

SPANNUNG

- aber sicher!

Von Profis lernen:

- Gerätesicherheit
- Steckernetzteile
- µC in Hausgeräten

- **Universelle SPI-
Programmierbox**

- **Akku-Checker
mit PC-Anschluss**

**Workshop:
Halogen-Power**

Schockierend!

**Weidezaungenerator
mit 555**



Wer schon auf die nächsten Themen in ELEKTOR gespannt ist, der findet bei www.elektor.de unter „Zeitschrift“ nicht nur die Vorschau aufs nächste Heft, sondern auch den Themenplan fürs ganze Jahr. Und wer wissen möchte, an welche Themen die Redaktion sonst noch denkt, der klickt auf unserer Homepage in der rechten Spalte einfach auf „Autoren und Themen“. Im Themenplan steht für diese Ausgabe „Stromversorgung und Sicherheit“.

Sicher nützliche und wichtige Themen – aber auch spannend? Durchaus – wenn man die richtigen Ideen und Autoren hat! Den Beweis liefert in diesem Heft Martin Ossmann. In seinen beiden Artikeln analysiert er mit Fachverstand und detektivischem Spürsinn, was sich industrielle Entwickler einfallen lassen, um Sicherheit, Leistung und Ökonomie miteinander zu verbinden.

Um diese Themen ging es auch in der Reportage über die Elektronik-Entwicklung beim bekannten Hausgeräte-Hersteller Miele in Gütersloh. Allerdings mussten wir keine Waschmaschinen zerlegen, um den dortigen Entwicklern auf die Schliche zu kommen. Sie haben uns Ihre Tools und (einige) Tricks in großer Offenheit freiwillig verraten, und für ELEKTOR standen (fast) alle Türen offen. Dass Miele mit dem M16C von Renesas einen engen Verwandten des R8C aus unserem Dezember-Heft verbaut, wussten wir übrigens vorher auch noch nicht.

Für die Redaktion spannend gestaltete sich die Überarbeitung der „Sicherheits-Seite“. Sie war seinerzeit von einem externen Expertenteam erstellt worden und sollte jetzt natürlich ebenso kompetent an die aktuellen (europäischen) Richtlinien angepasst werden. Diesmal zog sich aber die Experten-Suche unerwartet in die Länge, und gerade noch rechtzeitig fürs „Sicherheits-Heft“ wurden wir an einer nahe gelegenen Fachhochschule „fündig“. Das Ergebnis ist auf Seite 75 zu sehen.

Für die mit Abstand höchste Spannung in diesem Heft sorgt aber mit bis zu 20 kV der Weidezaugenerator auf Seite 50...

Ernst Krempelsauer



Wie muss man eine Schaltung bauen, damit sie während des Betriebs „sicher“ ist? Um das herauszufinden, haben wir einige Geräte aufgeschraubt. Interessant, zu welchen Lösungen Profis kommen, wenn Kostendruck und Miniaturisierungszwang herrschen...

18

Sicher & preiswert – Beobachtungen an Elektronikgeräten

28 Amperestunden-Kontrollleur

Von den vielseitig einsetzbaren AA-Akkus sind unzählige unterschiedliche Typen auf dem Markt. Die Kapazitätsangaben sind allerdings mit Vorsicht zu bewerten. Unsere Schaltung findet heraus, wie hoch die Kapazität einer Zelle wirklich ist und ob diese nicht schon nach wenigen Ladezyklen schwindet!



32 Universelle SPI-Box



Viele Mikrocontroller sind zur Programmierung mit einer SPI-Schnittstelle ausgestattet. Die Ansteuerung über eine serielle PC-Schnittstelle und ein paar zusätzliche Bauteile ist preiswert, aber langsam. Besser geht's mit unserer SPI-Box, die selbst an einem USB/Seriell-Konverter annehmbare Geschwindigkeiten bietet.

54 Entwickeln für Millionen



Nicht nur in unseren Schaltungen, auch in hunderttausendfach verkauften Elektrogeräten stecken Mikrocontroller und ausgefeilte Programme. Doch wie entwickeln Profis, wenn es um sechsstelligen Stückzahlen geht? Wir haben den bekannten Hausgerätehersteller Miele besucht - und interessante Entdeckungen gemacht!

Grundlagen

40 Synchronisierung mit Taktgefühl

Praxis

- 28** Amperestunden-Kontrollleur
- 32** Universelle SPI-Box
- 46** FPGA-Kurs (1)
Die ersten Schritte ...
- 50** Elektrozaun-Generator
- 64** Workshop: Halogen-Power
- 69** Entwicklungstipps:
Handy-Codeschloss, Akkuhalter,
Alu-Glanz, Elkos formieren,
Ringkern-Drahtmenge

Technik

- 18** Sicher & preiswert -
Beobachtungen an Elektronikgeräten
- 22** Enthüllungen über Steckernetzteile
- 54** Entwickeln für Millionen
- 59** Laborgeflüster: 0805 und BGA
- 60** Der Siegeszug des 6502
- 72** E-blocks: Wellen mit C
- 76** Radio hören mit Matlab

Info & Markt

- 6** Impressum
- 8** Mailbox
- 12** elekTermine
- 13** News
- 75** Elektrische Sicherheit
- 84** Vorschau

Infotainment

- 78** Hexadoku
- 79** Retronik

Von Lesern für Leser

Unter diesem Titel veröffentlichen wir in der Rubrik MailBox Schaltungen und Ideen von Lesern, die aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, thematische Spezialisierung o.ä.) nicht zu einem Elektor-Projekt geführt haben beziehungsweise noch entwickelt werden müssen. Diesmal geht es aber um ein Lesprojekt, das eine Alternative zu einem bereits in ELEKTOR veröffentlichten Bauvorschlag darstellt.

Nostalgie-Telefon schnurlos

Mit viel Freude habe ich im Januar-Heft den Artikel „Nostalgie-Telefon als Handy“ gelesen. In der Schaltung kommen aber mehrere Spezialbauteile zum Einsatz, die möglicherweise nicht so einfach zu beschaffen sind. Anstelle des vermutlich nicht ganz billigen GSM-Moduls kann man auch ein normales Handy benutzen. Handys (von sehr alten Exemplaren abgesehen) haben eine serielle Schnittstelle, über die sie mit AT-Befehlen bedient werden können. Hör- und Sprechkapsel können als Headset angeschlossen werden.

Beim dem im Folgenden beschriebenen Umbau eines alten Telefons zu einem schnurlosen Telefon stand auch ich vor dem Problem, den Wechselstrom-Wecker des Telefons irgendwie mit der zur Verfügung stehenden Batteriespannung zu betreiben. Da meine Bastelkiste keinen Boostkonverter hergab, probierte ich die hier angegebene Schaltung mit einem NE555 und einem MAX232.

Der Telefonwecker wird an die RS232-Ausgänge des MAX232, von dem es bekanntlich auch eine 3,3-V-Variante gibt, angeschlossen. Der NE555 erzeugt an Pin 3 ein Rechtecksignal von ca. 26 Hz, das an den einen Treibereingang des MAX232 direkt und an den anderen durch den Transistor regiert herangeführt wird (die Treibereingänge des MAX232 haben interne Pullup-Widerstände).

Zwischen den beiden Treiberausgängen entsteht so eine Spannung wechselnder Polarität von ca. 25 – 30 V (im Leerlauf gemessen). Dies reicht, um den angeschlossenen Wecker ordentlich und zuverlässig klingeln zu lassen. Ich habe es mit allen meinen alten Telefonen getestet.

Meine Variante des ELEKTOR-Projekts verwendet kein GSM-Handy,

sondern basiert auf dem schnurlosen Telefon Gigaset 2010 von Siemens. Kernstück der Zusatzelektronik ist ein PIC, der die Wählscheiben-Impulse interpretiert, das Abnehmen und Auflegen des Hörers überwacht und das Umschalten zwischen Hörer und externem Headset koordiniert. Der Mikrocontroller steuert zwei Analog-Multiplexer (4051 und 4052) an, die direkt mit den Anschlüssen der Tastenmatrix auf der Gigaset-Platine verbunden sind und so Tastendrücke simulieren.

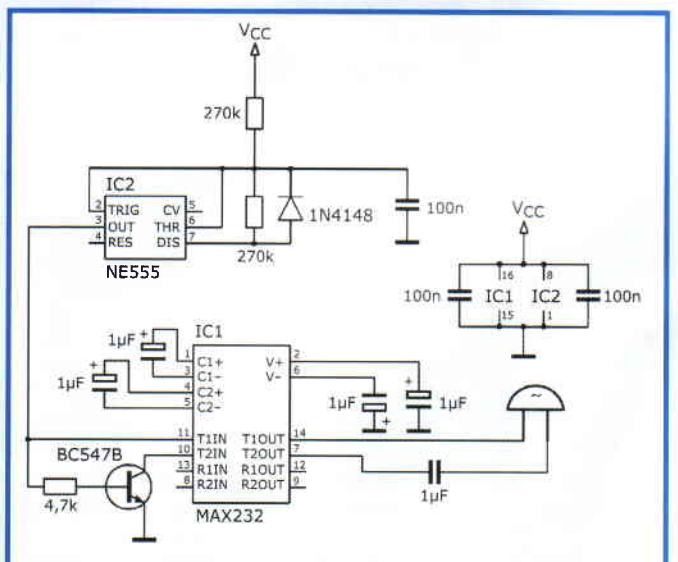
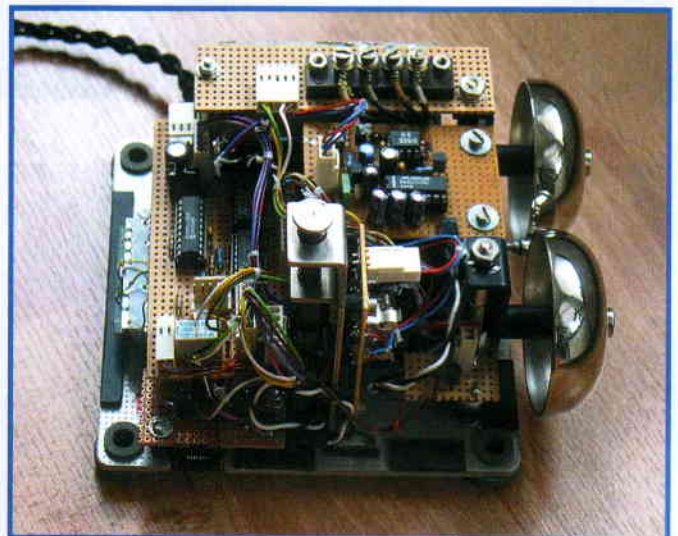
Die Ziffern der Wählscheibe sind doppelt belegt. Normalerweise entsprechen sie den Zifferntasten des schnurlosen Telefons. Außerdem ist jeder Ziffer eine Sondertaste (z.B. Wahlwiederholung, Kurzwahl usw.) zugeordnet. Um diese zu betätigen, muss man beim Wählen zusätzlich den roten Knopf (Amtholen-Taste) gedrückt halten. Das schnurlose Telefon ist damit vollständig über die Wählscheibe bedienbar. Die Tasten „Auflegen und Abnehmen“ werden durch die Telefongabel oder auch über die Sondertastenfunktion der Wählscheibe bedient.

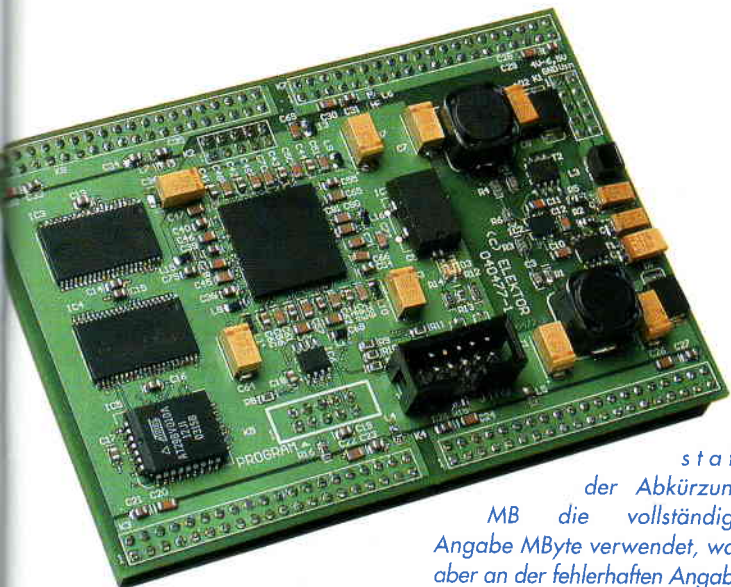
Auf der rechten Seite des Telefons (gegenüber vom Telefonhöreranschluss) befindet sich eine RJ45-Buchse. Dort kann man ein Headset oder ein Ladegerät anschließen.

Für den Betrieb benötigt das Telefon vier Mignon-Batterien oder -Akkus, die in ein Batteriefach in der Bodenplatte eingelegt werden. Die gesamte Zusatzelektronik benötigt im Ruhezustand (Klingel inaktiv, PIC im Sleep-Modus) nur wenige μA an Strom.

Markus Köchy

Weitere Fotos von Markus Köchys schnurlosem Antiktelefon gibt es als Download bei www.elektor.de (im Inhaltsverzeichnis zu Heft 04/2006 „MailBox“ anklicken).





Bits und Bytes

Bei Ihrem FPGA-Board werben Sie im März-Heft mit 8 MByte User SRAM. Im Schaltplan sehe ich allerdings zweimal den Baustein CY7C1041CV33, also ein 256Kx16 SRAM. Somit ist der gesamte Speicher nur 1 MByte (oder 8 Mbit) groß. Das Gleiche gilt auch für den Flash: Auch hier wird ein 128 k x 8 Baustein verwendet. Der Speicher ist somit gerade mal 128 kByte groß. Der Konfigurationsspeicher soll 4 MByte sein?

128 x 36 Bits sind leider auch nicht 4 MByte...

Da frage ich mich als treuer Leser schon:

Was ist hier passiert?

Das Board hätte technisch gesehen ein interessantes Projekt werden können. So ist es jedoch leider uninteressant und mit 250 € viel zu teuer.

Andreas Hellinger

Sie haben natürlich völlig Recht, was die Angaben zur Speichergröße betrifft. Der AT29BV010A ist ein 1-Mbit-Baustein, und die beiden RAM-Chips bringen es jeweils auf 4 Mbit (im Artikel-Text steht es auch richtig). Der Fehler ist entstanden, weil im Original des Beitrags für Megabit nicht die korrekte Abkürzung Mb, sondern MB verwendet wurde (wie so oft, siehe hierzu auch www.dewassoc.com/performance/memory/MB_vs_Mb.htm). MB bedeutet aber bekanntlich Megabyte. Bei der Übersetzung wurde dann zur Verdeutlichung

statt der Abkürzung MB die vollständige Angabe MByte verwendet, was aber an der fehlerhaften Angabe nichts ändert. Wir bedauern, dass die Redaktion diesen Fehler bei der Bearbeitung des Beitrags übersehen hat. Auf www.elektor.de wurde das noch vor dem Erstverkaufstag des März-Heftes (15. Februar) berichtigt.

Wir sind aber nicht der Meinung, dass das Board dadurch uninteressant wird. Die Speichergröße ist für den Zweck völlig ausreichend, ein Konfigurationsspeicher benötigt keine Megabytes. Das FPGA-Modul ist zwar nicht billig, aber keineswegs zu teuer, wenn Sie sich vergleichbare Angebote ansehen.

Kriminalfall Audioverstärker

Diese Geschichte einer Fehlersuche im Februar-Heft war spannend zu lesen, besonders für jemanden wie mich, der den größten Teil seines Berufslebens in Prüffeldern und Testteams (vom Dämmerungsschalter bis zum Intelsat) verbracht hat. Nur ein Aspekt bleibt offen oder ist zumindest ungenügend beschrieben: Warum hat die Kiste beim Entwickler Stefan Wicki (der doch ganz sicher kein Hwang-Koreaner ist) offenbar in mehreren Exemplaren einwandfrei funktioniert? Ein Gerät mit den bei Ihnen aufgetretenen Macken hätte er doch wohl kaum in die Öffentlichkeit gebracht. Also: was war in Aachen anders als in Aargau? Zumindest die Doppel-Aa's

können es nicht gewesen sein. Was war es also?

Helmut Zarzycki

Wir denken, diese Frage beantwortet die hier anschließende Stellungnahme des Autors mit dem Kommentar des zuständigen Redakteurs.

CDAMP – eine Nachlese

Gegen den Bericht über meinen Verstärker („Kriminalfall Audioverstärker“ in ELEKTOR 2/2006, Anm.d.Red.) habe ich einige Einwände:

- Sie zeigen alle Kurvenformen asymmetrisch gegen GND gemessen, das interessierende Signal (das an den Lautsprecher gelangt) ist aber das symmetrische (differenzielle Signal). Dies müssten Sie meiner Meinung nach auch klar so beschriften, sieht man nur die Kurvenformen, so meint man ja das sei ein absoluter „Scheißverstärker“. Man müsste mindestens eine symmetrische Kurvenform im Zeitbereich darstellen.

- Ich kann mir nun die Verzerrungen in der asymmetrischen Kurvenform erklären: Die Verzerrungen geschehen bei der Umsetzung der Eingangspulse zum Schaltverhalten der FETs:

1. Die Totzeit verursacht Verzerrungen
2. Die Einschaltzeit und Ausschaltzeit der Transistoren ist unterschiedlich und

strom- bzw. amplitudenabhängig.

3. Der High-Side-Transistor wird mit einer etwas kleineren Spannung eingeschaltet als der Low-Side-Transistor.

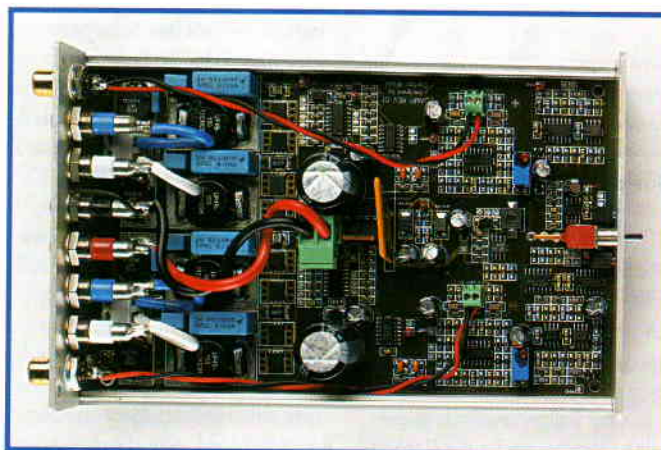
4. Dieser (asymmetrischen) Verzerrungen war ich mir vor ihren Messungen nicht bewusst. Die symmetrischen Verzerrungen werden aber vom Feedback gemessen und auskorrigiert.

Dies erklärt auch, warum Sie bei Ihrer eigenen Schaltung so große Auswirkungen der Speisespannung des Treiberbausteins auf die asymmetrisch gemessene Signalform hatten. Ebenso die Auswirkungen der Bootstrapkapazität.

- Dieser Verstärker wurde für Laborprojekte entwickelt und ist auch für das gedacht.

Mein einziger Fehler liegt darin, dass ich Verzerrung im Bereich von 0,05% gemessen habe. Ich kann mir das auch nicht erklären. Eventuell sind einzelne Verstärker-Typen unterschiedlich. Wahrscheinlich werde ich das noch mal genauer untersuchen.

- Ich habe diesen Verstärker vor allem bezüglich Leistungsdichte optimiert (also nicht bezüglich THD). Und bezogen auf die Leistungsdichte ist der Verstärker wohl einzigartig. Ich persönlich finde selbst Verzerrungen von 0,5 % nicht so dramatisch, da Boxen meist wesentlich höhere Verzerrungen aufweisen (mehrere Prozent).



Aus dem ELEKTOR-Elektronik-Forum

Quarz und Quarzoszillator

Ich bin ganz neu in die Mikrocontrollerprogrammierung eingestiegen. Nun will ich mal erstmal klein anfangen und ein paar Grundschaltungen aufbauen. Dazu habe ich mir ein ATMEGA8 L 8 8PI, diverses Zubehör und auch ein paar Schaltpläne besorgt.

Aber da ich auch alles verstehen will, ist meine Frage folgende: Wieso ist bei einigen Schaltungen ein Quarzoszillator angeschlossen, bei dem das Signal nur auf XTAL1 eingespeist wird, und bei anderen ist ein Quarz angeschlossen, bei dem das Taktsignal zwischen XTAL1 und XTAL2 eingespeist wird. Wobei es da auch wieder welche mit Kondensatoren und ohne Kondensatoren gibt. Bei anderen Schaltungen ist ein 3-poliger Keramikoszillator angeschlossen. Wo besteht genau der Unterschied zwischen diesen Beschaltungen? Ich meine, ein Quarzoszillator ist ja auch teurer wie ein Keramikschwinger. Wieso dann nicht immer Keramik?

dufy

Ein Quarz ist genauer als ein Keramikresonator, aber etwas teurer. Mikrocontroller enthalten eine Oszillatorschaltung, die meist zwei externe Kondensatoren von 12-33 pF braucht. In einigen Fällen sind die Kondensatoren aber auch schon mit eingebaut. Es gibt Keramikresonatoren mit eingebauten Kondensatoren, die haben dann drei Anschlüsse. Selten findet man auch Quarze mit drei Anschlüssen und internen Kondensatoren. Also, der Normalfall ist ein Quarz mit zwei Kondensatoren. Ein integrierter Quarzoszillator wird meist nur dann verwendet, wenn das Signal auch für andere Teile der Schaltung mit verwendet wird.

Burkhard Kainka

ESR-C-Multimeter

Ich beschäftige mich schon länger mit diesem Projekt. Nur leider zeigt's bei mir immer nur zwei schwarze Balken an. Finde leider keine Einstellungen für die Configu-

ration Bits. Kann mir da wer weiterhelfen?

Mandi3325

PS. Die Tipps für mein letztes Projekt, den SC-Analyser, waren sehr hilfreich, der funkt. jetzt.

Vielleicht hast du schon gesehen, dass hier im Forum unter "Mitteilungen der Redaktion" ein Beitrag zur Selbst-Programmierung steht. Jedoch hat sich ein (halber) Fehler eingeschlichen: Der Watchdog-Timer muss "disabled" sein, dann ergeben die Einstellungen den angegebenen Hex-Wert 3F72. Außerdem gibt es hier im Forum noch wichtige Hinweise zur Oszillator-Beschaltung und zur Spannungsversorgung des IC7.

Günter

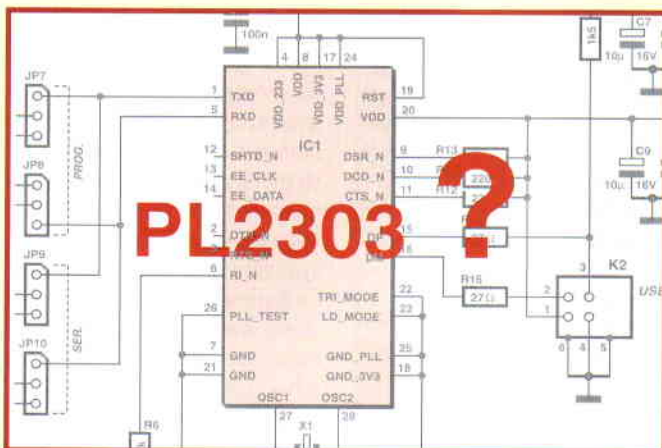
Kostet 6,30 € inkl. MwSt.

Burkhard Kainka

Anmerkung der Redaktion: Distributor ist: www.glyn.de

ECD2-Daten auf Palm

Unter www.meyer-velen.de/download/ecd/index.html stelle ich allen Interessierten ein kostenloses Programm zur Verfügung, das ich zunächst für den eigenen Bedarf erstellt habe. Es konvertiert die Daten der ECD2 (ELEKTORs Components Database-CD, Anm.d.Red.), so dass sie auf dem Palm-PDA angezeigt werden können. Es ist zwar nicht perfekt, aber vielleicht für den ein oder anderen so nützlich.



In den (erweiterten) FAQs sind (nun) die richtigen Einstellungen angegeben.

Jens Nickel (Redaktion)

Prolific USB-Chip

Ich hab mir mal den Schaltplan vom „Basislager für Aufsteiger“ (Application-Board für R8C/13, Anm.d.Red.) angeschaut. Da hab ich den USB-Serial-Chip PL2303x von Prolific entdeckt. Kann mir jemand sagen, wo ich den Baustein herbekomme und wie viel der ca. kostet?

Daniel

Gibt es hier: www.ak-modul-bus.com/stat/usb_zu_seruell_bridge_controller_pl_2303.html

lich wie für mich.

Karl Meyer

Abzocke bei ELEKTOR?

Wollte gerade das Röhren-Sonderheft bestellen und musste mit Erschrecken feststellen, dass ELEKTOR dafür 10 € an Versandkosten berechnet. Dies finde ich, gelinde gesagt, eine üble Abzocke. Am Kiosk erhalte ich das Heft zum Nennpreis.

Wie viel Rabatt räumt ELEKTOR obendrein dem Zeitschriftenhandel ein? Oder besteht eine Verpflichtung, Online-Bestellungen so zu verteuern?

Imagine

Im Bestellformular muss bei der Angabe der Adresse unter „Land“ Deutschland ausgewählt

werden - sonst werden fälschlicherweise 10 € als Versandkosten angezeigt. Dies hat schon bei einigen Lesern zu Missverständnissen geführt. Wir bitten dies zu entschuldigen. Die Shop-Software wird jetzt so angepasst, dass „Deutschland“ automatisch (als Voreinstellung) erscheint.

Jens Nickel (Redaktion ELEKTOR)

Ersatztyp für BB911

In einigen (gar nicht so alten) Schaltungen von ELEKTOR wird die Varicap BB911 verwendet. Leider wird die nicht mehr hergestellt und ist nirgendwo mehr zu bekommen. Kennt jemand hier noch eine Bezugsquelle für diese Diode oder einen Ersatztyp dafür?

Micky

Also ich habe vor ein paar Monaten die BB911 bei Geist Elektronik (für teuer Geld) gekauft. Wenn eine Anpassung der Platine auf eine SMD Type machbar ist, dann gibt es bei RS Components und auch bei Conrad ein paar Typen, die ähnliche Werte haben.

MichaelH

7-Segment-Dekoder

Wer weiß, wo es den 7-Segment-Dekoder 9368 von Fairchild noch gibt? Display-Anzeige war 0 bis 9 und (wesentlich!) A bis F, ganz abgesehen vom konstanten Stromausgang, so dass man die Vorwiderstände für die Segmente sparen kann.

Oder gibt es einen anderen Dekoder, welcher A-F anzeigt? Natürlich könnte man das auch mit einem Mikrocontroller bewerkstelligen...

Gustav

Hatte das gleiche Problem, eine vollständige HEX-Anzeige zu realisieren. Zur Lösung habe ich mir einen GAL programmiert, der kann problemlos LEDs am Ausgang treiben. Die logischen Gleichungen dazu habe ich auf www.auram.de veröffentlicht. Solltest du fertige GALs brauchen, dann melde dich einfach bei mir.

Ralf

Updates, Bezugsquellen und Nachlese

Chamäleon-Chip (FPGA-Modul),

ELEKTOR März 2006, S. 18

Bei den Kurzdaten im Kasten auf S. 19 oben sind die Angaben "MByte" zu ändern in "Mb" beziehungsweise "Mbit" (siehe hierzu Leserbrief in dieser Mailbox-Rubrik).

Energierückgewinnung (Entwicklungstipp),

ELEKTOR März 2006, S. 63

Die E-Mail-Adresse des Autors wurde falsch angegeben. Die korrekte Adresse lautet: info@peterlay.info

Preiswerter Webserver durch Router-Hack,

ELEKTOR Februar 2006, S. 62

Im Artikel haben sich leider ein paar Fehler eingeschlichen. Auf Seite 63 muss es im Bildtext unten in der Mitte 48 MHz und 1 k Ω statt 48 kHz und 1 kW heißen. Auf Seite 64 oben

rechts ist erwähnt, dass die Spulen weggelassen werden können – diese sind dann aber durch Drahtbrücken zu ersetzen.

Nähere Infos zum Umbau des Routers:

Als Gratis-ZIP bieten wir die Datei flash_usboot-1.0.bin an.

Eine Erklärung gibt der Autor unter dem Link

<http://sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/lb000021/rootfs>

Zu möglichen Umbau-Problemen siehe auch den Forumsbeitrag: www.elektor.de/default.aspx?tabid=29&view=topic&forumid=2&postid=3482

FPGA-Experimentierplatine,

ELEKTOR März 2006, S. 24

Der Pull-down-Widerstand R49 muss ein Pull-up-Widerstand sein. Dazu muss der FET T7 ein FDV302P sein und der Widerstand nach +3,3 V gelegt werden und nicht nach Masse. Die bestückte ELEKTOR-Platine wird bereits mit dieser Änderung ausgeliefert.

Hier noch weitere Ungereimtheiten in Ihrem Bericht:

- Sie haben in dem Artikel häufig von den Übernahmeverzerrungen gesprochen. Sämtliche Verzerrungen, welche Sie beschrieben haben, haben aber nichts mit Übernahmeverzerrungen zu tun, wie man diese bei Klasse-A- und Klasse-AB-Verstärkern kennt.

- Sie schreiben: "Aber ein Rätsel bleibt vorerst ungelöst: Warum nur bringt eine Erhöhung der IC-Versorgungsspannung eine bessere Ansteuerung der Endtransistoren?". Die Antwort: durch eine Veränderung der Speisespannung ändern sich auch die Ein- und Ausschaltzeiten der Transistoren und dadurch auch die Signalform. Es tut mir Leid, dass das ganze Projekt nicht ganz so optimal wie gewünscht abgelaufen ist und bedanke mich für alle Erkenntnisse aus Messungen. Trotzdem weise ich darauf hin, dass ich den Bericht zuerst gerne gegengelesen hätte. Eventuell klappt es ja mal bei einem anderen Projekt.

Stefan Wicki

Als Erstes möchten wir feststellen, dass es überhaupt nicht unsere Absicht war, Ihren Verstärker herunterzumachen. Der Artikel war als ein Lehrbeispiel für die Entwickler unter unseren Lesern

gedacht, das Fallstricke bei einem Entwurf aufzeigt. Über deren Relevanz kann man natürlich verschiedener Meinung sein.

Ihr Verstärker liefert an den symmetrischen Ausgangsklemmen tatsächlich ein brauchbares Ausgangssignal, das aber unser Audio-Entwickler Ton Giesberts nicht als HiFi bezeichnen wollte (er orientiert sich dabei natürlich nicht an der DIN 45.500 von 1971!). Die Messungen und Rücksprachen mit Herrn Wicki konnten die schlechten Ergebnisse nicht erklären, brachten aber Klarheit darüber, dass es sich nicht um einen singulären Fehler des getesteten Exemplars handelte.

Der Artikel sollte aufzeigen, welche Probleme bei geschalteten Verstärkern mit Pulsbreitmodulation auftauchen können. Daher wurden die Messungen auch massebezogen durchgeführt. Dies wurde auch im Text deutlich angegeben. Eine Gegenkopplung sollte man nicht verwenden, um schlechte Eigenschaften der Schaltung zu verschleiern.

Mit den Ein- und Ausschaltzeiten der FETs hat unser Entwickler sorgfältig Rechnung gehalten. Die Probleme lagen eindeutig im inneren Aufbau der Intersil-Treiber-ICs mit der Bootstrap-Konfiguration der Ansteuerung des obersten FETs.

Unsere Beschreibung sollte Phänomene aufzeigen, die sich beim Entwickeln digitaler Audioverstärker ergeben können – mit manchmal tief in der Schaltung oder im Platienlayout verborgenen Ursachen.

Wir betonen nochmals: Es war nicht unsere Absicht, diesen Verstärker schlecht zu machen. Der CDAMP ist ein sehr kompakter und vorbildlich aufgebauter Leistungsverstärker, der für viele Anwendungen sicherlich geeignet ist. Er genügt aber nicht den Ansprüchen, die wir für wirklich hochwertige Audioanlagen stellen.

Harry Baggen

(Niederländische Redaktion)

Überwiegend heiter: Zur Jakobsleiter

Den genannten Artikel im März-Heft finde ich sehr schön, er erinnert mich an vor über 50 Jahren gemachte eigene Experimente mit Autozündspulen und Influenzmaschinen. Zu einem „Van der Graaff“ hat es damals nicht gereicht.

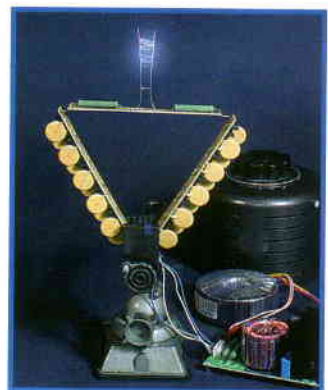
Irgendwie passt ihr Artikel ja auch zur Fußball-WM. Wenn die Spannung beim Elfmeterduell gerade am höchsten ist, dann schaltet man die „ELEKTOR-Jakobsleiter“ ein – auch dort ist dann absolute Hochspannung.

Bei den Fernsehzuschauern wird sie aber noch viel höher, wenn durch die Funkenentladungen statt des Elfmeter-Verwandlers nur noch schwarz-weiße Punkte und Striche zu sehen sind – **die** Möglichkeit

für „Anti-Fußball-Terroristen“! Sollte Ihr Labor einmal ausprobieren (aber nur, wenn der Funkstörmessdienst Urlaub macht!).

Viele Grüße vom Mainzer Karneval! Helau!!!

Dr. Götz Corinth



MailBox

In dieser Rubrik veröffentlichen wir Kritik, Meinungen, Anregungen, Wünsche oder Fragen unserer Leser.

Die Redaktion trifft die Auswahl und behält sich Kürzungen vor.

Bitte geben Sie immer an, auf welchen Artikel und welche Ausgabe (Monat/Jahr)

sich Ihr Schreiben oder Mail bezieht.

Sie erreichen uns per E-Mail

redaktion@elektor.de,

per Fax (02 41/88 909-77)

oder unter der Anschrift:

Redaktion elektor
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

elekTermine

MÄRZ 2006

21. - 23. Paris, CNIT Paris la Défense
RF & Hyper Europe

Zu den Themen Kommunikation, Mikrowellentechnik, Messtechnik, Komponenten und Faseroptik findet diese jährliche Fachmesse statt.
www.rfhyper.com

22. München, M,O,C,
Batterien, Ladekonzepte & Stromversorgungsdesign

Die Zeitschrift „Design & Elektronik“ veranstaltet diesen jährlichen Branchentreff. Mit Basiskurs „Li- und Ni-Batterien“ für Einsteiger.
www.elektroniknet.de/termine/batt2006

29. - 30. Fürstenfeldbruck (bei München), Veranstaltungsforum Fürstenfeld
Virtuelle Instrumente in der Praxis

Konferenz des Messtechnikriesen National Instruments. Mit Vorträgen, Ausstellung, Workshops und Schnupperkursen.
www.ni.com/germany/vip

29. - 1.4. Frankfurt, Messegelände
Prolight and Sound

Fachmesse mit den Themenschwerpunkten Licht- und Bühnentechnik, Beschallung, Veranstaltungstechnik und Kommunikation.
www.prolight-sound.com

APRIL 2006

1. - 2. Fulda, Umweltzentrum
Hochfrequenz-Messtechnik und -Abschirmung

Workshop für Baubiologen und interessierte Laien mit den Themen Messtechnik-Grundlagen, Spektrumanalyse, Messgeräte, Abschirmung und Erdung.
www.baubiologie-regional.de/seminar-hochfrequenz.php

4. - 6. Stuttgart, Haus der Wirtschaft
Elektronik im Kraftfahrzeugwesen

Experten von Autoherstellern und Zulieferern referieren und diskutieren über Sensorik, Steuerung, Vernetzung und Diagnose. Dazu gibt's Ausflüge.
www.steinbeis-symposium.de

5. - 9. Dortmund, Westfalenhallen
Hobbytronic

Verbrauchermesse mit Angeboten aus dem Bereich Computer, elektronische Bauelemente, Digitalkameras, Unterhaltungselektronik und Telekommunikation.
www.hobbytronic.de



Zur Light + Building werden Frankfurter Gebäude stilvoll illuminiert.
(Bild: Messe Frankfurt / Jochen Günther)

6. - 9. Sinsheim, Messegelände
Car + Sound

Hier gibt's ordentlich was auf die Ohren. Neben Car-Hifi sind auch mobile Multimediageräte, Navigationssysteme und Alarmanlagen ein Thema.
www.carsound-messe.de

23. - 27. Frankfurt, Messegelände
Light + Building

Die Fläche von 110.000 m² teilen sich die Bereiche Licht, Elektrotechnik (mit dem Fokus auf Sicherheitssysteme und Netzwerke) sowie Gebäudeautomation.
www.light-building.messefrankfurt.com

24. - 28. Hannover, Messe
Hannover Messe

Die bekannteste Industriemesse der Welt ist ein Besuchermagnet. Highlights sind der Bereich Mikrosystemtechnik/Nanotechnologie und die Robotik in Halle 17.
www.hannovermesse.de

25. + 26. + 27. Berlin / Frankfurt / Zürich
dsPIC Motor Control Workshops

Sasco Holz und Microchip bieten diesen eintägigen Workshop an. Nach einer Vorstellung der dsPIC-Controller werden BLDC-Motoren auf Touren gebracht.
www.sascoholz.de/cda/sc/de/techevents/0_5225,773,00.html

MAI 2006

2. - 5. Garmisch-Partenkirchen, Kongresszentrum
26. Europäische Telemetriekonferenz

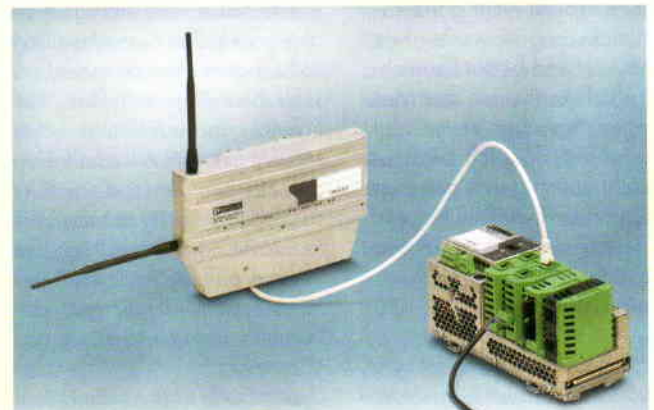
Themen der englischsprachigen Konferenz sind unter anderem Antennen, elektromagnetische Felder, Sicherheit, Fernmessungen und drahtlose Netzwerke.
www.etc2006.de

15. - 17. München, International Congress Center
ISR/Robotik 06

Sowohl der internationale (ISR) als auch der deutsche Robotik-Kongress werden in diesem Jahr auf Englisch abgehalten.
www.isr-robotik-2006.com

16. - 19. München, Neue Messe
Automatica

Der Name dieser Messe spricht eigentlich für sich selbst. Hier geht's um Bestückung, Robotik, Sensorik, Positionierung, Antriebe und vieles mehr.
www.automatica-muenchen.de



Während der Hannover Messe finden wieder diverse Sonderschauen statt – wie zum Beispiel die „Wireless Automation“. (Bild: Phoenix Contact)

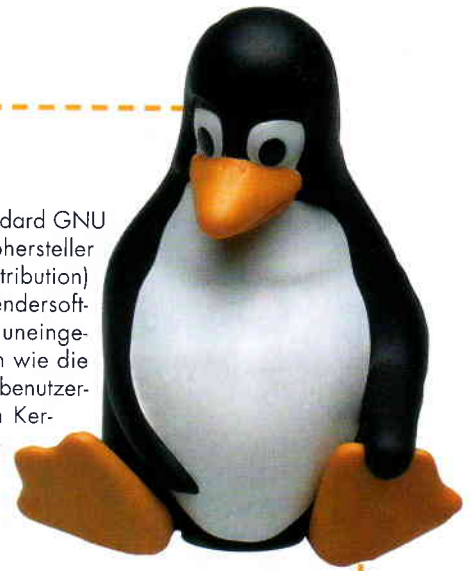
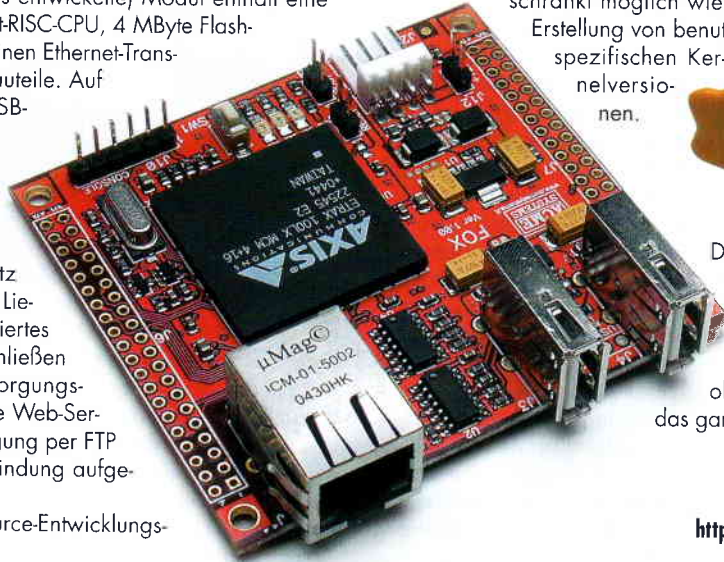
Komplettes Linux-System

Gesehen auf der „Embedded World“: Das Fox-Board des italienischen Herstellers Acme Systems ist ein komplettes Linux-basiertes Rechnersystem auf einem halben Quadratdezimeter Fläche. Möglich wurde dies durch das hochintegrierte „Etrax LX100“ Multi-Chip-Modul der schwedischen Chipschmiede Axis Communications. Dieses (ursprünglich für Webcams entwickelte) Modul enthält eine mit 100 MHz betriebene 32-bit-RISC-CPU, 4 MByte Flash-Speicher, 16 MByte SDRAM, einen Ethernet-Transceiver und rund 50 passive Bauteile. Auf dem Fox-Board sind zwei USB-Ports (Full-Speed Host) und ein RS232-Port (TTL-Pegel) untergebracht.

Da der Prozessor mit einer MMU ausgestattet ist, kann ein vollwertiges Linux zum Einsatz kommen. Das Board enthält im Lieferzustand bereits ein vorinstalliertes Linux-System. Nach dem Anschließen ans Ethernet und an die Versorgungsspannung kann der eingebaute Web-Server genutzt, eine Dateiübertragung per FTP gestartet oder eine Telnet-Verbindung aufgebaut werden.

Mit einer kompletten Open-Source-Entwicklungs-

umgebung (auf Basis der Standard GNU Tools und einer vom Chiphersteller zusammengestellten Linux-Distribution) ist die Entwicklung von Anwendersoftware ebenso uneingeschränkt möglich wie die Erstellung von benutzerspezifischen Kernelversionen.



Das Board kostet beim Distributor Elektronikladen 139 € plus Mehrwertsteuer. Darüber hinaus wird mit dem „TUX Case“ (siehe Bild oben) ein Gehäuse angeboten, das garantiert Aufmerksamkeit erregt!

<http://elmico.com/de/foxboard.html>

Super-Kondensatoren



Distributor Unitronic zeigte auf der „Embedded World“ im Februar unter anderem Super-Kondensatoren. Die „Cap-XX“ genannten Bauteile zeichnen sich durch ein sehr flaches Gehäuse und einen kleinen Innenwiderstand aus. Super-Caps heben die Beschränkungen von Batterien bei der Leistungs- und Energieabgabe auf. Denn Batterien - insbesondere sind hier NiMH- und Lithium-Ionen-Akkumulatoren zu nennen - sind mit dem Leistungsprofil vieler Geräte häufig überfordert. So arbeiten zum Beispiel GSM- und GPRS-Handys im gepulsten Betrieb und brauchen für kurze Zeit hohe

Ströme. Bei einer einfachen Batterie bricht hierbei die Spannung ein. Hier kommen Super-Kondensatoren ins Spiel, welche die Stromspitzen von mobilen Geräten abdecken und die Batterie deutlich entlasten.

Andere Applikationen werden durch die Super-Kondensatoren überhaupt erst möglich. So lässt sich zum Beispiel eine Schaltung an einen USB-Port anschließen, welche die Grenze von 500 mA nur kurzzeitig überschreitet. Dies betrifft zum Beispiel GPRS/GSM-Geräte, die im Pulsbetrieb bis zu 1 A ziehen können, jedoch im Mittel nur etwa 300 mA benötigen.

Die Super-Caps sind mit Kapazitäten von 0,09 bis 2,8 F erhältlich, der Innenwiderstand (ESR) liegt bei 12 bis 115 mOhm. Die Abmessungen betragen 28,5 mal 17 beziehungsweise 39 mal 17 Handys werden unter anderem Kameras, Notebooks, MP3-Player, PDAs und drahtlose Sensoren als Anwendungen genannt.

<http://p5676.typo3server.info/194.0.html>

Ethernet-Anbindung für µC

Von der koreanischen Firma WIZnet kommen mit dem Chip W3150A und dem Modul NM7010B neue und erweiterte Versionen eines TCP/IP-Hardwired-Stacks auf den Markt (Vertrieb Dacom West). Das Vorgängermodul NM7010A sorgt unter anderem am dem E-blocks-Modul EB023 für eine einfache Ethernet-Anbindung. Die Chips von WIZnet haben nicht nur den MAC-Layer und das PHY-Interface MII in die Hardware integriert, sondern auch den IP-Layer. Dadurch wird kein mächtiger Software-Stack mehr benötigt, so dass sich auch kleine Mikrocontroller als Embedded-Server/Clients an das Ethernet anschließen lassen.

Durch die einfache Anbindung des Chips über den Adress-/Datenbus ist die ganze Ethernet/Internetfähigkeit genauso einfach in eine µC-Applikation zu integrieren wie beispielsweise ein LCD-Display. Es können gleichzeitig vier voneinander unabhängige TCP-Verbindungen (Sockets) aufgebaut werden. Dies ermöglicht es einem als Server agierendem Mikrocontroller, mehreren Clients gleichzeitig Daten zur Verfügung zu stellen.

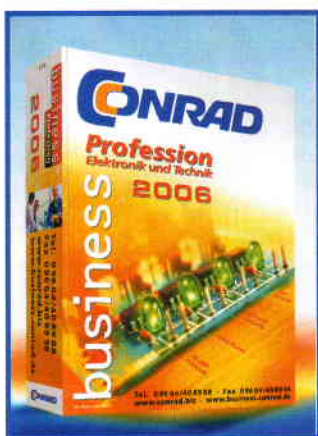
Neben den Protokollen TCP, IP, UDP, ICMP und ARP unterstützt der neue W3150A auch die Protokolle IGMP, PPPoE und Multicast. Die erweiterte Hardwareintegration des TCP-Layers ermöglicht eine noch einfachere Programmierung. Der W3150A verfügt über frei allozierbare 16 kByte Empfangs- und Sendebuffer.

Die NM7010x-Module bestehen aus dem TCP/IP-Stack, einem PHY und einer RJ45-Buchse inklusive Trafo und Status-LEDs. Sie lassen sich daher gleich als fertige Netzwerkschnittstelle für Mikrocontroller nutzen. Auch für die Software ist gesorgt: WIZnet liefert kostenlosen C-Quellcode für HTTP-, FTP- sowie UDP-Server- und Client-Applikationen.



www.wiznet.co.kr
www.dacomwest.de

Neuer Business-Katalog von Conrad



Mit dem neuen „Business Katalog 2006“ hat Conrad Electronic die bisher umfangreichste Ausgabe veröffentlicht. Der wuchtige Wälzer enthält 75.000 Produkte für gewerbliche Kunden, Schulen und Behörden. Darunter sind 8.000 Neuheiten - allein in den Warengruppen Computertechnik und Gebäudetechnik wurde das

Angebot um jeweils über 20 Seiten erweitert.

Eines der neuen Produkte ist das GSM-Fernschaltssystem GX105. Mit einem kurzen Telefonanruf oder einer SMS lässt sich zum Beispiel die Temperatur der Heizung höher stellen. Über zwei Relais kann man aber auch die Alarmanlage ausschalten oder einen Türöffner betätigen.

Das Modul ist außerdem mit zwei digitalen Optokoppler-Eingängen ausgestattet, die bei Bedarf Störungs- oder Alarmlösungen auslösen (werden an bis zu zwölf Rufnummern plus vier E-Mail-Adressen und vier Faxnummern gesendet). Außerdem stehen drei analoge Eingänge zur Verfügung. Diese ermöglichen beispielsweise den Anschluss von zwei Temperatursensoren, die mit vier Ausgängen logisch verknüpft sein können. So lassen sich Temperatur-Differenz-Messungen, Erfassung und Überwachung von Innen-/Außentempe-



ratur sowie Minimum-Maximum-Vorgaben mit Hysterese realisieren. Ein analoger Ausgang kann zusätzlich Steuerungsaufgaben übernehmen. Vier Ausgänge stehen darüber hinaus zur Verfügung, die mittels SMS ein- und ausgeschaltet werden können. Zum Betrieb des Moduls benötigt man lediglich die freigeschaltete SIM-Karte eines beliebigen Netz-

betreibers und eine geeignete Stromversorgung, zum Beispiel ein leistungsfähiges Steckernetzteil. Windows-Software, ein USB-Kabel und eine separate GSM-Antenne werden mitgeliefert. Der Preis beträgt 199 € (Artikelnummer 19 88 88).

www.conrad.de
www.business.conrad.de

Messen und Steuern mit Eagle – und selbst gebautem AVR-Board

Im letzten Heft haben wir über das „MicroSPS“-Konzept der Firma CadSoft berichtet. Eine Messwerterfassung für mehrere Analogkanäle, ein Treppenhausautomat oder eine Anlagensteuerung lassen sich auf einfache Weise verwirklichen. Die Programmierung der „SPS“-ähn-

lichen Hardware beschränkt sich auf das Zeichnen eines Schaltplans mit dem CAD-Programm Eagle (ab Version 4.14; mit Beschränkungen sogar als Freeware erhältlich). Mit einem Simulator kann man das Verhalten des „SPS“-Programms überprüfen; danach werden die „SPS“-Daten

vom PC zur Hardware überspielt. Eine Hardware zum Selbstbau, welche diese Daten interpretieren kann, wurde von Ingo Busker und Holger Buss (Computer Club Ostfriesland) entwickelt. Auf ihrer Website kann man die Platine bestellen, den Schaltplan und eine Stückliste gibt's zum

Download. Das kompakte Board besitzt acht digitale Ein- und Ausgänge, drei analoge Eingänge, einen PWM-Ausgang, eine LCD-Ausgabe, Zähler und viele weitere Features.

www.microsps.com
www.cadsoft.de/microsps

OLED-Entwicklungsakit

Nach Meinung vieler Fachleute gehört den flachen, kontraststarken und selbstleuchtenden OLED-Displays (Organic Light Emitting Diodes, also Leuchtdioden aus organischem Material) zumindest bei den kleineren Anzeigeformaten die Zukunft. Sie werden bisher hauptsächlich in Mobiltelefonen, MP3-Playern und anderen Kleinstgeräten eingesetzt, stehen aber auch bei Messinstrumenten und im Automobilbereich vor dem „Durchbruch“. Für Entwickler, die OLED-Displays nutzen wollen, hat Osram Opto Semiconductors ein Entwicklungsakit auf den Markt gebracht.

Das „Pictiva Referenzdesignkit“ enthält eine Platine mit OLED-Display (Auflösung 128 mal 64 Pixel und Helligkeit 100 cd/m²), 8051er-Mikrocontroller und seriellem On-Board-Flash-Memory.

