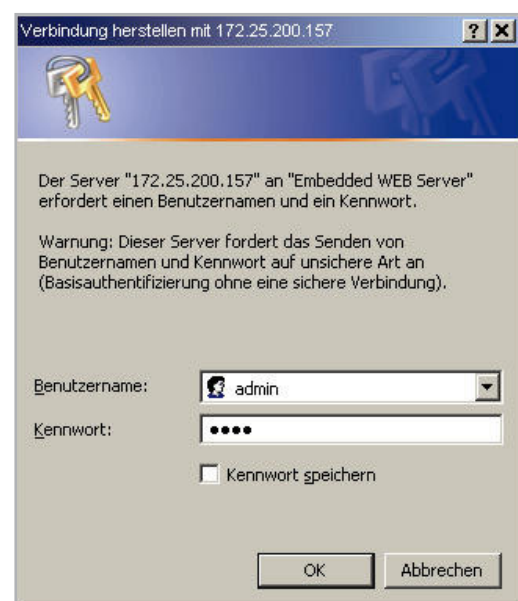
Hierzu ist es nötig, die IP-Adresse (welche vom DHCP-Server zugewiesen wurde) oder den Hostnamen des Gerätes zu kennen. Der Hostname ist bekannt, dieser entspricht zunächst der in der Produktion vergebenen Seriennummer, welche auf der Gehäuseunterseite zu finden ist. Der Hostname sowie alle anderen Netzwerkparameter lassen sich auf einer Konfigurationsseite anpassen. Dazu mehr im nächsten Abschnitt.

Nach Eingabe des Hostnamens bzw. der IP-Adresse in die Adresszeile des Web-Browsers erscheint zunächst ein Fenster, welches zur Eingabe eines Benutzernamens und eines Passwortes auffordert (Abbildung 6). Werkseitig ist der Benutzername mit „admin“ und das Kennwort mit „1111“ vorgegeben.

Nach korrekter Eingabe gelangt man auf die in Abbildung 7 dargestellte Hauptseite des Web-Servers. Für die bessere Zuordnung ist hier eine Abbildung der Steckdosenleiste zu sehen.

Direkt unter den jeweils abgebildeten Steckdosen sind zwei Textfelder platziert, in denen sich kleine „Notizen“ abspeichern lassen (bis zu 30 Zeichen). Durch diese Steckdosenbeschriftung ist eine bessere Zuordnung gegeben, so ist auf einen Blick zu sehen, was an- oder ausgeschaltet wird. Der Inhalt der beiden Notiz-Textfelder lässt sich auf der Konfigurationsseite festlegen.

Weiterhin befinden sich insgesamt vier Buttons zum Schalten der Steckdosengruppen auf der Hauptseite. Diese sind ebenfalls unterhalb der abgebildeten Steckdosen platziert, so dass sofort die Zuordnung zu den Steckdosengruppen erkennbar ist. Der aktuelle Schaltzustand wird durch die Farbe des Buttons symbolisiert. Ist der „AUS-Button“ rot, sind die



**Bild 6:** Aufforderung zur Eingabe des Benutzernamens und des Passwortes

entsprechenden Steckdosen ausgeschaltet, klickt der Benutzer nun auf den „EIN-Button“, werden die Steckdosen eingeschaltet und die Farbe dieses Buttons ändert sich auf Rot. Gleichzeitig wird der „AUS-Button“ die Farbe von Rot auf Grau wechseln. Um immer den aktuellen Schaltstatus anzeigen zu können, wird die Webseite alle 15 Sekunden aktualisiert. Bei manchen Browsern kann es bei diesem häufigen Laden der Bilder (der Webseite) zu Problemen kommen. Abhilfe schaffen entsprechende Add-ons, welche für den jeweiligen Browser im Internet herunterzuladen sind. Ein solches Add-on sorgt dafür, dass die Grafiken aus dem Cache des Rechners geladen werden und nicht immer wieder neu übertragen werden müssen.

Unten auf der Seite sind drei Buttons angeordnet, welche zur Systemeinstellung des IP-SL32-Web-Servers dienen. Zum einen lässt sich von hier aus die Konfigurationsseite aufrufen, auf der Netzwerkparameter und sonstige Konfigurationen vorgenommen werden können. Weiterhin ist die Passwort-Webseite zu erreichen, auf der man das System-Passwort ändern kann, und auf der Timer-Webseite lässt sich der integrierte Ausschalt-Timer programmieren. Diese drei Webseiten zur Systemeinstellung betrachten wir in den folgenden Abschnitten näher.

## Konfiguration

Die Konfigurations-Webseite ist in Abbildung 8 dargestellt. Diese Webseite dient hauptsächlich zur Einstellung der Netzwerkparameter. Standardmäßig werden alle Netzwerkparameter vom DHCP-Server zugewiesen. Soll die Netzwerk-Steckdosenleiste in ein Netzwerk ohne DHCP-Server integriert werden, ist es nötig, diese Parameter vorzugeben. Hierzu ist ein „Radio-Button“ von „Zuweisung durch den DHCP-Server“ auf „manuelle Konfiguration“ umzustellen. Jetzt können die IP-Adresse, die Subnetzmaske, das Gateway, der Primäre DNS-Server und der Sekundäre DNS-Server vorgegeben werden. Zusätzlich wird die MAC-Adresse und der Hostname angezeigt. Letzterer entspricht werkseitig

der Seriennummer, er kann nach Belieben verändert werden (max. 15 Zeichen). Alle Änderungen werden erst nach einem Mausklick auf den Button mit der Beschriftung „Einstellungen übertragen“ übernommen. Allgemein ist im Übrigen anzuraten, sich zu allen Einstellungen Notizen zu machen.

Sind neue Netzwerkparameter gewählt worden, führt die Steckdosenleiste nach der Bestätigung einen Neustart durch, um sich neu am Netzwerk anzumelden. Danach ist das Gerät ggf. nicht mehr unter der alten IP-Adresse erreichbar, die neue IP-Adresse (die zuvor eingestellte) muss neu in die Adresszeile des Web-Browsers eingegeben werden.

Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, die Einstellungen wieder zu verwerfen und die bisher gespeicherten Einstellungen weiterhin zu verwenden. Hierzu ist der Button „Einstellungen verwerfen“ vorgesehen.

Achtung: Falsche Eingaben können dazu führen, dass ein Zugriff auf den IP-SL32 nicht mehr möglich ist!

Sollte dies einmal passieren, ist es möglich, das Gerät in den Auslieferungszustand zurückzusetzen. Hierzu ist der Netzstecker aus der Steckdose zu ziehen und alle angeschlossenen Verbraucher sollten von der Steckdosenleiste getrennt werden. Jetzt sind beide Tasten gedrückt zu halten, während der Netzstecker eingesteckt wird. Beide Tasten sind so lange zu halten, bis beide LEDs zu blinken anfangen, dies geschieht nach ca. 10 Sekunden. Wird jetzt der Netzstecker aus der Steckdose gezogen und wieder eingesteckt, ist der Auslieferungszustand wieder hergestellt.

Weiterhin werden auf dieser Seite die bereits erwähnten „Notizen“ vorgegeben, welche auf der Haupt-Webseite als Beschriftung der Steckdosen auftauchen. Hier kann für die grauen und für die schwarzen Steckdoseneinsätze jeweils ein Text von bis zu 30 Zeichen eingegeben werden.

Außerdem ist es möglich, die Optik des Web-Servers dem eigenen Geschmack anzupassen, indem die Hintergrundfarbe sowie die Textfarbe der Webseiten eingestellt werden kann. Über Auswahllisten ist die jeweilige Farbe komfortabel wählbar (Abbildung 9).



Bild 7: Hauptseite der Netzwerk-Steckdosenleiste

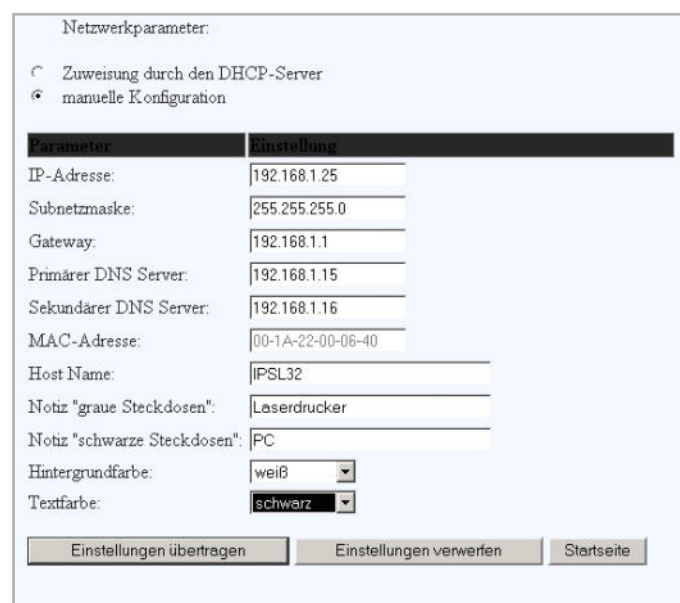


Bild 8: Konfigurationsseite der Netzwerk-Steckdosenleiste



Netzwerkparameter:

Zuweisung durch den DHCP-Server  
 manuelle Konfiguration

Parameter	Farbe	Wert
IP-Adresse:	schwarz	
Subnetzmaske:	silber	
Gateway:	grau	
Primärer DNS Server:	weiß	
Sekundärer DNS Server:	braun	
MAC-Adresse:	rot	-40
Host Name:	orange	
Notiz "graue Steckdosen":	grün	
Notiz "schwarze Steckdosen":	blau	
Hintergrundfarbe:	gelb	
Textfarbe:	weiß	

Einstellungen übertragen    Einstellungen verwerfen    Startseite

Bild 9: Auswahl der Hintergrundfarbe der Webseiten

### Passwort ändern

Auf dieser Seite können Sie das Passwort und den Benutzernamen ändern.

Alle Änderungen werden erst nach einem Klick auf die Schaltfläche "Einstellungen übertragen" übernommen. Sollten die beiden Passworteingaben nicht übereinstimmen, erscheint eine Warnung und die Eingaben werden zurückgesetzt. Mit der Schaltfläche "Einstellungen verwerfen", werden alle Änderungen rückgängig gemacht, die noch nicht übernommen worden sind.

Passwortüberprüfung:

aktivieren  
 deaktivieren

Parameter	Einstellung
Benutzername	admin
neues Passwort	
Passwort wiederholen	

Einstellungen übertragen    Einstellungen verwerfen    Startseite

Bild 10: Passwortseite der Netzwerk-Steckdosenleiste

### Ausschalttimer einstellen

Auf dieser Seite können Sie den integrierten Ausschalttimer konfigurieren.

Im Ausschalttimer aktiviert, so schaltet die Netzwerk-Steckdosenleiste nach Ablauf der eingestellten Zeitspanne selbstständig die jeweiligen Steckdosen wieder ab. Beide Steckdosengruppen lassen sich unabhängig voneinander mit unterschiedlichen Zeiten programmieren.

Parameter	Einstellung
Timer für graue Steckdosen:	<input checked="" type="checkbox"/> aktiviert    00 : 15 : 00 (hh:mm:ss)
Timer für schwarze Steckdosen:	<input checked="" type="checkbox"/> aktiviert    02 : 30 : 00 (hh:mm:ss)

Einstellungen übertragen    Einstellungen verwerfen    Startseite

Bild 11: Ausschalt-Timer-Konfiguration der Netzwerk-Steckdosenleiste

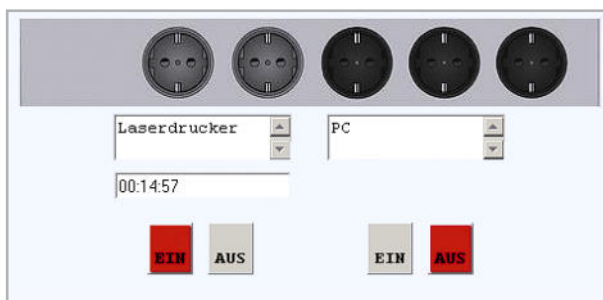


Bild 12: Hauptseite bei aktiviertem Timer für die grauen Steckdosen

## Passwort

In Abbildung 10 ist die Webseite zum Ändern des Passwortes zu sehen. Hier lässt sich die Passwortüberprüfung aktivieren oder deaktivieren. Bei aktivierter Passwortüberprüfung kann der Benutzer hier den Benutzernamen (maximal 12 Zeichen) und das zugehörige Passwort (maximal 10 Zeichen) ändern. Nach Speicherung der Einträge mit dem Button „Einstellungen übertragen“ ist es nötig, das neue Passwort in das bereits bekannte Passwort-Fenster (Abbildung 6) einzutragen. Auch hier lassen sich alle Einstellungen mit dem Button „Einstellungen verwerfen“ rückgängig machen.

## Timer-Funktion

Als zusätzliches Feature besitzt die Netzwerk-Steckdosenleiste einen integrierten Ausschalt-Timer. Dieser lässt sich mit der in Abbildung 11 dargestellten Webseite konfigurieren. Durch zwei Checkboxes lassen sich die beiden Timer, die unabhängig voneinander zu benutzen/zu programmieren sind, aktivieren bzw. deaktivieren. Über drei Textfelder werden die Stunden, Minuten und Sekunden eingegeben. Standardmäßig sind 30 Minuten eingetragen, dieser Wert ist von einer Sekunde bis auf 23 Stunden, 59 Minuten und 59 Sekunden einstellbar. Auch hier werden die Einstellungen aktiv durch einen Klick auf „Einstellungen übertragen“ und verworfen durch die Schaltfläche „Einstellungen verwerfen“. Wird jetzt, bei aktiviertem Timer, die Steckdosengruppe von der Haupt-Webseite geschaltet, taucht ein Textfeld auf, in dem die verbleibende Zeit angezeigt wird (siehe Abbildung 12). Nach Ablauf dieser Zeit wird die entsprechende Steckdosengruppe wieder ausgeschaltet.

## Programmierung

Als Alternative zum Schalten mit dem Web-Browser ist es möglich, die Netzwerk-Steckdosenleiste per C-Programm (Socket-Programmierung) zu steuern.

Die Socket-Programmierung ist die Grundlage der Programmierung verteilter Anwendungen sowohl unter TCP/IP in Client-Server-Architekturen als auch bei Internetanwendungen. Ein Socket (engl. Steckdose) ist ein Verbindungsendpunkt, der vom Programm wie eine gewöhnliche Datei beschrieben und gelesen werden kann.

Dabei gibt es normalerweise ein Programm, das Anfragen von anderen Programmen entgegennimmt und sie beantwortet (ein sogenanntes Server-Socket), und Programme, die ihre Anfragen an das Server-Socket senden und mit den Antworten weiterarbeiten (die sog. Client-Sockets). Das ganze System ist auch bekannt als Client-Server-Programmierung.

Der Server (Dienstbringer) wartet darauf, dass ein Client (Kunde) mit ihm Kontakt aufnehmen möchte. Der Client ist der aktive Part und veranlasst den Beginn der Kommunikation. In unserem Fall ist die Netzwerk-Steckdosenleiste der Server und das selbst zu schreibende C-Programm ist der Client. In Abbildung 13 ist der Kommunikationsaufbau zwischen Client und Server dargestellt. Um alle Schalt- und Konfigurationsbefehle ausführen zu können, wurde ein Protokoll entwickelt, das in Tabelle 1 dargestellt ist.

Nachdem die Verbindung hergestellt worden ist, wird als

Erstes das Passwort erwartet. Das Passwort ist dasselbe wie das bereits vom Web-Server bekannte. Anders als beim Web-Server lässt sich dieses Passwort nicht deaktivieren. Es wird immer als Erstes verlangt und muss in folgender Form übermittelt werden: „P1111“ (Passwort wäre „1111“). Selbstverständlich kann dieser Vorgang auch automatisiert und beim Programmstart automatisch vom Client-Programm übertragen werden. Wird nicht als Erstes der Passwort-Befehl übertragen oder das Passwort ist falsch, erfolgt ein Trennen der Verbindung. Bei korrektem Passwort sendet die Netzwerk-Steckdosenleiste eine 1 zurück, bei fehlerhafter Eingabe eine 0.

Nach der Passwort-Übertragung kann die eigentliche „Bedienung“ der Steckdosenleiste beginnen.

Anhand eines Beispiels soll die Datenübertragung erläutert werden: Das Client-Programm sendet an den Server (IP-SL32) den Befehl „TSS“. Damit wird der Status des Timers der schwarzen Steckdosen abgefragt. Die Antwort der Steckdosenleiste könnte folgendermaßen aussehen: „1001230“. Laut Tabelle bedeutet dies, dass der Timer für die schwarzen Steckdosen aktiviert und mit einer Zeit von 0 Stunden, 12 Minuten und 30 Sekunden eingestellt ist.

Um einen leichteren Einstieg zu ermöglichen, gibt es einen Beispielquellcode, dieser ist unter [2] verfügbar.

Im „ELVjournal“ 05/09 ist ab Seite 43 eine ähnliche PC-Beispiel-Software sehr ausführlich erklärt. Außerdem ist der Quellcode ausreichend mit Kommentaren versehen. Aus diesen Gründen wird die Beispiel-Software hier nur kurz erklärt.

### Beispielprogramm

Wird der Beispielquellcode mit einem C-Compiler übersetzt, so erscheint das Ausgabefenster wie in Abbildung 14 zu sehen. Zunächst wird der Benutzer aufgefordert, die IP-Adresse der Netzwerk-Steckdosenleiste einzugeben. Ist dies erfolgreich geschehen, kommt eine Aufforderung zur Eingabe des Passwortes.

Ist das Passwort korrekt eingegeben worden, erscheint das in Abbildung 15 dargestellte Fenster. Hier kann der Benutzer nun die Steckdosengruppen ein- und ausschalten. Im Hintergrund wird die Information in das Protokoll „verpackt“ und über das Netzwerk zur Steckdosenleiste versendet.

Im nächsten Heft werden die Schaltungsbeschreibung und der Nachbau vorgestellt. **ELV**

**Links:**

- [1] [www.dyndns.com](http://www.dyndns.com)
- [2] [www.service.elv.de](http://www.service.elv.de)

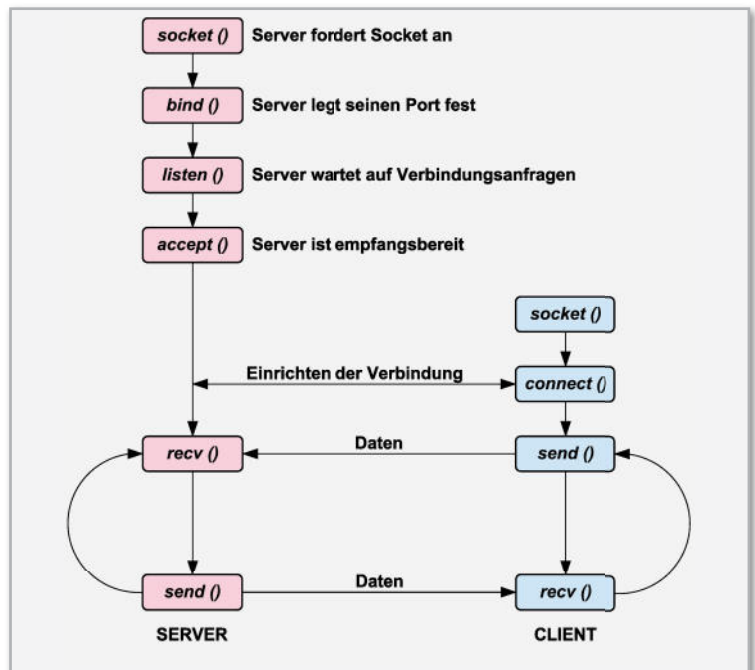


Bild 13: Kommunikation zwischen Client und Server

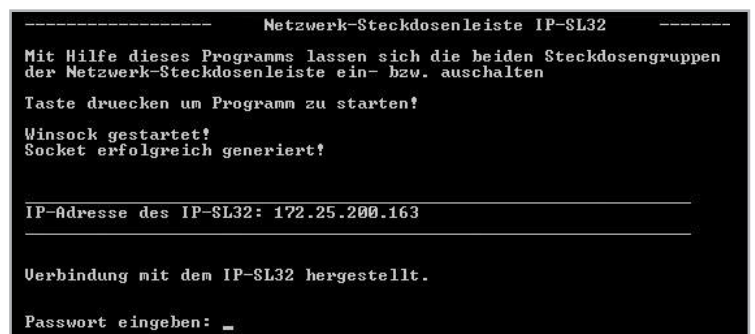


Bild 14: So erfolgt das Einloggen in den Web-Server per Client-Programm.



Bild 15: Hauptfenster des Beispielprogramms

Tabelle 1: Protokoll-Parameter				
Befehl	Parameter	Antwort	Erklärung	Bedeutung
RG	X	---	0: aus, 1: ein, 3: unverändert	Relaisausgang schalten (graue Steckdosen)
RS	X	---	0: aus, 1: ein, 3: unverändert	Relaisausgang schalten (schwarze Steckdosen)
S	---	X <sub>G</sub> X <sub>S</sub>	0: aus, 1: ein (X <sub>G</sub> : grau, X <sub>S</sub> : schwarz)	aktuellen Schaltzustand abfragen
TP	X <sub>G</sub> hmmssX <sub>S</sub> hmmss	---	0: aus, 1: ein (X <sub>G</sub> : grau, X <sub>S</sub> : schwarz), hhmss: Zeit	Zeit für den Timer programmieren
TSG	---	Xhmmss	0: Timer inaktiv, 1: aktiv, hhmss: Zeit	Timerstatus abfragen (graue Steckdosen)
TSS	---	Xhmmss	0: Timer inaktiv, 1: aktiv, hhmss: Zeit	Timerstatus abfragen (schwarze Steckdosen)
P	X...nX	X	0: falsches PW, 1: PW korrekt	Passworteingabe



Für jedes Funksystem geeignet

## Damit nichts verloren geht – Ortungspieper für Modellbau

Der Ortungspieper ist oft die letzte Rettung, wenn es darum geht, ein abgestürztes Flugmodell wiederzufinden. Das wesentlich Neue an unserer Schaltung ist, dass sie mit jeder Art von Modellen funktioniert, unabhängig vom verwendeten Funksystem, weil sie autark mit einem Beschleunigungssensor arbeitet. Findet nach einer definierten Zeit keine Bewegung des Modells statt, wird der Alarm ausgelöst. Ein Plus der Schaltung ist die Batterie/Akku-Überwachung, deren Schaltschwelle in 15 verschiedenen Stufen einstellbar ist.

### Unabhängig mit Beschleunigungssensor

Jeder Modellflieger kennt das Problem: Ein unachtsames Flugmanöver, eine Windböe oder ein zu schwacher Akku, und schon ist das Flugmodell außer Kontrolle und stürzt unkontrolliert ab. Gerät das Modell außer Reichweite, kann auch das zum Absturz führen. In einem übersichtlichen Gelände ist das Wiederauffinden des Modells kein Problem. Ist die ungewollte „Notlandung“ jedoch in unzugänglichem und schwer einseharem Bereich, wie z. B. einem Maisfeld, erfolgt, wird das Auffinden fast zur Glückssache, zumal wenn man allein ist. Für solche Einsatzfälle gibt es Ortungspieper. Diese Schaltungen sind schon seit Jahren am Markt und

für wenig Geld zu haben. Die handelsüblichen Ortungspieper werden mit der Fernsteueranlage verbunden und werten das vom Empfänger kommende Servo-Steuersignal aus. Fehlt dieses Signal, weil z. B. der Sender abgeschaltet wurde oder sich das Flugmodell außer Reichweite befindet, wird ein Alarm in Form eines lauten akustischen Signals ausgelöst. All diesen Schaltungen ist eines gemein: Sie müssen auf die Fernsteueranlage bzw. auf die Modulationsart abgestimmt sein. Denn hier gibt es mittlerweile sehr viele Varianten, angefangen von normaler AM- bis hin zur PCM-Modulation. Das Servo-Steuersignal ist zwar genormt und, unabhängig von der Modulationsart, immer gleich. Bei modernen Fernsteueranlagen mit PCM- oder PPM-Modulation ist eine Detektierung des Servosignals bzw. die Feststellung, ob ein solches vorhanden ist, jedoch nicht ohne weiteres möglich, denn bei schlechten Empfangsverhältnissen wird das Servosignal automatisch vom Empfänger generiert (Fail-Save-Funktion, um kurze Empfangsausfälle zu überbrücken), es setzt also niemals komplett aus.

Die hier vorgestellte Schaltung ist unabhängig vom verwendeten Funksystem und arbeitet mit hochmoderner, aber dennoch erschwinglicher Technik. Zum Einsatz kommt ein sogenannter 3-Achsen-Beschleunigungssensor, der in der Lage ist, Bewegungen durch Auswertung von Beschleunigungskräften zu erfassen. Ist das Modell 5 Minuten lang nicht in

### Technische Daten: OPM1

Spannungsversorgung:	4–24 Vdc
Stromaufnahme:	0,2 mA
Spannungsüberwachung:	4–19,2 V, in 15 Stufen einstellbar
Time-out:	5 Minuten
Abmessungen:	28 x 12 mm



Bewegung (Time-out), d. h. der Standort ändert sich nicht, wird ein optisches und akustisches Signal erzeugt. Durch diese Schaltungstechnik ist man völlig unabhängig von der Funksteueranlage, denn es wird nur die Bewegung des Modells ausgewertet. Zusätzlich ist eine Spannungsüberwachung integriert, die die Bordspannung des Modells überwachen kann. Sie kann quasi alle üblichen Bordspannungen, angefangen von 4 x 1,2 V (NiCd-/NiMH-Zellen) bis zu 6 x 3,7 V (LiPo) überwachen und ist durch Jumper leicht an diese anpassbar. Bei Unterschreiten der jeweils zugehörigen Schaltschwelle gibt der Ortungspieper ebenfalls einen akustischen Alarm aus (siehe Abbildung 1).

### 3-Achsen-Beschleunigungssensor

Der hier verwendete Sensor wird vor allem in Mobiltelefonen, Digitalkameras, Spielkonsolen usw. eingesetzt, um das Display automatisch an die Geräteposition anzupassen. Wird das Gerät durch den Anwender gedreht, dreht sich der Bild-

schirminhalt gleichzeitig mit. Bedingt durch die hohen Produktionsstückzahlen sind diese modernen Sensoren relativ preiswert geworden und finden deshalb auch Einzug in den Hobbyelektronikbereich.

Der BMA020 ist ein linearer Beschleunigungssensor, der in drei Achsen (X-, Y- und Z-Achse) gleichzeitig misst und damit lineare Bewegungsänderungen im Raum erkennen kann. Selbst wenn der Sensor nicht bewegt wird, kann eine Beschleunigung von 1 g gemessen werden, die in Richtung Erdmittelpunkt zeigt. Dabei handelt es sich um die allgegenwärtige Erdschwerebeschleunigung ( $1 g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , „Erdbeschleunigung“), die in Z-Richtung wirkt. In Abbildung 2 sind die Bewegungsrichtungen, die der Sensor erfassen kann, dargestellt.

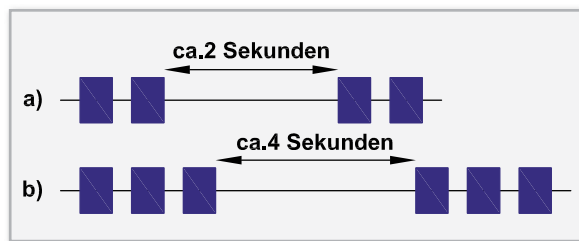


Bild 1: Signalsequenzen für a) Low-Bat und b) Ortungsalarm

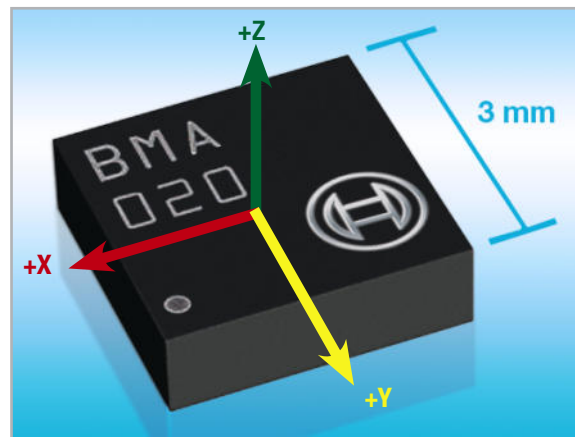


Bild 2: Der lineare Beschleunigungssensor BMA020

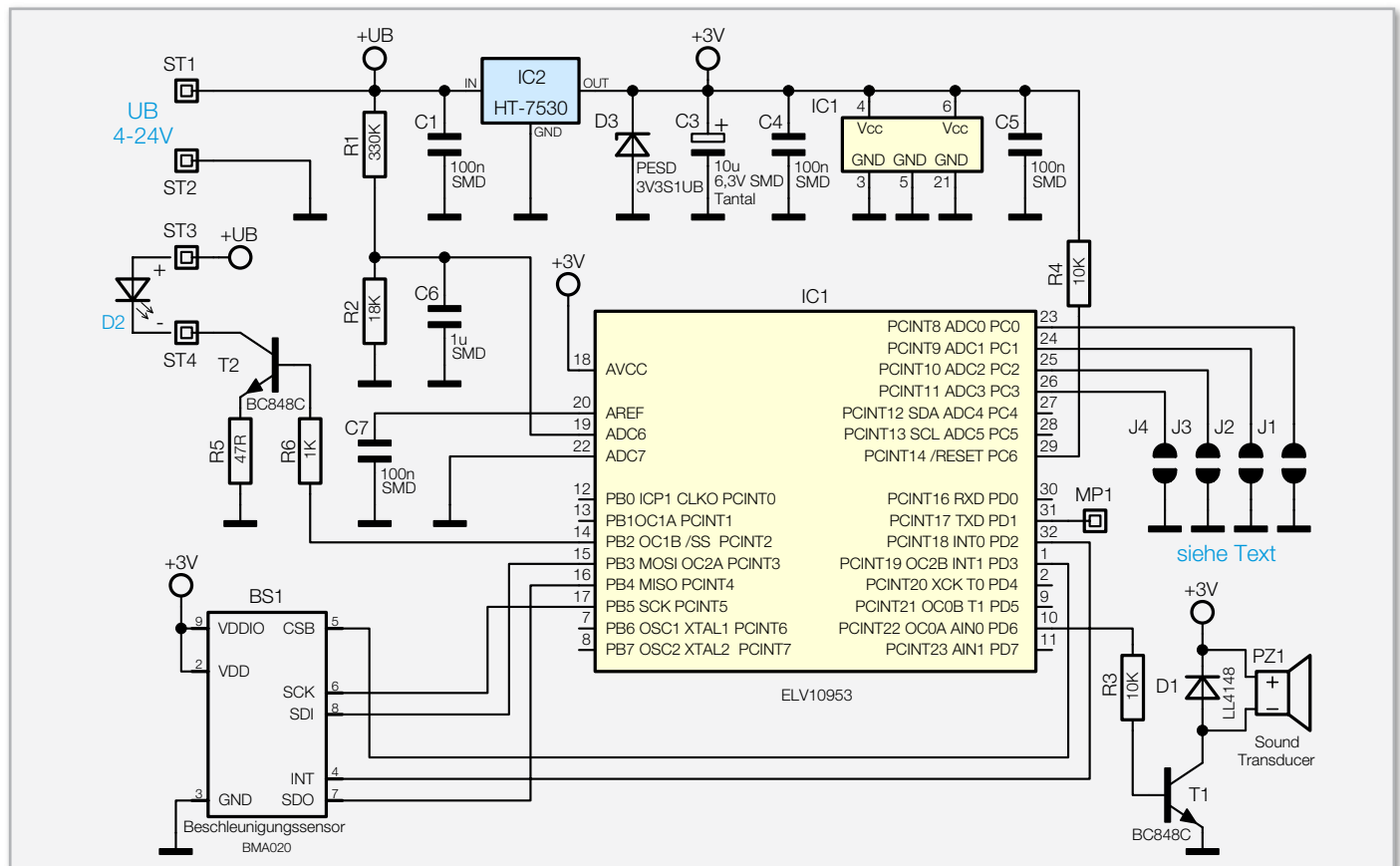
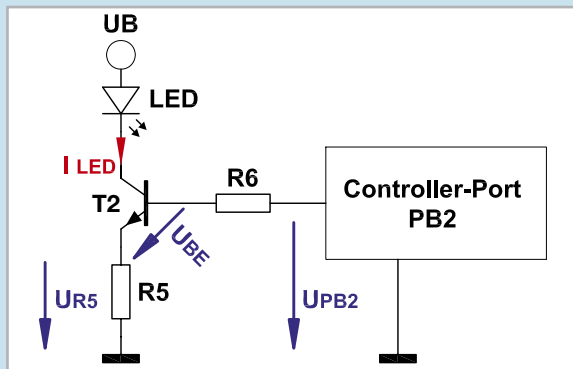


Bild 3: Schaltbild des Ortungspiepers

## Elektronikwissen – einfache Stromsenke für LEDs



LEDs werden bekanntlich mit einem Vorwiderstand betrieben bzw. der Strom muss durch entsprechende Schaltungsmaßnahmen begrenzt werden. Bei einer konstanten Versorgungsspannung lässt sich der Strom einfach mittels eines Vorwiderstands begrenzen. Bei unterschiedlichen Betriebsspannungen führt dies jedoch zu einer Stromänderung. Möchte man in diesem Fall den LED-Strom konstant halten, wird eine Stromsenke oder -quelle benötigt. Der obenstehende Schaltungsausschnitt aus unserer Schaltung zeigt, wie man eine Stromsenke ohne großen Bauteileaufwand realisieren kann.

Wird über den Widerstand R 6 eine Spannung an die Basis des Transistors angelegt, fließt ein Basisstrom, wodurch die Kollektor-Emitter-Strecke leitend wird. Infolgedessen fließt auch ein Strom durch die LED, T 2 und den Widerstand R 5. Der Effekt dieser kleinen Schaltung ist der, dass auch bei unterschiedlicher Betriebsspannung  $U_B$  der LED-Strom trotz-

dem konstant bleibt! Aber weshalb? Die Lösung ist ganz einfach und lässt sich, wie so vieles in der Elektrotechnik, relativ einfach mit dem ohmschen Gesetz erklären.

Die Ausgangsspannung am Mikrocontroller-Port PB 2 bleibt immer konstant auf 3 V (High-Pegel), da der Controller mit einer stabilisierten Betriebsspannung versorgt wird. Ziehen wir die Spannung der Basis-Emitter-Strecke (ca. 0,6 bis 0,7 V) ab, ergibt sich eine Spannung von ca. 2,3 V ( $U_{R5}$ ), die sich über dem Widerstand R 5 einstellt. Für unsere folgende Berechnung lassen wir den Basisstrom außer Betracht, da dieser gegenüber dem Kollektorstrom relativ klein ist. Auch der Widerstand R 6 braucht deshalb nicht berücksichtigt zu werden.

Der Strom durch T 2 und R 5 ist somit auch der LED-Strom. Dieser Strom lässt sich wie folgt berechnen:

$$I_{LED} = I_{CE} = I_{R5} = \frac{U_{R5}}{R5} = \frac{2,3V}{47\Omega} = 48,9 \text{ mA}$$

Wir sehen, dass die Betriebsspannung  $U_B$  nicht in dieser Formel auftaucht. Da wir zwei Variablen in dieser Gleichung haben, deren Werte sich nicht ändern, nämlich den Widerstandswert von R 5 und die Spannung ( $U_{R5}$ ) an diesem Widerstand, ist infolgedessen auch der LED-Strom konstant!

Da die LED in unserer konkreten Schaltung nur pulsartig angesteuert wird, schadet dieser relativ hohe LED-Strom der LED nicht. Im Dauerbetrieb sollte eine LED mit einem Strom von 10 bis 20 mA betrieben werden.

Die im Chip integrierte Elektronik erfasst die Änderungen in der X-, Y- und Z-Achse und stellt sie in Speicherregistern als digitale Messwerte zum Auslesen zur Verfügung.

## Schaltung

In Abbildung 3 ist das Schaltbild des OPM1 dargestellt. Kern und somit Hauptelement der Schaltung ist ein Mikrocontroller (IC 1) vom Typ ATmega88V.

Der Beschleunigungssensor BS 1 (BMA020) kommuniziert über den SPI-Bus mit dem Mikrocontroller. Die Daten (Beschleunigungswerte für die Achsen X, Y und Z) werden in bestimmten Zeitintervallen vom Beschleunigungssensor angefordert und ausgewertet. Tritt keine Änderung der Daten (in einem Zeitfenster von 5 Minuten) auf, erfolgt die Freigabe des Alarms. Als akustischer Alarmgeber dient der Signalgeber (Sound-Transducer) PZ 1, der über T 1 vom Mikrocontroller angesteuert wird. Über ST 3 und ST 4 kann man eine externe LED anschließen. Damit die Helligkeit der LED auch bei unterschiedlichen Betriebsspannungen konstant bleibt bzw. die LED nicht überlastet wird, wird diese mit einem konstanten Strom betrieben. Der Transistor T 2 arbeitet zu diesem Zweck als Stromsenke. Wie dies genau funktioniert, ist im Kasten „Elektronikwissen“ erklärt.

Der im Controller integrierte 10-Bit-A/D-Wandler wird zur Spannungsüberwachung eingesetzt. Die Eingangsspannung

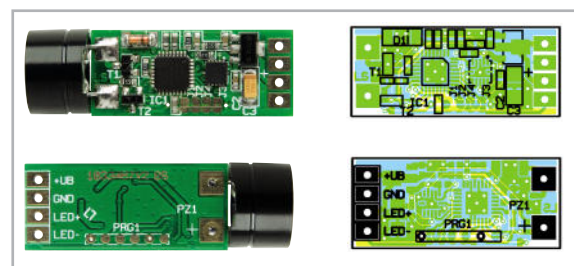
der Schaltung an ST 1 und ST 2 wird zunächst über den Spannungsteiler R 1 und R 2 heruntergeteilt und gelangt dann auf den A/D-Wandler-Eingang ADC 7 des Controllers.

Die zur Spannungsversorgung des Mikrocontrollers erforderliche Betriebsspannung von 3 V wird durch den Spannungsregler IC 2 stabilisiert.

## Nachbau und Installation

Die Schaltung ist auf einer doppelseitigen Platine mit den Abmessungen 28 x 12 mm untergebracht. Wegen der extrem kleinen Bauform der SMD-Bauteile (Bauform 0603 und 0402) sind diese Komponenten schon vorbestückt.

Speziell der Mikrocontroller mit seinem MLF-Gehäuse ist von Hand kaum noch aufzulöten. Lediglich der Signalgeber PZ 1



Ansicht der fertig bestückten Platine des OPM1 mit dem zugehörigen Bestückungsplan, oben die SMD-Seite, unten die Unterseite

muss mit der Platine polrichtig verlötet werden (siehe Abbildung 4). Die Verbindung mit der LED erfolgt mittels zweier Leitungen (rot und schwarz). Hierbei ist auf die richtige Polung zu achten (siehe Anschlussschema, Abbildung 5). Die Anode (+) der LED ist durch den etwas längeren LED-Anschluss erkennbar. Bei einer 5-mm-LED ist zusätzlich die Kathode (-) durch eine abgeflachte Seite gekennzeichnet.

Bevor man die Schaltung zum Schutz gegen äußere Einflüsse „einschrumpft“, sollten die Lötbrücken zur Spannungsüberwachung gesetzt sowie ein Funktionstest durchgeführt werden. In der Tabelle 1 sind die Schaltschwellen und die dazugehörigen Kombinationen der Brücken J 1 bis J 4 dargestellt. Möchte man die Spannungsüberwachung nicht nutzen, bleiben alle Brücken offen. Die Spannungsangabe in der linken Spalte stellt die eigentliche Schaltschwelle dar, unterhalb der ein Alarm ausgelöst wird. In der rechten Spalte ist jeweils die dazu passende Akkukombination mit der Nennspannung dargestellt. Somit braucht man nicht mühevoll die Schaltschwelle auszurechnen, sondern kann gleich anhand des Akku-Typs und der Anzahl der Zellen die richtige Kombination der Lötbrücken ermitteln.

In Abbildung 5 ist ein typisches Anschlussbeispiel dargestellt. Wie man erkennt, ist die Schaltung nur mit dem Flug-Akku verbunden. Wer zusätzlich eine Abschaltmöglichkeit benötigt, kann den beiliegenden Schiebeschalter in die Versorgungsleitung einbauen.

**Hinweis:** Wird eine Spannungsquelle verwendet, die eine Leistung von mehr als 15 Watt bereitstellt, ist aus Sicherheitsgründen eine Sicherung (ca. 0,25 A) in die Versorgungsleitung einzubringen.

Falls man keine Spannungsüberwachung des Hauptakkus benötigt, kann man dem Ortungspieper auch einen eigenen Akku bzw. eine Batterie spendieren. Hiermit wird sichergestellt, dass der Ortungspieper auch bei leerem Hauptakku noch funktionsfähig ist. Es sollte hierfür ein Akku oder eine Batterie mit einer minimalen Spannung von 4,5 V zum Einsatz

Schalt-schwelle	J4	J3	J2	J1	Akku-Nenn-spannung	Zellen/Typ
					–	ausgeschaltet
4,0 V				x	4,8 V	4x NiCd
5,0 V			x		6,0 V	5x NiCd
6,0 V			x	x	7,2 V	6x NiCd/2x Li-Ion
6,4 V		x			7,4 V	2x LiPo
7,0 V		x		x	8,4 V	7x NiCd
8,0 V		x	x		9,6 V	8x NiCd
9,0 V		x	x	x	10,8 V	9x NiCd
9,6 V	x				11,1 V	3x LiPo
10,0 V	x			x	12,0 V	10x NiCd
12,4 V	x		x		14,4 V	4x Li-Ion
12,8 V	x		x	x	14,8 V	4x LiPo
15,5 V	x	x			18,0 V	5x Li-Ion
16,0 V	x	x		x	18,5 V	5x LiPo
18,6 V	x	x	x		21,6 V	6x Li-Ion
19,2 V	x	x	x	x	22,2 V	6x LiPo

kommen. Natürlich kann die Spannung dieser zusätzlichen Spannungsquelle auch überwacht werden. Nach einem erfolgreichen Funktionstest wird die Schaltung in dem beiliegenden Schrumpfschlauch eingeschweißt. Dies erfolgt am besten mit einem Föhn oder einer Heißluftpistole. **ELV**

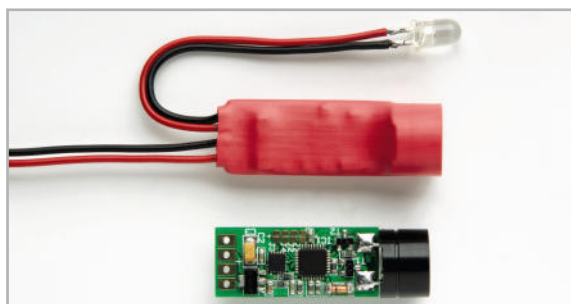


Bild 4: Fertig aufgebaute Schaltung mit und ohne Schrumpfschlauch

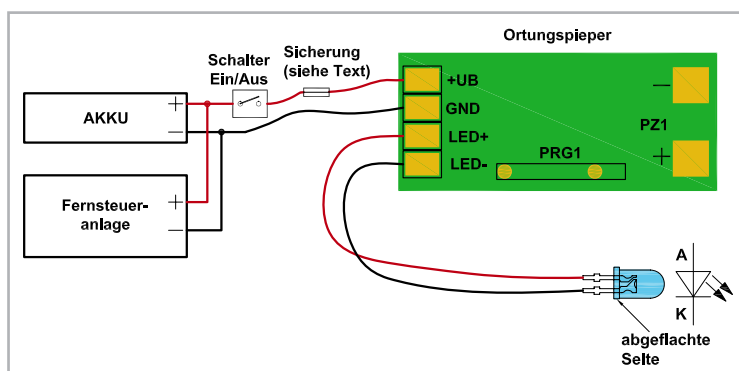


Bild 5: Typisches Anschlussschema des OPM1

### Stückliste: OPM 1

**Widerstände:**

47 Ω/SMD	R5
10 kΩ/SMD	R3, R4
33 kΩ/SMD	R2
330 kΩ/SMD	R1

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD	C1, C4, C5, C7
1 µF/SMD	C6
10 µF/6,3 V/Tantal/SMD	C3

**Halbleiter:**

ELV10953 (ATmega88V)	IC1
HT7530/SMD	IC2
BC848C	T1, T2
LL4148	D1
LED, 3 mm, Blau, super hell	D2
PESD3V3S1UB	D3

**Sonstiges:**

Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
BMA020/SMD	BS1
50 cm flexible Leitung, Rot	
50 cm flexible Leitung, Schwarz	
4 cm Schrumpfschlauch, ø 12,7 mm, Rot	





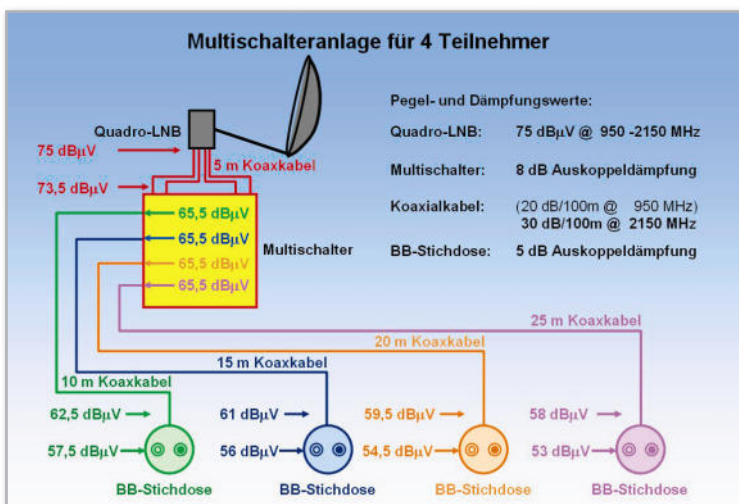
# Sat-ZF-Verteilung über Lichtwellenleiter

## Dämpfungsarmut ermöglicht ausgedehnte Systeme

Der Direktempfang von Radio- und Fernsehprogrammen über geostationäre Satelliten hat in den letzten 20 Jahren weite Verbreitung gefunden. Bis heute unverändert findet die gebäudeweite Verteilung der im Empfangskonverter (LNB: Low Noise Block Converter) auf ein 1,2 GHz breites Frequenzband zwischen 0,95 und 2,15 GHz abgemischten Satellitenabstrahlungen über Koaxial-Kabel statt. Die Kabeldämpfungen von typ. 20 dB bei 0,95 GHz und 30 dB bei 2,15 GHz pro 100 m Kabellänge erfordern für ausgedehnte koaxiale Verteilsysteme

einen erheblichen technischen Aufwand, um die frequenzabhängigen Pegelverluste auszugleichen und eine hohe Signalqualität an der Teilnehmerdose sicherzustellen.

**Der Status quo.** Die klassische Sat-Empfangsanlage für ein Einfamilienhaus mit Multischalter und vier Antennensteckdosen zeigt beispielhaft Abbildung 1. Ihre relativ geringen räumlichen Ausdehnungen verursachen akzeptable Kabeldämpfungen, wie man den Pegeln an den Dosenausgängen entnehmen kann. Sie liegen alle im Bereich zwischen 50 und 60 dB $\mu$ V und sind für marktübliche Receiver unproblematisch. Komplizierter wird es, wenn die vier vom Quadro-LNB abgegebenen Sat-ZF-Spektren in einem Wohnblock über mehrere Etagen auf zahlreiche Wohnungen verteilt werden sollen. Hier kommen in aller Regel Etagenstern-Verteiltopologien zum Einsatz, d. h. Multischalter in jeder Etage. Dabei werden die Sat-ZF-Bänder durch die Multischalter in den einzelnen Etagen durchgeschleift und von den Multischaltern ausgehend innerhalb des Stockwerks sternförmig verteilt. Hier kommen leicht Leitungslängen zustande, die im Zusammenhang mit den Durchschleifdämpfungen der Multischalter an den Ausläufern des Verteilsystems Pegelprobleme verursachen können. Zwar kann der Signalpegel nach beispielsweise 3 kaskadierten Multischaltern durch einen Verstärker wieder angehoben werden, aber auch das geht wegen der damit verbundenen Verschlechterung der Signalqualität nicht beliebig oft. Aus diesem Grund ist die koaxiale Sat-ZF-Verteilung im Ortsbereich mit vernünftigem Aufwand nicht realisierbar.



**Bild 1:** Die klassische Sat-ZF-Verteilung beruht auf stark dämpfendem Koaxial-Kabel.

**Mit Licht in die Zukunft.** Einen Ausweg aus allen Problemen mit Bandbreite und Dämpfung versprechen Lichtwellenleiter in Gestalt der Glasfaser oder Polymer-optischen Faser (POF). Diese drängen zunehmend in die kommunikationstechnische Gebäudeverkabelung, wo sie Kupferalternativen (Koax, Twisted Pair) abzulösen beginnen.

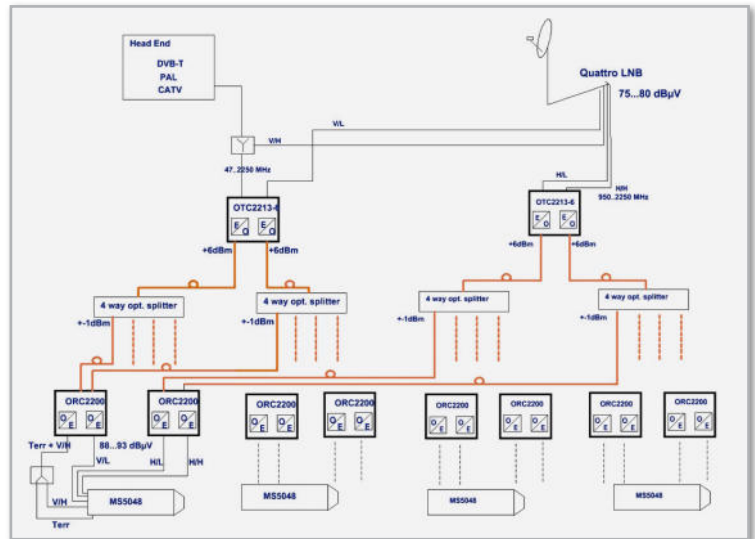
Für die optische Übertragung der vier Sat-ZF-Bänder eines DBS-Satelliten (DBS: Direct Broadcasting Satellite = Satellit für den Direktempfang) wie Astra oder Eutelsat gibt es zwei Alternativen.

**1. Alternative.** Jedes der vier Sat-ZF-Bänder, wie sie der Quadro-Universal-LNB abgibt, wird über je einen elektrisch-optischen Wandler auf die optische Faser eingespeist, um dann am Ende der Vierfaser-Übertragungsstrecke wieder in die ursprünglichen Bänder optisch-elektrisch zurückgewandelt und über Multischalter den Satellitenreceivern der Teilnehmer per Koaxial-Kabel zugeleitet zu werden. Es sind also 4 optische Sender, 4 optische Fasern und 4 optische Empfänger für eine LWL-Strecke erforderlich. Die Anforderungen an die Frequenzstabilität der Laser sind eher gering. Das herkömmliche LNB mit koaxialen Ausgängen kann unverändert weiterbenutzt werden.

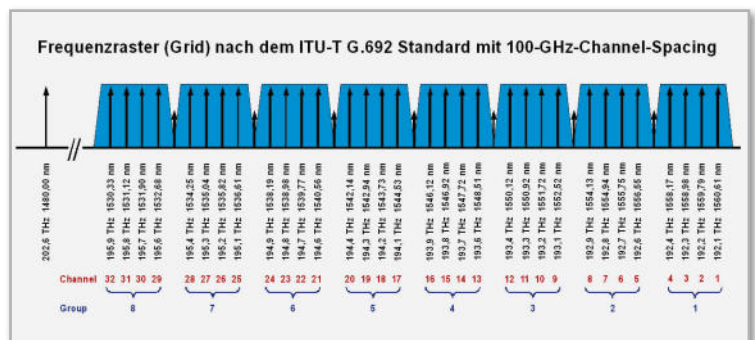
Dieser technische Ansatz wird beispielsweise von den Firmen DCT Delta GmbH ([www.dct-delta.de](http://www.dct-delta.de)) und Spaun electronic GmbH & Co. KG ([www.spau.de](http://www.spau.de)) verfolgt. Während DCT Delta auf Einzel- oder Doppel-Lasermodule setzt und am Ende der optischen Strecken wiederum mit Einzel- oder Doppelpfängermodulen die elektrischen Sat-ZF-Spektren wiedergewinnt (Abbildung 2), verwendet Spaun sendeseitig Einzel-Lasermodule für jede Sat-ZF-Ebene und Vierfacherempfängermodule am Ende der optischen Strecke. Bei beiden Herstellern erlaubt es die Übertragungsbandbreite unterhalb der Sat-ZF im Frequenzbereich 47 bis 860 MHz, noch ein vollständiges BK-Spektrum zu übertragen. Der Sendepiegel der 1310-nm-Laser liegt bei 6 dBm, der minimale Empfangspegel bei -10 dBm (DCT Delta) und -12 dBm (Spaun), die verfügbaren optischen Budgets betragen also 16 dB bzw. 18 dB.

**2. Alternative.** Jedes der Sat-ZF-Bänder kann auf einen eigenen Wellenlängenbereich moduliert werden. Dieses Verfahren wird als WDM (Wavelength Division Multiplex = Wellenlängenmultiplex) bezeichnet. Durch die bessere Ausnutzung der Faserbandbreite genügt eine Faser für alle vier (oder mehr) Sat-ZF-Bänder, allerdings ist der sende- und empfangsseitige Aufwand höher. Auch hier kann ein herkömmliches Quadro-LNB mit koaxialen Ausgängen unverändert weiterbenutzt werden.

Die maximale Anzahl der gleichzeitig auf einer Glasfaser übertragbaren Kanäle hängt von der Stabilität und Schmalbandigkeit der eingesetzten Laser ab. In der ITU-Norm G.692 sind im Wellenlängenbereich von 1530 bis 1560 nm acht Kanalgruppen mit jeweils vier Kanälen im 100-GHz-Raster spezifiziert (Abbildung 3). Wählt man z. B. für die Übertragung der vier Sat-ZF-Bänder die Kanäle 4, 12, 20 und 28, dann sind wegen des großen Kanalabstands von 1 THz auch weniger frequenzstabile und deshalb preiswertere Laser verwendbar. Optische Multiplexer und Demultiplexer am Ein- und Ausgang der Übertragungsstrecke bilden aber unvermeidliche

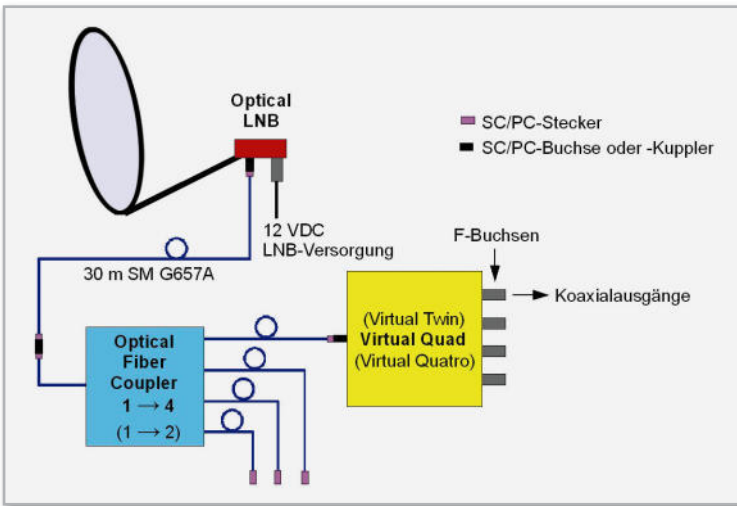


**Bild 2:** Das Konzept von DCT Delta sieht die verlustarme, volltransparente optische Übertragung von vier einzelnen Frequenzbändern von 47 bis 2150 MHz vor.

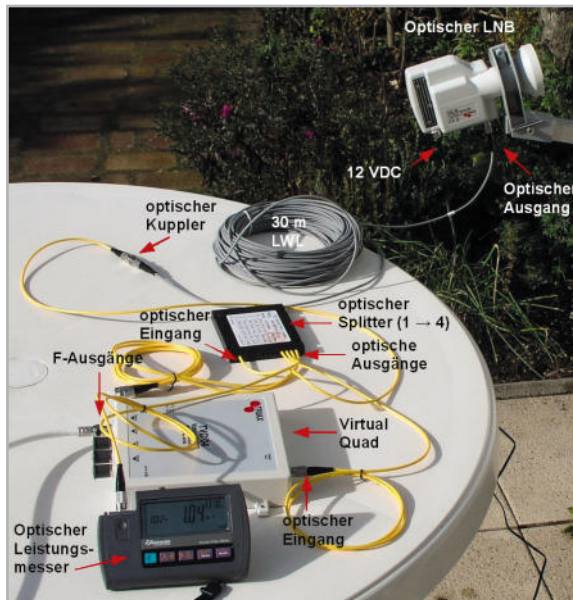


**Bild 3:** Das ITU-G.692-Raster definiert 8 Gruppen mit je 4 Trägern im Frequenzabstand von 100 GHz im Wellenlängenbereich um 1550 nm.

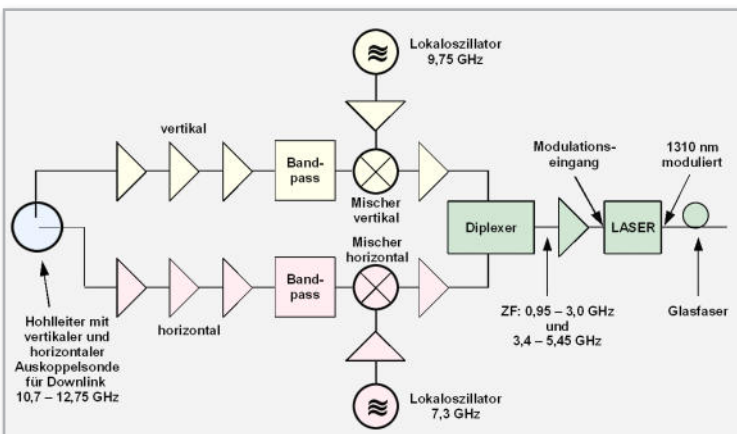
Kostenfaktoren. Nehmen wir an, das modulierende Spektrum umfasse den terrestrischen Frequenzbereich von 47 bis 862 MHz und das daran anschließende Sat-ZF-Spektrum (950 bis 2150 MHz), also 2,15 GHz Bandbreite insgesamt. Bei einer Intensitätsmodulation (entspricht der Amplitudenmodulation) des Trägers entstehen um ihn herum ein oberes Seitenband in Regellage und ein unteres Seitenband in Kehrlage. Wird z. B. Kanal 11 des ITU-Rasters (193,3 THz = 193.300 GHz) als Träger gewählt, so erstreckt sich das Spektrum des modulierten Signals von 193.297,85 GHz bis 193.002,15 GHz. Es besteht also noch ein gewaltiger Abstand zu den 100 GHz entfernten Nachbarträgern bei 193.200 GHz und 193.400 GHz. Theoretisch kann das modulierende Signal eine Bandbreite von 50 GHz haben, damit es zu keinen Überschneidungen mit dem Spektrum des ebenfalls mit dieser Bandbreite modulierten Nachbarträgers kommt. In diese theoretische Modulationsbandbreite passen 1000 Satellitentransponder mit 50 MHz Bandbreite, auf denen jeder mindestens 4 HD- oder 8 SD-Programme transportieren kann. Somit sind bis zu 4000 HD- oder 8000 SD-Programme auf jedem der 40 Träger des in Abbildung 3 gezeigten ITU-Rasters im 1550-nm-Fenster der Glasfaser prinzipiell übertragbar. Es stecken also noch riesige Übertragungskapazitätsreserven in dem Verfahren, wenn es kostengünstig gelingt, die Träger extrem schmalbandig und frequenzstabil zu erzeugen.



**Bild 4:** Teilnehmerseitig wird das optische Sat-ZF-Verteilssystem durch einen Virtual Quad abgeschlossen. Er wandelt das Signal optisch-elektrisch und stellt es an seinen vier F-Ausgängen wie ein normaler Multischalter herkömmlichen Receivern mit koaxialem Antenneneingang zur Verfügung.



**Bild 5:** „System on a Table“, mit wenigen Handgriffen ist eine Vier-teilnehmeranlage in Betrieb zu nehmen.



**Bild 6:** Im optischen LNB werden die vertikalen und horizontalen Downlinkbänder so abgemischt, dass sie in ein Frequenzband von 0,95 bis 5,45 GHz zu liegen kommen. Dieses dient der Intensitätsmodulation eines 1310-nm-Halbleiter-Lasers.

**3. Alternative.** Die Sat-ZF-Bänder werden elektrisch „gestapelt“ (Stacking), das heißt in der Hochfrequenzlage so verschoben, dass sie sich nicht überlappen. Der so entstandene breitbandige Stack wird dann einem Laser aufmoduliert und am Ende der Übertragungsstrecke wieder optisch-elektrisch rückgewandelt und in die ursprünglichen vier Sat-ZF-Spektren zerlegt (Destacking). Wenn das Stacking und die Modulation auf die Glasfaser bereits im LNB erfolgen, benötigt der LNB nur einen optischen Ausgang und einen Eingang für die Versorgungsspannung. Weil nur ein DFB-Laser und keine optischen Multiplexer/Demultiplexer erforderlich sind, vereinfacht sich das System in der optischen Ebene.

Im Bereich der optischen Übertragung der gestackten vier Frequenzbänder eines DBS (Direct Broadcasting Satellite) hat sich nach dem erfolgreichen Abschluss des von der ESA (European Space Agency) unterstützten und von der britischen Firma Global Invacom durchgeführten Projekts „Distribution of DBS Signals by Fibre Optic“ Entscheidendes getan. Die in 14 Arbeitspakete aufgeteilte Aufgabenstellung lautete: „Entwurf eines Systems zur Verteilung der DBS-Signale eines Universal-LNBs an Standard-Receiver in MDUs über eine einzelne optische Faser“. MDU (Multi Dwelling Unit) ist die im angelsächsischen Sprachraum übliche Bezeichnung für Gemeinschaftsempfangsanlagen. Alle 14 Teilziele wurden erreicht und in ein marktfähiges System überführt, das sich durch Preiswürdigkeit und einfaches Handling auszeichnet. Nachfolgend werden die Erfahrungen mit einem von der Firma Triax-Hirschmann ([www.triax-gmbh.de](http://www.triax-gmbh.de)) zur Verfügung gestellten Testsystem geschildert.

### Vom optischen LNB zur Koax-Set-Top-Box.

Das System umfasst einen

- LNB mit optischem Ausgang,
- vorkonfektionierte, beidseitig mit FC/PC-Steckern versehene Single-Mode-Fasern verschiedener Längen (Type TRIAX Armored Optical Fiber Cabel SM G657A LSZH 3.0) 9/125  $\mu\text{m}$  (Core/Cladding),
- optische Splitter (1  $\rightarrow$  2 und 1  $\rightarrow$  4) und
- optisch-elektrische Abschlusseinheiten (Optical to Legacy Converter) zum Anschluss herkömmlicher koax-basierter Hardware (Virtual Twin, Virtual Quad, Virtual Quattro).

Die Testanlage bestand aus optischem LNB (TOS 04), Virtual Quad (TVC 04), 30 m LWL-Kabel (TFC 30) sowie optischen Kupplern (TFB 001) und optischem 10-dB-Dämpfungsglied (TOA 10 FC/PC).

Abbildung 4 zeigt das Systemschema, Abbildung 5 die praktische Messanordnung. Wir sehen das optische LNB, einen optischen Kupppler für das Verteilen (Splitten) des LNB-Signals auf vier optische Fasern und einen Virtual Quad, der das optische Signal am Ende des optischen Netzabschnitts wieder in die koaxialen Signale verwandelt, die ein herkömmlicher Multischalter an seinen Teilnehmerausgängen zur Verfügung stellt. Damit lassen sich handelsübliche Sat-Receiver verwenden.

Der Aufbau gestaltet sich einfach. Für die Ausrichtung der Antenne gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Die Antenne entweder mit einem konventionellen LNB und Messempfänger ausrichten und dann das optische LNB montieren oder



2. optischen LNB montieren und über optischen 10-dB-Abschwächer den Virtual Quad anschließen. Einen seiner F-Ausgänge mit Messempfänger verbinden und Ausrichtung vornehmen.

Sollte man das System mit keiner der beiden genannten Methoden zum Laufen bringen, ist Rätseln oder der Einsatz eines optischen Leistungsmessers angesagt. Uns stand ein solcher (Kingfisher KI 9600 Pocket Fiber Meter) als Leihgabe der Firma DHS-Tools ([www.dhs-tools.de](http://www.dhs-tools.de)) zur Verfügung. Obwohl unser Aufbau auf Anhieb funktionierte, machte uns die Messung der optischen Leistung am Ausgang des Splitters stutzig. Statt der zu erwartenden +1 dBm wurden hier -12 dBm vorgefunden. Nach der Reinigung des vorgeschalteten optischen Kupplers war die Welt wieder in Ordnung. Ohne optische Messhilfe hätte man wertvolle Systemreserven verschenkt.

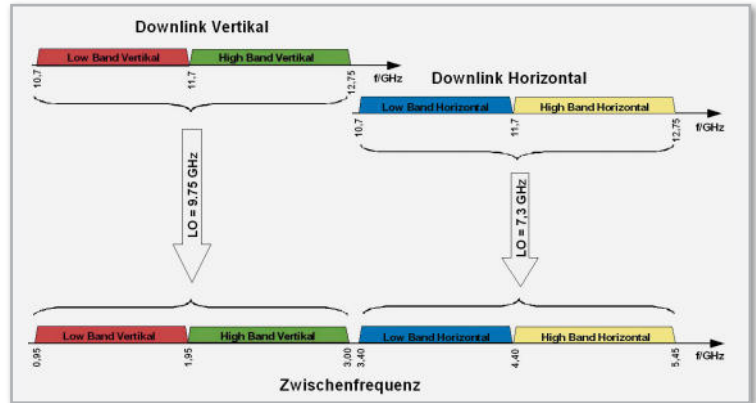
**Funktionsprinzip des optischen LNBs.** Im optischen LNB werden die beiden Downlinkbänder (vertikal/horizontal 10,7 bis 12,75 GHz) mit 9,75 und 7,3 GHz abgemischt und zu einem „Stack“ (Stack = Stapel) zusammengeführt, der den Frequenzbereich von 0,95 bis 5,45 GHz belegt (Abbildung 6, Abbildung 7). Mit diesem Zwischenfrequenzband wird eine 1310-nm-Laser-Lichtquelle intensitätsmoduliert. Das modulierte Laser-Licht enthält nun die Informationen aller vier Sat-ZF-Bänder und kann mit einem Pegel von ca. 7 dBm ( $10^{7/10}$  mW = 5 mW) über eine FC/PC-Buchse zur optischen Verteilung über Lichtwellenleiter abgegriffen werden. Die Spannungsversorgung des optischen LNBs mit 13 Vdc/300 mA erfolgt über eine F-Buchse.

**Glasfasern, Kuppler, Dämpfer und Splitter.** Aus diesen Komponenten wird das rein passive optische Verteilnetz aufgebaut.

Um dem Installateur das Leben so einfach wie möglich zu machen, stehen verschieden lange, mit optischen Steckern versehene Kabel zur Verfügung. Das aufwändige Spleißen (Verbinden) oder Anbringen der optischen Stecker (Konfektionieren) auf der Baustelle bleibt ihm also erspart. Wegen der extrem geringen optischen Faserdämpfung (<0,4 dB/km) spielen nahezu ausschließlich die Übergangsverluste in den Steckverbindungen und die Verteilverluste in den optischen Splittlern eine Rolle. Im Test wurde ein 30-m-Kabel-Ring vom Typ TRIAX Armored Optical Fiber Cabel SM G657A LSZH 3.0, 9/125 (Core/Cladding) Single Mode verwendet. Dieses etwa 3 mm starke Kabel nach der neuen ITU-Norm G.657.A ist biegeunempfindlich (min. Biegeradius 10 mm), dank Metallarmierung trittfest und äußerst zugbelastbar. Damit ist es ideal für Büroverkabelungen und Fiber-to-the-Home-Netze sowie auch zum nachträglichen Verlegen geeignet.

Eingesetzt werden FC/PC-Stecker (Abbildung 8). FC ist die Abkürzung für Fiber Connector (Faserstecker) und PC (Physical Contact) steht für die physikalische Berührstelle zwischen den Fasern. Die Steckerendflächen sind konvex geschliffen, damit der Stirnflächenkontakt nur im Bereich des Glasfaserkerns zustande kommt. Dies verringert Rückstrahlungen an den Enden der LWL-Abschnitte. In Abbildung 9 ist links das bereits erwähnte optische 10-dB-Dämpfungsglied und rechts ein FC/PC-Kuppler zu sehen.

Zur Aufteilung des optischen Signals auf zwei oder vier Strecken (Abbildung 10) steht je eine Splittersorte zur Verfügung. Der Vierfach-Splitter gibt über jeden Ausgang ein Viertel der am optischen Eingang eingespeisten Leistung ab (Verlustfreiheit angenommen). Dies entspricht einer theoretischen Verteildämpfung von  $10 \log(0,25) = 6,02$  dB. Die tatsächlichen Werte sind vom Hersteller ausgemessen und auf den Splitter aufgedruckt. Sie liegen bei 6,2 bis 6,3 dB.



**Bild 7:** Das Umsetzscha des optischen LNBs. Die vertikale Polarisationsebene wird mit 9,75 GHz, die horizontale mit 7,3 GHz abgemischt und zu einem Stack zusammengeführt.



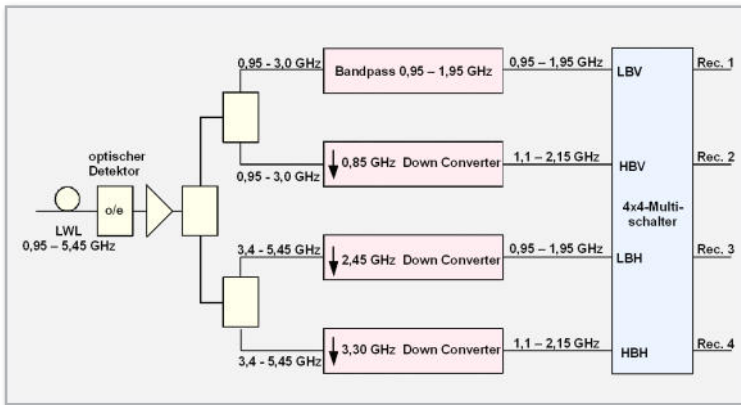
**Bild 8:** Dank vormontierter Stecker vom Typ FC/PC sind keinerlei Erfahrungen in der LWL-Konfektionierung erforderlich.



**Bild 9:** Optische Abschwächer (links) und Kuppler werden bei Bedarf in den Signalweg eingefügt. Das kann erforderlich werden, um eine Übersteuerung der optisch-elektrischen Konverter zu vermeiden, falls das optische LNB-Ausgangssignal nicht oder nur wenig gesplittet wird.



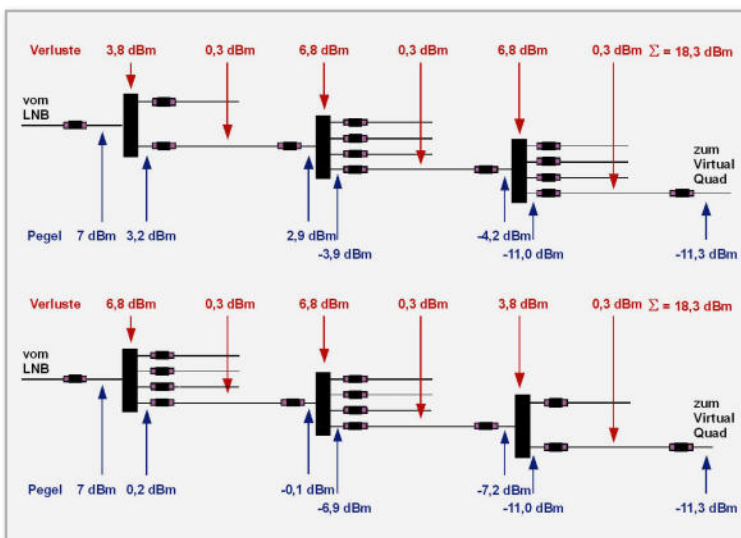
**Bild 10:** In einem optischen Vierfachverteiler wird das optische Eingangssignal auf vier optische Ausgangssignale gesplittet.



**Bild 11:** Der Virtual Quad zerlegt das optische Signalspektrum wieder in die Bänder Low Vertikal, Low Horizontal, High Vertikal und High Horizontal. An vier F-Ausgängen stehen sie wie bei einem klassischen Multischalter zur weiteren coaxialen Verteilung an herkömmliche Sat-Receiver zur Verfügung.



**Bild 12:** Das Innenleben eines Virtual Quads. Oben ist der optische Eingang zu sehen, von dem eine Glasfaser zum optisch-elektrischen Wandler führt, unten erkennt man die vier coaxialen Ausgänge.



**Bild 13:** Das Pegelbudget reicht für das Aufsplitten der Signalenergie auf bis zu 32 Glasfasern aus.

**Optisch-elektrische Konverter.** An den Ausläufern des optischen Verteilnetzes werden die optischen Signale wieder in elektrische zurückgewandelt. Dazu stehen zur Verfügung:

- **Virtual Twin.** Er verhält sich receiverseitig wie ein Twin-LNB oder ein Zwei-Port-Multischalter und gestattet somit den Betrieb von zwei Sat-Receiver.
- **Virtual Quad.** Er verhält sich receiverseitig wie ein Quad-LNB oder ein Vier-Port-Multischalter und gestattet somit den Betrieb von vier Sat-Receiver. Sein Blockschaltbild zeigt Abbildung 11, sein Innenleben Abbildung 12.
- **Virtual Quattro.** Er liefert wie ein Quattro-LNB an seinen vier F-Ausgängen die vier Sat-ZF-Spektren (LBV, LBH, HBV, HBH) und erlaubt damit den weiteren Ausbau der Anlage mit herkömmlichen coaxialen Verteilkomponenten. Sein Blockschaltbild gleicht dem aus Abbildung 11, lediglich der ausgangsseitige 4x4-Multischalter fehlt.

**Pegelbilanz.** Die optische Ausgangsleistung des LNBs liegt bei typ. 7 dBm. Am Eingang des Virtual Quad sollten mindestens -11 dBm anliegen, d. h. 18 dB können im optischen Verteilsystem „verbraten“ werden. Da die Glasfaser etwas weniger als 0,4 dB/km im 1310-nm-Bereich dämpft, spielen in den meisten Fällen nur die Verteildämpfung der optischen Splitter und die Durchgangsdämpfung der Steckverbindungen im Signalweg eine relevante Rolle. Abbildung 13 zeigt, wie bei einem Splitfaktor von 32 der typische LNB-Pegel von 7 dBm durch die Gesamtverluste im optischen Signalpfad von 18,3 dBm auf -11,3 dBm abfällt. Damit ist das optische Signalbudget aufgebraucht. Mit 32 Virtual Quads an den Ausläufern des optischen Verteilnetzes können somit  $4 \times 32 = 128$  Receiver versorgt werden. Setzt man statt der Virtual Quads dagegen Virtual Quattros ein, die wiederum beispielsweise 4x16-Multischalter speisen, wird die Zahl der versorgbaren Receiver auf 512 vervierfacht.

**Frequenzgänge.** Im Vergleich mit einem klassischen Universal-Twin-LNB (Silver Crest LP404) zeigte das Duo aus optischem LNB (TOS 04) mit direkt nachgeschaltetem Virtual Quad (TVC 04) von Triax-Hirschmann leichte, vielleicht vom Exemplar abhängige Schwächen in der Linearität des Frequenzgangs, besonders in der horizontalen Ebene des High-Bands (Abbildung 14). Hier war der Transponder 107 (Sat-1-Bouquet: Sat 1, Pro Sieben, Kabel Eins, N 24 und 9 Live ...) in einem Pegeltal. Ohne Messempfänger mit Spektrumsdarstellung ist dem daraus möglicherweise resultierenden instabilen Empfang schwer beizukommen.

Die gemessenen Werte für C/N (Carrier to Noise Ratio) und MER (Modulation Error Ratio) von 9,0 dB bzw. 9,8 dB beim optischen System (Abbildung 15) belegen das Problem im Vergleich mit Werten von C/N = 10,5 dB und MER = 12,6 dB beim klassischen Vergleichs-LNB.

**Vorteile der optischen Sat-ZF-Verteilung.** Die geringe LWL-Dämpfung erlaubt problemlos die Zuführung der vier Sat-ZF-Spektren auch über mehrere Kilometer. Eine 3-mm-Glasfaser ist in dieser Hinsicht einem dicken Bündel aus 4 Koaxial-Kabeln meilenweit überlegen. Dieser Vorsprung würde weiter wachsen, wenn das Stacking der 8 Sat-ZF-



Bänder eines Monoblock-LNBs gelänge. Hinzu kommt das einfache Handling.

Glasfasern haben keine Probleme mit elektromagnetischer Ein- und Ausstrahlung (Ingress und Egress). Sie können deshalb ohne weiteres auf längeren Strecken parallel zu Energiekabeln verlegt werden. Zudem ist ihr Durchmesser so klein, dass ein nachträgliches Einziehen in teilweise belegte Leerrohre oder die Verlegung hinter der Fußbodenleiste meistens keine Schwierigkeiten bereitet. Sollten die vormontierten Stecker den Durchgang im Leerrohr erschweren oder verhindern, bietet der Einsatz von sog. Miniflex-Kabeln ([www.anpeq.com](http://www.anpeq.com)) einen Ausweg. Bei ihnen ist der Stecker nur an einer Seite vollständig montiert. Auf der anderen Seite haben sie einen „schlankeren Kopf“ in Form einer Ferrule, die nach erfolgtem Einziehen mit wenigen Handgriffen zum kompletten Stecker ergänzt wird (Abbildung 16). Auch hier ist also kein aufwändiges Spleißen erforderlich.

Potentialverschleppungen und Ausgleichsströme über den Mantel gibt es bei der nicht leitenden Glasfaser prinzipiell nicht. In Zeiten zunehmender Vernetzung von IT, TK und Rundfunkempfangsanlagen ist dies ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Ein Potentialausgleich, in den die Mäntel von Koaxial-Kabeln einbezogen werden müssen, ist bei Glasfasern weder möglich noch nötig. Das spart Material und Arbeitszeit und steigert die Funktionssicherheit der Anlage. In einer DIN-EN-50173-konformen Wohnungsverkabelung mit einem zentralen Home-Distributor (Wohnungsverteiler, z. B. nach Abbildung 17) für multimediale Dienste ist der Virtual Quad als optisch angefahrener Multischalter die perfekte Lösung, denn die wohnungsweiten koaxialen Dämpfungen spielen in der Regel wegen der geringen Kabellängen eine untergeordnete Rolle.

Würde man das zweite Wellenlängenfenster 1550 nm zur Datenübertragung nutzen, könnte man über die gleiche Zubringerfaser das volle Triple Play realisieren. Entsprechende Endgeräte vorausgesetzt, wäre ein völliger Verzicht auf kupferbasierte Übertragungsmedien möglich. Aber bis dahin wird sicherlich noch eine Reihe von Jahren vergehen.

**Nachteile der optischen Sat-ZF-Verteilung.** Wie in dem Abschnitt „Pegelbilanz“ gezeigt, ist das Pegelbudget des vorgestellten Systems von etwa 18 dBm nach zwei Vierfach- und einem Zweifach-Splitter aufgezehrt. Das Anheben des optischen Pegels ist gegenwärtig mit relativ preiswerten optischen Verstärkern in EDFA-Technologie (EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier) nicht möglich, weil diese nur für den 1550-nm-Wellenlängenbereich verfügbar sind. Zukünftige optische LNBs mit höheren Ausgangsleistungen des Sendelasers würden dagegen längere Splitterkaskaden und damit erheblich größere Teilnehmerzahlen zulassen.

Die LNB-Speisung ist nicht mehr über das koaxiale Anschlusskabel möglich, vielmehr muss ein separates Kabel parallel zum LWL vom Speisernetzteil bis zum optischen LNB verlegt werden. Die erhöhte Zahl der Signalverarbeitungsschritte (Stacking, elektrisch-optische Wandlung, optisch-elektrische Wandlung, Destacking) beeinträchtigt prinzipiell, wenn auch in geringem Maß, die Signalparameter. Der mögliche Verzicht auf Verstärker, wie sie in koaxialen Netzen erforderlich sein können, ist dagegen von Vorteil.

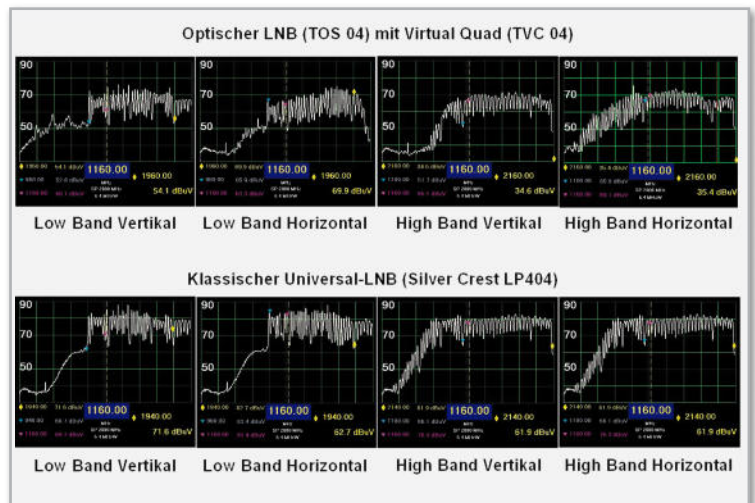


Bild 14: Beim Frequenzgang hat das System aus optischem LNB und Virtual Quad (oben) im Vergleich mit einem rein elektrischen LNB noch leichte Schwächen.



Bild 15: Die Frequenzgangdelle in Bild 14 oben rechts manifestiert sich in mäßigen Werten für C/N und MER. Die Screenshots stammen vom Messempfänger Teles H45 advance.



Bild 16: Bei Miniflex-Kabeln wird nur das Kabel mit ankonfektionierter Ferrule eingezogen. Am Ausgang des Leerrohrs wird die Ferrule durch wenige Handgriffe zum vollständigen Stecker ergänzt. (Quelle: Anpeq)

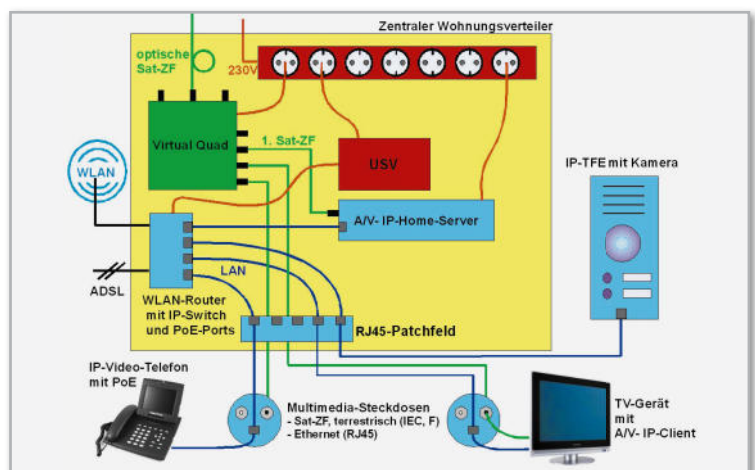


Bild 17: Der Virtual Quad eignet sich als optisch angefahrener Multischalter ideal für den Einsatz im zentralen Wohnungsverteiler nach DIN EN 50173.





**Bild 18:** Eine optische Quelle für 1310 und 1550 nm (links) und ein optischer Leistungsmesser für dieselben Wellenlängenbereiche (KI 9800 Pocket Series von Kingfisher) sind für die qualifizierte Beurteilung des optischen Verteilsystems unerlässlich.



**Bild 19:** Das OptiScan von Global Invacom erlaubt Messungen sowohl an den optischen als auch an den koaxialen Komponenten eines Sat-ZF-Hybridnetzes. (Quelle: Invacom)



**Bild 20:** Mit einer derartigen Kassette lassen sich zwei Transponder eines Satelliten in IPTV-Datenströme umwandeln. (Quelle: GSS)

**Neue Anforderungen an den Installateur.** Der Installateur, der sich bisher nur mit koaxialkabelbasierten Verteilsystemen beschäftigt hat, muss umdenken und einiges dazulernen. Bei der optischen Verteiltechnik spielt in der Praxis die überbrückte Distanz keine Rolle, wohl aber der Budgetverzehr durch optische Splitter und Kuppler. Zudem ist größter Wert auf die Sauberkeit der optischen Verbindungen zu legen, denn bereits ein Fingerabdruck oder ein Staubkorn auf der Stirnfläche des Lichtwellenleiters kann unzulässige Dämpfungen erzeugen.

Deshalb ist etwas Messtechnik für die optischen Abschnitte des Verteilnetzes erforderlich. Eine Lichtquelle und ein op-

tisches Power-Meter würden für den Anfang vollauf genügen, um die optischen Strecken zu überprüfen (Abbildung 18). Wenn die beschriebene hybride Sat-ZF-Verteiltechnologie an Bedeutung gewonnen hat, wird optische Messtechnik sicherlich in die Rundfunkmessempfänger der Zukunft integriert werden. Ein erstes preiswertes Beispiel ist der Handheld-Signal-Analyzer Global Invacom OptiScan (Abbildung 19), der umfangreiche analoge und digitale Messungen an optisch-elektrischen Mischnetzen ermöglicht. Auch für das Ausrichten einer Antenne mit optischem LNB ohne Umweg über das elektrisch rückgewandelte Signal ist OptiScan ausgelegt. Sicherlich sind auch die Hersteller und Lieferanten von Satelliten-Empfangs- und -Verteiltechnik gefordert, die optische Sat-ZF-Verteiltechnik in ihre Schulungsprogramme aufzunehmen.

**Zukunftsperspektive „Optisches IPTV“?** Wenn man vor der Modulation die Programme eines Transponders digitalisiert und den Datenstrom auf den (oder die) optischen Träger moduliert, braucht der Laser dafür nur zwischen zwei Extremzuständen – Hell und Dunkel – hin und her geschaltet zu werden. Die Ansprüche an seine Linearität sind daher gering im Vergleich zu analog modulierten Lasern und entsprechend auch sein Preis. So lassen sich beispielsweise mit einer Kassette PHIS 1000 der Firma GSS (Grundig Sat Systems GmbH) zwei Transpondermultiplexe mit allen darin befindlichen DVB-S (SDTV) oder DVB-S2-Services (HDTV) in Programmdatenströme zur Verteilung über ein IP-Netz wandeln (Abbildung 20). Diese Technik gleicht daher einer Kanalaufbereitungsanlage oder der Kopfstelle eines größeren BK-Netzes mit dem Unterschied, dass als Ausgabeformat nicht PAL, QAM, QPSK oder COFDM benutzt wird, sondern eben das IPTV-Format. Dieses beschreibt einen nach den Regeln des Internetprotokolls formatierten Datenstrom, der – nach elektrisch-optischer Wandlung – über eine optische Ethernet-Verteilstruktur im Haus zu den Teilnehmerdosen transportiert wird. Hier muss er heute noch optisch-elektrisch rückgewandelt werden, da Flachbildschirme oder PCs mit optischen Netzwerkanschlüssen nicht auf dem Markt sind. Eine Zukunftsvision könnte daher die IP-Aufbereitung mit optischem Ausgang im Anschluss an die Empfangsantenne sein. Sie speist ein optisches Verteilnetz bis hin zum optischen Ethernet-Eingang des Flachbildschirms. Bei solchen IP-basierten Szenarien hätte das Koaxial-Kabel als gebäudeweites Transportmedium ausgedient.

**Ausblick.** Die quasi verlustfreie optische Übertragung der vollständigen Übertragungskapazität eines Satelliten wie Astra auf 19,2° Ost in Gestalt seiner vier Sat-ZF-Spektren via Glasfaser erlaubt völlig neue Verteilkonzepte. Sat-ZF-Verteilungen können jetzt problemlos mehrere Wohnblöcke mit Hunderten oder gar Tausenden von Wohnungen von einer gemeinsamen Sat-Antenne ausgehend wirtschaftlich versorgen. Eine Kanalaufbereitung ist nicht mehr erforderlich. Das senkt die Material- und Betriebskosten. Letztere sind nicht unbeträchtlich bei einer gut ausgebauten und rund um das Jahr in Betrieb befindlichen Kopfstelle. Die optische Sat-ZF-Verteilung lässt als Zukunftstechnologie noch viel erwarten. **ELV**

# Flexibler Datensammler



## Serieller Datenlogger für microSD-Speicherkarten

Der SDDS1 ist ein leistungsfähiger Datenlogger, der die bidirektionalen Daten einer RS232-Schnittstelle mit Zeitstempeln versehen auf eine microSD-Karte speichert. Über eine zweite Schnittstelle können alternativ serielle Rx/Tx-Signale mit einem Pegel von 3 bis 5 V aufgezeichnet werden, so dass der SDDS1 auch direkt an Mikrocontroller angeschlossen werden kann, ohne die Datenkommunikation zu stören. Das beleuchtete Textdisplay und ein Dreh-Drück-Schalter ermöglichen eine einfache Bedienung, und durch die Batterien ist sogar eine mobile Datenerfassung möglich.

### Mithorchen, Speichern und Auswerten

„Informationsflut“, „Datensammler“ und „Vorratsdatenspeicherung“ – diese und ähnliche Begriffe begegnen uns fast täglich in den Medien. Preisgünstige Speichermedien und Controller führen dazu, dass immer mehr digitale Daten erzeugt, übertragen, gespeichert und auch ausgewertet werden. Dies betrifft alle Lebensbereiche wie beispielsweise Beruf, Bildung, Freizeit, Verwaltung und Geschäftsverkehr. Neben Film- und Foto-Dokumenten sind das im großen Umfang auch E-Mails und Geschäftsdaten, die allesamt digital gespeichert werden. Laut einer Studie des Speicherherstellers EMC wird die weltweite Gesamtmenge an digitalen Daten bis Ende 2011 auf rund 1.800 Exabyte (1.800.000.000 Terabyte) geschätzt. Der größte Teil dieser Daten beruht sicherlich auf digitalen Ton- und Bildaufzeichnungen.

Eher klein fällt dagegen der Anteil an Steuerungs- und Messdaten innerhalb von Geräten aus, der jedoch für Entwickler, Techniker, Hobbyelektroniker und Servicekräfte häufig von großem Interesse ist. Meist sind es gar nicht die Datenmassen, die besonders interessieren, sondern eher wenige, aber dafür ganz bestimmte Bits und Bytes, die zwischen elektronischen Schaltkreisen ausgetauscht werden. Bereits ein einziges falsches Bit in der Datenübertragung zwischen zwei Controllern kann schon einen Fehler hervorrufen, dessen Suche Stunden kosten kann. Eine gezielte Auswertung

des Datenverkehrs auf einer Schnittstelle hingegen kann bestimmte Fehler sofort sichtbar machen. Dafür ist es nötig, die Daten mitzuspeichern, ohne die Kommunikation selber zu beeinflussen oder gar zu unterbrechen.

### Technische Daten: SDDS1

Datenerfassung 1:	9-polige RS232-Buchse/Stecker (EIA-232), Signaldurchleitung mit Abgriffen an: TxD, RxD, CTS, RTS, 1x frei
Datenerfassung 2:	3–5 V, TTL-Pegel, Aufzeichnung von TxD, RxD, 3x frei
Datenformat (RxD/TxD):	300–230.400 bit/s, 5, 6, 7, 8 oder 9 Datenbit, 1 oder 2 Stoppbit
Speicherformat:	Rohdaten oder formatiert, mit/ohne Zeitstempel (CSV)
Speichermedium (Dateisystem):	microSD, microSDHC (FAT16/FAT32)
Display:	grün beleuchtetes LCD, 2x 16 Zeichen
Bedienelemente:	Dreh-Drück-Schalter (Menü-Bedienung), Schiebeschalter (Batterie-Betrieb Ein/Aus)
Zeitstempel:	Sekunde, Minute, Stunde, Tag, Monat, Jahr
Externe Spannungsversorgung:	optional, 5–7 Vdc
Stromaufnahme:	max. 200 mA
Batterie/Akku:	2x Micro (AAA/LR03)
Abmessungen (B x H x T):	58 x 35 x 154 mm



**Bild 1:** Hier sind die Schnittstellen des SDS1 gezeigt. Von links nach rechts: 3-bis-5-V-TTL-Eingang, RS232-Buchse, RS232-Stecker, externe 5-bis-7-Vdc-Versorgung.

Neben dem bidirektionalen Datenverkehr interessieren häufig auch bestimmte Programmzustände, Fehlermeldungen oder Messwerte, die ein Gerät über eine Schnittstelle zur Auswertung ausgibt. Ein vielfacher Wunsch Elektronik-Interessierter ist es, solche Daten am besten über lange Zeiträume loggen zu können und diese vorher noch um eindeutige Zeitstempel zu ergänzen, damit später nachverfolgt werden kann, wann welches Telegramm aufgezeichnet worden ist. Für solche Ausgaben wird häufig eine serielle UART-Schnittstelle (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) verwendet, mit der fast jeder Mikrocontroller ausgestattet ist. Sowohl die Datenausgabe als auch die spätere Auswertung ist bei einer UART-Schnittstelle relativ einfach realisierbar. Im einfachsten Fall gibt ein Gerät direkt Meldungen im ASCII-Format aus, die sofort „lesbar“ sind.

Für manche dieser Aufgaben könnte zwar auch direkt ein PC verwendet werden, soll jedoch eine bidirektionale Datenverbindung (gleichzeitig RxD und TxD) zwischen zwei Geräten aufgezeichnet werden oder soll die Aufzeichnung im mobilen Betrieb erfolgen, ist ein PC dafür nicht ohne weiteres einsetzbar. Ist zusätzlich noch der Zustand einer bestimmten Handshake-Leitung (z. B. CTS/RTS) von Interesse oder sollen die Daten direkt von einer Mikrocontrollerschaltung aufgezeichnet werden, benötigt man einen Datenlogger wie den SDS1, der genau für diesen Anwendungsbereich konzipiert worden ist.

## Flexibel und leistungsfähig

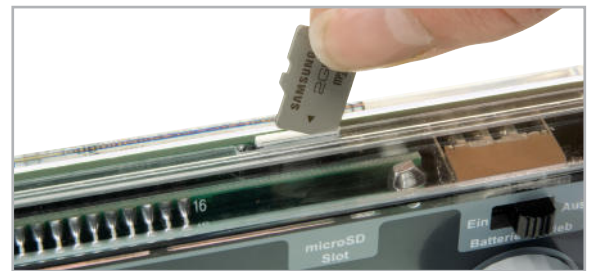
Bei der Realisierung des SDS1 wurde versucht, ein möglichst variabel einsetzbares und gleichzeitig leistungsstarkes Gerät zu entwickeln. Die seriellen Daten können daher auf zwei unterschiedlichen Wegen in den SDS1 gelangen. Entweder über die RS232-Schnittstelle für Datensignale mit  $\pm 3$  bis 15 V, wie sie beispielsweise am COM-Port eines PCs, bei Messgeräten (z. B. Multimeter) oder bestimmten Steuergeräten üblich sind, oder alternativ über die TTL-Schnittstelle für Datensignale mit Spannungen zwischen 3 und 5 V (High-Pegel). Die Eingänge des SDS1 sind in Abbildung 1 dargestellt. Die RS232-Schnittstelle mit ihrem Ein- und Aus-



**Bild 2:** Der SDS1 lässt sich, wie gezeigt, zum Aufzeichnen in eine bestehende Datenverbindung einfügen, ohne diese zu beeinflussen.

gangsport kann mit einem kurzen Stück Verlängerungskabel verglichen werden, da alle Pins dieser Schnittstelle ohne Unterbrechung im Gerät durchgeführt sind. Die Datenaufnahme erfolgt über interne Abgriffe auf dieser Durchführung. Abbildung 2 zeigt einen in ein Kabel eingefügten SDS1, der dadurch den kompletten Datenverkehr aufzeichnen kann, ohne von den Endgeräten überhaupt „bemerkt“ zu werden.

Als Datenspeicher kommen beim SDS1 microSD- und microSDHC-Speicherkarten zum Einsatz, die heute trotz riesiger Speichervolumen von mehreren Gigabyte sehr preisgünstig zu haben sind. Ein weiterer Vorteil dieser Speicherlösung ist der schnelle Zugriff auf die gesamten gesammelten Daten über ein Kartenlesegerät am PC. Die zum Auslesen nötigen microSD-auf-SD-Adapter liegen microSD-Karten meistens bereits bei. Da eine Speicherkarte am SDS1 auch sehr schnell gegen eine zweite Karte getauscht werden kann (Abbildung 3), würde sich die Unterbrechung einer Datenaufzeichnung auf wenige Sekunden beschränken, was für bestimmte Einsatzgebiete sehr nützlich sein kann. Da der SDS1 das FAT16- und das FAT32-Dateisystem unterstützt, können die aufgezeichneten Daten am PC direkt von der Karte gelesen, kopiert und ausgewertet werden. Im einfachsten Fall geschieht die Auswertung mit Hilfe eines Texteditors, eines Hex-Editors wie „HxD“ [1] oder „Hex-Editor MX“ [2], einem CSV-Editor [3] oder anderen auf die vorliegenden Daten spezialisierten Tools.



**Bild 3:** Die microSD-Karte wird seitlich am SDS1 eingesteckt und tief hineingedrückt, bis ein „Klick“ hörbar ist, und schließt danach bündig mit dem Gehäuse ab.

Alle Einstellungen am SDS1 werden über das LC-Display und den Dreh-Drück-Knopf vorgenommen. Dies sind unter anderem das Daten- und das Aufzeichnungsformat, die Zeit- und Datumseinstellung, die Wahl der Schnittstelle und weitere Parameter, die im zweiten Teil dieses Artikels ausführlich behandelt werden.

## Schaltungsbeschreibung

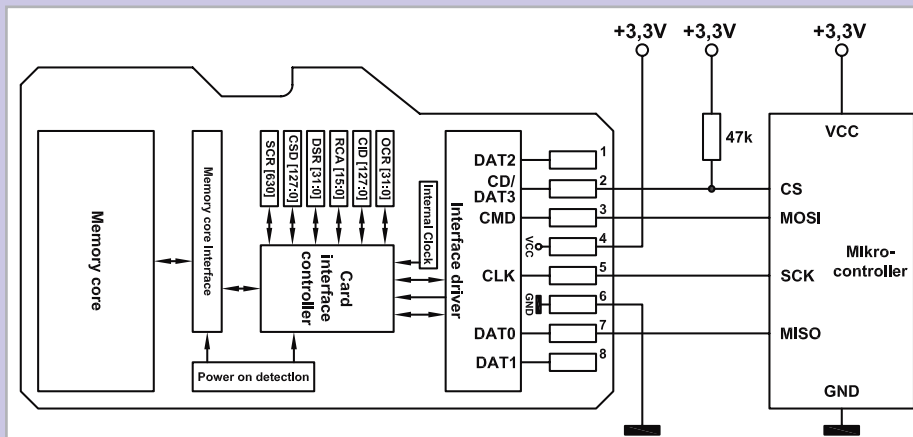
Die Schaltung des SDS1 verteilt sich auf die Schaltbilder Abbildung 4 (Batterieplatine) und Abbildung 5 (Hauptplatine). Verbunden sind die beiden Platineile über die Stiftleisten ST 7 und ST 8, die sich auf beiden Schaltbildern wiederfinden.

### Batterieplatine – Energie bis zum letzten Rest

Das Ziel bei der Entwicklung der Spannungsversorgung war es, sowohl eine externe Spannungsversorgung als auch eine Batterieversorgung gleichzeitig zu ermöglichen. Da der Da-



## Elektronikwissen – Anschluss einer microSD-Card am SPI-Bus



Die SD-Karten-Familie hat sich mittlerweile als Speicherartenlösung auf breiter Front durchgesetzt. Zu dieser Familie gehören zum einen die „normale“ SD- und die für größere Speicherlösungen entwickelte SDHC-Card. Neben diesen von fast allen Consumer-Digitalkameras unterstützten Karten gibt es die in ihren Abmessungen etwas kleineren miniSD/miniSDHC-Karten, die vom Markt bereits fast wieder verschwunden sind. Das liegt hauptsächlich an den deutlich kleineren microSD/microSDHC-Karten, die sich aufgrund ihrer minimalen Abmessungen sehr schnell verbreitet haben und im Handy-Bereich bereits Standard gelten. Praktischerweise können microSD-Karten über passende Adapter auch als miniSD- oder SD-Karten verwendet werden.

Neben dem Formfaktor hängt der Erfolg der SD-Card sicherlich auch mit der SD-Schnittstelle zusammen, die auch in ihrer modernsten Variante noch immer abwärtskompatibel zur altbekannten SPI-Schnittstelle ist. Im einfachsten Fall lässt sich eine microSD-Karte mit der oben abgebilde-

ten Schaltung als externer Flash-Speicher in fast jede Mikrocontroller-Schaltung integrieren. Über einen Low-Pegel auf der Chip-Select-Leitung (CS) wird die Schnittstelle der Karte aktiviert und über Master-out-Slave-in (MISO), Slave-out-Master-in (MOSI) und die Taktleitung (CLK/SCK) werden die Daten übertragen. Master ist in diesem Fall der Mikrocontroller, während die SD-Karte das Slave-Gerät ist.

Da SD-Karten mit 3,3 V betrieben werden sollten, benötigt man einen Pegel-Konverter für den SPI-Bus, wenn der Mikrocontroller mit einer anderen Spannung (z. B. 5 V) betrieben wird. Dafür gibt es im Internet Realisierungsvorschläge mit simplen Spannungsteilern, die jedoch problematisch sein können. Eine bessere Lösung wird im Elektronikwissen-Teil „Bidirektionaler Pegelwandler“ [„ELVjournal“ 2/10] behandelt. Weitere umfangreiche Informationen zu SD-Karten finden sich z. B. unter [4] oder in zahlreichen PDF-Dokumenten, die mit Hilfe einer Suchmaschine zu finden sind, wenn als Suchwörter „Specification“ und „microSD“ oder „microSDHC“ eingegeben werden.

tenlogger aber klein und kompakt bleiben sollte, stand lediglich genug Platz für zwei Micro-Batterien zur Verfügung. Diese sollten daher möglichst effektiv genutzt werden, um die Laufzeit des SDD1 im mobilen Betrieb zu maximieren. Aus diesem Grund kamen zur Erzeugung der 3,3-V- und der 4,6-V-Spannungen nur die hochwertigen Step-up-Wandler TPS61070 (IC 2 und IC 3) von Texas Instruments in Frage, die eine Effizienz von annähernd 90 % aufweisen. Durch die Fähigkeit dieser Bausteine, selbst aus einer Eingangsspannung von nur 0,9 V noch die gewünschte Ausgangsspannung erzeugen zu können, werden die Batterien sozusagen bis auf den letzten Rest „leergesaugt“. Die Ausgangsspannungen der Wandler werden über die Spannungsteiler R 7 und R 8 auf 4,6 V bzw. über R 11 und R 12 auf 3,3 V eingestellt. Die Strecke zwischen den Batterien und den Step-up-Wandlern ist ebenfalls verlustarm ausgelegt, da statt einer regulären Einweg-Sicherung die selbststrückstellende PTC-Sicherung R 1 mit geringerem Innenwiderstand zum Einsatz kommt und zur Abschaltung der Batterieversorgung zwei besonders niederohmige MOSFETs (T 1 und T 2) verwendet werden. Die Batterieabschaltung dient unter anderem dazu, bei externer Versorgung über die Buchse BU 3 die Batterie automatisch abzutrennen, damit diese nicht belastet und auf kei-

nen Fall aufgeladen wird. Liegt an BU 3 jedoch keine Spannung an, bestimmt der Schiebeschalter S 1, ob die Batterie an- oder abgeschaltet ist. Im eingeschalteten Zustand zieht S 1 über R 4 und D 7 die Gate-Spannung von T 1 und T 2 auf Masse, wodurch die Transistoren leitend werden. Den Zustand des Schiebeschalters S 1 kann der Mikrocontroller IC 7 über D 3 auf der Leitung „ON\_HOLD“ erkennen und seinerseits die Batterie über den Schaltausgang „IN\_S1“, R 5 und den Transistor T 8 auch dann noch eingeschaltet lassen, wenn der Schalter S 1 vom Anwender wieder in die AUS-Position geschoben wird. Dadurch wird verhindert, dass die Spannungsversorgung unkontrolliert abgeschaltet wird. Sollte nämlich beim plötzlichen Abschalten der Mikrocontroller gerade Daten in eine geöffnete Datei schreiben, wäre diese Datei anschließend unbrauchbar und die Daten verloren. Erkennt der Mikrocontroller nun aber den Wunsch zum Abschalten, kann er schnell noch den Schreibvorgang beenden und die Datei schließen. Erst danach sperrt er den Transistor T 8 und schaltet damit die Batterie ab. Vollständig lässt sich die Batterie-Versorgung aber nicht abschalten, da diese die Echtzeituhr IC 4 (Hauptplatine) über die Diode D 6 stets mit Spannung versorgt. Dieser Strom liegt dann allerdings bei ca. 1  $\mu$ A und ist daher vernachlässigbar. Zudem

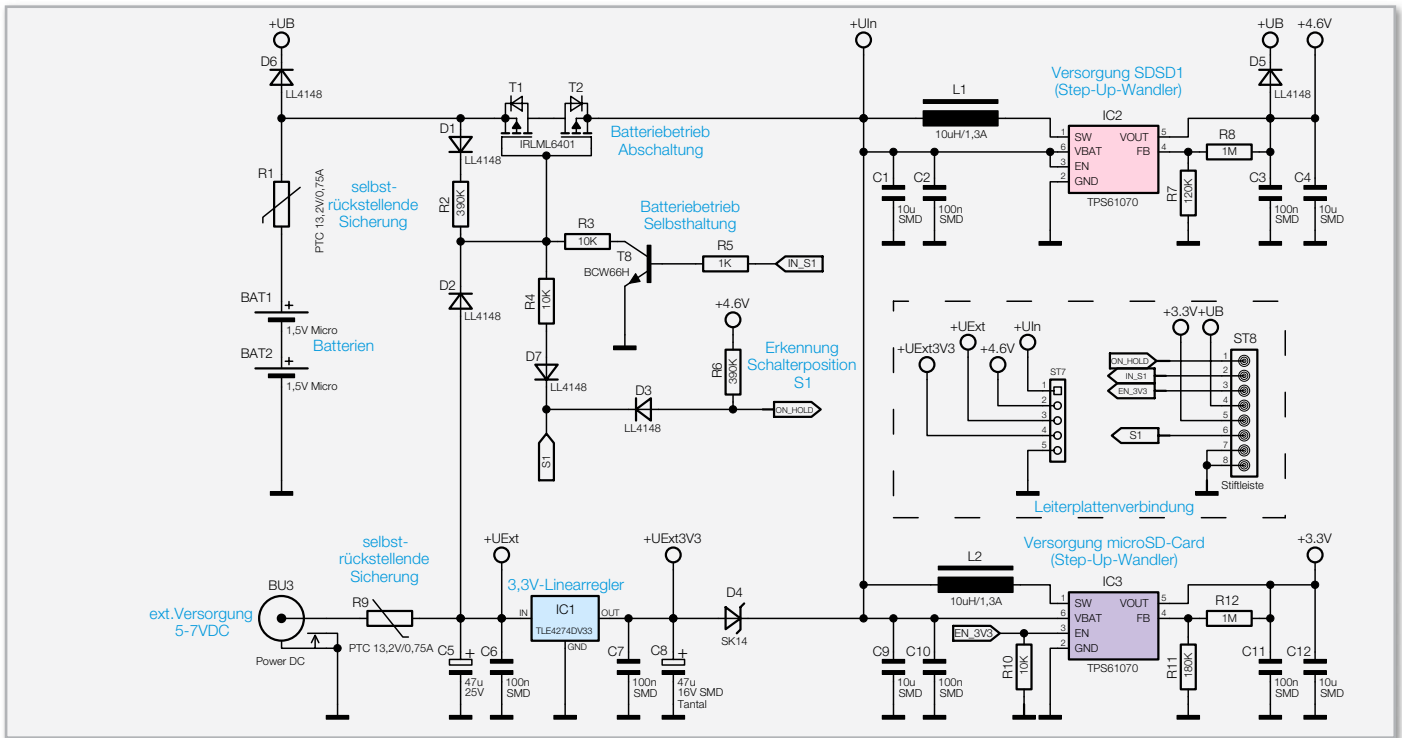


Bild 4: Das Schaltbild der Spannungsversorgung des SDD1 enthält die Bauelemente der Batterieplatte.

möchte man ja nicht nach jedem Ein-/Ausschalten die Uhr erneut einstellen müssen.