Mit der mitgelieferten Software und dem PC-Interface lassen sich Firmware und ein GUI (Graphical User Interface) grafisch programmieren und überspielen. Umfangreiche Unterlagen (Treiberdatenblätter, Schaltpläne, Gerber-Files) und Zubehör runden das Paket ab.

www.osram-os.com/pictiva-oled-displays/development_tools.php



Entwarnung für Handys?

Die Unis Mainz, Heidelberg und Bielefeld haben im Rahmen einer von der Weltgesundheitsorganisation veranlassten Studie untersucht, ob es Korrelationen zwischen der Handynutzung und der Entstehung von Gehirntumoren gibt. Zwischen Oktober 2000 und November 2003 wurden insgesamt 844 Patienten mit Gehirntumor erfasst und mit mehr als 1.500 Vergleichspersonen verglichen, die rein zufällig ausgewählt wurden. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, die konkrete Hinweise auf eine Gefährdung durch Mobiltelefonieren zulassen würden. Eine Auswertung nach Nutzungshäufigkeit brachte keine Auffälligkeiten: Weder mobile Gelegenheits-Telefonierer noch intensive Nutzer mit mehr als 30 Minuten täglicher Gesprächsdauer zeigten statistisch relevante Unterschiede, lediglich in der Tendenz konnte ein leicht erhöhtes Restrisiko für langjährige Dauernutzer ermittelt werden. Die Ergebnisse stimmen mit früheren Studien in Schweden und Dänemark überein. Da das deutsche Ergebnis auf einer verhältnismäßig kleinen Fallzahl beruht, können statistische Zufälle mitgewirkt haben.

www.klinik.uni-mainz.de/Pressedienst/pm060127_handystrahlung.pdf
<http://aje.oxfordjournals.org/cgi/reprint/kwj068?ijkey=L58uWuZFitasiOv&keytype=ref>

Dreidimensionaler Superchip

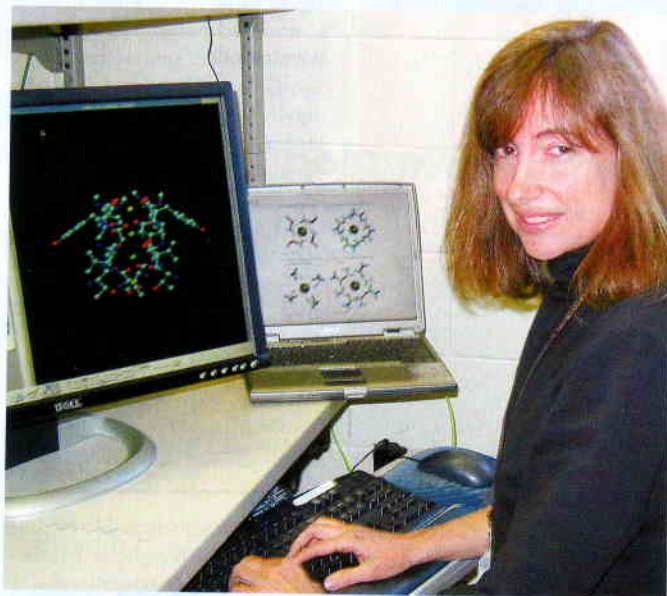
Einen sich selbst organisierenden Superchip aus zehn gestapelten und dünnen Einzelchips hat Professor Mitsumasa Koyanagi von der Tohoku-Universität auf dem International Electron Devices Meeting (IEDM) in Washington vorgestellt. Die Einzelchips umfassen neben gängigen digitalen und analogen Schaltungen auch Hochfrequenzchips, Sensorchips, MEMS und Schaltungen aus Verbundhalbleitern. Diese breite Palette unterschiedlicher Schaltungen erwies sich bisher bei der Integration auf einer Chiipebene als extrem schwierig oder auch unmöglich. Mit der Multilayer-Integration umgeht man einen großen Teil der Probleme. Die Integration wird durch winzige Tröpfchen aus speziellen Wirkstoffen ermöglicht, die an vorgegebenen Stellen die verschiedenen Chips elektrisch untereinander verbinden. Auf Waferenebene übersetzt bedeutet dies, dass man 500 Chips auf zwei 8-Zoll- oder 12-Zoll-Wafern innerhalb einer Zehntelsekunde gezielt miteinander kontaktieren könnte – mit einer Genauigkeit von 100 nm. Jeder der zehn Chips ist auf 30 nm „gedünnt“. So lässt sich der „Superchip“ mit seinen zehn Lagen noch in einem Standard-Gehäuse unterbringen.

www.bureau.tohoku.ac.jp/kohyo/kokusai/Jan12.06News.htm
<http://asia.stanford.edu/events/Spring05/slides/051205-Koyanagi.pdf>

OLEDs mit Pixel-Treiber?

Organischen Displays aus Leuchtdioden (OLED) gehört die Zukunft, wenngleich der Einsatz noch auf kleine Displays wie in Mobiltelefonen oder im Auto (Bild: Osram) beschränkt ist. Bisher sind die Pixel des Bildschirms und die Ansteuerung der Pixel getrennt. Sinnvoll wäre es, wenn man auf der Fläche eines Pixels auch die Ansteuerung mit unterbringen könnte. An der Princeton University laufen hierzu Arbeiten, die den benötigten Dünnschichttransistor mittels „CVD“ (der chemischen Abscheidung aus einem dampfförmigen Stoff oder Gemisch) aufbringen. Der Transistor selbst besteht aus nanokristallinem Silizium, womit er sich für gängige CMOS-Strukturen empfiehlt. Die Forscher verwendeten als Träger eine flexible, durchsichtige Plastikfolie mit mehr als 80 % Transmission. Abhängig von der angelegten Versorgungsspannung lassen sich respektable Luminanzwerte erreichen: Bei 22 V etwa 2.000 cd/m², bei 30 V sogar bis zu 14.000 cd/m².

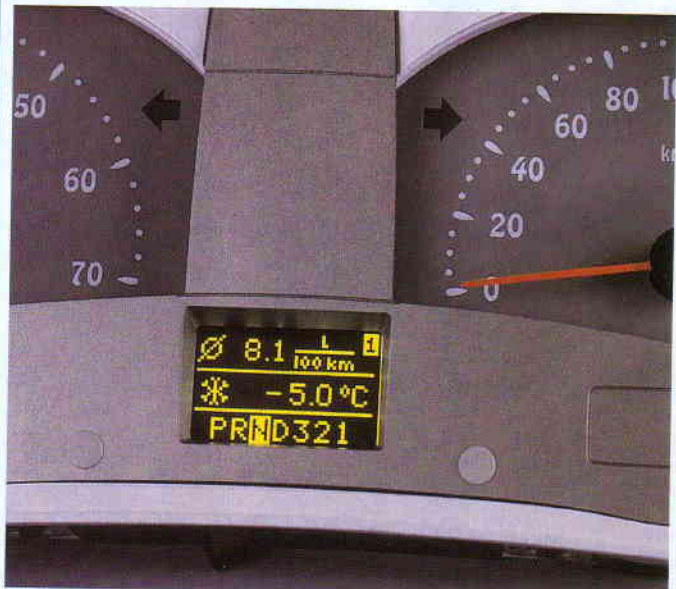
IEEE Electron Device Letter,
Vol. 27, No.1, S. 49 (Januar 2006)



Nanotechnologie fürs Auge

Im neu gegründeten „National Center for Design of Biomimetic Nanconductors“ an der University of Illinois in Urbana-Champaign sollen revolutionäre Ideen für die Nanomedizin auf den Weg gebracht werden. Eine der ersten Aufgaben sind „Bio-Batterien“, die eine künstliche Retina mit Strom versorgen können. Die entsprechende künstliche Retina wurde bereits vom Doheny Eye Institute an der University of Southern California entwickelt. Die Batterie soll nun im Sandia National Laboratory in Albuquerque entstehen, wo eine Arbeitsgruppe um die Wissenschaftlerin Susan Rempe (Bild: Chris Burroughs, Sandia NL) zunächst die theoretischen Voraussetzungen schaffen wird. Die Lösung wäre ohne Vorbild: Hier soll natürlicher und synthetischer Ionentransport auf der Basis von Proteinen in den Zellen genutzt werden. Die Nanobatterie wird dann seitlich am Kopf in der Nähe des Auges implantiert.

www.sandia.gov/news-center/news-releases/2006/comp-soft-math/eye.html



WLAN Embedded

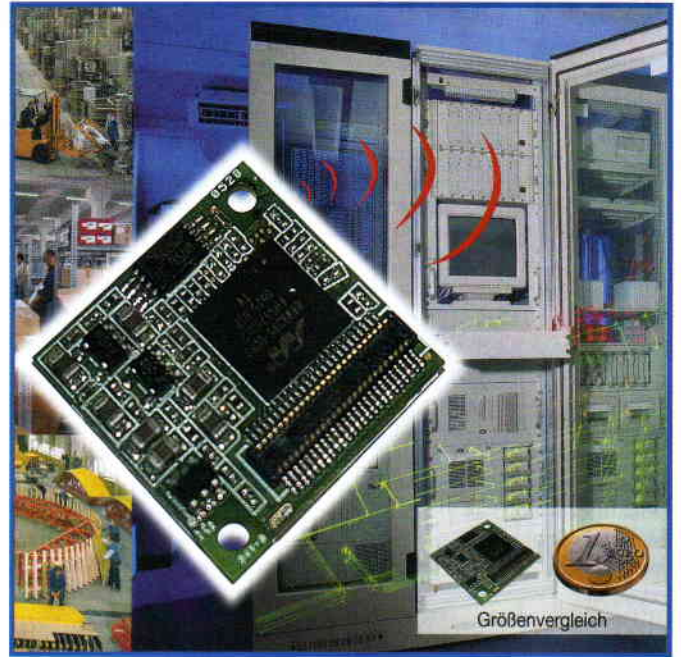
Die Euric AG bietet mit dem DRCM-81 ein WLAN-802.11b/g-kompatibles Embedded-Modul, das sich durch minimale Abmessungen von 20 mm x 20 mm x 3,5 mm (L x B x H) auszeichnet. Das Funkmodul unterstützt Datenübertragungsraten von 1, 2, 5,5 und 11 Mbit/s im IEEE802.11b-Modus bzw. 1 bis 54 Mbit/s im IEEE802.11g-Modus. Im offenen Gelände kann es Entfernungen bis zu 200 m überbrücken. Kompakt und energiesparend ist das DRCM-81 sowohl für den Einsatz in WLAN-Applikationen in Industrie-PCs als auch für Consumer-Anwendungen geeignet.

Herzstück des Embedded-Moduls bildet ein Chipset von Marvell, das aus Transceiver (88W8015) und MAC/Basisbandprozessor (88W8385) mit ARM9-CPU und integriertem Speicher besteht. Darüber hin-

aus sorgt das Embedded-Modul durch 64- und 128-bit-WEP-(Wired Equivalent Privacy)-Verschlüsselung sowie Wi-Fi-Protected-Access (WPA) für optimale Datensicherheit. Das Modul arbeitet im Frequenzbereich von 2,400 bis 2,497 GHz und verfügt über 14 Kanäle. Zur Versorgung benötigt das Modul eine Spannung von 3,3 V DC.

Die Stromaufnahme liegt beim Senden zwischen 285 und 385 mA, beim Empfangen zwischen 265 und 285 mA und im Stromsparmodus bei typisch 50 mA. Die Systemintegration des DRCM-81 erfolgt mittels CompactFlash(CF)-Interface. Hierfür stehen die Modi Free(CF)-poll und CF-ACK zur Verfügung.

Kontaktiert wird das Modul mit einem 40-poligen Miniaturstecker (MOLEX B B-Connector), der auch ein problemloses Nachrüsten ermöglicht. Für den



Anschluss einer externen Antenne steht ein Miniatur-Coax-Steckverbinder zur Verfügung. Treiber sind sowohl für Linux im Source-Code als auch für WinCE v4.2 und WinCE 5.0

vorhanden. Das Modul ist ab sofort lieferbar, Muster kosten 42 € (zuzüglich Mehrwertsteuer).

www.euric.de

Anzeige

PCB-POOL®

1 EUROKARTE
+ Einrichtung
+ Photoplot
+ MwSt.

€49,-

*Preisbeispiel für 8 ST zzgl. Versandkosten UPS Standard € 6,40

ROHS / WEEE
konform

Pünktlich

oder
KOSTENLOS

*oder höher, je nach Menge

PCB-POOL.COM

Einfach Datei senden und ONLINE bestellen:

Gehäuse-Katalog



Die Firma OKW Gehäuse-systeme aus Buchen im Odenwald hat eine neue Auflage (2006/2007) ihres Kunststoffgehäuse-Kataloges herausgebracht. Das Verzeichnis umfasst 116 Seiten und bietet einen Überblick über das Sortiment des Herstellers. Zu jedem Gehäusertyp enthält der Katalog Fotos, Angaben zum jeweiligen Produkt sowie Anwendungsempfehlungen.

Als Orientierungshilfe für die Gehäuseauswahl dienen entsprechende Angaben zur Platingröße und dem vertieft liegenden Bedienfeld. Ausführliche Produktzeichnungen gibt's auf einer separat erhältlichen CD. Dort findet man auch Montageanleitungen, Materialdatenblät-

ter, Sicherheitsdatenblätter und vieles mehr. Mögliche kundenspezifische Modifikationen im herstellereigenen Service-Center werden im Kataloganhang ausführlich dargestellt. Bohren, Fräsen, Stanzen, Gewindeschneiden, Senken, Einkleben, Bedrucken, Lackieren und Konfektionieren sind ebenso machbar wie die individuelle Spritzfertigung.

Seit neuestem gehört auch die Herstellung von Dekorfolien und Folientastaturen zum Angebot. Zur Abschirmung von elektronischen Schaltungen hat der Hersteller ein spezielles Bedampfungsverfahren entwickelt.

www.okw.com

Neue LEGO-Roboter laufen mit LabVIEW-Derivat

National Instruments und der dänische Spielzeughersteller LEGO entwickeln gemeinsam Software für die nächste Generation der LEGO-„Mindstorms“-Roboter. „Mindstorms NXT“ umfasst eine neue Programmierumgebung, die auf der grafischen Entwicklungssoftware LabVIEW basiert und mit PCs sowie Mac-Computern kompatibel ist. Das neue modulare Roboter-System, das erstmals auf der Consumer Electronics Show in Las Vegas vorgestellt wurde, soll ab August 2006 erhältlich sein.

Die Roboter sind mit einem 32-bit-Prozessor, Bluetooth sowie neuen Motoren und Sensoren ausgerüstet. Die auf LabVIEW basierende Software liefert eine intuitive und mit zahlreichen Funktionen ausgestattete Programmierumgebung, die eine auf Symbolen beruhende Programmierung über einfache Mausklicks und „Drag & Drop“ ermöglicht. Jüngeren Anwendern soll die Erstellung eigener Programme so wesentlich leichter fallen. Dennoch zielt der LEGO-Konzern mit dem flexiblen System auch auf erwachsene User. Die neue Software soll auch in einer Version für den Bereich Lehre angeboten werden.

<http://digital.ni.com>
[http://mindstorms.lego.com/
default.aspx](http://mindstorms.lego.com/default.aspx)

Zum dritten Mal auf Platz 1!
EAGLE 4.1 ist
Produkt des Jahres 2004

Die Leser der Fachzeitschrift Elektronik haben auch die Mac-Version zum besten Produkt in der Kategorie CAE/CAD gewählt.



Aus gutem Grund die Nummer eins.

EAGLE 4.1
Schaltplan · Layout · Autorouter

Platinen, die mit EAGLE entwickelt wurden, befinden sich in Patientenüberwachungsgeräten, Chipkarten, Trockenrasierern, Hörgeräten, Autos und Industriesteuerungen. Sie sind klein wie ein Daumnagel oder groß wie ein PC-Motherboard. Sie wurden in Einmannbetrieben oder Großkonzernen entwickelt.

Unter den Top-100-Unternehmen in Deutschland dürfte es kaum eines geben, in dem EAGLE nicht eingesetzt wird. Der entscheidende Grund für den Einsatz von EAGLE ist meist nicht der günstige Preis, sondern die einfache Handhabung. Hinzu kommt der hervorragende Support, der bei CadSoft grundsätzlich kostenlos ist und jedem Kunden unbeschränkt zur Verfügung steht.

Diese Kriterien sind die wahren Kostenkiller!

EAGLE 4.1 Light ist Freeware!

Zum Testen und für nicht-kommerzielle Anwendungen dürfen Sie EAGLE Light kostenlos verwenden. Diese Version ist auf Platinen im halben Europaformat mit maximal zwei Signallayern und ein Schaltplanblatt beschränkt. Alle anderen Features entsprechen denen der Professional-Version. Sie steht zum Download im Internet bereit.

Wenn Sie sich für die kommerzielle Light-Version entscheiden, bekommen Sie zusätzlich das Handbuch und die Lizenz für kommerzielle Anwendungen. Unsere Standard-Version eignet sich für Platinen im Europaformat mit bis zu vier Signallayern. In der Professional-Version gibt es solche Einschränkungen nicht.

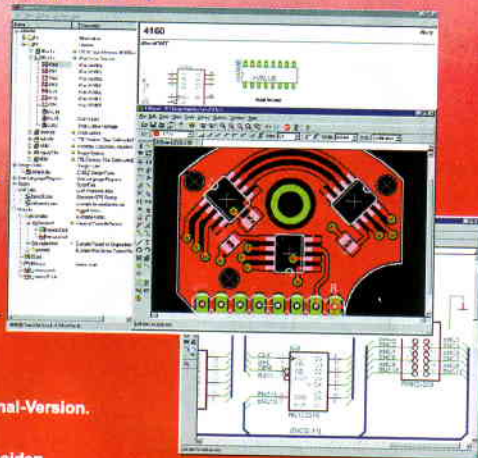
www.cadsoft.de



CadSoft Computer GmbH
Hofmark 2, 84568 Pleiskirchen
Tel. 08635-6989-10, Fax -40
E-Mail: info@cadsoft.de

Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation, Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linux Torvalds, Mac ist ein eingetragenes Warenzeichen der Apple Computer, Inc.

für
Windows®
Linux®
Mac®



Preise	Light	Standard	Professional
Layout		232 €	464 €
Layout+ Schaltplan		464 €	928 €
Layout+ Autorouter		464 €	928 €
Layout+ Schaltplan+ Autorouter	49 €	896 €	1392 €

Alle Preise inklusive 16% MwSt.
Upgrades zum Differenzpreis

Jedem EAGLE Paket in der Professional- bzw. Standard-Ausführung liegt ein Gutschein über eine professionell gefertigte doppelseitige Europakarte bei.

Low-cost-FPGAs

Lattice Semiconductor hat die zweite Generation seiner „Economy Plus FPGAs“ (ECP2) vorgestellt. Mit Hilfe der 90-nm-CMOS-Technologie von Fujitsu in Verbindung mit 300-mm-Wafern konnten die Preise für große Stückzahlen auf unter 0,50 US-\$ pro 1000 Look-up-Tables (LUTs) gedrückt werden. Im Vergleich mit der ersten Generation der ECP-FPGAs bietet die neue Familie eine größere Anzahl von Logik-Elementen (bis zu 70.000 LUTs), mehr 18x18-Multiplier (bis zu 88 Stück), eine Steigerung der I/O-Performance um 50 % und verbesserte Konfigurationsmöglichkeiten. Zum ersten Mal

sind in dieser FPGA-Klasse Features wie ein vorbereitetes 400 Mbit/s schnelles DDR2-Speicher-Interface und eine Verschlüsselung des Konfigurations-Bitstreams enthalten.

Die neuen FPGAs verfügen über eine maximale Speicherkapazität von über 5 Mbits RAM. Vorerst sind sechs Typen mit 6.000 bis 70.000 LUTs geplant, später werden noch größere Varianten angeboten werden. Die Bausteine bieten 12 bis 88 18x18-Multiplier und besitzen 95 bis 628 I/O-Pins. Außerdem verfügt jedes FPGA über zwei Delay



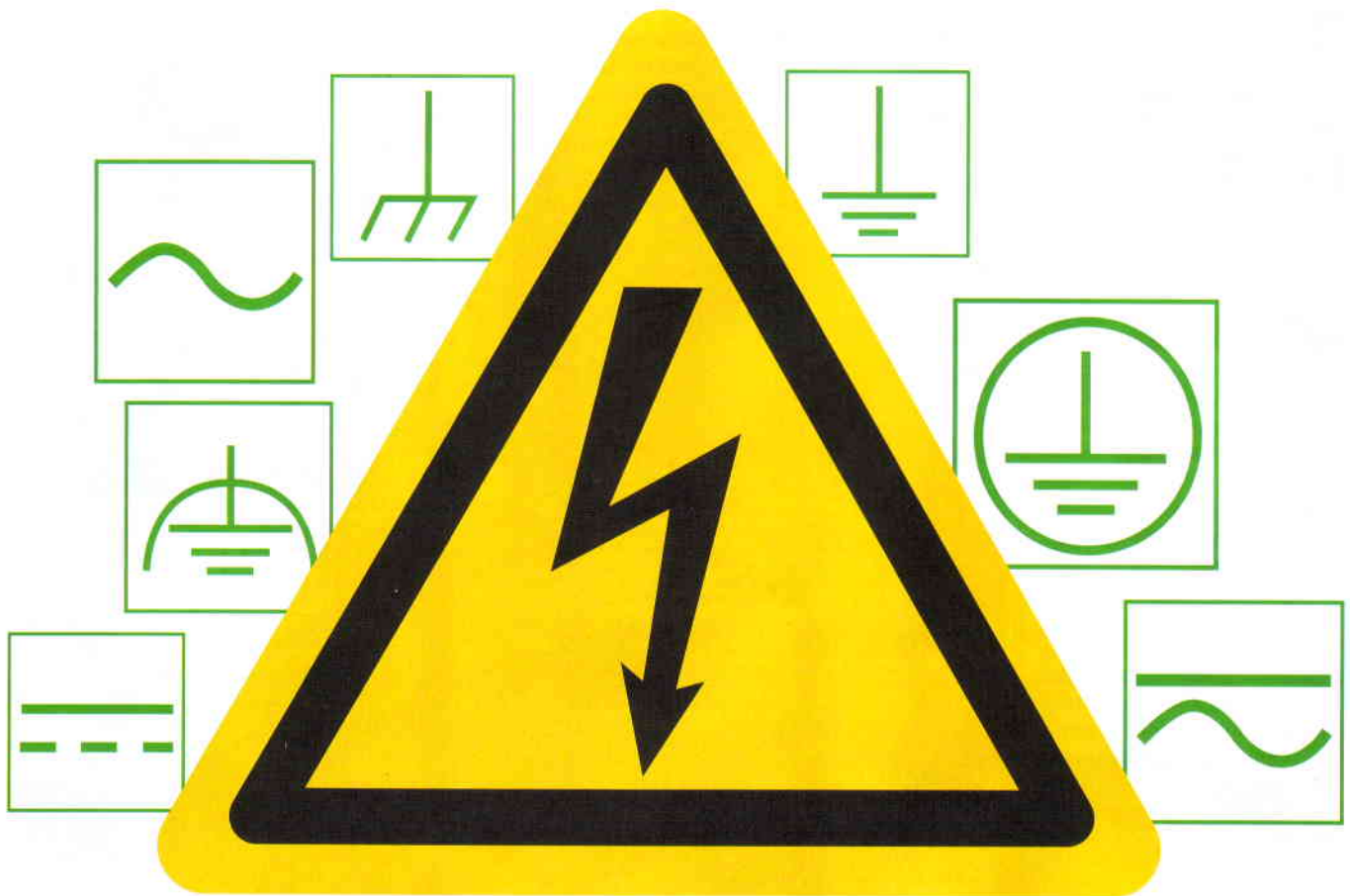
Locked Loops (DLLs) und zwei bis sechs Phase Locked Loops (PLLs) für Timing-Prozesse. Die ICs sollen in mehreren Low-cost-Gehäusevarianten auf den Markt kommen (TQFP, PQFP und BGA).

Den Anfang macht im ersten Quartal der ECP2-50; die übrigen Familienmitglieder sollen im Laufe des Jahres folgen.

www.latticesemi.com

Sicher & preis

Von Prof. Dr.-Ing. Martin Ossmann



Wie muss man eine Schaltung bauen, damit sie während des Betriebs „sicher“ ist? Um das herauszufinden, haben wir einige Geräte aufgeschraubt. Interessant, zu welchen Lösungen Profis kommen, wenn Kostendruck und Miniaturisierungszwang herrschen.

Beim Entwurf von Schaltungen und Geräten muss das Thema „Sicherheit“ ganz oben stehen. Zum einen soll während des Betriebs niemand gefährdet werden. Dann muss das Gerät unter allen möglichen Umständen „sicher“ funktionieren. Und schließlich darf es selbst im Fehlerfall nicht zu Schäden kommen – auch nicht an anderen Geräten.

Diese und alle anderen Anforderungen an „sein“ Gerät unter einen Hut zu bekommen, ist für manchen eine ganz schöne Herausforderung. Dasselbe Problem haben natürlich auch industrielle Entwickler, denn Produkte für Endverbraucher müssen wirklich narrensicher sein. Warum also nicht mal in ein paar Geräte reinschauen und von den Profis lernen?

Kosten sparen

Als Erstes wenden wir uns den Maßnahmen zu, die den Menschen vor einem „elektrischen Schlag“ schützen sollen. Meistens geht es darum, ihn vor der Berührung spannungsführender Teile zu bewahren, wobei die gefährlichste Spannung überwiegend die Netzspannung ist. Normalerweise sind elektrische Leitungen und Bauteile bereits mit einer Isolation versehen. Die Norm spricht hier von einer „Basisisolation“. Heutzutage geht man davon aus, dass die Basisisolation unverlässlich ist und selbst dann keine Gefahr entstehen darf, wenn diese defekt ist. Dies ist durch weitere Maßnahmen (zusätzliche Isolation, Gehäuse mit Schutzleiterverbindung und so weiter) in

swert Beobachtungen an Elektronikgeräten

Form einer Fehlerisolation sicherzustellen. Schauen wir zuerst einmal in einen CD-Spieler (**Bild 1**). Laut Typenschild (**Bild 2**) handelt es sich um ein Gerät der Schutzklasse II. Es ist also kein Schutzleiteranschluss vorhanden. Wie man sieht, wird das Netzkabel einfach direkt zum Netztrafo geführt. Der Ein-/Ausschalter ist also auf der Sekundärseite zu finden; er kann damit als Niedervoltbauteil ausgeführt werden. Allerdings haben die Konstrukteure überall sorgfältig auf gute Isolation geachtet. Alle Teile, die Netzspannung führen, sind extra isoliert. Auch der Trafo hat zwei sorgfältig getrennte Kammern. So entsteht auch hier keine Schwachstelle, selbst wenn die Lackisolation einer Wicklung schadhaft ist. Primärseitig ist bei diesem Konzept keine Sicherung vorhanden. Auch das ist ein Zugeständnis an den Kostendruck. Allerdings funktioniert dies nur mit dafür zugelassenen Transformatoren und entsprechenden Sicherungsmaßnahmen auf der Sekundärseite! Ein Nachteil ist hier natürlich, dass der Netztransformator dauernd in Betrieb ist. Das hat einen hohen Standby-Verbrauch zur Folge.

Trafo-Analyse

Bei der Isolation von Schaltungen vom Stromnetz erfüllen Netztransformatoren eine wichtige Aufgabe. Um klassische 50-Hz-Trafos sicher aufzubauen, verwendet man geeignete Spulenkörper mit Kammern (**Bild 1**), die in punkto Kriechstrecken und so weiter allen Anforderungen genügen. Nun werden heutzutage aber vielfach Schalt- netzteile eingesetzt, um mit kleineren Transformatoren auskommen zu können. Daher widmen wir einigen Transformatoren aus Schaltnetzteilen unser Augenmerk. In **Bild 3** ist ein Ringkerntrafo zu sehen, der in einem elektronischen Vorschaltgerät für Niedervolt-Halogenlampen verwendet wird und die Netztrennung übernimmt. Die Primärwicklung liegt innerhalb der Plastikummantelung. Der spezielle Wickelkörper sorgt dafür, dass sich Primär- und Sekundärwicklung nirgendwo zu nahe kommen. Abstände in Luft und innerhalb des Isolationsmaterials werden dabei unterschiedlich bewertet. Generell kann man sagen, dass die nötige Isolation mit Isoliermaterial leichter zu erbringen ist. Dabei ist aber gleichzeitig darauf zu achten, dass die Luft-Kriechstrecken (so zum Beispiel bei gesteckten Spulenkörpern) lang genug sind. Die Sekundärwicklung ist bei diesem Trafo nämlich nicht noch einmal extra isoliert.

Wenn man auf relativ einfache Weise für ausreichende Abstände sorgen will, kann man auf spezielle Spulenkörper zurückgreifen. In **Bild 4** ist so ein Körper-Bausatz zu sehen. Primär- und Sekundärwicklung werden auf getrennten Körpern gewickelt. Kragen an den Stirnseiten sorgen für ausreichende Kriechstrecken. Damit sind die Sicherheitsvorschriften leicht zu erfüllen. Aber man darf die Nachteile nicht außer Acht lassen. Solche Spulenkörper sind teuer; außerdem fallen die Trafos oft etwas größer aus als elektrisch notwendig. Außerdem sind Primär-

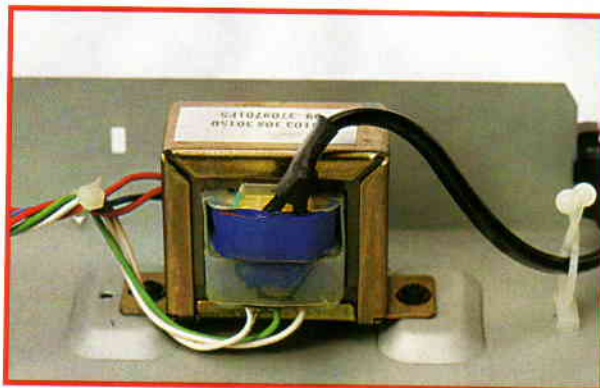


Bild 1.
Ein Blick in einen CD-Spieler.



Bild 2.
Kennzeichnung der Schutzklasse II.

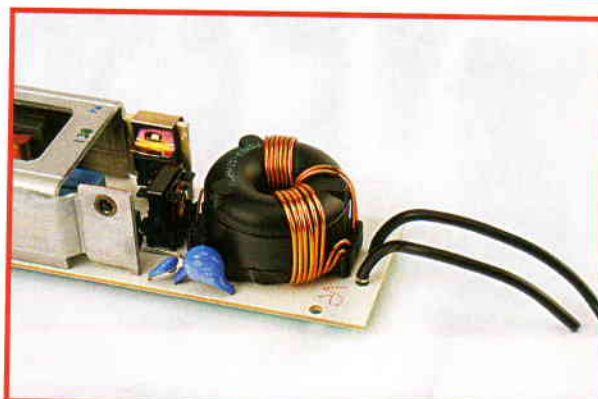


Bild 3.
Der Ringkerntrafo in einem „Halogentrafo“.

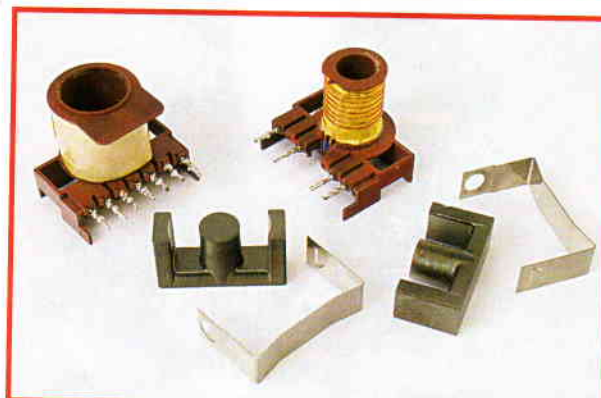


Bild 4.
Spulenkörper mit eingebauter Isolation.



Bild 5.
Einbaubarer Trafo,
Optokoppler und
Y-Kondensatoren.



Bild 6.
Spezial-HF-Litze mit
„Bandierung“.

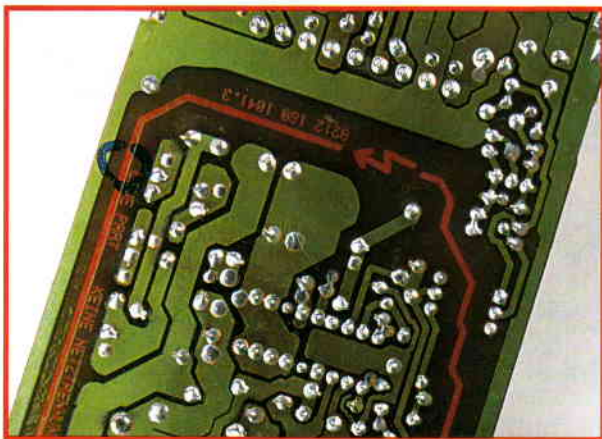


Bild 7.
Isolationsbarriere
zwischen Netz- und
Sekundärseite.

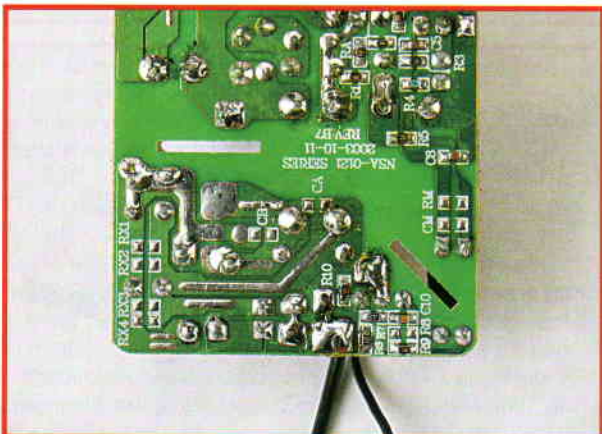


Bild 8.
Schlitze dienen als
zusätzliche Barriere.

und Sekundärseite nicht so gut gekoppelt, was gerade bei den billigen Flyback-Wandlern zusätzliche Designprobleme schafft. Andererseits spart man sich das Einwickeln von Isolationsfolien oder das Vergießen. Einen solchen Trafo zeigt **Bild 5** im Einsatz. Der dort dargestellte Trafo ist schon relativ klein, wie man im Vergleich zum Optokoppler im DIP4-Gehäuse sieht. Auf dem Bild im Vordergrund sind zwei Y-Kondensatoren und ein Optokoppler zu sehen. Diese Bauteile „überschreiten“ die Isolationsbarriere. Näheres dazu weiter unten.

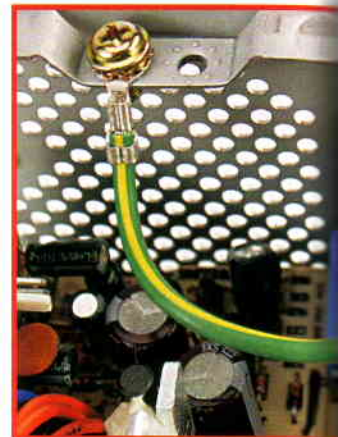


Bild 9. Schutzleiter

Selbst gemacht und sicher

Um Isolationslagen oder Spezialspulenkörper zu vermeiden, lassen sich manchmal auch speziell isolierte Drähte verwenden. Es gibt beispielsweise „Triple-Insulated-Wire“, der für die Netztrennung zugelassen ist (vergleiche unseren Artikel über ein cleveres Schaltnetzteil in diesem Heft). In **Bild 6** ist eine andere Variante zu sehen: HF-Litze wird mit mehreren breiten und dünnen Isolationsfolien überlappend umwickelt. Mit einem solchen Spezialdraht kann man Trafos mit kleiner Streuinduktivität, gleichzeitig aber guter Isolation herstellen. Wenn nun der Trafo ausreichend Isolation gewährleistet, muss natürlich auch die Leiterplatte und das restliche Design entsprechend ausgeführt werden. **Bild 7** zeigt, wie das gemacht wird. Bei diesem Design ist „das Innere“ die Primärseite. Das Netzteil befindet sich in einem Metallkäfig, der mit der Sekundärseite verbunden ist. Deutlich sieht man die Barriere. Sie ist zusätzlich noch gekennzeichnet, damit auch der Servicetechniker sofort sieht, worum es geht.

Ein anderes Detail ist in **Bild 8** zu sehen. Hier sind an zwei besonders kritischen Punkten Schlitze in die Leiterplatte gefräst. Dadurch kann man die Kriechstrecke, die entlang der Oberfläche der Leiterplatte läuft, wirksam vergrößern. Denn der gedachte Kriechstrom muss nun um den Schlitz herum. Dies ist deswegen interessant, weil die Platinenoberfläche häufig im Laufe der Zeit verdreckt und vor allem durch Feuchte ihre Isolationseigenschaft verliert.

Blick in einen PC

Nun wollen wir in ein PC-Netzteil hineinschauen. Klassischerweise werden PCs als Geräte der Klasse I mit Schutzleiteranschluss ausgeführt. Ein Blick in ein Netzteil mit Metallgehäuse ist in **Bild 9** zu sehen. Rechts liegt der Kaltgeräteeanschluss. Deutlich sieht man, dass die Schutzleiterverbindung nicht einfach gelötet wird, sondern geschraubt und mechanisch zusätzlich gesichert ist. Solche Maßnahmen sind notwendig, damit der Schutzleiter seine Funktion wirklich verlässlich erfüllen kann. Jetzt werfen wir einen Blick auf den Trafo in diesem Netzteil (**Bild 10**). Ein normaler Kern ist senkrecht stehend zwischen zwei Alu-Kühlblechen eingebaut. Das vordere Kühlblech kühlt den primärseitigen Schalttransistor, das hintere



... im PC-Netzteil.

die sekundären Gleichrichterdioden. All das sitzt so dicht gedrängt, dass der Minimalabstand zwischen Alublechen und Trafo nicht ausreicht. Um das Ganze dann doch noch in Ordnung zu bringen, wurden (vermutlich nachträglich) zwei durchsichtige Scheiben aus Isoliermaterial zwischen Trafo und Alublech eingeschoben und mit Kleber fixiert. Nicht schön, aber wirksam.

Bei einem derartigen Aufbau muss natürlich auch darauf geachtet werden, dass zwischen der Platinenunterseite und dem Gehäuse eine geeignete Isolation besteht. Oft findet man auch hier Isolierfolien, da die Luftstrecke zu gering ist. Abschließend noch

einiges zu so genannten Y-Kondensatoren. Diese werden üblicherweise zur Entstörung eingesetzt. Dabei ist es erlaubt, sie zwischen spannungsführenden Schaltungsteilen (z.B. Phase) und Schutz Erde anzuordnen. In punkto Sicherheit eine echte Herausforderung für die Kondensatoren! Daher müssen diese eine Zulassung haben. Die Schaltung darf die zugelassenen Ableitströme nicht überschreiten. In **Bild 11** ist ein solcher Kondensator zu sehen. In all den Zulassungs- und Prüfstempeln ist die Kapazitätsangabe (472 entspricht 4,7 nF) kaum zu entdecken. Ein solcher Kondensator darf auch zwischen Netzspannung führenden Teilen und der Sekundärseite oder dem Metallgehäuse bei Geräten der Schutzklasse 2 angeordnet werden. Fällt ein Kondensator an dieser Stelle aus, indem er für 50 Hz durchlässig wird, so ist die Sekundärseite nicht mehr galvanisch getrennt. Der Defekt eines einzelnen Bauteils hat also höchst gefährliche Auswirkungen! Das erklärt die hohen Anforderungen. Da die Anschlüsse eines Y-Kondensators die Isolationsbarriere häufig überschreiten (vergleiche Bild 5), müssen schon die Anschlussdrähte selbst ausreichenden Abstand voneinander haben.

Sicherheit bei Fehlern

Die Überhitzung im Fehlerfall ist eine weitere Gefahr, die Entwickler beachten müssen. Im Extremfall kann diese zur Entflammung führen. Daher ist in vielen Schaltnetzteilen eine Übertemperatursicherung eingebaut. In **Bild 12** sieht man beispielsweise ein Vorschaltgerät für Halogenlampen. Einer der beiden Leistungstransistoren ist mit einem Temperaturfühler ausgestattet, der den Konverter stoppt, wenn die Temperatur zu stark ansteigt. Auch wenn auf der Sekundärseite ein Schaltnetzteil gegen Überlast oder Kurzschluss geschützt werden muss, können derartige Konzepte helfen. Generell muss man sich schon beim Design überlegen, welche Auswirkungen ein Fehler in anderen Baugruppen auf ein Netzteil haben kann. Spätestens dann sollte man über den Einbau einer Sicherung nachdenken.

Bild 13 zeigt hier eine interessante Möglichkeit. Der „Fusistor“ ist ein Widerstand, der den Einschaltstrom begrenzt. Gleichzeitig brennt der Widerstand bei Überlast definiert und ohne Brandgefahr durch. Für manche Anwendungen ist das eine ideale Lösung.

(050327)n



Bild 10.
Folien zwischen Trafo und Kühlkörpern.



Bild 11.
Ein zugelassener Y-Kondensator.

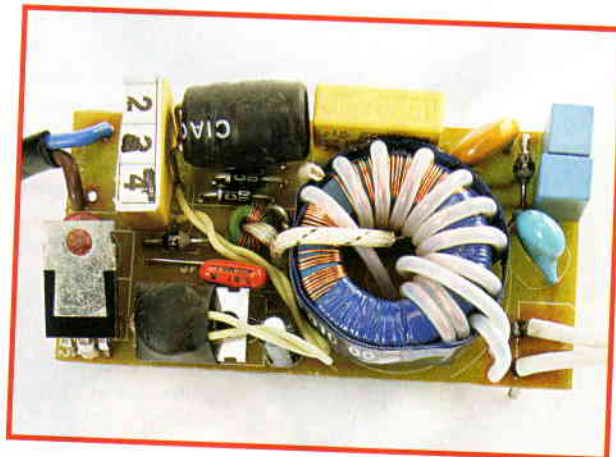


Bild 12.
Vorschaltgerät für Halogenlampen.

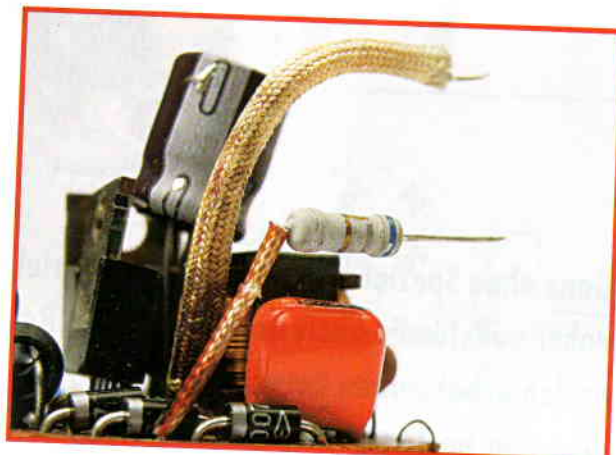
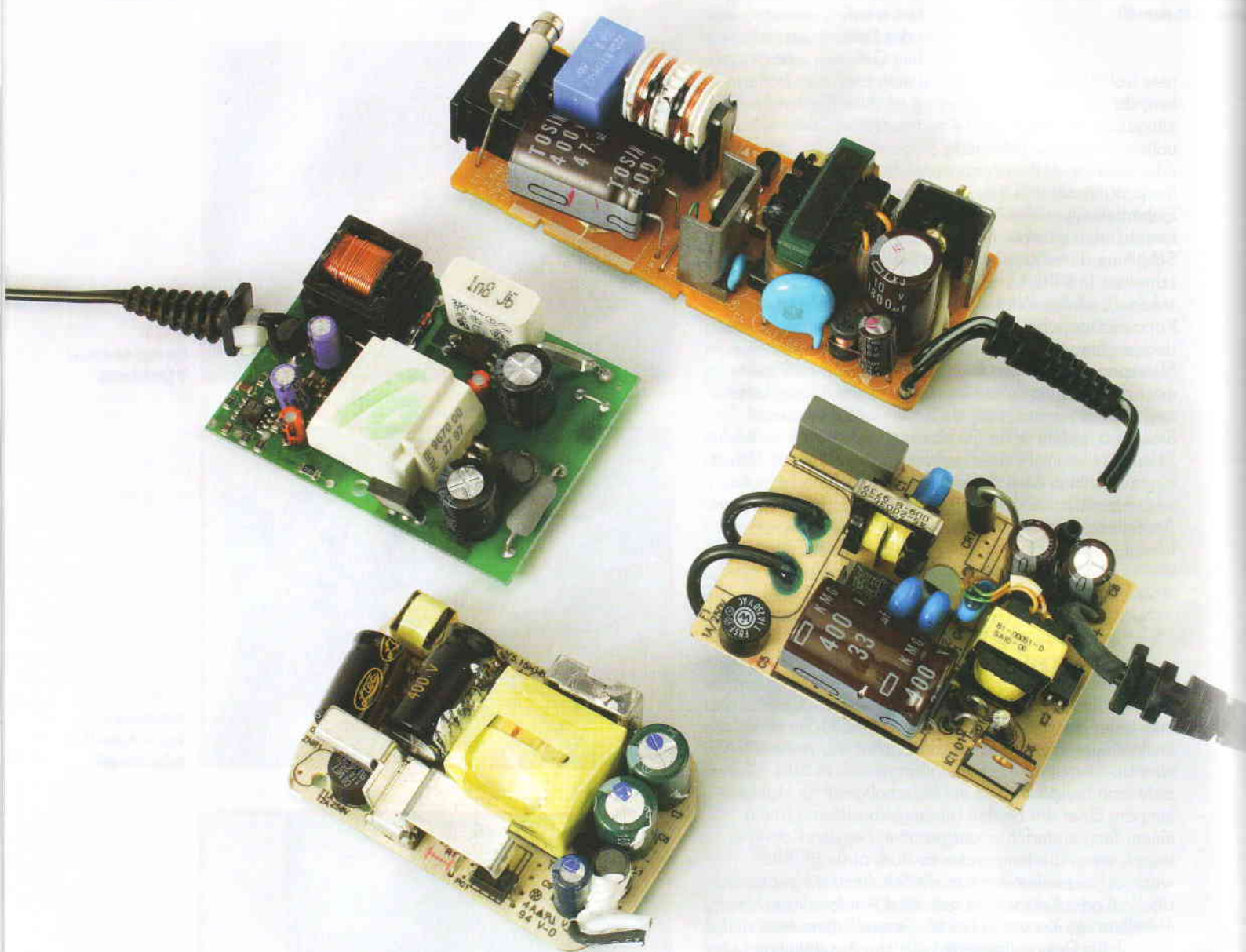


Bild 13.
Der „Fusistor“ ist Widerstand und Sicherung in einem.

Enthüllungen über Raffiniertes aus China

Von Prof. Dr.-Ing. Martin Oßmann



Ganz ohne Spezial-ICs ist das hier beschriebene Schaltnetzteil aufgebaut - es lässt sich daher vollständig analysieren und fürs „Reversed Engineering“ nutzen. Erstaunlich, wie es den unbekanntem Entwicklern gelungen ist, mit ganz wenigen preiswerten Bauteilen eine sehr leistungsfähige Schaltung zu realisieren. Diese Erkenntnisse können wir nutzen!

Steckernetzteile

Kleine Steckernetzteile (wie zum Beispiel Ladegeräte für Handys) werden zunehmend als Schaltnetzteile gebaut. Seit einiger Zeit sammelt und analysiert der Verfasser solche Netzteile. Insbesondere das Steckernetzteil eines chinesischen Herstellers erwies sich als besonders interessant und wird im Folgenden ganz genau unter die Lupe genommen. Krönender Abschluss ist eine kleine Selbstbauschialtung, die das gleiche Konzept benutzt wie das raffinierte China-Netzteil.

Billig, simpel und diskret

Das in **Bild 1** gezeigte Steckernetzteil ist mit diskreten Komponenten aufgebaut und kommt ohne Spezial-ICs aus. Daher kann man es im Rahmen des „Reversed Engineerings“ vollständig analysieren. Erstaunlich ist dabei, wie man mit so wenig preiswerten Bauteilen eine derart leistungsfähige Schaltung realisieren kann. Bei der Analyse wird auch Schritt für Schritt klar, welche Aspekte beim Aufbau derartiger Netzteile eine Rolle spielen. Wir können also einiges an interessanten Informationen erwarten.

Einblicke

Üblicherweise kann man ein Steckernetzteil in drei Funktionsblöcke unterteilen: In der ersten Stufe wird aus der Netzspannung eine Gleichspannung gewonnen. In dieser Stufe sind auch diverse Sicherheits- und Filterfunktionen zu finden. Die zweite Stufe ist das eigentliche Schaltnetzteil, welches Spannungsumsetzung und Netztrennung bewirkt. In der dritten Stufe wird die Ausgangsspannung bereitgestellt und geglättet, darüber hinaus wird die Regelinformation zur Spannungsregelung gewonnen. Die Daten unseres Netzteils sind dem Typenschild zu entnehmen. Die Eingangsspannung beträgt „100-240 Volt AC 50/60 Hz“, die Ausgangsspannung wird mit „12 Volt max. 1,0 A“ angegeben.

Die Eingangsstufe des Netzteils ist entsprechend **Bild 2** aufgebaut. Kondensator C1 liegt direkt und ohne weiteren Schutz an der Netzspannung, er muss daher ein X-Kondensator sein. Seine Aufgabe ist es, die HF zwischen Netz und Netzteil abzublocken. Als Entladewiderstand ist R1 eingebaut. Da normale SMD-Widerstände nicht für diese hohe Spannung geeignet sind, ist er als Reihenschaltung von zwei 470-k-SMD-Widerständen ausgeführt. Für den Fall, dass einmal etwas richtig schief geht, folgt eine Sicherung. Ein solcher GAU wäre zum Beispiel Blitzschlag mit hohen transienten Spannungen auf dem Netz. Mit kleinen transienten Pulsen wird der VDR R2 (470 V) fertig. Als Netzgleichrichter dienen vier diskrete Dioden 1N4007. Manche Hersteller verwenden auch Brückengleichrichter in SMD-Bauform. Die beiden Kondensatoren C2 und C3 bilden zusammen den Ladekondensator. Die Kondensatoren sind 400 V/105 °C-Typen für eine lange Lebensdauer bei erhöhter Temperatur. Interessant ist die Anordnung der Common-Mode-Drossel L1 (auch „stromkompensiert“ genannt) zwischen diesen beiden Kondensatoren. Vorteilhaft ist vermutlich, dass zwischen den beiden Kondensatoren ein nahezu konstanter

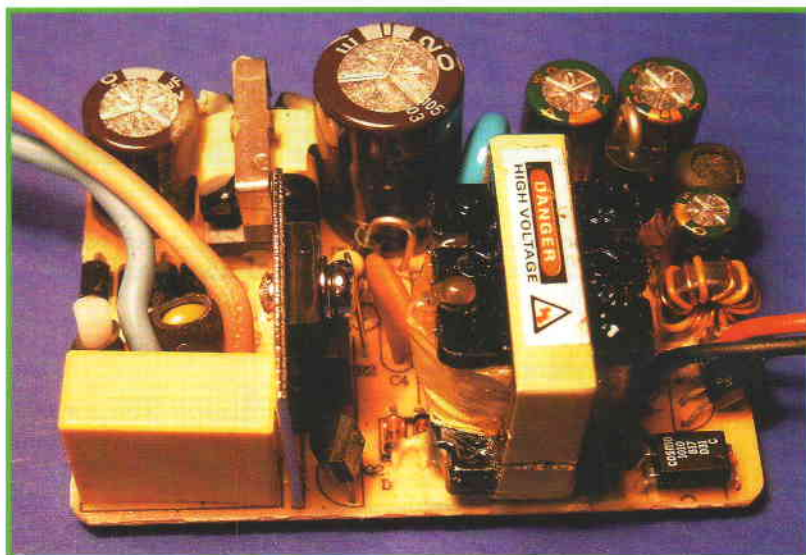
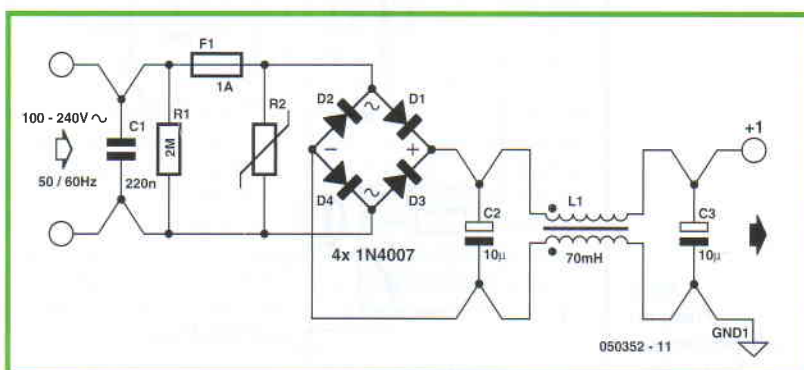


Bild 1. Diskret aufgebautes Steckernetzteil „Made in China“.