## Hauptplatine – Daten sammeln & speichern

Als zentrales Element arbeitet im SDD1 der Mikrocontroller IC 7 ein Atmel ATmega64A. Bei diesem relativ neuen Controller handelt es sich um eine energiesparende Variante des altbekannten ATmega64, der im Betrieb ca. 40 % und im Idle-Modus sogar 65 % weniger Strom benötigt als der Vorgänger. Auch dieser Vorteil führt zu einer längeren Batterielaufzeit.

Zur Bedienung des SDD1 stehen dem Anwender der bereits beschriebene Schiebeschalter S 1 und der Dreh-Drück-Schalter DR 1 zur Verfügung. Dieser um einen Taster erweiterte Inkrementalgeber erleichtert die Menübedienung, die keiner weiteren Tasten bedarf.

Das beleuchtete zweizeilige Text-Display LCD 1 ist über einen 8 Bit breiten parallelen Bus am Mikrocontroller angeschlossen. Über den Transistor T 7 kann dessen Beleuchtung geschaltet werden. Zur Kontrasteinstellung des Displays dient das Potentiometer R 32, das bei Raumtemperatur gegen den Uhrzeigersinn gedreht auf Anschlag stehen sollte.

Die serielle Datenaufnahme des Mikrocontrollers erfolgt über seine zwei USART-Schnittstellen, deren Eingänge an den Portpins 2 (RxDO=ROUT[2]) und 27 (RxD1=ROUT[1]) liegen. Über die restlichen Datenleitungen ROUT[3], ROUT[4] und ROUT[5] können bei Bedarf weitere Signalpegel (z. B. für Hardware-Handshake) mitgeloggt werden. ROUT[3] und ROUT[4] sind über Pegelwandler mit den Leitungen CTS und RTS verknüpft, während ROUT[5] über IC 5 mit der Stiftleiste ST 1 verknüpft ist. Mit Hilfe eines Jumpers kann als Signalquelle DCD, DSR, DTR oder RI gewählt werden. Je nach gewählter Schnittstelle gelangen die Signale entweder über

den RS232-Pegelwandler IC 5 und Buchse BU 1/BU 2 oder über den Tri-State-Bustreiber IC 6 und die Stiftleiste ST 2 zum Mikrocontroller. Die Wahl der Schnittstelle geschieht über die Menübedienung am Display und bewirkt letztlich die Aktivierung/Deaktivierung der Ausgänge von IC 5 bzw. IC 6. Die jeweils nicht verwendeten Ausgänge werden hochohmig geschaltet (Tri-State).

Während die RS232-Eingänge durch den hochwertigen MAX3243IDB-Treiberbaustein IC 5 abgesichert sind, übernehmen das an der 3-bis-5-V-Schnittstelle ST 2 die Widerstände R 15 bis R 19 und der 74AC241-Bustreiber IC 6. Die Widerstände schützen den Bustreiber, indem sie den Eingangsstrom begrenzen, wenn Eingangsspannungen oberhalb von 4,6 V anliegen. Ab 5 V werden die in IC 6 integrierten Schutzdioden (die gegen die Versorgungsspannung geschaltet sind) leitend und begrenzen dadurch die Eingangsspannung auf ca. 5 V.

Die Verbindung zwischen den RS232-Ports BU 1 und BU 2 kann als kurzes Kabelstückchen verstanden werden, da alle Pins 1:1 durchgeführt sind. Das Loggen der Daten erfolgt über hochohmige „Abgriffe“ an den Signalleitungen.

Eine über den Adapter CR 1 (Push-Push-Connector) verbundene microSD-Karte wird über den SPI-Bus des Mikrocontrollers angesprochen, an dem gleichzeitig der Ricoh-Echtzeituhren-Baustein IC 4 angeschlossen ist. Welches SPI-Slave-Device der Mikrocontroller jeweils anspricht, bestimmt dieser über die beiden Chip-Select-Leitungen „UHR\_CE“ und „SD\_CARD\_CS“. Zwischen der microSD-Card und dem Mikrocontroller befinden sich vier bidirektionale Pegel-Wandler, die für die Konvertierung der Spannungspegel von 3,3 V auf 5 V und umgekehrt sorgen. Wie diese Schaltung genau funktioniert, ist aus dem Elektronikwissen-Teil des 3D-Beschleunigungs-Sensor-Artikels aus „ELVjournal“ 2/2010 ersichtlich.

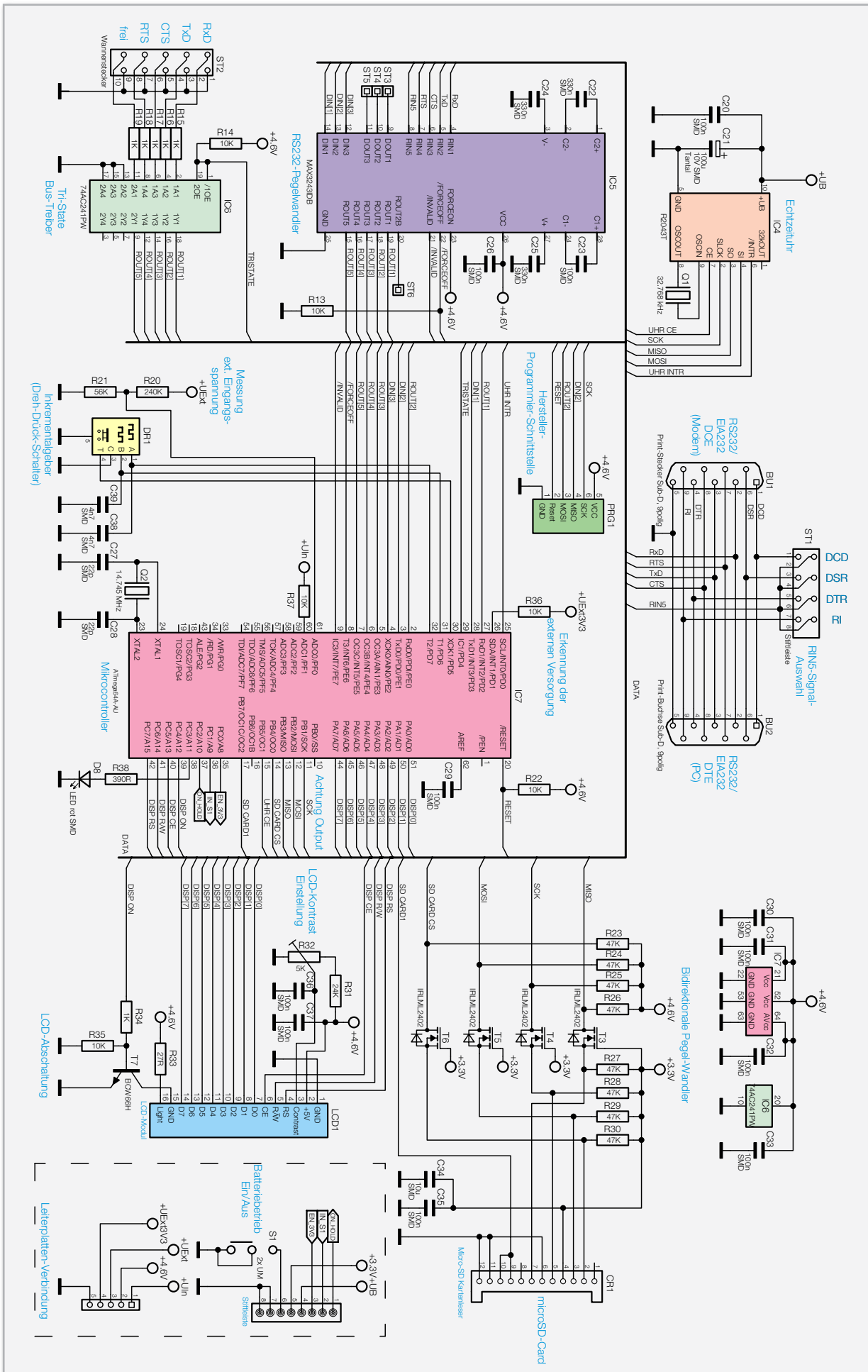
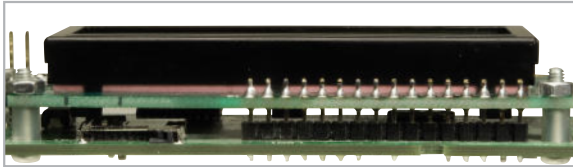


Bild 5: Das Hauptschaltbild des SDSD1, das alle Bauelemente der Hauptplatine enthält.



## Nachbau

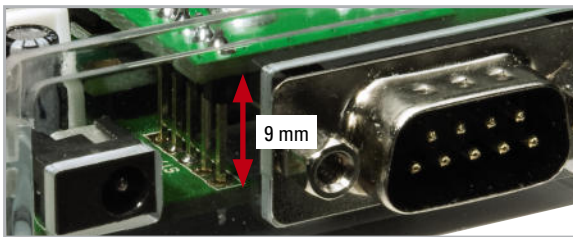
Im Lieferumfang des Bausatzes befindet sich unter anderem der mit allen SMD-Komponenten bestückte, aber noch nicht entzweigeteilte SDSD1-Platinensatz. Mit Ausnahme des LCD-Moduls kann die Bestückung der bedrahteten Komponenten durchaus vor dem Teilen der Platinen erfolgen. Vor dem Löten ist bei allen Bauteilen darauf zu achten, dass diese dicht auf der Platine aufliegen. Lediglich der Quarz Q 1 ist liegend zu montieren und dessen Gehäuse nach dem Anlöten der sehr dünnen Anschlussdrähte zusätzlich noch mit etwas Klebstoff mechanisch zu sichern.



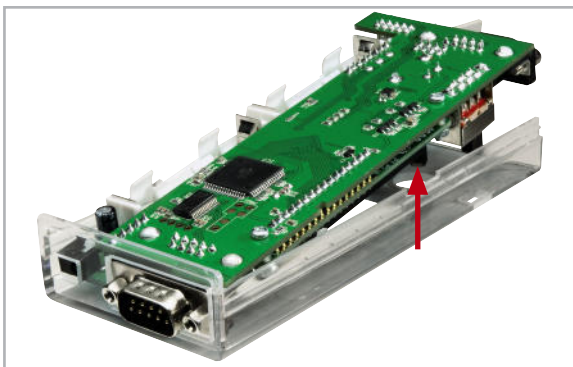
**Bild 6:** So wird das LCD-Modul montiert. Vor dem Verlöten der Stiftleiste von der Oberseite ist das Modul mit zwei Schrauben, Distanzstücken und Muttern zu befestigen. Die Schraubköpfe zeigen dabei nach unten. Erst danach wird die Stiftleiste von oben verlötet.

Die beiden Stiftleisten ST 7 und ST 8 sollten unbedingt auf die Batterieplatine und nicht auf die Hauptplatine gelötet werden, da dadurch später der Abstand zwischen beiden Platinen eingehalten wird, ohne die 9 mm (siehe Abbildung 7) noch messen zu müssen. Die Stiftleisten LCD 1, ST 1, ST 7 und ST 8 müssen alle mit den kurzen Kontakten in die Platinen gesteckt und plan aufliegend von der Unterseite her festgelötet werden.

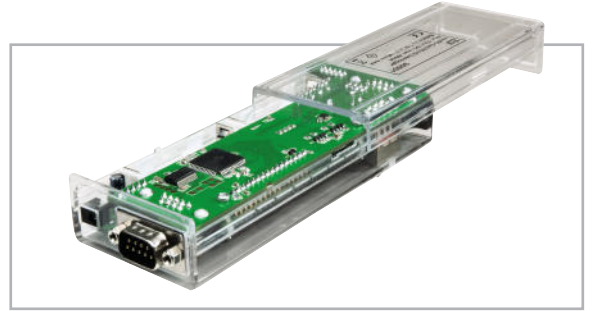
Lediglich beim Elko C 5 ist auf die richtige Polarität zu achten. Auf dem Gehäuse des Bauteils ist der Masse-Anschluss mit einem Minus gekennzeichnet, während auf der Platine



**Bild 7:** Damit alle Buchsen in die Fräsungen passen, müssen die Platinen plan und parallel zueinander ausgerichtet mit einem Abstand von 9 mm zusammengelötet werden.



**Bild 8:** Die SDSD1-Elektronikeinheit wird für die Montage über Kopf von schräg oben zuerst in die stirnseitigen Fräsungen der Gehäuseoberseite gesteckt. Nur so passt auch die mit dem Pfeil gekennzeichnete Dreh-Drück-Schalter-Achse durch die runde Fräsung.



**Bild 9:** Erst nach dem Kürzen aller mehr als 1,5 mm abstehenden Kontakte sollte das Gehäuse durch Aufschieben des Unterteils geschlossen werden. Vorher können natürlich noch Batterien eingelegt werden.

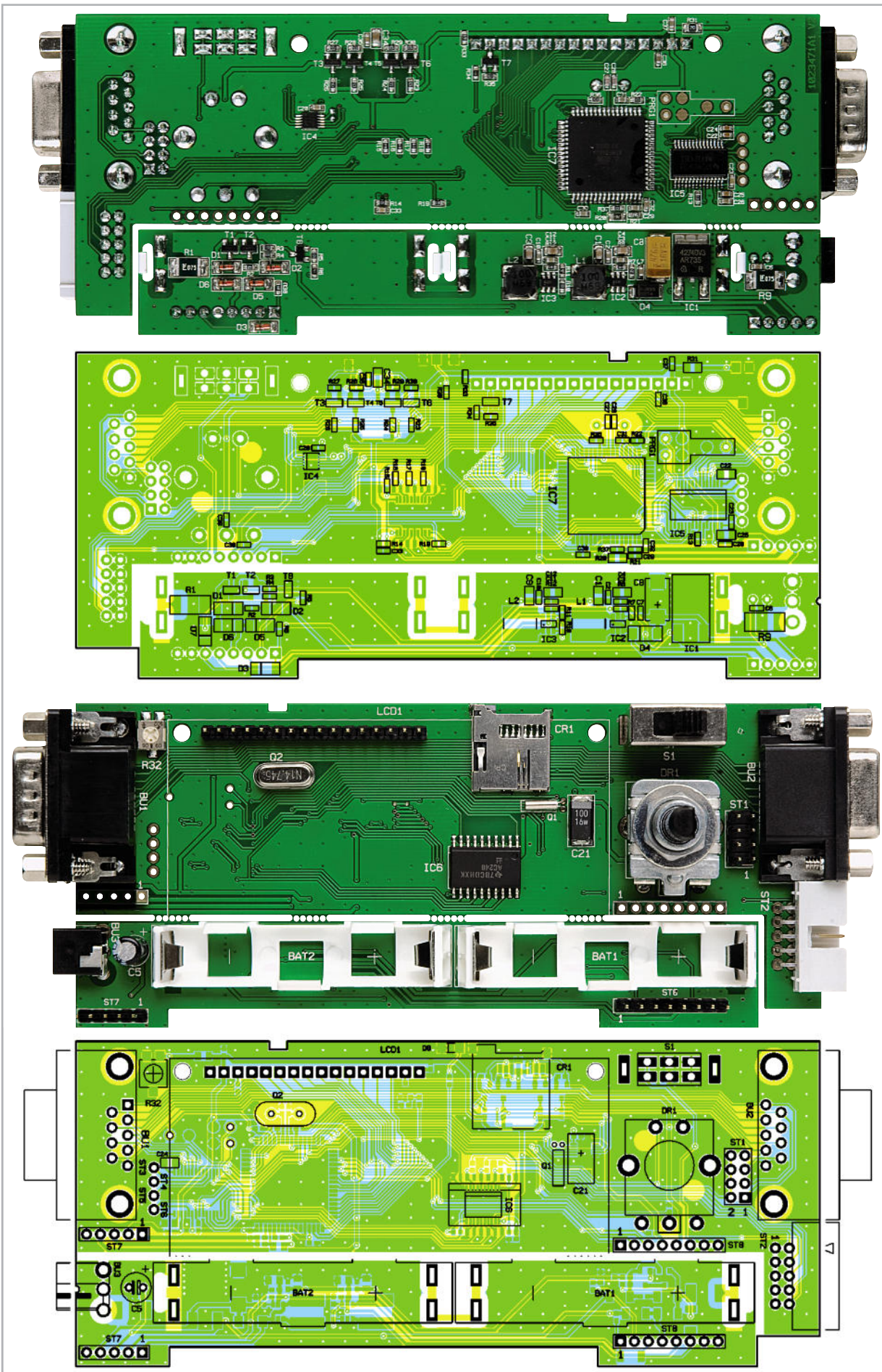
der Plus-Anschluss mit einem + gekennzeichnet ist. Vor dem Anlöten der Batteriekontakte werden die weißen Kunststoffhalter in die Platine gesteckt. Die Kontakte sind exakt aufrecht stehend anzulöten, wobei besonders darauf zu achten ist, dass die Unterseite der Kontakte vollständig auf der Platine aufliegt.

Vor dem Auseinanderbrechen beider Platinenteile sollten die Bruchstellen beidseitig mit einem scharfen Messer vorsichtig angeritzt werden. Anschließend sollten die hervorstehenden Bruchstellen plan gefeilt werden.

Nun ist das LC-Display auf die bereits in die Hauptplatine gelötete 16-polige Stiftleiste zu stecken, aber noch nicht anzulöten, sondern zuerst mit den beiden M2,5x12-mm-Schrauben, den 5-mm-Distanzstücken und den Muttern wie in Abbildung 6 gezeigt aufzuschrauben. Erst nach dieser Montage wird die Stiftleiste auch auf der LCD-Modulplatine festgelötet. Durch diese Reihenfolge der Arbeitsschritte wird sichergestellt, dass der Abstand exakt stimmt, ohne dass die Lötkontakte beim Festschrauben mechanisch belastet werden.

Nun sind beide Platinen so weit fertig, dass sie miteinander verbunden werden können. Dabei müssen am Ende die Oberflächen parallel zueinander ausgerichtet sein und zwischen ihnen (also von Unterseite zu Oberseite) ein Abstand von 9 mm (siehe Abbildung 7) verbleiben, damit die Buchsen auch exakt in die Gehäusefräsungen passen. Am besten ist die Montage zu realisieren, indem die Hauptplatine umgedreht auf die Stiftleisten ST 7 und ST 8 der Batterieplatine aufgesteckt und zusammen in die Fräsungen des Gehäuseoberteils geführt werden. Dies geschieht wie in Abbildung 8 gezeigt – nur dass die Stiftleisten ST 7 und ST 8 in diesem Arbeitsschritt noch nicht, wie in der Abbildung zu sehen, angelötet sind. Die Fräsungen sorgen nun automatisch dafür, dass die noch lose verbundenen Platinen im richtigen Abstand zueinander stehen. Nun kann man die in der Gehäusehälfte liegende Batterieplatine so weit anheben, bis die Kontakte von ST 8 genauso weit aus der Hauptplatine ragen wie die Kontakte von ST 7. In dieser Position werden die Kontakte beider Stiftleisten angelötet.

Bevor das Gehäuse zum ersten Mal wie in Abbildung 9 durch das Aufschieben der Gehäuseunterseite geschlossen wird, müssen unbedingt alle über 1,5 mm abstehenden Kontakte auf 1,5 mm gekürzt werden, da diese ansonsten das Schließen verhindern bzw. die empfindliche Kunststoffoberfläche zerkratzen. Insbesondere die seitlichen Montagestifte der RS232-Buchsen BU 1 und BU 2 und die Stiftleisten ST 7 und ST 8 sind zu kürzen.



Bis auf das LC-Display sind die Platinen in dieser Ansicht fertig bestückt. Die Haupt- und die Batterieplatine sind hier noch nicht voneinander getrennt. Unterhalb der Platinenabbildungen finden sich die zugehörigen Bestückungsdrucke.

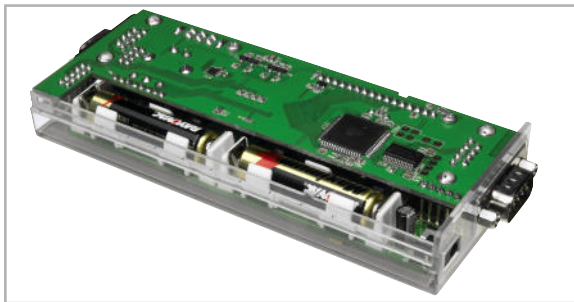


**Bild 10:** Der Drehknopf muss so aufgesteckt werden, dass 1 mm Abstand zum Gehäuse bleibt, damit die Tastfunktion möglich ist.

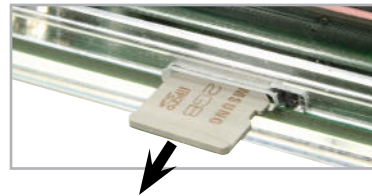


Als letzter Arbeitsschritt ist der in Abbildung 10 gezeigte Drehknopf auf die Achse des Dreh-Drück-Schalters so aufzustecken, dass zwischen Knopf und Schalter noch mindestens 1 mm Platz für die Tastfunktion bleibt. Die seitliche Bohrung am Knopf muss sich dabei auf der abgeflachten Seite der Drehachse befinden. An dieser Stelle wird der Knopf mit der M3x4-mm-Madenschraube festgeschraubt. Zu guter Letzt wird der Deckel auf den Drehknopf aufgedrückt.

Zum Wechseln der Batterien oder Akkus (Abbildung 11) kann das Gehäuse später jederzeit leicht durch Auseinanderschieben



**Bild 11:** Nach dem Entfernen der Speicherkarte lässt sich das Gehäuse auseinanderchieben, um die Batterien austauschen zu können.



**Bild 12:** Vor dem Öffnen des Gehäuses ist unbedingt die Datenaufnahme zu beenden und die microSD-Karte zu entnehmen!

ben geöffnet werden. Vorher ist unbedingt darauf zu achten, dass zuerst die Datenaufnahme beendet und anschließend die microSD-Karte entnommen wird! Solange die Speicherkarte noch im microSD-Slot steckt, lässt sich das Gehäuse nicht öffnen. Zudem kann bei dem Versuch die Karte beschädigt werden!

Zum Entnehmen wird die Speicherkarte mit dem Fingernagel erst ein Stückchen weiter hineingedrückt, wodurch sie anschließend so weit ausgeworfen wird, dass sie sich mit den Fingern herausziehen lässt (Abbildung 12).

Im zweiten Teil des Artikels werden anhand einiger Beispiele nützliche Anwendungsgebiete aufgezeigt. Zudem wird die Bedienung des SDS1, die möglichen Speicherformate, die Aufzeichnungsoptionen und vieles mehr beschrieben. **ELV**

#### Internet:

- [1] Kostenfreier Hex-Editor: <http://mh-nexus.de/de/>
- [2] Kostenfreier Hex-Editor: <http://www.nextsoft.de/>
- [3] Kostenfreier CSV-Editor: <http://csved.sjfrancke.nl>
- [4] Hilfreiche Infos zu MMC- und SD-Karten: [http://www.mikrocontroller.net/articles/MMC\\_und\\_SD-Karten](http://www.mikrocontroller.net/articles/MMC_und_SD-Karten)

## Stückliste: SDS1

### Widerstände:

27 Ω/SMD/0603	R33
390 Ω/SMD/0603	R38
1 kΩ/SMD/0603	R5, R15–R19, R34
10 kΩ/SMD/0603	R3, R4, R10, R13, R14, R22, R35–R37
24 kΩ/SMD/0805	R31
47 kΩ/SMD/0603	R23–R30
56 kΩ/SMD/0603	R21
120 kΩ/SMD/0603	R7
180 kΩ/SMD/0603	R11
240 kΩ/SMD/0805	R20
390 kΩ/SMD/0603	R2, R6
1 MΩ/SMD/0603	R8, R12
Polyswitch, 13,2 V, 0,75 A, SMD, 1812	R1, R9
SMD-Cermet-Trimmer, 5 kΩ	R32

### Kondensatoren:

22 pF/SMD/0603	C27, C28
4,7 nF/SMD/0603	C38, C39
100 nF/SMD/0603	C2, C3, C6, C7, C10, C11, C20, C23, C26, C29–C33, C35–C37
330 nF/SMD/0805	C22, C24, C25
10 µF/SMD/0805	C1, C4, C9, C12, C34
47 µF/16 V/Tantal/SMD	C8
47 µF/25 V	C5
100µF/10 V/SMD/tantal	C21

### Halbleiter:

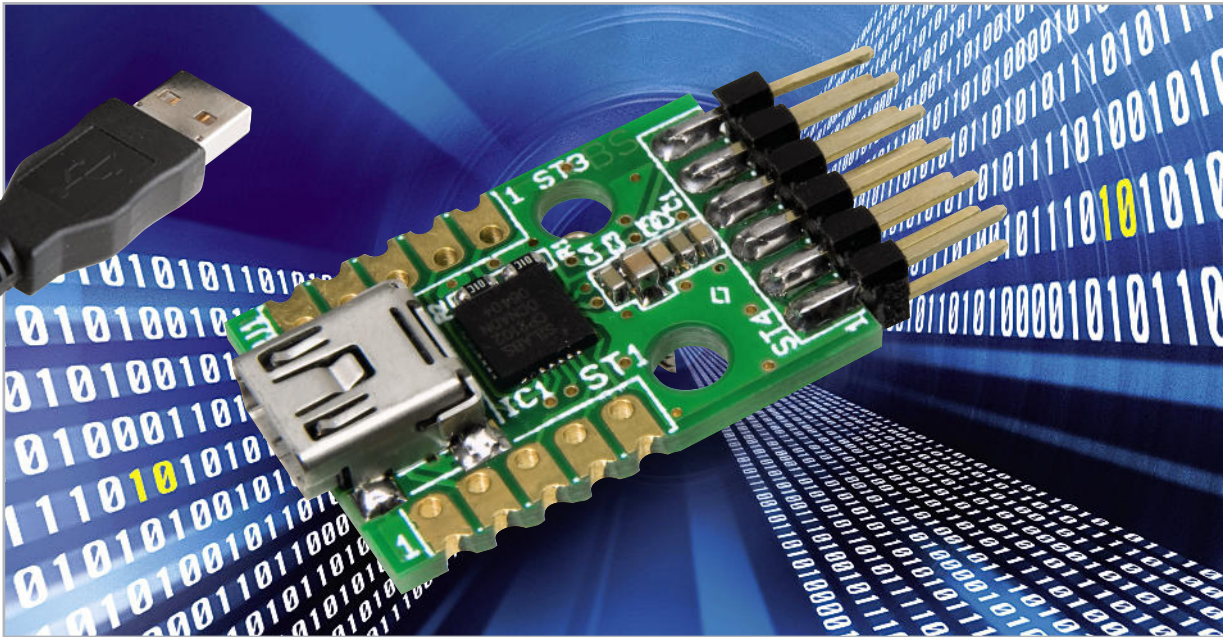
TLE4274DV33/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD	IC2, IC3
R2043T/SMD	IC4
MAX3243/SMD	IC5
74AC241/SMD	IC6
ELV09937/SMD, ATmega 64A	IC7

IRLML6401/SMD	T1, T2
IRLML2402TRPBF/SMD	T3–T6
BCW66H/SMD	T7, T8
LL4148	D1–D3, D5, D6
SK14/SMD	D4
LCD-Modul HTM1602-22PSYH6TLYB, 2x 16 Zeichen	LCD1
LED/Rot/SMD/1206	D8

### Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 10 µH/1,3 A	L1, L2
Quarz, 32,768 kHz, 8 ppm	Q1
Quarz, 14,745 MHz, HC49U4	Q2
Micro-Batterie-Kontaktrahmen	BAT1, BAT2
4 Micro-Batteriekontakte, print	BAT1, BAT2
MicroSD-Kartenhalter, Push/Push, SMD	CR1
Inkrementalgeber mit Taster, 12 Impulse/360 °	DR1
Stiftleiste, 1x 16-polig, gerade, print	LCD1
SUB-D-Stiftleiste, 9-polig, abgewinkelt	BU1
SUB-D-Buchsenleiste, 9-polig, print	BU2
DC-Buchse, print	BU3
Stiftleiste, 2x 4-polig, gerade, print	ST1
Wannenstecker, 10-polig, winkelprint	ST2
Stiftleiste, 1x 5-polig, 16,5 mm, gerade, print	ST7
Stiftleiste, 1x 8-polig, 16,5 mm, gerade, print	ST8
Schiebeschalter, 2x um, hoch, print	S1
Drehknopf mit 6 mm Innendurchmesser, 21 mm, Hellgrau	DR1
Knopfkappe, 21 mm	DR1
Gewindestift mit Spitze, M3 x 4 mm	DR1
2 Zylinderkopfschrauben, M2,5 x 12 mm	
2 Muttern, M2,5	
2 Distanzrollen, M2,5 x 5 mm	
1 Profil-Gehäuse, Typ PG97GLP, transparent, komplett, bearbeitet und bedruckt	





## Kompakt umgesetzt – Mini-USB-UART-Umsetzer

PCs werden immer seltener, Note- und gar Netbooks nahezu gar nicht mehr mit der so einfach und unproblematisch handzuhabenden seriellen RS232-Schnittstelle ausgestattet, dafür um so reichhaltiger mit USB-Ports. Was liegt also näher, als diese zu nutzen und mittels eines Umsetzers und einem geeigneten Treiber einen virtuellen COM-Port zu bilden?

Und auch viele Mikrocontroller-Applikationen nutzen die serielle UART-Schnittstelle als Tor zur Außenwelt und benötigen zum Anschluss an einen PC eine USB-Schnittstelle.

Für all diese Anwendungsfälle gibt es USB-Seriell-Umsetzer. Unsere Lösung ist universell einsetzbar und mit gerade einmal 5 cm<sup>2</sup> Größe besonders kompakt ausgeführt. So lässt sich das kleine Modul sehr einfach in eigene Schaltungslayouts integrieren.

### Kleiner ist besser

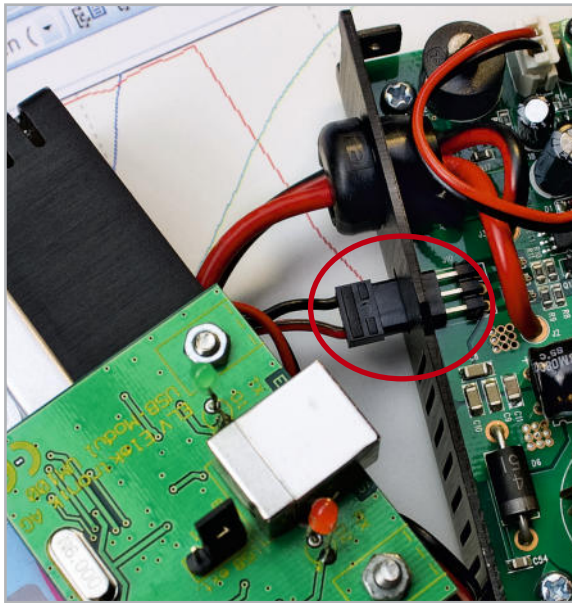
Heutzutage ist ein USB-RS232-Umsetzer kein Hightech-Produkt mehr, im (Internet-)Elektronikhandel sind sie zahlreich zu bekommen. Als praktisches Umsetzer-Kabel oder Zwischenstecker (Abbildung 1) kann man einen PC so sehr einfach mit einer EIA/RS232-Schnittstelle nachrüsten. Es ist dann aber noch ein RS232-UART-Wandler notwendig, um mit einem Mikrocontroller zu kommunizieren.



**Bild 1:** Für PC-Betrieb ideal, für eigene Applikationen nicht flexibel genug – ein handelsüblicher USB-zu-RS232-Adapter

### Technische Daten: UM 2102

Schnittstelle:	USB 2.0/UART
Übertragungsrate:	300–921.600 Baud
Treiber:	VCP für Windows 2000/XP/Server 2003/Vista/7/WinCE, Macintosh OSX, Linux, USBXpress für Windows 98SE/2000/XP/Server 2003/Vista/7/WinCE
Spannungsversorgung:	USB-powered
Spannungsausgang:	5 V/max. 500 mA, 3,3 V/max. 100 mA
Signale:	RX, TX, RTS, CTS, DSR, DCD, DTR, RI
Signalpegel:	RX, CTS, DSR, DCD, RI: 3,3 V (5-V-tolerant) TX, RTS, DTR/Suspend: 3,3 V
Kontakte:	16, auf 2,54-mm-Raster
Abmessungen (L x B x H):	28 x 18 x 6 mm

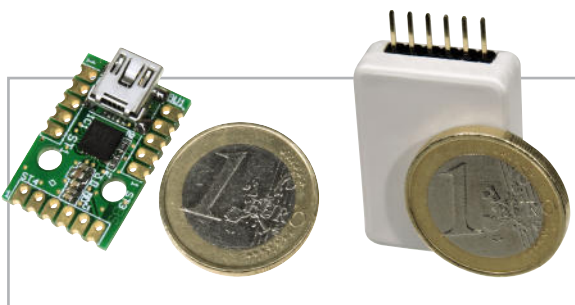


**Bild 2:** Einsatz des in vielen Geräten eingesetzten ELV UM 100 an der seriellen Schnittstelle eines Modellbau-Ladegerätes. Das hier verwendete USB-UART-Modul könnte durch das viel kompaktere UM 2102 ersetzt werden.

Für eigene Elektronikentwicklungen werden aber auch gern USB-UART-Module eingesetzt (Abbildung 2 zeigt das bekannte UM 100 von ELV in einer Anwendung), da sie flexibler in der Handhabung sind und man sich den Umweg über die RS232-Schnittstelle spart. Diese Module sind jedoch häufig zu groß oder zu teuer, um sie einfach und häufig einzusetzen. Das neue UM 2102 wurde daher unter diesen Aspekten entwickelt und optimiert. Auf einer Fläche von nur ca. 5 cm<sup>2</sup> bietet es alle Steuersignale, zwei Ausgangsspannungen und vielfältige Anschlussmöglichkeiten (Abbildung 3 zeigt das Modul im Größenvergleich mit einer 1-€-Münze).

### Mini-USB-Modul UM 2102

Mit dem UM 2102 können RS232-Verbindungen zwischen PC und Schaltung durch eine USB-Verbindung ersetzt werden, ohne dass Änderungen an bestehender Software notwendig werden. Durch einen auf dem PC installierten VCP-Treiber (VCP: Virtual Com Port) wird ein echter COM-Port simuliert und im Gerätemanager des Betriebssystems eingerichtet. Auch der eingesetzte Mikrocontroller registriert hier keinen Unterschied zu einem „normalen“ RS232-Treiberbaustein.



**Bild 3:** Größenvergleich des UM 2102 mit einer 1-€-Münze, rechts als einfach ansteckbares Modul mit passendem Gehäuse

Das Modul besteht im Wesentlichen aus dem IC CP2102 von Silicon Laboratories [1], einem USB-zu-UART-Umsetzer, der als Ein-Chip-Lösung konzipiert wurde. Dadurch ist keine aufwändige Peripherie notwendig und das Modul konnte sehr kompakt gehalten werden. Einem vielseitigen Einsatz steht daher auch dank des intelligenten Layouts nichts im Wege. Das Modul kann sowohl direkt über doppelseitige Lötflächen, Drahtstücke, Leitungen als auch über beidseitig einlötbare Stiftleisten an andere Schaltungen angebunden werden.

Bei Bedarf kann das Modul externe Schaltungskomponenten direkt versorgen, dafür stehen die USB-Spannung (5 V, max. 500 mA) und eine geregelte 3,3-V-Spannung (max. 100 mA) zur Verfügung.

### Welcher Treiber?

Silicon Laboratories bietet für die CP210x-Serie VCP-Treiber für verschiedene Betriebssysteme an [2]. Ebenfalls verfügbar ist ein Direkttreiber namens USBXpress für verschiedene Windows-Betriebssysteme [3]. Die Treiber sind ebenfalls über den ELV-Download-Service [4] oder die Produktseite im Online-Shop zu beziehen.

Der VCP-Treiber ermöglicht eine einfache Softwareimplementierung, da der Zugriff auf einen COM-Port recht simpel ist und fertige Bibliotheken im Internet erhältlich sind. Auch können mehrere Module problemlos parallel an einem Rechner eingesetzt werden, jedes Modul bekommt dann einen eigenen COM-Port zugewiesen.

Mit dem USBXpress-Treiber ist eine direkte Kommunikation mit dem UM 2102 möglich, ohne den Umweg über einen virtuellen COM-Port. Die Implementierung ist aufwändiger, da die Schnittstellen des Treibers genutzt werden müssen (Dokumentation [AN 169] ist bei Silicon Laboratories verfügbar). Man erhält damit auch Zugriff auf die im internen EEPROM des CP2102 abgelegten Daten wie VID (Herstellerkennung), PID (Produktkennung), Seriennummer oder Produktname und kann damit das Modul eindeutig identifizieren.

**Hinweis:** Alle Module werden mit einer individuellen Seriennummer, aber mit derselben VID-/PID-Kombination für den VCP-Treiber ausgeliefert.

Bei Verwendung des USBXpress-Treibers muss vorher noch die PID des Moduls geändert werden, dazu ist das Programm ID-Changer notwendig ([4] oder Produktseite im Online-Shop). Eine genaue Beschreibung des Programms ist dort ebenfalls verfügbar.

### Der CP2102

Der USB-Function-Controller erledigt den Datentransfer zwischen UART-Einheit und USB-Transceiver, kümmert sich um das Protokollhandling und kontrolliert die UART-Einstellungen sowie den Reset-Eingang und die Suspend-Ausgänge (siehe Blockschaltbild im Kasten „Elektronikwissen“).

Für die Umsetzung der Daten in elektrische Signale und um-

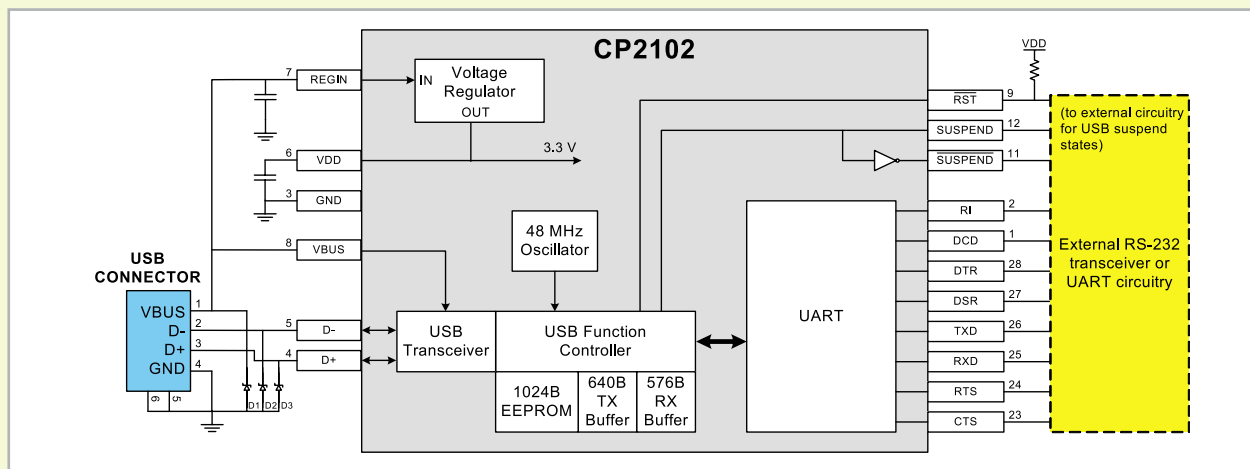
## Elektronikwissen – USB-zu-UART-Umsetzer CP2102

Der CP2102 ist ein USB-zu-UART-Umsetzer (USB to UART Bridge), mit dem Mikrocontroller die weit verbreitete USB-Schnittstelle zur Kommunikation mit einem PC verwenden können. Auch heute wird dafür noch gern die RS232-Schnittstelle eingesetzt, da sie einfach zu nutzen ist. Moderne PCs und Notebooks haben aber in der Regel keine COM-Schnittstelle mehr, jedoch genügend USB-Ports.

Der CP2102 schließt diese Lücke, indem er sich auf der Mikrocontrollerseite wie ein UART-Baustein, PC-seitig aber wie ein USB-Gerät verhält. Mit dem passenden Treiber wird auf dem PC ein virtueller COM-

Port eingerichtet, der sich wie ein echter COM-Port verhält. Somit können PC-Anwendung und Mikrocontroller auf einfache Weise über USB kommunizieren und bestehende Programme weitgehend unverändert weiterbenutzt werden.

Im Gegensatz zu anderen USB-UART-Lösungen benötigt der CP2102 fast keine externe Beschaltung. In den Chip ist neben USB-Transceiver, Takterzeugung und EEPROM auch noch ein Spannungsregler integriert. Der CP2102 kann sich daher aus der Busspannung selbst versorgen und stellt zudem eine Spannung von 3,3 V für andere Schaltungsteile zur Verfügung. Kleine Schaltungen mit einer Stromaufnahme von maximal 100 mA können so ganz einfach ohne zusätzliche Spannungsregler versorgt werden.



Blockschaltbild des CP2102

gekehrt ist der USB-Transceiver zuständig. Die Empfangs- und Sendedaten werden in den jeweiligen Puffern zwischen gespeichert, bis sie an den PC oder den angeschlossenen Mikrocontroller gesendet werden können. So können auch Verzögerungen bei der Datenverarbeitung ausgeglichen werden.

Im EEPROM werden die Gerätedaten wie VID, PID, Seriennummer usw. abgelegt, die bei der Anmeldung des UM-2102-Moduls am PC notwendig sind.

Da auch noch ein 48-MHz-Oszillator und ein 3,3-V-Spannungsregler integriert sind, kann auf externe Komponenten komplett verzichtet werden.

Der Spannungsregler ermöglicht einen direkten Betrieb über die USB-Spannung von 5 V, obwohl die Versorgungsspannung 3,3 V beträgt. Optional ist auch eine Versorgung mit 3,3 V möglich. Praktisch ist die Tatsache, dass die Ausgangsspannung des Reglers an Pin VDD verfügbar ist.

Die High-Pegel der Ausgänge betragen 3,3 V, die Eingänge sind aber 5-V-tolerant.

Die Kondensatoren C 1 und C 2 dienen der Störunterdrückung auf der Bus-Spannungsleitung. Für die 3,3 V des integrierten Spannungsreglers dienen C 3 bis C 5 als Puffer- und Entstörkondensatoren. R 1 macht den Reset-Pin unempfindlicher gegenüber Störeinstrahlung.

Das Suspend-Signal zeigt den aktuellen Betriebszustand des CP2102 an. Im Normalbetrieb liegt hier ein High-Signal an, nach einem erkannten Suspend-Befehl ein Low-Signal. Der Suspend-Befehl wird vom Betriebssystem gesendet, wenn ein USB-Gerät in einen Stand-by-Modus wechseln soll. Während eines Resets sorgt R 2 für einen definierten Signalpegel.

Alle RS232-Steuersignale wie RTS, CTS, DSR, DCD, DTR und RI werden vom CP2102 unterstützt und sind als Kontakte auf der Platine ausgeführt. Die Kontakte liegen auf einem 2,54-mm-Raster, so dass die Platine auch problemlos in einem Lochrasteraufbau einsetzbar ist.

Die 5-V-Busspannung und Masse sind an mehreren Kontakten herausgeführt, um einen flexiblen Einsatz zu ermöglichen. An ST 2 ist zusätzlich noch die 3,3-V-Spannung des internen CP2102-Spannungsreglers verfügbar.

### Schaltungsbeschreibung

Abbildung 4 zeigt das Schaltbild des UM 2102. Wie hier zu sehen, ist der Schaltungsaufwand sehr gering und beschränkt sich auf das IC 1 (CP2102) samt Beschaltung und die USB-Buchse BU 1.

### Nachbau und Inbetriebnahme

Der Nachbau der eigentlichen Platine entfällt, da alle Bauteile als SMD ausgeführt sind und bereits werkseitig be-



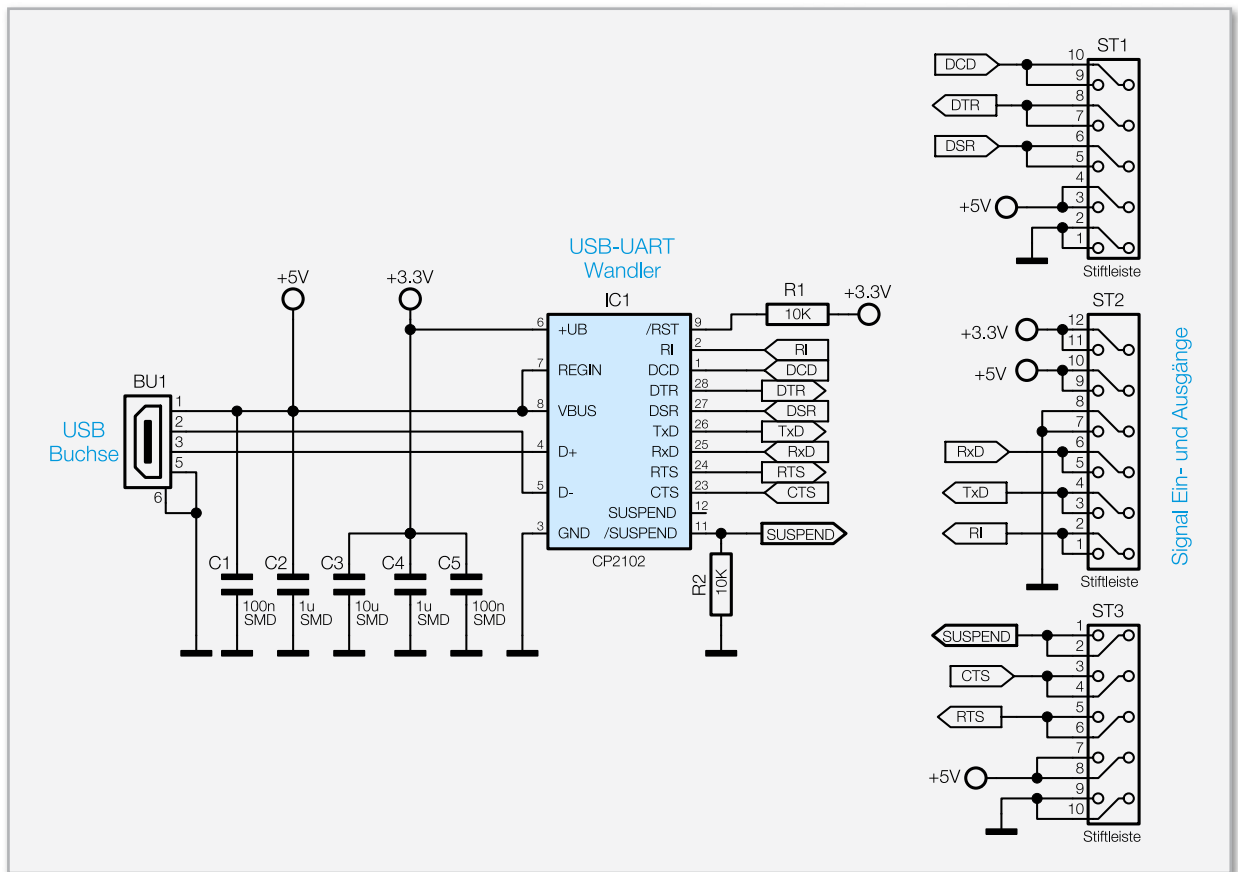


Bild 4: Die Schaltung des UM 2102

stückt werden. Die Schaltung kann daher direkt eingesetzt werden.

Optional können ST 1, ST 2 oder ST 3 mit Stiftleisten bestückt werden (siehe Einsatzmöglichkeiten).

Die Inbetriebnahme des UM 2102 beschränkt sich auf das Verbinden des Moduls mit einem PC und die Installation des Treibers. Wird das Modul vom angeschlossenen Rechner korrekt erkannt, so kann davon ausgegangen werden, dass auch das gesamte Modul ordnungsgemäß funktioniert. Die komplette Funktion lässt sich allerdings erst prüfen, wenn das Modul im Zielsystem eingesetzt ist und auch die gesamte Kommunikationsstrecke einem Test unterzogen werden kann. In der Regel reicht es aus, TxD, RxD und Masse des UM 2102

mit einem Mikrocontroller zu verbinden, um eine Kommunikation zu ermöglichen.

### Achtung!

Sollte das UM 2102 nicht direkt auf eine andere Leiterplatte gelötet oder über Stiftleisten verbunden werden, ist darauf zu achten, dass die Leitungen kürzer als 3 m sein müssen, um alle relevanten Normen einzuhalten. Eine korrekte Funktion kann dann jedoch nicht mehr garantiert werden.

Um einen ausreichenden ESD-Schutz zu gewährleisten, muss die Platine in ein Gehäuse eingebaut werden. Das kann das Gehäuse eines anderen Gerätes oder aber auch das weiter unten erwähnte Gehäuse DRO3 sein.

### Stückliste: UM 2102

#### Widerstände:

10 k $\Omega$ /SMD/0603

R1, R2

#### Kondensatoren:

100 nF/SMD/0603

C1, C5

1  $\mu$ F/SMD/0603

C2, C4

10  $\mu$ F/SMD/0805

C3

#### Halbleiter:

ELV10952/SMD/USB-Controller

IC1

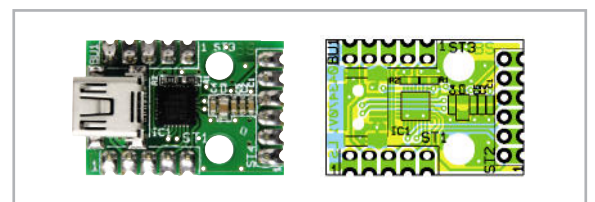
#### Sonstiges:

USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkeldruck, liegend, SMD

BU1

### Einsatzmöglichkeiten

Die Kontakte des Moduls sind so ausgeführt, dass man es auf unterschiedliche Weise in eigene Schaltungen integrieren kann:



Ansicht der fertig bestückten Platine des UM 2102 mit zugehörigem Bestückungsplan

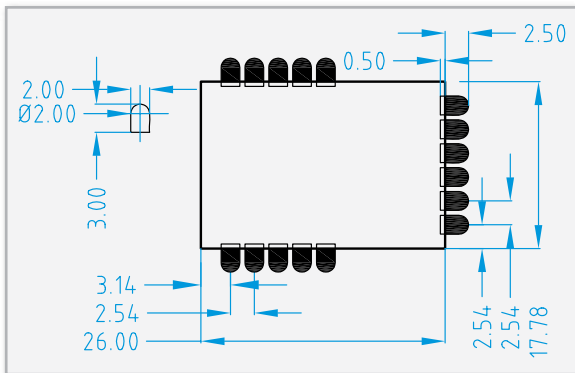


Bild 5: Layoutvorgabe für das CP2102-Modul (Maßangaben in mm)

– Das Modul kann direkt auf eine eigene Leiterplatte gelötet werden, wodurch eine stabile mechanische und elektrisch sichere Verbindung ermöglicht wird. Das CP2102-Modul kann dafür am einfachsten als Bauteil im CAD-Programm angelegt und dann ins Schaltbild aufgenommen werden.

Abbildung 5 zeigt eine Maßzeichnung (Land Pattern) des Moduls, die als Vorlage für ein eigenes Layout genutzt werden kann.

– Die Kontakte des Moduls sind im 2,54-mm-Raster angeordnet und die Bohrungen nehmen ein- oder zweireihige Stift- oder Buchsenleisten auf, wie es in Abbildung 6 zu sehen ist. In dieser Variante kann das Modul flexibel eingesetzt werden, indem es je nach Bedarf in die eigenen Schaltungen gesteckt wird. Abbildung 7 zeigt nur einige dieser Möglichkeiten, auch bei solchen Anwendungen wie in Abbildung 2 kann man das Modul sehr einfach direkt im Gerät unterbringen. In der Entwicklungsphase ist diese Art der Anbindung vorteilhaft, da das Modul bei einem Defekt der Applikations-Leiterplatte problemlos wieder entfernt werden kann.