Gleichstrom fließt. Dieser ist niedriger als der pulsartige Strom im Brückengleichrichter. Dementsprechend kann die Drossel etwas „schwächer“ dimensioniert werden. Gleichzeitig bildet die Streuinduktivität dieses „Trafos“ zusammen mit C2 und C3 vermutlich ein wirksames „Differential-Mode“-Filter. Die Spule L1 hat als „Common-Mode“-Spule eine Induktivität von etwa 70 mH auf jeder Seite. Als Trafo gesehen hat sie eine Streuinduktivität von 460 μ H, was für eine Differential-Mode-Spule wahrscheinlich ausreicht. Spule L1 erledigt also vermutlich zwei Filterfunktionen.

Schaut man sich die Platine genauer an, so entdeckt man, dass manche Leiterbahnen geschlitzt sind (**Bild 3**). Dies ist keineswegs Zufall. Damit wird versucht, den Strom zu zwingen, über Abblockkondensatoren zu fließen. Im Schaltplan verdeutlicht man das oft durch eine X-förmige Linienführung – wie in **Bild 2** zu sehen. Diese geschlitzten Bahnen findet man im untersuchten Schaltnetzteil bei verschiedenen Kondensatoren auf der

Bild 2. Eingangsstufe des Netzteils.



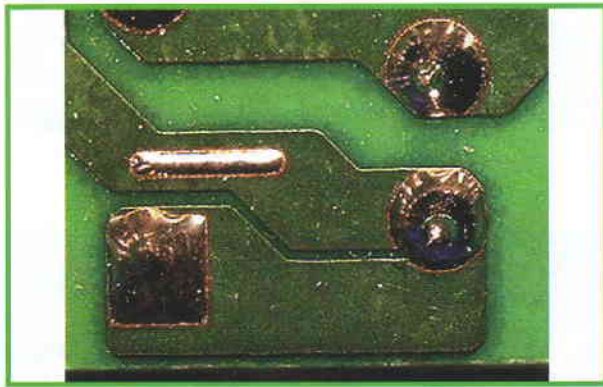


Bild 3.
Geschlitzte
Leiterbahnen sollen die
Entkopplung
verbessern.

Primär- wie auf der Sekundärseite. An C3 steht nach dieser Filterung die eigentliche Betriebsspannung für das Schaltnetzteil bereit.

Flyback-Wandler

Bei der Analyse eines solchen Schaltnetzteils muss man als Erstes herausfinden, um welche Art von Grundschal-

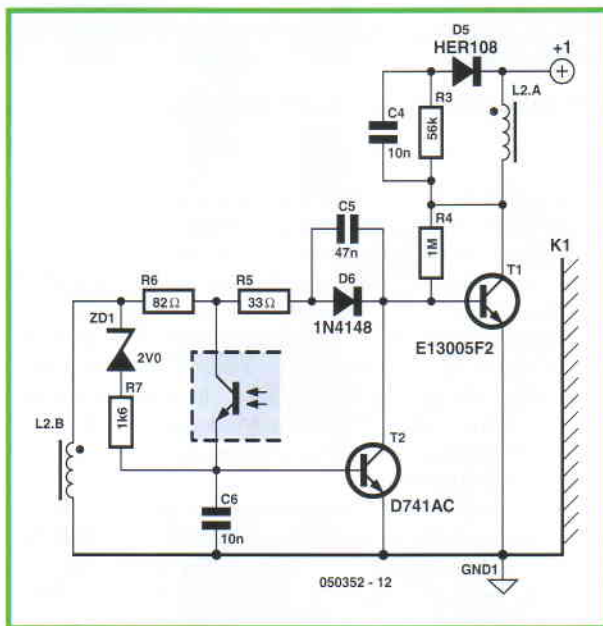


Bild 4.
Das Herzstück des
Schaltnetzteils.

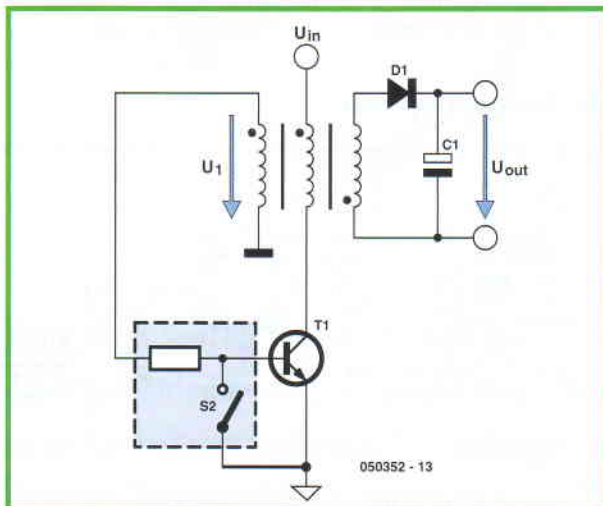


Bild 5.
Prinzip des
selbstschwingenden
Sperrwandlers.

ung es sich eigentlich handelt. Dazu lokalisiert man die eigentlichen Leistungskomponenten, die meist allein an ihrer Größe erkennbar sind. Dann versucht man durch Messung oder Datenblattsuche die verwendeten Komponenten (Dioden, Transistoren) zu identifizieren. Um die Verschaltung des Trafos zu ermitteln, helfen vorerst einfache DC-Widerstandsmessungen im eingebauten Zustand. Damit wurde im vorliegenden Fall schnell ermittelt, dass es sich um einen einfachen Sperrwandler (Flyback-Wandler) handelt. Dies ist im Bereich kleiner Leistungen die bevorzugte Topologie.

In **Bild 4** ist das eigentliche Herz des Schaltnetzteils (ohne Sekundärkreis) dargestellt. Die Schaltung besteht im Grunde nur aus zwei Transistoren; sie ist aber ziemlich trickreich, wie wir noch sehen werden.

Das Grundprinzip des Sperrwandlers wird besser in **Bild 5** sichtbar. Die zentralen Bauteile sind der aus drei Wicklungen bestehende „Transformator“, der Transistor T1 und die Diode D1. Hierbei wird „Transformator“ bewusst in Anführungszeichen gesetzt, weil es sich eher um eine „Induktivität mit mehreren Wicklungen“ handelt. Am Anfang eines Zyklus ist die Spule (und zwar alle Wicklungen) stromlos, es ist keine Energie gespeichert. Dann wird T1 eingeschaltet. Durch die Eingangsspannung U_{in} an der Primärwicklung wird die Induktivität „aufgeladen“, während Diode D1 nicht leitet. Jetzt wird im passenden Moment T1 ausgeschaltet, und der Strom wechselt von der Primärseite zur Sekundärseite. Diode D1 leitet und die Induktivität wird entladen und gibt ihre Energie an den Sekundärkreis ab. Weil in dieser Phase T1 sperrt, heißt der Wandler „Sperrwandler“. Der Sekundärstrom sinkt linear ab. Wenn er Null erreicht, schaltet man T1 wieder ein und so fort.

Messungen

Bisher ist alles Theorie – doch nun soll gemessen werden. Da die Schaltung normalerweise direkt am Netz mit hoher Spannung betrieben wird, sind Messungen nicht ganz einfach. Bei Netztrennung durch einen vorgeschalteten Trenntransformator kann man an der Primärseite des Stecker-Netzteils mit einem normalen Oszilloskop messen. Man muss aber sehr vorsichtig arbeiten, da man durch keinen FI oder andere Maßnahmen geschützt ist. Da die Elkos C2 und C3 nicht sehr groß sind, weist die Versorgungsspannung eine 100-Hz-Welligkeit (Ripple) auf, die zu verworrenen Oszilloskop-Bildern führt. Um das zu beseitigen, wurde die Gleichspannung mit einem „dicken“ Brückengleichrichter und größeren Elkos (470 μ F) selbst neu erzeugt und am Punkt „+1“ (siehe Bild 4) eingespeist.

Bild 6 zeigt die Spannung über dem Schalttransistor T1 (obere Spur 1, 10:1 Tastkopf!) sowie den Kollektorstrom durch T1 (untere Spur 2, gemessen mit einer Stromzange). Die Eingangsspannung (Punkt +1) war bei dieser Messung 326 V. Bei Nennlast (12 V/1 A am Ausgang) fließt ein Eingangsgleichstrom von 44,5 mA. Das ergibt einen Wirkungsgrad von etwa 83 Prozent. Die Frequenz beträgt dabei beachtliche 95 kHz. Wenn die Diode leitet, liegt am Transistor zusätzlich zur Eingangsspannung die um das Übersetzungsverhältnis hochtransformierte Ausgangsspannung!

Selbstschwinger

In größeren Schaltnetzteilen übernimmt oft ein IC die Ansteuerung der Leistungshalbleiter sowie das Timing und die Regelung. Hier werden alle diese Funktionen von wenigen diskreten Bauteilen erledigt. Zuerst zum Prinzip

anhand von Bild 5. Entscheidend ist die dritte Transformatorwicklung, die eine Mitkopplung herbeiführt. Wir beginnen die Analyse mit der Annahme, dass T1 gerade ausgeschaltet wurde. Der Spulenstrom fließt nun durch die Diode D1 und nimmt linear ab. So bald er Null erreicht, wird diese Diode sperren. Die Spule bildet mit parasitären Kapazitäten (von Wicklung und Bauteilen) jetzt einen Schwingkreis, der nun eine Halbschwingung macht. Die Spannung an der Sekundärwicklung sinkt und wird dann sogar negativ. Das führt zu einer positiven Spannung in der dritten (Rückkopplungs-)Wicklung, was dann den Transistor T1 einschaltet. In der Folge steigt die Spannung in der Primär- und Rückkopplungswicklung weiter an, was die Schaltzeit verkürzt. T1 leitet und der Spulenstrom steigt linear - die Induktivität wird wieder geladen. Nach einer gewissen Zeit wird S2 geschlossen (durch raffinierte Verschaltung) und der Basisstrom von T1 sinkt. Dadurch sinkt auch der Kollektorstrom. Dieser Ausschaltvorgang von T1 wird, einmal gestartet, durch die Mitkopplung ebenfalls wieder beschleunigt. Nun kann das Spiel von vorne beginnen. Es bleibt nur noch zu klären, wie der Transistor T1 nach einer gewissen Zeit ausgeschaltet wird. Die Funktion von S2 in Bild 5 übernimmt in Bild 4 der Transistor T2. Entscheidend sind nun R7 und C6. Nach dem Einschalten von T1 liegt an L2B gegen Masse eine positive Spannung. Dadurch wird C6 so lange langsam geladen, bis T2 anfängt zu leiten, so dass sein Kollektorstrom dem Transistor T1 den Basisstrom „raubt“. Das führt dann zum Ausschalten von T1. Die Mitkopplung sorgt wieder für eine Beschleunigung des Ausschaltens.

Bild 7 zeigt die Spannung an der Basis von Transistor T2 (untere Spur 1) sowie den Basisstrom von T1 (obere Spur 2, mit Stromzange gemessen). Transistor T1 wird durch einen Basisstrom von ca. 100 mA eingeschaltet, der eine Zeit lang konstant bleibt. Gleichzeitig steigt die Spannung an der Basis von T2, bis diese ca. 0,8 V erreicht. Der Basisstrom beginnt dann zu sinken und wird kurzzeitig stark negativ, weil die Basis-Ladungsträger ausgeräumt werden müssen. Erst dann schaltet Transistor T1 aus und die Spannung an der Basis von T2 beginnt zu sinken.

Anschwingen

Für das Anschwingen der Schaltung sorgt der Widerstand R4. Da an ihm eine sehr hohe Spannung liegt, ist er als Reihenschaltung von vier 240-k-SMD-Widerständen ausgeführt. R4 liefert im nicht angeschwungenen Zustand einen Basisstrom für T1, der T1 in den linearen Betriebsbereich mit Verstärkung bringt. Damit R4 das schafft, darf die Basis von T1 aber (für DC) nicht zu niederohmig mit L2B verbunden sein. Deshalb ist die Kombination aus C5 und D6 eingebaut. Einerseits kann dadurch die Basis angehoben werden, andererseits ist für Wechselströme der Rückkopplungsweg geschlossen, und die Mitkopplung sorgt fürs Anschwingen. Bevor wir die Funktion von R3, C4 und D5 erklären, wollen wir uns noch den Transformator ansehen, der das zentrale Bauteil ist.

Transformator

Der Transformator ist das einzige Spezialbauteil der Schaltung. Ihn sowohl zerstörungsfrei als auch vollständig zu analysieren ist eine Herausforderung, die mit dem Auslöten anfängt. Zudem sollte man die Parameter des Trafos bei Betriebsfrequenz (also 100 kHz) ermitteln, um die wirklich relevanten Werte zu erhalten, wofür gute Messtechnik nötig ist. Überschlägige Resultate sind aber

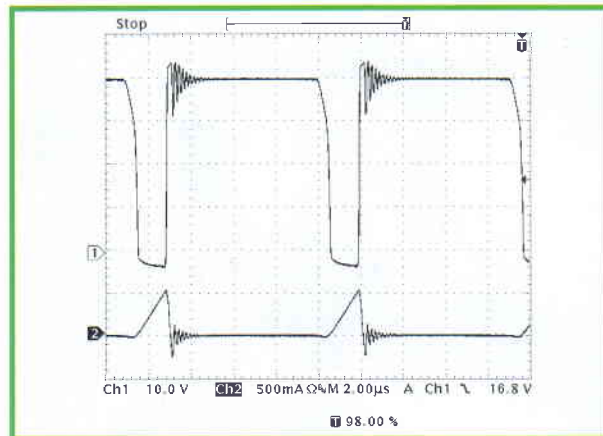


Bild 6.
Spannung und Strom
am Schalttransistor.

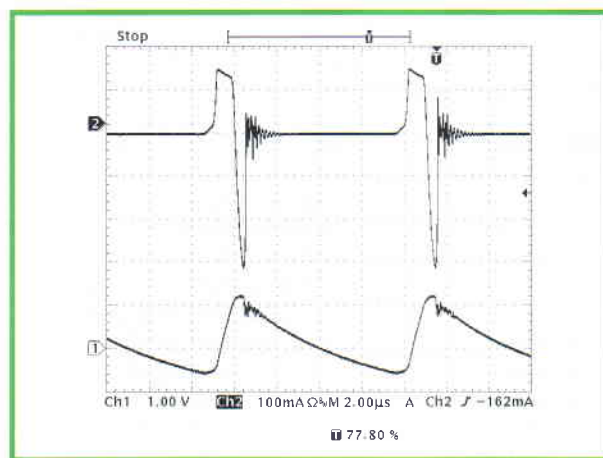


Bild 7.
Basisspannung von T2
(unten) und Basisstrom
von T1 (oben).

auch einfacher zu erhalten: Aus dem Oszillogramm in Bild 6 lässt sich folgern, dass der Strom in L1.A innerhalb von $\Delta T = 1,5 \mu s$ bei $U = 326 V$ um ca. $\Delta I = 0,55 A$ ansteigt. Daraus ergibt sich mit Hilfe von $\Delta I = U\Delta T/L$ ein Wert von $L \approx 900 \mu H$. Eine Messung mit einer Messbrücke liefert einen Wert von $L = 800 \mu H$. Misst man im Betrieb gleichzeitig die Spannungen an allen drei Wicklungen mit gut abgeglichenen Tastköpfen, so kann man auch das Übersetzungsverhältnis bestimmen. Um die Windungszahlen herauszufinden, wurden um den Mittelschenkel des Trafos fünf Windungen dünnen Kupferlackdrahts gewickelt und anschließend das Übersetzungsverhältnis zu den anderen drei Wicklungen gemessen - bei 100 kHz! Das Ergebnis: L1A = 56 Windungen. L2B = 3 Windungen und L2C = 11 Windungen.

Damit hat der Kern einen AL-Wert von etwa $800 \mu H/56^2 = 255 nH/Wdg^2$. Nun konsultiert man diverse Datenbücher von Kernlieferanten (Epcos, Philips, Vogt, Kaschke). Der Kern E25/9/6 von Philips passt ziemlich gut, mit einem Luftspalt von $200 \mu m$ hat er den richtigen AL-Wert. Bei einem Spitzenstrom von $I = 0,55 A$ in der Primärwicklung ergibt sich eine maximale Induktion von ca. 200 mT im Kern, was mit modernen Ferritmaterialien bei 100 kHz durchaus zu machen ist. Auch die Kernverluste liegen bei diesem Spitzenstrom mit ca. 0,5 bis 0,7 Watt in einem Bereich, den ein Kern dieser Größe thermisch gut verkraftet. Elektrotechnisch ist der Transformator damit beschrieben, aber bei der praktischen Ausführung gibt es noch Details, die einem Schaltnetzteil-Konstrukteur das Leben schwer machen. Der Transformator muss nämlich die Isolation zum Netz sicherheitstechnisch gewährleisten; Kriechstreckenanforderungen und so weiter sind einzuhal-

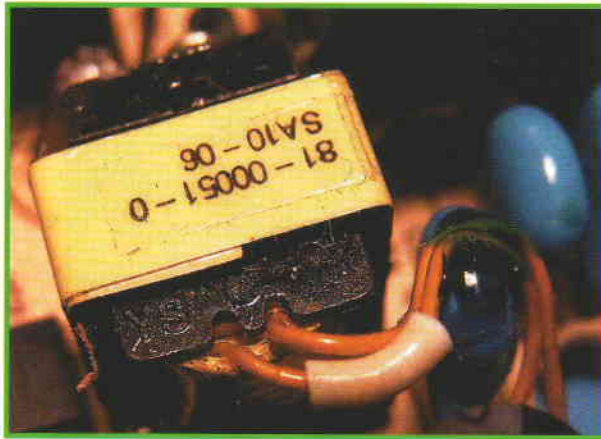


Bild 8.
Miniatortrafo mit
„triple-isolated-wire“.

ten. Dazu werden zum Beispiel Isolations- und Abstandshaltefolien in den Trafo eingewickelt und der Trafo vergossen, wie vermutlich auch bei dem untersuchten Netzteil.

Bild 8 zeigt den kleinen Trafo eines 6 V/1,5A-(9-W)-Netzteils, der lediglich 13 mm breit und 14 mm hoch ist. Für die Sekundärwicklung wird bei derartigen Trafos oft ein Spezialdraht verwendet. In Bild 8 erkennt man diesen oft als „triple-isolated-wire“ bezeichneten Spezialdraht (zum Beispiel von Furukawa). Der Draht ist dafür zugelassen, die Isolation vom Netz herzustellen. Dazu verfügt er über drei voneinander unabhängig aufgebrauchte Isolationen. Der Draht wird üblicherweise auch nicht am Spulenkörper angelötet, weil die Lötstellen als blanke Teile dann schon zu nahe an die Primärwicklung kommen. Die Isolationsforderung führt bei diesen Flyback-Trafos dann oft dazu, dass die Streuinduktivität relativ groß ist. In dem Moment, in dem die Sekundärseite den Strom übernimmt, sucht sich die in der Streuinduktivität gespeicherte Energie einen Weg nach außen, und zwar im Normalfall durch eine riesige, zerstörerische Spannungsspitze am Kollektor von T1.

RCD-Snubber

Damit diese Energie den Transistor T1 nicht zerstört, wird ein Entlastungsnetzwerk (englisch snubber network) aus

R3, C4 und D5 aufgebaut. Diode D5 leitet die Spannungsspitze (Peak) an das RC-Netzwerk. Der Kondensator lädt sich auf, und die Energie wird langfristig im Widerstand verbraucht. Die Diode D5 muss schnell schalten und eine Hochspannungsdiode sein. Als Kondensator wird ein 1-kV-Typ eingesetzt, damit er den Peak übersteht. Der gekappte Spannungsspeak mit der nachfolgenden Oszillation ist in Bild 6 gut zu erkennen. Widerstand R3 ist eine große bedrahtete Bauform, die vermutlich bis zu 1 W verbraten kann. Auch hier entstehen also Verluste, die durch ein gutes Design klein gehalten werden müssen.

Sekundär

Als Letztes bleibt noch die Analyse der Sekundärseite (**Bild 9**). D7 ist eine 3-A-Schottkydiode, welche die entstehende Wärme noch ohne zusätzliche Kühlung verkräftet. **Bild 10** zeigt als Beispiel aus einem 2-A-Schaltnetzteil, wie sich eine Diode durch das Einlöten in einen Rahmen auf billige Weise kühlen lässt. Transistor T1 hat beispielsweise ein voll isoliertes Plastikgehäuse und ist auf einem kleinen Kühlblech (K1 in Bild 4) festgeschraubt, das aus EMI-Gründen mit Masse verbunden ist. Immerhin ist der Kollektor von T1 einer der heißesten Punkte in der gesamten Schaltung!

Die Kondensatoren C8 und C9 bilden mit Drossel L3 das Glättungsfilter. Als weitere Common-Mode-Drossel findet L4 Verwendung. Zur Verbesserung des EMI-Verhaltens dient weiterhin der Y-Kondensator C7. Warum dieser sekundärseitig genau an diesem Punkt angeschlossen ist, wurde nicht untersucht. Vermutlich wirkt er so am besten. Z-Diode ZD2 begrenzt im Notfall die Ausgangsspannung, wenn die Regelung bei Lastabriss einmal kurzzeitig nicht schnell genug greifen kann. Um die einstellbare Z-Diode (Shuntregler, IC1) herum findet sich die häufig anzutreffende Regelung. Überschreitet die Ausgangsspannung 12 V, so beginnt IC1 zu leiten und die LED im Optokoppler OC1 leuchtet. Das führt nun primärseitig dazu, dass der Phototransistor als Nebenschluss zu R7 wirksam wird. Dadurch wird C6 schneller geladen und T1 früher abgeschaltet. Das bewirkt, dass die Induktivität mit weniger Energie geladen wird. Der Energietransfer sinkt und damit auch die Ausgangsspannung. Dabei ändert sich dann jeweils die Fre-

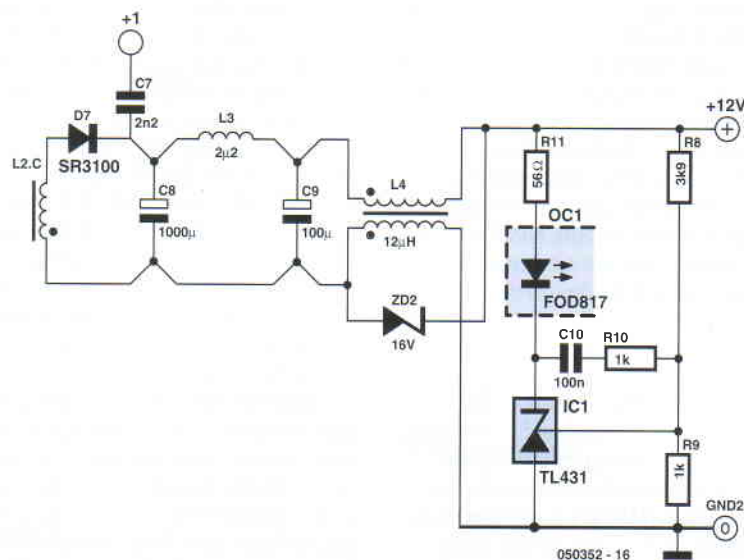


Bild 9.
Die Sekundärseite des
Schaltnetzteils.

quenz, die im Leerlauf (der Konverter deckt dann nur seine eigenen Verluste) bis auf 600 kHz ansteigt!

Abgekupfert

Nachdem wir nun diese Hand voll Bauteile akribisch analysiert haben, können wir ähnliche Konverter auch selbst entwerfen. **Bild 11** zeigt ein einfaches Design für einen Konverter von 24 Volt nach 5 Volt bei 500 mA. Würde man dafür einen 7805 verwenden, müsste dieser stolze 9,5 Watt vernichten. Auch wenn der Schaltwandler nur etwa 65 Prozent Wirkungsgrad aufweist, ist er trotzdem viel besser als ein Längsregler. Auf ein Snubber-Netzwerk kann die Schaltung verzichten. Wenn die drei Wicklungen schön trifilar gewickelt werden, dann hält der BD237 die Spannungsspitze gut aus.

(050352e)

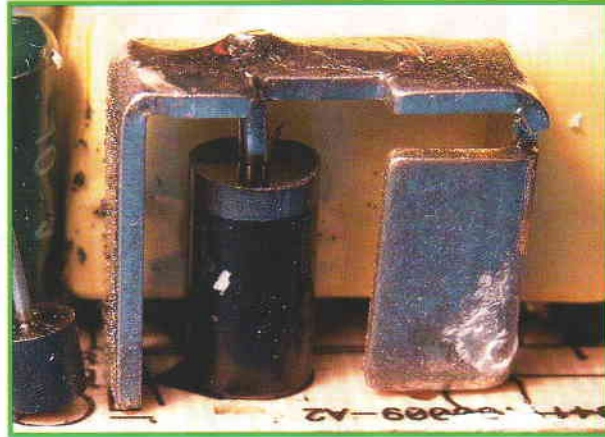


Bild 10.
Diode mit wärme- und stromleitendem Kühlblechwinkel.

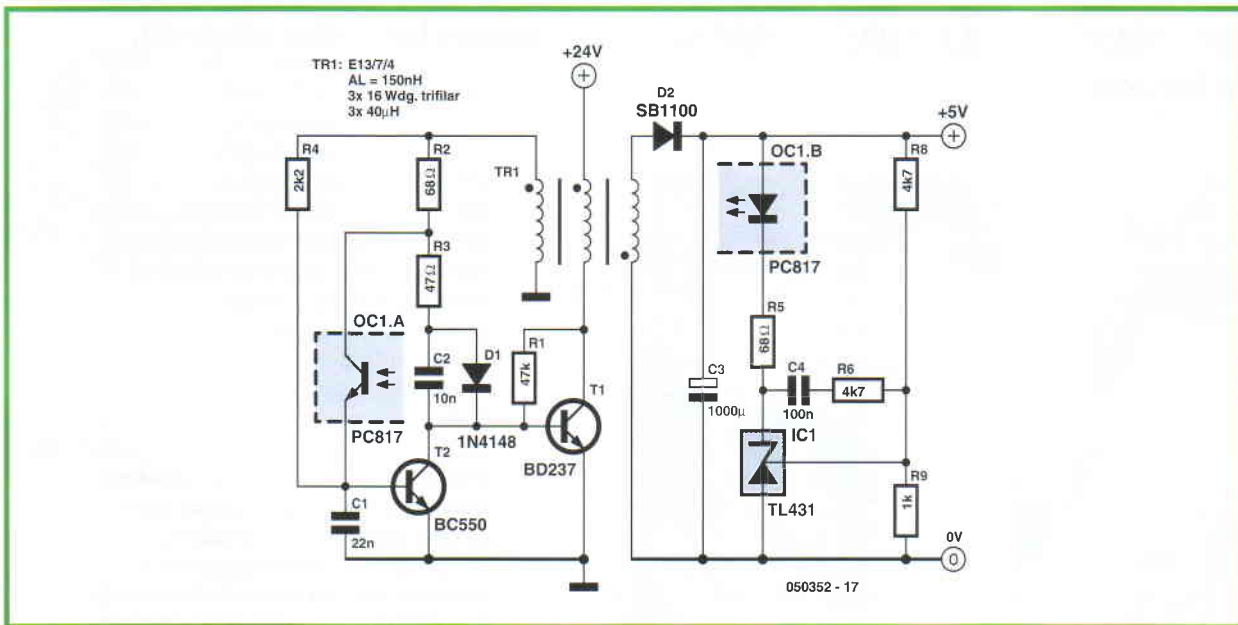


Bild 11.
Step-down-Konverter von 24 V nach 5 V.

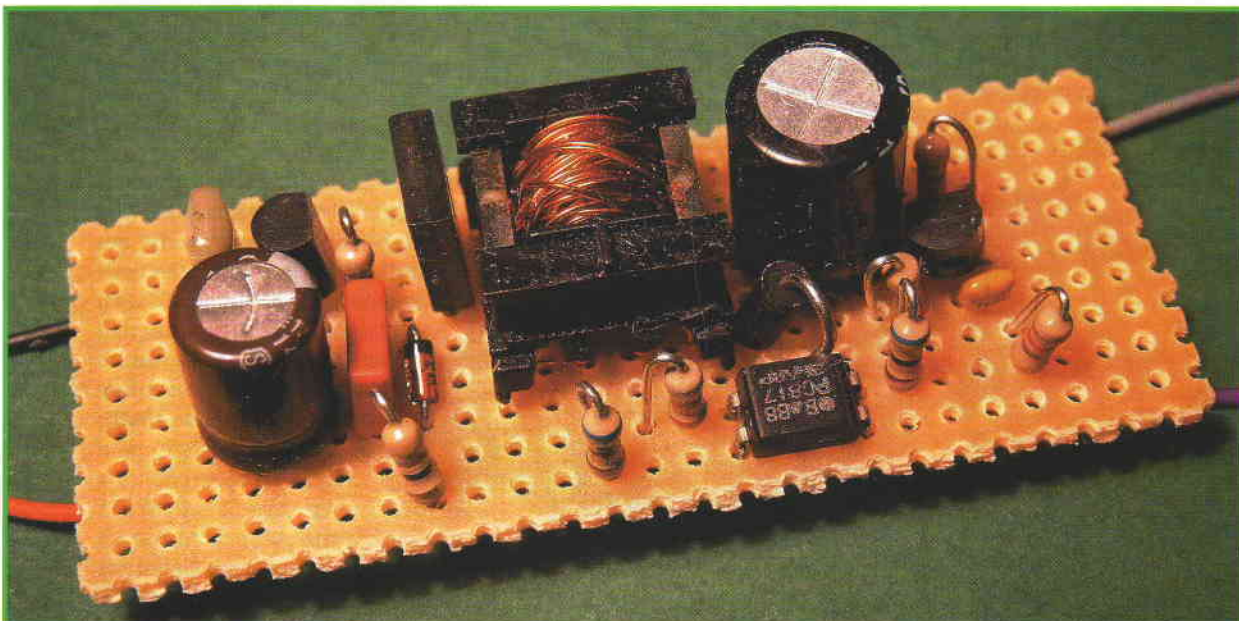


Bild 12.
Musteraufbau des kleinen Konverters.

Amperestunden-Korrekturen Akkukapazität nachgemessen

Von Fons Janssen

Akkus im AA-Format (die so genannten Mignonzellen) sind vielseitig einsetzbar. Doch sind unzählige unterschiedliche Typen auf dem Markt - und ständig werden es mehr. Jahr für Jahr steigen die Kapazitäts-Angaben. Doch das will nichts heißen. Um herauszufinden, wie hoch die Kapazität einer Zelle wirklich ist und ob diese nicht schon nach wenigen Ladezyklen schwindet, bleibt nur das Messen!



Die hier vorgestellte Schaltung kann die reale Kapazität eines Akkus recht genau erfassen. Selbstverständlich ist so eine moderne Messlösung PC-gesteuert – Software gehört also dazu. Diese sorgt dafür, dass die an den PC angeschlossene Messelektronik den zu überprüfenden (geladenen) Akku während eines kompletten Entladezyklus genauestens vermisst. Aus den Messwerten für die akkumulierte entnommene Ladung, die Spannung, den Strom und dem berechneten Innenwiderstand können dann die Eckdaten des Akkus und damit seine Qualität präzise bestimmt werden. Die Schaltung eignet sich selbstverständlich auch für die kleineren AAA-Zellen. Zentrales Bauteil der Schaltung ist das Akku-Spezial-IC DS2751. Der Hersteller Maxim nennt sein Produkt etwas blumig „Battery Fuel Gauge“, was in etwa „Tankanzeige für Batterien“ bedeutet. Solche Chips werden zum Beispiel in einem Handy zur Bestimmung der Restlaufzeit eingesetzt. Das IC verursacht sehr geringe Verluste und eignet sich prinzipiell nicht nur für LiIon-Akkus, sondern genauso gut für NiMH- oder NiCd-Zellen.

Hardware

Wie in **Bild 1** zu sehen ist, macht die Verwendung von ICs ein eigentlich komplexes Messgerät sehr einfach.

ntrolleur

Der Anschluss an den PC geschieht via USB; wobei der Bus auch gleich für die Betriebsspannung sorgt. Ein extra Netzteil ist also nicht notwendig. IC1 ist ein Low-Drop-Spannungsregler vom Typ MAX8881EUT33, der stabile 3,3 V aus den vom USB abgezackten 5 V generiert. IC2 ist ein USB/1-Wire-Konverter vom Typ DS2490S – zuständig also für die Kommunikation zwischen PC und IC3. Letzteres stellt die Akku-Tankanzeige vom Typ DS2751E-025 dar.

IC3 misst die Zellenspannung an Pin 1 sowie den Strom über einen integrierten 25-mΩ-Widerstand zwischen Pin 7 und Pin 2 (Masseanschluss). Pin 3 wird von der Software gesteuert und schaltet das Gate von Transistor T1, der über R4 den angeschlossenen Akku entladen kann. Bei der typischen Entladespannung von 1,2 V fließt demnach ein praxisgerechter Strom von etwas über 1 A.

Software

Um den Entladevorgang und die Messung zu steuern, wurde ein Programm in Visual Basic geschrieben, das von der ELEKTOR-Webseite in Form der Datei „050394-11.zip“ herunter geladen werden kann.

Zuerst initialisiert das Programm IC3 und schaltet T1 aus. Dann kann eine geladene Akkuzelle angeschlossen werden. Die Software zeigt nun die Leerlaufspannung an (siehe Bild 2a). Startet man einen Messzyklus, dann schaltet die Software T1 ein und ein Entladezyklus beginnt. Danach werden jede Sekunde die Spannung und der Strom gemessen. Nach diesen beiden Messungen wird die Entladung ganz kurz unterbrochen, um zusätzlich die aktuelle Leerlaufspannung zu erfassen (siehe Bild 2b). Um Tiefentladung zu verhindern, wird dieser Vorgang beendet, sobald die Zellenspannung unter 0,8 V fällt. Anschließend werden die gemessenen Stromwerte akkumuliert, was die entnommene Kapazität in mAh ergibt. Selbstverständlich lässt sich ein Messzyklus auch vorzeitig abbrechen, falls etwas schief gegangen ist. Die aufgezeichneten

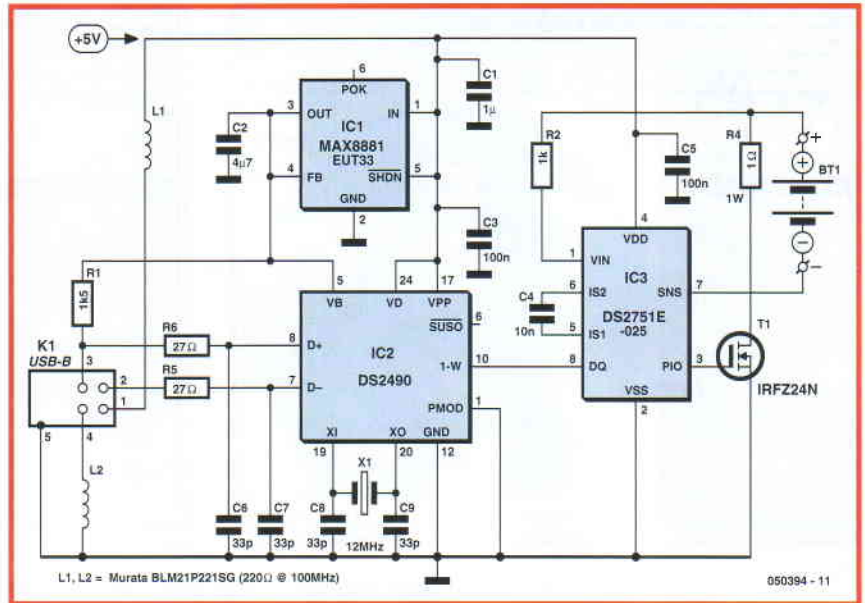


Bild 1. Die Schaltung des Akku-Kapazitätsmessgeräts kommt mit drei ICs aus.

ten Messwerte können in einer Datei archiviert werden.

Datenreihen

Die gespeicherten Daten lassen sich ganz einfach in Excel (oder einer anderen Tabellenkalkulation) einlesen (Bild 3). Im Falle von Excel öffnet man die Datei ganz normal (der Dateityp muss auf „Alle lesbaren Dateien“ eingestellt sein). Im sich dann zeigenden Import-Dialog wählt man die Option „Getrennt“ und klickt auf den Knopf „Fertigstellen“. Das Datenblatt enthält dann vier Datenspalten:

- ACR [mAh] ist die akkumulierte Kapazität in mAh;
- V1 [V] die Leerlaufspannung in V;
- V2 [V] die Zellenspannung unter Belastung in V und
- I [A] der Entladestrom in A.

In einer fünften Spalte kann man so ganz einfach den Innenwiderstand R_i berechnen. Sein Verlauf ist ein guter Indikator für die Akku-Qualität. Die grundlegende Formel

$$R_i = [(U_0 - U_L) / I_L] - R_{sense}$$

kann vereinfacht werden zu

$$R_i = [(U_1 - U_2) / I] - 25 \text{ m}\Omega$$

wobei V_0 die Leerlaufspannung, V_L die Spannung unter Last und I_L der Entladestrom ist.

In die Zelle E3 tippt man also ein „=(B3-C3)/D3-0,025“.

Dann kopiert man die Zelle E3 in die Zwischenablage und setzt diese in den kompletten Rest der Spalte E ein (es geht auch mit „Ausfüllen unten“). Mit einer XY-Grafik kann man den Verlauf der Messungen schön veranschaulichen. Wird für X z.B. die Kapazität (Spalte A) gewählt und die Spannungen, der Strom und der Widerstand sind Y-Variablen, dann kann man die Abhängigkeit der letzteren Werte von der entnommenen Strommenge sehr klar sehen. Das Foto ganz vorn zeigt eine solche Grafik.

Treiber

Um die Kommunikation mit dem PC über IC2 zu ermöglichen, müssen erst noch Treiber für den Betrieb des 1-Wire-Interface (zwischen IC2 und IC3) installiert werden. Man kann diese direkt von der Webseite des Herstellers herunterladen (www.maximic.com/products/ibutton/software/tmex/). Nach der Installation sollte „default 1-wire net“ gestartet werden, um das IC DS2490S aufzuspüren. Diese Verbindung wird dann als „Default 1-Wire net“ gesetzt.

Andere Akkus

IC3 enthält einen 12-bit-A/D-Konverter. Seine Spannungs-Auflösung beträgt 4,88 mV bei einem Messbereich bis maximal 4,5 V (bei größeren Werten

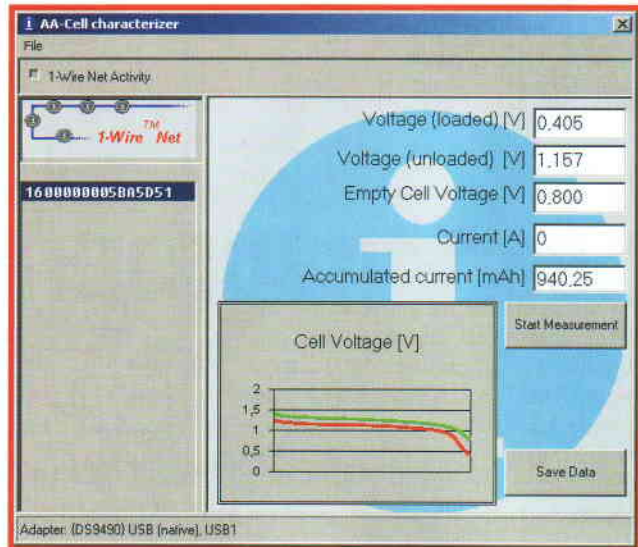
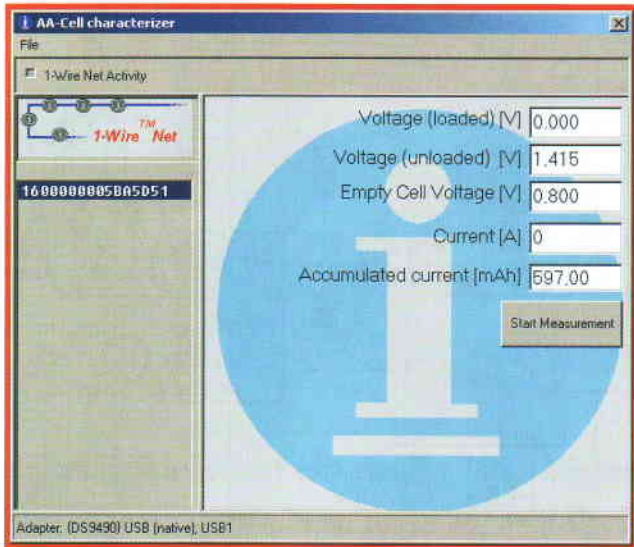


Bild 2. Screenshots der Software (links: Start, rechts: während einer Messung).

muss man anstatt R2 einen Spannungsteiler einsetzen). Die Auflösung beim Strom liegt bei 0,625 mA und der

Messbereich reicht bis 1,9 A. Man kann Kapazitäten bis maximal 8,2 Ah erfassen. Da es sich hier um einen

akkumulierten Wert aus vielen Einzelmessungen handelt, wird dieser mit der erhöhten internen Genauigkeit von 16 bit abgespeichert.

Damit ist klar, dass die Schaltung prinzipiell für die Messung einer einzelnen LiIon-Zelle oder einer Serienschaltung von bis zu drei NiCd- oder NiMH-Akkus eignet. Die Schaltung ist zwar für eine AA- oder -AAA-Zelle dimensioniert, kann aber leicht für andere Akkutypen angepasst werden. Einen anderen Entladestrom erhält man zum Beispiel durch geeignete Werte für R4. Um die Akkus nicht zu gefährden, darf man als Entladestrom höchstens den Betrag der so genannten Nominalkapazität C in mA einstellen. Bei der Belastbarkeit von R4 sollte man zudem die entstehende Verlustleistung berücksichtigen. Für kleinere Akkus wäre das

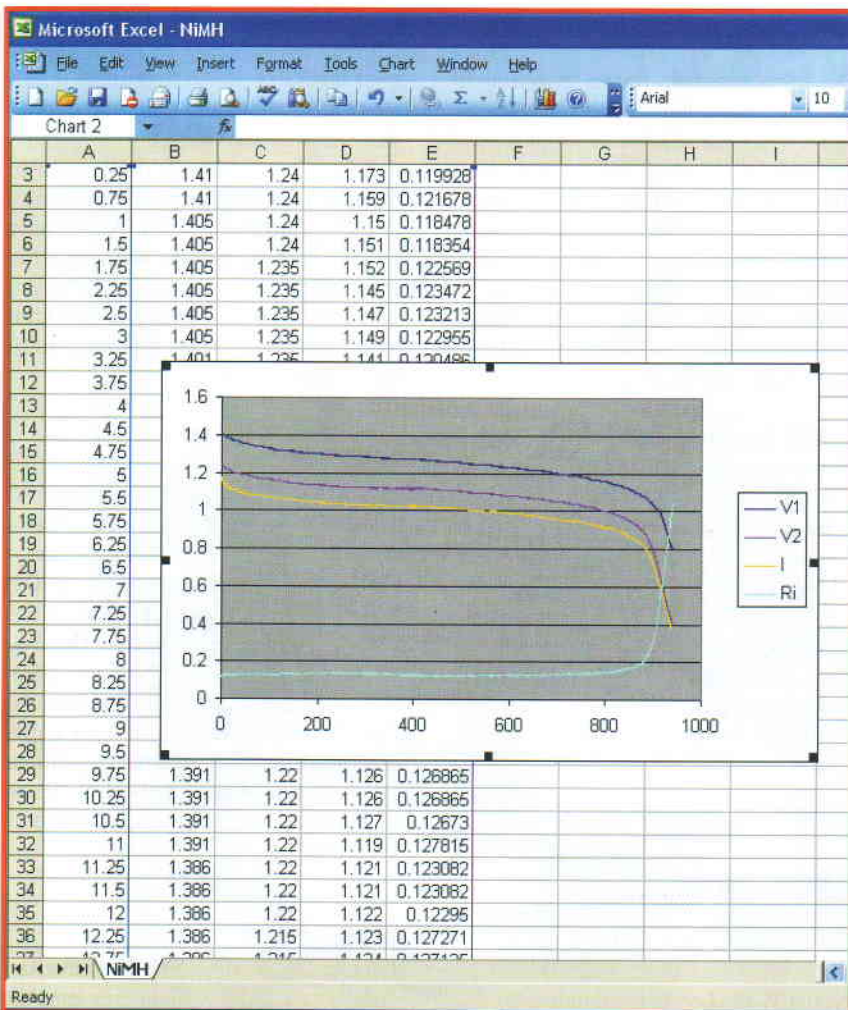


Bild 3. Beispiel einer Excel-Tabelle mit den Daten aus einer Messung.

Warnhinweis

Moderne Akkus können bei Kurzschlüssen extrem hohe Ströme liefern und bei einer Ladung mit zu hoher Spannung sehr hohe Ströme aufnehmen. Man muss also vorsichtig sein: Zu hohe Ströme schaden nicht nur den Zellen – sie können auch ein Stück Draht zum Glühen bringen. Lithium-Akkus können sich entzünden oder sogar explodieren! Man sollte daher unbedingt darauf achten, dass sich das Ladegerät für die verwendeten Akkus eignet.

IC DS2751E ohne den Zusatz „-025“ geeignet, da diese Variante keinen internen Messwiderstand von 25 mΩ hat. Man kann stattdessen extern einen größeren Sensorwiderstand anschließen und erhält dann eine bessere Auflösung bei niedrigeren Strömen. Die Strommesswerte müssen dann allerdings in Excel noch entsprechend korrigiert werden.

Aufbau

Da die Schaltung mit nur wenigen Bauteilen auskommt, wurde eine sehr kleine einseitige Platine dafür entworfen (siehe Bild 5). Alle SMD-Bauteile finden auf der Kupferseite Platz. Nur der Quarz, der Power-FET und die USB-Buchse kommen auf die Bestückungsseite.

(050394ts)

E-Mail von
Fons Janssen (Maxim, Benelux)
fons_janssen@maximhq.com

Literatur und Links:

USB-Interface für den 1-Wire-Bus,
ELEKTOR 4/2002

MAX8881 Datenblatt:
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX8880-MAX8881.pdf>

DS2490 Datenblatt:
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS2490.pdf>

DS2751 Datenblatt:
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS2751.pdf>

1-Wire/iButton-Software:
www.maxim-ic.com/products/1-wire/software/

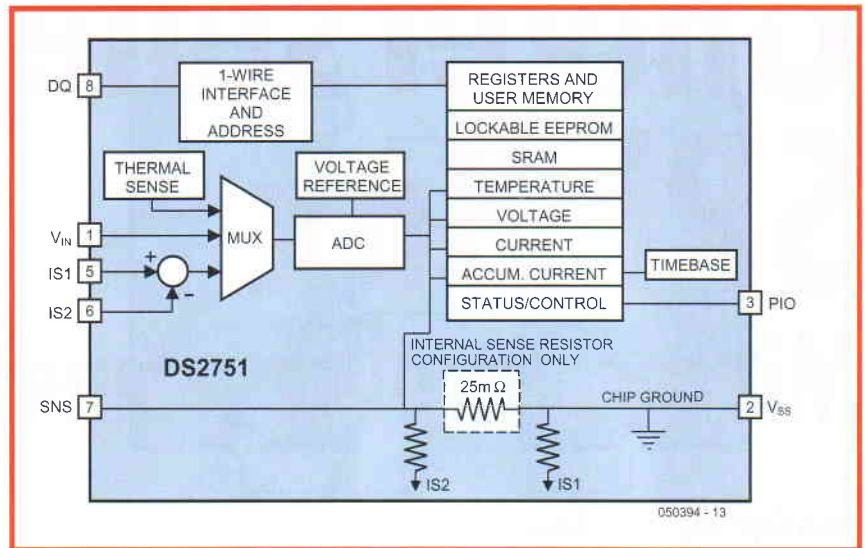


Bild 4. Blockschaltbild des DS2751.

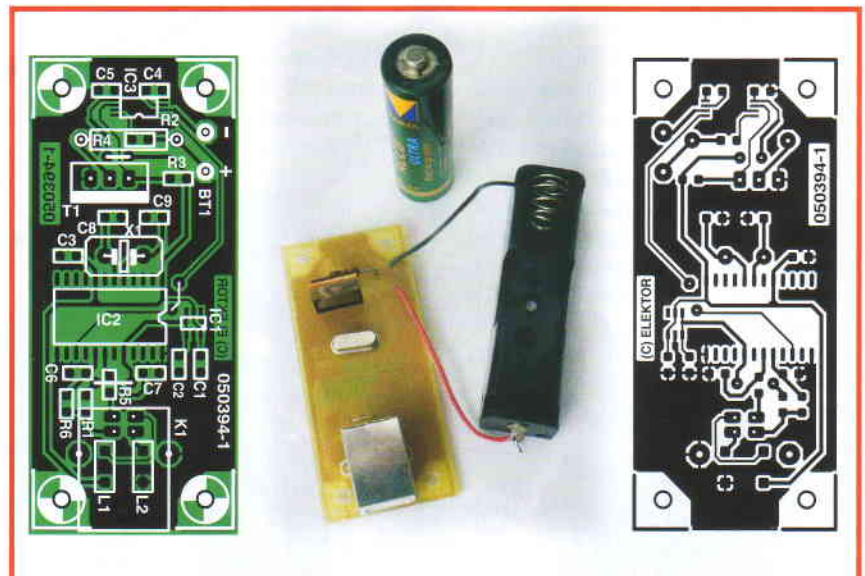


Bild 5. Kupferseite und Bestückungsplan der winzigen Platine.

Pssst!

Maxim/Dallas teilte uns freundlicherweise mit, dass ELEKTOR-Leser, die dieses Akku-Kapazitätsmessgerät bauen wollen, ein kostenloses Muster unter folgendem Link anfordern können:

www.maxim-ic.com/samples

Beachten Sie bitte, dass das eine freiwillige Leistung des Herstellers ist und die Lieferung begrenzt sein kann. Also nicht unbedingt weitersagen :-)

Stückliste

Widerstände:

SMD, Gehäuseform 0805
R1 = 1k5
R2 = 1 k
R3 = 10 k
R4 = 1 Ω / 2 W
R5, R6 = 27 Ω

Kondensatoren:

SMD, Gehäuseform 0805
C1 = 1 μ
C2 = 4μ7
C3, C5 = 100 n
C4 = 10 n
C6...C9 = 33 p

Induktivitäten:

L1, L2 = BIM21P221SG (Murata,
220 Ω bei 100 MHz)

Halbleiter:

T1 = IRFZ24N
IC1 = MAX8881EUT33 (Maxim/Dallas)
IC2 = DS2490S (Maxim/Dallas)
IC3 = DS2751E-025 (Maxim/Dallas)

Außerdem:

K1 = USB-Buchse, Platinenmontage,
Type B
Batteriehälter für eine AA-Zelle (Mignon)
Platine EPS 050394-1
PC-Software EPS 050394-11 oder
kostenloser Download von
www.elektor.de

Universelle SPI-Box

Mikrocontroller schneller flashen

Von Dipl.-Ing. (FH) Rainer Reusch



Viele Mikrocontroller sind zur Programmierung mit einer SPI-Schnittstelle ausgestattet. Die Ansteuerung über eine serielle PC-Schnittstelle und ein paar zusätzliche Bauteile ist preiswert, aber langsam. Besser ist die hier vorgestellte SPI-Box, die selbst an einem USB/Seriell-Konverter annehmbare Geschwindigkeiten bietet.