– Optional kann man das Modul auch in das Gehäuse DRO3 (Artikelnr.: JB-760-12) einbauen (siehe Abbildung 8). Dafür wird ST 2 mit einer abgewinkelten Stiftleiste bestückt und Aussparungen für die USB-Buchse und die Stiftleiste in das Gehäuse gefräst. So kann das Modul wie ein eigenständiger USB-UART-Umsetzer benutzt, aber auch mal schnell als optionale Debug-Schnittstelle zum Aufstecken verwendet werden. Abbildung 9 zeigt diesen Einsatz. Ein derart ausgeführtes Modul ist so auch der ideale Helfer bei der Entwicklung eigener Applikationen. **ELV**

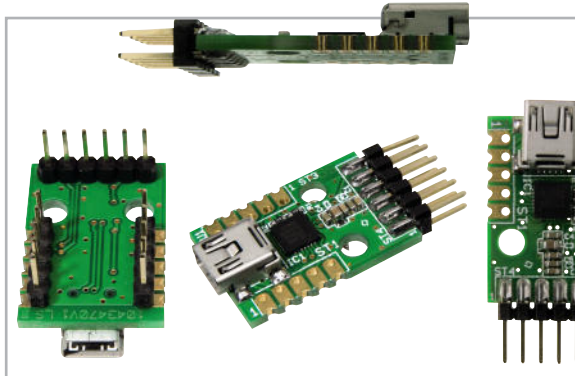


Bild 6: Das Modul kann je nach Bedarf mit Stiftleisten bestückt werden.

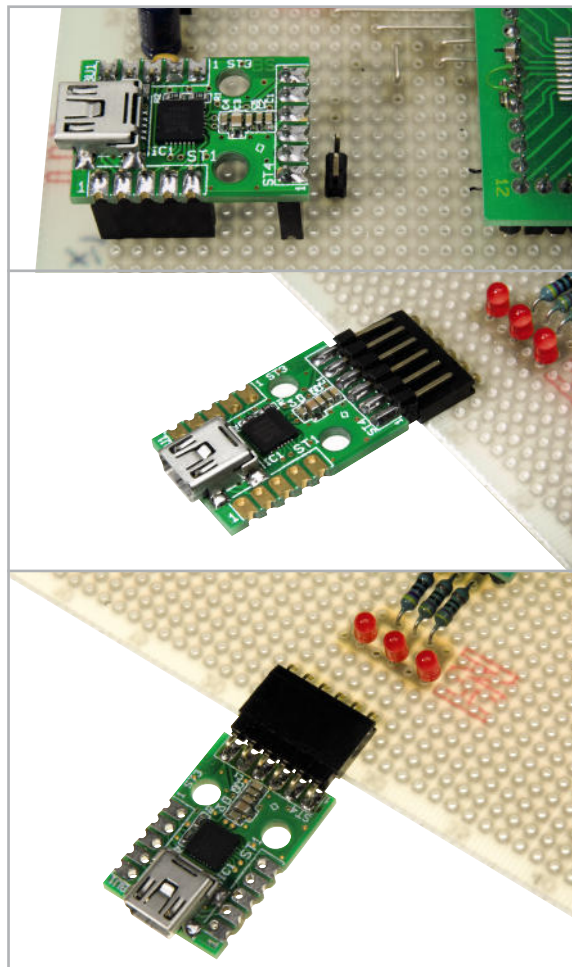


Bild 7: Das UM 2102 lässt sich in die eigene Applikation sehr flexibel einbinden bzw. an diese anschließen

#### Internet:

[1] [www.silabs.com](http://www.silabs.com)

[2] [www.silabs.com/products/mcu/Pages/USBtoUARTBridgeVCPDrivers.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/Pages/USBtoUARTBridgeVCPDrivers.aspx)

[3] [www.silabs.com/products/mcu/Pages/USBXpress.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/Pages/USBXpress.aspx)

[4] [www.elv.de/Download-Service/x.aspx/cid\\_572](http://www.elv.de/Download-Service/x.aspx/cid_572)



Bild 8: UM 2102 im bearbeiteten Gehäuse

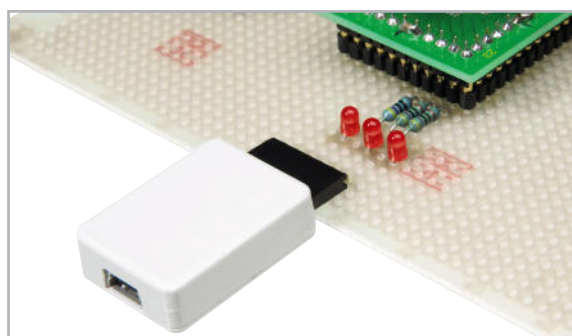


Bild 9: Auch im Gehäuse lässt sich das Modul noch flexibel einsetzen.



# Energy Analyzer EA 8000

## Teil 2

Die EuP-Richtlinie nimmt nicht nur Gerätehersteller in die Pflicht, sondern auch Händler und Importeure, die sicherstellen müssen, dass die von ihnen verkauften Produkte der EuP-Richtlinie entsprechen. Zur Produkt-Überprüfung ist eine Messtechnik erforderlich, die Leistungen  $<1\text{ W}$ , unabhängig von der Form der Stromaufnahme, mit hinreichender Genauigkeit messen kann. Aufgrund der hohen Messgenauigkeit und des günstigen Preises ist das ELV EA 8000 prädestiniert für Pre-Compliance-Messung gemäß allen Verordnungen der EuP-Richtlinie (Stand-by-VO, Externe-Netzteile-VO usw.).

### Allgemeines

Mit der EuP-Richtlinie (Energy-using Products) bestehen verpflichtende Vorgaben zur umweltgerechten Produktgestaltung energiebetriebener Produkte. Bei oberflächlicher Betrachtung denkt man dabei zuerst an Hersteller und an Zulieferer von EuP-Herstellern. Ist aber der Hersteller nicht in der EU niedergelassen und gibt es in der EU keinen Bevollmächtigten, ist der Importeur bzw. der Händler in der Pflicht. Dieser hat dann sicherzustellen, dass das in Verkehr gebrachte oder in Betrieb genommene Produkt den gesetzlichen Anforderungen entspricht.

Da die meisten von der EuP-Richtlinie betroffenen Energieverbraucher (in erster Linie Stand-by-Verbraucher) nicht in der EU hergestellt werden, ist zur Überprüfung eine entsprechende Messtechnik erforderlich.

Die meisten herkömmlichen Energiemessgeräte am Markt können diese Aufgabe nicht annäherungsweise erfüllen. Diese Geräte unterscheiden zwar grundsätzlich zwischen Wirk- und Blindleistung, kommen aber mit impulsförmigen Stromaufnahmen (z. B. moderne elektronische Steckernetzgeräte oder TV-Netzteile) nicht zurecht. Häufig wird dann im Bereich

kleiner Leistungen ein erheblicher Scheinleistungsanteil als Wirkleistung gewertet und somit ein zu hoher Energieverbrauch angezeigt (z. B. bei  $0,1\text{ W}$  tatsächlicher Leistungsaufnahme Anzeige von  $18\text{ W}$ ).

Selbst bei sinusförmiger Stromaufnahme sind die meisten Geräte im Stecker-Steckdosen-Gehäuse zur Messung von Stand-by-Verbrauchern entsprechend der EuP-Richtlinie ab-

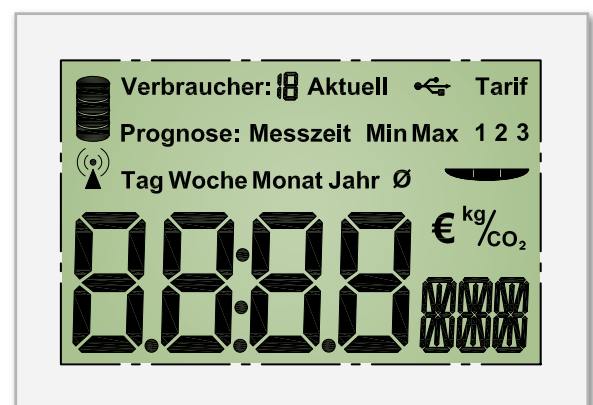


Bild 1: Alle zur Verfügung stehenden Segmente des EA-8000-Displays



solut nicht zu gebrauchen, denn was nützt eine entsprechende Auflösung, wenn die Genauigkeit, insbesondere an der unteren Messbereichsgrenze, nicht annäherungsweise ausreicht?

Für Messungen entsprechend der EuP-Richtlinie ist der hier vorgestellte Energy Analyzer EA 8000 nahezu prädestiniert. Natürlich hat das Gerät auch alle Funktionen und Messmöglichkeiten, die ein Stecker-Steckdosen-Gerät bietet. Neben Energiekosten-Berechnungen und Prognosen zeigt das Gerät auch den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß zum erfassten Energieverbrauch an. Das Gerät ist in einem Labor-Tischgehäuse mit frontseitiger Steckdose untergebracht und kann Leistungsaufnahmen bis 3680 VA (230 V, 16 A) mit sehr hoher Genauigkeit erfassen. Da das Gerät für den Labortisch konzipiert ist, kann mit Hilfe eines Tasters die frontseitige Steckdose zweipolig abgeschaltet werden.

Im Fokus des EA 8000 steht die Messung von Energieverbrauchern mit geringer Leistungsaufnahme. Dazu ist ein zweiter Messbereich (bis 40 W) vorhanden, der die Messung der Leistungsaufnahme mit 1 mW (!) Auflösung bei entsprechender Genauigkeit ermöglicht.

Die Hauptaufgabe im Laborbereich ist sicherlich die genaue Erfassung von Energie-Verbrauchswerten und die Anzeige und Ermittlung von Schein-, Blind- und Wirkleistungsanteilen. Gerade wenn es um Stand-by-Verbrauchswerte geht, d. h. geringe Leistungsaufnahmen, ist das EA 8000 jedem Energie-Messgerät im Stecker-Steckdosen-Gehäuse deutlich überlegen. Das Gerät berechnet außerdem die Kosten und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und erstellt Verbrauchs- und Kostenprognosen auf Basis der ermittelten Verbrauchswerte.

Für die Kostenberechnungen lassen sich beim EA 8000 drei verschiedene Tarife im Bereich von 0,01 Euro-Cent bis € 4,00 je kWh einstellen. Es ist werkseitig jeweils ein Preis von € 0,21 je Kilowattstunde (kWh) eingestellt. Für Kostenanalysen können dann verschiedene Verbrauchspreise je Kilowattstunde hinterlegt werden, auf deren Basis dann Hochrechnungen und Analysen möglich sind.

Bei Kostenanalysen zeigt das Gerät den über die Messzeit aufsummierten Energieverbrauch (in Wh bzw. kWh) umgerechnet in Euro (€) an, und alternativ zu den Kosten ist der über die Messzeit aufsummierte CO<sub>2</sub>-Ausstoß anzeigbar.

Neben der aktuellen Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers sind die Netzspannung, die Stromaufnahme und die Netzfrequenz weitere Messgrößen, die mit hoher Genauigkeit angezeigt werden können. Auch die während der Messzeit ermittelten Minimum- und Maximum-Werte werden ermittelt. Prognosen werden hochgerechnet auf den Tag, die Woche, den Monat oder das Jahr. Alle aufsummierten Messwerte können für bis zu 10 unterschiedliche Verbraucher gespeichert und später verglichen werden.

## Bedienung

Zur Bedienung des EA 8000 stehen an der Frontseite 8 Taster zur Verfügung. Mit einem Netz-Wippschalter an der Geräte-Rückseite ist das komplette Gerät ein- und auszuschalten, und über den Stand-by-Taster (unten links) besteht die Möglichkeit, den EA 8000 in den Stand-by-Modus zu schal-

## Technische Daten: EA 8000

### Messfunktionen:

Wirkleistung (W)
Blindleistung (VAR)
Scheinleistung (VA)
Energieverbrauch (Wh, kWh)
Leistungsfaktor (PF)
Spannung (V)
Strom (A)
Messzeit (Std., Min.)
Frequenz (Hz)
Min./Max-Werte
Kosten (€)
CO <sub>2</sub> -Ausstoß (g/kg CO <sub>2</sub> )
Prognosen (Tag, Woche, Monat, Jahr)

### Messbereiche:

Leistung	0–3680 W
Strom	0–16 A
Spannung	210–255 V

### Messgenauigkeit:

Wirkleistung	0,001–0,01 W, 1 % ±20 Digit
	0,01–0,1 W, 1 % ±5 Digit
	0,1–100 W, 1 % ±1 Digit
	100–3680 W, 1,5 % ±3 Digit
Strom	1 % ±1 Digit
Spannung	0,5 % ±3 Digit

### Messauflösung:

Leistung	0,001 W
Strom	0,01 mA
Spannung	0,1 V
Eigenverbrauch	1 W

Abmessungen (B x H x T)	315 x 204 x 109 mm
-------------------------	--------------------

### Besonderheiten:

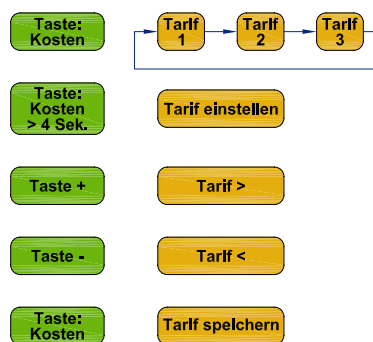
2 Leistungsmessbereiche (40 VA, 3680 VA)
2-polige Abschaltung der Netz-Steckdose
Display-Hinterleuchtung
3 verschiedene Tarife einstellbar
10 Verbraucher-Speicherplätze
Verbrauchsumrechnung in Kosten und CO <sub>2</sub> -Ausstoß

ten. Zur Signalisierung leuchtet die Power-LED (oben links) im Stand-by-Zustand weiter.

Das Ein- und Ausschalten der Netz-Steckdose erfolgt mit Hilfe des Tasters „Ausgang“, wobei im eingeschalteten Zustand die zugehörige LED (Ein) leuchtet. Im ausgeschalteten Zustand wird die Netz-Steckdose zweipolig abgeschaltet. Abbildung 1 zeigt alle zur Verfügung stehenden Segmente des großen hinterleuchteten LC-Displays, und eine übersichtliche Menüstruktur erlaubt eine einfache und übersichtliche Bedienung des Gerätes.

## Tarife einstellen

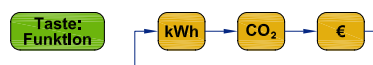
Damit der Energy Analyzer Berechnungen auf der Basis von verschiedenen Stromtarifen durchführen kann, sind diese einzustellen und unter dem gewünschten Tarif abzuspeichern. Beim EA 8000 lassen sich drei verschiedene Tarife im Bereich von 0,01 Euro-Cent bis € 4,00 einstellen. Es ist werkseitig jeweils ein Preis von € 0,21 je Kilowattstunde (kWh) hinterlegt. Zur Eingabe der Kosten je kWh ist zuerst der gewünschte Tarif mit der Taste „Kosten“ auszuwählen. Um den ausgewählten Tarif zu ändern, ist die Taste „Kosten“ länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten, bis der aktuell eingestellte Euro-Wert je Kilowattstunde erscheint. Mit Hilfe der Tasten „+“ und „-“ kann der gewünschte Cent-Betrag dann mit zwei Stellen hinter dem Komma vorgegeben werden. Mit einer kurzen Betätigung der Taste „Kosten“ wird die neue Tarifeinstellung im letzten Einstellschritt abgespeichert.



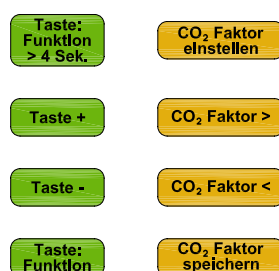
## Kohlendioxid-Ausstoß einstellen

Der Energy Analyzer EA 8000 kann ausrechnen und anzeigen, wie viel CO<sub>2</sub> aufgrund des gemessenen Stromverbrauchs ausgestoßen wurde. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß je Kilowattstunde ist je nach Energieversorger und Vertragswahl unterschiedlich. Der aktuelle Wert Gramm CO<sub>2</sub> je Kilowattstunde ist beim Energieversorger in Erfahrung zu bringen, z. B. über dessen Internetseite.

Im EA 8000 ist ein Wert von 500 g/kWh voreingestellt. Zum Einstellen eines neuen CO<sub>2</sub>-Wertes ist zuerst mit der Taste „Funktion“ die CO<sub>2</sub>-Anzeige aufzurufen.



Danach ist die Taste „Funktion“ so lange gedrückt zu halten (>4 Sek.), bis der aktuell eingestellte Wert in Gramm je Kilowattstunde im Display erscheint. Der gewünschte Wert wird danach mit den Tasten „+“ und „-“ vorgegeben, wobei ein Einstellbereich von 0 g/kWh bis 9999 g/kWh zur Verfügung steht. Das Abspeichern der neuen Einstellung erfolgt mit einem erneuten kurzen Tastendruck der Taste „Funktion“.

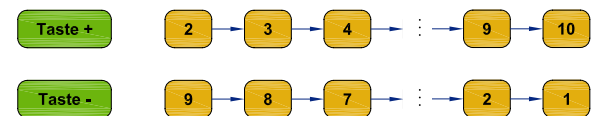


## Verbraucher (Speicherplätze)

Der EA 8000 hat insgesamt 10 Speicherplätze für unterschiedliche Verbraucher. So können z. B. zu überprüfende Geräte nacheinander gemessen und später die Verbrauchswerte und die entsprechenden Prognosen verglichen werden. Die gemessenen Daten bleiben auch nach Abschaltung des EA 8000 mit Hilfe des rückseitigen Netzschalters (Trennung vom Stromnetz) dauerhaft im Gerät gespeichert. Nach Auswahl eines Speicherplatzes werden die gemessenen Verbrauchswerte aufsummiert und auf diesem gespeichert. Der Inhalt jedes Speicherplatzes kann einzeln gelöscht werden. Nach dem Wechsel eines Verbrauchers/Speicherplatzes mit Hilfe der Tasten „-“ und „+“ wird dieser sofort im Display angezeigt, allerdings blinkt das Wort „Verbraucher“ noch für 6 Sekunden. Innerhalb dieser Zeit werden keine Daten auf diese Speicherposition geschrieben. Somit wird vermieden, dass bei Fehlbedienung die Daten eines Speicherplatzes ungewollt verändert werden. Zudem kann man so bei Prognosen verschiedene Speicherplätze miteinander vergleichen, ohne Daten zu überschreiben, vorausgesetzt der Speicherplatz wird innerhalb von 6 Sekunden erneut gewechselt.

## Verbraucher/Speicherplatz wählen/wechseln

Das Wechseln der Verbraucher/Speicherplätze wird mit den „+“- und „-“-Tasten unterhalb des Displays vorgenommen, wobei zwischen den Verbraucher-Positionen 1 bis 10 gewechselt werden kann.



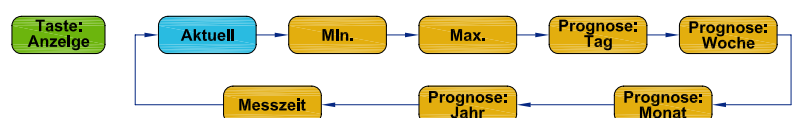
## Verbraucher-/Speicherplatz-Daten löschen

Zum Löschen der Daten eines Speicherplatzes ist mit den „+“- und „-“-Tasten zuerst der zu löschende Verbraucher/Speicherplatz auszuwählen. Mit einem langen Tastendruck der Anzeige-Taste (>4 Sek.) werden die gespeicherten Messwerte dieses Verbrauchers (Speicherplatzes) gelöscht und zur Bestätigung kurz das Speichersymbol im Display angezeigt. Gelöschte Daten sind unwiderruflich verloren und können nicht wiederhergestellt werden. Das Löschen umfasst alle Daten vom Verbrauch in Kilowattstunden über die Messzeit bis hin zu den einzelnen Messwerten Spannung, Strom, Prognose usw.



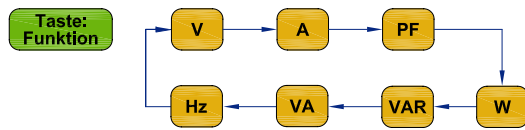
## Anzeige-Modus

Die Auswahl des Anzeige-Modus erfolgt mit Hilfe der Toggle-Taste „Anzeige“, wobei mit jeder Tastenbetätigung eine Anzeigefunktion weiter geschaltet wird. Beim EA 8000 stehen die folgenden Anzeigen zur Verfügung:



## Anzeige-Modus Aktuell, Min., Max.

Die Auswahl der Messfunktion erfolgt mit Hilfe der Toggle-Taste „Funktion“. In den Anzeige-Modi „Aktuell“, „Min.“ und „Max.“ können nacheinander die folgenden Messfunktionen aufgerufen werden:



Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt dabei mit den Tasten „+“ und „-“.

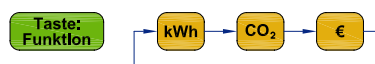
Der Modus Minimum (Min.) oder Maximum (Max.) gibt den niedrigsten bzw. höchsten gemessenen Wert während des Messzeitraums für einen Verbraucher/Speicherplatz wieder. Für die folgenden Messfunktionen werden Min./Max.-Werte ermittelt: Spannung (V), Strom (A), Leistungsfaktor (PF), Wirkleistung (W), Blindleistung (VAR) und Scheinleistung (VA).

## Anzeige-Modus Prognose

(Tag, Woche, Monat, Jahr)

Wenn auf Basis der aktuellen Verbrauchswerte Prognosen erstellt werden sollen, hochgerechnet auf den Tag, die Woche, den Monat oder das Jahr, ist die Prognose für den gewünschten Zeitraum mit der Taste „Anzeige“ auszuwählen. Auf Basis des aktuell ausgewählten Tarifs werden dann auf Basis der bisher aufsummierten Messwerte Hochrechnungen für den aktuell ausgewählten Prognose-Zeitraum erstellt. Mit der Taste „Funktion“ ist auszuwählen, ob eine entsprechende Prognose für den Energieverbrauch, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß oder die Kosten angezeigt werden soll. Die Kosten sind bis max. € 9999 anzuzeigen. Darüber hinaus erfolgt ein Überlauf mit der Anzeige „- - - - €“.

Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt mit den Tasten „+“ und „-“.



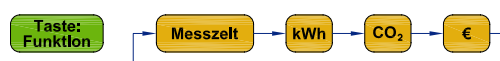
## Tarife wechseln

Die Grundlage für Prognose-Berechnungen ist immer der aktuell ausgewählte Tarif. Beim EA 8000 können drei unterschiedliche Tarife gespeichert werden, die im Prognose-Modus mit der Taste „Kosten“ als Berechnungsgrundlage aufzurufen sind.



## Anzeige-Modus Messzeit

Der Anzeige-Modus „Messzeit“ ist mit der Taste „Anzeige“ auszuwählen und es erfolgt die Anzeige des Verbrauchs für den bisher gemessenen Zeitraum. In diesem Anzeige-Modus können dann mit der Taste „Funktion“ die folgenden Anzeige-funktionen aufgerufen werden:



Neben der Messzeit in Stunden und Minuten sind der aufsummierte Energieverbrauch in Wh bzw. kWh, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in g oder kg CO<sub>2</sub> und die über die Messzeit auf den ausgewählten Tarif bezogenen aufsummierten Kosten in Euro anzuzeigen.

Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt auch hier mit den Tasten „+“ und „-“.

## Kostenanzeige

Je nachdem, welcher Anzeige-Modus zuvor aktiv war, springt bei einer Betätigung der Taste „Kosten“ die Anzeige zur Kostenprognose für den gewählten Prognose-Zeitraum (wenn zuvor eine Prognose dargestellt wurde) oder zu den aufsummierten Kosten der Messzeit (bei jedem anderen Modus). Durch weitere Tastenbetätigungen der Taste „Kosten“ werden die abgespeicherten Tarife durchgeschaltet und somit gewechselt.

## Alle Messdaten löschen

Die Messdaten für alle Verbraucher bzw. Speicherplätze (1–10) des EA 8000 können gleichzeitig gelöscht werden. Zum Löschen sind die Taste „Anzeige“ und die Taste „+“ gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Taste: Anzeige und + gleichzeitig > 4 Sek.

Alle Speicherinhalte werden gelöscht

Nach 4 Sekunden werden alle gemessenen Daten des EA 8000 gelöscht, wobei die Einstellungen (z. B. Tarife) im Gerät erhalten bleiben. Zur Bestätigung erscheint kurz das Speichersymbol im Display.

Gelöschte Daten gehen unwiderruflich verloren und lassen sich nicht wiederherstellen.

## Werkseinstellungen wiederherstellen

Die Werkseinstellungen des Gerätes können wiederhergestellt werden. Dabei werden alle gespeicherten Daten gelöscht und auch die vorgenommenen Einstellungen zurückgesetzt.

Zum Zurücksetzen in den Auslieferungszustand sind die Tasten „Funktion“, „Kosten“ und „Anzeige“ gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Danach erscheint als Sicherheitsabfrage „- - - -“ im Display. Zum endgültigen Zurücksetzen in den Auslieferungszustand sind erneut die drei Tasten (Anzeige, Kosten, Funktion) gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Nach 30 Sekunden wird der Reset-Modus automatisch verlassen. Zum sofortigen Verlassen kann auch die Taste „+“ oder „-“ betätigt werden.

Die gelöschten Daten gehen unwiderruflich verloren und lassen sich nicht wiederherstellen.

Taste: Anzeige, Kosten und Funktion gleichzeitig > 4 Sek.

Displayanzeige: - - - -

Taste: Anzeige, Kosten und Funktion gleichzeitig > 4 Sek.

Alle Speicherinhalte und Einstellungen werden gelöscht



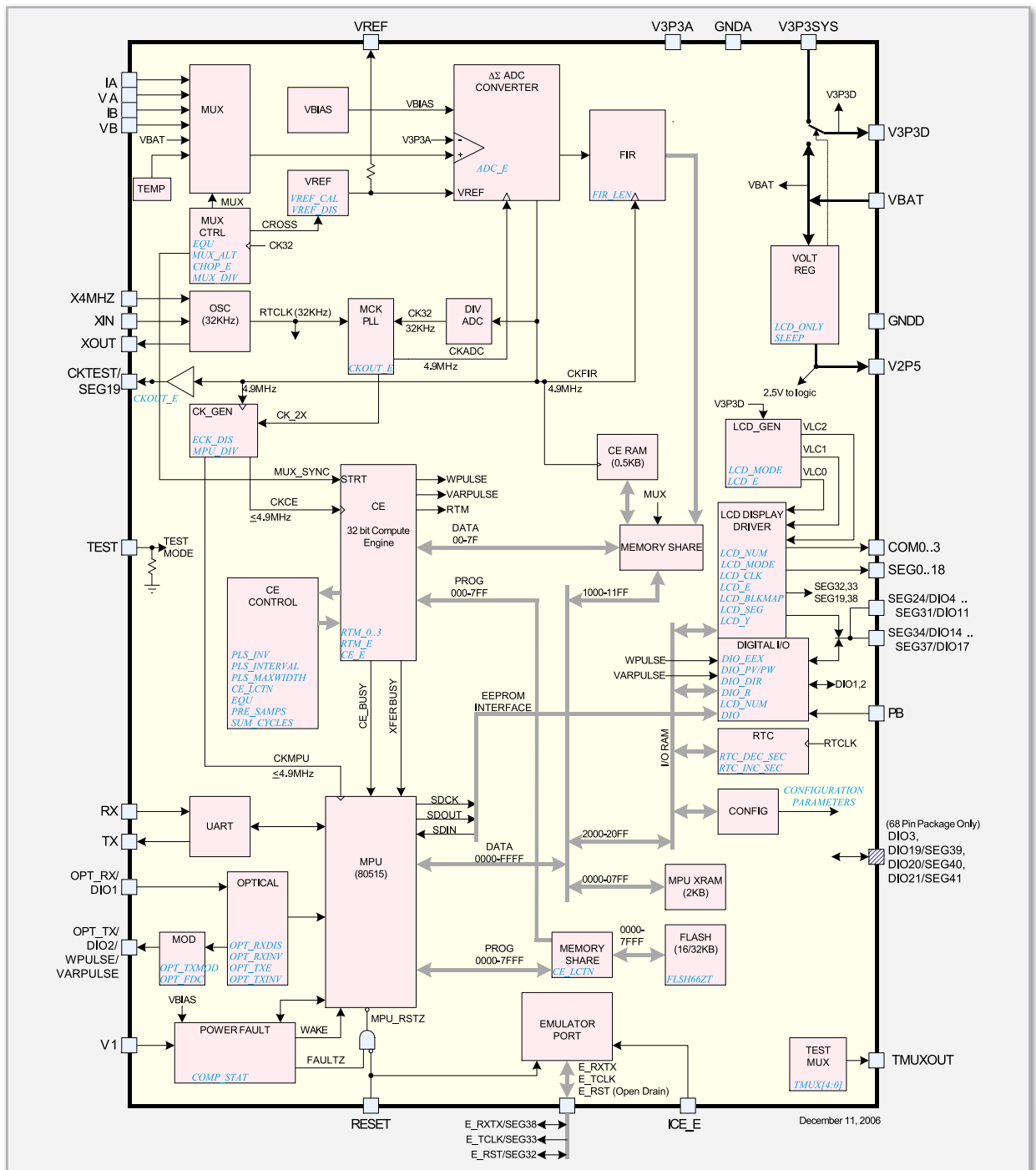


Bild 2: Interne Struktur des Energie-Messchips

## Blockschaltbild

Zur Messwerterfassung und Auswertung kommt ein sehr komplexes ASIC zum Einsatz, welches für den Einsatz in elektronischen Haushaltszählern (Smart Metern) konzipiert wurde und somit über eine sehr hohe Genauigkeit verfügt. Für die Messwerterfassung von Strom und Spannung ist ein 22-Bit-Delta-Sigma-ADC integriert, der über einen Eingangsmultiplexer die entsprechenden Eingangsgrößen erfasst. Insgesamt können über den Multiplexer 4 voneinander unabhängige externe Eingangsgrößen abgefragt werden. Des Weiteren wird bei Geräten mit Notstrom-Überbrückung die Batteriespannung und die Temperatur über diesen Eingangsmultiplexer erfasst.

Beim EA 8000 geht es natürlich in erster Linie um die Erfassung der Netzspannung und eines zum Laststrom proportionalen Spannungsabfalls am Strom-Shunt.

Natürlich stellt die hohe Auflösung und Genauigkeit des ADCs auch entsprechende Anforderungen an das Leiterplattendesign und die Signalführung vom Mess-Shunt zum Eingangsmultiplexer des A/D-Wandlers. Die über den gesamten Leistungsmessbereich von 0,001 W bis 3680 W am Strom-Shunt zu erfassenden Spannungsabfälle liegen zwischen 4,35  $\mu\text{V}$  und 160 mV.

Das verwendete ASIC stellt eine Single-Chip-Lösung dar, d. h. neben dem „Analog-Front-End“ sind auch alle digitalen Baugruppen, die zur Realisierung eines Energie-Messgerätes erforderlich sind, integriert. Selbst eine Spannungsreferenz mit

nur 40 ppm/°C Drift und eine digitale Temperaturkompensation sind chipintern vorhanden. Die Komplexität des verwendeten Bausteins wird anhand der internen Stufen deutlich, die im Blockschaltbild des 71M6521DE in Abbildung 2 dargestellt sind. Bei der weiteren Beschreibung gehen wir nicht auf jede interne Stufe ein, sondern auf die wesentlichen Leistungsmerkmale des Bausteins.

Neben einem 8-Bit-Mikrocontroller für alle Steueraufgaben ist zusätzlich eine 32-Bit-Recheneinheit für die internen Leistungsberechnungen vorhanden. Erst dadurch kann in Verbindung mit dem internen 22-Bit-A/D-Wandler eine schnelle Berechnung der im Vier-Quadranten-Messverfahren ermittelten komplexen Leistungsaufnahmen bei unterschiedlichen Lastbedingungen erfolgen. Die ermittelten Messwerte werden für die Berechnungen zwischengespeichert.

Für den Programmcode sind 16 KB Flash-Speicher integriert, des Weiteren stehen chipintern 2 KB RAM zur Verfügung. Über einen integrierten Display-Controller kann der Baustein direkt ein LC-Display mit bis zu 152 Segmenten ansteuern, so dass keine weitere aktive Elektronik zur Realisierung eines Energie-Messgerätes erforderlich ist.

Selbst eine „real-time clock“ ist chipintern vorhanden und ermöglicht dadurch auf Zeit basierende Berechnungen und Anzeigefunktionen.

Eine auf Temperatur getrimmte ultragenauere Spannungsreferenz liefert die Referenz für alle Messwerte, wobei eine zusätzliche „on chip“-Temperaturkompensation den unerwünschten Einfluss von Umgebungstemperatur-Schwankungen eliminiert.

Der integrierte Mikrocontroller für alle Steueraufgaben ist 8051-kompatibel.

Je nach Baustein-Variante (DE/FE) stehen intern 16-KByte- oder 32-KByte-Flash-Speicher zur Verfügung.

## Schaltung

Nachdem das Blockschaltbild einen Überblick über den Leistungsumfang der im EA 8000 verwendeten Kernkomponente verschafft hat, kommen wir nun zur detaillierten Schaltungsbeschreibung. Das Gesamtschaltbild des EA 8000 ist entsprechend der im Gerät verwendeten Leiterplatten in 2 Teilschaltbilder aufgeteilt. Während in Abbildung 3 das Hauptschaltbild mit dem komplexen „Power-Meter-IC“ und zugehöriger Peripherie dargestellt ist, zeigt Abbildung 4 die auf der Frontplatte untergebrachten Komponenten zur Anzeige und Bedienung des Gerätes.

Betrachten wir zuerst das Hauptschaltbild in Abbildung 3, wo die Netz-Wechselspannung an der Schraubklemme KL 1 zugeführt wird. Die an der Frontseite des Gerätes vorhandene Netz-Steckdose ist an die Schraubklemme KL 2 angeschlossen und über die Anschlussklemme KL 3 wird der Schutzleiter mit der Steckdose und der Metall-Frontplatte des Gehäuses verbunden.

Doch nun weiter zur Schaltung. Der Bezugspunkt für alle Messungen ist der Neutralleiteranschluss am gemeinsamen Anschluss der Shunt-Widerstände R 1 und R 2. Schaltungstechnisch liegt dieser Bezugspunkt auf +3,3 V.

Wenn der Ausgang über den frontseitigen Taster deaktiviert

**Wichtiger Hinweis!** Innerhalb des gesamten Gerätes ist keine Netztrennung vorhanden, d. h. alle Bauteile können in Abhängigkeit von der Polarität des Netzsteckers auf Netz-Potential liegen, auch wenn das Gerät über den Netzschalter S 1 an der Geräterückseite komplett abgeschaltet wurde. Bei geöffnetem Gehäuse darf das Gerät grundsätzlich nicht mit dem Netz verbunden werden!

wurde, ist kein Relais (REL 1 bis REL 3) angezogen und die Netz-Steckdose komplett „spannungsfrei“.

Im Betriebszustand ist REL 3 geschlossen und je nach Messbereich zusätzlich REL 1 oder REL 2. Wenn im Messbereich für kleine Leistungen eine große Last angeschlossen wird, dienen die beiden antiparallel geschalteten Schottky-Dioden D 5 und D 6 zum Schutz des Shunts R 1, indem der maximale Spannungsabfall auf ca. 500 mV begrenzt wird. Dadurch bleibt ausreichend Zeit zum automatischen Messbereichswechsel.

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

Wie bereits erwähnt, werden die dem Strom proportionalen Spannungsabfälle an den Shunt-Widerständen R 1 und R 2 auf unterschiedliche Multiplexer-Eingänge des A/D-Wandlers geführt, wobei die hohe Anforderung besteht, Spannungsabfälle im  $\mu\text{V}$ -Bereich zu messen.

Im Messbereich für große Leistungen gelangt der dem Strom proportionale Spannungsabfall an R 2 über den SMD-Ferrit L 3 und R 5 auf den Strom-Messeingang IA des in IC 2 integrierten A/D-Wandlers, und im Messbereich bis 40 W wird der an R 1 entstehende Spannungsabfall über L 4 und R 6 auf den Eingang IB geführt. Die Kondensatoren C 12 bis C 15 dienen in Verbindung mit den Widerständen R 5 und R 6 zur Filterung und alle weiteren Kondensatoren in diesem Bereich zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Zur Messung der Netz-Wechselspannung wird die Spannung mit einem mit R 7 bis R 10 aufgebauten Spannungsteiler heruntergeteilt. Danach gelangt die am Spannungsabgriff liegende Netzspannung auf die Eingänge VA und VB des Bausteins. Die Kondensatoren C 6, C 7 und C 18 verhindern hochfrequente Störeinflüsse.

Die Netz-Wechselspannung gelangt über den SMD-Ferrit L 1 und die SMD-Spule L 2 sowie die Sicherung SI 1 zusätzlich auf die Primärwicklung des Netztransformators TR 1. Sekundärseitig speist der Transformator die zu einem Brückengleichrichter verschalteten Dioden D 1 bis D 4 und die gleichgerichtete unstabilierte Spannung gelangt dann auf den Elko C 19 zur ersten Pufferung sowie den Eingang des Spannungsreglers IC 1. Zur Versorgung des „Power-Meter-ICs“ und aller weiteren Stufen liefert der Ausgang des Spannungsreglers stabilisiert 3,3 V. Schwingneigungen des Reglers werden mit C 22 unterdrückt und die Kondensatoren C 20, C 21, C 23 und C 24 dienen zur HF-Abblockung.

Die stabilisierte Spannung wird IC 2 direkt an Pin 9 und Pin 46 zugeführt. Direkt an den Versorgungspins verhindern Staffblockungen (C 25 bis C 29) hochfrequente Störeinflüsse. Über einen chipinternen Schalter gelangt die Spannung zu Pin 7 des Bausteins, wobei hier die Kondensatoren C 30 bis C 33 zur Blockung dienen. Die Versorgungsspannung des Bausteins wird ständig über den mit R 19 und R 21 aufgebauten Spannungsteiler überwacht (interner „Power-Fault-Circuit“). Der chipinterne Taktoszillator des 71M6521 ist extern mit dem Quarz Q 1 und den Kondensatoren C 44, C 45 beschaltet. Über den Steckverbinder PV 1 wird das auf der Frontplatte untergebrachte LC-Display direkt von IC 2 über 4 COM- und 39 Segmentleitungen angesteuert.

Ein externes EEPROM, angeschlossen an Pin 37 und Pin 38, kommuniziert über den I<sup>2</sup>C-Bus mit dem „Power-Meter-IC“, wobei die Widerstände R 28 und R 29 als Pull-ups dienen. Des Weiteren wird der I<sup>2</sup>C-Bus zum Steckverbinder PV 2 geführt, um hierüber mit dem auf der Frontplatte untergebrachten Port-Expander zur Tastenabfrage zu kommunizieren.

Die Leistungsrelais REL 1 bis REL 3 werden mit der unstabilierten Gleichspannung versorgt und über die FETs T 1 bis T 3 geschaltet. Diese Feldeffekt-Transistoren werden wiederum von IC 2, Pin 41 bis Pin 43 angesteuert. Zur Ansteuerung der entsprechenden LEDs sind die Drainanschlüsse der FETs auch zum Steckverbinder PV 2 geführt.

Pin 57 des „Power-Meter-ICs“ (LCD) steuert die Display-Hinterleuchtung.

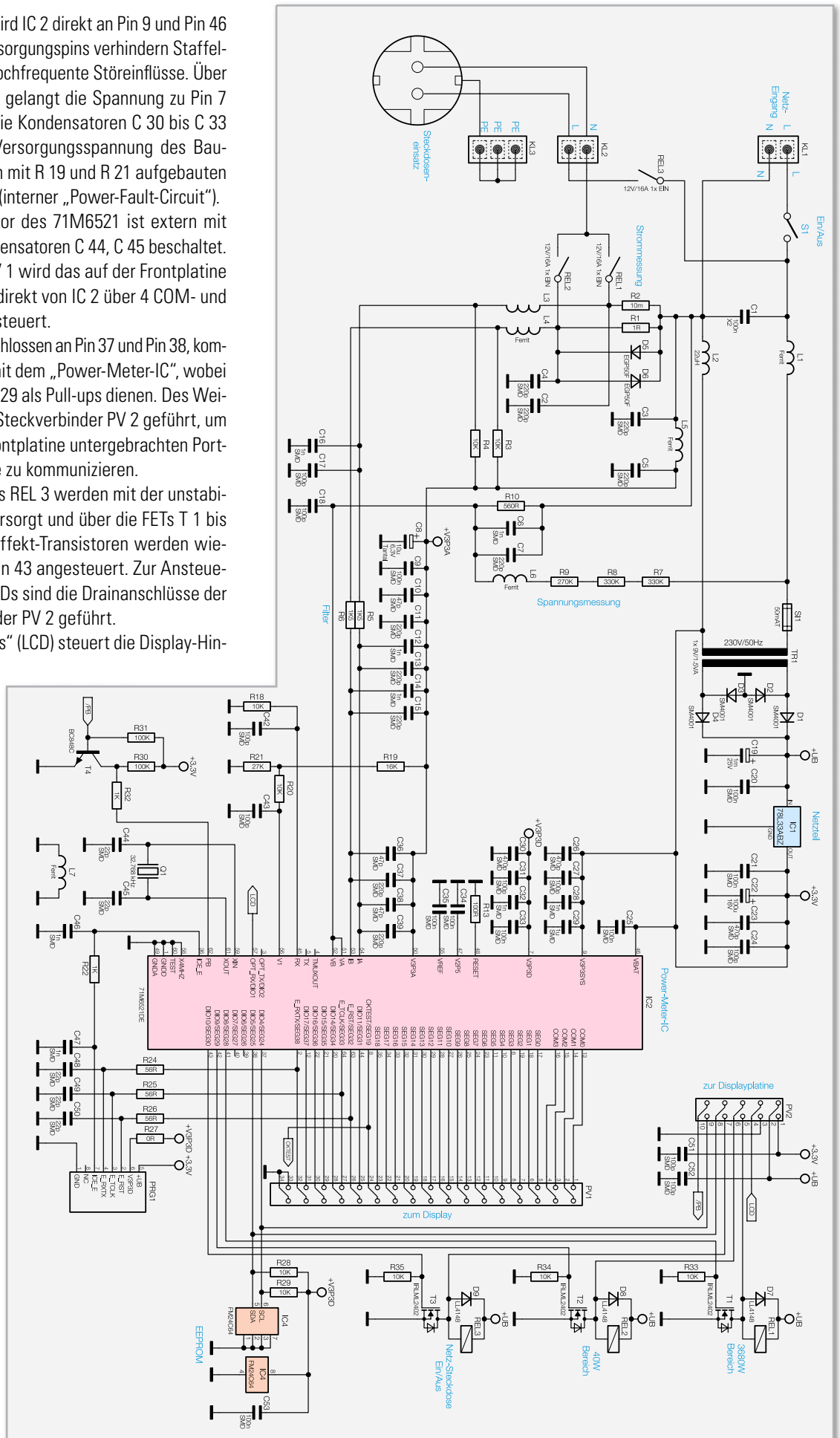


Bild 3: Hauptschaltbild des EA 8000

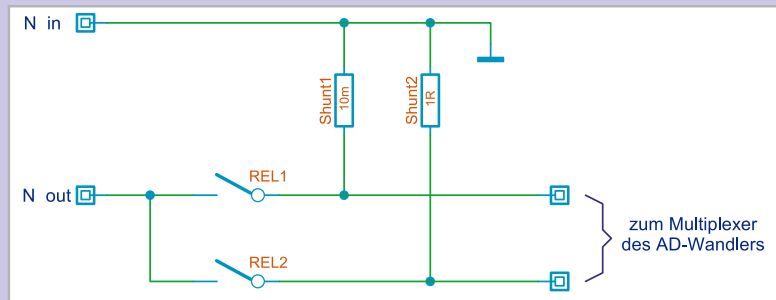


## Elektronikwissen – Messbereichumschaltung im EA 8000

Damit der Energy Analyzer EA 8000 auch den Energieverbrauch von Verbrauchern mit sehr geringer Leistungsaufnahme (z. B. Stand-by-Geräte) mit entsprechender Genauigkeit messen kann, verfügt das Gerät über 2 Messbereiche. Die Messbereichumschaltung erfolgt mit Hilfe von Leistungsrelais, wobei unbedingt zwei wichtige Forderungen zu erfüllen sind:

- Der Last-Stromkreis darf während der Bereichumschaltung nicht unterbrochen werden.
  - Grundsätzlich vorhandene Übergangswiderstände an Relaiskontakten dürfen das Messergebnis nicht beeinflussen.
- Mit der abgebildeten Schaltung werden beide Anforderungen erfüllt:

Ausgehend vom Messbereich für hohe Leistungen (Relais 1 geschlossen) wird der Spannungsabfall an Shunt 1 erfasst und auf einen Multiplexereingang des 22-Bit-A/D-Wandlers gegeben. Die Spannung wird direkt am Shunt (gegenüber Schaltungsmasse) gemessen und Übergangswiderstände an den Relaiskontakten (die sich mit der Zeit durch Alterung noch verändern) können das Messergebnis nicht verfälschen.



Zur Umschaltung in den Messbereich für kleine Leistungen wird zuerst Relais 2 zusätzlich geschlossen und erst danach Relais 1 geöffnet. Für eine kurze Übergangszeit liegen somit beide Shunts parallel. Der Spannungsabfall an Shunt 2 wird unabhängig vom Spannungsabfall an Shunt 1 gemessen und auf einen getrennten A/D-Wandler-Eingang geführt. Beim Messbereichswechsel in umgekehrter Richtung schließen für eine Übergangszeit wieder beide Relais (beide Shunts liegen wieder parallel) und danach öffnet dann Relais 2. Durch diese Schaltungsmaßnahme kommt es während des Umschaltvorgangs nicht zur Unterbrechung des Laststromkreises.

Die auf der Frontplatte untergebrachten Anzeigeelemente und Komponenten zur Bedienung des EA 8000 sind in Abbildung 4 zu sehen. Der Steckverbinder PV 100 verbindet direkt die COM- und Segmentleitungen des Displays mit den zugehörigen Port-Pins von IC 2.

Der Port-Expander-Baustein IC 100 dient, wie bereits erwähnt, zur Tastenabfrage. Die 8 frontseitigen Bedientasten sind ohne weitere Beschaltung am Baustein angeschlossen. Über den I<sup>2</sup>C-Bus und einem Interrupt-Ausgang ist der Expander (IC 100) letztendlich mit IC 2 auf der Basisplatte verbunden.

Die über R 101 bis R 103 mit Spannung versorgten Leuchtdioden zur Anzeige des aktiven Ausgangs und des Messbereichs sind über den Steckverbinder PV 101 mit den entsprechenden Drain-Anschlüssen der Feldeffekt-Transistoren zur jeweiligen Relais-Aktivierung verbunden.

Der von IC 2, Pin 57 auf der Basisplatte gesteuerte Transistor T 100 arbeitet aufgrund der Strom-Gegenkopplung am Emitter-Widerstand R 107 als einfache Stromquelle. Im Kollektorkreis dieses Transistors befinden sich die Leuchtdioden zur Display-Hinterleuchtung.

Im dritten Teil des Artikels („ELVjournal“ 4/2010) erfolgt die detaillierte Beschreibung des praktischen Aufbaus dieses außergewöhnlichen Energie-Messgerätes.

**ELV**

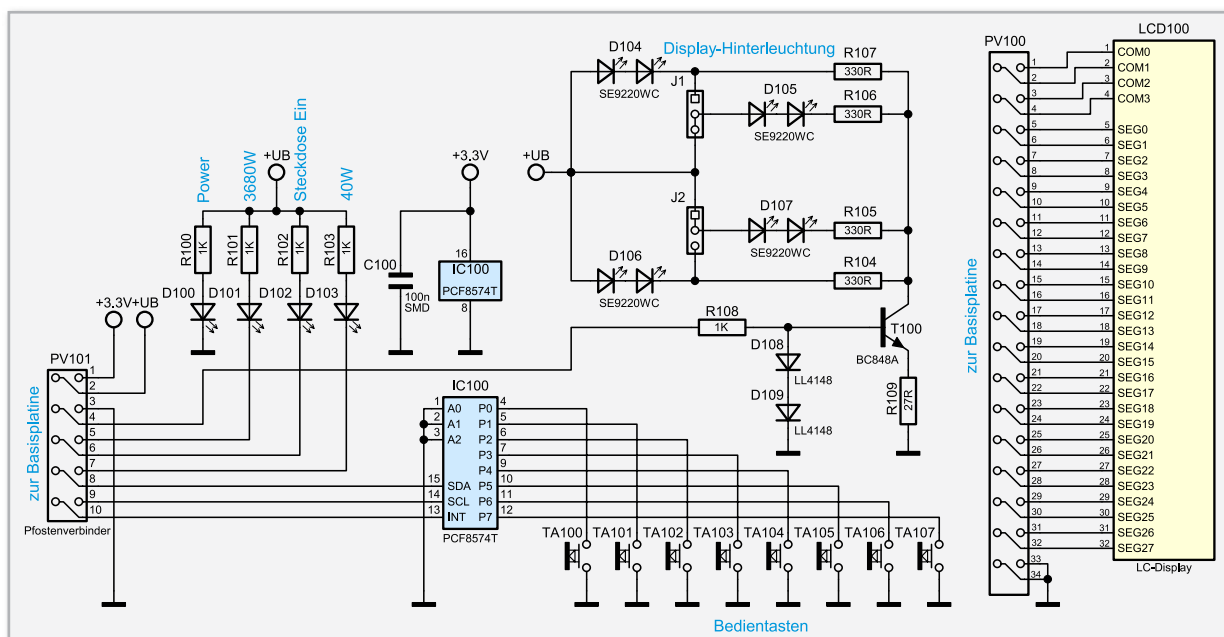


Bild 4: Bedien- und Anzeigeelemente des EA 8000



# RDS100 UP – das Radio für die Unterputz-Schalterdose

## Teil 2

Das Radio RDS100 UP bietet viel Technik auf engstem Raum und Funktionen, die sich sehen lassen können. Nachdem im ersten Teil die Leistungsmerkmale und die weitestgehend intuitive Bedienung vorgestellt wurden, kommen wir nun zu den interessanten Schaltungsdetails, gefolgt von einer ausführlichen Beschreibung des Nachbaus, der trotz der großen Herausforderungen recht einfach ist.

### Schaltung

Die gesamte Schaltung des RDS100 UP ist zur besseren Übersicht in zwei Teilschaltbilder aufgeteilt. Während in Abbildung 8 die Elektronik für die Bedientasten auf der Basis von kapazitiven Näherungssensoren sowie der Displaycontroller mit Display dargestellt sind, zeigt das Hauptschaltbild (Abbildung 9) die Schaltung des eigentlichen Radios, des digitalen Stereo-Audio-Verstärkers und des zentralen Mikrocontrollers mit zugehöriger Peripherie.

#### Schaltung der Bedieneinheit mit Displaycontroller und LC-Display

Im oberen Bereich von Abbildung 8 ist die Elektronik für die kapazitiven Näherungssensoren mit dem Touchcontrol-Baustein QT1080 zu sehen. Alle erforderlichen Stufen für die kontaktlosen Sensortasten sind in diesem Baustein integriert. Zum Betrieb werden nur noch wenige passive, externe Komponenten benötigt.

Die eigentlichen Tasten bestehen aus Leiterplattenflächen, die direkt an BU 100 bis BU 103 angeschlossen werden. Insgesamt ist der Baustein für 8 Tasten vorgesehen, die in unserem Anwendungsfall auch alle genutzt werden. Je nach

Anwendung kann der QT1080 in verschiedenen Betriebsmodi arbeiten, die mit Hilfe der Widerstände R 100 bis R 105 sowie R 123 und R 125 konfiguriert werden. Beim Anlegen der Betriebsspannung prüft der QT1080 zuerst, ob diese Widerstände mit Schaltungsmasse oder mit der Betriebsspannung verbunden sind.

Bei der Configuration bestimmt der Pegel am Widerstand R 101, ob immer nur die Betätigung einer Taste gleichzeitig akzeptiert wird oder ob auch mehrere Tasten gleichzeitig betätigt werden können. In unserem Fall ist der Widerstand mit +3,3 V verbunden, wodurch nur eine Schaltaktion bei der Taste mit der höchsten kapazitiven Änderung durchgeführt wird.

Die Eingangsbeschaltung ist bei allen Eingangskanälen des ICs identisch und recht einfach. Von den Sensorflächen gelangt das Signal jeweils über einen 10-k $\Omega$ -Vorwiderstand (R 106, R 109, R 110, R 113, R 114, R 117, R 118 und R 121) auf die Eingänge des Sensorchips. Die Eingangsempfindlichkeit wird dabei durch die weitere externe Beschaltung bestimmt, insbesondere durch die Kondensatoren C 100 bis C 107.

Ausgangsseitig ist der Baustein als Open Drain konfiguriert. Die Ausgänge der einzelnen Kanäle gelangen über ST 102 direkt zu den entsprechenden Ports des Mikrocontrollers.

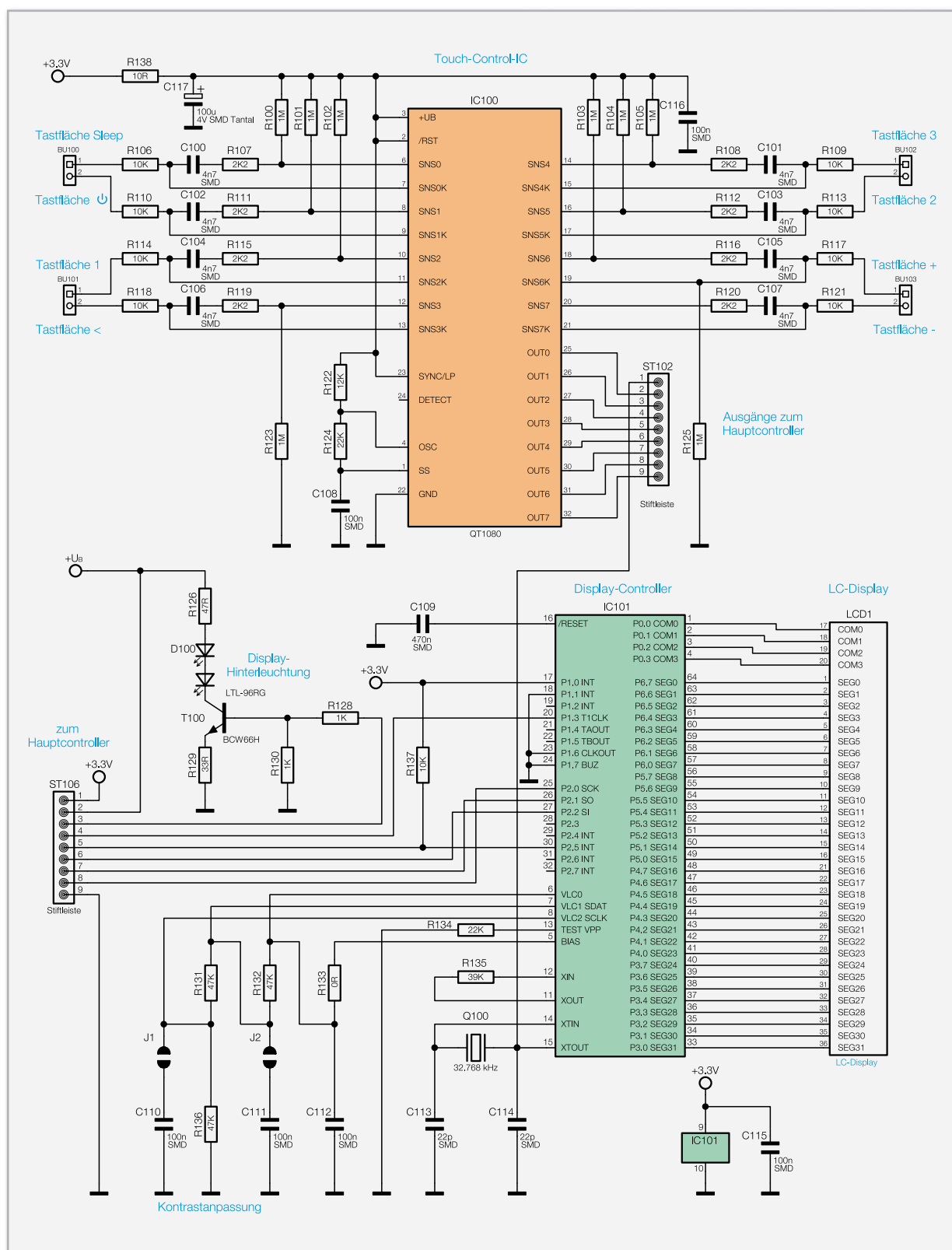


Bild 8: Touchcontrol-Bedieneinheit des RDS100 UP und Display mit Displaycontroller

Die Betriebsspannung wird dem QT1080 (IC 100) und der gesamten Tasteneinheit über R 138 zugeführt, wobei C 117 zur Pufferung dient.

Im unteren Bereich dieses Teilschaltbildes ist der Display-controller mit zugehöriger Peripherie dargestellt. Das LC-Display (LCD 1) verfügt über 32 Segmentleitungen und 4 COMs und ist direkt mit den zugehörigen Portpins von IC 101 verbunden.

Der Displaycontroller kommuniziert über insgesamt 5 Portleitungen, angeschlossen an Port P 1.3, P 2.0 bis P 2.2 und P 2.5 mit dem zentralen Mikrocontroller im Hauptschaltbild (Abbildung 9). Die weitere periphere Beschaltung ist recht einfach. Die Widerstände R 131 bis R 133 und R 136 sowie die Kondensatoren C 110 bis C 112 dienen zur Anpassung des Displaykontrastes.

In diesem Zusammenhang sind die Codierbrücken J 1 und



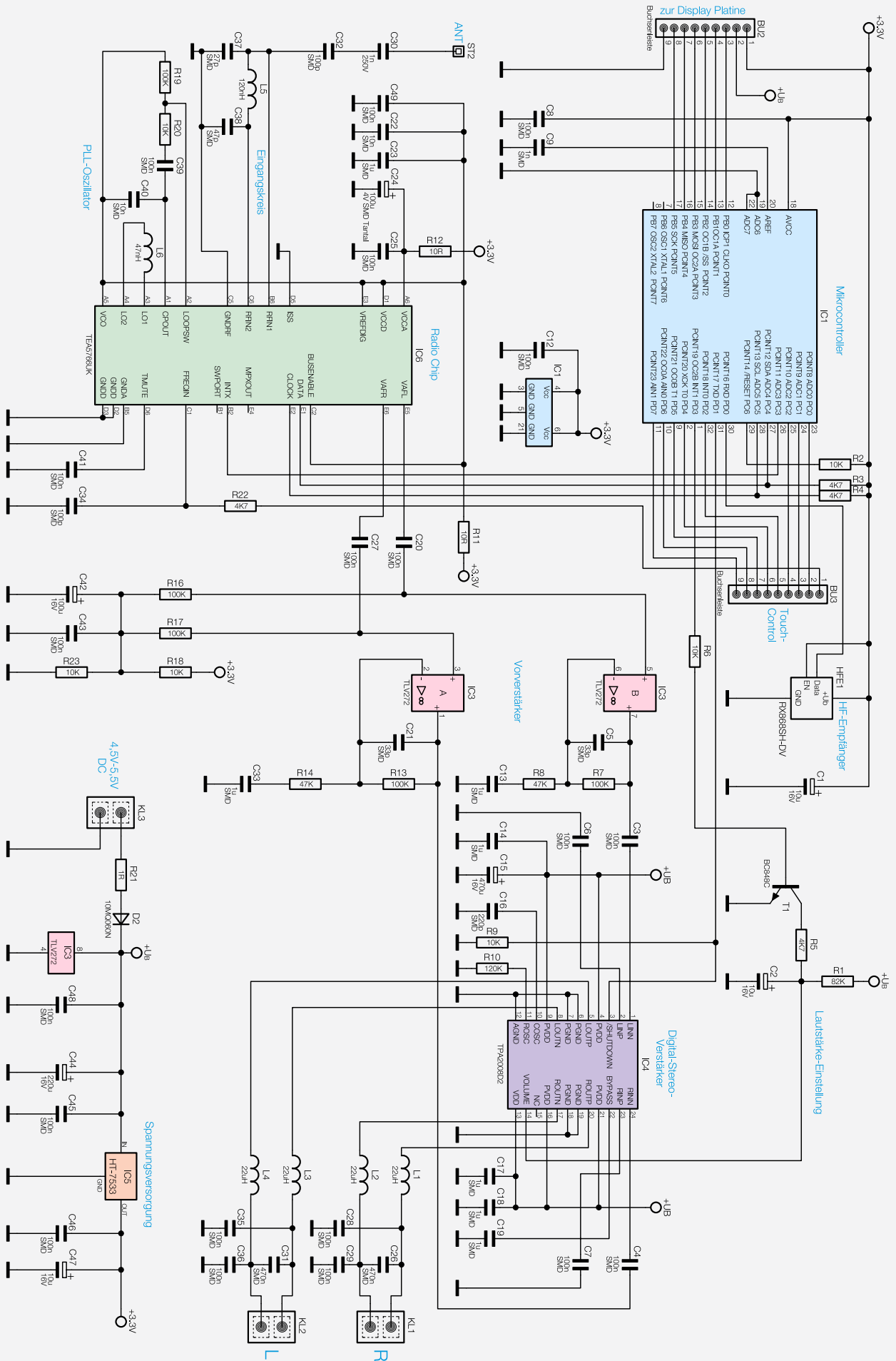


Bild 9: Hauptschaltbild des RDS100 UP

J 2 immer geschlossen und nur von produktionstechnischer Bedeutung.

Der Controller verfügt über zwei integrierte Taktoszillatoren. Während der schnelle Oszillator an Pin 11 und Pin 12 nur mit dem Widerstand R 135 beschaltet ist, benötigt der Oszillator an Pin 14 und Pin 15 einen 32,768-kHz-Uhrenquarz sowie die Kondensatoren C 113 und C 114. Über ST 102, Pin 1 gelangt der 32-kHz-Takt auch zum Radiobaustein im Hauptschaltbild.

Die Display-Hinterleuchtung erfolgt mit der Side-Looking-LED D 100, die über R 126 mit der Betriebsspannung verbunden ist und über den Transistor T 100 aktiviert wird. Das Steuersignal für die Hinterleuchtung kommt über Pin 3 des Steckverbinders ST 106 vom Haupt-Mikrocontroller. Über ST 106 wird auch die komplette Einheit mit Spannung versorgt.

## Hauptschaltbild

Im Hauptschaltbild (Abbildung 9) sind der zentrale Mikrocontroller, das eigentliche Radio und der digitale Stereo-Audio-Verstärker zu sehen. Der Mikrocontroller (IC 1) ist für die Bedienung und alle Steueraufgaben zuständig und oben links zu sehen. Darunter ist das Radio-IC mit seiner sehr geringen externen Beschaltung eingezeichnet. Der digitale Stereo-Audio-Verstärker befindet sich rechts oben und darunter die recht einfache Spannungsversorgung. Der Haupt-Mikrocontroller (IC 1) kommuniziert über PB 0 bis PB 5 (angeschlossen an BU 2) mit dem Displaycontroller und die Tasten-Informationen vom Touchcontrol-Baustein gelangen über BU 3 direkt auf die entsprechenden Portpins des Controllers.

Mit dem Radiobaustein IC 6 kommuniziert der Mikrocontroller über den I<sup>2</sup>C-Bus, der an Pin 27 und Pin 28 des Controllers zur Verfügung steht. Die Widerstände R 3 und R 4 dienen dabei als „Pull-ups“. Der Controller selbst benötigt zur Funktion so gut wie keine externe Beschaltung. Im Controller integriert sind ein 16-kByte-Flash-Speicher, 1-kByte-SRAM und ein EEPROM mit 512 Bytes. Die interne Struktur des Mikrocontrollers ist im Blockschaltbild (Abbildung 10) zu sehen. Insgesamt stehen 23 frei programmierbare Ein-/Ausgangsports zur Verfügung.

Die beiden A/D-Eingänge an Pin 19 und Pin 22 werden nicht genutzt und sind mit Schaltungsmasse verbunden. An Pin 18 wird dem Controller die Betriebsspannung von 3,3 V zugeführt.

Da die Bedienung des RDS100 UP auch über Funk-Fernbedienungen im FS20-System erfolgen kann, ist an Port PD 0 das 868-MHz-HF-Empfangsmodul HFE 1 angeschlossen.

Zur Bedienung des Radios können aber auch andere Funk-Sender aus dem ELV-Funk-Haussteuerungs-System FS20 eingesetzt werden.

Über Port PD 1 wird der Stereo-Endverstärker (IC 4) aktiviert, und die Einstellung der Lautstär-

ke erfolgt mit Hilfe eines von PD 3 kommenden PWM-Signals über T 1 mit externer Beschaltung.

Der Kondensator C 2 sorgt in Verbindung mit R 1 und R 5 für eine Integration des PWM-Signals, so dass letztendlich am Verstärkerbaustein (IC 4) die Lautstärkeeinstellung mit Hilfe einer variablen Gleichspannung erfolgt. Insgesamt ermöglicht IC 4 eine Veränderung der Lautstärke im Bereich von -38 dB bis +20 dB.

Das eigentliche Radio ist, wie bereits erwähnt, mit einem sehr hoch integrierten IC (IC 6) realisiert und unten links im Hauptschaltbild zu sehen. Da in IC 6 neben analogen Stufen auch digitale Schaltungen integriert sind, ist ein 32,768-kHz-Takt erforderlich, den letztendlich der Displaycontroller über BU 3, Pin 1 liefert. R 22 und C 34 dienen dabei zur Störunterdrückung.

Der Neutraleiter der Netzspannung liefert das Antennensignal für das RDS100 UP, daher muss unbedingt eine spannungsfeste galvanische Entkopplung erfolgen. Diese Aufgabe übernimmt der Y-Kondensator C 30. Über den Kondensator C 32 gelangt das Antennensignal dann auf den mit L 5,

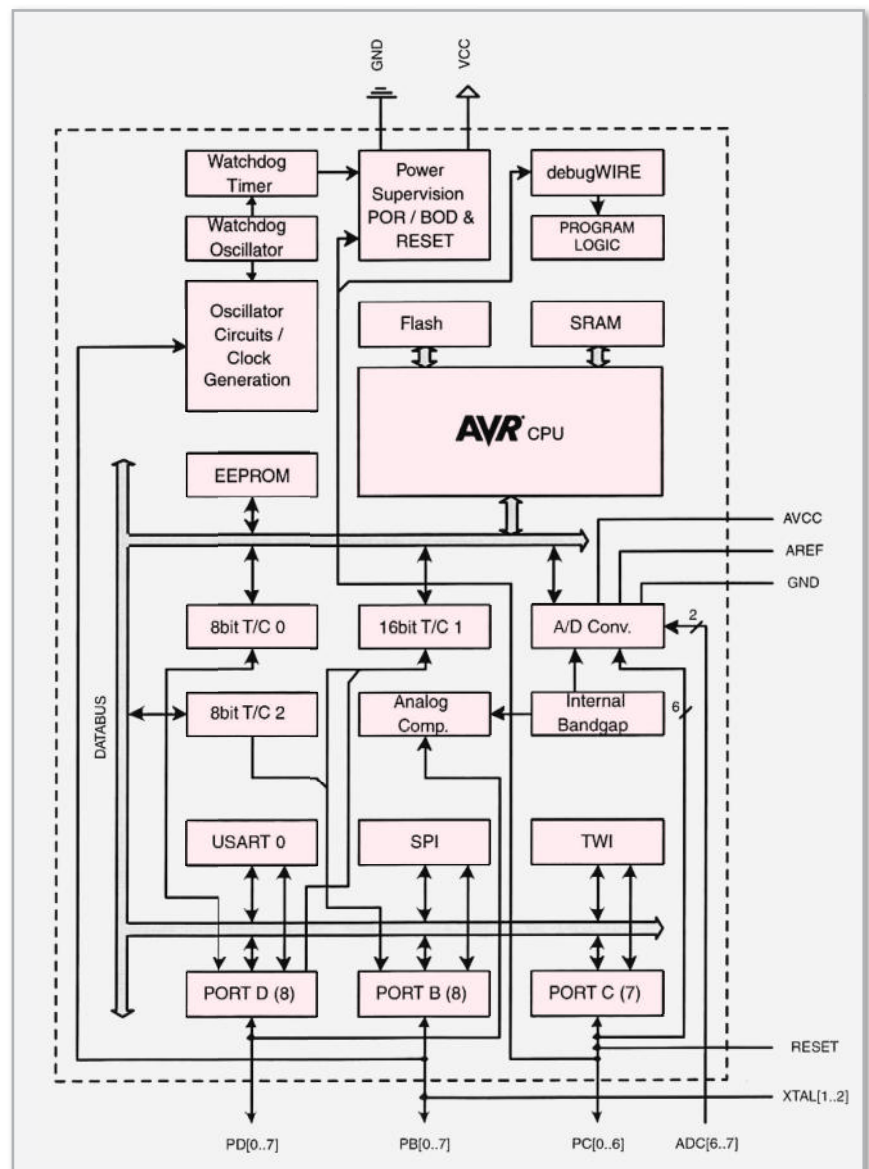
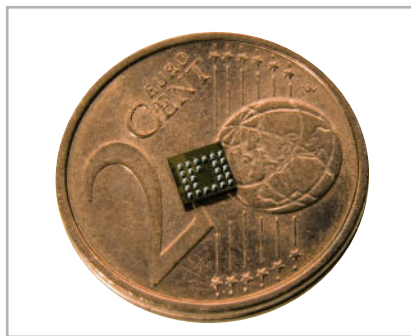
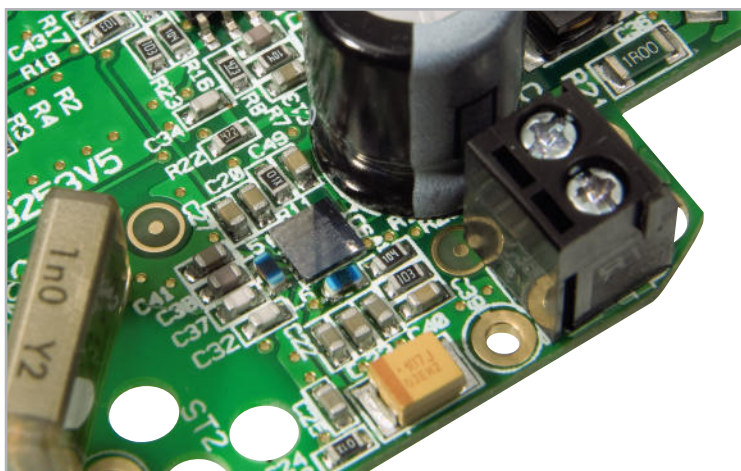


Bild 10: Interne Struktur des im RDS100-UP-Radio verwendeten Mikrocontrollers ATmega 168

**Bild 11:** Im Vergleich zu einem 2-Cent-Stück sind die Abmessungen des eigentlichen Radios winzig. Die Abbildung zeigt das IC mit Blick auf die 25 BGA-Lötanschlüsse an der Bauteil-Unterseite.

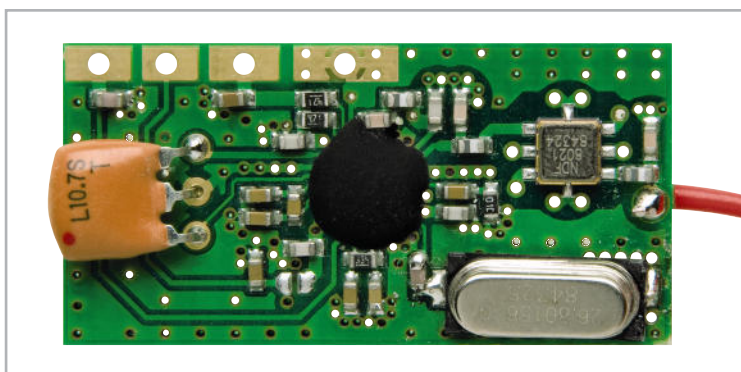


C 37 und C 38 aufgebauten Eingangskreis sowie zum empfindlichen HF-Eingang des Bausteins (Anschluss B 6, C 6). Das PLL-System zur Senderabstimmung ist an den BGA-Anschlüssen A 1 bis A 5 extern zugänglich und mit den externen Komponenten R 19, R 20, C 39, C 40 und der Spule L 6 beschaltet. Die zur Senderabstimmung erforderlichen Vari-cap-Dioden sind chipintern vorhanden.



**Bild 12:** Im „Reflow-Prozess“ verlötetes Radio-IC mit umgebender Peripherie

Ausgangsseitig liefert der TEA5766UK an den Anschlusspins E 5 und E 6 direkt die NF-Ausgangssignale des rechten und linken Stereokanals. Über die Kondensatoren C 20 und C 27 zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung gelangen die NF-Signale auf die nicht invertierenden Eingänge der in IC 3 integrierten Operationsverstärker. Hier wird der Signalpegel



**Bild 13:** 868-MHz Funk-Empfangsmodul zum Empfang der Fernbedienungssignale

für die Stereo-Signale um ca. 10 dB angehoben. Vom Ausgang der Vorverstärker gelangen die NF-Signale dann über die Kondensatoren C 3 und C 4 auf die Eingänge des digitalen Verstärkerbausteins IC 4. Mit den Bauelementen R 16 bis R 18, R 23, C 42 und C 43 wird der Arbeitspunkt der beiden Operationsverstärker auf  $U_B/2$  gelegt.

Das Lautsprecher-Ausgangssignal des rechten Kanals wird über die zur hochfrequenten Störunterdrückung dienenden Spulen L 1 und L 2 zur Schraubklemme KL 1 geführt und das Signal des linken Kanals gelangt in der gleichen Weise über L 3 und L 4 auf die Schraubklemme KL 2.

Der integrierte Taktoszillator des Digitalverstärkers ist extern mit dem Widerstand R 10 und dem Kondensator C 16 beschaltet. Abgesehen von einigen Abblockkondensatoren ist beim Digitalverstärker keine weitere externe Beschaltung erforderlich.

Während der Digital-Stereo-Verstärker direkt mit  $U_B$  versorgt wird, liefert der Spannungsregler IC 5 eine stabilisierte Ausgangsspannung von 3,3 V für die gesamte Elektronik. Die Diode D 2 dient als Verpolungsschutz und C 44 nimmt eine erste Pufferung vor. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit Hilfe der Keramik Kondensatoren C 45, C 46 und C 48 unterdrückt und der Elko C 47 dient zur Schwingneigungsunterdrückung.

## Nachbau

Konstruktiv und von der Signalführung ist es durchaus eine Herausforderung, das komplette RDS100-UP-Radio mit seinen umfangreichen Baugruppen wie Stereo-Verstärker, Touch-control-Bedieneinheit, Funk-Fernbedienungsempfänger und, natürlich nicht zu vergessen, das eigentliche Radio in einer ganz gewöhnlichen Unterputz-Schalterdose unterzubringen. Durch den Einsatz von Miniatur-Bauelementen, vorwiegend in der besonders kleinen Bauform 0402, ist der praktische Aufbau trotzdem recht einfach möglich und schnell erledigt. Wie bei allen ELV-Bausätzen sind auch beim RDS100 UP bereits sämtliche SMD-Komponenten werkseitig vorbestückt. Einige Bauteile, wie z. B. das eigentliche Radio-IC im BGA-Gehäuse (Ball Grid Array) sind auch mit dem besten Werkzeug und ausreichend Erfahrung nicht mehr von Hand zu verarbeiten.

Bei diesem Radio-IC mit den winzigen Abmessungen von 3,3 x 3,3 mm sind immerhin 25 Lötanschlüsse unterhalb des ICs vorhanden. Abbildung 11 zeigt das Radio-IC mit Blick auf die Lötanschlüsse im Größenvergleich zu einem 2-Cent-Stück, und in Abbildung 12 ist dieses IC auf der Leiterplatte mit der umliegenden Peripherie zu sehen.

Das Verlöten eines derartigen Bausteins funktioniert nur noch im professionellen „Reflow-Prozess“ und natürlich nur bei äußerst exakter Bauteil-Positionierung (von Hand nicht machbar). Geringste Abweichungen würden sofort zum Totalausfall der kompletten Leiterplatte führen. Auch das Verlöten der passiven SMD-Komponenten in der Bauform 0402 wäre von Hand schon eine Herausforderung.

Aber um die SMD-Bauteile braucht sich der Anwender bei ELV-Bausätzen nicht zu kümmern, die sind schon alle auf der Platine.



Wie sonst oft bei Radios üblich, hat der Anwender auch nichts mit einem Abgleich zu tun, denn das komplette Radio ist abgleichfrei. Beim RDS100 UP müssen keine Luftspulen gebogen, gestaucht oder auseinandergezogen werden. Für ungeübte Anwender oft ein schwieriges Unterfangen und nervenaufreibend.

Was bleibt beim RDS100 UP noch an Bestückungsarbeiten zu tun? Das Einlöten von wenigen bedrahteten Bauteilen (inkl. Display) und mechanischen Komponenten wie Stift- und Buchsenleisten. Letztendlich natürlich auch der Zusammenbau der kompletten Konstruktion.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit der Basisplatine, wo zuerst die Elektrolyt-Kondensatoren von der Platinenoberseite unter Beachtung der korrekten Polarität einzusetzen sind.

**Vorsicht!** Falsch gepolte Elkos können sogar im späteren Betrieb explodieren. Die Polarität ist am Bauteil üblicherweise am Minuspol und im Bestückungsdruck am Pluspol gekennzeichnet. Beim Verlöten ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Kurzschlüsse zur umliegenden Massefläche entstehen.

Danach wird der Y-Kondensator C 30 eingesetzt und sorgfältig verlötet. Nach dem Verlöten sind die überstehenden Drahtenden an der Platinenunterseite direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

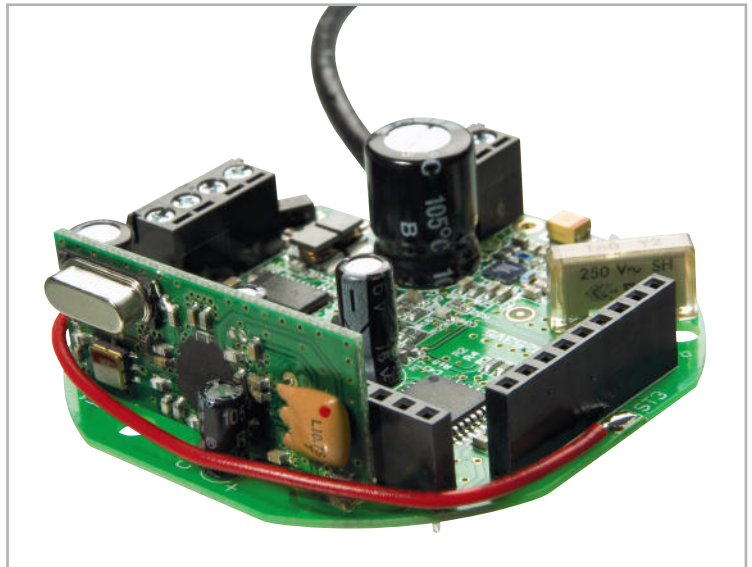
Bei den danach einzulötenden Schraubklemmen ist darauf zu achten, dass jeweils das Kunststoffgehäuse vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen muss. Das Gleiche gilt auch für die beiden 9-poligen Buchsenleisten. Hier ist zusätzlich auf eine gerade Ausrichtung zu achten.

Im nächsten Arbeitsschritt ist das 868-MHz-HF-Empfangsmodul (Abbildung 13) in den Leiterplattenschlitz neben BU 2 einzulöten. Nach einer geraden Ausrichtung ist das Modul mit ausreichend Lötzinn an den 4 Lötflächen festzusetzen. Das Antennenende ist auf ca. 5 mm Länge abzuisolieren, entsprechend Abbildung 14 zu verlegen und an dem dafür vorgesehenen „Lötpad“ (Abbildung 15) der Platine anzulöten.

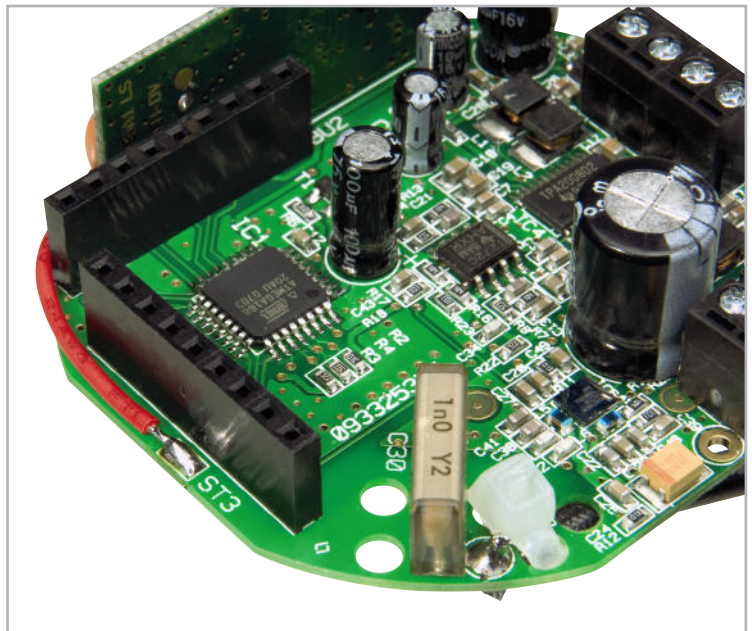
Nachdem nun alle Bauteile auf der Basisplatine bestückt sind, bleibt nur noch die Antennenleitung anzulöten, die später beim Einbau in die Unterputz-Schalterdose mit dem Neutralleiter des Stromnetzes zu verbinden ist. Da diese Leitung direkt mit dem Stromnetz verbunden wird, bestehen hohe Sicherheitsanforderungen. Zum einen muss die Leitung selbst die vorgeschriebene Spannungsfestigkeit aufweisen und zum anderen muss eine doppelte Isolierung vorhanden sein, die ebenfalls entsprechend spannungsfest ist. Aus diesem Grund wird über diese an einer Seite bereits mit einer Aderendhülse versehenen Leitung ein Gewebe-Isolierschlauch gezogen. Das freie Leitungsende ist dann auf ca. 5 mm Länge abzuisolieren, zu verdrillen, vorzuverzinnen und von der Platinenunterseite durch die zugehörige Bohrung zu führen. Nach dem Verlöten wird die Leitung inklusive Isolierschlauch entsprechend Abbildung 16 mit einem kleinen Kabelbinder gesichert.

Die Bestückungsarbeiten der Basisplatine sind damit abgeschlossen.

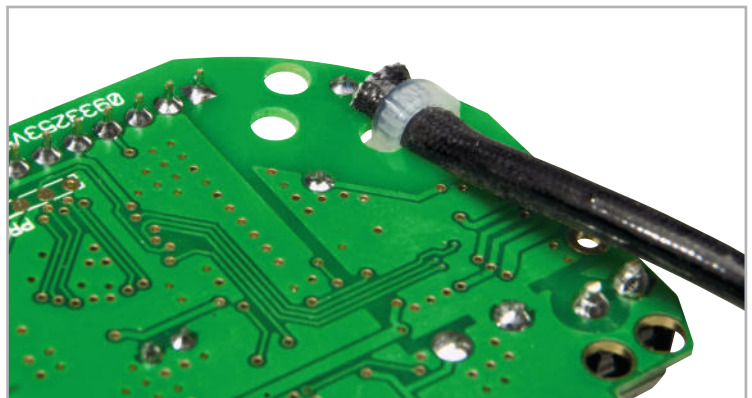
Im nächsten Teil des Artikels befassen wir uns ausführlich mit dem Nachbau der Frontplatine und dem Einbau des Radios in die Unterputz-Schalterdose. **ELV**



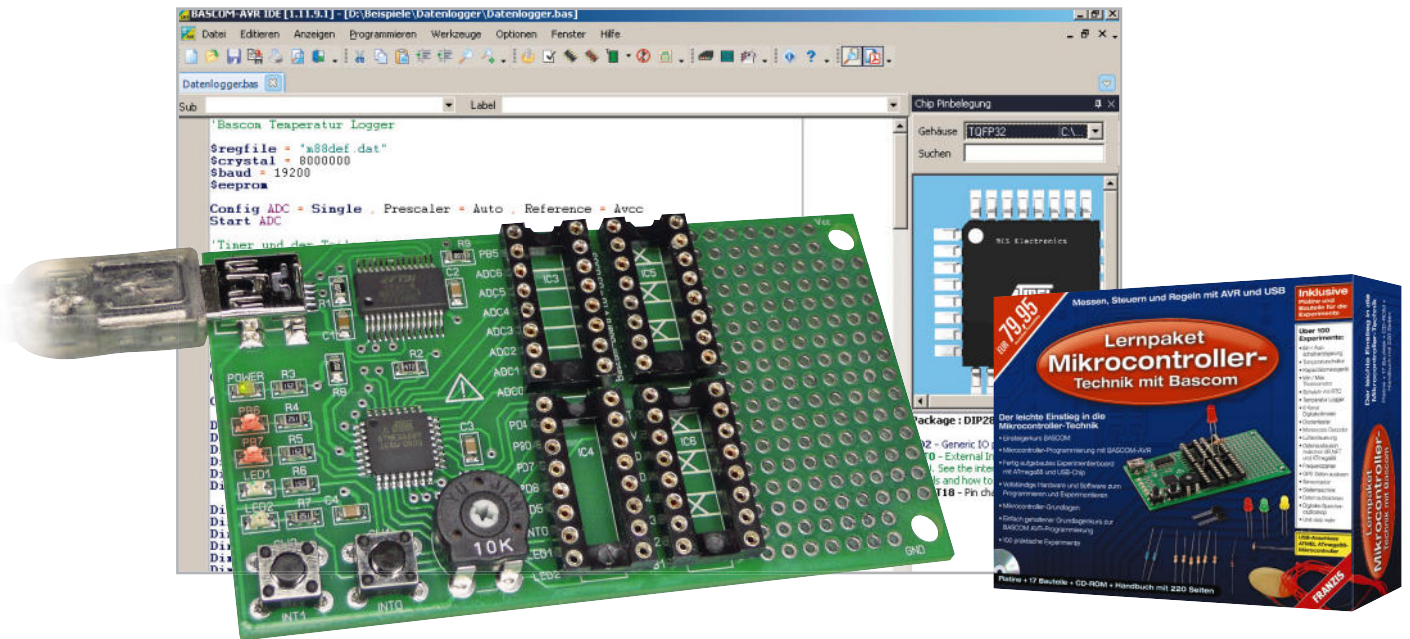
**Bild 14:** Die Antenne des 868-MHz-Funk-Empfangsmoduls ist wie abgebildet zu verlegen.



**Bild 15:** Das Ende der Funk-Antenne ist zur Fixierung an eine kleine dafür vorgesehene Lötfläche anzulöten.



**Bild 16:** Über die Antennenleitung des Radios ist unbedingt ein Gewebe-Isolierschlauch zu ziehen und danach mit einem Kabelbinder eine Sicherung auf der Platine – wie abgebildet – vorzunehmen.



# AVR von Anfang an – Lernpaket Mikrocontrollertechnik mit BASCOM

„Der leichte Einstieg in die Mikrocontroller-Technik“, schreibt Franzis vielversprechend. Und in der Tat, selten hat man solch ein komplettes Paket in der Hand, das mit vollständiger Software und einer durchdachten Hardware den Einsteiger an die Hand nimmt und ihn in die Lage versetzt, von Beginn an den Umgang mit den derzeit wohl populärsten Mikrocontrollern zu erlernen und deren Programmierung auf besonders einfache Weise zu erforschen. Wir stellen das Lernpaket vor und wollen hier vor allem einen globalen Eindruck über dessen Aufbau und Möglichkeiten vermitteln.

## Platine, Bauteile, Handbuch, CD...

Das ist im Wesentlichen das, was man nach Öffnen des Kartons vorfindet. Natürlich gilt das erste Augenmerk der Platine (siehe Titel)! Darauf finden sich zwei Chips – ein USB-Controller FT 232R, der die Verbindung zwischen UART-Schnittstelle des ATmega-AVR-Controllers und der USB-Schnittstelle auf dem Board realisiert, und der erwähnte AVR-Controller vom Typ ATmega88. Ringsum einige Leuchtdioden, Taster, ein Poti und einige Experimentierfassungen, auf die auch die Ports des AVR-Controllers geführt sind.

Und wie soll der AVR programmiert werden? Von einer ISP-Schnittstelle keine Spur! Das erste Querlesen des Handbuchs bringt es an den Tag: Auf dem ATmega88 ist bereits ein Bootloader installiert, der dafür sorgt, dass man keine ISP benötigt, sondern Programme einfach von der Entwicklungsumgebung aus direkt via USB in den AVR laden kann. Der erste einsteigerfreundliche Punkt! Kein Kabelgewirr, keine zusätzliche Schnittstelle, kein Herumschlagen mit einem zusätzlichen Programm – nur eine USB-Verbindung.

Der zweite Blick gilt dem beiliegenden, 222 Seiten starken Handbuch. Schon das Inhaltsverzeichnis macht Appetit und

lässt erkennen, dass man sich hier tatsächlich an den Einsteiger richtet: Punkt für Punkt wird zunächst in die Technik der Mikrocontroller eingeführt, eine Übersicht über die AVR-Familie gegeben und der verwendete ATmega88 sowie die einzelnen Bauteile des Lernpakets genauer vorgestellt.

Nach der Inbetriebnahme mit Programmierung des FT232R geht es dann an das softwaretechnische Kernstück: BASCOM. Diese einfach erlernbare Programmiersprache, ein komplexer BASIC-Dialekt, garantiert eines – schnellen Erfolg. Darum geht der Autor des Buches auch sofort ans Eingemachte – die ersten Programme und deren Erläuterung. Darauf folgen eine ausführliche Einführung in die einzelnen BASCOM-Befehle, Programmstrukturen, Abläufe, stets begleitet durch praktische Experimente auf dem Experimentierboard, sowie auf dem Löwenanteil des Buchumfangs zig praktisch nachvollziehbare Programme, die sich allesamt auf der begleitenden CD-ROM befinden und so direkt zu eigenen Programmierexperimenten einladen.

Hier findet man eine riesige Ansammlung von praktisch einsetzbaren Programmen vom einfachen Tastenentprellen (dem Einsteigerprogramm neben „Hallo Welt“) bis hin zu schon komplexeren Steuerungen.



## Der Mikrocontroller

Als Controller kommt ein ATmega88 zum Einsatz, der wahlweise mit 1 bis 16 MHz extern (Quarz) oder 8 MHz intern (RC-Oszillator) getaktet wird. Er verfügt über 25 I/O-Ports, von denen immerhin 23 frei nutzbar sind als Eingang, Ausgang sowie für Sonderfunktionen wie z. B. PWM-Ausgang (acht PWM-Kanäle verfügbar). Die beiden restlichen I/O-Ports dienen als ADC-Port für den internen 10-Bit-A/D-Konverter. Zur Kommunikation besitzt der AVR eine UART-Schnittstelle, die einerseits per Bootloader das einfache Programmieren des AVR und andererseits den Datenverkehr „nach außen“ ermöglicht.

Der ATmega88 besitzt 8 KByte Flash-Programmspeicher, 512 Byte EEPROM und 1 KByte SRAM. Damit ist er auch für längere Programme und den vorgesehenen Einsatzzweck gut mit Speicher bestückt.

## Bootloader

Wie bereits kurz angerissen, wird der ATmega88 bereits mit einem vorinstallierten Bootloader ausgeliefert. Zusammen mit der Voreinstellung des Bootloader-Fusebits fängt also der Controller nach dem Start an, das Bootloader-Programm abzuwickeln, das den Controller in die Lage versetzt, direkt über USB und UART mit dem BASCOM-Programm programmiert zu werden.

## Es geht los!

Genug der Vorreden, Lernpaket kommt von Lernen, also fangen wir an. Wie bei den meisten USB-Geräten muss auch für die Experimentierplatine zunächst ein Treiber für den USB-Port installiert werden. Dazu sollte man sicherstellen, dass kein weiteres USB-Gerät mit FT232-Chip an den PC angeschlossen ist.

Nach dem Einlegen der mitgelieferten CD erscheint deren Hauptmenü (Abbildung 1). Hieraus ist zunächst die Installation des FTDI-Treibers zu starten. Nach Anschließen der Experimentierplatine an den PC erkennt Windows diese als neues USB-Gerät, und im Geräte manager von Windows erscheint dessen Schnittstelle als virtueller COM-Port (USB Serial Port), z. B. als COM5.

Um den USB-Chip zu konfigurieren, befindet sich ein sehr interessantes und auch für andere Projekte sehr gut nutzbares EEPROM-Programmiersystem, „MProg“, auf der CD (Abbildung 2). Dieses ist zu installieren und die Einstellungen sind in wenigen, im Buch gut beschriebenen Schritten vorzunehmen. So wird u. a. festgelegt, dass die Betriebsspannungsversorgung via USB erfolgt und der USB-Chip als reines I/O-Gerät (Simulation eines seriellen Kabels) arbeitet. Nun ist nur noch BASCOM zu installieren. Nach einem Neustart des PCs kann es dann losgehen.

## BASCOM-AVR

Bevor wir beginnen, noch ein paar Worte zu BASCOM-AVR. BASCOM ist ein von der niederländischen Firma MCS [1] vertriebener BASIC-Compiler, der als Cross-Compiler in der Programmiersprache BASIC geschriebene Programme in einen durch den Mikrocontroller ausführbaren Maschinencode um-



Bild 1: Das Hauptmenü der Begleit-CD mit allen mitgelieferten Software-Bestandteilen des Lernpakets

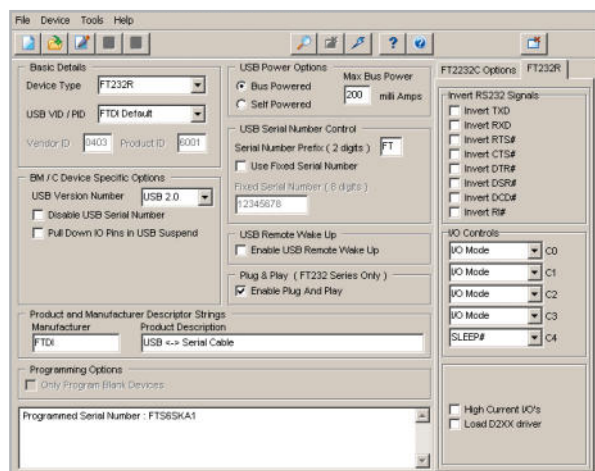


Bild 2: Über MProg kann der FTDI-Chip seiner Aufgabe gerecht angepasst werden.

setzt. Zusätzlich erlaubt auch dieser BASIC-Dialekt für besonders maschinennahe und zeitkritische Aufgaben die Einbettung von Assembler-Routinen.

Als komplettes Programmiersystem verfügt BASCOM aber auch über eine integrierte Entwicklungsumgebung, ein Terminalprogramm und einen AVR-Simulator sowie einige weitere nützliche Werkzeuge, z. B. zur Gestaltung eigener LCD-Layouts. Der Vorteil von BASIC als Programmiersprache ist allgemein bekannt: sie ist leicht erlernbar. Neben dem reinen BASIC-Dialekt bietet BASCOM aber auch komplexe, auf die jeweilige Prozessorfamilie zugeschnittene Routinen, die über einen einfachen Befehl zugänglich sind und den Programmierer von der in manchen anderen Programmiersprachen notwendigen „Code-Ochsentour“ entlasten. So kommt man naturgemäß schneller zum Erfolg eines fertigen Programms und kann sich mehr der eigentlichen Lösung der Programmieraufgabe widmen. Derartige komplexe Abläufe sind in BASCOM, ähnlich wie in C, als Bibliotheken verfügbar.

Die auf der Franzis-CD enthaltene Version von BASCOM ist die Demo-Version, deren einzige Beschränkungen gegenüber der 89 Euro kostenden Vollversion die Begrenzung auf 4 KByte Programmcode (für die meisten Aufgaben vollkommen ausreichend) und der Ausschluss der Xmega-AVRs sind. Es lohnt sich, die MCS-Seite ab und an zu besuchen, es gibt



immer einmal Upgrades und neue Bibliotheken, zudem ist sie der Ausgangspunkt zur internationalen Nutzergemeinschaft, die auch in Deutschland zahlreiche Foren und Webseiten unterhält. Es gibt hier quasi alles an Wissen und Programmbausteinen, was man sich nur denken kann, man muss oft seine eigene Lösung nur noch an bereits vorhandene Programmbausteine anpassen.

Da ist die deutsche Befehlsbeschreibung des Franzis-Buchs mit zahlreichen Beispielen, sowohl im Buch als auch sofort nachvollziehbar auf der CD, eine perfekte Ergänzung für den Einsteiger, kann er sich doch das Ganze in Deutsch erklärt unmittelbar am Objekt erarbeiten. So lernt man wirklich jeden Befehl und seine Auswirkung perfekt kennen.

## BASCOM-AVR-IDE

Startet man das Programm, empfängt uns die sogenannte IDE, also die Entwicklungsumgebung (Abbildung 3, hier ist zur Demonstration schon ein Programm aus dem Einsteigerlehrgang geladen). Das große Fenster links ist der Programmeditor, darüber befindet sich die Werkzeugleiste (Toolbar), die die meisten Funktionen des darüber liegenden Menüs unmittelbar zugänglich macht. Rechts kann man entweder einen Adobe-PDF-Viewer aufrufen, über den man sich z. B. die auf der CD vorhandenen Datenblätter und weitere Informationen aller beteiligten Bauelemente aufrufen kann, oder – für das unmittelbare Programmieren noch interessanter – die Pinouts der jeweils für das Programm zu benutzenden Controller. Der Clou daran: Klickt man einen Pin des Pinouts an, erscheinen dessen Funktionen unmittelbar im Fenster darunter. Zunächst erscheint die Programmoberfläche in Englisch, aber über das Optionsmenü ist sie auf Deutsch umstellbar. Zur Arbeit mit der Entwicklungsumgebung sind nur wenige Einstellungen wie die des Chip-Typs (Abbildung 4), der zu erzeugenden Files, des Kommunikationsweges und des Programmiergerätes – hier des Bootloaders – nötig. Dann kann es unmittelbar ans Programmieren gehen. Hier kommt wieder die Stärke des Begleitbuchs zum Tragen: Der Autor erklärt wirklich Befehl für Befehl, was Programmzeile für Programmzeile geschieht. Etwas derart Einsteigerfreundliches haben wir bisher nur bei unserem myAVR-Kurs [2] erfahren, bei dem es ja seinerzeit um die Assemblerprogrammierung ging.

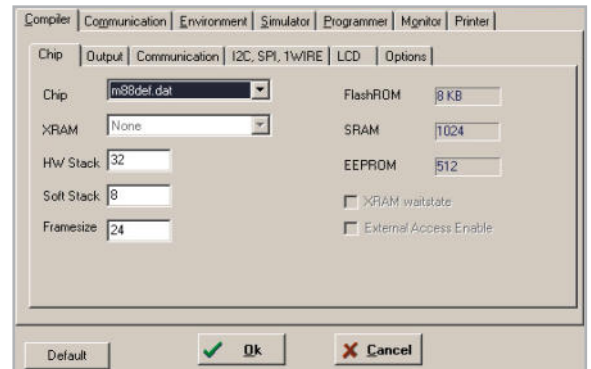


Bild 4: Eines der Konfigurationsfenster von BASCOM, hier die Einstellung des benutzten Controllers

## Der Einsteigerkurs

Natürlich beginnt der Autor mit dem obligatorischen „Hallo-Welt“-Programm (siehe Abbildung 3), für das man nicht einmal irgendetwas auf dem Experimentierboard verdrahten muss, mit dem Programm bringt man lediglich die LED PB6 auf dem Board zum Blinken. Die darauf im Buch folgende Programmerläuterung sucht ihresgleichen an einfacher Verständlichkeit.

Noch ein Wort zu den Beispielprogrammen. Die des Buches befinden sich nicht im umfangreichen Samples-Ordner von BASCOM, sondern als Beispiel-Ordner auf der CD. Zumindest diesen sollte man sich in ein entsprechendes BASCOM-Verzeichnis auf dem PC kopieren, damit man sie auch editieren und kompilieren kann.

Dann geht es los mit dem eigentlichen Kennenlernen von BASCOM. Nach einem kurzen Exkurs durch den grundsätzlichen Aufbau eines Programms schreiben wir unser erstes „richtiges“ Programm (Abbildung 5), ein kleines Rechenprogramm, das wieder ausführlich kommentiert wird. Jetzt geht es in die einzelnen Bestandteile der Programmiersprache: Datentypen, Variable, Arrays, Operatoren, Strukturen, Befehle, Konfigurationen – immer einzeln und immer mit nachvollziehbarem Programmbeispiel. Auch speziellen Programmieraufgaben wie der Timer-Programmierung, dem Umgang mit dem Analog-Digital-Wandler (ADC), Interrupt-Behandlung, UART-Schnittstelle widmet sich der Kurs.

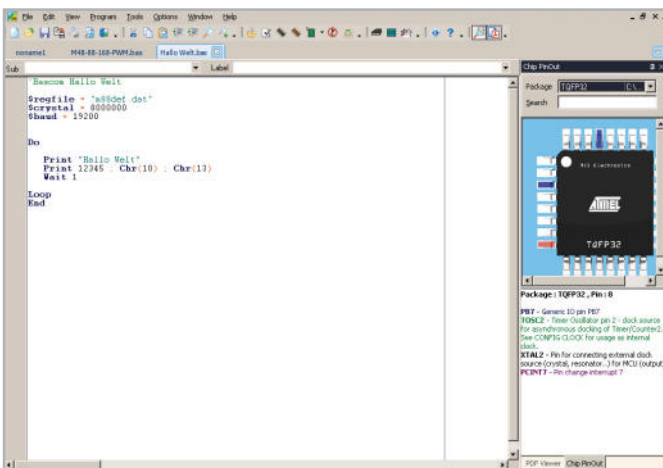


Bild 3: Die Entwicklungsumgebung (IDE): rechts die praktische Erläuterung der Pinbelegung des AVR-Controllers

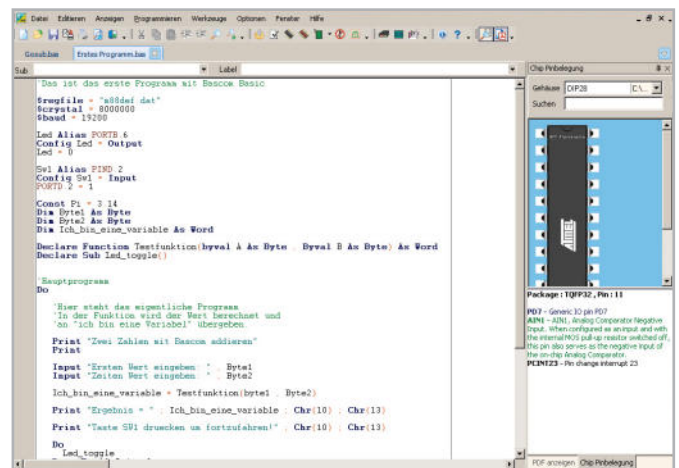
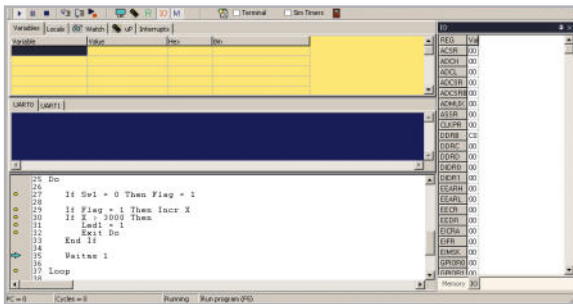
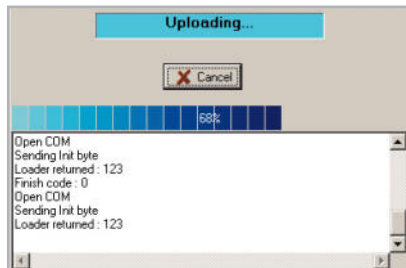


Bild 5: Übersichtlich, gut kommentiert und im Handbuch ausführlich erklärt – das erste Rechenprogramm



**Bild 6:** Der komfortable Simulator von BASCOM – mit Terminal, Hardware-Simulation und genauen Register- und Speicheransichten

**Bild 7:** So einfach geht das Programmieren des AVR dank Bootloader – ein Klick genügt.

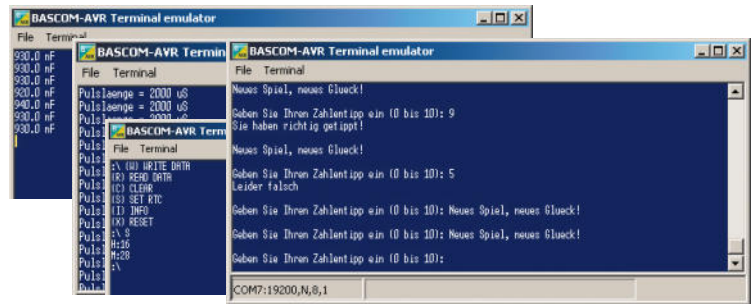


**Simulieren, Kompilieren, Programmieren**  
BASCOM verfügt über einen eigenen Programmsimulator, der es einfach macht, ein geschriebenes und kompiliertes Programm direkt zu testen, bevor es auf den Controller geschrieben wird. Er erlaubt auch eine Hardware-Simulation, z. B. des A/D-Konverters oder einer LCD-Anzeige, und enthält ein Mini-Terminal-Programm zur Werteausgabe und für Eingaben. Abbildung 6 zeigt den Simulator in Aktion. Hat man per Simulator das Programm überprüft (kein Muss, aber auch hier lernt man viel über die Funktion des AVR), kann es kompiliert und über die Option „zum Chip senden“ auf den AVR programmiert werden (Abbildung 7). Noch einmal sei daran erinnert – das Kompilieren funktioniert nur, wenn das .bas-Programm zuvor auf der Rechner-Festplatte gespeichert wurde. Direktladen von der CD und kompilieren geht nicht.