Im Internet gibt es eine ganze Reihe von Anleitungen dafür, wie man eine serielle oder parallele Schnittstelle mit ein paar zusätzlichen elektronischen Bauteilen in ein „Serial Peripheral

Interface“ verwandelt. Für das gelegentliche Flashen eines Mikrocontrollers sind diese Lösungen sicherlich gut genug. Doch werden hier eigentlich SPI-Schnittstellen zweckentfremdet, die

nicht dafür vorgesehen sind. Dies hat ein paar Nachteile.

Vor allem ist die Datenübertragung über die serielle Schnittstelle relativ langsam. Bei der üblichen iterativen

Vorgehensweise (Programmieren, Testen, Programmieren, Testen und so weiter) können die wiederholten Pausen, die durch das Übertragen des Programms in den Speicher des Mikrocontrollers entstehen, ganz schön nerven. Noch schlimmer wird es, wenn man einen der handelsüblichen Konverter von USB nach seriell verwenden muss, weil beispielsweise moderne Notebooks über solch „altertümliche“ Schnittstellen wie ein serielles oder paralleles Interface erst gar nicht verfügen. Bei der Datenübertragung zum Controller werden nämlich immer nur wenige Bytes auf einmal gesendet, was schon durch den USB-Protokoll-Overhead ordentliche Latenzen nach sich zieht und so die Wartezeit bis zum Abschluss des Flashens zusätzlich verlängert.

Die Lösung über die parallele PC-Schnittstelle ist zwar deutlich schneller, aber dafür riskiert man Defekte am Motherboard des Rechners. Statische Entladungen oder Rückwirkungen von extern angeschlossener Hardware sind gefährlich, da für parallele Schnittstellen oft kein eigener Interface-Chip verwendet wird. Hinzu kommt, dass man einen speziellen Treiber braucht, um der parallelen Schnittstelle das für sie ungewöhnliche Verhalten beizubringen. Für die bereits erwähnten Notebooks scheidet diese Lösung mangels Parallelport ebenfalls aus.

Eine dezidierte Hardware in Form der hier beschriebenen SPI-Box vermeidet bei relativ bescheidenem Aufwand all diese Nachteile.

SPI

Eine bidirektionale SPI-Schnittstelle verbindet Master und Slave über fünf Leitungen, nämlich vier Datenleitungen plus Masse (siehe Bild 1). Master ist in unserem Fall die an den PC angeschlossene SPI-Box. Der zu programmierende Mikrocontroller übernimmt die Slave-Rolle. Obwohl das Interface hauptsächlich für die Kommunikation zwischen Controller und Peripherie-Bausteinen und zur Programmierung von bereits in eine Schaltung eingebauten Mikrocontrollern (also „in system“) verwendet wird, können theoretisch immerhin bis zu 5 Mbit/s übertragen werden. SPI ist zwar lediglich ein unstandardisiertes, von Motorola entwickeltes Bus-System, doch ist aufgrund seiner Einfachheit eine große Anzahl von SPI-kompatiblen ICs verschiedener Hersteller verfügbar. Die

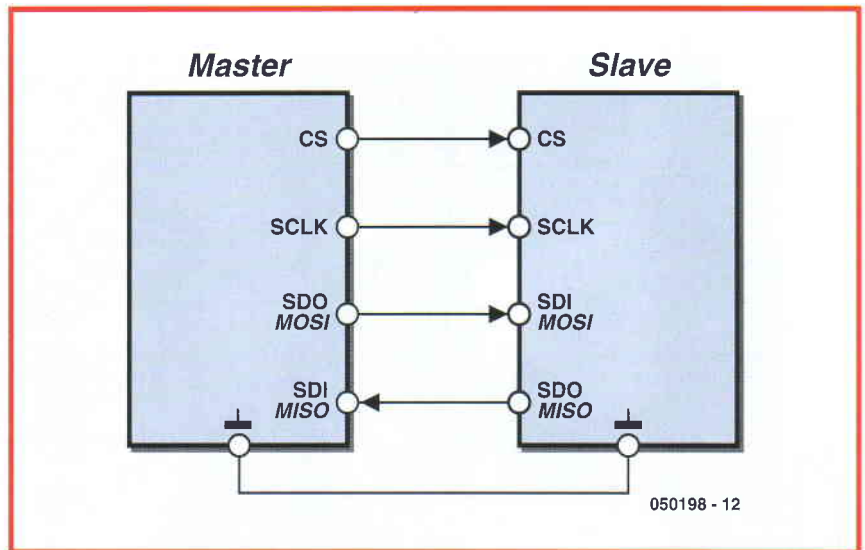


Bild 1. Das SP-Interface kommt mit vier Leitungen zwischen Master und Slave aus.

Palette reicht vom Mikrocontroller über Speicher bis hin zu A/D-Konvertern, Sensoren und sogar Konvertern für andere Bus-Systeme wie zum Beispiel für den CAN-Bus. Die SPI-Box eignet sich also nicht nur zur Programmierung von Mikrocontrollern, sondern auch für die Ansteuerung von SPI-kompatiblen ICs wie EEPROMs und A/D-Wandlern. Die Datenübertragung geht folgendermaßen vor sich: Will ein Master Daten zum Slave übertragen, aktiviert er den Slave via Chip-Select-Signal (CS, active low), was von Motorola auch als SS (Slave Select) bezeichnet wird. Auf die SCKL-Leitung legt er den Takt und überträgt die Daten synchron auf der SDO-Leitung (Serial Data Out), welche entsprechend mit SDI (Serial Data In) auf der Slave-Seite verbunden ist. Die Verbindung Master-SDO mit Slave-SDI wird von Motorola auch als MOSI (Master Out Slave In) bezeichnet. Der Datenfluss in die andere Richtung erfolgt über Slave-SDO nach Master-SDI und wird demgemäß auch als MISO (Master In Slave Out) bezeichnet. SPI arbeitet mit gewöhnlichen 5-V-Logikpegeln. Soll ein Master mit mehreren Slaves kommunizieren, braucht er für jeden Slave eine eigene CS-Leitung, während die Daten wie bei einem Bus an jedem Slave anliegen. Im Prinzip ist also alles ganz einfach.

Fragen und Antworten

Bleibt die Frage, wieso zweckentfremdete serielle Schnittstellen als SPI-Ersatz so langsam sind. Um die SPI-Leitungen nachzubilden, müssen

neben TX und RX auch die Handshake-Leitungen einzeln angesteuert werden. Dafür ist die Hardware einer seriellen Schnittstelle aber nicht optimiert, weshalb sich damit keine hohen Datenübertragungsraten realisieren lassen. Messungen an aktuellen PCs haben ergeben, dass die minimale Impulsbreite einer Handshake-Leitung bei ca. 40 μ s liegt. Das entspricht einer Frequenz von etwa 12 kHz. Da aber Takt plus Daten erzeugt werden müssen, kommt man real auf noch deutlich geringere Werte. Aus diesem Grund ergeben sich schon bei wenigen hundert Byte Übertragungszeiten von etlichen Sekunden. Noch schlimmer wird es mit handelsüblichen USB/Seriell-Konvertern. Hier liegen die Latenzen für die Ansteuerung einzelner Leitungen schon im Millisekunden-Bereich, was zu völlig unangemessen langen Programmierzeiten führt. Besser ist es also, eine serielle Schnittstelle ganz bestimmungsgemäß zur Datenübertragung zu verwenden und die Kommunikation zwischen RS232 und SPI-Bus über einen Mikrocontroller als RS232/SPI-Interface abzuwickeln. Der Mikrocontroller ist nämlich zu sehr schnellen Pegeländerungen an seinen Ausgängen befähigt. Und genau das ist es, was die SPI-Box im Kern ausmacht.

Nun könnte man eine SPI-fähige Programmier-Hardware auch einfach „fertig“ kaufen. So bietet zum Beispiel Atmel ein „AT 89 ISP Tool“ an. Warum also kompliziert (selbst gebaut), wenn es auch einfach (gekauft) geht? Die

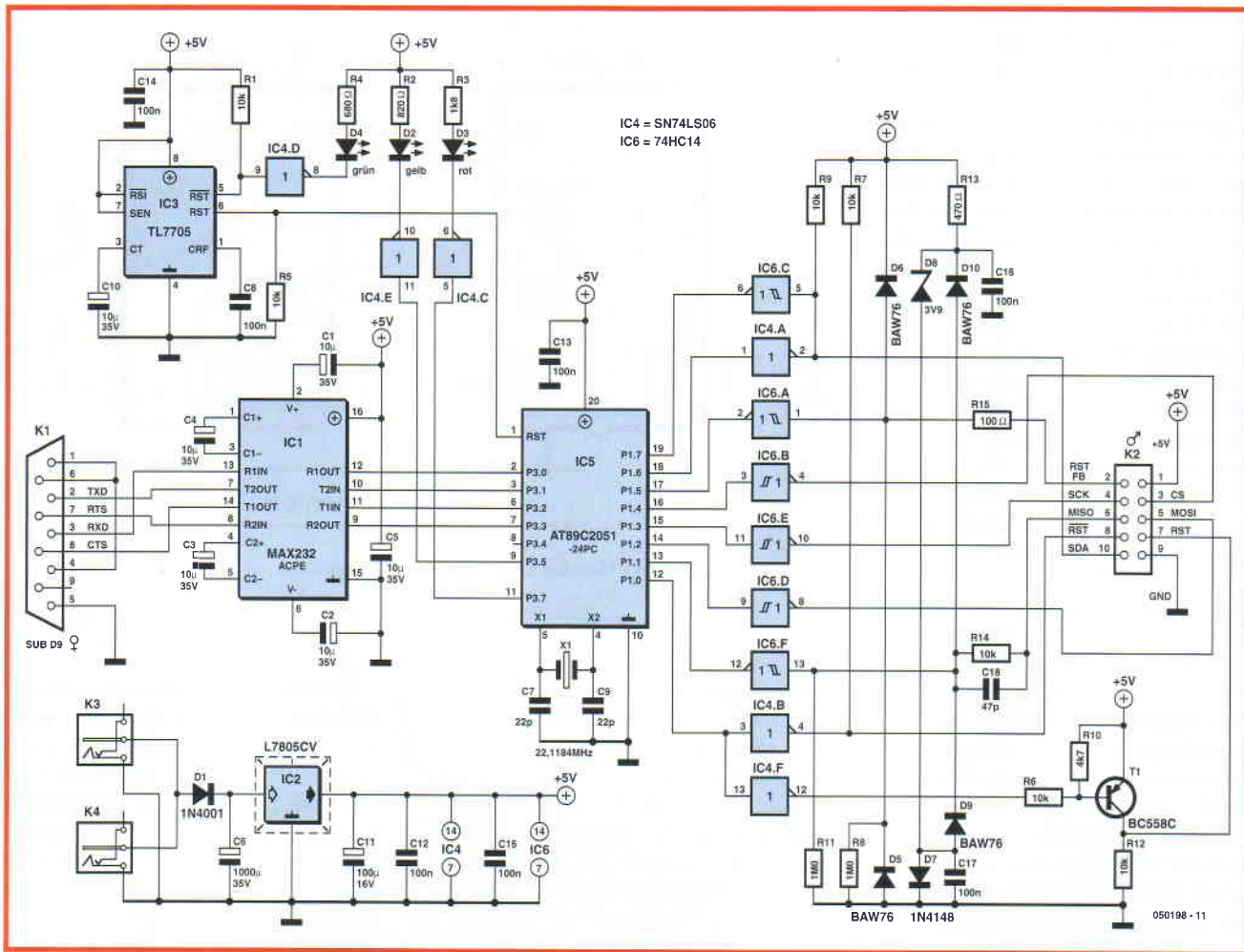


Bild 2. Die Schaltung der SPI-Box besteht neben einem Atmel-Mikrocontroller aus lauter Standard-Bauteilen.

Vorteile einer Selbstbaulösung bestehen hauptsächlich in einer höheren Flexibilität und breiteren Einsetzbarkeit (für Atmels RISC-Controller gibt es wieder ein anderes System zu kaufen...). Außerdem kann man beim Selbstbau noch eine Menge dazulernen, und außerdem ist die SPI-Box schlicht und einfach preiswerter als eine käufliche Lösung.

Die Box

Wie schon ansatzweise beschrieben, handelt es sich bei der SPI-Box um eine Art Seriell/SPI-Konverter. Kern der Schaltung in Bild 2 ist IC5, ein 8051-kompatibler Mikrocontroller AT89C2051 von Atmel. Mit einem 22,1184-MHz-Quarz (X1) getaktet ergibt sich einerseits eine präzise Baudrate der seriellen Schnittstelle von 115.200 Baud und andererseits ist der Controller auch schnell genug, um hohe Übertragungsraten auf seiner SPI-Seite zu erreichen.

Die Verbindung des Controllers zum PC erfolgt über den Pegelwandler MAX232 (IC1). Zur Fehlerminimierung wird bei der seriellen Verbindung ein Hardware-Handshake verwendet und somit auch RTS an IC1 geführt.

Die Anbindung an den (erweiterten) SPI-Bus erfolgt über neun Inverter (IC4 und IC6) und den invertierend geschalteten Transistor T1. Die mit den Dioden D5...D10 realisierten Klemmschaltungen verhindern Beschädigungen durch zu hohe Pegel oder statische Entladungen. Die restlichen Open-Collector-Inverter treiben drei LEDs zur Anzeige der Betriebszustände. Wie an dem Stecker K2 zu sehen ist, verfügt die SPI-Seite der Box neben den vier eigentlichen SPI-Leitungen über ein paar zusätzliche Signale, die bei Bedarf für die komfortable Ansteuerung externer Hardware zur Verfügung stehen. Der Reset-Baustein IC3 sorgt für definierte Anfangszustände der Schaltung und überwacht die 5-V-Leitung. Einer

seiner Ausgänge steuert die grüne LED an, die dann leuchtet, wenn die Box betriebsbereit ist. Leuchtet D4 nicht, fehlt die Stromversorgung oder aber die 5 V liegen nicht innerhalb zulässiger Toleranzen.

Die rote LED D3 leuchtet nur, wenn gerade Daten über die SPI-Leitungen geschickt werden. Die gelbe LED D2 wird sowohl vom PC als auch direkt von der Software des Controllers IC5 gesteuert. Nach dem Einschalten ist sie zunächst dunkel. Die zur Box gehörige PC-Software schaltet sie ein, um zu signalisieren, dass die Verbindung zwischen PC und Box hergestellt ist. Während ein Befehl verarbeitet wird, wird die LED durch IC5 kurzzeitig ausgeschaltet. Ist sie dunkel, so werden nach einem vom PC gesandten Befehl noch Datenbytes erwartet.

Netzteil und Aufbau

Die Box wird über ein handelsübliches Steckernetzteil mit Gleichspannungen

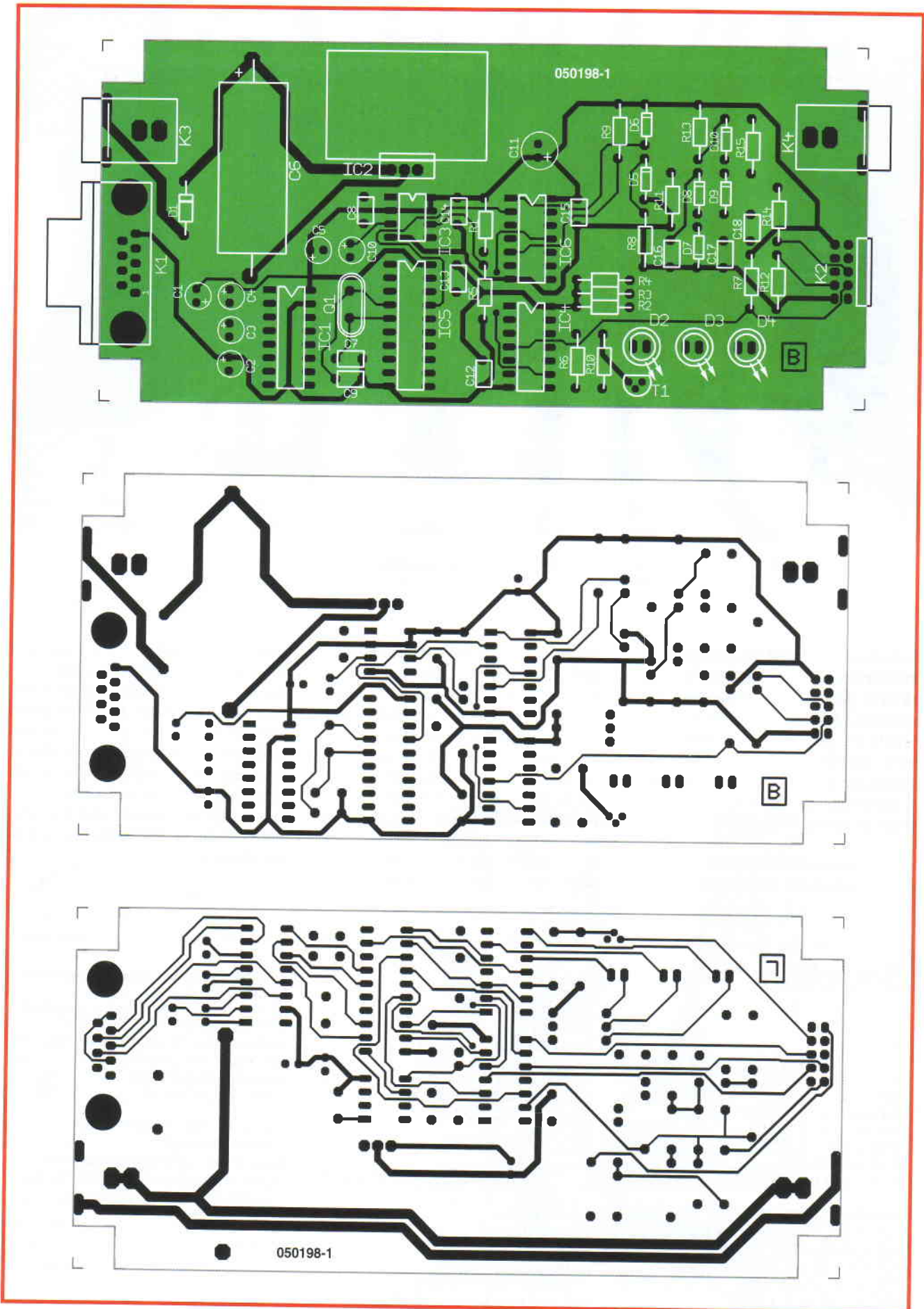


Bild 3. Die doppelseitige Platine der SPI-Box kann mit „normalen“ Bauteilen bestückt werden.

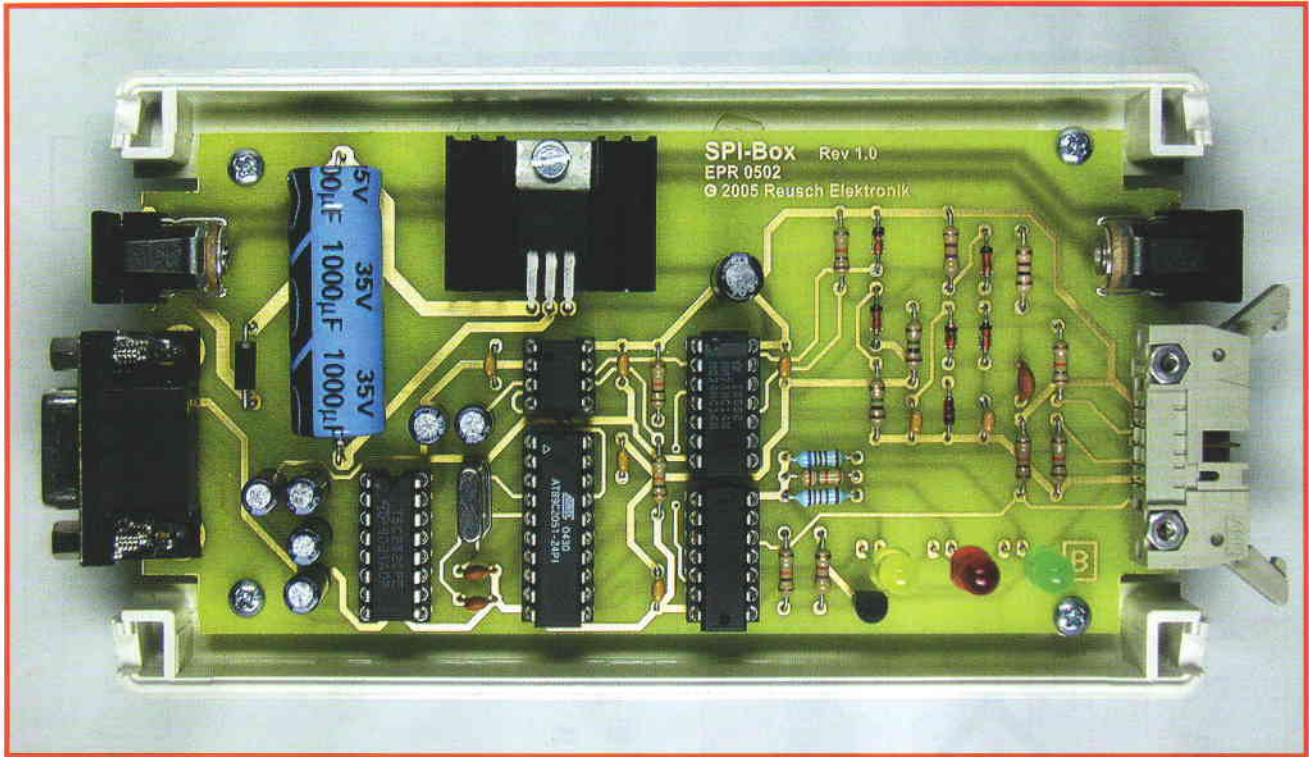


Bild 4. Die bestückte Musterplatine.

zwischen 9 V und 15 V versorgt. Praktischerweise sind auf der Platine (Bild 3), gleich zwei Buchsen dafür vorgesehen. Möchte man eine externe Hardware an die Box anschließen, kann die Stromversorgung über ein passendes Kabel mit zwei NV-Steckern durchgeschleift werden und man braucht nur ein Netzteil.

Die mit dem Spannungsregler IC2 auf 5 V stabilisierte Versorgungsspan-

nung ist auf einen Kontakt von K2 gelegt. Die Box selbst benötigt weniger als 100 mA. Sollte die 5-V-Leitung aber extern belastet werden, dann empfiehlt sich ein Kühlkörper für IC2. Ansonsten gibt es nicht viel zu sagen. Die Platine ist zwar doppelseitig, aber für die Bestückung mit normal großen Bauteilen vorgesehen, sodass keine SMDs von Hand gelötet werden müssen. Speziell für IC5 empfiehlt sich eine Fassung, da dieser Mikrocontrol-

ler erst programmiert sein muss (und dies nicht „in system“ geschehen kann), bevor er in der Schaltung seinen Dienst versieht. Bild 4 zeigt die bestückte Platine, die gut in ein Gehäuse von OKW passt (siehe Stückliste und Fotos). Lediglich an den beiden Enden müssen passende Durchbrüche für die Stecker und Buchsen sowie Löcher für die drei LEDs gebohrt werden.

Stückliste

Widerstände:

R1, R5...R7, R9, R12, R14 = 10 k
 R2 = 820 Ω
 R3 = 1k8
 R4 = 680 Ω
 R8, R11 = 1 M
 R10 = 4k7
 R13 = 470 Ω
 R15 = 100 Ω

Kondensatoren:

C1...C5, C10 = 10 µ/35 V radial
 C6 = 1000 µ/35 V axial
 C7, C9 = 22 p
 C8, C12...C17 = 100 n
 C11 = 100 µ/16 V radial
 C18 = 47 p

Halbleiter:

D1 = 1N4001
 D2 = LED gelb, low current
 D3 = LED rot, low current
 D4 = LED grün, low current
 D5, D6, D9, D10 = BAW76
 D7 = 1N4148
 D8 = Z-Diode 3V9, 400 mW
 IC1 = MAX232ACPE
 IC2 = 7805
 IC3 = TL7705ACP
 IC4 = 74LS06
 IC5 = AT89C2051-24PC (EPS050198-41) *
 IC6 = 74HC14
 T1 = BC558C

Außerdem:

X1 = Quarz 22,1184 MHz
 Bu1, Bu2 = NV-Buchse 2,1 mm, gewinkelt, für Platinenmontage

K1 = Sub-D-Buchse 9-polig, gewinkelt, für Platinenmontage
 K2 = Wannenstecker 10-polig, gewinkelt
 IC-Fassungen für IC4, IC5 und IC6
 Kühlkörper für IC2 (TO-220-Gehäuse)
 Gehäuse TOPTEC 154F (OKW)
 Steckernetzteil mit NV-Stecker 2,1 mm (Minuspol außen), 8...15 V DC, 300 mA
 Platine 050198-1 (erhältlich über www.elektor.de)*
 Bin- und Hex-Datei sowie Readme mit Konfigurationsbits und PC-Software als Gratis-Download auf der Elektor-Website (www.elektor.de)

Anschlüsse

Die Verbindung von Box und PC erfolgt über ein handelsübliches serielles Verlängerungskabel (Stecker und Buchse neunpolig, 1:1 beschaltet).

Die zu programmierenden Geräte werden über ein entsprechend belegtes Flachbandkabel an K2 der Box angeschlossen. Die zusätzlichen Signale an K2 erlauben den problemlosen Anschluss des populären AT89S8252-Flashboards aus ELEKTOR 12/2001, da sich die Signale an Pin 1...9 von K2 und die der neunpoligen Sub-D-Buchse voll entsprechen. Für andere Entwicklungssysteme muss natürlich auch ein entsprechendes Kabel angefertigt werden. **Bild 5** zeigt die Belegungen für das erwähnte Flashboard und das AVRee-Board aus ELEKTOR 3/2003.

Test

Leider sieht man sich vor dem ersten Test einem klassischen Henne-Ei-Problem gegenüber. Jedenfalls dann, wenn kein für den Mikrocontroller IC5 geeignetes Programmiersystem oder ein Einfachst-Programmer zur Verfügung steht. Schließlich muss der Controller erst programmiert werden, bevor man mit der SPI-Box loslegen kann. Für einfache Programmierer gibt es aber jede Menge Vorschläge im Internet. Noch einfacher: Im Elektor-Shop ist unter der EPS-Nummer 050198-41 auch ein fertig programmierter Controller erhältlich. Wer den Controller selbst programmieren möchte, findet die Firmware (Binär- und Hex-Datei sowie Readme mit den Konfigurationsbits des Controllers) in der Zip-Datei 050198-11, die man von der ELEKTOR-Website www.elektor.de herunterladen kann.

Nach Bestückung der Platine und Überprüfung der getanen Arbeit wird die Box mit dem seriellen Verlängerungskabel an einen PC angeschlossen. Beim Anlegen der Versorgungsspannung muss die grüne LED leuchten, während die rote und gelbe LED nur kurz aufblitzen.

Nun wird die notwendige Software auf dem PC installiert. Das Programm „SPIBox_Setup.exe“ ist ebenfalls in der Zip-Datei 050198-11 auf der Elektor-Website enthalten. Diese Programmdatei ist auch auf der Website des Autors zu finden.

Nach dem Start dieses Installers findet man unter „c:\Programme\SPI-Box\“

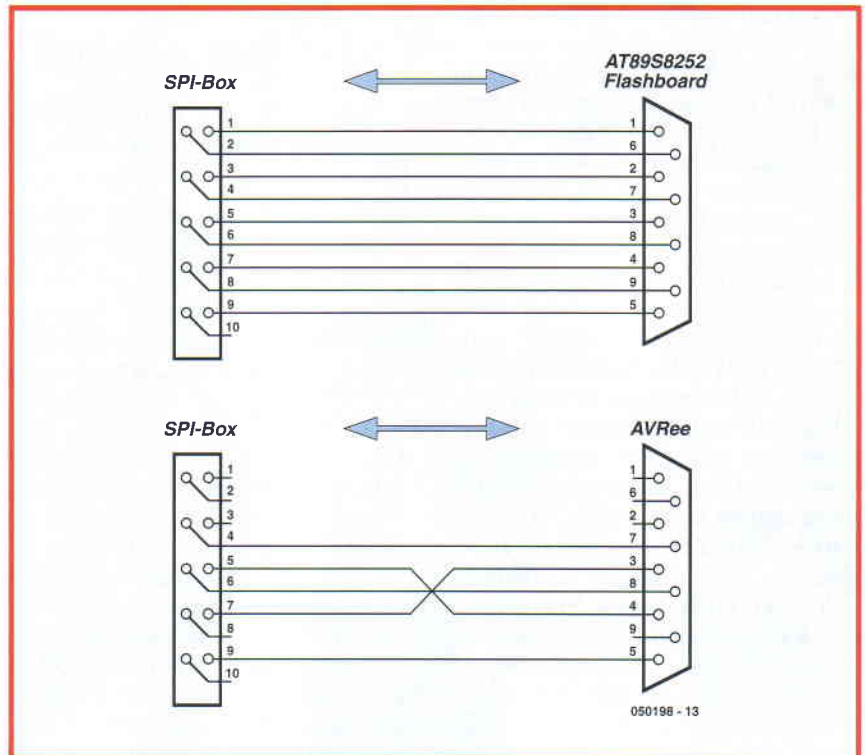


Bild 5. Belegung der Verbindungskabel zwischen SPI-Box und dem 89S252-Flashboard bzw. dem AVRee-Board.

das Programm „SPIBox_Test.exe“. Die Dateien „SPIBox_Test.DEU“ und „SPI-Box.dll“ müssen sich im gleichen Ordner befinden.

Bild 6 zeigt das Fenster des Testprogramms. Wird die richtige serielle Schnittstelle ausgewählt und der Button „Verbinden“ geklickt, dann leuch-

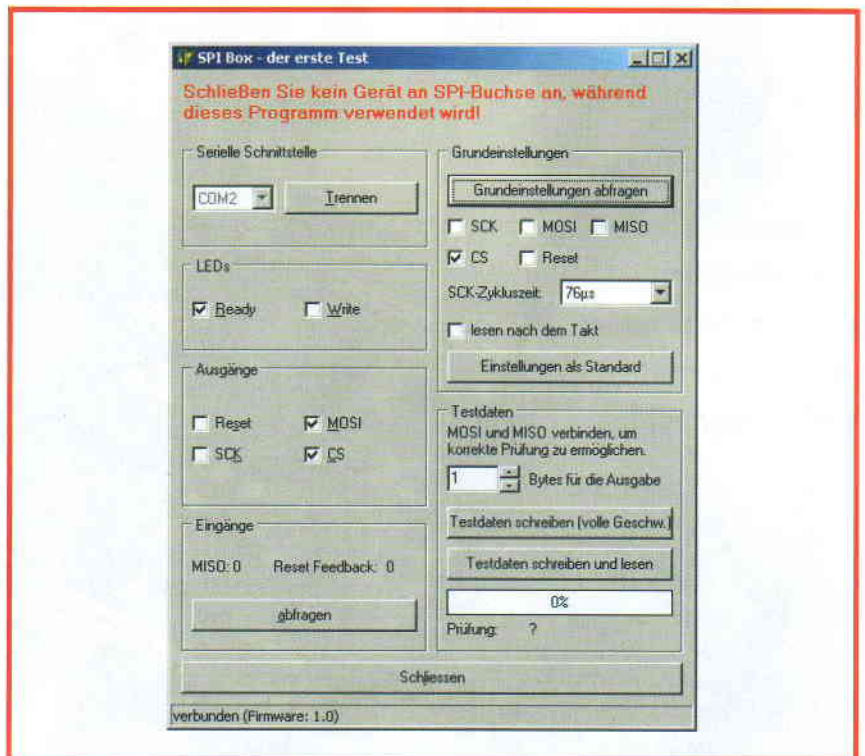


Bild 6. Dialog-Box des Testprogramms.

tet die gelbe LED und in der Statuszeile erscheint die Firmware-Version. Man kann jetzt davon ausgehen, dass die SPI-Box im Prinzip funktioniert. Um die Funktion der SPI-Seite der Box zu überprüfen, kann man an die entsprechenden Pins von K2 ein Voltmeter oder besser noch ein Oszilloskop anschließen.

In der Rubrik „Grundeinstellungen“ wird festgelegt, ob die drei SPI-Anschlüsse „SCKL“, „MOSI“ und „MISO“ LOW- oder HIGH-aktiv sein sollen. Üblicherweise müssen sie HIGH-aktiv sein. Wenn aber einzelne Leitungen invertiert sind (beim Flashboard z.B. MOSI und MISO), muss man die Logik ändern. Über die Checkboxes „CS“ und „Reset“ werden die gleichnamigen Ausgänge gesteuert (beides Reset-Ausgänge). Die Box erlaubt es, beim Schreib-/Lesevorgang die SPI-Geschwindigkeit einzustellen. Im Programm erfolgt diese Einstellung über die „SCKL-Zykluszeit“. Darüber hinaus gibt es noch eine reine Schreibfunktion, die mit recht hoher Geschwindigkeit arbeitet. Für das Lesen der MISO-Leitung kann man wählen, ob der Pegel auf der Leitung während oder nach dem Takt abgetastet wird. Die in der Box vorhandenen Grundeinstellungen können abgefragt und im Testprogramm geändert werden. Damit sie wirksam sind,

SPI-Box und Software

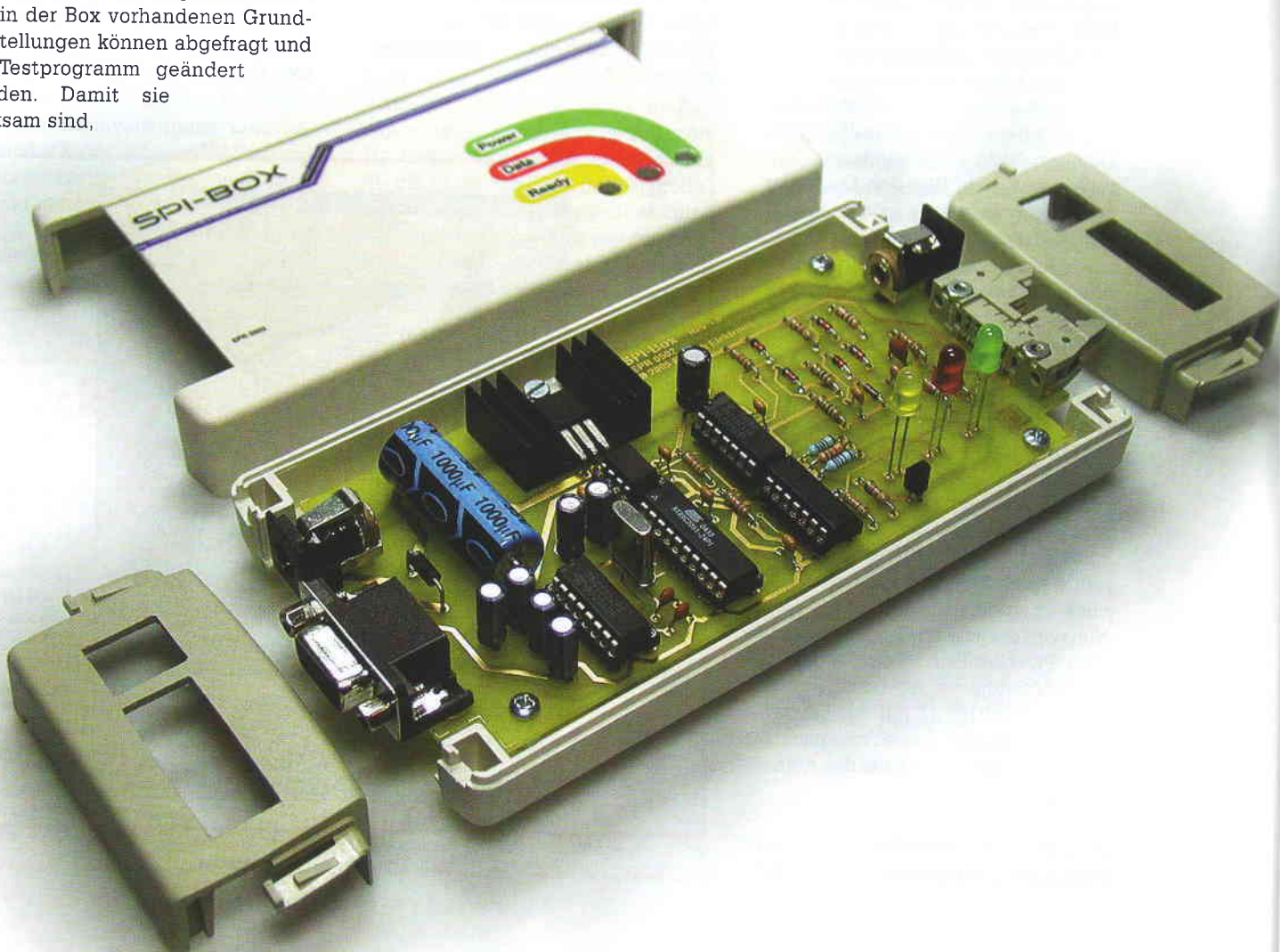
Ohne die passende (Windows-)Software ist die schönste SPI-Box zu nichts nütze. Wer eigene Programme schreiben möchte, findet auf der ELEKTOR-Website neben dem Software-Download auch ein umfangreiches PDF-Dokument zur Software mit vielen weiteren detaillierten Informationen, Screenshots und Tabellen. Auf der Website des Autors [3] findet man ebenfalls Erläuterungen zur SPI-Box und das Angebot von betriebsfertiger Software für bestimmte Anwendungen. Basis aller Programmiersoftware ist die Windows-DLL „SPIBox.dll“, die schon mit dem Testprogramm installiert wurde.

müssen sie in die Box zurückgeschrieben werden (Button „Einstellungen als Standard“). Diese Einstellungen bleiben erhalten, so lange Betriebsspannung an der Box liegt. Nach diesem Testlauf kann man mit der eigentlichen Programmiersoftware arbeiten, die wesentlich mehr Möglichkeiten bietet. Auf der ELEKTOR-Website und auf der Homepage des Autors finden sich hierzu noch viele weitere Hinweise und Informationen (siehe Kasten „SPI-Box und Software“).

(050198tse)

Literatur und Links:

- [1] www.mct.de/faq/spi.html
- [2] http://de.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- [3] <http://reweb.fh-weingarten.de/elektor/de/projekte/SPIBox/index.html>
- [4] 89S8252 Flash-Board, ELEKTOR 12/2001
AVRee, ELEKTOR 3/2003



Synchronisierung

Serielle Kurzstreckenverbindungen

Von Prof. Dr. Bernd vom Berg
und Dipl.-Ing. Peter Groppe

Serielle synchrone Datenübertragungsverbindungen zwischen Mikrocontroller und externen Peripherie-Bausteinen sind in den letzten Jahren immer mehr in Mode gekommen, zumal mittlerweile Datenübertragungsraten von über 10 MBit/s möglich geworden sind.

Firmen wie Analog Devices, Atmel, Burr-Brown, Maxim/Dallas, Microchip und andere stellen heutzutage eine Vielzahl über einen Kurzstreckenbus ansteuerbarer Chips mit den unterschiedlichsten Funktionen her. Dieser Artikel beschreibt ausführlich die Grundlagen der seriellen synchronen Datenübertragung.

Das Grundproblem

Wenn es darum geht, zusätzliche externe Peripherie-Bausteine an einem Mikrocontroller anzuschließen, bieten sich dem Anwender zwei Möglichkeiten, die direkt vom verwendeten Mikrocontroller abhängen:

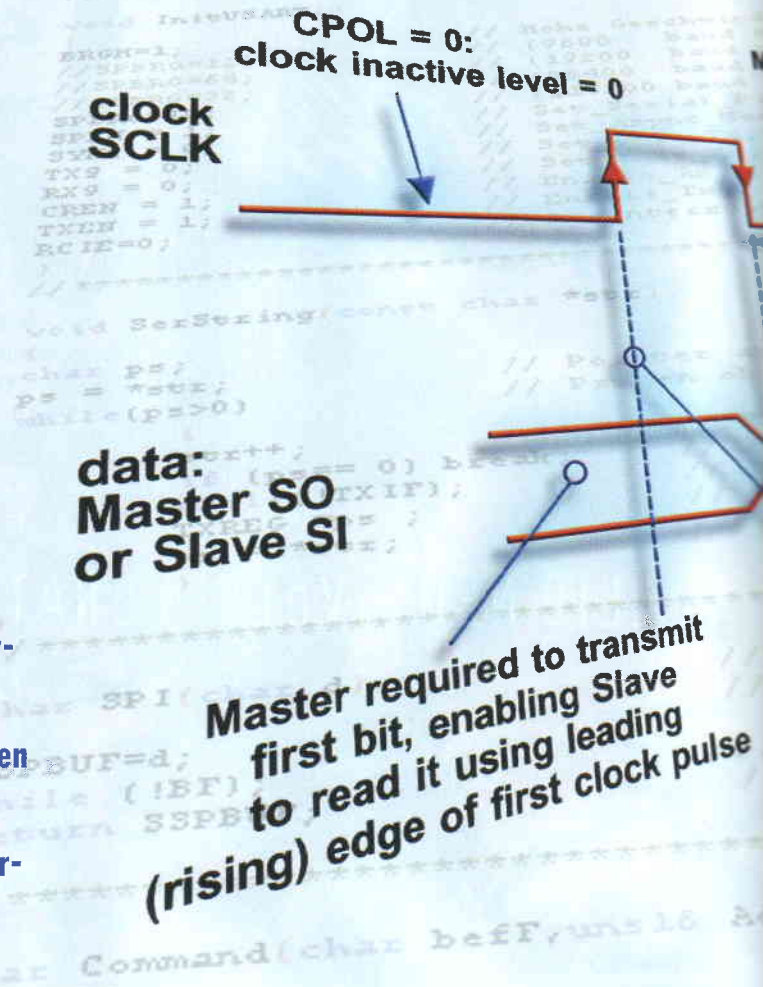
- Der Mikrocontroller stellt die drei für den Anschluss externer Bausteine notwendigen Bussysteme (Daten-, Adress- und Steuerbus) als mehr oder weniger getrennte Anschlusspins nach außen hin zur Verfügung. An solche offenen Mikrocontroller können dann eine Vielzahl externer Peripherie-Bausteine parallel über die drei Bussysteme angeschlossen werden.
- Der Mikrocontroller ist so klein und kompakt, dass die drei notwendigen Bussysteme zwar intern zur Kommunika-

tion mit den On-Chip-Peripherie-Einheiten verwendet werden, nicht aber nach außen geführt sind. An den externen Pins dieses geschlossenen Mikrocontrollers sind daher nur die Ein-/Ausgänge der On-Chip-Baugruppen angeschlossen, externe, parallel angesteuerte Erweiterungsbausteine können somit nicht hinzugefügt werden.

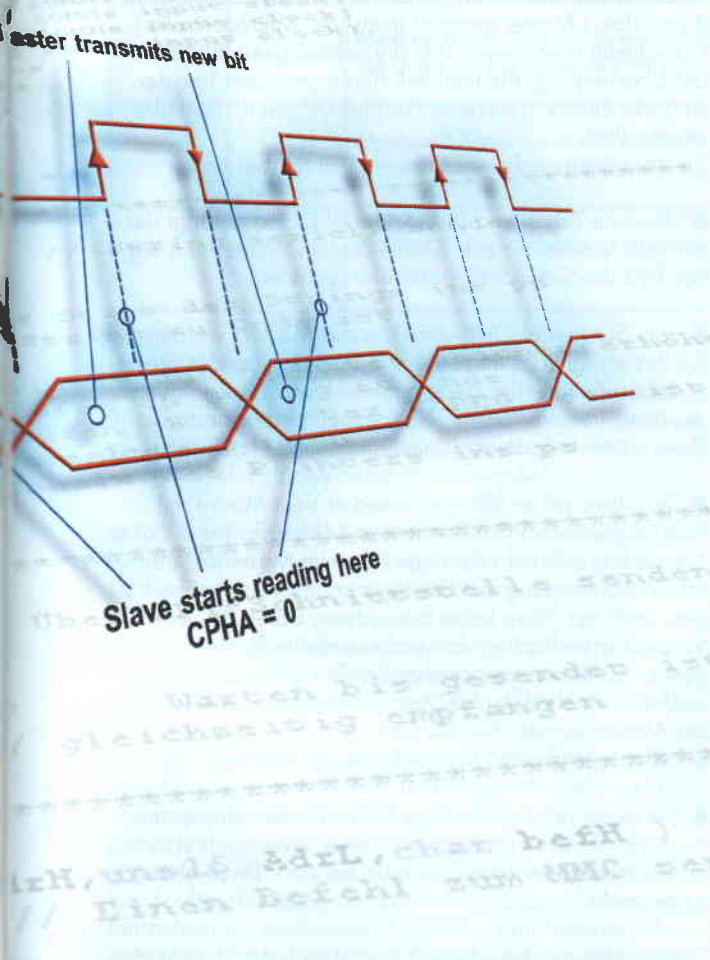
Darüber hinaus ergibt sich noch ein weiterer häufig zu beachtender Punkt, nämlich die Länge der Verbindung zwischen Mikrocontroller und den externen Einheiten.

- einige Zentimeter bis einige zehn Zentimeter, wenn sich die Bausteine auf einer Platine befinden,
- einige Meter, wenn sich die Bausteine in einem Gerät, einem Schaltschrank oder einem Steuerpult befinden oder
- einige zehn Meter bis hin einigen Kilometern, wenn sich die Bausteine in einer Fabrikhalle, einem Fabrikgelände, einem Zug oder einem Container-Schiff befinden.

Der Einsatz von parallelen Bussystemen mit zehn bis 20 parallel geführten Leitungen kommt hierbei aus vielfältigen



mit Taktgefühl



Gründen nicht in Frage (überbrückbare Entfernungen, Störsicherheit, Kosten, technische Realisierbarkeit, et cetera).

Serielle Datenübertragung

In den letzten Jahren hat sich aber eine alternative Verbindungsart entwickelt, die immer mehr und immer schneller an Bedeutung gewinnt: die seriellen synchronen/asynchronen Punkt-zu-Punkt-Übertragungen und die seriellen synchronen/asynchronen Bussysteme. Hierbei erfolgt der Datenaustausch zwischen den Teilnehmern nicht mehr Byte-parallel, sondern Bit-seriell: Die einzelnen Bits eines Bytes werden zeitlich nacheinander übertragen.

Solch ein Verfahren erspart zum einen eine Vielzahl von Verbindungsleitungen zwischen den Bausteinen, andererseits können durch den Einsatz von Pegelwandlern beziehungsweise Leitungstreibern große und größte Entfernungen überbrückt werden. Letztendlich reichen somit zwei bis vier normale digitale I/O-Leitungen zur Realisierung eines bidirektionalen Datentransfers aus, der daher auch einfach mit einem offenen oder geschlossenen Mikrocontroller bewerkstelligt werden kann, sofern noch freie digitale I/Os vorhanden sind.

Ein kleiner Nachteil dieser Datenübertragungsmethode liegt in der reduzierten Datenübertragungsgeschwindigkeit. Acht Bits parallel zu übertragen geschieht nun einmal schneller als acht Bits nacheinander zu übertragen. Allerdings sind die seriellen Bussysteme mittlerweile so schnell geworden, dass diese Problematik immer mehr in den Hintergrund tritt. So sind beispielsweise moderne, seriell angesteuerte Festplatten schnell, schneller als ein alter paralleler 16-bit-Bus.

Die Synchronisation des Datentransfers

Ein zu lösendes Kernproblem beim synchronen Datentransfer ist die Synchronisation der Datenübertragung zwischen Sender und Empfänger (**Bild 1**). Der Sender gibt die zu sendenden Bits mit einer bestimmten Geschwindigkeit nacheinander auf die Sendeleitung. Woher weiß der Empfänger, wann er ein neues Bit einlesen soll?

Er darf kein Bit übersehen, aber auch nicht ein und dasselbe Bit doppelt oder mehrfach lesen. Der Empfänger benötigt also weiter gehende Informationen darüber, wann ein gültiges Bit an seinem Eingang anliegt und wann er es übernehmen kann.

Die einfachste Lösung sieht nun so aus, dass der Sender Zusatzinformationen (Zusatzsignale) an den Empfänger überträgt, die eindeutig angeben, wann ein Bit zum Einlesen am Empfängereingang anliegt. Dieses Zusatzsignal ist nichts anderes als ein Taktsignal, das über eine weitere Leitung vom Sender zum Empfänger übertragen wird. Der Empfänger könnte nun wie folgt reagieren:

Immer wenn eine steigende Impulsflanke auf der Taktbeziehungsweise Synchronisationsleitung erscheint, liegt ein gültiges Bit an meinem Empfangseingang und ich kann diesen Leitungszustand (High- oder Low-Pegel) lesen. Bei der fallenden Flanke des Synchronisationsimpulses mache ich nichts, denn in dieser Zeit schickt der Sender erst einmal ein neues Bit auf die Leitung.

Die seriell empfangenen Daten werden somit nach und nach in ein mehr oder weniger breites Schieberegister

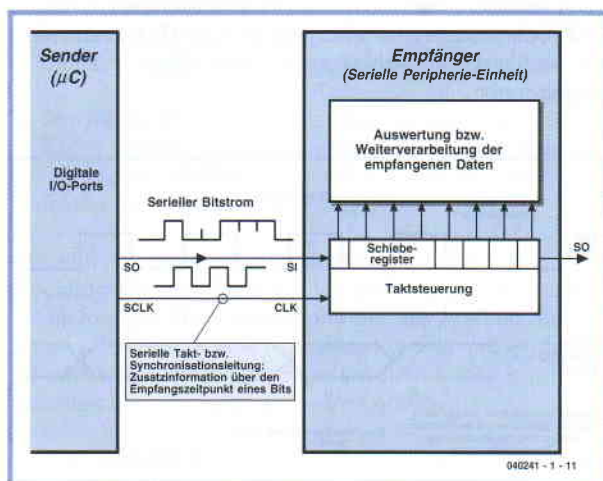


Bild 1. Synchronisation des Datentransfers zwischen Sender und Empfänger.

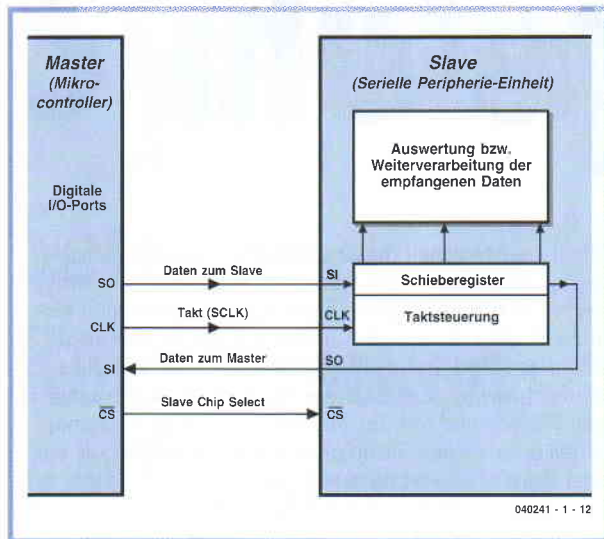


Bild 2.
Die Verbindungen bei der seriellen synchronen Datenübertragung.