### Experimente mit dem AVR-Board

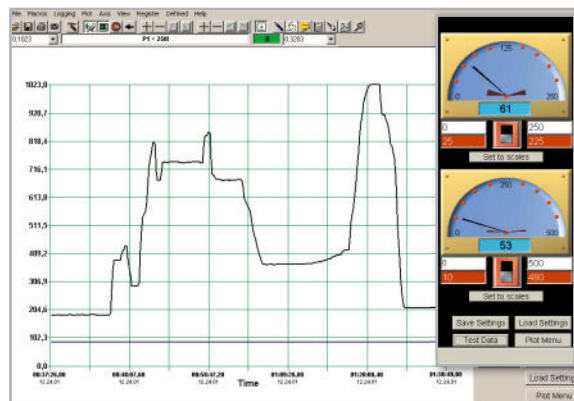
Nach dem Einsteigerkurs geht es in die echte Praxis, beginnend mit ein paar wichtigen Standard-Grundlagen wie Tastenentprellung per Software. Aber schnell folgen dann die ersten Experimente, wo man wirklich etwas sieht und hört, mit Ausgaben auf externe LEDs, den Signalgeber, mit Blitzschaltungen, Messschaltungen usw. Einige Schaltungen und Programme demonstrieren die Zusammenarbeit mit dem Terminalprogramm auf dem PC (Abbildung 8 zeigt Beispiele für eine Pulslängenmessung, eine Kapazitätsmessung, einen bereits recht komfortablen Datenlogger und ein kleines Ratespiel). Hier kann man dann unmittelbar mit Hilfe fertiger und nur noch einzubindender Bibliotheken auch ein LC-Display (Beispiel direkt unter [1] zu finden) oder eine LED-Multiplexanzeige anbinden. Sehr nützlich für spätere eigene Programmieraufgaben: die praktische Einführung in die Nutzung der PWM-Ports und des ADC.

Zum Schluss gibt es dann noch echte Leckerbissen, nämlich professionelle Visualisierungen von Messwerten mittels MS-Visual-Basic-Express-Anwendungen, so ein 8-Kanal-Voltmeter (Abbildung 9) oder ein Speicheroszilloskop. Und auch die



**Bild 8:** Das integrierte Terminalprogramm ist ein idealer Helfer für Ein- und Ausgaben der Beispielprogramme.

**Bild 9:** Messdaten aus dem AVR – 8-Kanal-Voltmeter, visualisiert mittels Visual Basic.



**Bild 10:** Perfekte Messdaten-Visualisierung mit StampPlot

Steuerung des Controllers via VB-Net ist im Buch beschrieben. Aber es geht noch besser – auf der CD findet sich ein echter Profi-Datenlogger-Visualisierer, das Programm StampPlot. Hier müssen Sie nur noch festlegen, in welcher grafischen Form die vom AVR gelieferten Messdaten dargestellt werden sollen, und schon haben Sie eine wirklich professionelle Messwertdarstellung (Abbildung 10) auf dem Schirm! Ist man hier angekommen, hat man den Einstieg in die professionelle AVR-Programmierung schon vor Augen, und spontan fallen einem weitere Anwendungen und eigene Applikationen ein. Für die ist das vorhandene Software-Equipment eine hervorragende Voraussetzung, für die eigenen Applikationen mit einer Eigenbau-AVR-Schaltung ist dann nur noch ein ISP-Programmer oder ebenfalls das Installieren des Bootloaders nötig, alles ebenfalls im Buch beschrieben. Fazit: Empfehlung. Das Lernpaket ist genau das richtige Werkzeug für den einfachen Einstieg in die AVR-Programmierung bis hin zur Erarbeitung eigener Hard- und Software-Applikationen!

**ELV**

#### Links:

[1] [www.mcselec.com](http://www.mcselec.com)

[2] [www.elv.de/output/controller.aspx?cid=588&detail=1&detail2=73](http://www.elv.de/output/controller.aspx?cid=588&detail=1&detail2=73)



## BlueID – der Handyschlüsselbund für HomeMatic®

Der Markt für mobile Anwendungen boomt. Handysoftware erleichtert uns immer mehr das tägliche Leben. Nach dem Taschenrechner, dem Fotoapparat und dem Navigationsgerät ersetzt das Mobiltelefon jetzt auch den dicken Schlüsselbund. Mit „BlueID Access for HomeMatic®“ kann die gesamte HomeMatic®-Produktreihe zur Hausautomation über das Handy gesteuert werden.

Mit dem innovativen Schließsystem via HomeMatic®-Zentrale lassen sich nicht nur Türen öffnen, sondern auch Informationen von nah und fern abrufen.

### Mit dem Handy die HomeMatic-Zentrale fernsteuern

Das Handy ist zum wichtigsten täglichen Begleiter geworden. Viele nehmen immer, wenn sie das Haus verlassen, ihr Handy mit. Den Schlüssel lässt man mal im Auto oder gar zu Hause, das Handy kommt aber gewohnheitsmäßig immer mit. Was liegt also näher, als noch mehr Funktionen auf das Handy zu übertragen. Das war auch die Idee hinter BlueID. BlueID bringt, kurz gesagt, die Funktion des Schlüsselbundes auf das Handy. Für die HomeMatic-CCU gibt es dafür die Zusatzsoftware „BlueID Access for HomeMatic“. Mit dieser können, genauso wie bei einer HomeMatic-Fernbedienung, Kommandos auf der HomeMatic-CCU ausgeführt werden. Die Berechtigung dafür erhält das Handy über das Internet. Damit kann fast jedes Mobiltelefon zur Fernbedienung für das HomeMatic-System werden. Die Ausführung von Kommandos findet dabei entweder „lokal“ über Bluetooth oder „global“ über das Internet statt. BlueID ist aber nicht nur ein Ersatz für die Fernbedienung oder den Schlüssel, sondern bietet weitere Funktionen:

- **Identifizierung:** Der Eigentümer weiß immer, wer die Tür geöffnet hat. Dies ist mit einem herkömmlichen Schlüssel nicht möglich, da jeder Schlüssel systembedingt gleich sein muss und somit eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Schlüsselnutzern nicht möglich ist.
- **Autorisierung:** Der Eigentümer kann entscheiden, wer und vor allem wann jemand Zugang zu seinem Objekt erhält. Er kann Berechtigungen mit begrenzter Gültigkeit erstellen, etwa für Reinigungspersonal. Auch dies lässt sich mit einem normalen Schlüssel nicht bewerkstelligen.
- **Digitale Schlüsselübergabe:** Der Eigentümer kann einen digitalen Schlüssel auf einer Web-Oberfläche (BlueID Ticket Manager) erstellen (Abbildung 1). Darüber wird der Empfänger automatisch mittels SMS informiert, der ihn dann über das Internet auf sein Handy herunterladen kann. Die gesamte Übertragung ist mit modernsten Sicherheitsverfahren (Kryptografie) abgesichert. Somit muss keine persönliche Schlüsselübergabe stattfinden, ideal z. B. für Ferienhäuser.
- **Beschränkbare Gültigkeit:** Bei der Erstellung einer Berechtigung kann angegeben werden, ab wann und wie lan-



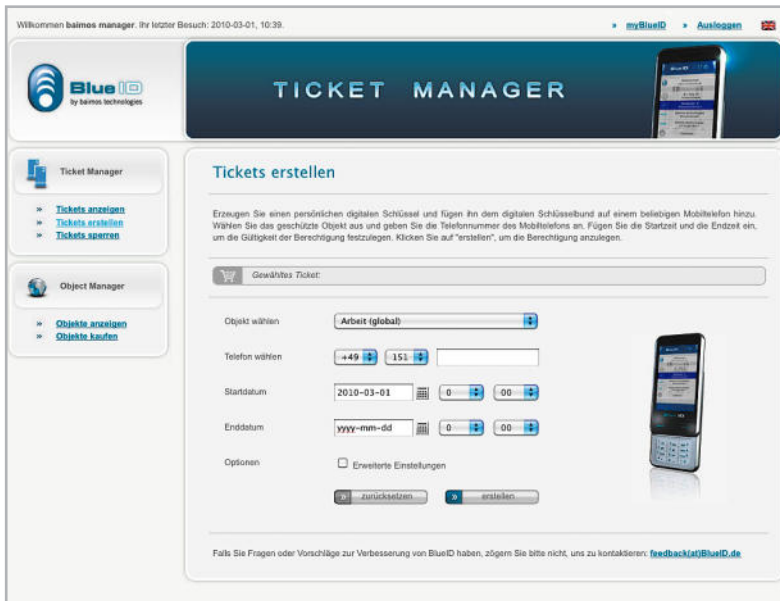


Bild 1: Im BlueID Ticket Manager werden digitale Schlüssel erstellt.

ge ein Schlüssel gültig ist. Damit kann die Berechtigung genau für die Zeit ausgestellt werden, für die sie benötigt wird. Auch dies geht mit einem normalen Schlüssel nicht. Entweder hat man ihn und kann ihn verwenden oder man hat ihn nicht. Auch hier fällt einem schnell das Beispiel „Ferienhäuser“ ein.

**- Widerrufen von digitalen Schlüsseln:** Ein ausgestellter Schlüssel kann jederzeit im BlueID Ticket Manager widerrufen werden. Somit muss der Eigentümer nicht mehr hoffen, dass er den herausgegebenen Schlüssel auch wiederbekommt, sondern der Schlüssel läuft entweder automatisch ab oder kann vom Eigentümer gelöscht werden.

## BlueID „lokal“ oder „global“

BlueID ist zunächst lokal einsetzbar. Dabei wird mittels Bluetooth eine Verbindung vom Handy zur CCU hergestellt. Es entstehen somit keine Kosten für die Verbindung und man kann sicher sein, dass sich das Handy in unmittelbarer Nähe zur CCU befindet. Die maximale Entfernung hängt hierbei sehr stark vom Handy und den Mauern ab, die zwischen den Geräten liegen. Mit einem Nokia N78 beträgt beispielsweise die maximal mögliche Entfernung 80 Meter bei freier Sicht. In Gebäuden mit Wänden dazwischen sind es dagegen ca. 18 Meter.

Oder man ist nicht zu Hause und möchte trotzdem daheim schon mal die Heizung anschalten oder gar wissen, ob man die Tür abgeschlossen hat. Dafür gibt es die globale Steuerung von BlueID (Abbildung 2). Dabei wird der Zugriff auf die CCU über das Internet hergestellt, ohne dass man dafür ein Profi sein muss. Der Installationsprozess ist denkbar einfach. Der Zugriff auf die CCU über das Internet erfordert kein langwieriges und kompliziertes Konfigurieren des DSL-Routers und der Firewall, die BlueID-Technologie erledigt das alles automatisch.

Unabhängig davon, welcher Übertragungsweg gewählt wird, stehen acht verschiedene Tasten zur Verfügung, die individuell direkten Verknüpfungen oder Programmen zugewiesen



Bild 2: Das Handy kann auch per Internet Kontakt mit der CCU aufnehmen.

werden können. Somit ist es möglich, auf „BlueID Taste 1“ das Öffnen der Eingangstür zu legen, auf „BlueID Taste 2“ das Verriegeln. „BlueID Taste 3–7“ schalten Lichter im Haus und „BlueID Taste 8“ fragt den Status der Tür ab.

## Mit BlueID auch am PC einloggen

BlueID kann nicht nur mit HomeMatic-Systemen verwendet werden. Auch das Einloggen auf dem PC ist mit der Software „BlueID Login“ durchführbar. Man braucht sich dann keine Passwörter mehr zu merken, denn das macht das BlueID-fähige Handy.

Man geht zu seinem PC, drückt eine Taste am Handy und ist eingeloggt. Sobald man sich mit seinem Handy wieder entfernt, merkt das der PC und „BlueID Login“ sperrt den Rechner.

## BlueID auf der CCU installieren

„BlueID Access for HomeMatic“ gibt es als Add-on für die HomeMatic-CCU. Die Installation ist denkbar einfach:

1. Der mitgelieferte BlueID-Bluetooth-USB-Stick wird in einen USB-Port der HomeMatic-CCU gesteckt.
2. Dann ist die „BlueID Access for HomeMatic“-CD in das PC-Laufwerk einzulegen.
3. Nach dem Öffnen des Internet-Browsers ruft man nun die HomeMatic-CCU-Web-Oberfläche auf.
4. Auf der CCU-Web-Oberfläche navigiert man zu Einstellungen → Systemsteuerung → Zusatzsoftware.
5. Nun klickt man auf „Durchsuchen“ und wählt auf dem CD-Laufwerk im Verzeichnis „D:\HomeMatic\_Upgrade“ die Datei „BlueID-Access-for-HomeMatic\_Installer.tar.gz“ aus.
6. Ein Klick auf „Installieren“ startet die Installation der BlueID-Software. Auf dem Display der CCU kann der Installationsverlauf verfolgt werden.
7. Nach einem automatischen Neustart ist die BlueID-Software betriebsbereit.

1. Verknüpfungspartner									
Name↑	Typenbezeichnung	Bild	Bezeichnung	Seriennummer	Kategorie	Übertragungsmodus	Gewerk	Raum	Aktion
Filter	Filter		Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	
BlueID Taste 1	HM-RCV-50 Ch.: 1		Virtuelle Fernbedienung (drahtlos)	BidCoS-RF:1	Sender	Standard	Zentrale		Auswahl
BlueID Taste 2	HM-RCV-50 Ch.: 2		Virtuelle Fernbedienung (drahtlos)	BidCoS-RF:2	Sender	Standard	Zentrale		Auswahl

Bild 3: Übersicht über die möglichen „1. Verknüpfungspartner“

### Neue Funktionen bei BlueID auf der HomeMatic-CCU

Seit dem 20.3.2010 ist das neue Update für „BlueID Access for HomeMatic“ verfügbar. Folgende Funktionen sind dabei hinzugekommen:

- Nun ist es möglich, schon bei der Erstellung von Tickets einzelne Kommandos auszuwählen oder wegzulassen.
- Bisher konnten nur Kommandos an die CCU übertragen werden. Nun gilt dies umgekehrt auch für den Abruf von Werten von der HomeMatic-CCU. Das kann die Raumtemperatur sein oder der Zustand der Türen. Darauf kommen wir noch ausführlicher zurück.
- Um zu erfahren, wer in letzter Zeit Türen oder Fenster geöffnet hat, gibt es jetzt ein Zugriffsprotokoll.
- Die Tickets, die auf ein Handy übertragen werden, können auf eine bestimmte Tageszeit begrenzt werden. Somit ist es z. B. möglich, ein Ticket auszustellen, das jeden Montag und Donnerstag von 17 Uhr bis 20 Uhr gültig ist.

In diesem kostenlosen Update wurden nicht nur die obigen Neuerungen eingeführt, sondern die Software wurde auch deutlich schneller.

### Einen Aktor mit dem Handy verknüpfen

Nach der Installation der Software sollen nun die Kommandos der BlueID-Software mit Aktoren auf der CCU verknüpft werden. Das funktioniert folgendermaßen: Die BlueID-Software auf der CCU empfängt über Bluetooth ein Kommando/Schlüssel von einem BlueID-Handy. Sie überprüft, ob der Schlüssel passt und noch gültig ist. Ist dies der Fall, so wird im HomeMatic-System der CCU der passende virtuelle Kanal BidCoS-RF: 1 bis 8 mit einem kurzen Tastendruck aktiviert. Dieser kann nun mittels z. B. direkter Verknüpfung an einen Aktor gebunden werden. Dazu klickt man auf „Programme und Verknüpfungen → Direkte Geräteverknüpfungen → Neue Verknüpfung“. Man erhält eine Übersicht über die möglichen „1. Verknüpfungspartner“ (Abbildung 3). Um auch die virtuellen Kanäle angezeigt zu bekommen, klickt man unten auf den Knopf „Virtuelle Kanäle einblenden“. Die Liste enthält nun auch die virtuellen Kanäle, aus denen jetzt „BlueID Taste 1“ ausgewählt werden kann. Als zweiter Verknüpfungspartner ist wie gewohnt ein Aktor auswählbar. Nun noch ein Klick auf „Verknüpfung erstellen“, und der Aktor ist mit der „BlueID Taste 1“ verbunden.

### Daten von der CCU mit dem Handy abrufen

Eine weitere Funktion ist das Abrufen von Daten von der CCU. Hierbei können Systemvariablen auf der CCU abgefragt werden. Das geht folgendermaßen: Zunächst wählt man eine der acht Tasten aus und erzeugt eine neue Systemvariable mit dem Namen „BlueID SysVar 1“. Diese wird abgerufen bei Drücken der Taste 1 auf dem Handy. Dies geschieht unabhängig davon, ob bereits eine andere Verknüpfung mit dieser Taste besteht. Will man nun nicht nur den Wert, der in der Variablen gespeichert ist, abrufen, sondern auch noch einen beschreibenden Text hinzufügen, so setzt man hier die Beschreibung der Variablen ein. Der Aufbau der Antwort sieht dann so aus:

[Variablenbeschreibungstext] [Wert der Variable] [Einheit]

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel hierfür.

Im Folgenden sollen zwei Anwendungsbeispiele für den Einsatz der BlueID-Software beschrieben werden. Das erste Beispiel stellt die Funktionalität zum Abrufen von Werten aus der CCU vor. Das zweite Beispiel zeigt, wie Zugriffsprotokolle abgerufen werden können.

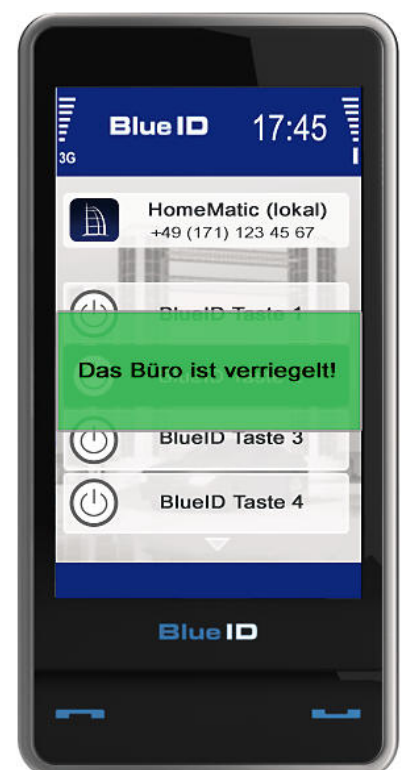


Bild 4: Bildschirmmeldung der Datenübermittlung auf dem Handy



Bild 5: Der Variablenname wird in der HomeMatic-Web-Oberfläche auf „BlueID SysVar8“ gesetzt.

## Den Zustand einer Tür abrufen

Man stelle sich vor, man möchte wissen, ob eine Tür abgeschlossen (verriegelt), geschlossen oder gar offen ist. Dafür benötigt man einen KeyMatic-Türschlossantrieb und einen Tür-/Fensterkontakt. Wir wollen die Abfrage auf Taste 8 legen. Dafür muss nun eine Systemvariable unter „Einstellungen → Systemvariable“ mit dem Namen „BlueID SysVar 8“ neu erzeugt werden. Um zu erklären, dass es sich dabei um die Bürotür handelt, setzen wir nun die Beschreibung der Systemvariablen auf „Das Büro ist“. Der Variablentyp wird auf „Werteliste“ festgesetzt. Als Wertebezeichnung verwenden wir die drei Zustände die wir vorher definiert haben: „geöffnet; geschlossen; verriegelt“. Die Maßeinheit kann z. B. mit einem Satzzeichen, z. B. „!“, ausgestattet werden (Abbildung 5).

Nun haben wir die Variable festgelegt und können die Logik definieren. Dazu erzeugen wir eine neues Programm unter „Programme und Verknüpfungen“ → „Programmerstellung & Zentralenverknüpfungen“. Das Programm wird „BlueID SysVar 8 – Programm“ genannt, um für uns zu verdeutlichen, dass es die BlueID-Systemvariable bedient.

Das Programm fragt zunächst den Zustand des KeyMatic-Aktors und des Türkontakts ab. Meldet sowohl der Türkontakt, dass die Tür zu ist, als auch die KeyMatic, dass die Tür verriegelt ist, so wird die BlueID-Variable auf „verriegelt“ gesetzt. Ist die Tür zwar geschlossen, aber nicht verriegelt, so wird die Systemvariable auf „geschlossen“ gesetzt. In allen anderen Fällen, also wenn die Tür offen steht, wird sie auf „geöffnet“ gesetzt. Wichtig ist, dass immer „auslösen bei Veränderung“ für alle Elemente aktiviert wird. Sonst wird die Variable nicht automatisch aktualisiert. Das vollständige Programm mit Infos finden Sie unter: <http://supportforum.blueid.de/viewtopic.php?f=23&t=67>

## Zugriffsprotokoll ansehen

Hin und wieder ist es von Interesse, nachzusehen, wer in letzter Zeit das Haus betreten hat. Dies ist über die Web-Oberfläche der CCU möglich:

[http://\[IP\\_der\\_CCU\]/addons/blueid/log/access.log](http://[IP_der_CCU]/addons/blueid/log/access.log)

Die Datei (siehe Abbildung 6) hat z. B. folgenden Inhalt:

Zeile 1 zeigt, dass ein Nutzer über Bluetooth mit seinem

Handy mit der eindeutigen Nummer 002392834759 am 26. Februar um 17:48 Uhr mit „BlueID Taste 4“ (cha4) auf die HomeMatic zugegriffen hat. Zeile 2 zeigt den Zugriff auf die CCU über das Internet. Hierbei hat ein Nutzer mit seinem Telefon mit der MAC-Adresse „21a4z8rfzw“ um 17:49 Uhr versucht, „BlueID Taste 1“ zu verwenden.

Diese Informationen lassen sich auch nach Excel importieren und statistisch auswerten. Wen also interessiert, wann am häufigsten das Licht angemacht wird oder wie oft die Tochter nach 22 Uhr nach Hause gekommen ist, ist hiermit gut informiert.

## Zusammenfassung

BlueID bietet bestehenden HomeMatic-Kunden die Möglichkeit, eine Vielzahl moderner Mobiltelefone zur Steuerung der Zentrale zu verwenden. Die Bedienung kann sowohl im Nahbereich (über Bluetooth) als auch in der Ferne (über das Internet) erfolgen.

- Das Trust Center (Sichere Zentrale) als zentrale Datenbank generiert über eine Web-Schnittstelle digitale Berechtigungen, sogenannte Tickets. Die Erzeugung eines Tickets ist mit der Fräsung eines herkömmlichen Schlüssels vergleichbar. Das Trust Center erzeugt also digitale Schlüssel für den Nutzer.
- Das Mobile Device (mobiles Endgerät) erhält einen Software-Client, der dem einfachen Management dieser Tickets dient. Mit dieser Software entspricht das Gerät einem digitalen Schlüsselring, durch den verschiedenste Schlüsselarten mit unterschiedlichen Funktionalitäten empfangen und verwaltet werden können.
- Das Secured Object (geschütztes Objekt) enthält ein Steuergerät (oder eine Steuersoftware) und ist somit in der Lage, die Steuerbefehle eines dazugehörigen Tickets zu interpretieren und die entsprechenden Funktionen auszulösen. Das Steuergerät entspricht also dem Schloss für einen digitalen Schlüssel.

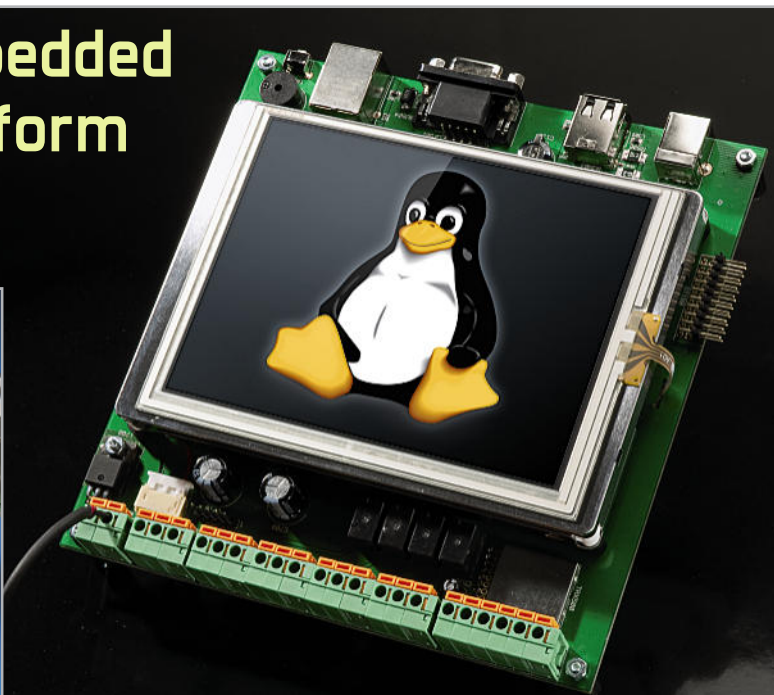
Als innovatives Schließsystem im Sinne des digitalen Schlüsselbundes auf dem Handy ist BlueID jedoch bei Weitem nicht auf die Gebäudesteuerung begrenzt. Schon bald können Sie neben Türen und Computern auch Ihr Auto mit dem Handy öffnen. Nähere Informationen zu BlueID finden Sie auch unter [www.BlueID.de](http://www.BlueID.de). **ELV**

```
[2010-02-26 17:48:56] Command: „cha4“; User: „n/a“; Mobile: „002392834759“;
[2010-02-26 17:49:36] Command: „cha1“; User: „n/a“; Mobile: „21a4z8rfzw“;
[2010-02-26 17:49:58] Command: „cha5“; User: „n/a“; Mobile: „002312344433“;
[2010-02-26 18:13:22] Command: „cha3“; User: „n/a“; Mobile: „001764365414“;
[2010-02-26 18:15:12] Command: „cha2“; User: „n/a“; Mobile: „002392834759“;
[2010-02-27 13:07:34] Command: „cha3“; User: „n/a“; Mobile: „002392834759“;
[2010-02-27 17:57:22] Command: „cha3“; User: „n/a“; Mobile: „002312344433“;
```

Bild 6: Beispiel einer Logdatei der BlueID-Zugriffe



## Universal-embedded Linux-Plattform



### Linux-Control-Unit LCU 1

Mit der Linux-Control-Unit stellen wir eine komplette Hard- und Software-Plattform mit zahlreichen unterschiedlichen Schnittstellen, Eingängen, Ausgängen und Speicher-möglichkeiten vor, die jeden, der sich mit dem Thema Embedded-Linux-Systeme be-schäftigen möchte, in die Lage versetzt, schnell und preiswert zu einer eigenen kom-pletten Lösung, vornehmlich im Steuerungsbereich, zu kommen.

#### Embedded Systems und Linux

Embedded System, ein stehender Begriff im englischen Sprachgebrauch, dem wir mit dem deutschen Begriff „Ein-gebettetes System“ in seiner Bedeutung näherkommen. Als eingebettetes System bezeichnet man ein kleines, autarkes Rechnersystem, das eine bestimmte Aufgabe innerhalb ei-nes anderen technischen Systems erfüllt – meist als Steue-rung dieses Systems. Dies beginnt bereits bei einer moder-nen Waschmaschinensteuerung, geht über die Steuerung und Visualisierung an Info- oder Bedienterminals bis hin zu zentralen Steuerungsaufgaben z. B. in der Gebäudeautomati-on, in Maschinen oder Geräten, in der Automatisierungs-, Mess- oder Medizintechnik.

Selbst als Steuerung moderner Satellitenempfänger, Video-recorder, Mediaserver usw. verrichten eingebettete Systeme unauffällig ihren Dienst. Ihre Leistungsfähigkeit hat sich in den vergangenen Jahren mit der Verfügbarkeit immer kom-plexerer, stromsparenderer und leistungsfähigerer Mikropro-zessoren bis hin in den 32-Bit-Bereich immer weiter gesteig-ert, wobei gleichzeitig die Kosten für diese Prozessorsyste-me ständig sinken.

Typische Beispiele für entsprechende Prozessorfami-lien sind heute die ARM-Prozessorarchitekturen, auch Intelx86-Architekturen und FPGA-Systeme sind vertreten. Speziell die ARM-Systeme sind heute so leistungsfähig, dass sie häufig die technische Grundlage für komplette Betriebs-

systeme wie Linux oder „Windows Embedded“ bilden kön-nen. Beispiele hierfür halten wir täglich in der Hand – vom Smartphone über den PDA bis zum DSL-/Netzwerkrouter und dem mobilen Navigationssystem.

Hohe Taktfrequenzen und hohe Datenverarbeitungsbreite sowie die Verwaltung bzw. Implementierung umfangreicher Speichersysteme sichern schnelle, der Aufgabe angemes-sene Verarbeitungszeiten. Unter diesen Voraussetzungen liegt es nahe, solche kompakten, gegenüber Standard-Prozesso-ren aus der PC-Technik deutlich Strom und Kosten sparen-den Hardware-Plattformen auch mit kompletten Betriebssystemen, wie eben Linux, zu versehen, um auszuführende Auf-gaben auch beispielsweise über ein grafisches Bedienkon-zept und mit aus der PC-Technik bekannten Schnittstellen ausführen zu können.

Linux bietet sich als Betriebssystem nicht nur deshalb an, weil es über einen sehr schlanken und damit ressourcen-schonenden Kernel verfügt und als Open-Source-Projekt kos-tenlos nutzbar ist. Es liegt ja bekanntlicherweise als offener Quellcode vor und ist damit für den Programmierer leicht an die eigenen Bedürfnisse anzupassen. Unzählige, von ei-ner weltweit riesigen Open-Source-Community entwickelte Standard-Programmbausteine stehen dem Entwickler zum freien Einsatz bzw. zur eigenen Modifikation zur Verfügung, um eine spezielle Aufgabe lösen zu können. Dazu gibt es weltweit enorme geistige Ressourcen über Foren, Wikis, Tu-torials, Veröffentlichungen usw.

## Die LCU 1

Die LCU 1 ist mit der Prämisse entwickelt worden, dem ambitionierten Software-Entwickler, sei er Einsteiger oder bereits fortgeschrittener Programmierer, eine Hardware-Plattform zur Verfügung zu stellen, die möglichst universell ausgeführt ist und damit alle Optionen für die Entwicklung eigener Anwendungen bietet. Sie kann sowohl als Entwicklungssystem als auch direkt als Embedded-System laufen, z. B. als Haustechnik-Rechner mit integrierter Bedien- und Anzeigeeinheit, der zentral mit Aktoren, Sensoren und Bedienelementen zusammenarbeitet.

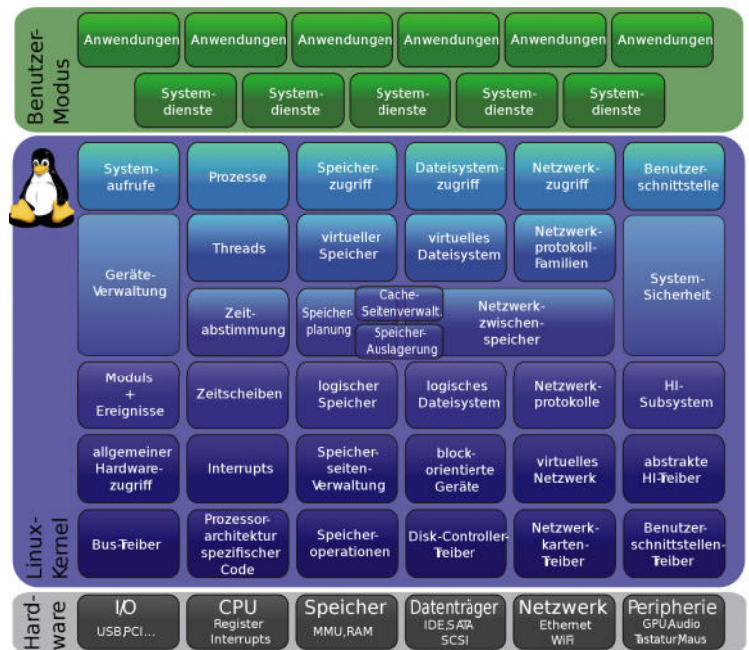
Als CPU haben wir zu einer mit 190 MHz getakteten ARM-Prozessorarchitektur von Atmel gegriffen, die sich mit ihrer reichhaltigen Ausstattung mit Schnittstellen und ihrer Leistungsfähigkeit besonders für die zu erfüllende Aufgabe als Entwicklungssystem eignet. Atmel ist einer der Lizenznehmer für die Advanced RISC-Machine (ARM, ursprünglich nach dem Entwickler Acorn auch Acorn RISC Machine genannt). Mehr hierzu findet man unter [1].

Die Architektur des ARM9-Mikrocontrollers bietet eine Menge. So können 32 KByte interner ROM und 160 KByte interner SRAM über ein externes Bus-Interface (EBI) von externem SDRAM, SRAM, NAND-Flash-Speicher und Compact Flash unterstützt werden. Der Bootvorgang kann aus dem internen oder einem externen nicht flüchtigen Speicher erfolgen. Zwei USB-Host-Ports und ein Device-Port sorgen für USB-Anbindung und ein leistungsfähiger LCD-Controller für die komfortable Ansteuerung von Displays. Ein Watchdog und ein Echtzeit-Timer gehören ebenso zur Ausstattung wie die notwendigen Oszillatoren für alle Teile des Mikrocontrollers. Schließlich stehen noch drei 32-Bit-PIOs sowie drei USARTs sowie ein Multimedia-Card-Interface zur Verfügung. Selbst unter Volllast benötigt diese CPU nicht mehr als 100 mA, so ist eine solche Applikation auch gut für tragbare Geräte geeignet. Alles über die Ausstattung und die Möglichkeiten dieser Controller-Familie ist unter [2] zu finden.

Dieser Baustein ist somit die ideale Basis für eine Entwicklungs- und Applikations-Plattform, wie sie die LCU 1 darstellt. Sie ist nur wenig größer als das hier eingesetzte Touchscreen-TFT-Display mit 14,5 cm (5,7") Bildschirmdiagonale. Weitere Details zur Ausstattung besprechen wir in der Schaltungsbeschreibung.

## Linux – das freie Betriebssystem

Wer sich mit der Geschichte von Linux befasst, stößt unweigerlich auf die Begriffe „GNU-Projekt“, „GPL“ und „UNIX“. UNIX, ein Mehrplatz-Benutzer-Betriebssystem, entstand bereits in den 1970er Jahren, es war zunächst an Universitäten verbreitet, und bis Anfang der 1980er Jahre war auch der Quellcode des Systems frei zugänglich. Anfang der 1980er Jahre war Schluss mit freiem Quellcode (die letzte freie Version UNIX V7 erschien 1979), einige Firmen wie z. B. AT&T kommerzialiserten das Produkt zu einer proprietären, über Lizenzen zu bezahlenden Software. Damit konnten sich einige Wissenschaftler, namentlich Richard Stallman vom bekannten Massachusetts Institute of Technology (MIT), nicht



**Bild 1:** Der Linux-Kernel mit seinen Hardware-unabhängigen Modulen wird umrahmt von den GNU-Komponenten Benutzerschnitt und Hardware-Anpassung. (Quelle: [15])

abfinden. Stallman rief deshalb 1983 das GNU-Projekt (GNU – **G**NU is **n**ot **U**NIX), ein offenes Pendant zu UNIX, ins Leben. Dessen Quellcode lag offen, alle Entwickler waren aufgerufen, an der Software mitzuarbeiten, nur UNIX-kompatibel musste sie sein. So entstand nach und nach ein System mit vielen kompatiblen Bausteinen. Nur das Wesentliche fehlte – der sogenannte Kernel, ohne den kein System läuft. Erst das 1987 erschienene Minix-System enthielt einen sogenannten Mikro-Kernel als UNIX-Clone, mit dem sich die GNU-Komponenten auf einem normalen PC (UNIX ist ja ein Workstation-basiertes System) nutzen ließen. Minix wurde zwar mit Quellcode, aber dennoch unter proprietärer Lizenz verkauft. Erst 1991 schrieb der damalige Student Linus Torvalds das an Minix orientierte Linux. Es entstand quasi als Minix-kompatibles Betriebssystem nebenbei aus einer Terminal-Emulation, die der finnische Student aus Lerninteresse schrieb. Der Name Linux (ein Namensderivat aus Linus und Minix) ist einem Administrator des Uni-Netzwerks zu verdanken, er vergab diesen Namen für Torvalds als Account. Um das System durch die Mithilfe vieler Entwickler weiterentwickeln zu können, stellte Torvalds es wenig später unter die GNU-GPL (GPL – **G**eneral **P**ublic **L**icense – freie, nicht mit Lizenzgebühren belegte Software, die von jedermann inklusive Quellcode weitergegeben, weiterentwickelt, verändert oder veröffentlicht werden darf).

Damit gab es nun ein freies, UNIX-kompatibles Betriebssystem, um das sich, als Linux-Kernel, die GNU-Systembestandteile anordnen – eine perfekte Plattform für Software-Entwickler!

## Die Linux-Struktur

Abbildung 1 zeigt die Kernel-Struktur von Linux. Der Kernel selbst liegt im Quellcode vor, der sich grob unterteilt in den plattformunabhängigen Betriebssystemkern (Speicher-Verwaltung, Multitasking etc.), die auch weitgehend platt-

formunabhängigen Gerätetreiber und den prozessorspezifischen Code. Auf Letzterem bauen die beiden anderen Teile auf. Durch diese Strukturierung läuft Linux auf vielen unterschiedlichen Prozessoren und unterstützt sehr viele unterschiedliche Geräte.

Im Embedded-Bereich wird der Kernel aus dem Quellcode genau für die vorhandene Hardware (Prozessor und Geräte) kompiliert, dadurch vermeidet man für diese Konfiguration nicht benötigte Kernel-Bestandteile und der so erzeugte Kernel wird „schlank“. Der für unser System umfasst weniger als 2 MByte.

Die verwendeten Teile werden im Entwicklungssystem in einer grafischen Oberfläche ausgewählt, Gerätetreiber lassen sich monolithisch in den Kernel einkompilieren oder zur Laufzeit als Module nachladen. Diese spielen bei Linux auf dem PC eine große Rolle, weil die Linux-Distributionen für jede erdenkliche Hardware Treibermodule mitliefern. Das kommt natürlich für Embedded-Linux-Systeme mit ihrem punktgenau auf die verwendete Hardware angepassten Kernel aus Ressourcen-Gründen nicht in Frage, weshalb hier die Module eher während der Entwicklung wichtig sind, weil sie sich zur Laufzeit neu laden lassen. Positiver Effekt: Bei Änderungen ist kein Reboot des Systems nötig.

Das Ergebnis dieser Arbeit: Bei den Anwendungen merkt man von der verwendeten Hardware kaum etwas, das System „verhält“ sich neutral.

Auf den Kernel setzen die schon zur Anwendungsschicht zählenden Systembibliotheken auf (libc, Abbildung 2). Während auf PCs fast nur die GNU-libc (glibc) zum Einsatz kommt, greift man für die kleinen Embedded-Systeme zur deutlich kompakteren und hierauf optimierten uClibc [3]. Sie ist zu glibc kompatibel, bei eingeschränktem Funktionsumfang, und hochgradig konfigurierbar: Teile, die nicht verwendet werden, müssen auch nicht kompiliert werden.

Für den tieferen Einstieg in den Kernel und die Softwareentwicklung verweisen wir auf die kommenden Folgen sowie auf das Muss an Internetseiten zu diesem Thema: [4], [5], [6] und [7].

## Linux-Anwendungen und Entwicklungs-Tools

Heute gibt es so viele Linux-Anwenderprogramme, dass der Nutzung von Linux sowohl im Desktop-Bereich, wie z. B. Büroanwendungen, Internet, Spiele, Multimedia-Anwendungen, Grafik, CAD usw., als auch für spezielle Anwendungen, z. B. in der Steuerungstechnik, oder auf portablen Geräten nichts mehr entgegensteht. Aber auch der Programmierer, an den wir uns ja mit der LCU 1 wenden, hat eine große, freie Vielfalt an Werkzeugen zur Lösung seiner Aufgabe zur Auswahl wie beispielsweise:

- Laufzeitbibliotheken für C und C++ (GNU-Libraries)
- Qt/Embedded für die Entwicklung grafischer Anwendungen auf verschiedenen Hardware-Plattformen, speziell auf mobilen Geräten mit begrenzten Speicherkapazitäten
- den freien, modularen Web-Server „Lighttpd“ mit CGI (CGI ist eine Schnittstelle zwischen Web-Server und externer Software)

Diese Software-Bausteine machen die Entwicklung von grafischen HTML-/CGI-Anwendungen besonders einfach, auch der Einsatz eines solchen Embedded-Systems wie dem LCU 1 als Bedienterminal für Serverapplikationen ist so einfach lösbar. Für Embedded-Systeme ist die Bedienung per Kommandozeile sehr wichtig. Hier gibt es ein spezielles Kommandozeilenprogramm, „busybox“ [8], das alle wichtigen Tools und Kommandos hierzu in einem einzigen Programm vereint. Abgesehen von den verwendeten Systembibliotheken ist busybox bei unserer LCU 1 nur ca. 600 KByte groß.

Als Compiler kommt der GNU-Compiler (gcc) zum Einsatz. Für die grafische Interaktion mit dem Anwender kommt die Bibliothek „directfb“ [9] zum Einsatz. Sie ist schlank und setzt direkt auf das Linux-Framebuffer-Device auf. Das stellt einen Speicherbereich zur Verfügung, über den direkt die Displaypixel manipulierbar sind, das Display ist also direkt als Speicherbereich in die Anwendungsschicht eingebunden. „directfb“ bietet, darauf aufsetzend, die Möglichkeit, Grafiken, z. B. PNG, anzuzeigen, Rechtecke und Linien zu zeichnen, Text auszugeben oder auf Ereignisse (Maus, Touchscreen) zu reagieren. Auf der Basis von „directfb“ kann man in C eigene grafische Oberflächen erstellen.

Alle Teile eines Embedded-Linux-Systems (u. a. Compiler, Bootloader, Systembibliotheken, Kernel, Anwendungen, evtl. grafische Bibliotheken) von den richtigen Stellen in den richtigen Versionen herunterzuladen und für das konkrete System anzupassen, ist sehr aufwändig. Diese Arbeit wird sehr erleichtert von „buildroot“ [10]. Dies ist eine Sammlung von Skripten und Makefiles, die vom Herunterladen über das Kompilieren bis zum Erstellen eines Dateisystems alle nötigen Schritte übernimmt. buildroot ist hoch flexibel und wird grafisch konfiguriert. Auch deshalb werden wir in der Folge eine auf buildroot basierende Entwicklungsumgebung verwenden, die sich durch Konfiguration von buildroot oder Hinzufügen eigener Programme erweitern lässt.

## Bootloader „U-Boot“

Der Bootloader ist verantwortlich dafür, dass nach dem Start des Systems der Linux-Kernel ordnungsgemäß in das System geladen und gestartet wird. Er ist Hardware-abhängig und sehr flexibel an die eigene Hardware-Plattform anpassbar. „U-Boot“ ist ein sehr kompakter Standard-Bootloader für Embedded-Systeme, der den Vorteil hat, auch vom NOR-Flash, NAND-Flash, Dataflash, USB, Netzwerk etc. booten zu können. Insbesondere das Booten per Netzwerk ist für Embedded-Systeme sehr nützlich, dadurch ist keine Neuprogrammierung des betreffenden Gerätes nötig. Die von uns in der LCU 1 verwendete ARM-Version benötigt nur 200 KByte Speicher und ist damit besonders kompakt ausgeführt. In [11] und [12] ist der Bootloader ausführlich beschrieben, wir werden auch im Verlauf der Serie noch darauf zurückkommen.

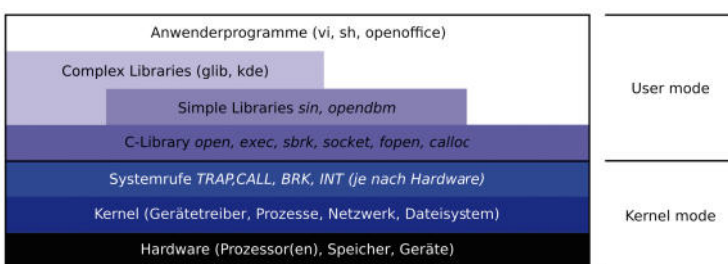


Bild 2: Das GNU-Schichtenmodell (Quelle: [16])



## Schaltungsbeschreibung des LCU 1

Auf die detaillierte Beschreibung aller Schaltungsteile wird aufgrund des großen Umfangs in diesem Artikel bewusst verzichtet. Wir beschränken uns deshalb auf die Beschreibung des in Abbildung 3 gezeigten Blockschaltbildes, für den Nutzer des fertig aufgebaut vertriebenen Boards sicher wesentlich interessanter, weil alle Möglichkeiten auf einen Blick zu sehen sind. Zentrales Element ist der Atmel-ARM-Prozessor AT91SAM9261, der mit 190 MHz getaktet wird. Als externer Speicher sind auf dem Board 64 MByte SDRAM, 256 MByte NAND-Flash sowie per SPI 8 MByte Data-Flash vorhanden.

Als Bedien-Interface kommt ein 14,5-cm-TFT-Touchpanel zum Einsatz, das eine Auflösung von 320 x 240 Pixel aufweist. Es wird direkt vom LCD-Controller über die digitale 18-Bit-RGB-Schnittstelle des Prozessors angesteuert, ein Touch-Controller wertet die Befehle des Touchscreens aus und schickt sie per SPI-Schnittstelle an den Prozessor.

Für die Anbindung von externen USB-Geräten stehen zwei USB-Host-Schnittstellen zur Verfügung, dazu eine USB-Device-Schnittstelle für die Anbindung z. B. an einen PC. Für die Anbindung an ein Ethernet-Netzwerk ist über den bekannten

Ethernet-Transceiver DM 9000 (siehe auch Artikel „IP-SL232“ in dieser Ausgabe) eine 10/100-Mbit-Ethernet-Schnittstelle realisiert. Über eine 2-Draht-USART-Schnittstelle ist ein Debug-Interface für die Kommunikation beim Debuggen/Programmieren vorhanden. Über insgesamt 10 IO-Ports sind 4 Relais-Schaltausgänge mit potentialfreien Kontakten sowie 4 digitale und 2 analoge Signal-Eingänge zugänglich. Natürlich fehlen auch serielle Schnittstellen nicht, jeweils ein UART-Port bedient ein Terminal für eine RS485-Schnittstelle sowie einen 9-poligen D-Sub-Port für EIA/RS232. Auch eine Tonausgabe über einen Signalgeber fehlt ebenso wenig wie 2 Bedientaster, ein Schacht für microSD-Karten und ein zentraler Reset-Taster.

Die Spannungsversorgung erfordert lediglich eine Eingangsgleichspannung von 10 bis 30 V, alle anderen Spannungen werden über Spannungswandler auf dem Board erzeugt.

## Zweiter Teil: erste Entwicklungsschritte

Im nächsten Teil der Serie zeigen wir den Weg zur Erstellung eigener Software für die Nutzung auf der LCU 1 in Form der Entwicklungsumgebung auf. **ELV**

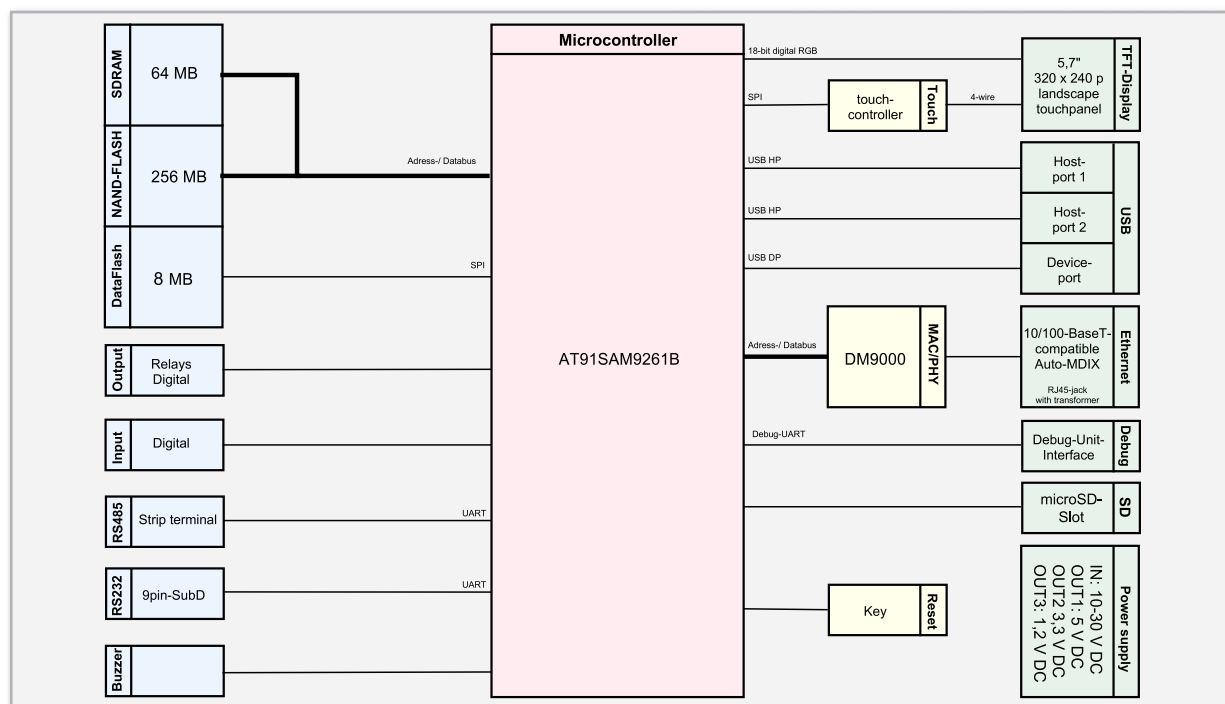


Bild 3: Blockschaltbild des LCU 1

### Links:

- [1] <http://infocenter.arm.com>
- [2] [www.atmel.com/at91](http://www.atmel.com/at91)
- [3] [www.uclibc.org](http://www.uclibc.org)
- [4] [www.kernel.org](http://www.kernel.org)
- [5] [www.kernelplanet.org](http://www.kernelplanet.org)
- [6] [www.kernelnewbies.org](http://www.kernelnewbies.org)
- [7] [www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-linux-kernel](http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-linux-kernel)
- [8] [www.busybox.net](http://www.busybox.net)
- [9] [www.directfb.org](http://www.directfb.org)
- [10] <http://buildroot.uclibc.org/>

- [11] [www.linux-arm.org/LinuxBootLoader/WebHome](http://www.linux-arm.org/LinuxBootLoader/WebHome)
- [12] [www.denx.de/wiki/U-Boot/WebHome](http://www.denx.de/wiki/U-Boot/WebHome)
- [13] [www.at91.com](http://www.at91.com)
- [14] [www.at91.com/linux4sam](http://www.at91.com/linux4sam)

### Quellen:

- [15] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Linux\\_Kernel\\_Stuktur.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Linux_Kernel_Stuktur.svg)
- [16] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/b/b3/Linux\\_Schichten.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/b/b3/Linux_Schichten.svg)



## Elektronischer Gedächtnistrainer SE200

Das kleine elektronische Spiel „SE200“ orientiert sich an einem bekannten Gedächtnistrainer der 1980er Jahre. Allerdings dient das Gerät nicht nur der Unterhaltung, sondern hier steht auch der Nachwuchs-Softwareentwickler im Fokus. Daher haben wir bei dieser einfachen AVR-Anwendung einen großen Wert auf die Programmierfreundlichkeit gelegt. Der Quellcode des Spiels ist frei als Download verfügbar und kann mit ebenfalls freien Tools beliebig erweitert oder modifiziert werden.

### Spielen und einsteigen

Die RISC-Mikrocontroller von Atmel erobern sich ob ihrer Vielseitigkeit und der relativ einfachen Programmierbarkeit immer weitere Einsatzbereiche von der ganz einfachen Steuerungs- oder Anzeige-Applikation über Interface-Aufgaben, Datenlogger bis hin zur vollständigen und eigenständig arbeitenden Komplett-Anwendung. Die flexibel mögliche Programmierung der Ports und Schnittstellen sowie integrierte A/D-Wandler, diverse Timer, Analog-Komparatoren, PWM-Kanäle, Flash-, SRAM-, EPROM-Speicher und eine standardisierte Programmierschnittstelle für die In-System-Programmierung machen sie so vielseitig einsetzbar.

Das hier vorgestellte kleine Spielgerät basiert ebenfalls auf einem AVR, einem ATmega48, dessen Eckdaten in Tabelle 1 zu sehen sind. Mit seinem 4-kByte-Flash-Speicher ist er genau der richtige Controller für die Programmierung frei erhältlicher Programmiersoftware, wie sie am Ende des Artikels aufgeführt wird. Die Ports sind mit Standard-Ein-/Aus-

gabeelementen wie Tastern, LEDs und einer Tonausgabe belegt, so eignet sich das preiswerte Gerät hervorragend als Experimentierplattform für Programmier-Einsteiger, ob privat, in der Schule oder in der Ausbildung.

Hier spielt natürlich auch die systemeigene In-System-Programmiermöglichkeit (ISP) eine Rolle. In unserem kompakten Gerät ist die 6-polige Mini-ISP-Schnittstelle integriert, die durch entsprechend ausgeführte AVR-Programme bedient werden kann.

Bei der Auslieferung ist das Gerät bereits mit dem im nächsten Abschnitt beschriebenen Gedächtnis-Trainer-Spiel programmiert. Dessen C-Quellcode steht unter [1] frei als Download zur Verfügung. Er kann hervorragend als Grundlage für eine Modifikation des Spiels genutzt, aber auch ganz durch eigene Software-Applikationen ersetzt werden. Natürlich sind dazu auch andere Programmiersprachen wie z. B. BASICOM [2] geeignet.

Das kompakte Gerät wird über nur eine 1,5-V-Batterie betrieben, so ist der nötige Batterieaufwand minimiert und die Hardware kompakt und leicht gehalten.

### Technische Daten: SE200

Spannungsversorgung:	1x Mignon/AA/LR6
Abm. (B x H x T):	57 x 23 x 72 mm

### Das Spiel

Das bereits werkseitig in den Prozessor programmierte Spiel ist ein Retro aus den 1980er Jahren, es soll das Gedächtnis-

nis trainieren. Dabei sind dem individuellen Trainingsstand entsprechend verschiedene Schwierigkeitsgrade wählbar. In seiner Programmstruktur eignet sich dieses Spiel bestens für eigene Programmmodifikationen.