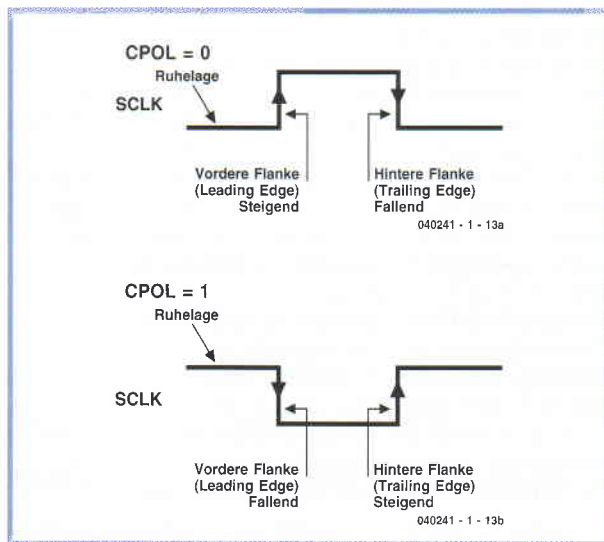


Bild 3.
Die Bestimmung der vorderen und der hinteren Flanke eines Taktimpulses.

eingetaktet. Sind alle Bits übertragen worden, so werden sie im Empfänger von den nachgeordneten Stufen ausgewertet und weiterverarbeitet. Zur Realisierung dieser seriellen, taktsynchronen Datenübertragung sind daher mindestens eine Daten- und eine Taktleitung notwendig. Eine andere Methode, um für die Synchronisation des Datentransfers zwischen Sender und Empfänger zu sorgen, wird bei der seriellen, asynchronen Datenübertragung realisiert, deren bekannteste Vertreter die COM-UART-Schnittstellen beim PC und der CAN-Bus sind. Hier auf wird in diesem Artikel jedoch nicht näher eingegangen.

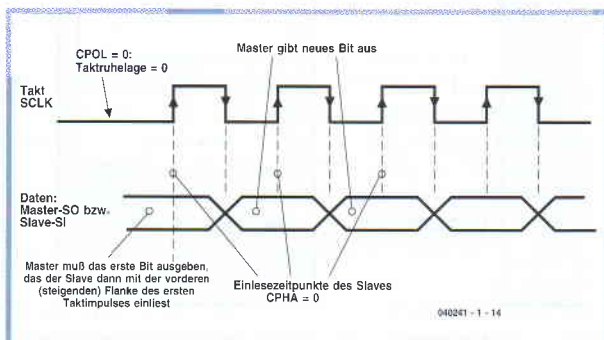


Bild 4.
Die serielle synchrone Datenübertragung im Modus 0.

Serielle synchrone Datenübertragung

Bild 2 zeigt das heute übliche Interface bei einer seriellen synchronen Punkt-zu-Punkt-Datenübertragung zwischen einem Master- und einem Slave-Baustein. Beide Stationen können über zwei getrennte Leitungen gegenseitig Daten austauschen, aber nur eine Station erzeugt für beide Transferrichtungen den Takt. Diese Station wird daher (Takt-) Master genannt (meist der Mikrocontroller). Er bestimmt über diesen Takt die Schnelligkeit (Bitrate) der Übertragung, die natürlich den maximalen Transferwert des Slaves, meist eine Peripherie-Einheit, nicht übersteigen darf.

Die charakteristischen Besonderheiten hierbei sind:

- Über die Taktleitung (S)CLK (Serial Clock) gelangt der zentrale Master-Takt zum Slave-Baustein. Mit diesem Signal wird das Slave-Schieberegister getaktet.
- Vom SO (Serial Out)-Anschluss des Masters werden die Bits seriell über den SI (Serial In)-Anschluss des Slaves in dessen Schieberegister eingetaktet, nach Beendigung des Datentransfers daraus entnommen und intern im Slave weiter verarbeitet (Kommandos und Nutzdaten).
- Der Slave selber füllt nun, wenn er dem Master mit Daten antworten soll, sein internes Schieberegister mit den Antwortbits auf und lässt diese dann im Mastertakt über seinen SO-Ausgang zum SI-Eingang des Masters übertragen. Stellt der Slave keine besonderen Daten für den Master zur Verfügung, so werden einfach die (beliebigen) im Schieberegister stehenden Bits ausgetaktet. Es wird also eine Vollduplex-Datenübertragung realisiert: Der Master sendet über SO Daten an den Slave und empfängt gleichzeitig über SI Daten vom Slave.
- Die vierte Leitung \overline{CS} (Chip Select für den Slave) dient zur Auswahl des gewünschten Slaves, wenn mehrere Slave-Einheiten im System vorhanden sind. Dazu aber später mehr.

Zu beachten ist, dass der SO-Anschluss beim Slave natürlich nur dann existiert, wenn der Slave auch für eine Datenausgabe vorgesehen ist (und auch nur dann benötigt man beim Master einen SI-Eingang). Ein kleines Beispiel soll dieses verdeutlichen.

Ein seriell ansteuerbarer LED-Display-Treiber-Baustein nimmt nur Daten vom Master entgegen, die dann dekodiert und auf dem Display dargestellt werden. Hier ist kein SO-Anschluss beim Slave notwendig, da keine Daten an den Master zurückgeschickt werden. Das serielle synchrone Interface hat dann nur drei Anschlüsse. Ein seriell ansteuerbarer Temperatur-Sensor dagegen braucht in der Regel immer einen SO-Anschluss, denn er soll ja auf Befehl des Masters die Temperatur ermitteln und den Wert über seinen SO-Anschluss zum Master schicken. Hier besteht das serielle Interface aus (maximal) vier Leitungen.

CPOL und CPHA

Betrachtet man den Ablauf der Datenübertragung etwas näher, so stellt man fest, dass es vier verschiedene Varianten gibt, die Daten auszutauschen. Zur Charakterisierung dieser unterschiedlichen Modi der seriellen synchronen Datenübertragung werden ganz allgemein die beiden Beschreibungsparameter CPOL und CPHA benutzt, die den Ruhezustand der Taktleitung und die Taktflanken-

Tabelle 1. Die vier Modi einer seriellen synchronen Datenübertragung vom Master zum Slave.

CPOL	CPHA	Synchroner Modus (auch "SPI(Serial Peripheral Interface)-Modus" genannt)
0	0	Modus 0 Slave übernimmt die Daten mit der vorderen Flanke, also mit der steigenden Flanke. Master gibt die Daten mit der hinteren Flanke aus, also mit der fallenden Flanke des vorhergehenden Impulses.
0	1	Modus 1 Slave übernimmt die Daten mit der hinteren Flanke, also mit der fallende Flanke. Master gibt die Daten mit der vorderen Flanke aus, also mit der steigenden Flanke des gleichen Impulses.
1	0	Modus 2 Slave übernimmt die Daten mit der vorderen Flanke, also mit der fallenden Flanke. Master gibt die Daten mit der hinteren Flanke aus, also mit der steigenden Flanke des vorherigen Impulses.
1	1	Modus 3 Slave übernimmt die Daten mit der hinteren Flanke, also mit der steigenden Flanke. Master gibt die Daten mit der vorderen Flanke aus, also mit der fallenden Flanke des gleichen Impulses.

zuordnung beim Datenaustausch festlegen. Betrachten wir daher die Taktleitung SCLK. Sie kann in ihrer Ruhelage (vor Beginn eines Datentransfers) genau zwei Zustände einnehmen, die durch den Parameter CPOL (Clock Polarity) beschrieben werden.

- CPOL = 0: Der Ruhezustand auf der Taktleitung ist ein Low-Pegel (0 V) und somit beginnt der serielle synchrone Datentransfer immer mit einer steigenden Taktflanke.
- CPOL = 1: Der Ruhezustand auf der Taktleitung ist ein High-Pegel (+5 V) und somit beginnt der serielle synchrone Datentransfer immer mit einer fallenden Taktflanke.

Der Taktimpuls hat - ganz allgemein betrachtet - eine vordere Flanke (Leading Edge) und eine hintere Flanke (Trailing Edge), bei denen "etwas passieren kann". Die Bezeichnungen sind zwar auf den ersten Blick etwas ungewohnt, haben aber eine maßgebliche Bedeutung bei der Beschreibung der synchronen Datenübertragung. Betrachten wir nachfolgend zunächst den Datentransfer vom Master zum Slave über die SO/SI-Leitung, so muss man noch weitere Festlegungen treffen, die die exakten Zeitpunkte der Datenübergabe regeln:

- Bei welcher Taktflanke darf der Slave den Zustand an seinem SI-Pin als ein gültiges Bit lesen?
- Bei welcher Taktflanke gibt der Master ein neues Bit an seinem SO-Pin aus, das bei der nachfolgenden Taktflanke dann vom Slave gelesen werden kann?

Hier sind ebenfalls zwei verschiedene Varianten möglich, die durch den zweiten Parameter CPHA (Clock Phase) festgelegt werden.

Jetzt muss man allerdings zusätzlich auch noch den Zustand von CPOL beachten, denn von dessen Wert ist es abhängig, wie die vordere Flanke beziehungsweise die hintere Flanke des Taktimpulses ganz konkret aussehen (**Bild 3**).

Bei CPOL = 0 steigt die vordere und fällt die hintere Flanke. Bei CPOL = 1 ist es genau umgekehrt. Mit diesen Festlegungen hat der Parameter CPHA folgende Bedeutung:

- CPHA = 0
Der Slave übernimmt die Daten von seinem SI-Eingang bei der vorderen Taktflanke. Das ist bei CPOL = 0 die

steigende Flanke und bei CPOL = 1 die fallende Flanke des Impulses. Der Master muss daher vorher, also mit der hinteren Flanke des vorhergehenden Impulses, dieses Datenbit schon auf seinen SO-Ausgang gelegt haben.

- CPHA = 1
Der Slave übernimmt die Daten von seinem SI-Eingang bei der hinteren Taktflanke. Das ist bei CPOL = 0 die fallende Flanke und bei CPOL = 1 die steigende Flanke des Impulses. Der Master muss daher vorher, also mit der vorderen Flanke des selben Impulses, dieses Datenbit auf seinen SO-Ausgang gelegt haben.

Mit diesen beiden Parametern CPOL und CPHA lassen sich nun die vier verschiedenen Übertragungsfälle eines seriellen synchronen Datenaustausches beschreiben (**Tabelle 1**).

Diese vier Modi sind vollständig inkompatibel zueinander! Man muss immer sehr genau darauf achten, in welchem Modus der Slave (Peripherie-Baustein) arbeitet, damit man den Master (Mikrocontroller) entsprechend programmieren kann.

Ein Beispiel soll das alles etwas klarer machen. Wir betrachten dazu den Modus 0 (CPOL = 0, CPHA = 0) in **Bild 4**. Die drei Kernpunkte hierbei sind:

1. Die Ruhelage der Taktleitung ist Low (0 V).
2. Der Slave übernimmt die Daten mit der steigenden Taktflanke. Zu diesem Zeitpunkt muss das zu lesende Bit bereits stabil am SI-Eingang des Slaves anliegen.
3. Der Master ändert die Daten bei der fallenden Taktflanke beziehungsweise ändert die Daten auf jeden Fall vor der nächsten steigenden Taktflanke (diese Taktflanke erzeugt er ja selber).

Kommt Ihnen diese exakt-formale Beschreibung des Datentransfers zu unhandlich vor, so lässt sich das auch für die tägliche Praxis etwas griffiger beschreiben. Bei der seriellen synchronen Datenübertragung müssen Sie beim jeweils eingesetzten Slave-Baustein folgendes beachten bzw. aus dem Datenblatt ermitteln:

1. Wie sieht der Ruhezustand der SCLK-Leitung aus (Low- oder High-Pegel)?

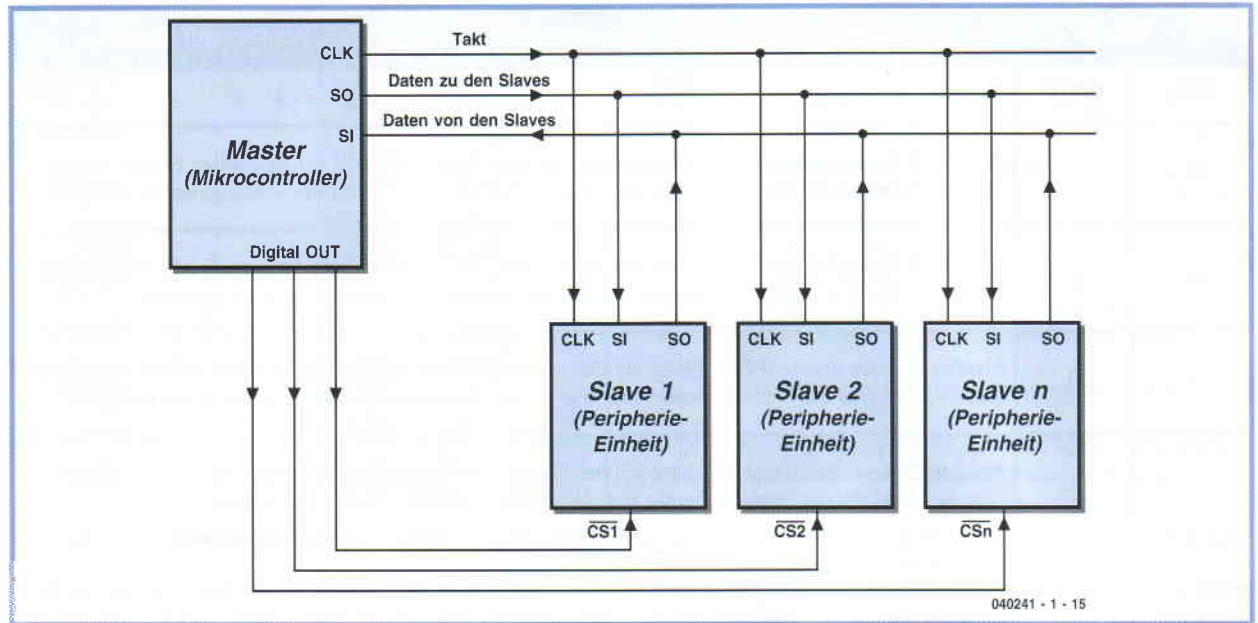


Bild 5.
Die Erweiterung zum
seriellen Bus.

2. Mit welcher Flanke übernimmt der Slave die Datenbits von der Datenleitung (steigende oder fallende Flanke)?
3. Mit welcher Flanke muss dementsprechend der Master vorher die Daten auf die Datenleitung geschrieben haben (steigende oder fallende Flanke)?

Haben Sie diese drei Punkte geklärt, so können Sie sehr einfach den Mikrocontroller entsprechend programmieren. Eins müssen Sie jedoch beachten: Sehr oft finden Sie bei Mikrocontrollern mit On-Chip-Synchron-Interface beziehungsweise bei den Slave-Bausteinen die Bezeich-

nungen CPOL, CPHA, (SPI) Modus, Leading Edge, Trailing Edge oder vordere/hintere Flanke. Dann müssen Sie sich klar sein, was das alles bedeutet und wie Sie die Datenübertragungssoftware zu gestalten haben. Der Datentransfer vom Slave zum Master (also Slave-SO-Ausgang und Master-SI-Eingang) geschieht nun ganz ähnlich: Die Bits werden aus dem Slave mit der jeweils ersten auf die Eintakt-Flanke folgenden Flanke ausgetak- tet. Taktet der Master ein Bit in den Slave mit der steigen- den Flanke ein, so wird am Slave-SO-Pin ein Bit mit der nächsten Flanke, also mit der fallenden Flanke ausgetak- tet und umgekehrt.

Der serielle synchrone Bus

Man kann diese Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auch zu einem seriellen Bussystem mit mehreren Slave-Stationen erweitern, in dem man wie in **Bild 5** diese einfach paral- lel an die Takt- und Datenleitungen anschließt. Das setzt jetzt allerdings voraus, dass jeder einzelne Slave indivi- duell angesprochen werden kann, damit immer nur genau ein Slave-Chip die für ihn bestimmten Daten emp- fangen kann.

Der Master muss für jeden Slave einen digitalen Ausgang zur Verfügung stellen, über den der Slave aktiviert wird (Chip Select Eingang beim Slave, meistens Low aktiv, also \overline{CS}). Erst nach der Slave-Freigabe darf mit der seriel- len Datenübertragung begonnen werden. Am Ende des Datenaustausches wird der Slave übertragungstechnisch wieder deaktiviert und kann die gesendeten Daten aus- werten.

Besitzt der Slave einen SO-Ausgang, so werden die Daten aus dem internen Schieberegister dort ausgetak- tet, solange das \overline{CS} -Signal aktiv ist. Ohne SO-Ausgang blei- ben die Bits im internen Schieberegister und werden von den nachfolgenden Bits einfach überschrieben. Erst wenn \overline{CS} deaktiviert wird, beginnt die Auswertung der im Schieberegister vorliegenden Datenbits.

Die Daten werden in der Regel bytewise übertragen. Dabei kann der Datentransfer zum/vom Slave entweder am *rechten Ende* des Bytes (also mit dem Least significant bit LSB zuerst) oder am *linken Ende* mit dem most signifi- cant bit MSB beginnen.

Den Takt des Masters bestimmt die Datenübertragungsge-

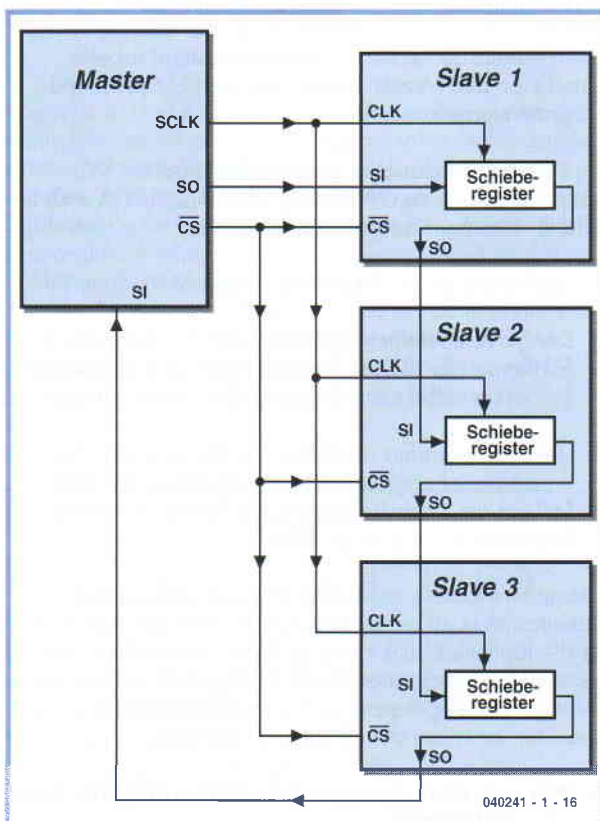


Bild 6.
Die Kaskadierung von
Slaves.

Tabelle 2. Vor- und Nachteile von synchron ansteuerbaren Slaves im Busbetrieb

Standard-Bussystem	
Vorteile:	Slaves individuell ansprechbar. Auch für Slaves ohne SO-Ausgang geeignet. Datenübertragung an die Slaves mit der maximalen Geschwindigkeit ohne zusätzlichen Datentransfer-Overhead möglich.
Nachteile:	Für jeden Slave zusätzlich eine digitale I/O-Leitung (\overline{CS} -Leitung) am Master notwendig, oder alternativ Aufbau einer CS-Logik.
Kaskadiertes Bussystem	
Vorteile:	Nur eine \overline{CS} -Leitung für alle Slaves notwendig. Exakt gleichzeitiges Ansprechen aller Slaves möglich, d.h. gleichzeitige Auswertung der übermittelten Daten, sobald \overline{CS} deaktiviert ist. Geringster Hardwareaufwand; sinnvoll einsetzbar wenn die Schnelligkeit des Datentransfers kein entscheidendes Kriterium ist.
Nachteile:	Nur für Slaves mit SO-Ausgang geeignet. Erheblicher Datentransfer-Overhead, wenn Daten an nur einen Slave gesendet werden sollen. Der langsamste Slave bestimmt die maximale Datenübertragungsrate.

schwindigkeit, sie darf aber die maximal zulässige Taktgeschwindigkeit des Slaves nicht überschreiten. Notfalls muss auf der Masterseite die Taktperiode (Taktbreite) durch Warteschleifen verlängert werden. Ein zu langsamer Takt macht im Allgemeinen nichts aus, da die Datenübertragung ja flankengesteuert ist und es den Slaves meistens egal ist, wie viel Zeit zwischen den Flanken (Bits) übertragen wird.

Kaskadierung von Slaves

In vergangenen Zeiten, als es noch viele bunte Wildwiesen gab, haben kleine und größere Kinder aus Gänseblümchen hübsche Blumenketten geflochten. Kaskadiert man nun mehrere Slave-Bausteine datenmäßig so wie in **Bild 6** dargestellt, so sieht das ebenfalls wie solch eine Blumenkette aus und daher spricht in diesem Fall man von einer Gänseblümchen-Ketten-Anordnung der Slaves oder englischsprachig von einer Daisy-Chain-Configuration.

Kaskadierung bedeutet, dass die Datenspeicher aller Slaves datenmäßig in Reihe geschaltet sind. Die Slaves sind hier alle an einer \overline{CS} -Leitung angeschlossen, werden also alle gleichzeitig freigegeben. Der jeweils vorhergehende SO-Datenausgang ist zusätzlich mit dem nachfolgenden SI-Dateneingang verbunden. Dabei werden alle Bits nacheinander durch alle Slaves hindurch geschoben. Werden die Daten beim Master benötigt, so wird der letzte SO-Ausgang am SI-Eingang des Masters angeschlossen. Ansonsten bleibt diese Verbindung offen und die Daten fallen vom letzten SO-Ausgang in's Leere. Die ganze Anordnung wirkt damit wie ein großes riesiges Schieberegister, das aus einer Vielzahl (drei oder mehr) kleiner Schieberegister zusammengesetzt ist.

Gehen wir einmal davon aus, dass jeder der drei Slaves ein 8 Bit breites Schieberegister besitzt. Sollen nun Daten für den dritten Slave gesendet werden, so muss der Master

1. \overline{CS} aktivieren
2. die 8 Bits für den Slave 3 austakten
3. noch 16 Bits hinterher schieben, damit die 8 Bits für den Slave 3 auch dort ankommen.
4. \overline{CS} wieder deaktivieren

Und schon hat man ein weiteres kleines Problem: Es sollten ja nur neue Bits für den Slave 3 übertragen werden, die Slaves 1 und 2 sollen nicht mit (neuen) Daten versorgt werden. Um eine unerwünschte Auswertung dieser gesendeten Daten zu verhindern, gibt es so genannte NOP-Datenbytes (no operation). Wenn dieses Bytemuster im Schieberegister des Slaves steht, wird gar nichts gemacht, wenn \overline{CS} deaktiviert wird: Der Slave ändert seinen aktuellen Zustand nicht. In unserem Beispiel muss man daher folgende 24 Bits übertragen.

1. \overline{CS} aktivieren
2. 8 neue Nutzbits für Slave 3 austakten
3. Zwei Nop-Bit-Muster für Slave 2 und 1 hinterher schieben.
4. \overline{CS} wieder deaktivieren

Bei Deaktivierung von \overline{CS} am Ende des Datentransfers reagiert nur Slave 3 wie gewünscht, die anderen Slaves nicht. Sollen dagegen für alle drei Slaves gleichzeitig gültige Daten übertragen werden, so sendet man die entsprechenden Bitmuster einfach hintereinander aus. Kaskadierte Slaves werden in der Praxis oft bei größeren (mehrzeiligen) LED-Displayeinheiten eingesetzt. Jeder Slave ist zum Beispiel als Treiberbaustein für eine Zeile des Displays zuständig.

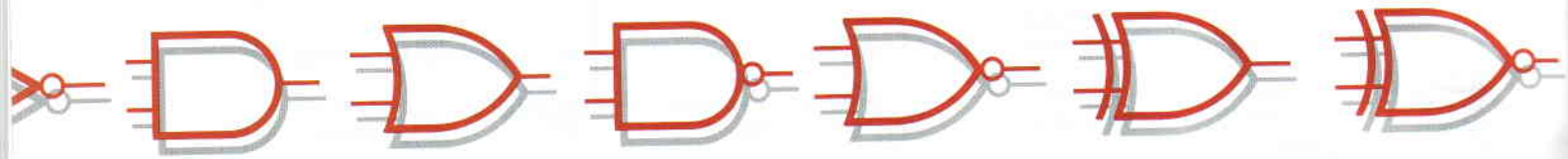
Bei der Kaskade ist wie beim Bus die Anzahl der Slaves theoretisch unbeschränkt, in der Praxis kostet ein Datentransfer umso mehr Zeit, desto mehr Slaves vorhanden sind. **Tabelle 2** zeigt die Vor- und Nachteile der möglichen Zusammenschaltung von Slave-Chips.

(040241-1)rg

Weiterführende Literatur

- [1] Bernd vom Berg, Peter Groppe, Joachim Klein
C-Programmierung für 8051er
Band 1: Der Einstieg - Band 2: Die ON-Chip-Peripherie - Band 3:
Externe Peripherie - Elektor Verlag Aachen
- [2] PalmTec unter www.palmtec.de

FGPA-Kurs Teil 1 – Grundlagen



In der letzten ELEKTOR haben wir ein universelles FPGA-Modul und eine Experimentierplatine mit vielen Funktionen vorgestellt. In unserem mehrteiligen Kurs zeigen wir, wie sich digitale Logik-Schaltungen entwerfen und mit FPGAs realisieren lassen. Der erste Teil beschäftigt sich mit den Grundelementen der digitalen Schaltungstechnik.

Von Paul Goossens

Das auffälligste Merkmal einer digitalen Schaltung ist die Tatsache, dass die Schaltung (normalerweise) nur mit zwei Spannungspegeln arbeitet. Die Spannungspegel werden mit „High“ (Hoch) und „Low“ (Niedrig) bezeichnet. „High“ gibt an, dass das Potential (die Spannung) eines Signals höher als ein vereinbarter Wert ist, und „Low“ gibt an, dass dieser Wert niedriger als der vereinbarte Wert liegt. Anstelle der Begriffe „High“ und „Low“ sind auch die Zahlenwerte „1“ und „0“ gebräuchlich. In der Regel entspricht eine „1“ dem hohen Spannungspegel, mit einer „0“ ist der niedrige Spannungspegel gemeint. Bestimmte Bausteine verarbeiten solche „binären“ Signale – und liefern als Ergebnis ebenfalls „High“ oder „Low“.

UND-Gatter

Erstaunlicherweise lässt sich die gesamte digitale Schaltungstechnik auf drei Grundelemente zurückführen. Auch die komplexesten digitalen Bausteine bestehen aus Kombinationen dieser drei Elemente!

In **Bild 1** sind die entsprechenden Symbole und die zugehörigen Eigenschaften dargestellt. Die Funktionen AND (= UND) und OR (= ODER) können unendlich viele Eingänge haben, während die Funktion NOT (Inverter) stets nur einen einzigen Eingang hat. Alle drei Grundfunktionen haben immer nur einen einzigen Ausgang.

Der Ausgang der Funktion AND ist nur dann „1“, wenn alle Eingänge gleichzeitig „1“ sind. Oder anders beschrieben: Der Ausgang ist nur

dann „0“, wenn mindestens ein Eingang „0“ ist. Beide Aussagen beschreiben, wie aus **Bild 1** hervorgeht, das gleiche Verhalten.

Notation

In **Bild 1** sind in der obersten Zeile die Bezeichnungen der Grundfunktionen angegeben. In der Zeile unter den Schaltungssymbolen stehen die Symbole der Verknüpfungsoperatoren in „Boolescher Schreibweise“. Mit Hilfe solcher Verknüpfungsoperatoren lassen sich alle binären Schaltungen nach mathematischen Grundsätzen beschreiben. Wie die folgende Zeile in **Bild 1** zeigt, sind die resultierenden Booleschen Gleichungen sehr einfach aufgebaut. Unter diesen Gleichungen sind die so genannten Wahrheitstabellen angegeben, die das Verhalten einer aus Verknüpfungen bestehenden Schaltung noch anschaulicher beschreiben. In den linken Spalten stehen die möglichen Kombinationen der Eingangssignale, in der rechten Spalte steht das resultierende Ausgangssignal. Zum Beispiel ist der Ausgang des AND-Gatters nur dann „1“, wenn die drei Eingangssignale „1“ sind (die AND- und die OR-Funktion sind hier mit drei Eingängen dargestellt, die Anzahl der Eingänge kann jedoch zwischen zwei Eingängen und unendlich vielen Eingängen liegen).

Wahrheitstabellen können oft kleiner und übersichtlicher gestaltet werden, indem man ein Symbol einführt, das so viel wie „beliebig“ oder „hat keinen Einfluss“ bedeutet. Dies ist das Symbol „X“, es wird auch „Don't care“ genannt. Der zweiten Wahrheitstabelle der AND-Funktion ist zu entnehmen, dass die Signale an den Eingängen A

und B keinen Einfluss haben, so lange an Eingang C das Signal „0“ liegt.

ODER-Gatter und Inverter

Der Ausgang eines OR-Gatters ist „1“, wenn an mindestens einem Eingang eine „1“ liegt. Oder anders ausgedrückt: Der Ausgang eines OR-Gatters ist nur dann „0“, wenn sämtliche Eingangssignale „0“ sind.

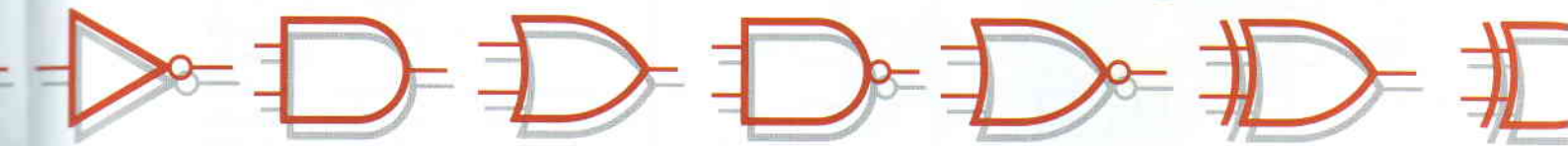
Übrig bleibt noch die dritte Grundfunktion, der Inverter, auch mit „NOT“ (NICHT) bezeichnet. Hier liefert der Ausgang dasjenige binäre Signal, das „komplementär“ zum Eingangssignal ist. Eine „0“ am Eingang ergibt eine „1“ am Ausgang – und umgekehrt. Auch diese Grundfunktion ist in **Bild 1** dargestellt.

Experimentierplatine

Nun kommen wir zur Praxis. Die Grundfunktionen wollen wir auf der FPGA-Experimentierplatine umsetzen. In **Bild 2** ist die Schaltung dargestellt, die mit dem FPGA realisiert werden soll. Als Eingangssignale dienen die Signale der vier auf der Experimentierplatine befindlichen Drucktaster, während die sieben LEDs die Ausgangssignale sichtbar machen.

Die notwendigen Dateien sind Bestandteil des Software-Pakets, das zu dieser Folge des FPGA-Kurses gehört. Die Software lässt sich kostenlos von der ELEKTOR-Website (www.elektor.de; die FPGA-Seite erreichen Sie über den entsprechenden Button im Menü rechts) herunterladen. Mit der Installationsroutine *Setup.exe* kann man die Software leicht installieren. Nachfolgend setzen wir voraus, dass die Software im vorgegebenen

Elemente der digitalen Schaltungstechnik



Ordner C:\altera\FPGA_course\1\ex1 installiert ist, und dass auch das FPGA-Modul und die Experimentierplatine nach den Anweisungen in den zugehörigen Beschreibungen installiert wurden.

Doppelklicken Sie auf die Datei *ex1.qpf* im Ordner C:\altera\FPGA_course\1\ex1. Dadurch startet das Programm *Quartus*. Das Projekt, das zu diesem Beispiel gehört, wird geöffnet. Auf dem Bildschirm erscheint die Schaltung, die in Bild 2 wiedergegeben ist. An den

Eingängen liegen die Signale SWITCH1 ... SWITCH4, sie werden von der Software an die Eingänge des FPGAs auf dem FPGA-Modul gelegt. Gleichzeitig verbindet die Software die Ausgänge mit den LEDs LED1 ... LED7. Das Programm *Quartus* erzeugt nun eine Datei, mit der die Schaltung im FPGA abgebildet werden kann. Dazu muss man im Menü *Processing* die Auswahl *Start Compilation* anklicken. Nach kurzer Wartezeit erscheint die Meldung, dass die Compilierung

erfolgreich beendet ist.

Wie die erzeugte Datei in das FPGA-Modul übertragen wird, ist in dem zum FPGA-Modul gehörenden Beitrag auf unserer Website beschrieben. Der einzige Unterschied besteht darin, dass das FPGA hier mit der Datei *ex1.sof* konfiguriert werden muss.

Praxis

Nachdem das FPGA konfiguriert ist, kann die Schaltung erprobt werden.

Bezeichnung:	UND	ODER	NICHT																																																																																																																						
Englische Bezeichnung:	AND	OR	NOT/INV																																																																																																																						
Elektrisches Symbol:																																																																																																																									
IEC-Symbol:																																																																																																																									
Boolesche Funktion:	*	+	—																																																																																																																						
Boolesche Gleichung:	$Q = A * B * C$	$Q = A + B + C$	$Q = \bar{A}$																																																																																																																						
Wahrheitstabelle:	<table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>X</td><td>X</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>X</td><td>0</td><td>X</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>X</td><td>X</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	Q	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	A	B	C	Q	X	X	0	0	X	0	X	0	0	X	X	0	1	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>X</td><td>X</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>X</td><td>1</td><td>X</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>X</td><td>X</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	Q	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	A	B	C	Q	0	0	0	0	X	X	1	1	X	1	X	1	1	X	X	1	<table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	Q	0	1	1	0
A	B	C	Q																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																						
0	0	1	0																																																																																																																						
0	1	0	0																																																																																																																						
0	1	1	0																																																																																																																						
1	0	0	0																																																																																																																						
1	0	1	0																																																																																																																						
1	1	0	0																																																																																																																						
1	1	1	1																																																																																																																						
A	B	C	Q																																																																																																																						
X	X	0	0																																																																																																																						
X	0	X	0																																																																																																																						
0	X	X	0																																																																																																																						
1	1	1	1																																																																																																																						
A	B	C	Q																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																						
0	0	1	1																																																																																																																						
0	1	0	1																																																																																																																						
0	1	1	1																																																																																																																						
1	0	0	1																																																																																																																						
1	0	1	1																																																																																																																						
1	1	0	1																																																																																																																						
1	1	1	1																																																																																																																						
A	B	C	Q																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																						
X	X	1	1																																																																																																																						
X	1	X	1																																																																																																																						
1	X	X	1																																																																																																																						
A	Q																																																																																																																								
0	1																																																																																																																								
1	0																																																																																																																								

060025 - 11

Bild 1. Die logischen Grundelemente der digitalen Schaltungstechnik.

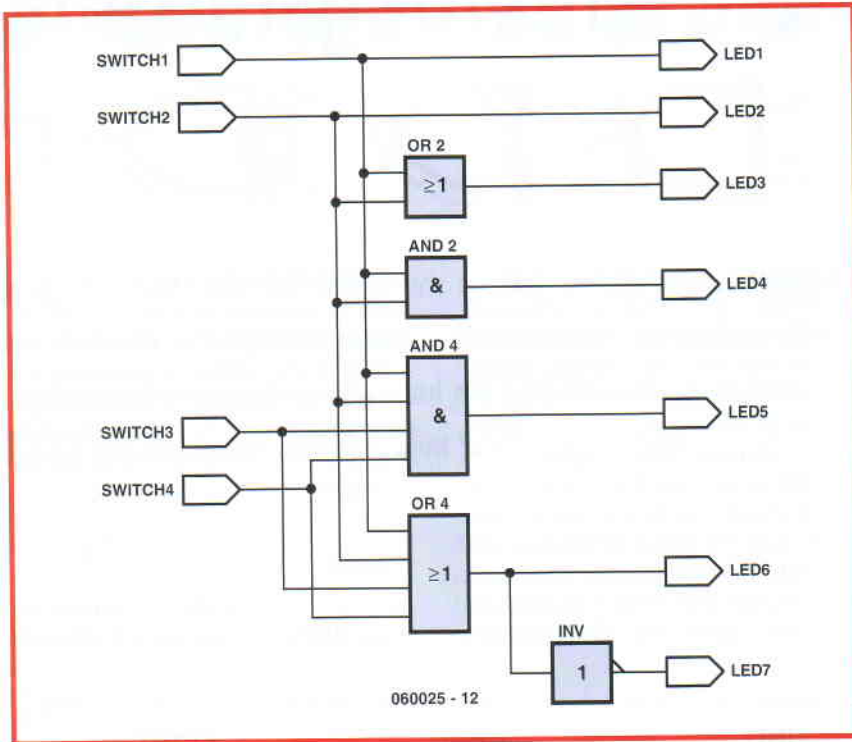


Bild 2. Das erste Beispiel - als Schaltung dargestellt.

Die Drucktaster S1 ... S4 steuern die Signale SWITCH1 ... SWITCH4. Wenn ein Taster gedrückt wird, geht das zugehörige Signal von „0“ auf „1“. Im Ruhezustand zieht ein Pull-down-

Widerstand (R5 ... R8) den Eingang nach Masse.

Die Ausgänge LED1 ... LED7 steuern über ein Treiber-IC (IC7) die LEDs D8 ... D14. Auf der Experimentierpla-

tine sind die LEDs mit „1“ bis „7“ bezeichnet.

Aus unserer Beispiel-Schaltung (in *Quartus*) geht hervor, dass LED1 unmittelbar vom Signal SWITCH1 gesteuert wird, so dass diese LED beim Drücken von Taster S1 aufleuchtet. Das Gleiche gilt für Taster S2 und LED2.

Dagegen zeigt LED3 ein anderes Verhalten, weil diese LED von den Signalen SWITCH1 und SWITCH2 über ein OR-Gatter gesteuert wird. Das hat zur Folge, dass LED3 aufleuchtet, wenn entweder Taster S1 oder Taster S2 (oder gleichzeitig S1 und S2) gedrückt werden.

Mit LED4 lässt sich die Funktion eines AND-Gatters testen. Die LED leuchtet nur dann auf, wenn Taster S1 und Taster S2 gleichzeitig gedrückt werden. LED5 wird über ein AND-Gatter mit vier Eingängen gesteuert, so dass diese LED nur aufleuchtet, wenn alle vier Taster S1 ... S4 gleichzeitig gedrückt werden. Die nächste LED (LED6) demonstriert die Funktion eines OR-Gatters mit vier Eingängen. Hier genügt es, nur einen einzigen Taster zu drücken, um die LED aufleuchten zu lassen. Bleibt noch LED7, sie veranschaulicht die NOR-Funktion. LED7 leuchtet auf, wenn LED6 nicht aufleuchtet, also wenn kein Taster gedrückt ist. Überzeugen Sie sich selbst!

LED1 = SWITCH1
 LED2 = SWITCH2
 LED3 = SWITCH1 + SWITCH2
 LED4 = SWITCH1 * SWITCH2
 LED5 = SWITCH1 * SWITCH2 * SWITCH3 * SWITCH4
 LED6 = SWITCH1 + SWITCH2 + SWITCH3 + SWITCH4
 LED7 = $\overline{\text{LED6}}$
 ODER :
 LED7 = (SWITCH1 + SWITCH2 + SWITCH3 + SWITCH4)

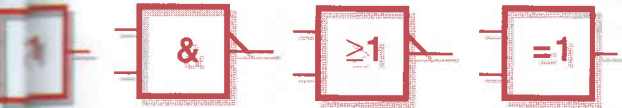
 'A*B' = 'A AND B'
 'A+B' = 'A OR B'
 A = 'not(A)'

060025 - 13

Bild 3. Erstes Beispiel in Boolescher Notation.

Selbst entwerfen

Ziel unseres Kurses ist der selbstständige Entwurf von logischen Schaltungen - und das Realisieren dieser Schaltungen durch die Konfiguration eines FPGAs. Dazu sind nicht nur Kenntnisse der digitalen Elektronik erforderlich. Auch der Umgang mit *Quartus* will geübt sein. Der beste Weg dorthin ist die Praxis - trotzdem kann es nicht schaden, zuvor das zugehörige Tutorial durchzuarbeiten. Ferner enthält der Ordner C:\altera\FPGA_course\ex2 ein PDF-Dokument mit einer Schritt-für-Schritt-Anleitung, die beim Entwurf der Beispiel-Schaltung Hilfestellung leistet. Wir empfehlen, dieses Dokument sorgfältig durchzuarbeiten und das Beispiel in Bild 2 ein zweites Mal zu entwerfen. Auf diese Weise üben Sie nicht nur den Umgang mit *Quartus*. Sie lernen auch, das Programm so zu konfigurieren, wie es die Experimentierplatine und das Programmier-Interface erfordern.



Boolesche Algebra

Die logischen Funktionen, die in Bild 2 in Form einer Schaltung dargestellt sind, können auch mit Hilfe der Booleschen Algebra beschrieben werden. In Bild 3 sind die sieben Funktionen in dieser Schreibweise aufgelistet. Boolesche Gleichungen lassen sich auch in Quartus verwenden. Dazu wird die Programmiersprache VHDL genutzt, die eigens zur Beschreibung digitaler Schaltungen geschaffen wurde. Aus den Programm-Zeilen in VHDL erzeugt die Software die Datei, welche den FPGA konfiguriert. Das Erstellen der Schaltung als Grafik und das Beschreiben der Schaltung in VHDL führen beide zum gleichen Ziel.

Beispiel

Der Ordner C:\altera\FPGA_course\ex3 enthält die zum nächsten Beispiel gehörenden Dateien. Nach einem Doppelklick auf *ex3.qpf* startet Quartus und lädt dieses Projekt. Der Unterschied zum vorangegangenen Beispiel besteht darin, dass in *ex3.bdf* (grafische Darstellung der Schaltung) alle Eingänge und Ausgänge mit einem großen Rechteck verbunden sind. Das Rechteck symbolisiert den Block, der die Eingangssignale verarbeitet und die Ausgänge steuert. Ein Doppelklick auf das Rechteck öffnet das Dokument, in dem beides spezifiziert ist. Dabei kann es sich um eine weitere grafische Darstellung oder um eine Funktionsbeschreibung in VHDL handeln. In diesem Fall besteht die Beschreibung aus VHDL-Code.

In VHDL werden alle Elemente, die auf das Zeichen „—“ folgen, als Kommentare betrachtet. Kommentare haben keinen Einfluss auf das Dokument, sie können jedoch für das Verständnis außerordentlich hilfreich sein.

Der Aufbau eines VHDL-Dokuments wird erst später näher erklärt, an dieser Stelle soll Folgendes genügen: In Zeile 29 erhält das Projekt den Namen *ex3_VHDL*, gefolgt von der Definition der verwendeten Eingänge und Ausgänge. Die Signale IN1 ... IN4 sind als Eingangssignale (IN) und die Signale OUT1 ... OUT7 sind als Ausgangssignale (OUT) definiert. Mit dem nachfolgenden Teil des VHDL-Dokuments wollen wir uns später beschäftigen.

Gleichungen

Auffallend im VHDL-Dokument sind die Zeilen 57 bis 63. Hier sind die Boo-

Das Chamäleon erwacht

Die ELEKTOR-FPGA-Experimentierplatine

Von Paul Goossens

VGA

Ein Videoport VGA-Ausgang über den Sie mit einem 15"-Bildschirm darstellen werden können, verbunden mit einem Video-Kabel.

Seite Seite 26

Ethernet

Die Verbindung mit dem Internet über Ethernet (10/100) ist über die Video-Port-Steckplätze übertragbar und ist immer aktiviert.

Seite Seite 26

USB

Über die USB-Steckplätze können Sie das Board mit dem PC für die Programmierung verbinden. Sie werden auch für die Kommunikation mit dem PC genutzt.

Seite Seite 26

Analoge I/O

Das Board verfügt über analoge I/O-Steckplätze, die Sie für die Verbindung mit einem Analog-Digital-Wandler (ADC) oder einem Digital-Analog-Wandler (DAC) nutzen können.

Seite Seite 26

Stromversorgung

Die Stromversorgung des Boards erfolgt über einen 5V- und einen 3.3V-Regler. Die Spannung ist über die USB-Steckplätze angeschlossen.

Seite Seite 27

PS/2

Die Board-Steckplätze für eine PS/2-Tastatur und eine PS/2-Maus.

Seite Seite 27

LCD

Ein 160x128 Pixel LCD-Display ist über einen I2C-Bus angeschlossen. Die Display-Steckplätze sind über die Video-Port-Steckplätze angeschlossen.

Seite Seite 27

Audio In/Out

Über die Audio-Steckplätze können Sie das Board mit einem Audio-System verbinden. Die Audio-Steckplätze sind über die Video-Port-Steckplätze angeschlossen.

Seite Seite 27

Displays

Über die Video-Port-Steckplätze können Sie das Board mit einem Video-Display verbinden. Die Video-Port-Steckplätze sind über die Video-Port-Steckplätze angeschlossen.

Seite Seite 26

Digitale I/O

Das Board verfügt über digitale I/O-Steckplätze, die Sie für die Verbindung mit einem Digital-Display oder einem Digital-Schalter nutzen können.

Seite Seite 26

LEDs

Das Board verfügt über LEDs, die Sie für die Verbindung mit einem LED-Display oder einem LED-Schalter nutzen können.

Seite Seite 26

Drucktaster

Das Board verfügt über Drucktaster, die Sie für die Verbindung mit einem Tastatur-Schalter nutzen können.

Seite Seite 26

DIP-Schalter

Das Board verfügt über DIP-Schalter, die Sie für die Verbindung mit einem Schalter-Schalter nutzen können.

Seite Seite 26

leschen Gleichungen wiederzufinden, die schon aus Bild 3 bekannt sind. Kleinere Unterschiede bestehen lediglich darin, dass das Zeichen „=" durch „<=" ersetzt ist, was so viel wie „wird“ bedeutet. Das Operator-Zeichen „*“ lässt sich durch „and“ ersetzen, und an Stelle von „+“ darf „or“ stehen.

In Zeile 63 wird nicht die Gleichung „OUT7 <= not (OUT6)“ verwendet. Stattdessen ist die Gleichung voll ausgeschrieben. Die Schreibweise „OUT7 <= NOT (OUT6)“ wäre theoretisch ebenfalls korrekt. Leider dürfen in VHDL Ausgangssignale nicht als Eingangssignale interner Logik-Blöcke benutzt werden. Im weiteren Verlauf des FPGA-Kurses wird noch deutlich werden, weshalb es diese Vorschrift gibt - und wie sie sich mit einem einfachen Kunstgriff umgehen lässt. Auch das dritte Beispiel sollten Sie wie beschrieben compilieren und auf der Experimentierplatine ausprobieren.

Anpassen

Im Ordner *ex4* befindet sich noch ein Dokument, das Schritt für Schritt beschreibt, wie sich das gerade behandelte Beispiel in Quartus grafisch erstellen lässt. Die Konstruktion von Blöcken und der hierarchische Aufbau von Projekten stehen im Mittelpunkt dieser Lektion - dazu kommen weitere Fähigkeiten und Möglichkeiten von Quartus. Schon deshalb sollten Sie die Übungen nicht überschlagen.

VHDL ist eine „mächtige“ Sprache, von der hier nur ein erster, sehr unvollkommener Eindruck vermittelt werden kann. Es ist jedoch schon jetzt deutlich geworden, dass sich die Entwicklungszeit mit VHDL erheblich verkür-

zen lässt. Soll beispielsweise LED D1 (OUT1 im VHDL-Dokument) nur dann aufleuchten, wenn Taster S1 und Taster S4 gleichzeitig gedrückt sind, kann man das VHDL-Dokument ganz einfach ändern. Die in Zeile 57 stehende Anweisung wird einfach durch „OUT1 <= IN1 and IN4;“ ersetzt. Probieren Sie dies aus, indem Sie nach der Änderung eine neue Compilierung durchführen und das FPGA neu konfigurieren!

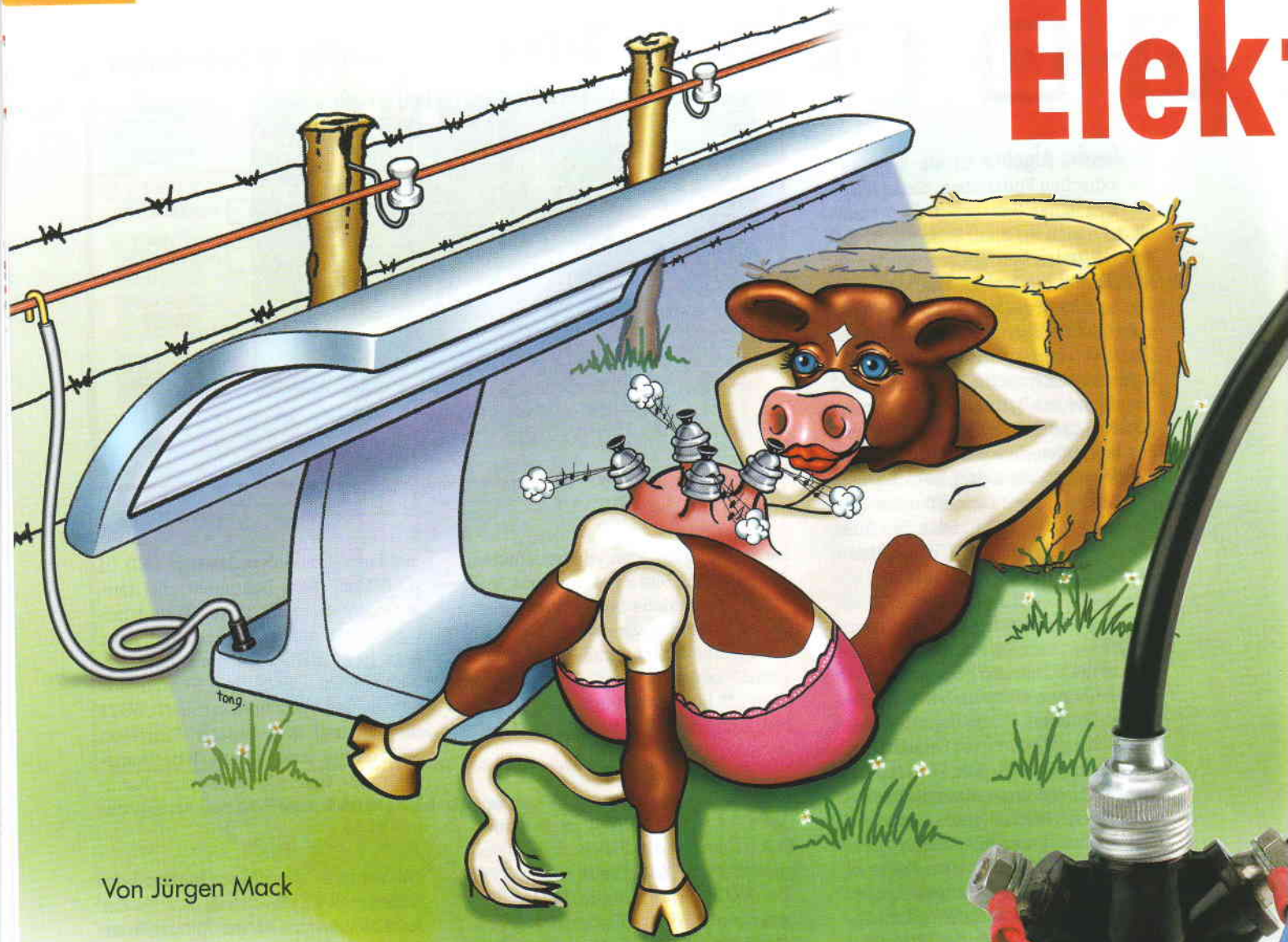
Will man die Änderung grafisch durchführen (wie im ersten Beispiel), ist der Arbeitsaufwand höher. Ein größeres Projekt kann sich schnell zu einem Labyrinth aus Verbindungen und Logik-Elementen entwickeln. Dadurch geht die Übersichtlichkeit verloren, und das Projekt ist nur noch schwer überschaubar. In VHDL ist das Verhalten der Schaltung (unterstützt von hilfreichen Kommentaren) wesentlich transparenter.