Das programmierte Spiel startet mit einem dauerhaften Leuchten aller Tasten, dann wird der Schwierigkeitsgrad durch das Drücken eines entsprechenden Tasters gewählt (von Blau nach Rot aufsteigend). Nun startet das Spiel mit einem zufälligen Aufleuchten eines Tasters und dem entsprechenden Ton. Dabei wird in jeder Runde eine zufällige Farbe samt Tastenton der Folge hinzugefügt.

Der Spieler soll nach jeder Runde die so erweiterte Tastenfolge vollständig eingeben. Dabei wird bei einem Fehler das Spiel durch ein entsprechendes Signal (akustisch und optisch) beendet und das Spiel startet wieder mit der Auswahl des Schwierigkeitsgrades.

Sollte der Spieler die Folge komplett richtig eingegeben haben, wird das Spiel durch eine Gewinnmelodie und -blinkfolge beendet. Nun kann der Spieler ebenfalls wieder den Schwierigkeitsgrad einstellen und ein neues Spiel beginnen.

## Die Schaltung

Die Gesamtschaltung des SE200 ist in Abbildung 1 zu sehen. Beginnen wir bei der Spannungsversorgung. Energiequelle ist eine 1,5-V-Mignon-Batterie. Deren Spannung gelangt zunächst über den Sicherungswiderstand R 8 an den Schiebeschalter S 1, dessen beide Schaltkontakte parallel geschaltet sind, um so eventuelle Kontaktwiderstände zu minimieren. Eine mögliche elektronische Einschaltung entfällt hier aus Aufwandsgründen und weil sie Ressourcen des

Tabelle 1: Eckdaten des ATmega48

<b>Flash-Speicher:</b>	4 kB	<b>Timer 8/16 Bit</b>	2/1
<b>EEPROM:</b>	256 Byte	<b>PWM-Kanäle</b>	6
<b>SRAM:</b>	512 Byte	<b>RTC</b>	1
<b>Ports:</b>	max. 23	<b>max. Taktfrequenz</b>	16 MHz
<b>A/D-Kanäle:</b>	8	<b>SPI</b>	1 + USART
<b>Analog-Komparator:</b>	1	<b>TWI</b>	1

Mikrocontrollers erfordern würde. Die Kondensatoren C 1 und C 2 und C 4 bis C 9 dienen der Unterdrückung von hochfrequenten Störungen und Glättung der Spannung. Die Betriebsspannung von 5 V erzeugt ein Step-up-Wandler vom Typ TPS61070 (IC 2), der Widerstand R 9 (Einschalten des Wandlers) und die Spule L 1 (Speicherspule) dienen hierbei der peripheren Beschaltung. Durch den Spannungsteiler von R 10 und R 11 wird die Ausgangsspannung von 5 V eingestellt. Mehr über das Arbeitsprinzip des Step-up-Wandlers findet man im Kasten „Elektronikwissen“.

Das Herzstück der Schaltung bildet der Mikrocontroller IC 1. Der Widerstand R 2 dient dem sicheren Reset des Mikrocontrollers IC 1 nach der Spannungswiederkehr. Als Eingabeelemente stehen die beleuchteten Taster TA 1 bis TA 4 zur Verfügung. Die Tasterleuchtdioden sind mit den entsprechenden Vorwiderständen R 4 bis R 7 versehen.

Der akustische Signalgeber (Sound-Transducer) PZ 1 wird über den Trennkondensator C 3 durch die Transistorstufe mit T 1 geschaltet. R 3 dient als Vorwiderstand für den Signalgeber, D 1 als Freilaufdiode.

ST 1 ist eine Standard-Mini-ISP-Schnittstelle zum Programmieren des Mikrocontrollers, hier können entsprechende ISP-Programmieradapter angeschlossen werden.

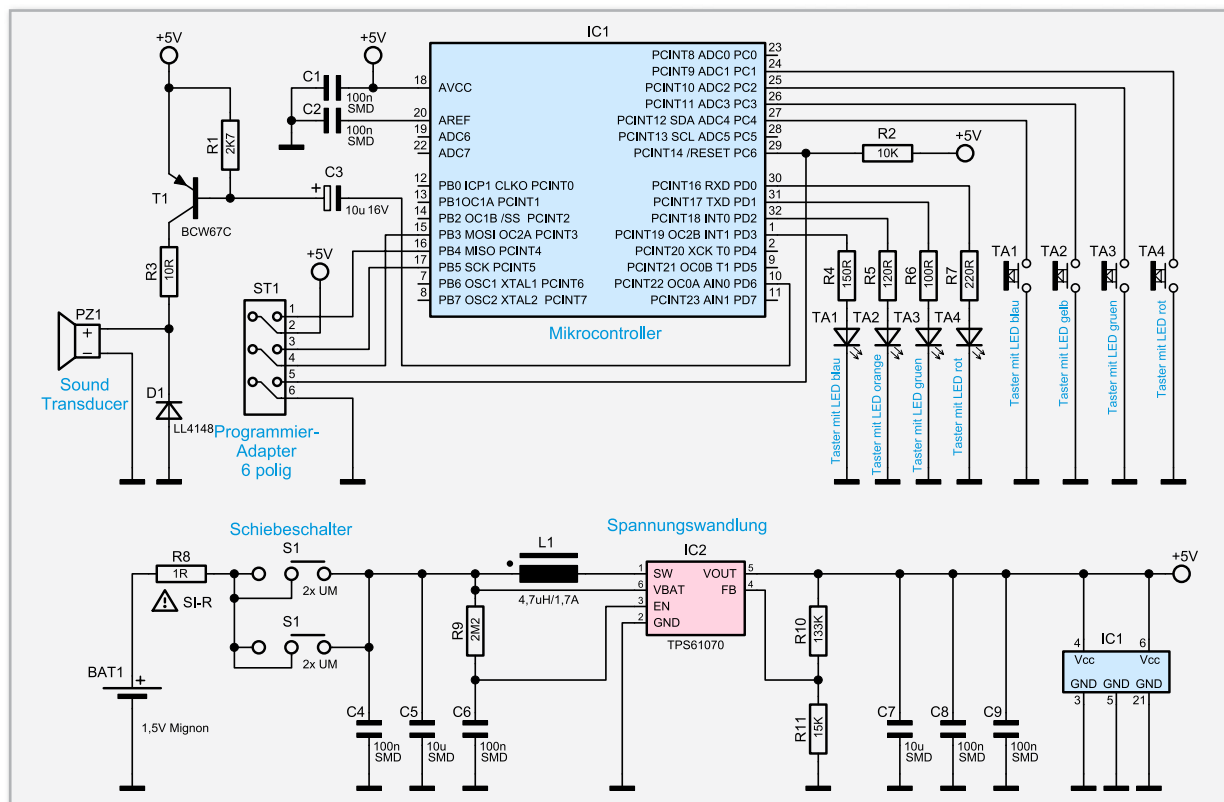


Bild 1: Die Gesamtschaltung des SE200

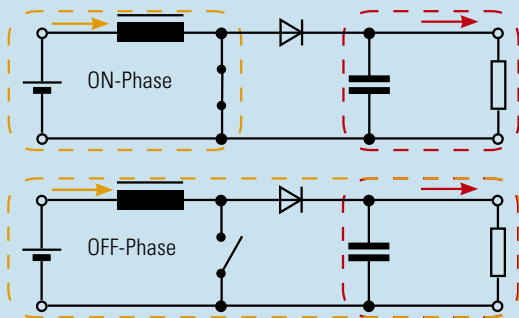


## Elektronikwissen – Step-up-Wandler

In der Elektronikpraxis ergibt sich immer wieder die Aufgabe, aus einer geringen Spannung eine höhere Spannung zu erzeugen. Dies ist die Aufgabe für einen Aufwärtswandler (Step-up-Wandler), der heute sehr aufwandsarm mit Schaltregler-Spezialschaltkreisen wie dem MC34063A von National Semiconductor oder dem hier eingesetzten TPS61070 von Texas Instruments aufgebaut werden kann.

Das grundlegende Arbeitsprinzip ist schnell erklärt: Während der ON-Phase (geschlossen) fällt die Eingangsspannung an der Induktivität ab und der Strom steigt an. Wird der Schalter geöffnet (OFF-Phase), so fließt der Strom über die Diode weiter und lädt den Ausgangskondensator. Die Spule dient dabei als Energiespeicher, da sie einen gleichbleibenden Stromfluss anstrebt.

Die Ausgangsspannung ist also immer größer oder gleich der Eingangsspannung. Selbst wenn die Phasen nicht getaktet werden, lädt sich der Ausgangskondensator über die Diode auf die Eingangsspannung auf. Werden die Phasen entsprechend getaktet, so steigt die Ausgangsspannung auf Werte, die höher sind als die Eingangsspannung.



Der TPS61070 enthält alle Baugruppen eines solchen Schaltreglers, er muss nur noch mit wenigen externen Bauelementen beschaltet werden und macht die Dimensionierung der Schaltung einfach. Durch die Ausführung als Synchronwandler – hier wird die Diode durch eine interne Schaltung ersetzt – kann auch die Diode entfallen.

Der Wandler kann über den Enable-Eingang leistungslos ein- und ausgeschaltet werden, so muss kein an den Laststrom angepasster Schalter in die Versorgungsspannung eingeschaltet werden, dessen Kontaktwiderstand die ohnehin geringe Eingangsspannung mindern kann (EN offen bzw. High = eingeschaltet, EN an Masse bzw. Low = ausgeschaltet). So ist der Wand-

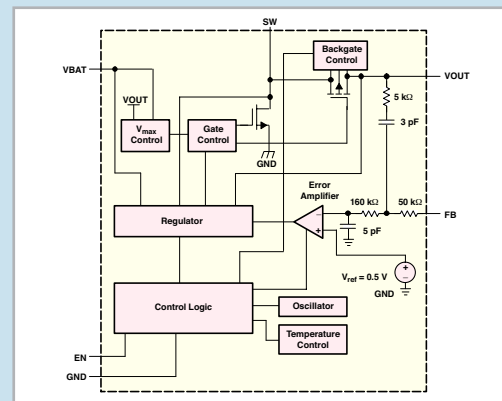
ler auch über Schaltstufen bzw. einen Mikroprozessor ein- und ausschaltbar.

Der Eingang  $V_{BAT}$  dient zur Kontrolle der Eingangsspannung, über eine Regelung wird das Schaltverhalten des FET-Schalters im Wandler der Eingangsspannung angepasst. Auch eine Schutzschaltung, die den Wandler bei zu geringer Eingangsspannung abschaltet, wird hierüber angesteuert.

Über FB wird per externem Spannungsteiler die Ausgangsspannung eingestellt.

Die externe Speicherspule wird zwischen SW und  $V_{BAT}$  geschaltet. Oben rechts im Blockschaltbild erkennt man, dass SW intern statt mit einer Diode mit einem eingesetzten zweiten FET-Schalter verbunden ist, der wiederum nach Übersteigen der im externen Ladekondensator vorhandenen Spannung durch die in der OFF-Phase von der Speicherspule abgegebene Spannung durchschaltet. So wird das Aufsummieren letzterer Spannung im Ladekondensator und folgend die Spannungsabgabe der heraufgesetzten Spannung an die Last ermöglicht.

Interne Schutzschaltungen schützen Spannungsquelle, Regler und Last vor Schäden z. B. durch Unterspannung oder Übertemperatur.



Blockschaltbild des TPS61070

## Nachbau

Da bereits alle SMD-Bauteile bestückt sind, kann sofort mit der Bestückung der bedrahteten Bauteile begonnen werden. Als Erstes werden der Signalgeber (Sound-Transducer) PZ 1 und der zugehörige Kondensator C 3 aufgelötet (Polung im Bestückungsdruck beachten! Auch PZ 1 ist ein gepoltes Bauelement, Plus-Markierung im Gehäuse beachten). Danach werden der Schiebeschalter S 1, die Taster TA 1 bis TA 4 (inklusive der Leuchtdioden, Farbzunordnung beachten) laut Bestückungsdruck eingesetzt und verlötet.

Als vorletzte Löttaufgabe sind die Batteriekontakte, wie im Platinenfoto abgebildet, einzusetzen und mit reichlich Lötzinn zu verlöten.

Um die eigene Programmierung, z. B. mit dem AVR Dragon, zu vereinfachen, sollte die Stiftleiste ST 1 bestückt werden. Abschließend werden die Tasterkappen aufgesetzt, die Bat-

terie polrichtig eingelegt und die Schaltung so kopfüber in das Gehäuseoberteil eingesetzt, dass die Tasterkappen und der Schiebeschalter sämtlich in die vorgesehenen Aussparungen fassen. Mit dem Aufsetzen des Gehäuseunterteils ist der Aufbau beendet. Abbildung 2 zeigt das betriebsbereite Gerät.

## Programmierung

Damit das Modul schnell den Weg in die eigene Applikation finden kann, steht der Quellcode zum Download auf der Produkt-Homepage zur Verfügung.

Das Projekt kann wegen der controllerseitigen maximalen Codegröße von 4 kByte u. a. auch mit der freien „KickStart“-Edition des IAR-Compilers oder der BASCOM-Demo-Version benutzt werden.

## Stückliste: SE200

**Widerstände:**

Sicherungswiderstand 1 $\Omega$ /SMD/1206	R8
10 $\Omega$ /SMD/0805	R3
100 $\Omega$ /SMD/0805	R6
120 $\Omega$ /SMD/0805	R5
150 $\Omega$ /SMD/0805	R4
220 $\Omega$ /SMD/0805	R7
2,7 k $\Omega$ /SMD/0805	R1
10 k $\Omega$ /SMD/0805	R2
15 k $\Omega$ /SMD/0805	R11
133 k $\Omega$ /SMD/0805	R10
2,2 M $\Omega$ /SMD/0805	R9

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD/0805	C1, C2, C4, C6, C8, C9
10 $\mu$ F/16 V	C3
10 $\mu$ F/SMD/0805	C5, C7

**Halbleiter:**

ELV09940/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD	IC2
BCW67C/SMD	T1
LL4148	D1

**Sonstiges:**

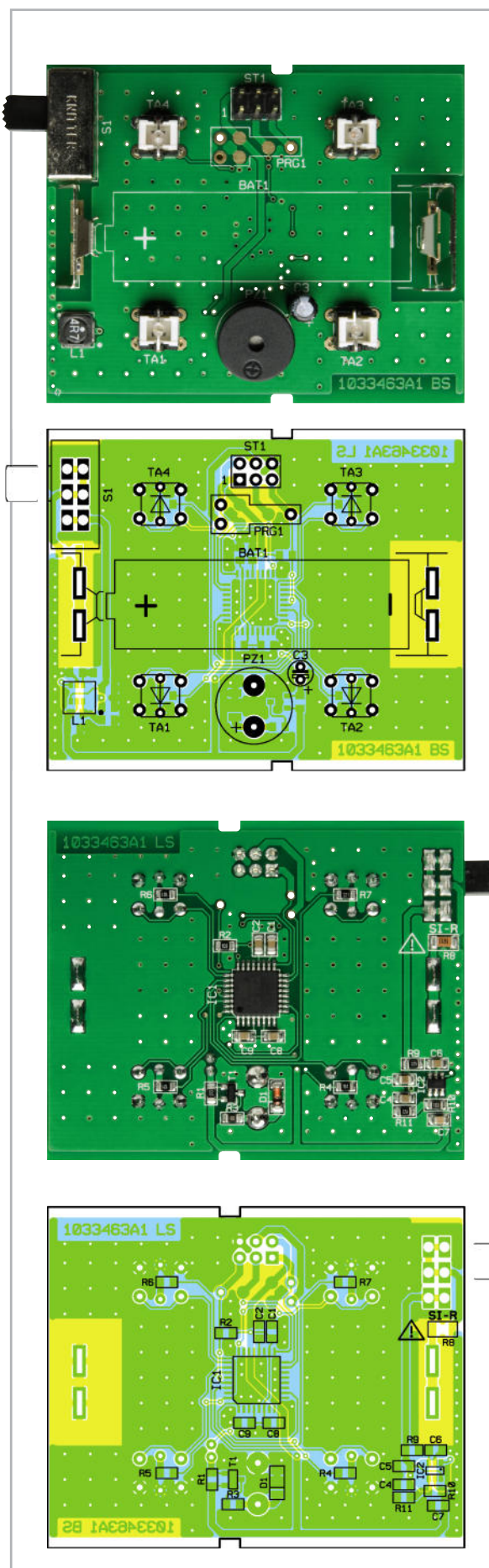
Speicherdrossel, SMD, 4,7 $\mu$ H/1,7 A	L1
Drucktaster mit LED blau, 1x ein, print	TA1
Drucktaster mit LED orange, 1x ein, print	TA2
Drucktaster mit LED grün, 1x ein, print	TA3
Drucktaster mit LED rot, 1x ein, print	TA4
Schiebeschalter, 2x um, winkelprint	S1
Stiftleiste, 2x 3-polig, gerade, print	ST1
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Mignon-Batteriekontakt, „+“-Kontakt, print	BAT1
Mignon-Batteriekontakt, „-“-Kontakt, print	BAT1
1 Profilverkabel, Blau, Struktur, komplett, bearbeitet und bedruckt	



Bild 2. Das einsatzbereite Gerät im Gehäuse

**Links:**

- [1] Quellcode/Hex-File: [www.service.elv.de](http://www.service.elv.de),  
Softwaredownload-Service: „SE200“
- [2] BASCOM-Download, kostenlose Demo-Version  
verfügbar, auf 4 kByte Programmcode begrenzt  
[www.mcselec.com](http://www.mcselec.com)
- [3] Compiler 4-kByte-KickStart-Edition:  
<http://supp.iar.com/Download/SW/?item=EWAVR-KS4>



Ansicht der fertig bestückten Platine des SE200 mit dem jeweils zugehörigen Bestückungsplan, oben Bestückungsseite, unten Löt-/SMD-Seite

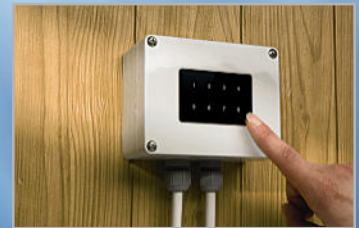
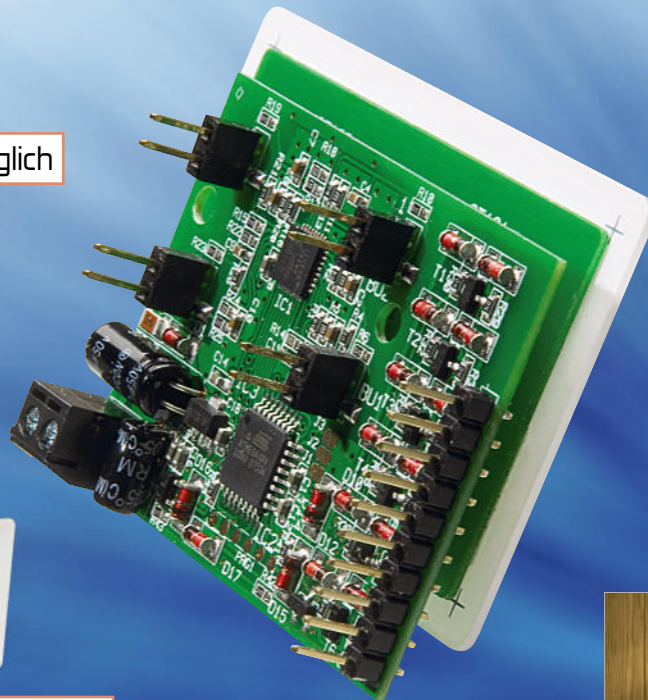
# Berührungsloser Taster

8 Tasten

9 mm Aufbauhöhe

Versteckter Einbau möglich

4 Frontplatten im Lieferumfang



Einbau z. B. in Gehäusen ...



... hinter Bildern ...



... hinter Vertäfelungen ...

## Touch Control TC8

Das Modul „Touch Control TC8“ ist für den universellen Einbau in eigene Applikationen vorgesehen und stellt wahlweise 8 Taster oder 8 Toggle-Schalter auf der Basis von kapazitiven Näherungssensoren zur Verfügung. Umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten erlauben die Anpassung an die eigene Schaltungsumgebung und Spannungsversorgung.

### Technische Daten: Touch Control TC8

Anzahl der Tastflächen:	8
Tastenart:	kapazitive Näherungssensoren
Frontplatten:	in Weiß, Schwarz, Silber, Transparent
Schaltausgänge:	8x Spannung bzw. Open Collector, Pegelanpassung
Ausgangssignale:	für die Dauer der Tastenbetätigung, Toggle-Schalter, Impuls 0,2 Sek. oder Impuls 0,6 Sek.
Ausgangspolarität:	invertierbar
Versorgungsspannung:	5–25 Vdc, wahlweise extern oder über das zu steuernde Gerät
Stromaufnahme:	<1 mA (keine Taste aktiv)
Abmessungen Basisplatine:	51,5 x 39 mm
Abmessungen Sensorplatine:	54 x 33 mm

### Allgemeines

In moderne Geräte und Anwendungen werden immer mehr kapazitiv arbeitende Tastflächen als attraktive und intuitive Benutzerschnittstellen eingesetzt. Zum einen bestehen dadurch mehr Freiheiten für die Produktdesigner und es entstehen für den Kunden ansprechende Geräte. Zum anderen bestehen aber auch erhebliche technische Vorteile und man kann sich mit modernen Tastflächen oft besser vom Wettbewerb differenzieren.

Tastflächen auf der Basis kapazitiver Näherungssensoren haben keine beweglichen Teile und somit auch keinen mechanischen Verschleiß. Die Sensortasten reagieren auf die durch die Annäherung des Fingers an die Sensorfläche entstehende Kapazitätsänderung. Damit es bei der Annäherung an mehrere Tastflächen zu keiner Fehlbedienung kommt, wird immer ausschließlich die Taste mit der höchsten Kapazitätsänderung akzeptiert.

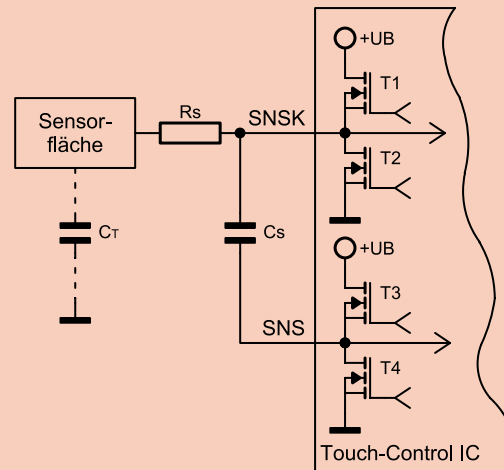
Die eigentlichen Sensor-Elektroden sind hinter der Oberflä-



## Elektronikwissen – Touch Control TC8

Die kapazitiven Touch-Control-Bausteine von Quantum arbeiten nach dem Ladungstransfer-Verfahren. Es wird nicht die absolute Kapazität der Sensorfläche, sondern deren Ladungsänderung ausgewertet. Das Verfahren basiert auf 2 Kapazitäten, wobei  $C_T$  die Sensorfläche gegen Masse darstellt und  $C_S$  als realer Speicherkondensator vorhanden ist.

Im ersten Schritt werden  $C_T$  und  $C_S$  entladen. Danach wird so lange nacheinander die Ladung aus  $C_T$  in den Speicherkondensator  $C_S$  „gepumpt“, bis der Logik-Pegel am zugehörigen Port von „low“ nach „high“ wechselt. Bei Kapazitätsänderungen an der Sensorfläche ändert sich auch die dafür erforderliche Zeit. Diese Zeitänderung wird ausgewertet und als Tastenbetätigung erkannt.



che des Berührungsfeldes angebracht. Dadurch spielen Umwelteinflüsse keine Rolle und bei einer entsprechenden Gehäusekonstruktion können Feuchtigkeit und Schmutz nicht eindringen. Plane Oberflächen ohne Ecken und Kanten lassen sich außerdem bei Bedarf leichter reinigen. Als Berührungsfäche sind nicht leitende Materialien wie Glas oder beliebige Kunststoffe geeignet.

Das Touch-Control-Modul TC8 besteht aus zwei Leiterplatten, die über Steckkontakte miteinander verbunden werden (Abbildung 1). Auf der Basisplatine befindet sich die komplette Elektronik und auf der Sensorplatine ausschließlich die Sensorflächen aus Kupfer.

Besonders viel Wert wurde auf möglichst geringe Platinenabmessungen gelegt, und über die Steckkontakte zur Verbindung der beiden Platinen des TC8 kann leicht eine Anpassung an unterschiedliche Gehäuse-Wandstärken erfolgen. Die Abmessungen der Elektronik-Platine betragen nur 51,5 x 39 mm und die Sensorflächen sind auf einer Platine mit den Abmessungen 54 x 33 mm untergebracht.

Die Verbindung zur zu steuernden Elektronik wird über eine 10fach-Stiftleiste hergestellt, über die bei Bedarf auch die Elektronik des Moduls mit Spannung versorgt werden kann. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Versorgungsspannung des Moduls an einer Schraubklemme zuzuführen (wenn z. B. die zu steuernde Elektronik keine geeignete Versorgungsspannung zur Verfügung stellt).

An der 10-poligen Stiftleiste stehen direkt die 8 Schalt-Ausgangssignale des Moduls zur Verfügung, wobei die Spannung der Transistorausgänge unabhängig von der Versorgungsspannung des Moduls an die Spannung der zu steuernden Elektronik angepasst werden kann.

Umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten erlauben die Anpassung an die eigene Schaltung. Neben der Funktion als Toggle-Schalter (mit jeder Tastenbetätigung ändert sich der logische Zustand des betreffenden Ausgangs) können die Transistorausgänge auch als Impulsausgang mit zwei unterschiedlichen Impulszeiten (0,2 Sek., 0,6 Sek.) konfiguriert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, den jeweils betreffenden Schaltausgang für die Zeit der Annäherung an die Sensorfläche zu aktivieren. Bei Bedarf besteht die Mög-

lichkeit, den logischen Zustand der Ausgänge für alle Kanäle gemeinsam zu invertieren.

Zum Lieferumfang des Moduls gehören 4 Kunststoff-Frontplatten (Abbildung 2) in den Farben Schwarz, Weiß, Silber und Transparent. Die Frontplatte in der gewünschten Farbe wird je nach Einbaumöglichkeit des Moduls entweder direkt auf die Platine mit den Sensorflächen geklebt oder die Sensorplatine ist an die Innenseite und die Frontplatte an die Außenseite eines Kunststoffgehäuses zu kleben.

Sehr flexibel kann die Gestaltung der Tastfläche erfolgen, da zum Lieferumfang neben den drei bedruckten Platten in

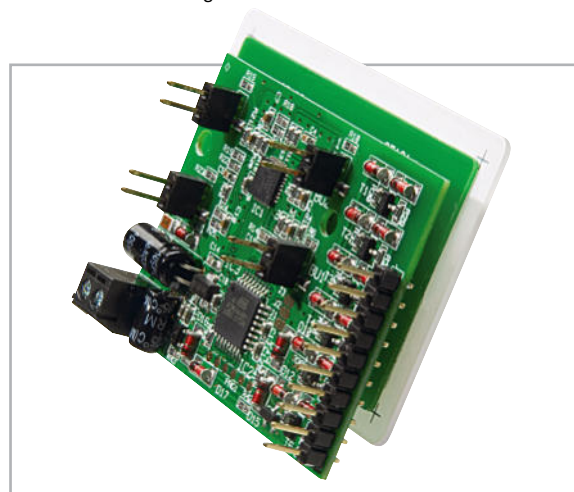


Bild 1: Komplett zusammengebaute Platinenkonstruktion



Bild 2: 4 Frontplatten (in Silber, Schwarz, Transparent, Weiß)

den Farben Schwarz, Weiß und Silber auch eine transparente Frontplatte gehört.

Die transparente Abdeckung ermöglicht eine individuelle Gestaltung der Tastfläche entsprechend den eigenen Vorstellungen und Farben. Dazu wird einfach ein Tastenlayout entsprechender Größe mit Hilfe eines Zeichenprogramms erstellt und dieses auf ein selbstklebendes Etikett oder auf Fotopapier gedruckt. Das selbst erstellte Tastenlayout wird auf die Sensorplatte aufgeklebt. Darauf folgt dann die transparente, selbstklebende Kunststoffscheibe als Schutzabdeckung und fertig ist das selbstkreierte Tastenfeld.

Die Schaltung basiert auf einem Baustein der Firma Quantum bzw. Atmel und dessen Ladungs-Transfer-Technologie. Die QTouch-Technologie bietet eine bisher nicht erreichte Funktionssicherheit, und die Streuspektrummodulation gewährleistet einen guten Signal-Rausch-Abstand und eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen. Beim Anlegen der Betriebsspannung erfolgt eine automatische Kalibrierung des Bausteins, und eine automatische Drift-Kompensation sorgt für eine sichere Funktion während der gesamten Produktlebensdauer. Das unbeabsichtigte Auslösen von benachbarten Tasten verhindert eine „Adjacent-Key-Suppression“ (AKS).

Zur Realisierung der unterschiedlichen Ausgangskonfigurationen ist das Modul mit einem zusätzlichen Mikrocontroller ausgestattet.

Die Gesamt-Stromaufnahme des kompletten Moduls beträgt <1 mA (keine Taste aktiv).

## Schaltung

Die Schaltung des Touch-Control-Moduls ist in Abbildung 3 zu sehen, wobei das zentrale Bauelement natürlich der Touch-Control-Baustein QT1080 (IC 1) von Quantum ist. Alle erforderlichen Stufen für die kontaktlosen Sensortasten sind in diesem Baustein integriert und zum Betrieb werden nur noch wenige passive, externe Komponenten benötigt.

Die eigentlichen Tasten bestehen, wie bereits erwähnt, aus Leiterplattenflächen auf einer eigenen Sensorplatte, die direkt an BU 1 bis BU 4 angeschlossen werden. Damit sind dann auch alle Tasteneingänge des Bausteins belegt.

Da der QT1080 in verschiedenen Betriebsmodi arbeiten kann, muss eine entsprechende Konfiguration erfolgen. Diese Aufgabe übernehmen die Widerstände R 1 bis R 3, R 13, R 15 bis R 17 und R 26. Nach Anlegen der Betriebsspannung prüft der QT1080 zuerst, ob diese Widerstände mit Schaltungsmasse oder mit der Betriebsspannung verbunden sind, und setzt

dann die entsprechende Konfiguration. Die erforderliche weitere externe Beschaltung des Bausteins ist sehr gering und besteht nur aus passiven Bauteilen.

Die Eingangsbeschaltung ist bei allen Eingangskanälen des QT1080 identisch und recht einfach. Von den Sensorflächen gelangt das Signal jeweils über einen 10-k $\Omega$ -Vorwiderstand (R 4, R 6, R 8, R 10, R 19, R 21, R 23 und R 25) auf die Eingänge des Sensorchips. Die Eingangsempfindlichkeit wird dabei durch die weitere externe Beschaltung bestimmt, insbesondere durch die Kondensatoren C 1 bis C 4 und C 7 bis C 10. Ausgangsseitig ist der Baustein als Open Drain konfiguriert und alle Signal-Ausgänge der einzelnen Kanäle werden direkt zu den entsprechenden Ports des Mikrocontrollers IC 2 geführt. Die 8 Eingangsports des Controllers verfügen über interne Pull-ups, so dass an den Eingängen keine weitere Beschaltung erforderlich ist. Der Mikrocontroller arbeitet mit einem internen Takt, und der Reset-Pin ist über R 27 mit +3 V verbunden. Neben den beiden Abblock-Kondensatoren (C 12, C 13) wird am Controller keine weitere Beschaltung benötigt.

Die Controller-Ausgänge PB 0 bis PB 7 steuern jeweils über einen 10-k $\Omega$ -Widerstand die Transistoren T 1 bis T 8 an den Basen. Die Kollektoren der Transistoren sind jeweils mit Pin 2 bis Pin 9 der Stiftleiste ST 1 verbunden. Die Transistoren arbeiten quasi in einer Open-Collector-Schaltung und die Kollektor-Widerstände fungieren jeweils als Pull-up.

In der Grundkonfiguration werden die Pull-ups jeweils über eine Diode aus der Versorgungsspannung des Moduls (3 V) gespeist. Wenn ein Schaltsignal mit höherem Pegel erforderlich ist, besteht zur Pegelanpassung auch die Möglichkeit, die Pull-ups über ST 1, Pin 1 aus der zu steuernden Schaltung zu versorgen. Des Weiteren kann die Spannungsversorgung des kompletten Moduls aus dem zu steuernden Gerät erfolgen. In diesem Fall ist die Codierbrücke J 4 zu schließen.

Mit Hilfe der Codierbrücken J 1 bis J 3 wird entsprechend Tabelle 1 festgelegt, wie sich die Ausgangssignale des Moduls bei Tastenbetätigungen verhalten sollen. Solange keine Codierbrücke gesetzt ist, verhält sich das Ausgangssignal wie das Eingangssignal, d. h. der entsprechende Ausgangskanal wird so lange aktiviert, wie die entsprechende Tastfläche betätigt wird. Bei geschlossener Codierbrücke J 1 arbeiten alle Ausgänge als Toggle-Schalter, d. h. mit jeder erneuten Tastenbetätigung wechselt der Logik-Zustand am entsprechenden Ausgangskanal und bei den beiden noch verbleibenden Codierungsmöglichkeiten von J 1 und J 2 werden Ausgangsimpulse von 0,2 Sek. bzw. 0,6 Sek. generiert. Mit Hilfe der Codierbrücke J 3 können alle Ausgangssignale gemeinsam invertiert werden.

Zur Spannungsversorgung des 8fach-Touch-Control-Moduls ist eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 5 V und 25 V mit 50 mA Strombelastbarkeit erforderlich. Die Versorgungsspannung wird an KL 1 zugeführt (Schaltbild unten links) und über den Schutzwiderstand R 28 sowie die Verpolungsschutzdiode D 1 auf den Pufferelko C 15 und den Eingang des Spannungsreglers IC 3 gegeben. Ausgangsseitig liefert der Regler dann stabilisiert 3 V, wobei C 17 Schwingneigungen verhindert. Die Kondensatoren C 14, C 16, C 18 und C 19 dienen zur allgemeinen Stabilisierung und zur Störunterdrückung.

Tabelle 1: Konfiguration des Schaltverhaltens

Codierbrücke		Modus	
J1	J2	J3	
offen	offen		Ausgang aktiv für die Dauer der Tastenbetätigung
geschlossen	offen		Toggle-Schalter (abwechselnd „high“/„low“)
offen	geschlossen		Impuls für 0,2 Sekunden
geschlossen	geschlossen		Impuls für 0,6 Sekunden
*	*	geschlossen	Ausgangssignal invertiert

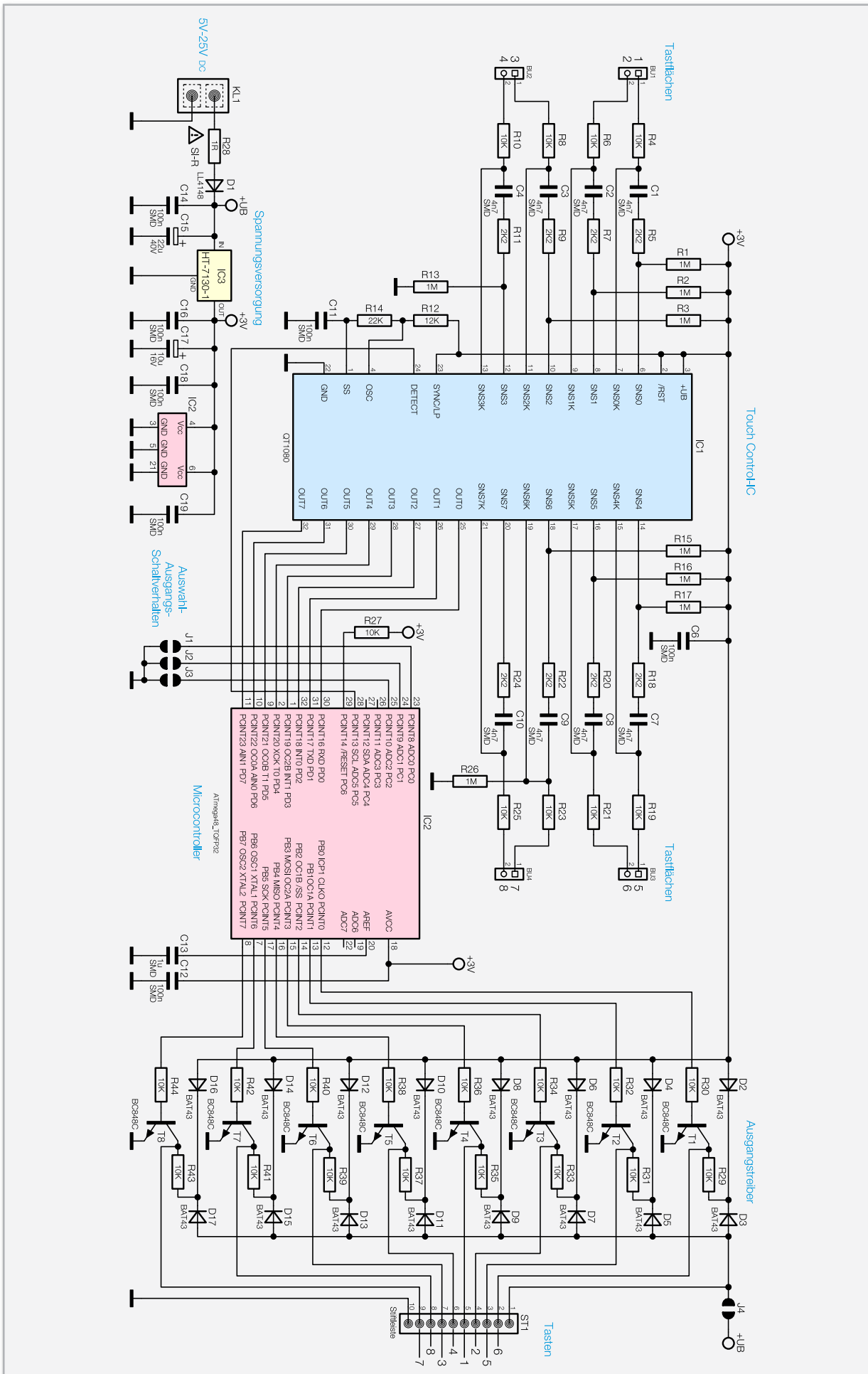


Bild 3: Schaltbild des Touch-Control-Moduls TC8



## Nachbau

Der größte Teil der Elektronik dieses kleinen Moduls ist in SMD-Ausführung realisiert, wobei zusätzlich noch die besonders kleine Bauform 0402 zum Einsatz kommt. Da diese Komponenten, selbst bei vorsichtiger Arbeitsweise, kaum noch von Hand zu verarbeiten sind, werden alle ELV-Bausätze mit werkseitig vorbestückten SMD-Komponenten ausgeliefert. Die Detailaufnahme in Abbildung 4 zeigt eindrucksvoll die besonders geringen Abmessungen des Touch-Control-Bausteins IC 1 mit der zugehörigen Peripherie.

Aufgrund der Vorbestückung bleiben daher von Hand nur noch wenige Bauteile in konventioneller Bauform zu verarbeiten.

Bevor wir die Basisplatine bestücken, wenden wir uns im ersten Arbeitsschritt der Platine mit den Sensorflächen zu, wo entsprechend Abbildung 5 insgesamt vier 2-polige Stiftleisten aufzulöten sind. In Abbildung 6 ist die Frontplatine mit Blick auf die insgesamt 8 Sensorflächen abgebildet.

Nach dem Auflöten der Stiftleisten ist die Basisplatine an der Reihe, wo zuerst die beiden Elektrolyt-Kondensatoren in liegender Bauform unter Beachtung der korrekten Polarität bestückt und an der Platinenunterseite vorsichtig verlötet werden. Am Bauteil ist üblicherweise der Minuspol und im Bestückungsdruck der Leiterplatte der Pluspol gekennzeichnet. Vorsicht! Es besteht leicht die Gefahr, dass beim Löten ein Kurzschluss zur umgebenden Massefläche entsteht. Nach dem Einlöten sind an der Platinenunterseite die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Im nächsten Arbeitsschritt wird die 2-polige Schraubklemme (KL 1) eingelötet. Dieses Bauteil muss vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen, und auch hier besteht beim Verlöten die Gefahr eines Kurzschlusses zur umgebenden Massefläche.

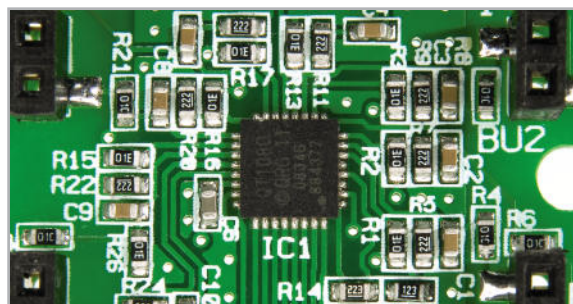


Bild 4: Detailaufnahme Touch-Control-Chip

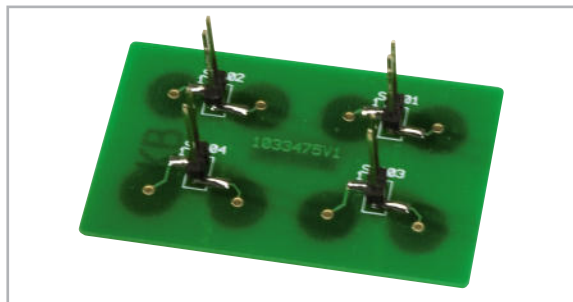


Bild 5: Frontplatine (Blick auf die Stiftleisten)

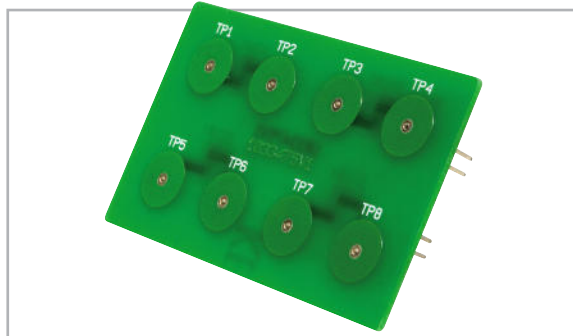
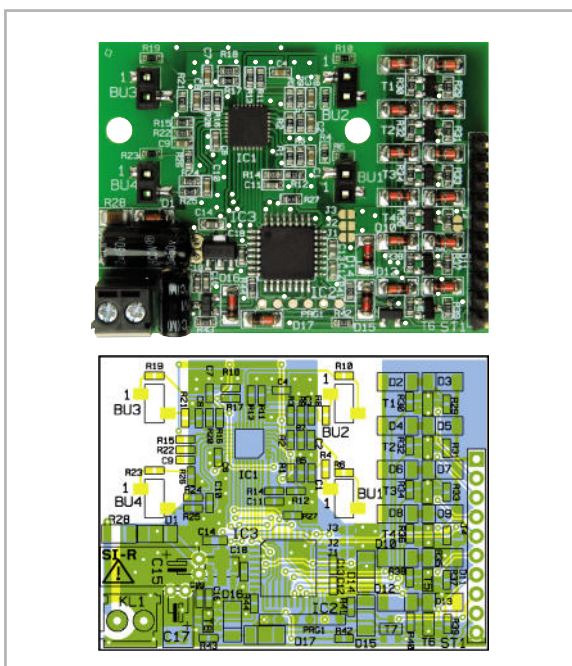
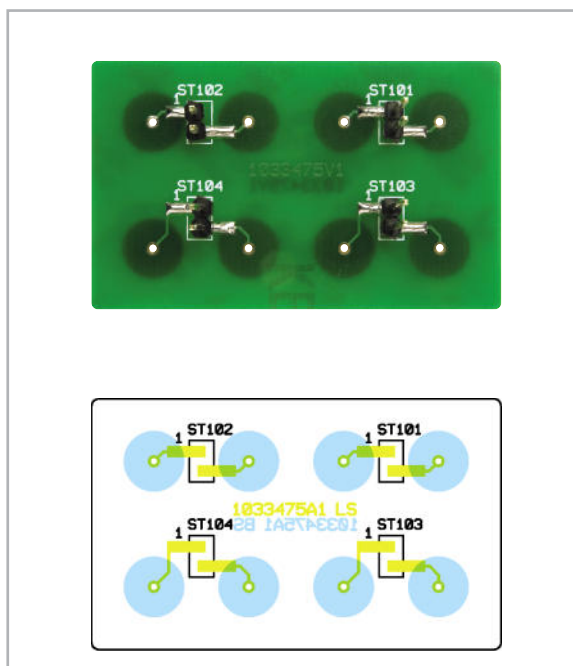


Bild 6: Frontplatine (Blick auf die Sensorflächen), Basisplatine von der Bestückungsseite



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan



Ansicht der fertig bestückten Frontplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Danach ist die 10-polige einreihige Stiftleiste zu bestücken, und beim Verlöten ist auf einen gerade ausgerichteten Sitz zu achten.

Zur exakten Ausrichtung der im letzten Arbeitsschritt zu verarbeitenden 2-poligen Buchsenleisten BU 1 bis BU 4 kann die Platine mit den Tastflächen genutzt werden. Dazu werden die Stiftleisten von der Platinenunterseite durch die zugehörigen Bohrungen geführt und an der Bestückungsseite dann die Buchsenleisten aufgesetzt. Nach einer korrekten Ausrichtung der beiden Platinen erfolgt zuerst das Verlöten eines Anschlusspins. Nach einer ggfs. erforderlichen Korrektur werden im nächsten Schritt alle Anschlüsse sorgfältig verlötet. Damit sind dann auch schon die kompletten Bestückungsarbeiten abgeschlossen.

## Konfiguration

Das grundsätzliche Verhalten der 8 Ausgangskanäle kann mit Hilfe der Codierbrücken J 1 bis J 3 entsprechend Tabelle 1 konfiguriert werden. Die Detailaufnahme in Abbildung 7 zeigt die Kontaktflächen der Codierbrücken, die im Bedarfsfall mit einem kleinen Tropfen Lötzinn zu verbinden sind.

Wenn die Versorgung der kompletten Elektronik über das steuernde Gerät erfolgen soll, ist die Codierbrücke J 4 (Abbildung 8) mit einem Tropfen Lötzinn zu schließen.

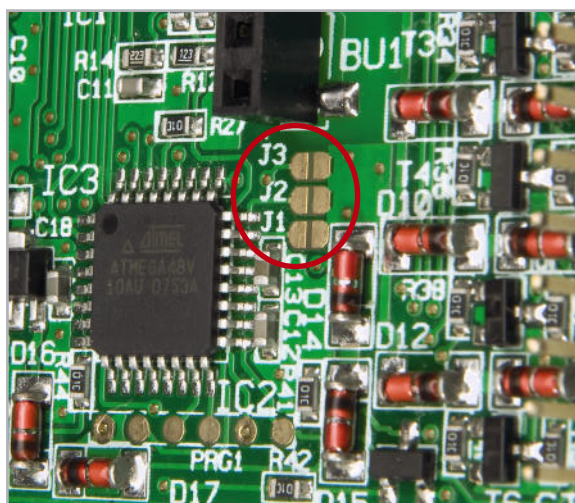


Bild 7: Detailaufnahme Codierbrücken J 1 bis J 3

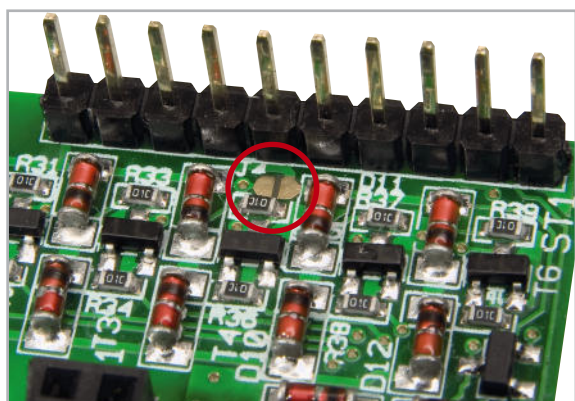


Bild 8: Detailaufnahme Codierbrücke J 4

## Gehäuse-/ Frontplatteneinbau

Bei Verwendung eines Kunststoffgehäuses ist der Einbau der Touch-Control-Bedieneinheit TC8 besonders einfach. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, kann die Platine mit den Sensorflächen einfach von der Innenseite mit Hilfe von doppelseitigem Klebeband an eine plane Gehäusewand angeklebt werden. Dadurch kann auch ein optimaler Schutz vor Feuchtigkeit und Schmutz erreicht werden, da die eigentlichen Sensor-Elektroden keinen direkten Kontakt zur „Außenwelt“ haben. Es ist sogar eine absolut wasserdichte Tasteneinheit realisierbar. An der entsprechenden Position der Gehäuseaußenseite ist entweder eine von den zum Lieferumfang gehörenden Frontplatten vorzukleben (Abbildung 10) oder eine entsprechende Beschriftung bzw. Bedruckung vorzunehmen. In der gleichen Weise kann auch der Einbau in Kunststoffgehäuse mit Frontplatten erfolgen, wie in Abbildung 11 zu sehen ist. Da die Oberfläche des Berührungsfeldes aus einem nicht leitenden Material wie Kunststoff oder Glas bestehen muss, ist der Einbau in Metallgehäusen und Frontplatten zwar et-

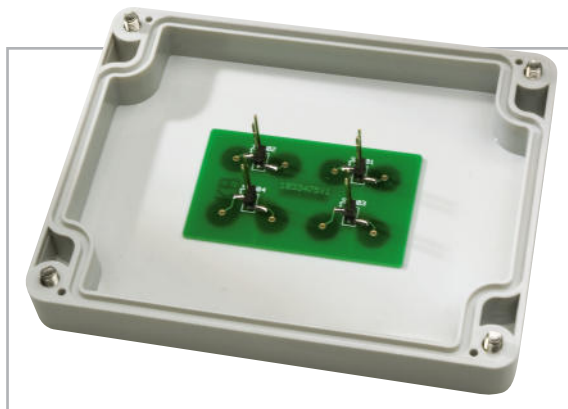


Bild 9: Tastenplatine, in IP-65-Gehäuse geklebt



Bild 10: Frontplatte ohne Gehäusedurchbruch vor ein IP-65-Gehäuse geklebt

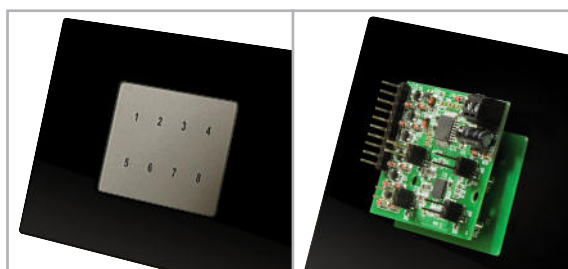


Bild 11: Kunststoff-Frontplatte mit Elektronik und vorgeklebter Frontplatte

## Stückliste: TC8 Basiseinheit

**Widerstände:**

Sicherungswiderstand 1 $\Omega$ /SMD/1206	R28
2,2 k $\Omega$ /SMD/0603	R5, R7, R9, R11, R18, R20, R22, R24
10 k $\Omega$ /SMD/0603	R4, R6, R8, R10, R19, R21, R23, R25, R27, R29–R44
12 k $\Omega$ /SMD/0603	R12
22 k $\Omega$ /SMD/0603	R14
1 M $\Omega$ /SMD/0603	R1–R3, R13, R15–R17, R26

**Kondensatoren:**

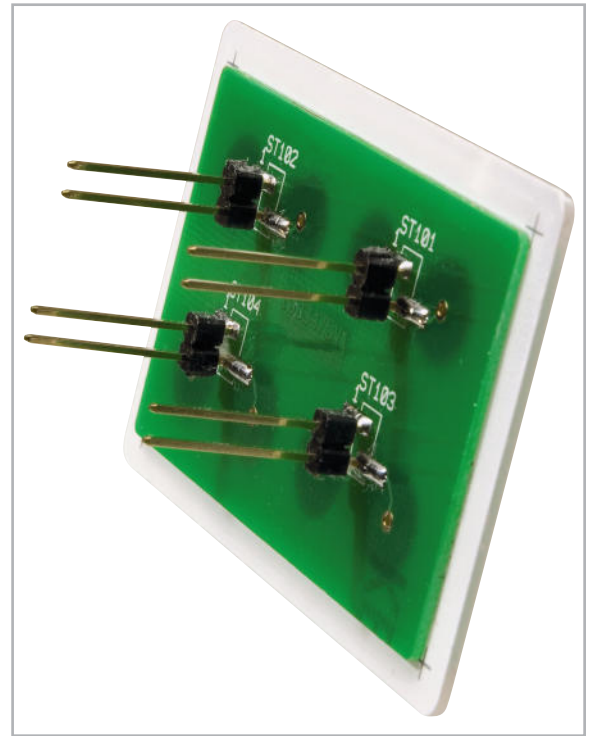
4,7 nF/SMD/0603	C1–C4, C7–C10
100 nF/SMD/0603	C6, C11, C12, C14, C16, C18, C19
1 $\mu$ F/SMD/0603	C13
10 $\mu$ F/16 V	C17
22 $\mu$ F/40 V	C15

**Halbleiter:**

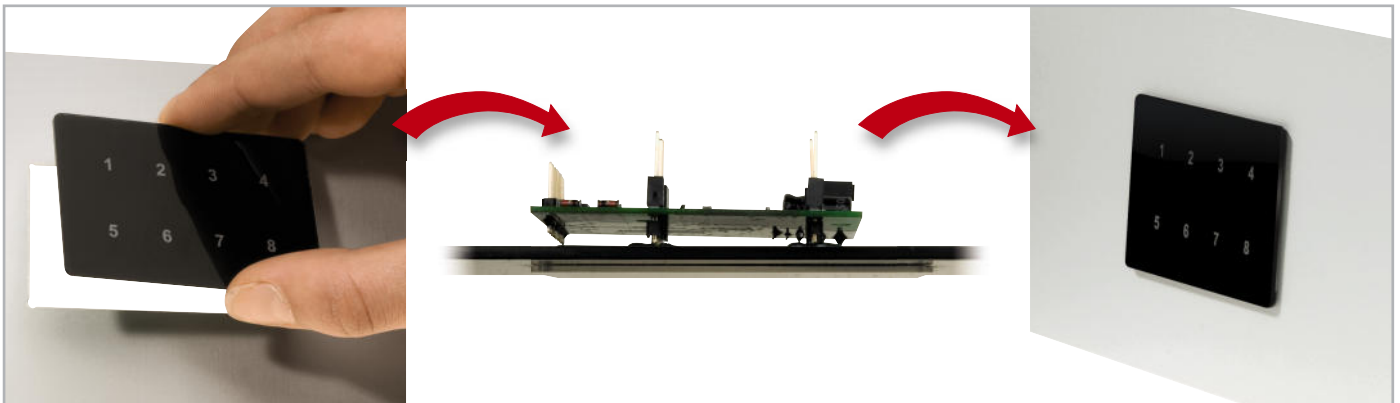
QT1080-ISG/SMD	IC1
ELV09947/SMD	IC2
HT7130/SMD	IC3
BC848C	T1–T8
LL4148	D1
BAT43/SMD	D2–D17

**Sonstiges:**

Buchsenleisten, 1x 2-polig, SMD, 5 mm	BU1–BU4
Mini-Schraubklemmleiste, 2-polig, print	KL1
Stiftleiste, 1x 10-polig, gerade, print	ST1



**Bild 12:** Tastenplatine mit aufgeklebter Frontplatte (Weiß). Auf der Rückseite der Frontplatte sind die Positionsmarkierungen erkennbar.



**Bild 13:** Einbau des Touch Control TC8 in eine Metall-Front

## Stückliste: TC8 Touch-Einheit

**Sonstiges:**

Stiftleisten 1x 2-polig, 18 mm, gerade, SMD	ST101–ST104
4 Klebefolien, doppelseitig, transparent, 50 x 30 mm	
1 Frontplatte TC8, Schwarz, bedruckt	
1 Frontplatte TC8, Weiß, bedruckt	
1 Frontplatte TC8, Silber, bedruckt	
1 Frontplatte TC8, Transparent	

was aufwändiger, aber im Grunde genommen auch recht einfach möglich. Dazu ist an der gewünschten Gehäuseposition ein Ausschnitt in der Größe der Sensorplatine erforderlich. Mittig auf die Sensorplatine wird eine der zum Lieferumfang gehörenden Frontplatten aufgeklebt, wobei Markierungen an der Rückseite der Frontplatten die exakte Positionierung erleichtern (Abbildung 12). Im letzten Arbeitsschritt ist die Tasteneinheit entsprechend Abbildung 13 von vorne in den Gehäuseausschnitt einzukleben. Durch den Überstand des Berührungsfeldes an allen Seiten ist auch bei Metallgehäusen der staub- und wassergeschützte Einbau problemlos möglich. **ELV**





Titelbild: HiSystems/ perspectiveAerials

# Mit Hightech in die Luft gehen

## Wenn Chips fliegen lernen – Multikopter

Das Erscheinen neuer Modellflugtechnik im Modellbaumarkt hat zu einem Boom neuartiger Flugmodelle geführt – sie sind einfach zu fliegen, stecken voller Hightech und bieten mit ihren Ausbaumöglichkeiten eine Menge Spaß. Im zweiten Teil unserer kleinen Modellbau-Serie wenden wir uns einer noch recht neuen Spezies der Flugmodelle zu, den Multikoptern. Sie bieten dem flugmodellbegeisterten Elektroniker ein reiches Betätigungsfeld, denn hier fliegt Hightech pur!

### Drei, vier, sechs, acht, zwölf ...

Was wie eine krumme Zahlenreihe klingt, sagt einer bestimmten Spezies von Modellfliegern sofort etwas – es ist die bisher übliche Anzahl von Rotoren, die ein noch neuartiges Fluggerät in die Luft bringen, den Multikopter.

Bezeichnungen für diese Art Fluggerät gibt es viele, von der inzwischen schon fast historischen Bezeichnung Quadrocopter für Fluggeräte mit vier Rotoren bis hin zu eher herstellerspezifischen Bezeichnungen wie MikroKopter. Es sind immer Fluggeräte, die mit mehreren Rotoren wie ein Hubschrauber senkrecht starten, jede Art der Flugbewegung vollführen können und so flugstabil sind wie kein anderes Fluggerät. Dabei erfolgt die Steuerung allein durch eine abgestimmte Drehzahlvariation unter den Rotoren.

Urväter dieser Fluggeräte gibt es einige in der Geschichte des Flugwesens, das wohl bekannteste war das leider nur in zwei Exemplaren gebaute und heute nur noch als zu restaurierendes Fragment im National Museum of the U.S. Air Force existierende VTOL-Experimentalflugzeug Curtiss-Wright X-19 (Abbildung 1). Es war ein senkrecht startendes



Bild 1: Urvater und Vorbild für die Multikopter: die Curtiss-Wright X-19. (Quelle: [1])

Transportflugzeug mit vier Schwenkrotoren, die Starts und Landungen wie ein Hubschrauber ermöglichten.

Und sicher war es auch die Vision der fliegenden Untertassen, die die beiden damaligen deutschen Schüler Daniel Gurdan und Klaus-Michael Doth im Jahr 2003 dazu brachte, ein flugfähiges Modell einer solchen Schwebplattform im Bundeswettbewerb „Jugend forscht“ vorzustellen. Sie belegten damals einen vierten Platz, und aus dem Projekt ging 2005 das bekannte X-UFO von Silverlit hervor, das funktionelle Vorbild für die heutigen Multikopter.

Wie fliegende Untertassen, gemeinhin UFOs genannt, sehen auch die modernen Nachfolger aller Couleur aus: An drei und mehr Tragarmen befindet sich jeweils ein kräftiger Brushless-Motor, der eine Luftschraube direkt antreibt. Dieses Antriebskonzept zeichnet sich u. a. durch eine im Verhält-

nis zum Eigengewicht des Fluggerätes hohe Antriebs- und Tragkraft aus – ohne Nutzlast bewegen sich die Multikopter pfeilschnell und stellen mit ihrer Agilität jeden Hubschrauber in den Schatten. Als „Lastesel“ vermag dieser Antrieb erstaunliche Nutzlasten zu tragen.

Gesteuert wird das Ganze von der im Zentrum untergebrachten Elektronik, die u. a. über drei Gyros verfügt, die die Lage im Raum exakt bestimmen und eine Fluglageregelung ansteuern, die dafür sorgt, dass das Fluggerät stabil in der Luft liegt und überhaupt steuerbar ist.

Aufwändigere Konzepte verfügen noch über eine präzise Höhenregelung, die die Fluglage weiter verbessert.

Alle Informationen laufen in einem oder mehreren Mikroprozessoren zusammen, die die Fluglage im Extremfall sogar völlig selbstständig regeln können.

Ansonsten werden die ungewöhnlichen Fluggeräte von einer normalen Modellfernsteuerung mit mindestens vier Kanälen gesteuert.

Wer schon einmal einen Modellhubschrauber geflogen hat, weiß, dass es trotz elektronischer Stabilisierungshilfen nicht einfach ist, diesen sauber in der Luft zu halten und zu fliegen. Das Hubschrauberfliegen erfordert einiges Training, um mehrere gleichzeitige Steuerungshandlungen koordiniert und automatisiert zu beherrschen. Wie im ersten Teil schon bemerkt, erleichtern das Koaxprinzip und moderne Gyrotechnik vieles, aber das Grundlegende, die gleichzeitige Koordination mehrerer Raumachsen, bleibt für den Piloten.

Beim Multikopter ist die Steuerung der meist vier, sechs oder acht Antriebe derart automatisiert, dass sich das Fluggerät bei sauberer Grundeinstellung immer selbst stabilisiert und nur der Eingriff per Fernsteuerung dieses aus der stabilen Lage bringt. Entsprechend einfach ist es zu fliegen. Hier kann sogar Windeinfluss, der absolute Feind vor allem der leichten Hubschrauber, leicht entgegengesteuert werden.

## Fliegende Intelligenz

Möglich wurde diese einfache und stabile Steuerung durch die rasante Entwicklung kleiner Mikrocontroller mit moderner Sensorik, leistungsstarken Brushless-Antrieben und LiPo-Akkus.

Ja, jetzt wird es bei vielen, die die neue Modellflugkategorie bisher noch nicht kannten, wohl aus dem Gedächtnis geholt: hat man doch schon gesehen, so etwas! Bei der Polizei, beim Militär, als Drohne zur Aufklärung und zur Observation von Demonstrationen, neuerdings auch in der Erprobung bei der Feuerwehr zur Aufklärung von brennenden Arealen. Wie weit und seit wann es die militärische Nutzung dieser Technik gibt, ist kaum öffentlich bekannt, die Steuerungstechnik wird hier „systembedingt“ vornehmlich in flugzeugähnlichen Langstrecken-Aufklärungsdrohnen eingesetzt. Was aber die sonstige kommerzielle Verwendung angeht, da stammen ganz sicher alle Konzepte mehr oder weniger von denen der Modellbauer ab, die kommerziellen Geräte für Polizei, Feuerwehr, Sicherheitsdienste, professionelle Luftfotografen usw. sind aus der Sicht des Modellbauers materiell aufwändigere Nachbauten, mehr nicht. Glauben Sie nicht? Dann lesen Sie einfach weiter, wie der Status quo bei den

Modellbauern ist. Einige weltbekannte Multikopter-Projekte gingen gar direkt aus dem Modellbau hervor, so das französisch-internationale Paparazzi-Projekt [2].

Insgesamt ist die Modellbau-Szene zu diesem Thema derzeit noch recht übersichtlich, auch wenn es weltweit bereits tausende Multikopter-Piloten gibt. Allerdings basieren die meisten Multikopter auf ganz wenigen Konzepten, und nur wenige Hersteller/Entwickler widmen sich dem Thema, es ist der übliche Weg: zuerst bauen Freaks für und mit Freaks, und wenn sich der Massenmarkt auftut, springen die großen Hersteller auf den Zug.

Wir wollen hier, ohne die restliche Szene (siehe Anhang) aus dem Auge zu verlieren, das MikroKopter-Konzept der nicht weit von unserem Verlagsort agierenden Firma „HiSystems“ aus dem ostfriesischen Moormerland vorstellen.

Hier hat man, in Person der beiden Geschäftsführer Holger Buss und Ingo Busker, seit den ersten Anfängen im Jahr 2006 ein enormes Know-how entwickelt, das in der Szene nahezu einmalig sein dürfte. Nur wenige weitere Projekte wie z. B. Wolferl, Arduino oder QuadroControl (Abbildung 2) oder TT-Copter erreichen eine derartige Komplexität des Gesamtsystems.



**Bild 2:** Das QuadroControl-III-Projekt fällt durch flexible Gyro-Bestückung, integrierte Stromverteilung und die weitgehende Bestückung mit bedrahteten Bauteilen auf. Oben der kompakte und agile Logocopter des QuadroControl-Entwicklers in Aktion

Hier entstand eine technische Plattform, um die sich eine beachtliche und inzwischen weltweite Gemeinde Gleichgesinnter gebildet hat. Denn inzwischen ist der „MikroKopter“, wie HiSystems seine Schwebepattformen nennt, neben der Entwicklung von Industriesteuerungen ein zweites Standbein der kleinen Firma geworden, ein Online-Shop ermöglicht den Erwerb aller Komponenten bis hin zum kompletten Bausatz (Abbildung 3). Die Internetseite (Abbildung 4) zum Thema MikroKopter [3] dürfte in Umfang, Wissensvermittlung, Anleitung und zusammengetragenem Wissen einzigartig sein, dort können Sie ausführlich weiterlesen, wo dieser Artikel aus Platzgründen Themen nur anreißen kann. Die Entwickler lassen die Gemeinde an jeder Neuigkeit teilhaben, es bleiben kaum Fragen offen, ein riesiges Wiki geht auch ins kleinste Detail bis hin zur optimalen Programmierung oder





**Bild 3:** Komplet: Den MikroKopter gibt es auch als kompletten Bausatz inklusive Flug-Akku.

zur Flugschule für Einsteiger, Flugsimulator usw. Gerade das geschlossene Gesamtkonzept des MikroKopter-Projekts ist es wert, hier ausführlicher vorgestellt zu werden.

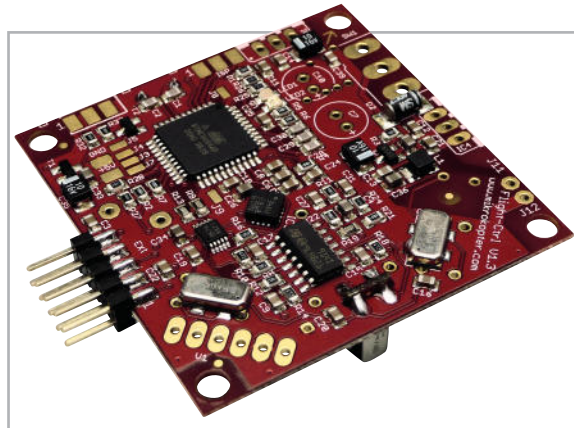
Die MikroKopter-Technik aus Moormerland ist inzwischen so perfekt, dass auch Profis, wie etwa die US-Luftbildfirma „perspectiveAerials“, diese Fluggeräte kommerziell nutzen. Was steckt Technisches dahinter? Dazu sei vorab gesagt: Der Elektroniker und Programmierer findet bei diesem Thema eine geradezu unendliche technische „Spielwiese“ vor, bei der das eigentliche Fliegen manchmal fast zur Nebensache wird. Denn sowohl Schaltungen als auch Software werden offen gelegt, wenngleich deren kommerzielle Nutzung separaten Bestimmungen unterliegt!

### Herz und Hirn: Flight-Ctrl und Co.

Intelligenter Kern ist die „Flight-Ctrl“ (Abbildung 5). Auf dieser Hauptplatine befinden sich die wichtigsten Steuerungs-

elemente des MikroKopters, der Prozessor und die Sensoren wie Gyroskope, Beschleunigungs- und Luftdrucksensor. Die Platine gibt es in zwei Versionen, der hauptsächliche Unterschied besteht in der Bestückung mit unterschiedlichen Gyroskopen. Die Version 2.0 ME ist mit sehr hochwertigen MEMS-Gyroskopen bestückt, die äußeren Einflüssen wie Temperatur besser widerstehen als einfachere Piezo-Gyroskope, wie sie etwa auch bei den preiswerten Modell-Hubschraubern zum Einsatz kommen. So kann man z. B. ohne Aufwärmzeiten sofort fliegen, auch starker Sonnenschein oder plötzliche Abkühlung im Schatten machen dieser hochmodernen Gyroskop-Version nichts aus.

Die Aufgaben der Steuerung sind umfangreich. Natürlich muss sie zunächst die Signale der Funkfernsteuerung auswerten, die von einem separaten Fernsteuerempfänger kommen. Ein wesentlicher Unterschied zur herkömmlichen Signalausgabe des RC-Empfängers: Die Flight-Ctrl benötigt das PPM-Summensignal, das nicht jeder Fernsteuerempfänger nach außen liefert. Eine ausführliche Kompatibilitätsliste und spezialisierte Empfängerangebote aus dem Shop machen jedoch die Auswahl einfach. Mit dem Summensignalerzeuger „Quadro PPM“ ist zudem die Umrüstung bestehender Empfänger möglich.



**Bild 5:** Um sie dreht sich im Wortsinn alles – die zentrale Steuerungsplatine Flight-Ctrl, hier die Version 1.3.

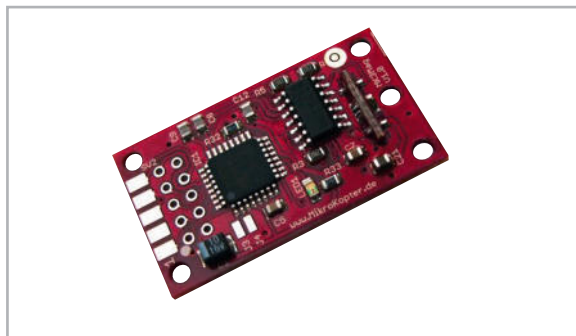


**Bild 4:** Die MikroKopter-Internetseite lässt keine Frage zum Thema offen, und eine riesige Gemeinde sorgt neben den Betreibern für höchste Aktualität.

Mittels der genannten Sensoren ermittelt der Controller der Steuerung die Beschleunigungsraten und Drehgeschwindigkeiten der drei Raumachsen, optional die Flughöhe (über den Luftdrucksensor), berechnet daraus die aktuelle Fluglage und steuert die Motoren an. Entsprechend der zuvor über einen USB-zu-RS232-Konverter vorgenommenen Programmierung bzw. Parametrierung der Steuerung (darauf kommen wir noch) wird der MikroKopter in die Lage versetzt, sich selbstständig zu stabilisieren.

Die selbstständige Stabilisierung kann bei Bedarf noch perfektioniert werden, indem man ein separates Kompassmodul mit einem 3-Achsen-Magnetfeldsensor (Abbildung 6) mit Neigungskompensation anschließt. So hält das Fluggerät immer automatisch eine bestimmte Flugrichtung ein – für Einsteiger zu empfehlen! Das Kompassmodul leistet auch nützliche Dienste, falls man das Modell später mit GPS ausrüsten möchte. Dank eines eigenen leistungsfähigen ATmega-Controllers zieht es keine Rechenkapazität vom Hauptcontroller ab.



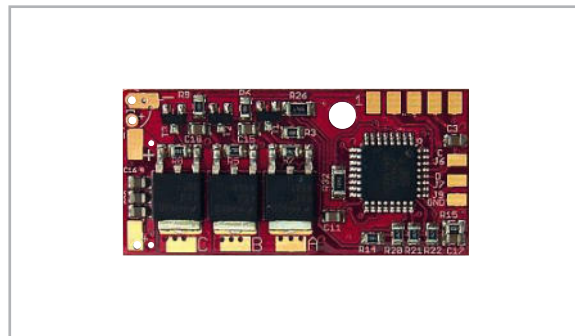


**Bild 6:** Das 3-Achsen-Kompassmodul für die Realisierung eines neigungskompensierenden Kompasses

Eine weitere Aufgabe der Steuerung ist die Ansteuerung der ebenfalls separaten Motorregler für die Brushless-Motoren (brushless – bürstenlose Gleichstrommotoren). Abbildung 7 zeigt einen solchen Controller, auch dieser verfügt über eigene Intelligenz in Form eines ATmega-Controllers. Leistungsfähige und vor allem schnelle FET-Ansteuerstufen sorgen für umgehende Weitergabe der Steuerbefehle an die Motoren, die jeweils bis zu 25 A Spitzenlast aufnehmen dürfen. Schließlich überwacht die Flight-Ctrl auch die Spannung des Akkus und warnt weithin hörbar vor Unterspannung. Je nach Version verfügt die Flight-Ctrl zusätzlich über einen oder fünf Servoausgänge, so dass man via RC-Sender auch z. B. Schwenk-/Neigeservos für eine angebrachte Kamerahalterung, einen Kameraauslöser o. Ä. steuern kann. Denn eine der Hauptaufgaben wird von den meisten Nutzern darin gesehen, mit dem leicht steuerbaren und stabil auf der Stelle stehenden MikroKopter Luftaufnahmen machen zu können. Überhaupt, im Wesentlichen gibt es zwei Nutzergruppen – die der sportlich veranlagten Fun-Flieger, die auch gern Kunstflüge absolvieren, und die der Fotoflieger. Entsprechend unterschiedlich fallen denn auch die mechanischen Konzepte beider Gruppen aus. Während die eine Wert auf geringstes Gewicht, Kompaktheit und höchste Agilität legt, richtet die andere ihr Hauptaugenmerk auf absolut stabile Flugeigenschaften, hohe Traglast und perfekte Kommunikation, meist sogar direkt zur Kamera. Auch die bereits genannten weiteren Multikopter-Konzepte sind ähnlich aufgebaut. Für den, der keine fertig bestückten SMD-Platinen kaufen und eine solche Flugsteuerung komplett selbst aufbauen will, sei mehr als ein Blick auf das QuadroControl-Projekt [4] empfohlen. Auch diese Steuerung ist sehr hoch entwickelt, sie hat einen ACC-Beschleunigungssensor an Bord, der stets für eine stabile Fluglage sorgt, kann flexibel mit preiswerten Piezo-Gyros oder den hochwertigen MEMS-Gyros bestückt werden, ein Stromverteiler für die Stromzuführung zu den Motorreglern ist integriert. Da auf den Einsatz schwierig zu handhabender SMD-Bauteile verzichtet wurde, ist diese Steuerung eine kostengünstige Lösung für den, der von Beginn an alles selbst löten will.

### Bausatz oder Eigenbau?

Bereits mit den bisher genannten Komponenten, wobei schon das Kompassmodul zum Einstieg nicht unbedingt notwendig – obschon empfehlenswert – ist, kann man eine „flugfähige“ Steuerung aufbauen.



**Bild 7:** Leistungsfähige Motorregler mit eigener Intelligenz steuern die bürstenlosen Motoren an.

Ob man das eigentliche Modell als kompletten Bausatz (siehe Abbildung 3) anschafft, es aus den angebotenen Einzelteilen selbst zusammenstellt oder gar komplett selbst baut, ist jedem selbst überlassen.

Viele Multikopter-Piloten fliegen tatsächlich mit Eigenkonstruktionen, deren Materialien im Wesentlichen aus dem Baumarkt und dem Drachenshop stammen. Die Galerie in [3] gibt hierzu ausreichend Anregungen. Daneben gibt es aber auch sehr ausgefeilte Rahmenkonstruktionen, die keinen Wunsch mehr offen lassen, z. B. bei [5]. Wir haben einen kompletten MikroKopter-Bausatz mit der Flight-Ctrl 1.3 aufgebaut und hier lediglich noch eine Haube samt Akkuträger aus [6] sowie einen MikroKopter-Stromverteiler ergänzt. Als RC-Anlage kam eine normale 7-Kanal-Anlage von Graupner zum Einsatz.

Für das Landegestell haben wir eine Eigenkonstruktion mit GFK-, Karbon- und Alu-Teilen aus dem Drachenshop gewählt. Sie schützt auch die Kamera-Traglast.

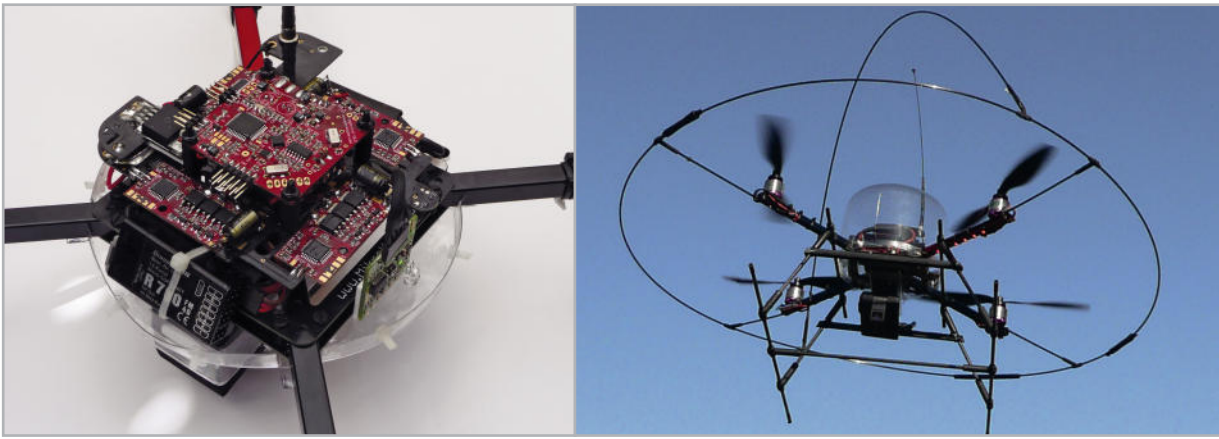
Schließlich haben wir für die ersten Flugversuche einen GFK-„Rettungsring“ gebaut, das erspart am Anfang zumindest einige Luftschrauben-Schäden und bei einem Absturz auch größere Schäden am Fluggerät selbst. Die Schutzvorrichtung kann mit ein paar Handgriffen wieder abgenommen werden.

Die Ideen zu diesen Eigenbau-Ergänzungen stammen allesamt aus der o. a. Galerie, die einen wahrhaft unerschöpflichen Ideenfundus der kreativen Erbauer dieser Fluggeräte darstellt. Inzwischen sind hier hunderte Aufbaustories, tausende Bilder und zahlreiche Bau- und Flugvideos hinterlegt. Abbildung 8 zeigt die fertig aufgebaute Technik, die von einem leichten und leistungsfähigen LiPo-Akku versorgt wird. Den Aufbau kann man durchaus an einem Wochenende schaffen.

Wer übrigens tatsächlich nur fliegen und nicht bauen will, findet im Internet-Handel, z. B. unter [7], flugfertig aufgebaute und eingestellte Kompletmodelle anderer Hersteller.

### Vor dem Fliegen: Parametrieren via PC

Da es sich bei dieser Art Modell in der Tat prinzipiell um einen fliegenden Rechner handelt, der zahlreiche Möglichkeiten der Programmierung seiner Aufgaben bietet, liegt es natürlich nahe, diese Fähigkeiten für einen detaillierten, individuellen „Abgleich“ der Technik zu nutzen, um optimale

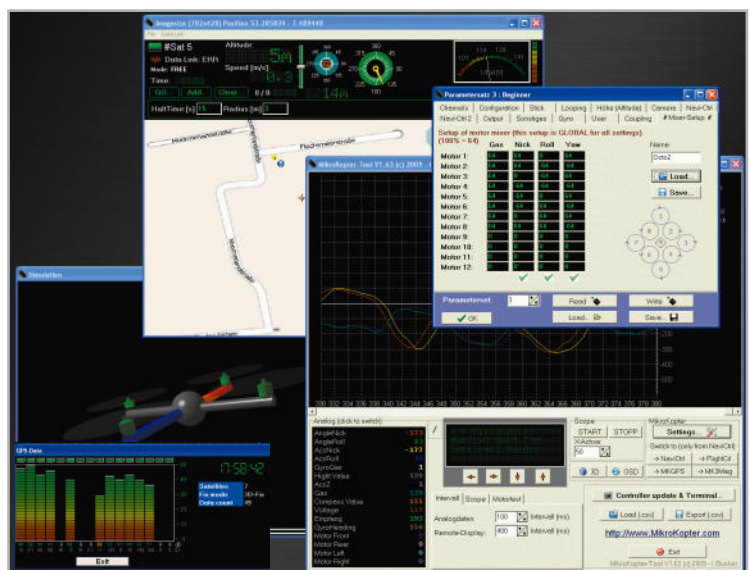


**Bild 8:** Die fertig aufgebaute Elektronik in der Grundausstattung mit Fernsteuer-Empfänger. Im Unterteil der Abdeckhaube ist der Akku in einem Fach verstaut. Eine zusätzliche Akku-Kontrollplatine ermöglicht die Einzelzellenkontrolle und Akkuwarnung mit einem besonders weit sichtbaren Blitzler. Rechts der Erstflug des kompletten Modells mit Abdeckung, Eigenbau-Landegestell und „Retterring“ für die ersten Flüge.

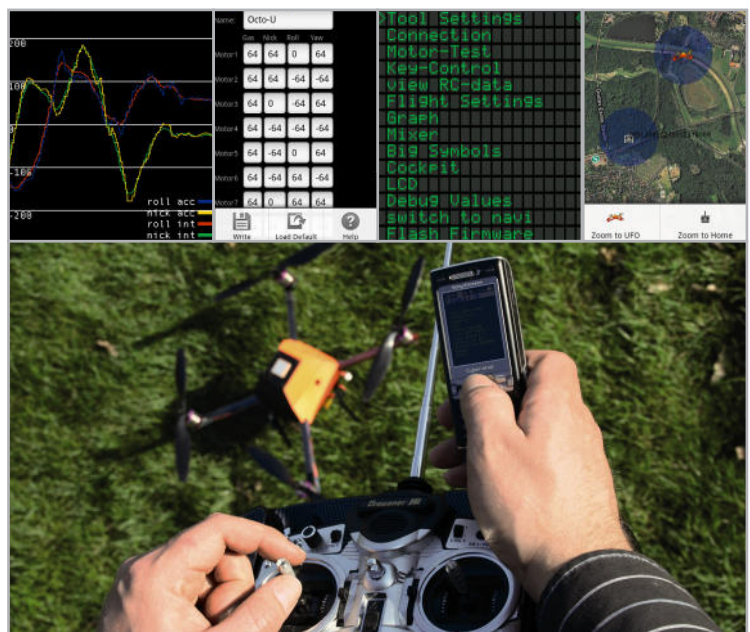
Flugeigenschaften einstellen zu können, angepasst an die jeweilige Aufgabe, die Fernsteuerung und die Umgebungsbedingungen. Dazu verfügt die Flight-Ctrl über eine UART-Schnittstelle, an die ein USB-Interface angeschlossen wird (zum allgemeinen Thema USB-UART-Umsetzer finden Sie einen separaten Artikel in diesem Heft). Das stellt die Verbindung zu einem PC her, auf dem ein Programm zum Parametrieren, Flashen und Debuggen der Steuerung installiert ist. Dieses nennt sich bei HiSystems „MikroKopter-Tool“ (Abbildung 9). Es läuft unter MS Windows, für Apple Mac und Linux-Systeme gibt es ähnliche Programme. Besonders interessant ist hier das DUBwise-Projekt (ebenfalls auf [3] zu finden), das die gleichen Aufgaben und zusätzlich die Fernsteuerung des Modells auf Windows-Mobile- bzw. Android-Geräten, z. B. Handys, erledigen kann. Hier ist sogar eine Sprachausgabe für aktuelle Flugparameter integriert, ein künstlicher Horizont ist ebenso verfügbar wie die Möglichkeit, GPS-Dienste mit einzubeziehen. Abbildung 10 zeigt u. a. einige Screenshots dazu.

Doch zurück zum MikroKopter-Tool. Von hier aus sind alle Einstellungen der Steuerung zu erledigen (Parametrierung). Man kann die Fernsteuerung perfekt an die Reaktionen des Modells anpassen, so gibt es u. a. auch Standard-Einstellungen für Flug-Anfänger und sportliches Fliegen. Alle relevanten Baugruppen des MikroKopters sind von hier aus direkt erreichbar- und einstellbar, so kann man bei der GPS-Aufrüstung u. a. auch den GPS-Datenempfang kontrollieren. Über verschiedene Monitore sind die Reaktionen des Modells auf Steuerbefehle detailliert darstellbar, man ist so in der Lage, alle Parameter genau aufeinander abzugleichen. Damit Anfänger mit der Vielfalt der Möglichkeiten nicht überfordert sind, gibt es, wie gesagt, Standardeinstellungen, aber auch zahlreiche weitergehende Informationen in dem zugehörigen Wiki und im Forum.

Eine sorgfältige Parametrierung vor dem ersten Start ist nicht nur unerlässlich, da man sonst im schlimmsten Fall ein unfliegbares Modell hat, sie gibt auch die Sicherheit, dass man bald eine sehr sichere Fluglageregelung hat. Es empfiehlt sich, das Programm auf einem tragbaren Computer zu installieren, um letzte Einstellungen auch direkt auf dem Flugfeld vornehmen zu können, Insider nennen das „Settings erfliegen“.



**Bild 9:** Universalwerkzeug „MikroKopter-Tool“ für Parametrierung, Update, Telemetrie, GPS. Sogar eine 3D-Anzeige zur aktuellen Einstellung der Fluglage gibt es.



**Bild 10:** Drahtlos via Bluetooth parametrieren und überwachen – das DUBwise-Projekt macht's per Handy möglich.





Bild 11: Perfekte Überwachung des Flugzustands per Telemetrie

Übrigens ist hierüber auch ein Flashen der Firmware der einzelnen Mikrocontroller möglich, sehr praktisch! Aber das Tool kann noch mehr! Es verfügt über ein OSD-System, mit dem sich sowohl aktuelle Parameter (Telemetrie-daten) des Modells wie Akkuzustand, Flughöhe, Geschwindigkeit, Abstand zum Startort u. v. a. m. anzeigen lassen (Abbildung 11) als auch der GPS-Flug über frei auf einer Karte programmierbare Wegpunkte (Abbildung 12) planen und editieren lässt. So kann man nicht nur ständig alle wichtigen Zustände kontrollieren, sondern auch den „autonomen“ Flug des Modells per Wegpunkteingabe steuern bzw. diesen z. B. auf einer Google-Earth™-Karte am Bildschirm verfolgen. Doch dazu ist noch ein wenig mehr Technik mit an Bord des MikroKopters zu nehmen!

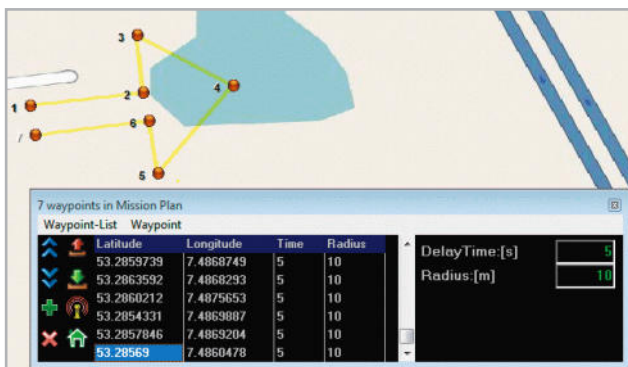


Bild 12: Das OSD-Tool ermöglicht die besonders einfache Routenplanung und das Editieren von Wegpunkten direkt auf einer eingela-denen Karte.

## Programmierter Alleinflug per GPS

Mittels der drei Nachrüstmodule „Navi-Ctrl“ (Navigationssteuerung), „MK3Mag“ (Kompassmodul) und „MKGPS“ (GPS-Receiver) lässt sich eine vollständige GPS-Navigationssteuerung nachrüsten. Abbildung 13 zeigt eine so aufgebaute Steuerung an einem Hexakopter. Durch das abgestimmte MikroKopter-Platinensystem ist die Nachrüstung sehr einfach in Sandwichbauweise zu erledigen.

Mit dieser Ausrüstung ist der MikroKopter bereits in der Lage, eine bestimmte, programmierbare Position anzufliegen und zu halten, Windeinflüsse aktiv zu kompensieren oder allein zum Startpunkt zurückzufliegen. Auch das automatische Abfliegen einer zuvor via MikroKopter-Tool einprogrammierten Route mit mehreren Wegpunkten ist damit realisierbar. Über eine einsteckbare SD-Karte ist auch ein Loggen der zurückgelegten Strecke möglich – ein faszinierendes Betätigungsfeld!

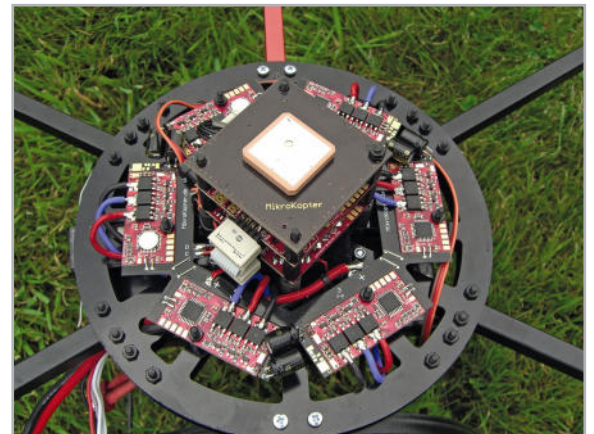


Bild 13: Ein komplett mit GPS und Kompass aufgerüsteter Hexakopter. Man erkennt deutlich das durchdachte, erweiterbare Sandwichsystem. Das Kompassmodul wird direkt auf dem Navi-Ctrl-Board montiert.

Richtet man eine aktive Datenverbindung zum MikroKopter (siehe nächster Abschnitt) ein, so kann man Wegpunkte sogar während des Flugs definieren, eine programmierte Route ändern usw. Was mit dieser Ausrüstung möglich ist, dokumentieren ein paar Videos auf der MikroKopter-Webseite, z. B. „Mission Rheinbach“.

## Daten-Link zum MikroKopter

Über einen ebenfalls einfach nachrüstbaren Funk-Datenlink kann man auch eine drahtlose Verbindung zum MikroKopter aufbauen. Dies kann entweder durch ein Bluetooth-Modul oder über eine recht weit reichende ISM-Datenverbindung erfolgen. Dabei wird einfach nur eine drahtlose UART-Datenverbindung zwischen Flight-Ctrl und Computer aufgebaut. Damit ist sowohl die Übertragung von Parametern ohne Kabelverbindung als auch die Übertragung von GPS-Wegpunkten und von Flugdaten zum OSD-System, aber auch die eigentliche Steuerung vom Handy aus per Bluetooth-Verbindung möglich.

Wer nur die Flugdaten empfangen und angezeigt haben und keinen Computer mit auf das Flugfeld mitnehmen will, dem eröffnet sich diese Möglichkeit über das 2,4-GHz-Jeti-Fernsteuersystem (siehe Shop in [3]). Hier gibt es einen direkt an das Duplex-Sendemodul ansteckbaren Monitor, die Jeti-Box, die alle wichtigen Flugparameter übersichtlich anzeigt (Abbildung 14). Dabei werden alle Informationen im Rahmen der Fernsteuerungsverbindung mit übertragen, ein Vorteil des 2,4-GHz-Systems.





**Bild 14:** Die Jeti-Box holt sich alle wichtigen Flugparameter aus dem Datenstrom zwischen 2,4-GHz-Sender und Empfänger und zeigt diese direkt an.

## Fliegende Kameras

Wohl jeder Multikopter trägt früher oder später eine Kamera – zu faszinierend ist es, eigene Luftbilder (natürlich im rechtlichen Rahmen!) herzustellen! Natürlich eignet sich der MikroKopter auch dazu. Hierfür sind spezielle, hohe Landgestelle ebenso verfügbar wie sogar in zwei Achsen fernsteuerbare Kameraträger, die einfach unter das Fluggerät geschraubt werden. Zwei Servos kompensieren, gesteuert von der Flight-Ctrl und parametrierbar über das MikroKopter-Tool, die Bewegungen des Fluggerätes, so dass die Ausrichtung der Kamera in der Luft (in den einstellbaren Grenzen) unabhängig von der Fluglage des MikroKopters bleibt.

Über zusätzliche Fernsteuerkanäle sind diverse Kameramodelle vom Boden aus steuer- und auslösbar, entweder per Kamera-Kabelanschluss oder IR-Steuerung (siehe auch [7]). Die größeren MikroKopter können sogar die relativ schweren Spiegelreflexkameras tragen, freilich unter Einbuße an Flugzeit, denn das hohe Gesamtgewicht zehrt am Akku.

Abbildung 15 zeigt zwei Kameramontagen und mit dem MikroKopter gemachte professionelle Luftbilder. Viel mehr davon ist in der Video- und Bildergalerie von [3] zu sehen.

Ach ja, abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch der Multikopter, bestückt mit einer Kamera, FPV-geeignet ist. So kann man den eleganten Flug auch direkt aus Pilotensicht (siehe Titelbild) genießen! Wie das geht, haben wir ja schon diskutiert.

Allein das macht schon Appetit, sich dieser höchst technisch ausgerichteten Modellsportart zuzuwenden!

Es ist faszinierend, wie hier Schritt für Schritt einige Mikrocontroller fliegen lernen und man in der Lage ist, auf höchstem technischen Niveau mit vergleichsweise geringem materiellen Aufwand ein Fluggerät zu bewegen, das sogar professionellen Ansprüchen genügt und den Techniker ständig dazu anregt, immer weiterzudenken. Und sofort fällt einem die noch fehlende Hinderniserkennung ein, so dass der GPS-Flug auch mit eigenständigem Umfliegen von Hindernissen erfolgen kann. Erste Ansätze gibt es dazu bereits im Rahmen des Arduino-Projekts.

Abschließend zu diesem Thema sei noch einmal darauf hingewiesen, dass auch der Multikopter ein Flugmodell im Sinne des Gesetzes ist, also die bereits im ersten Teil gemachten Ausführungen zu Flugsicherheit und Versicherungspflicht auch hier vollinhaltlich gelten. **ELV**



**Bild 15:** Mit einer solchen professionellen Kamerahalterung (oben) mit Nick-/Roll-Steuerung gelingen Top-Luftbilder. (Luftbild: BerlinVR.de)

Unten die FCO III (siehe Teil 1) in Aktion. Sie ermöglicht über den ansteckbaren Videosender auch einen Videolink zum Boden und ist über eine eigene Datenverbindung fernsteuerbar.



### Links:

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Curtiss-Wright\\_X-19\\_flying.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Curtiss-Wright_X-19_flying.jpg)
- [2] <http://paparazzi.enac.fr>
- [3] [www.mikrokopter.de](http://www.mikrokopter.de)
- [4] [www.qc-copter.de](http://www.qc-copter.de)
- [5] [www.powerframe.de](http://www.powerframe.de)
- [6] [www.megaskoptershop.de](http://www.megaskoptershop.de)
- [7] [www.lipoly.de](http://www.lipoly.de)

### Weitere interessante Links zum Thema:

- [www.fpv-community.de](http://www.fpv-community.de)
- [www.armokopter.at](http://www.armokopter.at)
- [www.info.tt-rc.de](http://www.info.tt-rc.de)
- [www.vimeo.com/4778859](http://www.vimeo.com/4778859)
- [www.cadmicopter.de](http://www.cadmicopter.de)
- [www.uavp.ch/moin](http://www.uavp.ch/moin)
- [www.aeroquad.info](http://www.aeroquad.info)
- [www.intellicopter.de](http://www.intellicopter.de)
- [www.asctec.de](http://www.asctec.de)
- [www.microdrones.com](http://www.microdrones.com)
- [www.diydrones.ning.com](http://www.diydrones.ning.com)

# Lernpaket Mikrocontroller-Technik mit Bascom

Einen Artikel zu dem Thema finden Sie in diesem Heft auf Seite 54

Dieses Lernpaket bietet Ihnen eine einfache und experimentelle Einführung in den Basic-Compiler Bascom AVR. Bascom erfreut sich nicht nur bei Einsteigern, sondern auch bei Entwicklungsprofis immer größerer Beliebtheit und stellt inzwischen schon fast einen Basic-Standard bei AVR dar.

- Mikrocontroller-Grundlagen
- GPS-Daten auslesen
- ATmega88: Eigenschaften und Anwendung
- Den USB-Brückenchip FT232RL einrichten und anwenden
- Bascom-Programmierkurs
- Ein-/Ausschaltverzögerung
- Temperaturschalter
- Kapazitätsmessgerät
- Min./Max.-Thermometer
- Schuluhr mit RTC
- Temperatur-Logger mit LM335
- 8-Kanal-Digitalvoltmeter

- Diodentester
- Morsecode-Decoder
- WC-Lüftersteuerung
- Datenaustausch über VB.NET und AVR
- Frequenzzähler
- Sensortaster
- Statemaschine
- Daten aufzeichnen mit StampPLOT
- Digitales Speicheroszilloskop

Sie erhalten genaue Anweisungen, Zeichnungen, Datenblätter und Fotos zum Aufbau der Versuche. Zu jedem Versuch gibt es einen Programmcode auf CD, den Sie selber auf der mitgelieferten Hardware testen und nachvollziehen können. Diverse Software-Tools zur Programmentwicklung runden die CD-ROM zum Buch ab.

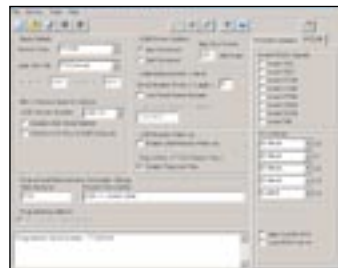
Lernpaket Mikrocontroller  
JB-883-89 € 59,95



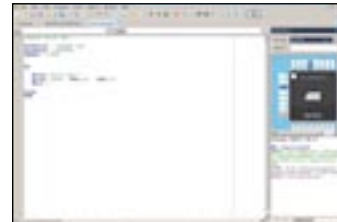
€ 59,95



Das Hauptmenü der Begleit-CD mit allen mitgelieferten Software-Bestandteilen des Lernpakets



Über MProg kann der FTDI-Chip seiner Aufgabe gerecht angepasst werden.



Die Entwicklungsumgebung (IDE): rechts die praktische Erläuterung der Pinbelegung des AVR-Controllers



So einfach geht das Programmieren des AVR dank Bootloader – ein Klick genügt.

# Drahtlos Energie übertragen – das große Lernpaket Tesla-Energie

Mit diesem Lernpaket erarbeiten Sie die Grundlagen der Hochfrequenztechnik am Beispiel der legendären Ideen und Patente des großen Erfinders Nikola Tesla. Sind seine Visionen einer drahtlosen Energieübertragung real umsetzbar? Experimentieren Sie selbst und bilden Sie sich ein Urteil. Wer diese Versuche durchgearbeitet hat, durchschaut auch komplexe Zusammenhänge der HF-Technik.

## Das komplette Lernpaket zur Tesla-Energie

- Mit Laborsteckbrett und 16 elektronischen Bauelementen
- Experimentierbuch auf CD-ROM
- 32 Seiten Versuchsanleitung

## Ausführlich beschriebene Experimente

Sie erhalten neben Theorie exakte Anweisungen, Schaltpläne und Aufbaufotos zu jedem Versuch.

## Verblüffende Effekte

Überraschen Sie Ihr Umfeld mit besonderen Effekten: Eine LED leuchtet ohne

leitende Verbindung mit einer Batterie. Offene Stromkreise leiten scheinbar entgegen den bekannten Gesetzen der Elektrizitätslehre. Sie schließen einen Resonanzkreis kurz, und an anderer Stelle leuchtet eine LED auf.

- Quarzoszillator und HF-Leistungsverstärker
- Schwingkreise, Resonanzversuche
- HF-Indikatorschaltungen mit superhellen LEDs
- Dipmeter-Versuche mit gekoppelten Kreisen
- Ein amplitudenmodulierter Kurzwellensender
- Magnetische und elektrische Resonanzkopplung
- Energieübertragung auf Eindrahtleitungen
- Aufbau eines leistungsfähigen Tesla-Generators mit 70 cm Funkenlänge
- Energieübertragung von 20 Watt nach Tesla/Wahl

Lernpaket Tesla  
JB-941-20 € 49,95 € 19,95



€ 19,95



## Mehr Wissen in Elektronik

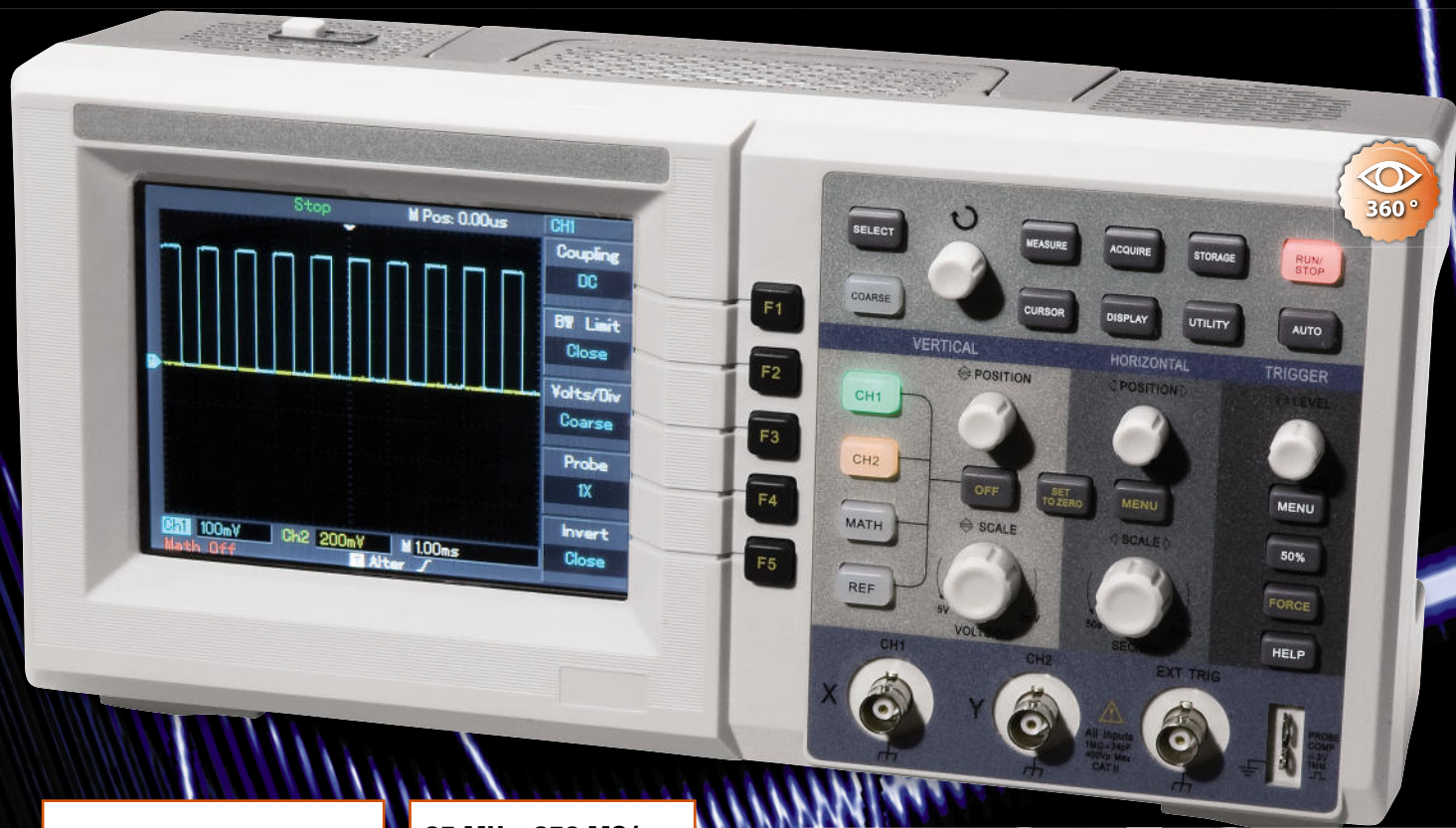
Viele weitere Lernpakete, spannende Bausätze und Fachbücher rund um Elektronik finden Sie im Web-Shop:

[www.bausaetze.elv.de](http://www.bausaetze.elv.de)



# Messtechnik der nächsten Generation!

## Digital-Speicheroszilloskop mit USB-Speicherport und PC-Steuerung



- Color-Bildschirm
- USB-Speicherport
- Inklusive 2 Tastköpfen

25 MHz, 250 MS/s  
JB-803-86 € 349,-

60 MHz, 500 MS/s  
JB-829-80 € 449,-

ab € **349,-**

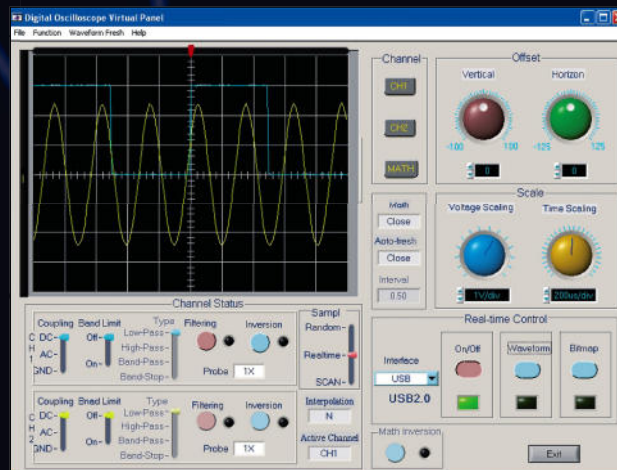
### Der preisgünstige Allrounder für Labor, Service, Produktion und Hobby!

- Großer Color-Bildschirm mit 145-mm-Diagonale, 320 x 240 Pixel
- Enormer Funktionsumfang und einfache Bedienung durch Automatikfunktionen!
- Mit Speicherfunktion für Einstellungen, Mess-Signale und komplette Screenshots
- Umfangreiche Datenaufzeichnung auf dem PC möglich
- Komplette Fernsteuerung per PC über serielle Schnittstelle
- Kompakt und leicht: nur 320 x 150 x 130 mm (B x H x T), 2,6 kg

Weitere Infos in unserem Web-Shop.

#### Die Features im Überblick:

- Echtzeit-Datenerfassung mit bis zu 250 MS/s
- 1 MB Speichertiefe
- Auto-Set-Funktion (Signal und Einstellung)
- vielseitige Triggermöglichkeiten
- FFT-Analyse
- diverse Rechenfunktionen
- zoombare Displayansicht zur detaillierten Analyse
- automatische Ermittlung und Anzeige von bis zu 19 Signalparametern
- automatische Messwertanzeige der Cursor-Position (Direkt-Cursor)
- Speicherung und Abruf von Signalverläufen und Geräteeinstellungen intern
- Datenübergabe an und Fernsteuerung über PC mittels serieller und USB-Schnittstelle
- Onboard-Hilfe



Lieferung mit PC-Software (RS232), Tastspitze 1:1/10:1, Netzkabel und deutscher Bedienungsanleitung