Ausblick

In der nächsten Folge des FPGA-Kurses ist die Siebensegment-Anzeige an der Reihe. Außerdem beschreiben wir den Einsatz von Speicherelementen. Hinzu kommen elementare Rechenoperationen. Inzwischen können Sie im Forum (www.elektor.de) über FPGAs, über unser FPGA-Modul, die Experimentierplatine und natürlich auch über diesen FPGA-Kurs diskutieren.

(060025gd)

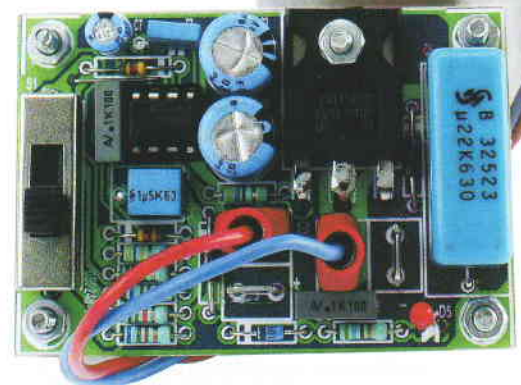
Die zu dieser Folge des FPGA-Kurses gehörende Software kann kostenlos von der ELEKTOR-Website heruntergeladen werden (www.elektor.de); die FPGA-Seite erreichen Sie über den entsprechenden Button im Menü rechts). Die Datei hat die Nummer 060025-1-11.



Von Jürgen Mack

Schocks mit dem 555

Ärger mit fremden Tieren auf Ihrem Grundstück? Ihre vierbeinigen Lieblinge reißen öfter mal aus? Der hier vorgestellte Elektrozaun-Generator setzt dem Treiben ein Ende. Zum Einsatz kommen der bekannte 555 und eine Zündspule.



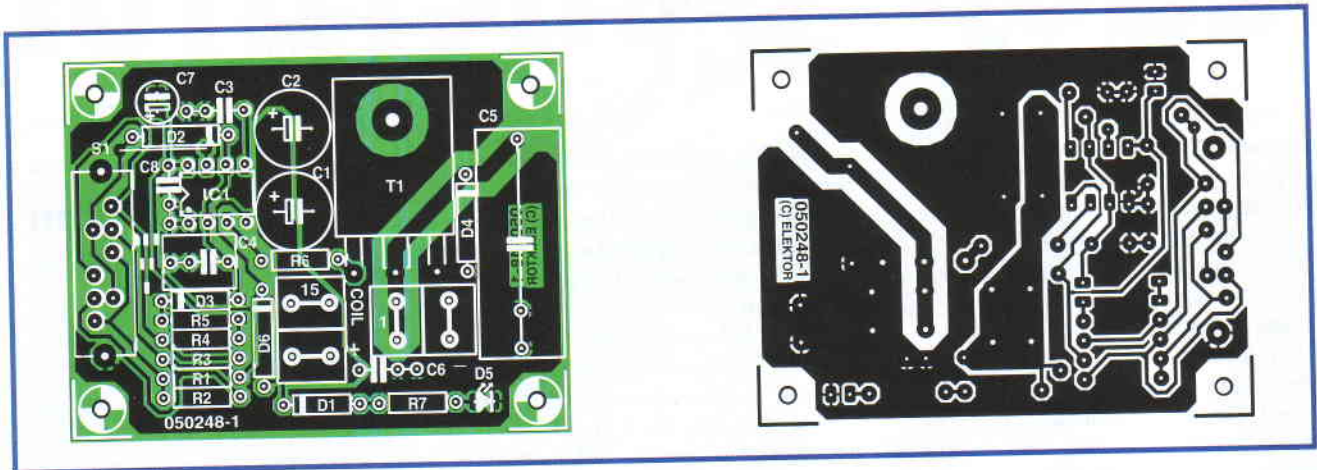


Bild 2. Die Platine ist erfreulich kompakt, wenn man von der etwas größeren Spule einmal absieht.

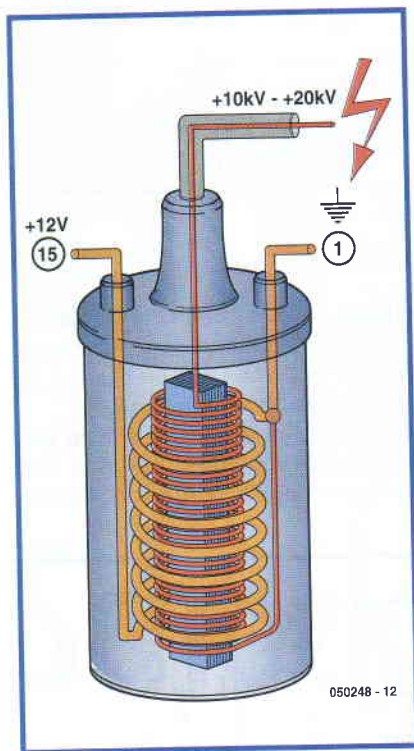


Bild 3. Die Zündspule. Primäre und sekundäre Spule besitzen denselben Massepunkt.

gen wir eine MKT-Version vor. Dies garantiert eine längere Lebensdauer und einen geringeren Leckstrom als bei einem Elko. R7 kann je nach der gewünschten Helligkeit der LED verändert werden.

Falls C5 schwer erhältlich sein sollte, lässt sich auch ein alternativer Wert von 470 nF (bei ebenfalls 630 V Spannungsfestigkeit) einsetzen. Wichtig: In diesem Fall müssen R1 gleich 8k2 und R2 sowie R3 gleich 4k7 gewählt werden.

Eine Alternative zum MOSFET ist zum Beispiel der 20N60. Den MOSFET haben wir übrigens nicht direkt auf die Platine montiert, sondern mit Schrauben und Abstandshaltern ein paar Millimeter über der Platine „schweben“ lassen. Dies bewirkt eine bessere Kühlung. Sollte die Zeit zwischen den Pulsen zu lang sein, so kann R5 durch eine Drahtbrücke ersetzt werden.

Bei der Spule (Bild 3) muss es sich um eine Version für elektronische Zündungen handeln. Bei dem von uns verwendeten Typ beträgt der Widerstand der Primärwicklung 0,7 Ω und die Induktivität 5 mH.

Um die Spule gegen einen Schaltungsfehler zu schützen, ist eine Sicherung sehr zu empfehlen. Sollte nämlich der Oszillator aus irgendeinem Grund seinen Dienst einstellen und der MOSFET dadurch im leitenden Zustand verbleiben, so kann der vollständige Akkustrom durch die Spule fließen und diese zerstören oder sogar in Brand setzen. Zur weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit der Schaltung lötet man das IC am besten ohne Fassung direkt auf der Platine ein. Die Kontakte einer Fassung können nämlich dort, wo die Schaltung aller Voraussicht nach eingesetzt wird (nämlich im Freien), sehr leicht oxidieren. Auch beim Schalter werden zwei Schaltkontakte gleichzeitig verwendet, damit die Wahrscheinlichkeit einer schlechten Verbindung geringer wird. Da der Schalter nach dem Einbau gut zu bedienen sein muss, lötet man ihn am besten auf der Leiterbahnseite fest.

(050248)

Tipps zum Aufbau des Zauns gibt's zum Beispiel unter:

www.gs-zaunsysteme.de/Zaunsysteme/Zaunaufbau/zaunaufbau.html

Bauteile-Liste

Widerstände

- R1 = 15 k
- R2, R3 = 6k8
- R4 = 1 M
- R5 = 390 k
- R6 = 470 Ω
- R7 = 560 Ω

Kondensatoren:

- C1, C2 = 100 µ / 63 V radial
- C3 = 10 n
- C4 = 1µ5 MKT, Raster 5 / 7,5 mm

- C5 = 220 n / 630 V MKT, Raster 22,5 / 27,5 mm, Abmessungen: 11 x 30 mm
- C6, C8 = 100 n
- C7 = 47 µ / 25 V radial

Halbleiter:

- D1 = 10V / 0W5
- D2, D3 = 1N4148
- D4 = 1N4007
- D5 = low-current LED
- D6 = 1N4002
- T1 = IRFP460PBF (500 V / 20 A, TO247AC), z.B. Digi-Key IRFP460PBF-ND
- IC1 = TLC555CP (kein NE555!)

Außerdem:

- K1...K4 = Autostecker vertikal, 2-Pin-Printmontage
- S1 = Schiebeschalter zur Platinenmontage, 2 x 3 (zwei Mutterkontakte, drei Stellungen) z.B. Conrad 708097-62
- Schmelzsicherung 4 A/T (+Halter)
- 12-V-Spule (+ Zündkerzenkabel ausreichender Länge)
- 1 Drahtbrücke (direkt neben D2)

Platine 050248-1 erhältlich unter www.elektor.de.

Entwickeln für Mi

Von Jens Nickel



Alle Bilder: Miele & Cie. KG

Nicht nur in unseren Schaltungen, auch in hunderttausendfach verkauften Elektrogeräten stecken Mikrocontroller und ausgefeilte Programme. Doch wie entwickeln Profis, wenn es um sechsstellige Stückzahlen geht? Wir haben den bekannten Hausgerätehersteller Miele besucht - und interessante Entdeckungen gemacht!

Gütersloh ist nicht gerade ein Ort, den man mit aufregenden technischen Innovationen verbindet. Die meisten Deutschen werden nicht einmal wissen, wo die Stadt überhaupt liegt – und im Ausland kennt man sie überhaupt nicht. Ganz anders ist das mit der Firma Miele, die hier schon seit fast hundert Jahren ihren Hauptsitz hat. Den Hausgerätehersteller darf man mit Fug und Recht als weltbekannt bezeichnen – exportiert er seine Staubsauger, Wasch- und Spülmaschinen, Trockner und Herde doch in über 150 Länder. Reinhild Portmann von

der Miele-Pressestelle, die wir an diesem kalten Januartag in Gütersloh treffen, kann dazu noch vieles ergänzen. So hat das Unternehmen mit rund 15.000 Mitarbeitern im letzten Jahr 2,26 Milliarden Umsatz erzielt. Produziert wird in Deutschland und Österreich, wobei in Gütersloh Waschmaschinen und Trockner vom Band rollen. Und natürlich ist auch die Rede von der besonderen Qualität und Langlebigkeit der Geräte. Ein Anspruch, für den Kunden in aller Welt dann auch gerne etwas tiefer in die Tasche greifen.

„Unsere Waschmaschinen sind für 10.000 Betriebsstunden, also 20 Jahre Nutzung ausgelegt“, präzisiert Miele-Manager Josef Avenwedde bei unserem Gespräch. Der Leiter der Elektronikentwicklung erläutert uns auch, wie der Kundendienst funktioniert. Bei Bedarf kann der Servicetechniker sogar Parameter wie Waschzeiten, Solldrehzahlen oder Wassertemperaturen anpassen (**Bild 1**). Denn während der langen Nutzungsdauer einer Waschmaschine können ja Waschmittel auf den Markt kommen, mit denen noch wasser- und energiesparender gearbeitet werden kann. Die Geräte sind hierzu mit einer optischen Schnittstelle innerhalb der Bedienblende ausgestattet. Avenweddes Mitarbeiter Ernst Hokamp, der an diesem Nachmittag unser dritter Gesprächspartner ist, erklärt uns deren Aufbau. „Innerhalb einer Reihe Kontroll-LEDs haben wir einfach eine Leuchtdiode durch einen Fototransistor ersetzt“, so der Leiter der Elektronik-Produktgruppe Waschen. Eine der LEDs fungiert als Sender. Stolz sind die beiden leitenden Entwickler vor allem darauf, dass diese Lösung nur einen minimalen Bauteilaufwand erfordert. Denn auf dem hart umkämpften Gebrauchsgütermarkt spürt natürlich auch eine Firma, die sich als Premiumhersteller versteht, den Kostendruck. So leistet sich Miele zwar als einziger in der Branche eine eigene Elektronikfertigung. Dennoch werden rund 20 % der Platinen von externen Dienstleistern bestückt. „Denn so muss sich auch unsere Produktion dem Markt stellen“, erläutert Avenwedde.



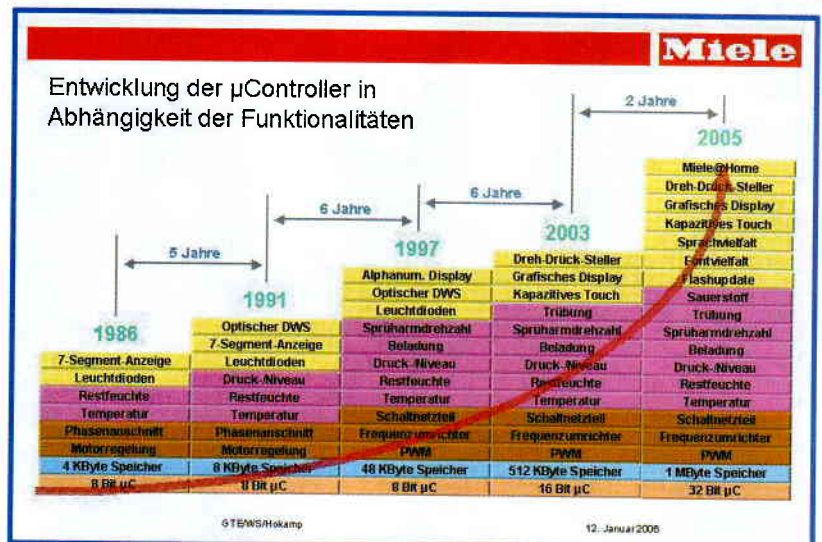
Bild 1. Über die optische Schnittstelle der Waschmaschine (hier vom Saugnapf des Interfaces verdeckt) lassen sich neue Programmparameter einspielen – so zum Beispiel, wenn effizientere Waschmittel auf den Markt kommen.

Vorreiter bei SMDs

1989 war Miele der erste Hausgerätehersteller, der SMD-Bauteile nutzte. Um die Kostenvorteile voll auszuschöpfen zu können, wurde sogar der Programm-Drehwahlschalter – Pflichtbauteil jeder Waschmaschine – auf Oberflächenmontage getrimmt. Da es keine mechanischen SMD-Lösungen zu kaufen gab, entwickelten die Güterloher eine optoelektronische Variante. Dabei wird das Licht kreisförmig angeordneter SMD-Leuchtdioden über einen Lichtleiter auf einen SMD-Fototransistor geführt, der die Drehbewegung detektiert.

Mitte der Achtziger hielten Mikrocontroller in die Waschmaschinen Einzug (siehe dazu **Bild 2**). „Zuerst haben wir die Controller fast ausschließlich zur Motorsteuerung eingesetzt“, erinnert sich Avenwedde. Vorher wurden Triacs und Thyristoren mit diskreten Bauteilen angesteuert. Die ersten in größeren Stückzahlen eingesetzten Mikrocontroller bezog der Hausgerätehersteller von der Firma SGS Thomson. Der 8-bit-Chip verfügte über 4 kByte Rom und wurde in Assembler programmiert. 1992 stieg man auf einen 8-bitter von Mitsubishi um. Für den M37451 (mit 6502-Kern!) hatten die Japaner eigens einen „strukturierten Assembler“ entwickelt, der schon Elemente einer Hochsprache aufwies. Auch Hokamp erzählt gern von den Zeiten, die seine ersten Jahre bei Miele waren. Schmunzelnd erinnert sich der Entwickler an so manchen Kollegen, der damals noch

Bild 2. Technischer Fortschritt: In den letzten 20 Jahren hat die Zahl der Funktionen in den Miele-Geräten stark zugenommen (hier sind die Features der aufwändigeren Wasch- und Spülmaschinen zusammengefasst). Leistungsfähigkeit und Speicher der verwendeten Mikrocontroller mussten natürlich mitwachsen.



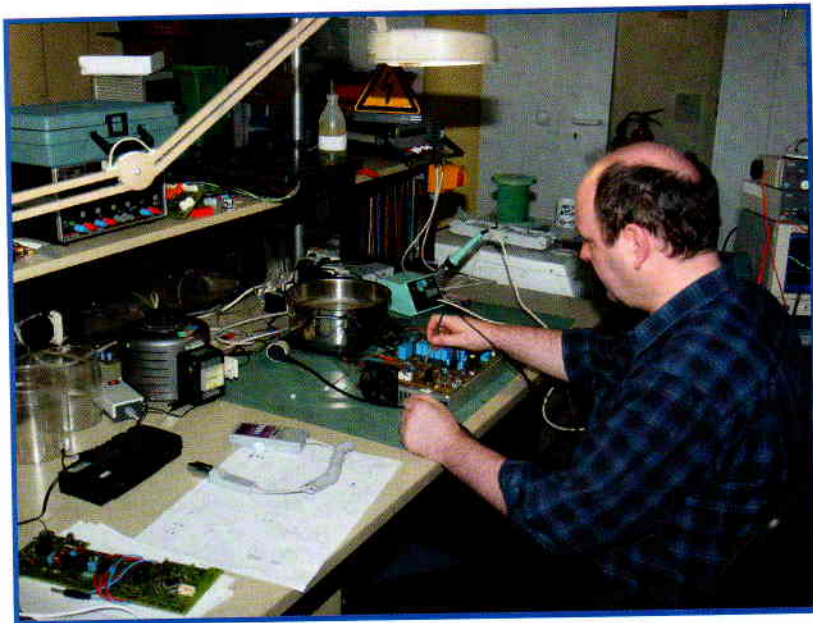


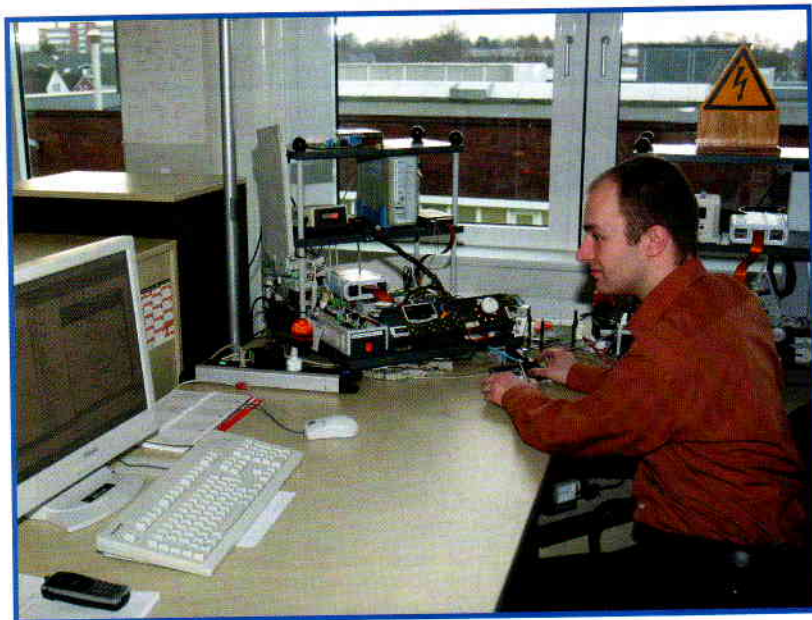
Bild 3. Mit Lötstation, Regeltrafo und Oszilloskop sieht der Arbeitsplatz von Komponenten-Entwickler Martin Schulze-Hobeling nicht anders aus wie in vielen anderen Laboren. Nur der Kochtopf verrät, dass es hier um Haushaltsgeräte geht.

„Wordperfect“ benutzte, um seine Codezeilen einzutippen. Von diesem gewissen Laisser-Faire musste man sich allerdings alsbald verabschieden.

Es wird nur C gesprochen

„Einen großen Schritt machten wir 2001, als durchgängig auf die C-Programmierung umgestellt wurde“, berichtet Hokamp. Gleichzeitig wechselten die Entwickler bei den aufwändigeren Geräten auf 16-bit-Controller. Zu

Bild 4. Softwareentwickler Andreas Lux testet ein Programm-Modul an einem so genannten Emulatorplatz. Mit einer Druckpumpe wird das ansteigende Wasserniveau innerhalb der Waschmaschine simuliert.



unserer Überraschung ist Miele's 16-bitter ein alter Bekannter, nämlich der M16C von Renesas, „Vater“ des kleinen R8C aus unserem Dezemberheft. In den teureren Waschmaschinen übernimmt er sämtliche Aufgaben. Neben der Motorsteuerung kümmert sich der Baustein auch um den Programmablauf, wertet die Signale der Sensoren aus und steuert die Anzeige an. Um Kosten zu sparen, ist auf der Steuerplatine möglichst viel Elektronik integriert. Ein Beispiel für diese Philosophie ist ein Drucksensor, der den Wasserfüllstand misst. So kann – abhängig von der Beladung und der Saugfähigkeit der Wäsche – besonders wassersparend gewaschen werden. „Über einen simplen Kunststoffschlauch wird der Druck zum Drucksensor übermittelt, der direkt auf der Platine sitzt“, erläutert Hokamp das Prinzip. Der Silizium-Drucksensor von Motorola ist direkt neben einem ASIC für die Signalauswertung untergebracht.

Dieses Integrationsprinzip wird durch die Einplattensteuerung der „Einstiegsmodelle“ auf die Spitze getrieben. Hier sind die Bedieneinheit, das Display und die Steuerung auf einem einzigen Board versammelt. Geht ein Bauteil kaputt, wird die Reparatur natürlich etwas teurer, wie Avenwedde einräumt. Denn bei einem Defekt wird immer das ganze Board ausgetauscht (die Platine kann in manchen Fällen allerdings repariert werden und kommt als günstig angebotenes Austauschteil ins Lager). Die höheren Reparaturkosten werden laut dem Entwicklungsleiter aber durch die günstigeren Anschaffungskosten mehr als aufgewogen.

Bugs kann man sich nicht leisten

Das andere Extrem markieren die Gewerbewaschmaschinen, welche die Gütersloher ebenfalls im Portfolio haben. „Diese Geräte sind praktisch im Dauereinsatz“, bringt es Hokamp auf den Punkt. Entsprechend robust und zuverlässig müssen sie sein. Das gilt für die Mechanik – so ist zum Beispiel der Drehwahlschalter kugelgelagert – genauso wie für die Elektronik. Bei den gewerblich genutzten Waschmaschinen verrichten gleich zwei M16C ihre Arbeit – einer ist für die Bedienung und einer für die Steuerung zuständig. Von der stupiden Aufgabe der Motorsteuerung sind die beiden Renesas-Controller ganz entlastet, diese übernimmt ein spezieller Chip von NEC.

Nicht nur bei den Profi-Geräten kostet ein Ausfall viel Geld. Auch bei den Waschmaschinen für Privathaushalte hätte Miele einen Ruf zu verlieren. Einen Bug im Code – der reihenweise zum Absturz des Geräteprogramms führen könnte – kann man sich nicht leisten. Hokamp ist stolz, dass es in seinem Bereich noch nie zu einer Rückrufaktion (bei der etwa die Firmware ausgetauscht werden musste) gekommen ist. Dafür treibt das Gütersloher Unternehmen auch einigen Aufwand. Beim Gang durch die Entwicklungsabteilung besichtigen wir einen Raum, in dem neue Modelle, aber auch verbesserte Gerätevarianten auf Herz und Nieren getestet werden. Das meiste erledigen ein Rechner und die Software „Diadem“. Doch ist auch ein Mensch damit beschäftigt, alle Bedienschritte von Hand nachzuvollziehen. Das Öffnen der Tür, die Bedienung des Drehwahlschalters und der Drucktasten werden hier nach einem festgelegten Protokoll durchexerziert. Danach läuft eine Art mehrwöchiger Feldtest in ausgewählten Versuchshaushalten von Werksangehörigen. „Erst dann kommt eine größere Menge von Geräten lokal begrenzt auf den Markt“, so Hokamp. „Im Moment läuft sogar ein Dauerversuch mit

einer Waschmaschine, der im Internet mitverfolgt werden kann“, ergänzt seine Kollegin.

Viele der möglichen Fehler werden allerdings erst gar nicht entstehen. So kann jeder Entwickler auf eine umfangreiche Zahl bereits ausgetesteter Softwaremodule zurückgreifen. Den 10 bis 15 Mitarbeiter starken Produktgruppen („Waschen“, „Kochen“ und so fort) sind Teams zur Seite gestellt, die für die Entwicklung und den Test neuer Komponenten verantwortlich sind. Diese Gruppen – manchmal ist es auch nur ein einzelner Ingenieur – kümmern sich sowohl um die Hardware als auch um die Software, die beispielsweise zu einem neuen Sensor gehört (**Bild 3**).

Profi-Tools spüren Fehler auf

Reinrassige Programmierer findet man auch in der Produktgruppe „Waschen“ nicht. Andreas Lux ist ein junger Ingenieur der Fachrichtung Informationstechnik; bei unserem Besuch ist er gerade damit beschäftigt, das Waschprogramm eines bereits auf dem Markt befindlichen Gerätes zu optimieren. Dazu ist sein Arbeitsplatz mit einem Rack ausgestattet, in dem die gesamte Elektronik der Waschmaschine untergebracht ist. Was der Softwareentwickler neu programmiert, kann er sogleich an Ort und Stelle austesten. Auch die Sensoren und Aktoren sind in die Simulation miteinbezogen; den Drucksensor „bedient“ Lux mit einer kleinen Handpumpe und einem Manometer (**Bild 4**). Der Windows-PC auf seinem Schreibtisch ist - wie in der ganzen Abteilung - eher durchschnittlich leistungsfähig. Einen fünfstelligen Betrag hat man in Gütersloh allerdings in Programmiersoftware investiert. Den Code erstellt der Diplomingenieur mit dem Editor „Codewright“ von Borland, welcher gleichzeitig als integrierte Entwicklungsumgebung dient und zum Aufruf der anderen Tools genutzt wird (**Bild 5**). Parallel wird auch mit „Rhapsody“ (von iLogix) gearbeitet, einer grafischen Programmiersoftware, welche aus einer Art Flussdiagramm automatisch C-Code generieren kann. „Dieser Code ist allerdings schwierig zu lesen“, räumt Hokamp ein. Selbst C-Spezialist Lux gibt zu, dass er sich erst einmal an die etwas schwülstigen Zeilen gewöhnen musste, welche die Maschine erzeugt. Dennoch sei das Säubern hier streng verboten. Denn man nehme sich sonst für alle Zeiten die Möglichkeit, am ursprünglichen Flowchart noch Änderungen vorzunehmen.

Automatische Dokumentation

Weiter geht's dann mit „DAC“. Das Tool prüft, ob sich die Programmierer an die verbindlichen Namenskonventionen des Unternehmens gehalten haben. Und der Name des Programms „Doc-O-Matic“ sagt eigentlich schon alles: Diese Software kann automatisch eine Dokumentation erstellen. So wird zum Beispiel jede C-Funktion mit allen ihren Variablen in einem übersichtlichen HTML-Sheet detailliert beschrieben (**Bild 6**). All das ist beileibe kein übertriebener Luxus – kommen doch bei den Programmen schnell einmal 200.000 Codezeilen zusammen, die von verschiedenen Entwicklern aus diversen Projektgruppen erstellt wurden.

Auch das Programm „Polyspace“ mag zuerst einmal wie Zauberei erscheinen. Die Software ist in der Lage, eventuelle Laufzeitfehler schon vor der Ausführung (!) zu erkennen – hierzu werden mathematische Algorithmen genutzt. Als Compiler, Linker und Debugger kommen

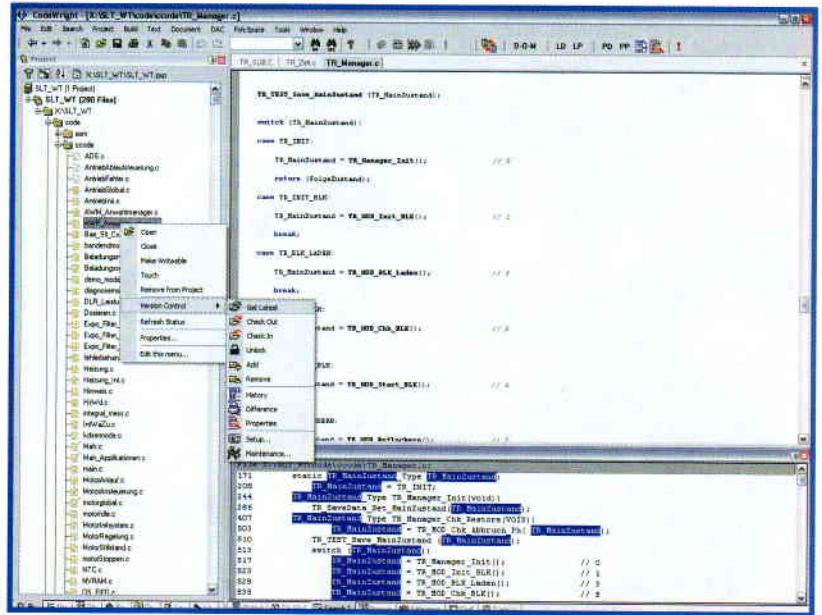


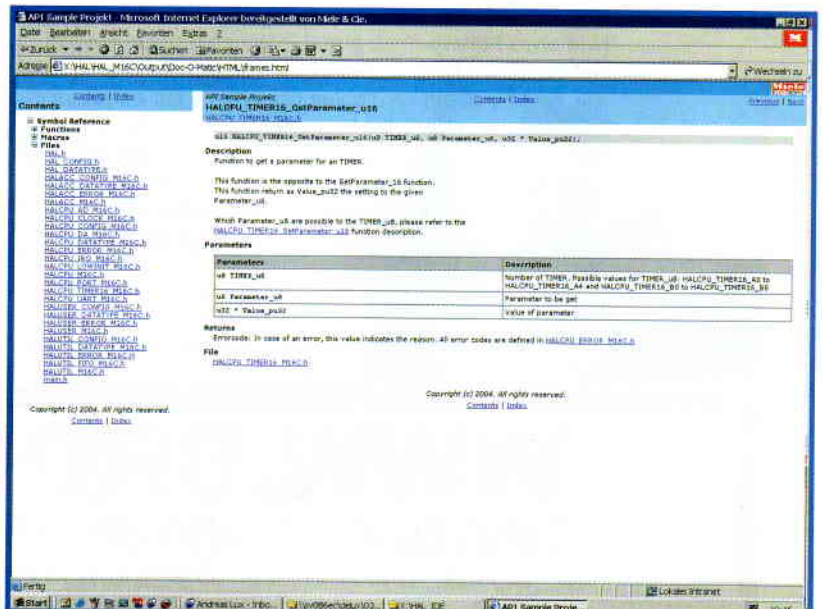
Bild 5. Den C-Code erstellen die Entwickler mit dem Editor „Codewright“ – Funktionen wie eine automatische Versionskontrolle sind hier Standard. Im linken Fenster sind die verwendeten Module zu sehen.

schließlich Programme der Softwareschmiede IAR zum Einsatz. Darüber hinaus wird das Echtzeit-Betriebssystem emBOS benutzt, welches von der Firma Segger für alle möglichen Mikrocontroller entwickelt wurde und nur etwa 1 bis 2 kByte Speicherplatz beansprucht. Von diesem Unternehmen stammt auch das Graphical User Interface (GUI), das die Gütersloher Entwickler zur Ansteuerung der Gerätedisplays nutzen.

Speicher ist fast voll

Zu unserer Überraschung ist das Endergebnis dieser immensen Arbeit für jedermann einsehbar - der in den

Bild 6. Das Tool „Doc-O-Matic“ dokumentiert alle Funktionen automatisch.





Die Fertigung

Nach eigenen Angaben ist Miele der einzige Hausgerätehersteller mit einer In-House-Elektronikfertigung: Etwa 80 % aller Boards bestücken die Gütersloher selbst. Rund 180 Mitarbeiter arbeiten an acht Produktionslinien. Pro Tag werden 1,5 Millionen Bauteile verarbeitet – 520 verschiedene Typen kommen dabei zum Einsatz. In der Woche verlassen 50.000 Platinen die Bänder.

Für die Bestückung mit SMD-Bauteilen (das kleinste misst 2,2 mm mal 1,5 mm) sind 14 Maschinen verantwortlich, wobei der leistungsfähigste Automat bis zu 50.000 Bauteile pro Stunde an die richtige Position bringt. Bei den bedrahteten Bauelementen nutzt Miele ein schonendes und wirtschaftliches Verfahren. Beim herkömmlichen Wellenlöten wird die komplette Unterseite einer Leiterplatte von einer Welle aus 250°C heißem Lötzinn benetzt. Das in Gütersloh eingesetzte Selektivlöten ist effektiver: Durch kleine Kamme wird an den richtigen Stellen der Platine nur so viel Lötmedium hochgedrückt, wie dort benötigt wird (siehe Bild).

Miele-Maschinen werkelnde M16C ist weder gegen das Auslesen noch gegen das unberechtigte Überschreiben geschützt. Allerdings dürfte es nach Avenweddes Meinung sehr schwierig werden, aus den Maschinenbefehlen einen verwertbaren Source-Code zu rekonstruieren. „Und vom Chip-Tuning bei Waschmaschinen habe ich auch noch nichts gehört“, lacht der Chefentwickler. Natürlich wollen wir auch noch wissen, wann der nächste Sprung auf die 32-bit-Controller ansteht. „Im Bereich Kochen arbeiten wir schon länger damit“, antwortet Avenwedde. Grund sei aber weniger die höhere Leistung, sondern vielmehr der größere Speicher der entsprechenden Renesas-Typen. „Der Speicher des M16C hat uns einfach nicht mehr ausgereicht“, so der Manager weiter. Denn schließlich müssten im Flash des Controllers nicht nur das Programm, sondern auch eine Benutzerführung in 24 Sprachen abgelegt werden, die in den Herden besonders umfangreich ausfallen. Auch bei den Waschmaschinen benötigt das eine Menge Speicherplatz. „Etwa 160 kByte werden allein dafür beansprucht“, weiß Hokamp. Der Programmcode mache den bis zu 384 kByte fassenden Speicher des M16C dann „fast voll“. Dafür benötigt man weltweit nur eine Version. Für länderspezifische Daten (wie etwa Netzspannung und -frequenz) reicht ein kleines EEPROM. Hier sind auch die Programm-Parameter wie zum Beispiel Drehzahlen abgelegt – mit der oben beschriebenen Update-Möglichkeit via optische Schnittstelle. „Über diese Schnittstelle können wir aber auch den Flash-Speicher neu programmieren“, so Hokamp. Allerdings lassen sich Daten dort nur blockweise schreiben. Will man nur einen Parameter ändern, ist das EEPROM besser geeignet.

Nicht alles, was der elektronische Fortschritt mit sich bringt, ist nach Meinung unserer Gesprächspartner auch für ihre Zwecke geeignet. So erteilt Avenwedde dem „intelligenten“ Sensor eine Absage. „Will man Sensor und Auswerteelektronik auf ein- und demselben Chip unterbringen, wird die Produktion sehr aufwendig, weil verschiedene Prozesse benötigt werden“, so der Entwicklungsleiter. Sinnvoller sei es da, zwei Chips im selben Gehäuse unterzubringen. Aus Kostengründen verbietet sich nach Avenweddes Ansicht auch der Einsatz eines FPGAs oder gar eines Mini-PCs („auch wenn das einige Kollegen zu gerne hätten“). „Natürlich diskutieren wir alle Möglichkeiten immer wieder und behalten die technische Entwicklung im Auge“, erklärt uns der Chefentwickler zum Schluss. Doch auf absehbare Zeit wird auf den weltbekannten Waschmaschinen aus Gütersloh wohl kein „Intel inside“-Label prangen.

(050325)

Links

- www.miele.de/indexa.html
- <http://eu.renesas.com>
- www.zuken.com
- www.borland.com/de/products/classic_products/index.html
- www.ilogix.de
- www.ristancase.com/dac/v40/index.php
- www.doc-o-matic.com/index.html
- www.polyspace.de
- www.iar.com
- www.segger.de

Anzeige

WWW.BROKER1.TV

Weltweites Resourcing von obsoleten und schwer beschaffbaren Bauteilen

0805 und BGA

SMD-Gehäuse-Kürzel und ihre Bedeutung

Von Karel Walraven

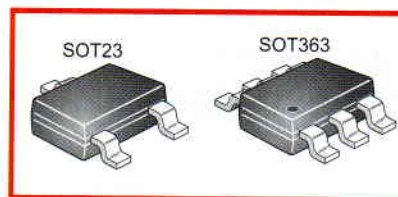
Wenn man das Gehäuse eines modernen Telefons öffnet und die winzigen Bauelemente in Augenschein nimmt, staunt man darüber, mit welcher Präzision diese Massenprodukte gefertigt werden. Menschenhände sind an der Platinen-Bestückung schon lange nicht mehr beteiligt. Eine „Pick and place“-Maschine nimmt die SMDs von einem Trägerband und platziert sie exakt am richtigen, zuvor mit Lötpaste beschichteten Ort der Platine. Diese Präzisionsarbeit ist nur möglich, weil die Gehäuse-Abmessungen der Mini-Bauteile standardisiert und eng toleriert sind.

Die häufigsten SMDs sind naturgemäß Widerstände und Kondensatoren. Von den Gehäuse-Bezeichnungen kann man die Abmessungen ableiten. Die ersten beiden Ziffern geben die Länge in 1/100 Zoll an, die beiden folgenden Ziffern geben in gleicher Weise Auskunft über die Breite. Ein SMD der Bauform 1206 ist folglich 12 mal 0,254 mm = 3,05 mm lang und 6 mal 0,254 mm = 1,52 mm breit. Diese Abmessungen sind inzwischen allerdings für die meisten Anwendungen zu groß. Bevorzugt werden gegenwärtig die Bauformen 0805, 0603 und 0402. Eine andere Bauform-Kennzeichnung stützt sich auf die metrische Einheit Millimeter. Zum Beispiel entspricht RR2012M der Angabe 0805, RR1608M entspricht 0603, und RR1005M entspricht 0402. Es ist nicht schwer zu erraten, dass bei der Angabe RR2012M das SMD-Gehäuse 2,0 mm lang und 1,2 mm breit ist. Die Zifferngruppen geben hier die Abmessungen in 1/10 mm an.

Auf Widerständen ist meistens der Wert im Kurzformat aufgedruckt, wobei zum Beispiel „472“ gleichbedeutend mit den Ziffern „4“ und „7“ sowie zwei angehängten Nullen ist; der Wert beträgt folglich 4.700 Ω. Widerstände mit niedriger Toleranz (1 %) sind durch eine weitere Ziffer gekennzeichnet, zum Beispiel „4751“; hier beträgt der Wert 4750 Ω. Auf SMD-Kondensatoren befindet sich meistens keine Wert-Angabe.

Die Bauform-Bezeichnungen von SMD-Halbleitern sind leider weniger leicht

zu durchschauen. Bei Leistungstransistoren ist fast jeder Hersteller seinen eigenen Weg gegangen. Die meisten universellen Kleinleistungs-Transistoren sind dagegen in Standard-Gehäusen wie SOT23 erhältlich. Hinzugekommen sind hier kleinere Bauformen wie SOT323 und SOT523. Im Zweifelsfall sollten immer die Datenblätter der Hersteller herangezogen werden. Der bekannte Transistor BC547 hat in SMD-Ausführung die Typen-Bezeichnung BC847 erhalten. Ein Fallstrick ist darin verborgen, dass ein BC847 im SOT23-Gehäuse einen einzelnen Transistor enthält, während in einem BC847 im SOT363- oder SOT563-Gehäuse zwei gleichartige Transistoren untergebracht sind. Die Anschlüsse sind nicht pin-kompatibel!



Auf SMD-Transistoren ist meist eine Typen-Kurzbezeichnung aufgedruckt, die aus einer Ziffer und einem Buchstaben besteht, beispielsweise „1E“. Die Kurzbezeichnung ist im Datenblatt des Herstellers angegeben.

Viele integrierte Schaltungen sind in PLCC- und SOIC-Gehäusen mit dem Rastermaß 1/20 Zoll erhältlich. Für stark miniaturisierte Geräte sind diese Bauformen bereits zu groß. Deshalb sind hier die TSSOP- und „Square flat pack“-Gehäuse hinzugekommen, die das Rastermaß 1/40 Zoll haben. Die neuere Entwicklung tendiert zu so genannten „No leads square flat pack“-Gehäusen. Vereinfacht beschrieben sind dies Gehäuse-Bauformen, die keine herkömmlichen Anschluss-Pins mehr haben. Stattdessen befinden sich auf der Unterseite entlang der Kanten lötbare Anschluss-Inseln.

Wenn ein komplexer integrierter Baustein eine hohe Anzahl von Anschlussleitungen erfordert, greifen die Hersteller gegenwärtig gern zum „Ball Grid Array“ (BGA). Hier sind auf



der Gehäuse-Unterseite nicht nur Lötinseln entlang der Kanten, sondern auch innerhalb der Gehäusefläche angeordnet. Zur Kontrolle der Bestückung wird ein spezielles Röntgen-System benötigt, mit dem geprüft werden kann, ob alle Lötinseln ordnungsgemäß verlötet sind.

Auf IC-Gehäusen in SMD-Bauform ist in der Regel die vollständige Typen-Bezeichnung aufgedruckt.

Zum Schluss noch ein Tipp: Das Aufbewahren von SMDs ist nicht ganz unproblematisch. Wenn unterschiedliche SMD-Bauelemente durcheinander geraten, ist das Sortieren recht mühsam und oft nur durch Messen der Werte möglich. Eine kostengünstige Alternative zu teuren SMD-Spezialbehältnissen sind verschließbare Plastikbeutel aus nicht zu dünnem Material. Die Beutel werden etikettiert; auf den Etiketten werden die Bauelement-Bezeichnungen vermerkt.

(065098gd)



Informationen zur Identifikation von SMDs:

www.tkb-4u.com/code/smdcode/indexsmdcode.php

www.marsport.demon.co.uk/smd/mainframe.htm

Der Siegeszug

30 Jahre alt – und immer noch

Von Roelf Sluman

Sind 8-bit-Mikroprozessoren Schnee von gestern? Oder sind sie auch heute noch zu etwas nützlich? Wir wollten es wissen und haben Erstaunliches entdeckt. Der ziemlich betagte 6502 hat in der Welt von Threaded Computing und Dual-Core noch viele treue Anhänger!

In den siebziger und achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts beherrschten drei 8-bit-Mikroprozessoren den Markt: Der 6800 von Motorola, der Z80 von Zilog und der 6502 von MOS. Der unangefochten populärste Typ war zweifellos der 6502. Sein niedriger Preis (er kostete bei seiner Markteinführung ca. 25 US-\$) und seine fortschrittliche Konzeption sorgten dafür, dass dieser Prozessor in kürzester Zeit weltweite Verbreitung fand. Die damals enorm beliebten Home-Computer „Commodore 64“ und „Apple II“ belegen dies auf eindrucksvolle Weise. Inzwischen sind rund 30 Jahre vergangen. Heute dominieren Mikroprozessoren den Markt, die viele tausend Mal schneller sind. Doch das will keineswegs heißen, dass es für diesen durchdacht konzipierten 8-bit-Mikroprozessor keine Verwendung mehr gibt. Viele tausend Enthusiasten, verteilt über den gesamten Globus, arbeiten

auch gegenwärtig noch mit dem 6502. Sie erschließen Anwendungen, die man anno 1975 - dem Geburtsjahr des 6502 - für schlichtweg unmöglich gehalten hätte.

Geschichtliches

Der 6502 feierte im letzten Jahr seinen 30. Geburtstag. Bis er vor 30 Jahren das Licht dieser Welt erblickte, mussten einige Hindernisse aus dem Weg geräumt werden. Die Entwickler des 6502 hatten zunächst die Absicht, einen Mikroprozessor mit der Bezeichnung 6501 auf den Markt zu bringen. Der 6501 glich dem 6800 von Motorola aufs Haar, und das war sicher kein

Preisbrecher 6502

Bei seiner Einführung im Jahr 1975 kostete der 6502 ungefähr 25 US-\$. Damit wurde er zum gefürchteten Konkurrenten des 179 \$ teuren 6800, dem er in vielen Details zum Verwechseln ähnlich war. Kein Wunder, dass Computer-Hersteller wie Apple und Commodore dem 6502 den Vorzug gaben. Steve Wozniak von Apple hatte für seine Systeme ursprünglich den 6800 auserkoren, doch der enorme Preisunterschied überzeugte auch ihn.

Zufall. Beide Mikroprozessoren stammten aus den Köpfen der gleichen Entwickler! Kurz nachdem Motorola den 6800 auf den Markt gebracht hatte, war es zu einem Eklat zwischen dem Konzern und den 6800-Entwicklern gekommen. Dies hatte zur Folge, dass fast alle an der Entwicklung beteiligten Mitarbeiter gleichzeitig ihren Hut nahmen und zu MOS Technology wechselten. MOS, in diesen Jahren der mächtigste Konkurrent von Motorola, hatte die Stärken des 6800 erkannt und sann auf ein Konkurrenzprodukt. Der konkurrierende Mikroprozessor sollte pinkompatibel zum 6800 sein. Die von Motorola zu MOS übergelaufenen Entwickler machten sich sofort ans Werk, und es entstand der 6501. Der Preis dieses neuen, zum 6800 tatsächlich pinkompatiblen Mikroprozessors lag ein deutliches Stück unter dem Preis des Konkurrenz-Produkts. Der Grund war einfach: Es waren kaum Entwicklungskosten angefallen. Motorola ließ die Sache nicht auf sich beruhen und drohte damit, gegen MOS massiv juristisch vorzugehen. Daraufhin änderte MOS lediglich die Pin-Belegung des 6501. Der abgewandelte Mikroprozessor erhielt die Typenbezeichnung 6502. Allerdings passte der 6502



Bild 1. Der KIM-1 von MOS Technology. Zur Eingabe diente ein hexadezimalles Tastenfeld, für die Ausgabe war ein sechsstelliges LED-Sieben-segment-Display vorhanden.

des noch aktuell



von MOS jetzt nicht mehr in Boards, die für den 6800 von Motorola ausgelegt waren. Motorola begnügte sich mit dem Zugeständnis von MOS, die Pin-Belegung zu ändern, und nahm von dem angedrohten Rechtsstreit Abstand.

Da für den 6502 noch keine Boards existierten, musste sich MOS etwas einfallen lassen, um den neuen Prozessor zu pushen. Der erste Single-Board-Computer mit dem 6502 war der „KIM-1“ (**Bild 1**). Sein Arbeitsspeicher war 1 KByte groß.

Die Hersteller von Home-Computern erkannten schnell die enormen Möglichkeiten, die in dem 6502 steckten. In den USA gelang dem 6502 der Durchbruch, als der Apple II und die Atari-Modelle 400 und 800 auf den Markt kamen. In Europa ebnete Commodore mit den Home-Computern VIC-20 und Commodore 64 den Weg. Der legendäre Commodore 64 arbeitete mit einer modifizierten Version des 6502, die 6510 hieß. Dieser Home-Computer wurde weltweit mehr als 25 Millionen Mal verkauft. Die Anzahl der weltweit abgesetzten 6502-Mikroprozessoren wird auf über hundert Millionen Stück geschätzt!

Auch in ELEKTOR erschienen in diesen Jahren verstärkt Bauprojekte, in denen der 6502 im Mittelpunkt stand. Ein Highlight war im Jahr 1980 der ELEKTOR-„Junior Computer“. Er wurde zu einem besonders erfolgreichen Lehr- und Lernsystem. Drei Jahre später veröffentlichte ELEKTOR nach und nach einige Hardware-Komponenten für den Selbstbau, aus denen nach dem Baukasten-Prinzip ein in sich abgerundetes 6502-System zusammengestellt werden konnte. Dieses System erhielt 1985 den Namen „Oktopus 65“.

Technische Details

Der 6502 ist ein 8-bit-Mikroprozessor und besteht aus rund 4.300 Transistoren. Seine Betriebsspannung beträgt 5 V. Der Adressbus ist 16 bit breit, so dass bis zu 64 KByte Speicher im Bereich hex. 0000...FFFF adressiert werden können. Die Taktfrequenz beträgt zwar „nur“ 1 MHz, doch der 6502 arbeitet im Gegensatz zum Z80 ohne Mikrobefehlscode-Instruktionen. Deshalb ist seine Geschwindigkeit mit der Geschwindigkeit eines Z80 vergleichbar, der mit der Taktfrequenz 4 MHz arbeitet.

Der Befehlssatz des 6502 umfasst nur 56 Instruktionen. Da die RAM-Speicher in den siebziger Jahren schneller als die Prozessoren waren, stifteten die Entwickler den 6502 mit nur drei acht Bit breiten Registern aus. Der Akkumulator ist das einzige Register, mit dem algebrai-

sche Operationen durchgeführt werden können. Die beiden anderen Register, X und Y

genannt, haben die Funktion von Index-Registern. Durch die hohe Anzahl der verfügbaren Adressierarten kann der 64 KByte große Speicherbereich sehr effizient mit Zwei-Byte-Instruktionen, bestehend aus Opcode und Operand, adressiert werden. Zum Beschreiben des gesamten 64-KByte-Speichers genügen Zwei-Byte-Instruktionen (Opcodes und Operanden) mit einer Länge von insgesamt 19 Byte. Wer weiß, wie's geht, kann dem Autor dieses Beitrags eine Mail schicken (rsluman@gmail.com). Der 6502 existiert in zwei weiteren Versionen mit unterschiedlichen Modifikationen: Die Version 6507 war das Herz des Spiele-Computers Atari VCS 2600, während die Version 6510 millionenfach im Commodore 64 ihren Dienst tat. Übrigens war der Commodore 64 der erste Home-Computer, der die intelligente Methode des „Bank switching“ anwendete. Das bedeutet, dass Segmente innerhalb des 64-KByte-Adressbereichs doppelt belegt waren. Im Adressbereich der I/O-Ports war auch ein Teil des RAM zugänglich; zwischen I/O und RAM konnte man beliebig umschalten.

Nachbildung

Ein guter Weg, die Eigenschaften des 6502 kennen zu lernen, ist die Erprobung dieses Mikroprozessors in der Praxis. Auch wenn man keinen Original-6502 besitzt, gibt es verschiedene Möglichkeiten. >>>

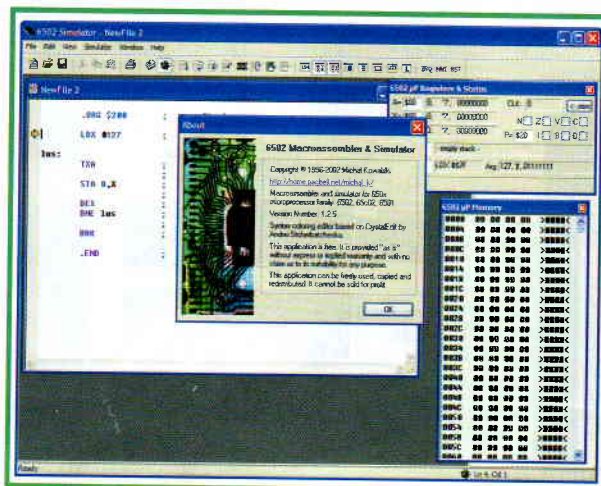


Bild 2.
Maßgeschneidert für Studien und Experimente mit dem 6502: Der 6502-Makro-Assembler und -Simulator von Michał Kowalski.

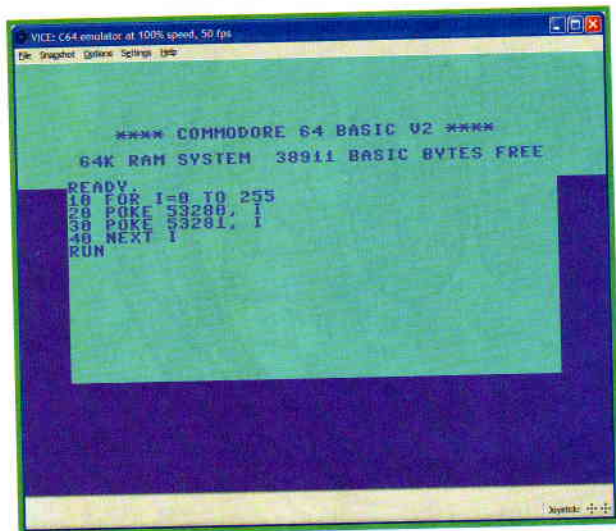


Bild 3.
Der aus alten Zeiten vertraute Start-Bildschirm des Commodore-64, hier emuliert von einem modernen PC.

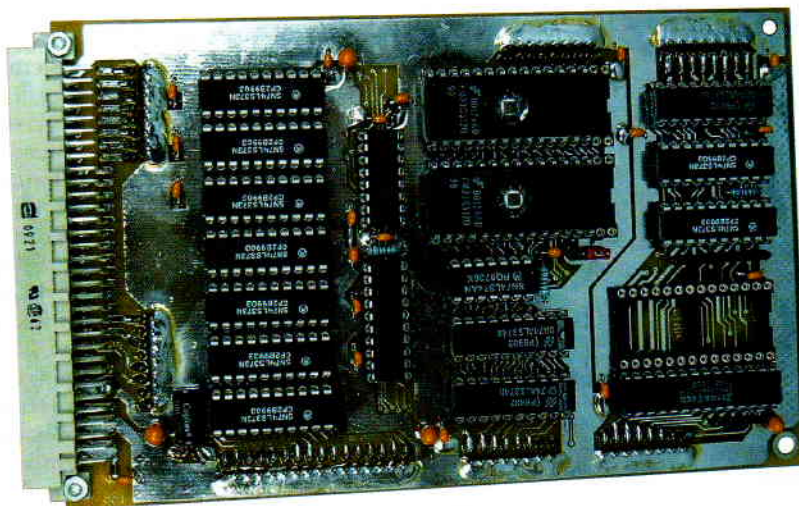


Bild 4.
Eine von zwei Platinen, aus denen der diskret aufgebaute 6502 von Dieter Müller besteht. (Quelle: Website „Dieter’s Hobby Projects“ [3])

Simulator

Der 6502 lässt sich problemlos mit einer Simulator-Software nachbilden. Ein Beispiel für ein gutes Simulator-Programm ist der *6502 Simulator* (Bild 2), der kostenlos von der unten angegebenen Website [1] herunter geladen werden kann.

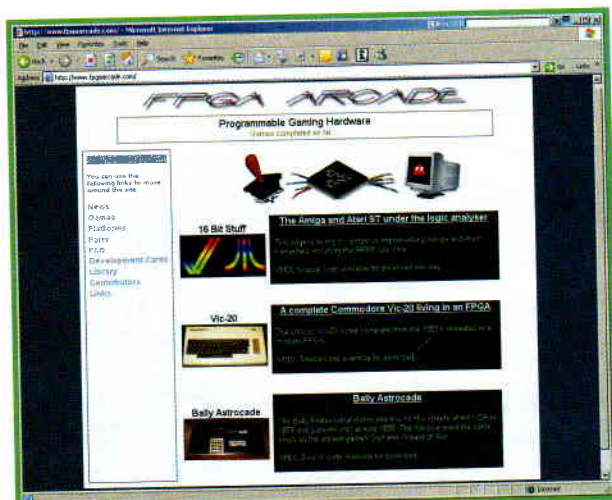


Bild 5.
Auf „FPGA Arcade“ [5] wird diverse 6502-Hardware durch FPGAs nachgebildet.

Emulator

Ein Emulator ist ein Programm, das eine so genannte „Virtuelle Maschine“ bereitstellt. Ein Computer-System bildet dabei ein fremdes System perfekt nach. Da die Nachbildung in allen Details mit dem Original identisch ist, läuft die für das Original-System geschriebene Software auch zusammen mit dem Emulator. Sogar eventuelle Hard- oder Software-Entwicklungsfehler des Original-Systems sind im Emulator vorhanden. Für fast alle Systeme aus den siebziger und achtziger Jahren existieren inzwischen gute Emulatoren. Oft erhält man mit der Emulator-Software populäre Programme aus der Blütezeit der Original-Systeme, so dass der Emulator sofort ausprobiert werden kann. Die Zeiten, in der die alten Apple-, Atari- und Commodore-Computer Millionen Menschen begeisterten, leben mit den Emulatoren wieder auf. Ein bekanntes Emulator-Programm, das durch seine Vielseitigkeit auffällt, ist VICE. Die Abkürzung VICE steht für „Versatile Commodore Emulator“; zu finden ist VICE auf der unten angegebenen Website [2]. VICE emuliert alle bekannten Commodore-Systeme, darunter natürlich auch

den Commodore 64. Die Emulation arbeitet so perfekt, dass praktisch alle für den Commodore 64 geschriebenen Programme problemlos unter VICE laufen. Nach dem Start von VICE erscheint zuerst das bekannte blaue Markenzeichen des Commodore 64 auf dem Bildschirm (Bild 3), und anschließend hat man einen täuschend echten Commodore 64 vor sich. Sogar die Tastatur ist umbelegt, sie ist mit der Original-Tastatur des Commodore 64 identisch. Darüber hinaus werden auch das Disketten-Laufwerk, das Kassetten-Deck und sogar „Turbolader“ perfekt emuliert.

Nachbildung durch Hardware

Den 6502 kann man natürlich auch mit diskreten Komponenten wie 7400-Logik-ICs, RAMs und EPROMs „nachempfinden“. Diesem Ziel widmete sich der 6502-Freak Dieter Müller. Er realisierte sein Vorhaben, wie Bild 4 zeigt, mit ungefähr 40 ICs auf zwei Platinen. Die wichtigste Konzession, die dabei unumgänglich war, ist ein vom Original abweichendes Timing. Der diskrete 6502 von Dieter Müller beherrscht jedoch alle 6502- und 65C02-Opcodes in gleicher Weise wie sein Vorbild. Näheres ist auf der Homepage von Dieter Müller zu erfahren [3]. Eine andere Herangehensweise ist die Nachbildung durch ein FPGA. In FPGAs sind programmierbare logische Einheiten integriert, die einen 6502 ohne große Mühe simulieren können. Sogar mehrere 6502-Exemplare lassen sich in modernen FPGA-Typen mühelos unterbringen. Die Organisation Opencores hat sich zum Ziel gesetzt, die unterschiedlichsten Mikroprozessoren durch FPGAs nachzubilden [4]. Dort ist der 6502-Code etwas versteckt unter der Bezeichnung „T65“ zu finden. Unter einer anderen Adresse [5], die zum gleichen Ziel führt, sind auch die modifizierten Versionen des 6502 berücksichtigt (Bild 5).

Kreative Anwendungen

Der 6502 war ein vielseitiger, leistungsstarker und gleichzeitig kostengünstiger Mikroprozessor. Auch die

Zusammenarbeit mit peripheren Bausteinen war unkompliziert. Nicht zuletzt aus diesen Gründen ist er auch heute noch Mittelpunkt vieler (im Internet veröffentlichter) Selbstbau-Projekte. Die Mehrzahl dieser Projekte sind Computer-Systeme mit dem 6502 als Mikroprozessor, es gibt aber auch eine Reihe bemerkenswerter Anwendungen anderer Art ...

Der 6502 im Spielcasino

Auf die Idee, dass man mit Hilfe des 6502 mühelos viel Geld gewinnen könnte, kamen zwei amerikanische Studenten in Kalifornien; sie gaben sich den klangvollen Namen „Eudaemons“. Zwei mit dem 6502 aufgebaute Schaltungen wurden in Schuhe eingebaut, beide Studenten trugen je einen der präparierten Schuhe. Am Roulette-Tisch im Spielcasino wippte der erste Student mit dem Fuß im Rhythmus des sich drehenden Roulette-Rads. Der 6502 errechnete aus diesen Bewegungen an Hand eines revolutionären Algorithmus, wohin die Kugel rollen wird. Diese Information wurde drahtlos an den Schuh des zweiten Studenten weiter gegeben und dort in Vibrationen umgesetzt. Für den zweiten Studenten war es nicht schwer, auf die Gewinn bringende Zahl zu setzen.

Ein Roboter mit Augen

Mike Naberezny nutzte vier Infrarot-Sensoren des Typs GP2D02 von Sharp und einen 6502, um seinem Roboter das Sehen beizubringen. Die einzige Beschäftigung des 6502 ist das zyklische Abfragen der Sensoren, wobei „High“ für „nahes Hindernis“ steht, während „Low“ „fernes Hindernis“ bedeutet. Die Information wird an das Roboter-System weiter gegeben und dort verarbeitet. Im Internet sind zahlreiche weitere erstaunliche Projekte dokumentiert [6].

(050316gd)

2 KByte Speicher? Mehr als genug!

Der erste Computer, in dem der 6502 seinen Dienst tat, war der weltbekannte Spiele-Computer VCS 2600 von Atari. Obwohl der 6502 bereits der preiswerteste Mikroprozessor seiner Klasse war, drückte Atari den Preis weiter nach unten. Atari orderte eine spezielle Version des 6502, den 6507. Diese Version konnte statt 64 KByte nur 8 KByte adressieren, was jedoch für die Entwickler des Atari VCS 2600 kein Problem war. Speicher war nämlich zu jener Zeit so teuer, dass Computer-Spiele niemals mehr als 2 KByte belegt hätten!

Links:

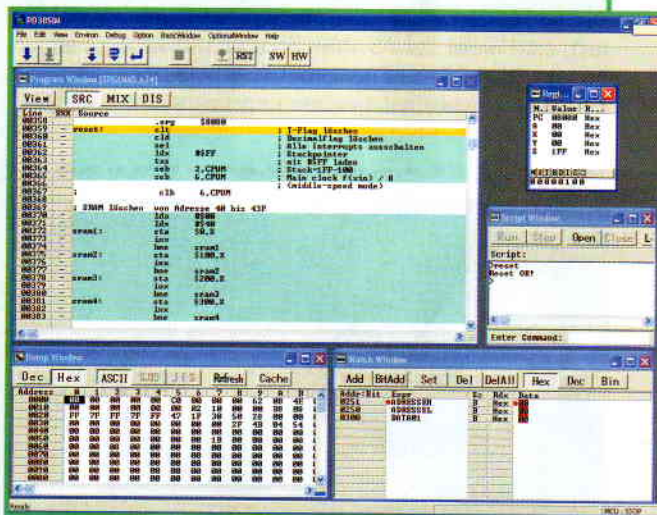
- [1] http://home.pacbell.net/michal_k/6502.html
- [2] www.viceteam.org
- [3] <http://people.freenet.de/dieter.02/m02.htm>
- [4] <http://opencores.nnytech.net>
- [5] www.fpgaarcade.com/
- [6] www.6502.org
- [7] www.micronas.com/products/by_function/cdc_1607f-e/product_information/index.html
- [8] www.renesas.com/fmwk.jsp?cnt=740_family_landing.jsp&fp=/products/mpumcu/740_family/
- [9] www.renesas.com

Auf den Spuren des 6502

Von Gunther Ewald

Dreißig Jahre später mag man es kaum glauben, doch auch heute noch werden Mikrocontroller mit 6502-Kern produziert. Beispiele sind verschiedene kostengünstige Controller von Micronas und Renesas. Diese Versionen wurden für einfache Steuerungsaufgaben entwickelt. Micronas produziert unter anderem den WDC65C816, der vorzugsweise in Automotive-Anwendungen eingesetzt wird. Nähere Informationen enthält die Website von Micronas [7].

Renesas hat den 6502-Kern in die Produkte seiner Typenreihe 740 integriert. Diese Controller sind trotz ihres erweiterten Befehlssatzes zum Opcode des originalen 6502 kompatibel. Der Übergang zu bleifreien Produkten hat die Typenreihe zwar etwas ausgedünnt, doch zum Lieferprogramm von Renesas gehören auch heute noch 37 Controller-Typen mit 6502-Kern [8]. Für den Einsatz in Hobby-Anwendungen sind diese Controller allerdings weniger geeignet, da für die Entwicklung immer ein Emulations-Controller und ein Emulator notwendig sind. Einen Controller-Simulator (zeitbegrenzt auf vier Monate Laufzeit) mit I/O-Simulation, Interrupt-Simulation, Execution Cycle Measurement, RAM Monitor Display und Coverage Measurement stellt Renesas kostenlos auf seiner



Website zur Verfügung [9].

Controller mit 6502-Kern werden heute von Wasch- und Spülmaschinen-Herstellern in moderne Produkte eingebaut. Auch in Messgeräten, Bedienterminals sowie in Briefmarken-Automaten sind sie zu finden. Ferner übernehmen diese Controller Nebenaufgaben in Personen-Aufzügen. Sie verrichten ihr Werk in Fahrrad-Ergometern ebenso wie hinter den Armaturenbrettern von Fahrzeugen.



1. Dieses Netzteil werden wir uns vornehmen. So eine Stromversorgung ist für nicht mal 20 € zu haben – oder auch gratis, wenn man seinen Alt-PC ausschaltet.



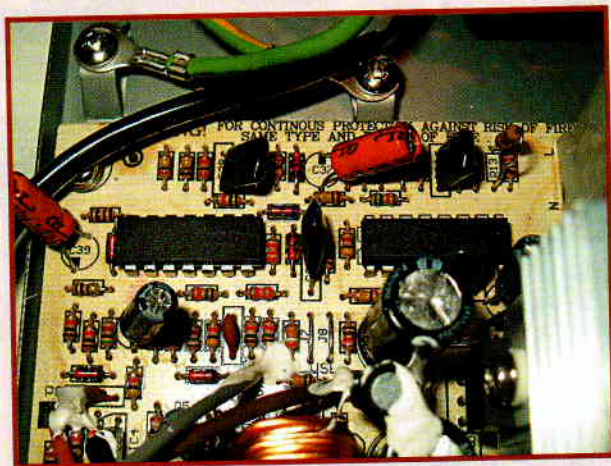
2. Satte 15 A an 12 V bedeuten 180 W für unsere Halogenbeleuchtung.

Halogen-Power

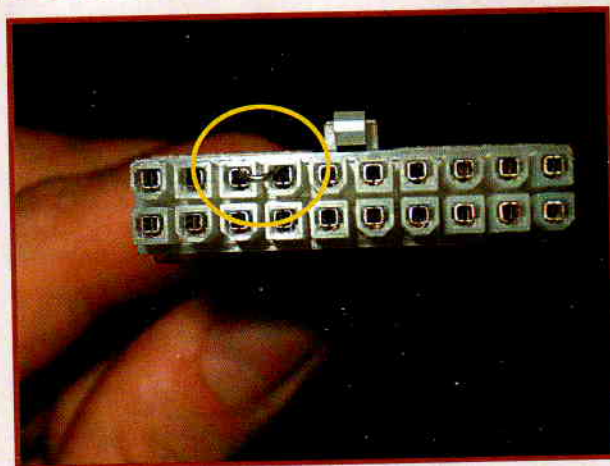
Halogenlampen sind recht preiswert. Hängt man sie im halben Dutzend an dicken Spanndrähten auf, sind sie auch ein Blickfang im Wohnzimmer. Jedoch kommt der mitgelieferte Trafo schon bei kleinen Erweiterungen an seinen Grenzen. Da haben wir eine Lösung!

Die im Handel erhältlichen Sets zur Halogenbeleuchtung sind meist auf 75 Watt begrenzt. Das ist genug, um eine gemütliche Zimmerecke zu beleuchten, doch zur Illumination eines ganzen Raumes reicht es nicht

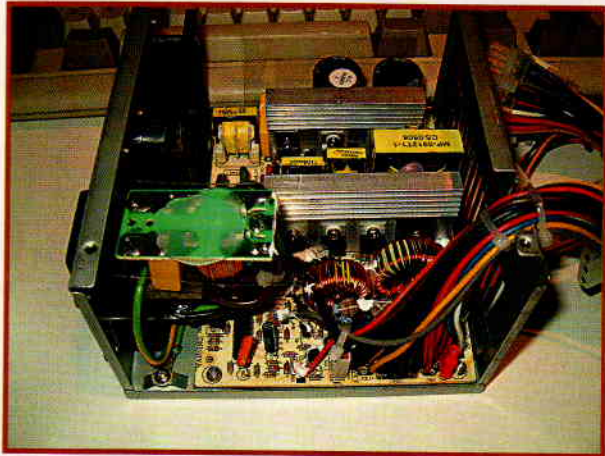
aus. Schuld daran sind meist die Trafos, deren Leistung sehr knapp bemessen ist. Zum Glück bietet die moderne Computertechnik hier einen Ausweg: Der „Energiehunger“ heutiger PCs ist so hoch, dass Netz-



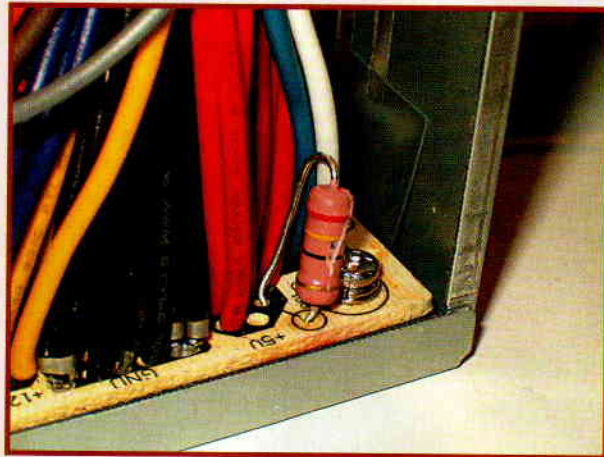
5. Hier werkeln zwei Chips: Der TL494 sorgt für die Schaltsignale; der Vierfach-Komparator LM339 detektiert Überspannung und Überlastung. Auf eine Erkennung der Unterspannung wurde verzichtet.



6. Noch diese zwei Kontakte verbinden – und das ATX-Netzteil läuft.



3. Die Stromversorgung – im jungfräulichen Zustand.



4. Am 5-V-Ausgang ist schon ein Lastwiderstand angeschlossen – darum brauchen wir uns also nicht mehr zu kümmern.

Altes PC-Netzteil mit neuer Aufgabe

Von Jeroen Domburg & Thijs Beckers

teile mit einer Leistung von bis zu einem Kilowatt (!) nicht übertrieben sind. Doch so viel Power ist gar nicht vonnöten: Auch PCs mit weniger starken Netzteilen sind für unsere Zwecke durchaus brauchbar; so zum Beispiel das AT(X)-Netzteil aus dem ausgeschlachteten Alt-PC, das nutzlos in der Abstellkammer herum liegt. Mit ihm lassen sich Halogenleuchten mit bis zu 200 Watt versorgen. Doch wie bringt man solch ein Computernetzteil dazu, dass es die benötigten 12 V liefert? Theoretisch liefert das Netzteil zwar diese Spannung, doch wie so oft gibt es vor dem praktischen Einsatz noch ein paar kleine Hürden zu überwinden.

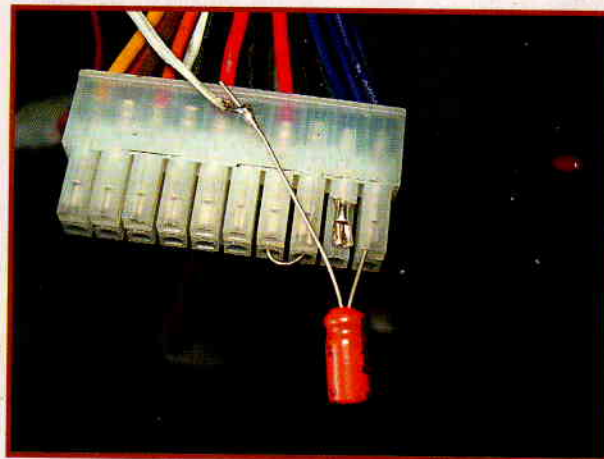
So viele Probleme ...

Bei Computernetzteilen handelt es sich um Schaltnetzteile. Diese müssen beim Betrieb an allen (also auch den nicht verwendeten Ausgängen) ständig belastet werden, da die interne Regelschaltung ansonsten nicht mehr funktioniert. Diese Belastung ist bei einigen Netzteilen bereits in Form von Lastwiderständen eingebaut.

Bei den Netzteilen, die nicht über diese Lastwiderstände verfügen, kann es erforderlich sein, die ungenutzten 3,3-V- und 5-V-Ausgänge mit einem Lastwiderstand von



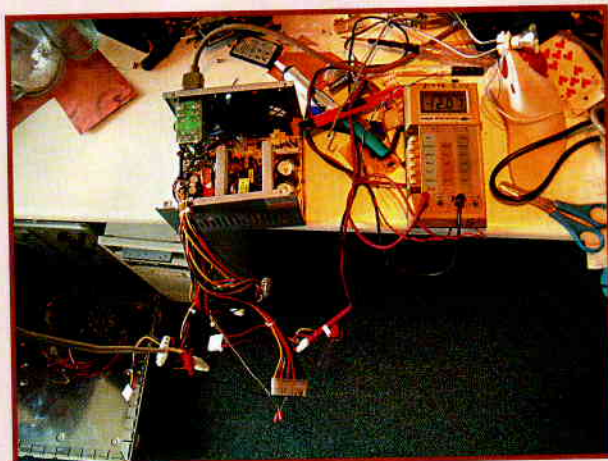
7. Es ist oft gar nicht so einfach, den Schutz gegen Überlastung zu finden – siehe Text. In unserem Fall muss Pin 4 von LM339 oberhalb 1,1 V bleiben, sonst schlägt die Stromversorgung Alarm.



8. Eine simple Kontrolle mit einem 1-µF-Kondensator am 3,3-V-Ausgang zeigt uns, dass wir mit unserer Vermutung richtig liegen. Der Kondensator verzögert das Sinken der Spannung lange genug, um den Schutz zu überlisten.



9. Bei so vielen Lampen kommt ein ganz schöner Einschaltstrom zusammen.



10. Die Messung zeigt uns, dass die Lampen minimal 12 A ziehen. Genau können wir's nicht sagen – denn das Multimeter „geht“ eigentlich nur bis höchstens 10 A ...

etwa $10 \Omega/3 \text{ W}$ abzuschließen. Ob solch ein Widerstand wirklich nötig ist, merkt man früh genug: Liefert das Netzteil nach dem Einschalten (und nach dem Verbinden des Power-Source-On-Anschlusses mit Masse) am 12-V-Ausgang gar keine, eine instabile, eine zu hohe oder zu niedrige Spannung, dann ist ein Widerstand am 3,3- und am 5-V-Ausgang erforderlich.

Halogenlampen können je nach Betriebszustand völlig unterschiedliche Innenwiderstände aufweisen. Nach dem Einschalten ist der Glühdraht zunächst kalt, besitzt einen niedrigen Widerstand und verbraucht im Gegensatz zu anderen Lampentypen ein Vielfaches des Stromes, der im warmen Zustand fließt.

Natürlich müssen auch PC-Netzteile mit hohen Einschaltströmen (zum Beispiel beim Anlaufen der Festplatte) zurecht kommen, doch im Gegensatz zu Halogenlampen sind hohe Einschaltströme bei Computern nur für Sekundenbruchteile erforderlich. Bei einem Satz Halogenlampen kann dieser hohe Strombedarf jedoch durchaus für mehrere Sekunden andauern. Darauf sind Computernetzteile nicht vorbereitet, so dass eine interne Netzteilsicherung den Lichterglanz erst gar nicht entstehen lässt. Ein drittes Hindernis: Computernetzteile überwachen die Verteilung der von ihnen gelieferten Ströme an den einzelnen Ausgängen. Da wir nur den 12-V-Ausgang mit möglicherweise bis zu mehreren hundert Watt belasten, könnte das daraus resultierende Ungleichgewicht eventuell für eine auf etwa 11 V reduzierte Spannung am 12-V-Ausgang sorgen.

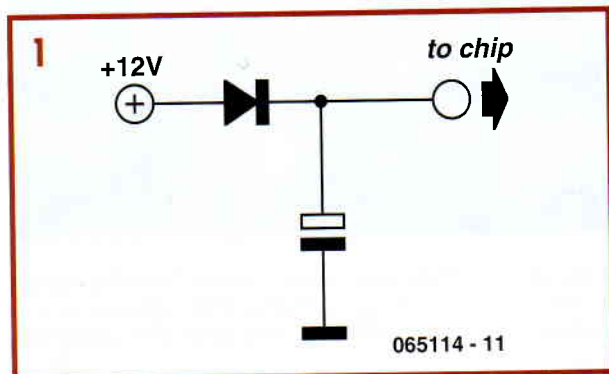


Bild 1. Prinzip der Klemmschaltung.

Da Computer im Gegensatz zu Halogenlampen durch zu geringe Versorgungsspannungen Schaden erleiden können, befinden sich in den meisten PC-Netzteilen zusätzliche Sicherungen gegen Unterspannungen. Sie sorgen für das Abschalten des Netzteils, wenn die Versorgungsspannung unter einen bestimmten Wert sinkt.

... und die Lösungen

Das zuerst geschilderte Problem kann, wie schon erwähnt, ganz leicht mit Lastwiderständen gelöst werden. Doch ohne einen kleinen, „kreativen“ Eingriff in die Netzteilerschaltung zum Umgehen der genannten Sicherungen kommen wir nicht herum, wenn wir ein PC-Netzteil in ein „halogenaugliches“ Netzteil umbauen möchten. Das Innenleben eines ATX-Netzteils macht auf den ersten Blick einen komplizierten Eindruck, doch wenn man sich erst einmal einen Überblick verschafft hat, ist es gar nicht mehr so schwer, sich zurechtzufinden.

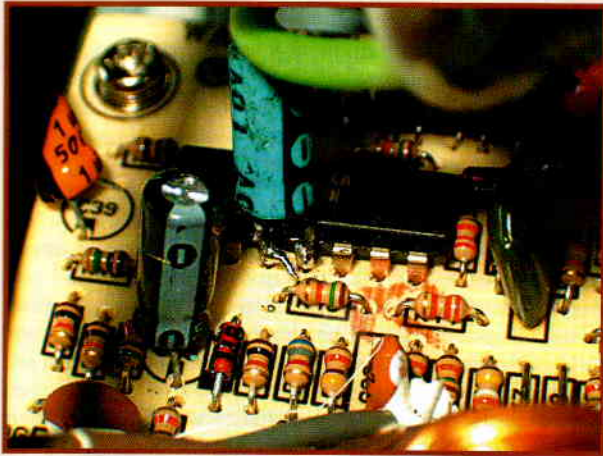
Auf der Platine des Netzteils befinden sich zwei voneinander getrennte „Regionen“, deren Grenzen sich am Fehlen von Leiterbahnen an einer bestimmten Stelle des Boards leicht erkennen lässt.

Die „Hochspannungsabteilung“ ist durch einen Bereich gekennzeichnet, in dem sich eine Sicherung und wahrscheinlich auch bis zu zwei Kondensatoren mit einer Spannungsfestigkeit von 200 V oder mehr befinden. Diesem Bereich sollten Sie möglichst fernbleiben, da auch nach dem Abschalten des Netzteils hier noch für mehrere Minuten eine Spannung vorhanden sein kann, die dem unvorsichtigen Elektroniker beim Berühren zumindest einen heftigen Schreck versetzen könnte.

Der Niederspannungsbereich ist weniger gefährlich – zum Glück ist das auch der Teil, an dem wir uns zu schaffen machen müssen. Er ist zumeist durch zwei ICs gekennzeichnet, von denen das eine oft mit solch interessanten Namen wie „Switched mode Pulse Width Modulation Control Circuit“ versehen ist.

Beim anderen IC handelt es sich normalerweise um eine Reihe von Komparatoren, die dafür sorgen, dass das Netzteil beim Unter- oder Überschreiten kritischer Spannungsschwellen ausgeschaltet wird.

Das beschriebene Unterspannungsproblem ist bei solch einem PC-Netzteil recht einfach zu lösen. Hierzu muss man nur den Operationsverstärker finden, der an einem Eingang über einen Spannungsteiler mit der 12-V-Span-



11. So simpel kann Modding sein: Der LM339 wird mit einem 1- μ F-Elkö'chen zwischen Pin 4 und Betriebsspannung versehen.

nung und an einem zweiten Eingang mit einer Referenzspannung verbunden ist (siehe dazu unseren Kasten). Nun unterbricht man die Verbindung zur Referenzspannung, legt den Eingang an Masse und hat das Problem – mit etwas Glück – gelöst. Hat man aus Versehen die Überspannungsregelung anstatt der Unterspannungsregelung deaktiviert, funktioniert das Netzteil aber leider nicht mehr und der Versuch muss, diesmal mit den richtigen Komponenten, wiederholt werden.

Es gibt auch Netzteile mit nur einem IC, in dem sowohl der PWM-Regler als auch die Ober-/Unterspannungsdetektoren untergebracht sind. Die gebräuchlichste Lösung zur Umgehung dieser Überwachungsschaltungen ist eine Klemmschaltung (siehe **Bild 1**). Der Trick funktioniert nach folgendem Prinzip: Während des Einschaltens des Netzteils wird der Kondensator bis auf einen Wert von fast 12 V geladen. Wenn die 12-V-Versorgungsspannung durch das Aufheizen der Halogenlampen für eine gewisse Zeit absinkt, stellt der Kondensator (10... 100 μ F) die notwendige Spannung zur Verfügung, um ein Abschalten der Sicherung zu verhindern.

Und wenn gar keine Sicherung gegen Unterspannungen zu finden ist? Keine Sorge: Bei älteren Netzteilen kann es schon mal vorkommen, dass aus Kostengründen auf solch eine Sicherung verzichtet wurde.

Für Fortgeschrittene

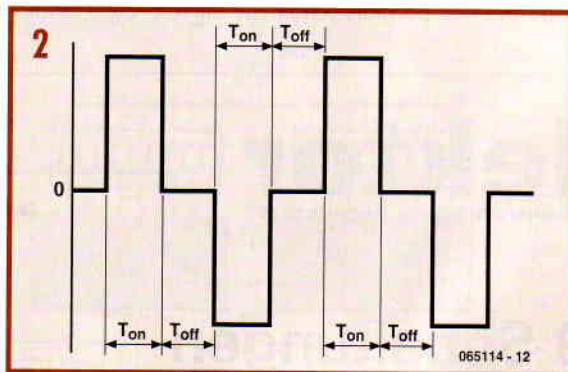
Nach erfolgreicher Stilllegung der Unterspannungssicherung wenden wir uns dem Schutz gegen Überlastung zu, die uns allerdings vor etwas höhere Anforderungen stellt. Aus diesem Grund sollte man zuerst prüfen, ob der folgende Eingriff ins Netzteil wirklich notwendig ist. Mit ein wenig Glück lassen sich auf der Netzteilplatine drei Trafos und vielleicht noch eine Entstörspule finden, die an dieser Stelle jedoch nicht beachtet werden soll. Der größte Trafo leistet die Hauptarbeit, nämlich das Umformen der 230 V in eine niedrigere Spannung. Einer der kleineren Trafos sorgt für die Übertragung des PWM-Signals zur Hochspannungseinheit. Diesen Trafo erkennt man meistens daran, dass sich zwei kleine Transistoren in seiner unmittelbaren Nähe befinden, die über jeweils einen Anschluss mit dem Trafo verbunden sind. Der zweite, kleinere Trafo dient zur Leistungsmessung. Er funktioniert wie folgt: Die Primärspule dieses Trafos befin-

Schaltnetzteile

Ein Computernetzteil ist im Prinzip nichts anderes als ein heute in vielen Geräten verwendetes Schaltnetzteil – auf Grund der zahlreichen Ausgänge und elektronischen Sicherungen ist es nur etwas komplexer aufgebaut.

Schaltnetzteile basieren auf der Tatsache, dass der Wirkungsgrad von Trafos mit zunehmender Frequenz steigt. Aus diesem Grunde wird die Netzspannung, bevor sie überhaupt an einen Trafo gelangt, zuerst gleichgerichtet und geglättet, so dass eine Gleichspannung von etwa 340 V entsteht. Diese Spannung wird mittels mehrerer Leistungstransistoren zu einer Wechselspannung im Kilohertz-Bereich zerhackt. Die Wechselspannung wird als „modified square wave“ bezeichnet. Über einen Trafo wird das Rechtecksignal schließlich auf die verschiedenen, vom PC benötigten Spannungen herunter transformiert, gleichgerichtet und den verschiedenen Baugruppen im PC zugeführt.

Wie erfolgt nun die Spannungsstabilisierung in solch einem Netzteil? Viele Hersteller verwenden dazu einen PWM-Generator (Pulsweitenmodulation). Bekanntlich lässt sich die Energie eines Rechtecksignals durch das Verändern des Puls-Pausen-Verhältnisses vergrößern oder verringern – und damit auch die Spannungen am Ausgang des Netzteils. Das Bild verdeutlicht, dass eine Verlängerung der Zeit T_{on} gegenüber der Zeit T_{off} die effektive Energieübertragung zur Sekundärspule vergrößert. Dadurch erhöhen sich auch die Spannungen an den 12-V- und den 5-V-Ausgängen.



Das IC, in welchem sich der PWM-Generator befindet, beherbergt in den meisten Fällen auch noch einen oder zwei Differenzverstärker. Die Eingangsspannungen an diesen Verstärkern beeinflussen das Puls-Pausen-Verhältnis des Rechtecksignals. Der invertierende Eingang des Verstärkers ist meist über einen Spannungsteiler mit den 5/12/3,3-V-Versorgungsleitungen verbunden. An den nichtinvertierenden Eingang ist eine Referenzspannung angeschlossen.

Sinkt die Spannung an einem der Netzteil-Ausgänge plötzlich, so wird die Spannung am invertierenden Eingang des Differenzverstärkers geringer. Daraufhin ändert der PWM-Generator seine Pulsbreite so lange, bis die Spannung am invertierenden Eingang des Differenzverstärkers (die ein Maß für die Ausgangsspannung ist) wieder den gleichen Wert wie die Spannung am anderen Eingang besitzt.

Dies erklärt auch, warum einige Netzteile in unbelastetem Zustand nicht funktionieren: Der PWM-Generator besitzt meistens Grenzen, innerhalb derer er seine Pulsbreite anpassen kann. Bei unbelastetem Ausgang müsste T_{on} eigentlich den Wert Null annehmen. Dazu ist der PWM-Generator jedoch nicht in der Lage, was dazu führt, dass das Netzteil selbsttätig eine Sicherung zum Ausschalten in Gang setzt.

det sich in Serie mit der Primärspule des Haupttrafos. Wird der Strom durch den Haupttrafo größer, so fließt auch mehr Strom durch den kleinen Trafo und die Spannung an der Sekundärwicklung steigt an. Die zweite Aufgabe dieses Trafos besteht in einer „Bootstrap“-Funktion. Ist das Netzteil nicht eingeschaltet, so erhält der PWM-Chip noch keine Versorgungsspannung. Daher wird auch noch keine Niederspannung erzeugt, ohne die der PWM-Chip jedoch nicht funktioniert. Um dies zu verhindern, wird vom Leistungsmesstrafo eine Spannung abgezweigt. Das Ganze nennt man „Bootstrap“. Das bedeutet, dass der Chip erst mal ein wenig Spannungsvorschuss erhalten muss, damit alle nachfolgenden Vorgänge in Schwung kommen. Zur Messung des Stroms auf der Hochspannungsseite wird die Spannung am Leistungsmesstrafo zunächst gleichgerichtet. Dies geschieht meist dadurch, dass die Enden der beiden äußersten Wicklungsanschlüsse über eine Diode nach Masse geführt werden. Die Spannung an der mittleren Anzapfung wird dann mit einem Kondensator geglättet und über ein Widerstandsnetzwerk an den PWM-Chip oder an einen der Komparatoren geleitet. In diesem Falle genügt das Vergrößern des Glättungskondensators, um die ursprünglich geplante Zeitspanne zu verlängern, die einen höheren Entnahmestrom erlaubt. Um den Schutz gegen Überlastung zu finden, hilft natürlich auch ein Studium des Schaltplans. Falls man den nicht hat, geht es auch anders. Man belastet die Stromversorgung bis zum Anschlag und schaut, welche Eingänge des Komparators schon „gefährlich“ dicht beieinander liegen. Welche Spannung verändert sich dann, wenn die Belastung wegfällt? In unserem Fall (siehe Bildstrecke) muss Pin 4 von LM339 oberhalb 1,1 V bleiben. Sonst schlägt die Stromversorgung Alarm. Leider funktionieren nicht alle Netzteile gleich. Einige Netzteile verwenden den dritten Trafo als Mini-Schaltnetzteil für eine 5-V-Standby-Versorgung. Man erkennt diese Variante an einem Optokoppler am Trafo. In diesem Fall wird der Strom mit einem Extra-Anschluss am Haupttrafo gemessen. Und schließlich gibt es auch Netzteile ohne Überstromsicherung. Wie auch immer: Endlich ist das Netzteil bereit, einen Satz Halogenleuchten zu betreiben. Doch wie viele eigentlich genau? Das hängt natürlich vom Strom ab, den das Netzteil an seinem 12-V-Ausgang maximal liefern kann. Bei einem durchschnittlichen, preiswerten Netzteil sind das bis zu 15 A, was eine Gesamtleistung von knapp 200 W ermöglicht.

(065114)

Über den Autor

Jeroen Domburg studiert Elektrotechnik an der „Saxion Hogeschool“ in Enschede (Niederlande). Als begeisterter Freizeit-Elektroniker beschäftigt er sich unter anderem mit Mikrocontrollern und Computern. In dieser Rubrik stellt er eigene Entwicklungen und Modifikationen zum Nachbau vor.

Anzeige



NEU 309 Schaltungen

309 Schaltungen – das zehnte Buch innerhalb der „Dreihunderter-Reihe“. 309 Schaltungen und neue Konzepte in einem Buch sind ein (fast) unerschöpflicher Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

309 Schaltungen – enthält viele komplette Problemlösungen, zumindest aber die Idee hierzu. Nicht zuletzt sind die 309 Schaltungen der Anstoß zu ganz neuen Überlegungen.

309 Schaltungen – sind eine Zusammenfassung der Beiträge aus den Halbleiterheften 2003 bis 2005. Die Halbleiterhefte sind die jährlichen Doppelausgaben Juli/August der Zeitschrift Elektor.

544 Seiten (kartoniert)
Format 14 x 21 cm
ISBN 3-89576-163-X
€ 32,00 (D)
€ 32,90 (A)
CHF 54.90

309 Schaltungen



**DER ELEKTOR-
KLASSIKER
SCHLECHTHIN**

Jetzt direkt beim Verlag ordern mit der Bestellkarte am Heftende oder:
Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25 • 52072 Aacien
Tel. 02 41/88 909-0 • Fax 02 41/88 909-77
vertrieb@elektor.de • www.elektor.de

Schweiz: Thali AG
Industriestraße 14 • CH-6285 Hitzkirch
Tel. 041/919 66-66 • Fax 041/919 66-77
bestellung@thali.ch
Österreich: Alpha Buchhandel
Wiedner Hauptstraße 144 • A-1050 Wien
Tel. 01/585 77 45 • Fax 01/585 77 45 20
alpha@austrodata.at

Weitere Infos unter
www.elektor.de

Handy-Codeschloss

Von Heikki Kalliola

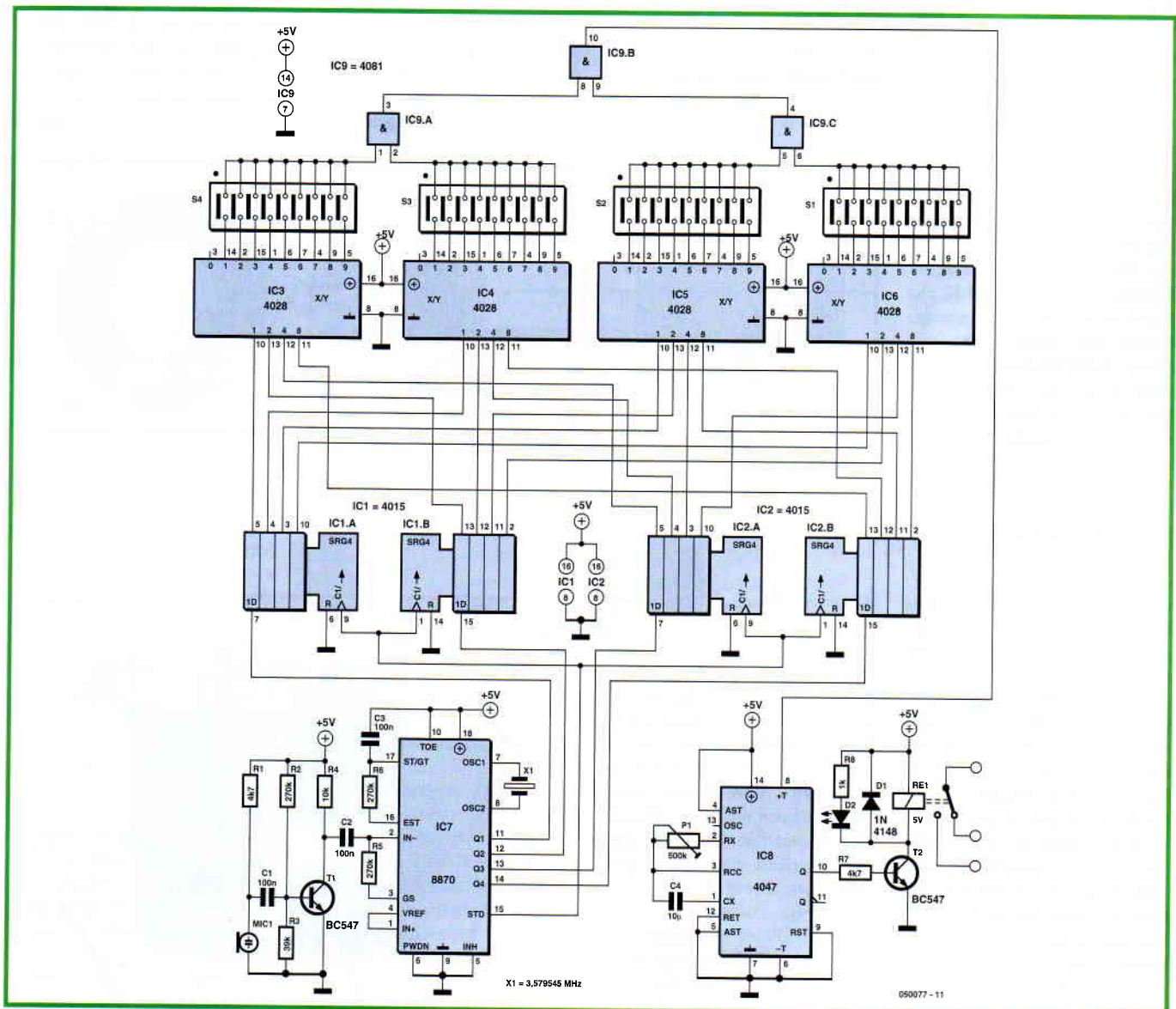
Einfachheit ist bei diesem Codeschloss das hervorstechendste Merkmal, dass es zugleich sicher und komfortabel macht. Es ist durch sein minimalisiertes „User Interface“ praktisch unsichtbar! Die meisten Codeschlösser werden entweder durch eine Magnetstreifen-Karte (die man verlieren kann) oder durch eine vierstellige Zahl aktiviert. Die Zahlencodier-Variante verfügt daher über eine Tastatur. Was eigentlich nicht unbedingt sein muss: Man kann gut auf eine Tastatur verzichten, da jeder moderne Mensch sowieso immer eine Tastatur mit sich herum trägt. Nutzt man das Handy zur Eingabe, so muss das Codeschloss lediglich über ein

kleines Mikrofon als Interface verfügen, das man leicht nahezu unsichtbar installieren kann. Das Schloss lauscht dann auf die vom Handy abgesonderten Wählöne (DTMF) und reagiert auf einen voreingestellten vierstelligen Code. Die Mikrofonkapsel kann leicht hinter einem unauffälligen kleinen Punkt verschwinden, der in Wahrheit ein kleines Loch ist und zusätzlich noch in einem Muster getarnt werden kann. Das Handy kann „offline“ verwendet werden, damit keine Telefonkosten entstehen. Zur Schaltung: Das Elektret-Mikrofon Mic1 ist über den Verstärker T1 mit dem Eingang (Pin 2) eines DTMF-Receiver/Decoders (IC7) verbunden. Vier Ausgänge (die Pins 11...14) liefern den binären Code des Tastendrucks, wenn

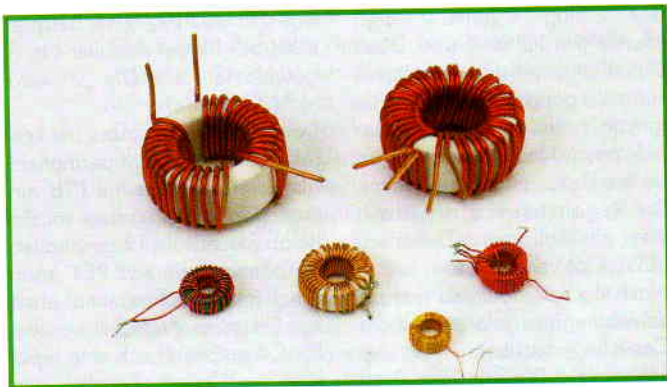
das Flag „valid digit present“ (Pin 15) aktiv wird. Diese Daten sind mit den Eingängen von zwei doppelten Schieberegistern (IC1 und IC2) verbunden. Jede positive Flanke des Flags taktet die Daten eine Stufe weiter. Die Registerausgänge sind mit vier BCD/Dezimal-Dekodern (IC3...IC6) verbunden. Nach vier Tastendrücken sind die Schieberegister geladen und der Code liegt dezimalisiert an vier zehnpoligen Dip-Schaltern. Passt der Code zu den Schalterstellungen, dann liegen an den Eingängen der AND-Gatter IC9.A und IC9.C (damit auch an IC9.B) HIGH-Pegel an: Das Codeschloss ist aktiviert. S1 ist für die erste und entsprechend S4 für die letzte eingegebene Ziffer zustän-

dig. Für „3519“ zum Beispiel muss bei S1 der Schalter Nr. 3 geschlossen sein. Die „0“ wird nicht verwendet. Damit das Codeschloss bei korrekter Eingabe nicht permanent aktiviert bleibt, ist mit IC8 ein monostabiler Multivibrator vor die Relais-Steuerstufe T2 geschaltet. Die Anzugszeit von RE1 kann durch P1 bis auf maximal etwa fünf Sekunden eingestellt werden. Für C4 empfiehlt sich eine bipolare Ausführung. Parallel zum Relais ist noch eine LED mit Vorwiderstand als Indikator geschaltet. Platziert man diese passend beim Mikrofon, dann leuchtet bei richtiger Eingabe das Loch. Die „Reichweite“ des Mikrofons liegt bei ca. 20 cm.

(050077ts)



Wie viel Draht für einen Ringkern?



Zu den „mühsamen“ Bauelementen der Elektronik gehören mit Sicherheit die Ringkerne. Wer schon einmal einen Ringkern bewickelt hat, wird dem zustimmen – insbesondere, wenn mehr als nur einstellige Windungszahlen zu wickeln waren.

Wir geben hier eine Anleitung, die das Problem zwar nicht löst, aber die Arbeit erleichtert. Zuerst werden die tatsächlichen Ringkern-Abmessungen mit einer Schieblehre festgestellt. Das ist schon deswegen notwendig, weil viele Ringkerne von den Angaben in den Datenblättern um zehntel Millimeter abweichen. Die Maße, um die es geht, sind die Höhe H , die Breite B und der Innendurchmesser D (Bild 1). Die Breite B ist folglich gleich der Hälfte von Außendurchmesser minus Innendurchmesser. Eine weitere wichtige Größe ist der Draht-Durchmesser d . Hier muss auch die isolierende Lackschicht

berücksichtigt werden, die den Kupferdraht umgibt. Üblicherweise ist die Lackschicht 0,05 bis 0,1 mm dick. Für jede Windung muss dieser Wert zwei Mal in Ansatz gebracht werden. Wenn die Bezugslinie die Mittellinie ist (Bild 2), dann gilt:

$$H_2 = H + d$$

$$B_2 = B + d$$

Die Drahtlänge einer einzelnen Windung beträgt:

$$2 \times (H_2 + B_2)$$

Fast immer kommt es darauf an, ob die Windungen als einlagige Wicklung gewickelt werden können. Dazu muss die maximale Anzahl der Windungen je Wickelung berechnet werden. Infolge des nicht unendlich kleinen Drahtdurchmessers und der Lackschicht ist der effektive Innendurchmesser kleiner als der am Ringkern gemessene Wert (Bild 3). Die Krümmung hat zur Folge, dass der Verlust größer als ein Drahtdurchmesser ist. Da vor allem dicker Draht niemals vollständig am Kern anliegt, wird vom Innendurchmesser zur Sicherheit zwei Mal der Drahtdurchmesser abgezogen:

$$D_2 = D - 2d$$

Die Anzahl der Windungen ergibt sich aus dem Kreisumfang, berechnet mit dem effektiven Durchmesser, geteilt durch den Drahtdurchmesser:

$$(\pi \times D_2) / d$$

Die Drahtlänge für eine Wickelung ist dann:

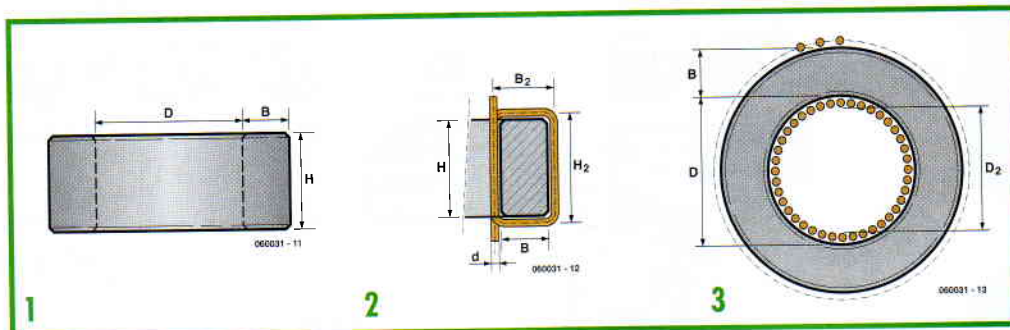
$$(\pi \times D_2) / d \times 2 \times (H_2 + B_2)$$

Abhängig von den Spannungen an den Wicklungsanschlüssen kann der effektive Innendurchmesser wegen des erforderlichen Isolierabstands noch kleiner sein. Wenn der Wickelraum nicht ausreicht, gibt es die Möglichkeiten, entweder einen größeren Ringkern oder einen Draht mit kleinerem Durchmesser zu verwenden. Ein kleinerer Drahtdurchmesser ist bei hohen hindurchfließenden Strömen allerdings keine echte Alternative.

Wenn mehrere Lagen gewickelt werden müssen, kann man in der Berechnung näherungsweise den doppelten Drahtdurchmesser einsetzen.

Noch ein Tipp aus der Praxis: In die Gesamtlänge des Drahtes gehen auch die Längen der Drahtenden ein, die für den Anschluss notwendig sind. Bleiben sie unberücksichtigt, stimmt entweder die Windungszahl nicht oder die Wicklung muss neu gewickelt werden.

(060031.gd)



Selbst gebauter Akku-Halter

Nicht selten kommt es vor, dass ein Akku aus einem Laptop, einem Handy oder einem anderen Gerät mit einem Labor-Netzgerät aufgeladen werden muss. Das kann zum Beispiel notwendig werden, wenn das zugehörige Ladegerät defekt ist oder fehlt. Der Akku eines Handys kann so tief entladen sein, dass der vom Stecker-Netzteil gelieferte Ladestrom nicht ausreicht, um den Akku zu neuem Leben zu erwecken. In solchen Fällen ist Vorsicht oberstes Gebot. Es ist wichtig zu wissen, welche Behandlung der Akku verträgt und was den Akku schädigt. Dieses Thema soll an

dieser Stelle jedoch nicht weiter vertieft werden.

Fast alle Akkus, die in Laptops oder Handys ihren Dienst tun, stellen die Verbindung zum Gerät über Kontaktflächen her. Außerhalb des Geräts ist der Anschluss schwierig. Man könnte zwar Kabel anlöten, falls das Material der Kontaktflächen das Lötens erlaubt, doch meistens ist dies keine gute Lösung.

Im ELEKTOR-Labor wenden wir eine ebenso einfache wie universelle Methode an: Ein Stück Löt-punktraster-Platine, einige Lötstifte



und ein paar Paket-Gummibänder genügen. Zwei Lötstifte werden im Abstand der Akku-Kontaktflächen in die Platine eingesetzt und auf der Kupferseite verlötet. Danach lötet man dort die

Anschlussleitungen an. Der Akku wird so auf die Platine gelegt, dass beide Akku-Kontaktflächen an den Lötstiften anliegen. Für den nötigen Anpressdruck sorgen die Paket-Gummibänder, die um

Akku und Platine herum geschlungen werden. Noch eine wichtige Warnung: Der improvisierte Akku-Halter einschließlich Akku müssen ständig im Auge behalten werden. Kurz-

schlüsse sind unbedingt zu vermeiden. Insbesondere wenn der Akku-Typ nicht bekannt ist, muss man Ladestrom und Ladespannung ständig kontrollieren!

(060032gd)

Alu-Glanz mit Backpulver

Von einem Funkamateurler erhielten wir den für uns überraschenden Tipp, dass sich Oxid und Schmutz von Aluminium-Oberflächen bequem mit Hilfe von Backpulver entfernen lassen. Zum Beispiel erhalten die Platten alter, luftisolierter Drehkondensatoren neuen Glanz, wenn man sie mit einer aus Backpulver und Wasser bestehenden Lösung behandelt.



Eine kurze Recherche bei Google mit den Suchwörtern „baking powder aluminum cleaning“ ergab, dass Backpulver in der Welt der alternativen Reinigungsmittel offensichtlich eine wichtige Rolle spielt. Eine Lösung aus vier Kaffeelöffeln Backpulver auf 1 l

Wasser soll sich zum Beispiel als Universal-Allesreiniger eignen. Außerdem fanden wir bei Google zahlreiche Rezepte für spe-

zielle Reinigungsmittel, bei denen Backpulver zu den Zutaten gehört. Mit diesen Spezialreinigern lässt sich den Beschrei-

bungen nach fast Alles und Jedes aufpolieren.

Wir hatten zwar keinen alten Drehkondensator zur Hand, um den Tipp auszuprobieren, doch unsere Versuche an einem Teekessel aus Aluminium bestätigten, dass eine Backpulver-Lösung tatsächlich ein erstaunlich wirksames Reinigungsmittel ist.

(060033gd)

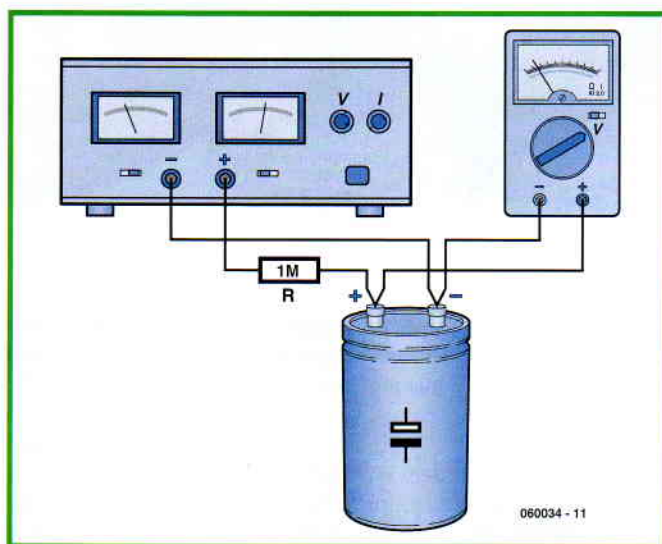
Weblinks:

- www.frugalfun.com/bakingsoda.html
- www.frugalfun.com/cleanders.html
- <http://parents.berkeley.edu/advice/household/jewelry.html>
- <http://ezinearticles.com/?Baking-Soda-for-Cleaning&id=10168>

Alte Elkos neu formieren

Elkos verändern ihre Eigenschaften, wenn sie über Jahre hinweg unbenutzt auf Lager liegen oder wenn sie in Oldtimer-Geräten eingebaut sind, die hauptsächlich dekorativen Zwecken dienen. Diese Elkos haben oft so gelitten, dass sie den normalen Anforderungen nicht mehr ohne weiteres standhalten.

Die positive Elektrode von fabrikanneuen Elkos ist mit einer sehr dünnen Oxid-Schicht überzogen, die als Dielektrikum zwischen den Elektroden dient. Die Oxid-Schicht wird im normalen Betrieb (wenn am Elko regelmäßig Spannung anliegt) durch den Leckstrom aufrechterhalten. Wenn ein Elko über lange Zeit hinweg „unbeschäftigt“ bleibt, wird die Oxid-Schicht allmählich abgebaut, so dass der Elko mehr oder weniger kurz geschlossen ist. Legt man an den Elko in diesem Zustand die volle Nennspannung, steigt der Strom sehr stark an. Die innere Elko-Temperatur kann so hohe Werte erreichen, dass das Dielektrikum verdampft. Im Extremfall kann der Elko explodieren.



Elkos mit niedrigerer Kapazität und Spannungen lohnen die Mühe des Wiederauffrischens nicht. Diese Elkos sind so preiswert, dass es sinnvoller ist, sie durch neue Exemplare zu ersetzen. Ein Sonderfall wäre zum Beispiel ein historischer Empfänger, der möglichst originalgetreu erhalten oder restauriert werden

soll. Axiale Elkos werden zunehmend seltener, aus neuer Fertigung werden sie kaum noch angeboten. Größere Elkos, zum Beispiel für den Einsatz in Hochvolt-Netzteilen, sind nach wie vor relativ teuer, so dass sich hier Rettungsversuche lohnen können. Dies ist übrigens die Gruppe der Elkos, die schon für manchen „Knallef-

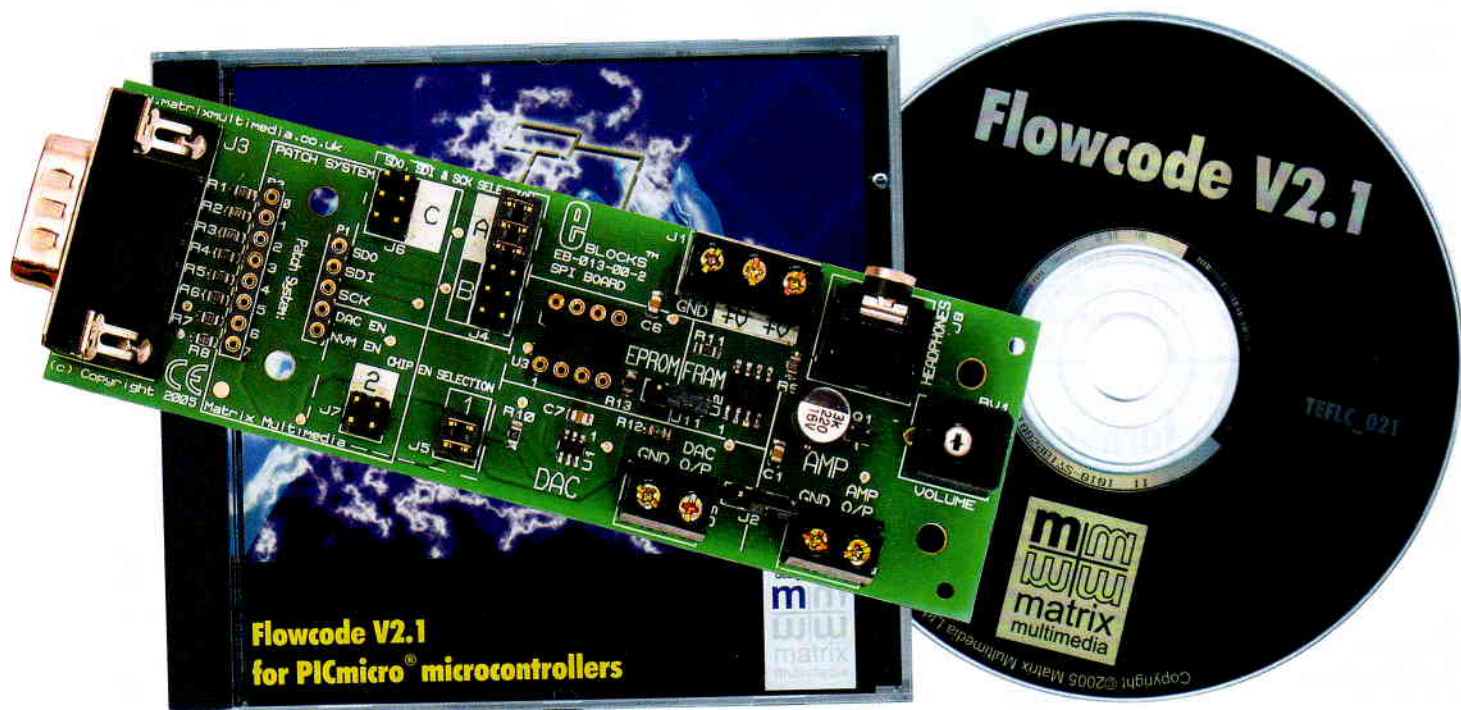
fekt“ gesorgt hat ... Derartige Effekte lassen sich vermeiden, wenn man bei der Wiederbelebung von Elkos behutsam vorgeht. Wichtig ist hier, dass die Oxid-Schicht sehr langsam neu aufgebaut wird. Der Elko wird über einen hohen Widerstand (zum Beispiel 1 MΩ) mit einem Labor-Netzteil verbunden. Die Spannung wird zuerst auf ein Viertel der nominalen Elko-Spannung eingestellt; gleichzeitig wird die Spannung am Elko gemessen. Möglicherweise dauert es Stunden, bis der Elko aufgeladen ist und die Elko-Spannung den Wert der Ladespannung erreicht. Danach kann die Ladespannung schrittweise erhöht werden, wobei stets gewartet werden muss, bis sich die beiden Spannungen wieder angeglichen haben. Die Prozedur wird so lange fortgesetzt, bis die nominale Elko-Spannung erreicht ist. Die Chance, dass am Ende der Bemühungen der Erfolg steht, ist relativ groß. Geduld und Umsicht führen auch hier zum Ziel!

(060034gd)

E-blocks: Wellen

Von John Dobson

Im letzten Beitrag haben wir mit einem Flowcode-Programm sinusförmige Signale erzeugt. Bekanntlich wird das erstellte Flussdiagramm zunächst in C und dann in Assembler gewandelt. Für zeitkritische Anwendungen ist es aber auch möglich, C-Code direkt in Flowcode zu integrieren. Dabei kann man sogar noch etwas C lernen!



Um ausführbaren Mikrocontroller-Code zu generieren, werden die Flussdiagramme von Flowcode in einer bestimmten Art und Weise vorverarbeitet.

Schritt 1

Als erstes wird ein Flussdiagramm in originären, zeilenorientierten C-Code umgesetzt. Das Zähler-Programm „COUNTER1.FCF“ eignet sich gut zum Vergleich von Flussdiagramm und resultierendem C-Code. **Bild 1** zeigt die Variable „COUNT“, deren Wert auf „0“ gesetzt wird. Dann gibt es noch das Schleifen-Icon „WHILE 1“ – eine Endlosschleife, da das Argument 1 immer wahr ist. Innerhalb der Schleife befinden sich weitere Icons. „COUNT“

wird hier inkrementiert. Nach einer Wartezeit von einer Sekunde wird der Wert an Port C ausgegeben.

Schritt 2

Wenn man mit dem Windows Explorer das Verzeichnis öffnet, in dem die Flowcode-Datei „COUNTER1.FCF“ gesichert wurde, kann man eine ganze Reihe weiterer Dateien sehen. Eine davon ist „COUNTER1.C“, das Äquivalent des Flussdiagramms in C. Öffnet man diese Datei mit einem Editor, kann man den resultierenden C-Code (**Bild 2**) inspizieren.

Zunächst sieht man, dass Flowcode zu Beginn einige für den C-Compiler notwendigen Konstanten definiert. Die Deklaration „char PORTC@0x07;“ ist

so ein Beispiel. Der C-Variablen „PORTC“ wird hexadezimal („0x“) die Adresse („@“) „07“ zugewiesen. Auf die gleiche Weise wird die Variable „TRISC“ (das „data direction register“ eines PIC) deklariert. Die Software soll für einen Mikrocontroller vom Typ 16F877 passen, weshalb die hexadezimale Adresse „87“ gewählt wurde. Viele andere spezifische Funktionen (wie zum Beispiel die Taktrate und die Pins des internen USART) werden ganz ähnlich deklariert. Nicht benutzte Deklarationen werden einfach „auskommentiert“: Laut C-Konvention wird jede Zeile, die mit „//“ beginnt, vom Compiler als Kommentar gesehen und somit ignoriert.

Da das Programm keine Makros oder

mit C „Echtes“ C im Flowcode

Subroutinen enthält, bleiben die entsprechenden Bereiche im C-Code leer. Es existiert aber noch eine Variable „FCV_COUNT“ vom Typ „char“ (ASCII-Zeichen). Diese Variable entspricht der „COUNT“-Variable im Flussdiagramm. Ein erster Hinweis darauf, wie man C-Code in Flussdiagramme einbettet. Alle Flowcode-Variablen erscheinen nach der Umsetzung in C mit dem Präfix „FCV_“, dem Akronym für „Flowcode Variable“. Wenn eingebetteter C-Code demnach Zugriff auf eine Flowcode-Variable benötigt, muss einfach „FCV_“ vorangestellt sein. Nach dem Abschnitt mit den Variablendeklarationen kommt die erste Zeile „richtiges“ C:

```
Void main()
{
```

Dabei handelt es sich um die übliche Deklaration der Funktion „main“ – dem eigentlichen Hauptprogramm. Sie entspricht funktional dem „START“-Icon in Flowcode. Die leeren Klammern zeigen, dass nichts an diese Funktion übergeben wird. Der auszuführende Code wird durch ein Paar geschweifte Klammern „{ ...Code... }“ eingeschlossen.

Nun folgen weitere Deklarationen. Zum Beispiel muss man beim ADC die entsprechenden Pins als analoge Eingänge festlegen und Timer sowie Interrupts aktivieren. Diese Deklarationen erfolgen innerhalb der Funktion „main“, damit sich die Werte während des Programmlaufs von Flowcode durch den Benutzer verändern lassen. Im Hauptprogramm wird zunächst „FCV_COUNT“ der Wert „0“ zugewiesen – ganz analog dem Flussdiagramm. Als nächster Befehl folgt der Schleifenaufruf „WHILE (1)“. Das weitere Programm findet sich innerhalb der zur Schleife gehörenden geschweiften Klammern – es wird also ewig wiederholt. Innerhalb der Klammern geht es weiter mit der Inkrementierung von „FCV_COUNT“ und der einsekündigen Verzögerung. Jede Zeile C-Code muss mit einem Semiko-

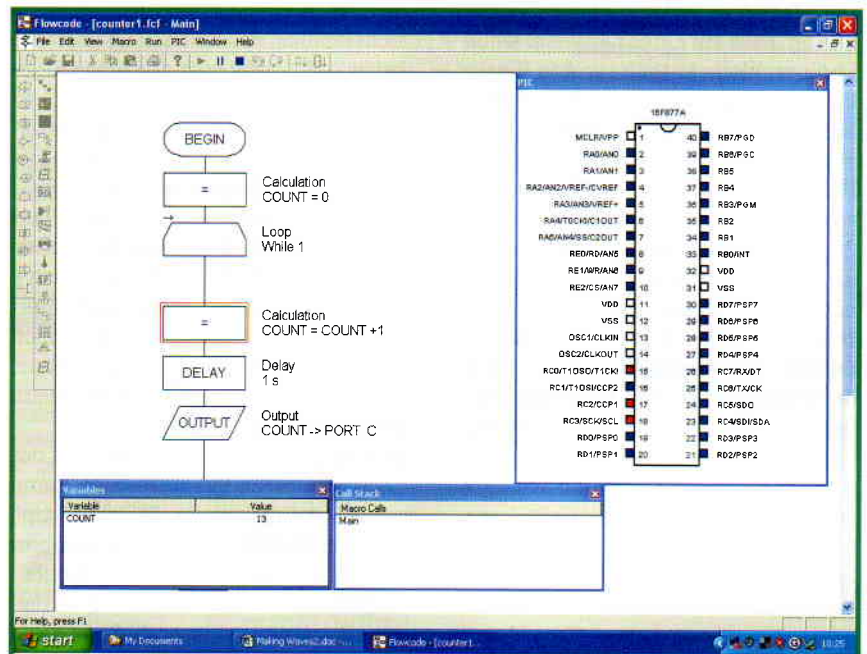


Bild 1. Ein einfacher Zähler in Flowcode.

```

counter1.c - Notepad
//Defines for microcontroller
char PORTC@0x07;
char TRISC@0x87;
char PORTD@0x08;
char TRISD@0x88;
char PORTE@0x09;
char TRISE@0x89;

//PIC Functions
#pragma CLOCK_FREQ 19660800
#define P16F877A
#include <system.h>
#define MX_EE
#define MX_EE_TYPE2
const char MX_EE_SIZE = 256;
#define MX_SPI
#define MX_SPI_C
#define MX_SPI_SDI 4
#define MX_SPI_SDO 5
#define MX_SPI_SCK 3
#define MX_UART
#define MX_UART_C
#define MX_UART_TX 6
#define MX_UART_RX 7
#define MX_I2C
#define MX_MI2C
#define MX_I2C_C
#define MX_I2C_SDA 4
#define MX_I2C_SCL 3
#define MX_PWM
#define MX_PWM_PORT portc
#define MX_PWM_TRIS trisc
#define MX_PWM_CNT 2
#define MX_PWM_0 2
#define MX_PWM_1 1
//Macro function declarations

counter1.c - Notepad
#define MX_PWM
#define MX_PWM_PORT portc
#define MX_PWM_TRIS trisc
#define MX_PWM_CNT 2
#define MX_PWM_0 2
#define MX_PWM_1 1
//Macro function declarations

//variable declarations
char FCV_COUNT;

//Macro implementations

void main()
{
//PIC initialisation
adcon1 = 0x07;

//Interrupt initialisation code
option_reg = 0xC0;

FCV_COUNT = 0;
while( 1 )
{
FCV_COUNT = FCV_COUNT + 1;
delay_s(1);

TRISC = 0x00;
PORTC = FCV_COUNT;
}
mainendloop: goto mainendloop;
}
    
```

Bild 2. Das Äquivalent von COUNTER1.FCF in C.

lon abgeschlossen sein. Nun folgt die Zeile „TRISC=0x00“. Jetzt wird „TRISC“ (dem für die Richtung der I/O-Pins zuständigen Register) der Wert „00“ (hex) zugewiesen. Dies befiehlt dem Mikrocontroller, alle Pins von Port C als Ausgänge zu betrachten („FF“ würde alle Pins als Eingänge definieren). Die letzte Zeile der Schleife schreibt den Wert von „COUNT“ nach Port C.

Die allerletzte Zeile ist erklärungsbedürftig: Falls ein Flussdiagramm keine Endlosschleife enthält, würde dieser letzte Befehl sicherheitshalber endlos wiederholt. Die Zeile entspricht dem „ENDE“-Icon des Flussdiagramms. Falls ein C-Programm nicht über eine solche Sicherheitsschleife verfügt, würde das Programm nach Abarbeitung aller Befehle schlicht weiter seinen Befehlszähler erhöhen und versuchen, die dort nicht vorhandenen Befehle auszuführen. Irgendwann läuft der Befehlszähler über und landet bei der Adresse „0000“. Dann beginnt das Programm von vorne – ohne Auftrag. C ist ja als schwer les- und wartbar verschrien. Aber wie man sieht, kann ein Programm mit etwas Sorgfalt auch leserlich gestaltet werden.

Geschwindigkeit

Der Zweck von eingebettetem C-Code ist es, die Geschwindigkeit des erzeugten Programms an zeitkritischen Stellen zu erhöhen. Das funktioniert deshalb, weil der zu einem Icon gehörende C-Code für alle möglichen Anwendungsfälle konzipiert wurde. Somit enthält er meist auch Teile, die innerhalb des bestimmten Programms überflüssig sind. Zur Demonstration schauen wir uns die Datei „SINE WAVE GEN.FCF“ vom letzten Beitrag an und untersuchen, wo Optimierungen vorgenommen werden könnten. Das Flowcode-Icon „DAC_SEND_CHAR“ produziert beispielsweise eine Menge C-Zeilen, worin vielfältige Variablen deklariert und Adressen referenziert werden. Da Flowcode ja nicht wissen kann, was der Programmierer als Nächstes vorhat, werden bei jeder Benutzung von Hardware alle nötigen Register und Schnittstellen neu initialisiert. Für die konkrete Anwendung ist dies aber nicht komplett notwendig. Hier könnte man also Code einsparen. Der erste Schritt zu einem schnelleren Programm kann also sein, den C-Code des Icons „DAC_SEND_CHAR“ abzuspecken. Der Weg ist folgender: Im

Flussdiagramm wird dieses Icon durch ein C-Icon ersetzt. In dieses C-Icon wird jetzt genau der C-Code kopiert, der dem Icon „DAC_SEND_CHAR“ entspricht. Diesen Code-Schnipsel „klaut“ man sich einfach aus einem vorhergehenden Compilerlauf (mit dem alten Icon im Flussdiagramm). Als nächstes erzeugt man den für den Mikrocontroller lauffähigen Code, flasht diesen und überprüft, ob alles noch so läuft wie es soll. So kann man sicherstellen, dass man beim Kopieren keine Zeile zuviel oder zuwenig mitgenommen hat.

Jetzt kann man an den Variablendeklarationen drehen. Für Optimierungen muss man nicht zwingend jede Zeile C vollkommen verstehen. In einem Test wurde von den 34 Zeilen des Codes von „DAC_SEND_CHAR“ sukzessive eine Zeile auskommentiert und überprüft, ob das Programm immer noch funktioniert. Es stellte sich heraus, dass das Programm mit nur noch neun Zeilen voll funktionsfähig war!

Das so gesäuberte Programm mit der neuen Bezeichnung „SINC3.fcf“ kann unter dem Dateinamen „065032-11.zip“ von der ELEKTOR-Webseite heruntergeladen werden (siehe rechts). Unglücklicherweise wurde der mit diesem Programm erzeugte C-Code zwar kürzer – die Datenausgabe via DAC aber nicht schneller. Der Grund hierfür liegt in der Kommunikation via SPI. Der Flowcode-Befehl „DAC_SEND_CHAR“ benötigt leider zwei Byte, um ein 8-bit-Datenwort zu übertragen. Die niederwertigsten vier Bits des ersten Bytes übertragen das höherwertige Nibble der Daten und das restliche Nibble geht mit dem zweiten Byte auf Reisen. Die übrigen Bits beinhalten Steuerinformationen. Das Icon „DAC_SEND_CHAR“ verwendet die Variable „OUTVAL“ auf folgende Weise:

```
dac_val = (FCV_OUTVAL & 0xF0) > 4;
sspbuf = dac_val;
delay_us(3);

dac_val = (FCV_OUTVAL & 0x0F)
<< 4;
sspbuf = dac_val;
delay_us(3);
```

Die erste Zeile löscht die vier niederwertigen Bits von „OUTVAL“ via AND-Operation mit dem Wert „F0“ (= binär 11110000) und verschiebt das Ergebnis um vier binäre Stellen nach rechts („> 4“). In der nächsten Zeile wird das Register „SSPBUF“ mit dem

Resultat geladen. Eine weitere Zeile lässt das Programm für 3 µs pausieren. Der Inhalt des Registers wird automatisch via SPI gesendet. Analog dazu funktioniert der zweite Teil mit dem übrigen Nibble von „OUTVAL“. „SSPBUF“ ist der serielle Buffer des Mikrocontrollers. Es braucht 3 µs, um dessen Inhalt auszulesen, da der Inhalt Bit für Bit über den SPI-Bus geschoben wird. Die Pause von 3 µs verhindert, dass während des Auslesevorgangs Daten überschrieben werden können und Chaos über den SPI-Bus kommt. Daher bleibt es bei 6 µs pro übergebenem Byte. Die Maximalfrequenz wird also vom SPI-Bus begrenzt! Und mit 6 µs und 256 Samples pro Welle kommt man nach wie vor auf eine Maximalfrequenz von 650 Hz. Immerhin wird jetzt weniger Speicherplatz belegt, was für Erweiterungen ganz nützlich sein kann.

(065032)

Verfügbare Programme:

COUNTER1.fcf
SINC3.fcf

Die Programme sind in der Datei 065032-11.zip enthalten, die unter www.elektor.de kostenlos downloadbar ist (im Menü auf „Zeitschrift“, danach auf „2006“ und „E-blocks: Wellen in C“ klicken).

Beiträge dieser Reihe:

- „E-blocks - Elektronik ‚en bloc‘“, ELEKTOR 11/2005.
- „E-blocks und Flowcode“, ELEKTOR 12/2005.
- „E-blocks im Cyberspace“, ELEKTOR 1/2006.
- „E-blocks mit CAN“, ELEKTOR 2/2006.
- „E-blocks schlagen Wellen“, ELEKTOR 3/2006.

Alle erhältlichen E-blocks-Module und nützliche Informationen finden Sie auf unserer E-blocks-Seite unter www.elektor.de (erreichbar über das Menü rechts).

Die Vorschriften

Alle elektrischen Geräte müssen so konstruiert sein, dass sie die Bedingungen der DIN VDE 0100 ff erfüllen. Die Vorschriften sollen der Gefahr eines elektrischen Schlags bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und im Fehlerfall vorbeugen. Dazu muss die Berührung von Teilen, die spannungsführend sind oder bei einem Fehler spannungsführend werden können, durch den Einsatz von Kapselung oder Abdeckungen oder durch das Anbringen dieser Teile an unzugänglichen Stellen ausgeschlossen werden. Eine Alternative stellt die Beschränkung von Spannungen und Strömen an absichtlich oder zufällig berührbaren Teilen durch eine Spannungs- und/oder Strombegrenzung oder Erdung dar.

Die Höhe des Stroms, der für den menschlichen Körper gefährlich werden kann, schwankt individuell je nach Art des Anschlusses an den Körper, der Frequenz und der Zeitspanne des Stromflusses. Ein Körperstrom größer als 30 mA sollte in jedem Fall durch geeignete Schutzmaßnahmen vermieden werden.

Geräte mit Netzspannungsanschluss werden in drei Schutzklassen (EN 60335-1, VDE 0700-1) eingeteilt, wobei die entsprechenden Netzteile zusätzlich zur Basisisolierung mit einer weiteren an die jeweilige Schutzklasse angepassten Schutzmaßnahme versehen sein müssen.

• Klasse I

Geräte der Schutzklasse I sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre berührbaren leitfähigen Teile, die im Falle des Versagens der Basisisolierung berührgefährlich werden können, mit dem Schutzleiter des Netzes (unter Umständen über ein flexibles Kabel) verbunden sind. So kann kein Teil beim Ausfall der Basisisolierung spannungsführend werden.

Hat das Gerät eine abnehmbare Anschlussleitung, dann muss der Gerätestecker einen voreilenden Schutzkontakt haben.

Der grün/gelbe Schutzleiter darf niemals für eine

andere Aufgabe als für die des Schutzleiters eingesetzt werden und keinen kleineren Querschnitt als die Versorgungsleiter haben. Zusätzlich zu dieser Maßnahme können Geräte der Schutzklasse I Teile mit doppelter oder verstärkter Isolierung enthalten. Auch Teile, die mit Schutzkleinspannung oder durch Schutzimpedanz geschützt sind (wenn leitfähige Teile berührt werden müssen), sind möglich.

• Klasse II

Geräte der Schutzklasse II haben keinen Schutzleiteranschluss. Der Schutz hängt nicht nur von der Basisisolierung, sondern auch von zusätzlichen Maßnahmen ab. Diese sind:

Isolierstoffumhüllung: Alle leitfähigen, berührungsfähigen Teile sind vom dauerhaften Isolierstoffgehäuse umschlossen. Es müssen alle leitfähigen und nicht leitfähigen Teile (Schrauben, Nieten, etc.), die die Isolierstoffhülle durchstoßen, innen mit doppelter oder verstärkter Isolierung abgedeckt sein. So ginge die Schutzisolierung verloren, falls z.B. eine Kunststoffschraube durch eine metallische ersetzt würde.

Metallumhüllung: Hier besteht das dauerhafte Gehäuse aus Metall, den zusätzlichen Schutz erhält man durch eine innere und durchgängige, doppelte oder verstärkte Isolierung.

Dritte Möglichkeit: Das Gerät enthält eine Kombination aus diesen beiden Varianten.

• Klasse III

Geräte der Schutzklasse III werden ausschließlich aus besonders zuverlässigen Stromquellen mit Schutzkleinspannung gespeist. Ortsveränderliche Transformatoren zur Speisung solcher Geräte müssen mit sicherer Trennung gemäß EN 60742 (EN 61558, VDE 0570, VDE 0551) ausgeführt sein. Betriebsmäßig Spannung führende Teile dürfen nicht mit dem Schutzleiter oder mit aktiven Leitern anderer Stromkreise verbunden sein. Stecker an Geräten der Schutzklasse III dürfen keinen Schutzleiteranschluss haben und auch nicht in Steckdosen für höhere Spannung passen. Wenn die Versorgungsspannung unter 25 V Wechselspannung oder unter 60 V Gleichspannung liegt, kann auf jeglichen Berührungsschutz verzichtet werden. Geräte der Schutzklasse III, bei denen größere Spannungen auftreten (bis maximal 50 VAC oder 120 VDC, den Maximalwerten der Schutzklasse III), müssen mit einem Schutz gegen direktes Berühren versehen sein.



Praktische Hinweise

• Netzeinführung

In der Praxis betreffen diese Sicherheitsregeln vor allem den Umgang mit der 230-V-Netzspannung. Oberstes Gebot sollte es sein, die netzspannungsführenden Teile so kompakt und stabil wie möglich zu halten. Dies kann durch komplette Netzspannungsgerätestecker (siehe Bild 3) erreicht werden. Diese Stecker sind mit

führung an die PE-Klemme angeschlossen, diese hat eine leitende Verbindung zum Gehäuse und - wenn möglich - auch zum Transformatorkern.

• Schalter

Der Netzschalter muss eine Spannungsfestigkeit von 250 VAC haben. Dieser Wert ist üblicherweise auf der Rückseite des Schalters neben dem Bemessungsstrom aufgedruckt. Weiterhin gibt der eingeklammerte Wert den Bemessungsstrom bei induktiver oder kapazitiver Last an. Beim Anschluss eines Motors muss also der eingeklammerte Wert beachtet werden. Die auf den Schaltern angegebene Spannung ist die Schaltspannung und betrifft nicht den Berührungsschutz. Im Bereich des Netzteils sollten nur Bauteile (Netzschalter, Sicherungsschalter etc.) mit VDE-Zeichen verwendet werden, da nur dieses Zeichen die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken nach außen garantiert. Alle Netzschalter sollten zweipolig sein. Es gibt zwar Ausnahmen für diese Regel (Stecker-Netzteile, etc.), die aber beim Geräteselbstbau eigentlich kaum Einsparmöglichkeiten bieten. Schmelzsicherungen und Bauteile von Netztafeln müssen nicht, können und sollten aber möglichst mit ausgeschaltet werden.

• Verdrachtung

Die interne Verdrachtung der netzspannungsführenden Teile erfordert erhöhte Aufmerksamkeit. Die aktiven Leiter müssen einen Querschnitt von mindestens 0,75 mm² haben und entsprechend mehr je nach Gerätebemessungsstrom (Nennstrom). Der Schutzleiter hat den gleichen Querschnitt. Aus Sicherheitsgründen sind hier doppelt isolierte Netzkabel (H05VV-F) einfach isolierten (H05V-F, VDE 0292, HD 21/22) vorzuziehen. Die Adern sollten an der Kabeleinführung auf entsprechende Netzanschlussklemmen gelegt oder mit Flachsteckern am Gerätestecker angebracht bzw. an Platinenklemmen festgeschraubt werden. Keinesfalls sollte man das Netzkabel direkt an eine Platine löten oder einer mechanischen Spannung aussetzen. Litzenenden, die in einer Klemme verschraubt werden, müssen einen Spleißschutz (Aderendhülsen) haben. Verzinnen und Verdrehen ist als Spleißschutz ungeeignet und unzulässig, weil das Lot kalt fließen kann.

Bei Klasse-I-Geräten ist darauf zu achten, dass der Schutzleiter mit allen berührbaren leitfähigen Teilen, also auch Potentiometerachsen und Kühlkörpern verbunden ist.

Weiterhin ist für eine ausreichende Entlüftung elektronischer Baugruppen zu sorgen. Lassen Sie niemals eine Schmelzsicherung weg, die im Schaltplan vorgegeben ist. Bei Eigenkonstruktionen sollte der Maximalstrom der trägen Primärsicherung etwa 25 % über dem Bemessungsstrom liegen. Muss sekundär abgesichert werden, ist der Maximalstrom der schnellen (bei induktiver oder kapazitiver Belastung auch mittelträgen oder trägen) Sicherung gleich dem Bemessungsstrom des Gerätes zu wählen.

• **Transformatoren**
Aus Sicherheitsgründen sollte man beim Selbstbau eines Gerätes nur Sicherheitstransformatoren bzw. Trenntransformatoren nach VDE 0570 (EN 61558) oder Netzteile nach EN 60950 einsetzen. Diese Transformatoren tragen folgende Symbole:

• Transformatoren

Aus Sicherheitsgründen sollte man beim Selbstbau eines Gerätes nur Sicherheitstransformatoren bzw. Trenntransformatoren nach VDE 0570 (EN 61558) oder Netzteile nach EN 60950 einsetzen. Diese Transformatoren tragen folgende Symbole:



Sicherheitstransformator, kurzschlussfest



Trenntransformator, nicht kurzschlussfest

Bedingt kurzschlussfeste Transformatoren haben eine eingebaute Temperatursicherung (Temperaturbegrenzer) oder sie müssen mit einer definierten Sicherung beschaltet (geschützt) werden.

Nicht kurzschlussfeste Transformatoren müssen nach Herstellerangaben eingangs- und ausgangsseitig abgesichert werden.

Bei der Verdrachtung der Eingangsseite (Netzseite) eines Transformators muss man die aktiven Leiter zusätzlich so befestigen, dass sie unter keinen Umständen die Sekundärseite berühren können (Sicherheitsabstände großzügig dimensionieren, > 1 cm).

Spartransformatoren sollten nicht für die Versorgung von Geräten verwendet werden, weil bei ihnen die galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgangsseite fehlt.

Je nach Bauart können Transformatoren auch schon in die Schutzklassen I bis III eingeteilt werden, was den Gerätebau zusätzlich erleichtert.

Prüfen, Messen und Testen

Elektrische Geräte müssen in regelmäßigen Zeitabständen, die sich nach der Gebrauchshäufigkeit richten, sicherheitstechnisch überprüft werden. Darunter fällt die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems (Prüfstrom 25 A, Schleifenwiderstand < 0,1 Ω alternativ nach VDE 0701), aber auch der Zustand und feste Sitz der internen Verdrachtung.

Bei Eingriffen in das Gerät zu Mess-, Test- oder Reparaturzwecken müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Das Gerät versorgt man dann möglichst über einen Trenntransformator gemäß EN 61558. An einen Trenntransformator darf nur ein Verbraucher (max. 16 A) angeschlossen werden. Außerdem sollte jeder Arbeitsplatz mit einem Personenschutzschalter ausgestattet sein. Ein Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von 30 mA verspricht ebenfalls ausreichende Sicherheit.

(060037-1e)

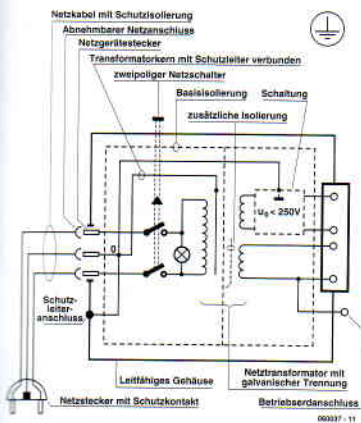


Bild 1. Gerät der Schutzklasse I.

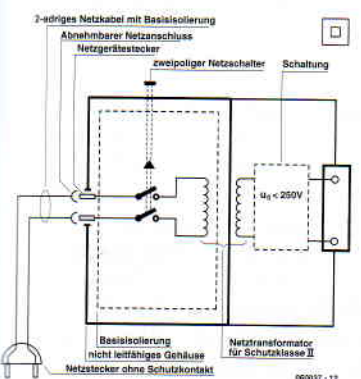


Bild 2. Gerät der Schutzklasse II.



Bild 3. Gerätestecker und -kupplungen nach EN 60320 (VDE 0625).

bzw. ohne Schutzleiteranschluss und teilweise mit integrierter Primärsicherung und Netzschalter oder -filter im Handel erhältlich. Verzichtet man auf diese Gerätestecker, dann muss das Netzkabel mit einer wirksamen Zugentlastung ausgestattet sein. Bei Klasse-I-Geräten wird der gelb/grüne Schutzleiter direkt neben der Ein-

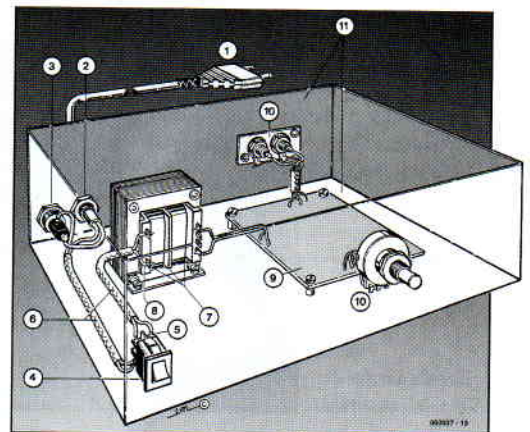


Bild 4. Beispiel für ein Klasse-II-Gerät.

- 1 Netzkabel mit angemessenem 2-poligen Eurostecker
- 2 Zugentlastung
- 3 Sicherungshalter
- 4 zweipoliger Netzschalter (für Klasse II geeignet)
- 5 Anschluss am Netzschalter durch Flachstecker und Zugentlastung
- 6 Netzkabel mit doppelter Isolierung
- 7 Abstand zwischen Primäranschlüssen zum Transformatorkern oder anderen Bauteilen mindestens 6 mm (bei Sekundärspannungen < 250 V)
- 8 Kabel mit mindestens 0,75 mm² Kupferquerschnitt bei Stromaufnahme < 6 A.
- 9 Platine wird sicher am und in ausreichendem Abstand (> 6 mm, Lötpickel, Durchbiegung berücksichtigen) vom Gehäuseboden befestigt.
- 10 Berührbare Teile (Potentiometerachsen, Buchsen) dürfen leitend mit dem Gehäuse verbunden werden.
- 11 Kunststoffgehäuse.
Bei Metallgehäusen ist eine doppelte Isolation des Primär- vom Sekundärkreis notwendig.

Radio hören mit Ma

Von Wolfgang Hartmann und Burkhard Kainka

DRM steht für Kurz-, Mittel- und Langwellen-Programme in nie da gewesener Qualität. Mit dem „Open-Source“-Empfänger Diorama der TU Kaiserslautern lassen sich DRM-Sendungen am PC entschlüsseln und sogar aufnehmen. Interessant ist die Implementierung in MATLAB – so bekommt man einen Einblick, wie die Signalverarbeitung funktioniert.

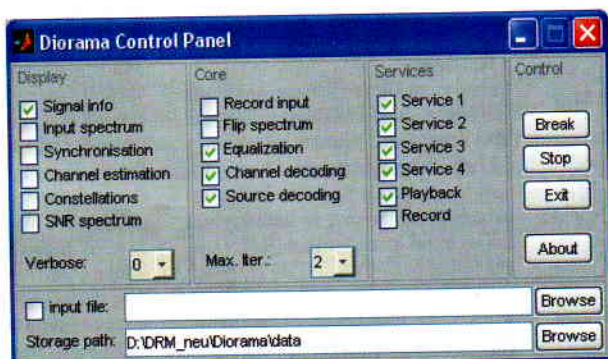


Bild 1.
Über das Control-Panel kann man sich zusätzliche Informationen anzeigen lassen.



Bild 2.
Hier die Anzeige der Signal-Informationen.

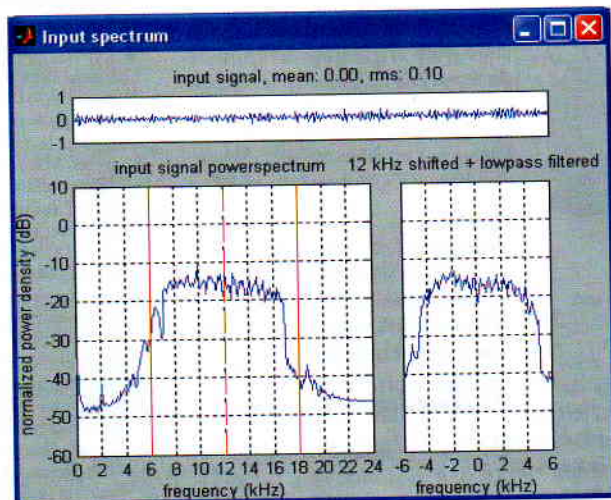


Bild 3.
Das Eingangsspektrum vermittelt einen anschaulichen Eindruck des Signals.

Der Digitalradio-Standard DRM (Digital Radio Mondiale) macht's möglich: Kurz-, Mittel- und Langwellensender können in einer bislang nicht für möglich gehaltenen Qualität empfangen werden. Da es an Hardware leider noch mangelt, bietet sich der Ausweg PC-Empfang (zum Beispiel über den ELEKTOR-Empfänger [1]) und Decodierung per Software an. „Diorama“ heißt ein vollständiger und echtzeitfähiger „Open-Source“-Software-Empfänger, der am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU Kaiserslautern von Torsten Schorr und Andreas Dittrich entwickelt wurde [2]. Das Programm kann ähnlich wie die Software DReaM der TU Darmstadt verwendet werden, benötigt aber die mathematische Software-Umgebung MATLAB beziehungsweise eine entsprechende Laufzeitumgebung. Die MATLAB-Implementierung hat den Vorteil, dass der Decodierungsprozess jederzeit angehalten und die nahezu komplette Signalverarbeitung nachvollzogen werden kann.

Eigenschaften der Software sind:

- Echtzeitfähige Decodierung von DRM-Signalen
- Unterstützt MATLAB ab Version 5.2 (Release 10)
- Optionale graphische Benutzeroberfläche für Einstellungen und Anzeigeoptionen
- Anzeige von Eingangsspektrum, Systemparameter, Synchronisationsinformationen, Signalstörabstände usw.
- Verarbeiten von bereits aufgenommenen DRM-Signalen
- Audio-Aufnahme des Eingangs- und Ausgangsdatenstroms

Erste Erfahrungen

Für Anwender, die keine Vollversion von MATLAB besitzen, gibt es eine Alternative: Eine direkt ausführbare Version von Diorama (.exe), die nur eine Laufzeitumgebung von MATLAB, den MCRInstaller benötigt. Diese Version wurde hier unter Windows XP getestet.

Nach dem Start von Diorama.exe läuft das Programm im Hintergrund in einem Kommando-Fenster. Zusätzlich erscheint auf dem Bildschirm das Diorama Control Panel, welches man aber schließen kann, so dass der Decoder komplett „verschwindet“. Die Abstimmung des Empfängers erfolgt extern und benötigt ein zusätzliches Programm wie zum Beispiel DRM.exe für den DRM-RX von ELEKTOR [1]. Über das Control-Panel (**Bild 1**) kann man sich zusätzliche Informationen anzeigen lassen. „Signal info“ (**Bild 2**) zeigt die empfangene Station, die verfügbaren Dienste (Services) und weitere Daten wie zum Beispiel den Signalstörabstand des empfangenen Signals. Das Input-Spektrum (**Bild 3**) ver-

Konzept und Ziele

Von Torsten Schorr und Andreas Dittrich

Ziel der Entwicklung von Diorama ist die Analyse und Decodierung eines real empfangenen DRM Signals. Diese soll auch schrittweise erfolgen können, um die Arbeitsweise eines Empfängers zu veranschaulichen. Für die einfache Bearbeitung der empfangenen Daten wurde die mathematische Softwareumgebung MATLAB gewählt, da sie eine interpretierte skriptähnliche Programmiersprache zur Verfügung stellt, deren Abarbeitung schrittweise erfolgen kann und damit einfaches Debuggen und auch eine schrittweise Programmentwicklung ermöglicht. Darüber hinaus bietet MATLAB diverse nützliche Werkzeuge zur mathematischen Signalverarbeitung und Funktionen, die der Visualisierung der bearbeiteten Daten dienen.

Bei geeigneter Berücksichtigung der internen Signalverarbeitung von MATLAB während der Programmerstellung und Verwendung von nativem Code für ausgewählte rechenintensive Programmteile ist die Abarbeitung unter MATLAB ausreichend schnell, um ein DRM-Signal in Echtzeit zu decodieren und das gewonnene Audiosignal auszugeben.

Neben der interpretierten Abarbeitung des Programms in der MATLAB-Umgebung besteht die Möglichkeit, mittels MATLAB-Compiler den Programtext in lauffähige Binärdateien umzuwandeln. Je nach MATLAB-Version werden die einzelnen Programmteile dann entweder in ein MATLAB-eigenes Format oder in Laufzeitbibliotheken (DLLs) umgewandelt, die dann zusammen mit der frei erhältlichen Laufzeitumgebung wie eine gewöhnliche Anwendung gestartet werden können. In beiden Fällen entsteht also eine ausführbare EXE-Datei. Die erforderliche Laufzeitumgebung beinhaltet die Bibliotheken mit den Signalverarbeitungs- und Visualisierungstools bzw. den virtuellen Prozessor für das MATLAB-eigene Format und muss parallel zu Diorama installiert werden.

Somit stehen quasi zwei Varianten von Diorama zur Verfügung: Zum

einen eine Sammlung von Skripten, die in einer installierten MATLAB-Umgebung ausgeführt werden können, so dass die Vorteile der MATLAB-Oberfläche genutzt werden. Zum anderen eine compilierte Version, die nicht auf MATLAB, sondern nur auf eine kleinere und im Paket mit Diorama kostenlose Laufzeitumgebung angewiesen ist.

Die erste Variante bietet die größte Flexibilität, setzt aber eine MATLAB-Installation voraus. Der Nutzer kann bei dieser Variante Diorama jederzeit anhalten und die internen Daten beobachten, was durch die mitgelieferten Visualisierungstools vereinfacht wird. Dabei können die Module schrittweise abgearbeitet oder Breakpoints gesetzt werden, bis zu deren Auftreten Diorama frei läuft. Dadurch wird eine Art Echtzeit-Debugging erreicht. Außerdem ist es möglich, einfach und schnell Änderungen am Programm vorzunehmen, die ohne Neucompilieren beim nächsten Start von Diorama angewendet werden. Der Vorteil für die Forschung liegt darin, dass das Entwickeln und das Testen neuer Algorithmen zur Verbesserung des DRM-Empfangs vereinfacht wird. Außer in der Forschung ist auch der Einsatz in der Lehre sinnvoll, da mit Diorama grundlegende, aber auch anspruchsvollere Algorithmen der Nachrichtentechnik veranschaulicht und experimentell eingesetzt werden können. Somit kann Diorama beispielsweise als Bestandteil in studienbegleitenden Laborpraktika für Studenten der Nachrichtentechnik verwendet werden.

Die Aktivitäten zu DRM knüpfen an frühere Arbeiten auf dem Gebiet der funkbasierten Kommunikationssysteme an, die am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU Kaiserslautern durchgeführt wurden. Neben Forschungen zu GSM (Global System for Mobile Communications) sind dabei insbesondere Arbeiten zu DAB (Digital Audio Broadcasting) und dem Mehrträgerverfahren COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) zu nennen, die in Kooperation mit dem Forschungsverbund Medientechnik Südwest und der Deutschen Telekom entstanden sind. Ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Deutschen Telekom wurden Untersuchungen für das terrestrische Digital Video Broadcasting (DVB-T) durchgeführt.

mittelt einen anschaulichen Eindruck des von der Soundkarte gerade aufgenommenen Signals. In den „Signal Constellations“ (Bild 4) sieht man die einzelnen Empfangssymbole als Konstellationspunkte in der I/Q-Ebene entsprechend dem jeweiligen Modulationsformat (zum Beispiel 64-QAM).

Die Qualität und Sicherheit der Decodierung ist vergleichbar mit DReaM. Falls ein Signal mangels Störabstand in den nicht mehr decodierbaren Zustand absinkt, fügt die Software künstliche rauschähnliche Geräusche ein, so dass man den Zustand von einer normalen Modulationspause unterscheiden kann.

Eine besondere Stärke des Programms ist die Verarbeitung der Daten-Services. Empfängt man zum Beispiel den Journal-Service der Deutschen Welle, dann wird im Hintergrund ein Verzeichnis mit empfangenen HTML-Seiten angezeigt. Man kann also nachträglich alle Informationen in Ruhe mit einem beliebigen Internet-Browser lesen. Empfangene Bilder werden in einem Verzeichnis abgelegt und können später betrachtet werden.

(050207-1)

Literatur und Links

- [1] Burkhard Kainka: „DRM-Empfänger im Selbstbau“, ELEKTOR, 3/2004, S. 14
- [2] <http://nt.eit.uni-kl.de/forschung/diorama>

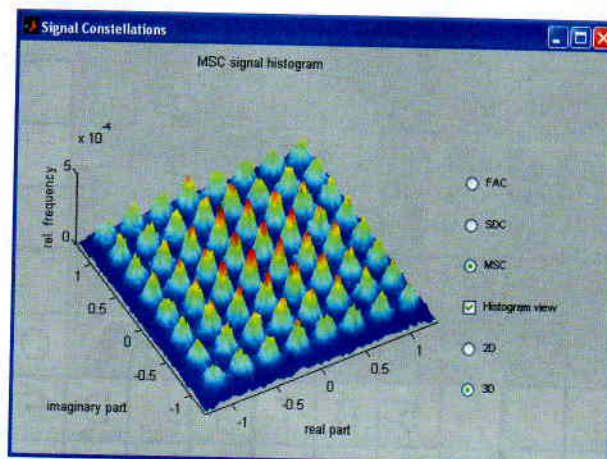


Bild 4. Die „Signal Constellations“ werden dreidimensional dargestellt.

Antike On-Board-Diagnostik

Von Jan Buiting

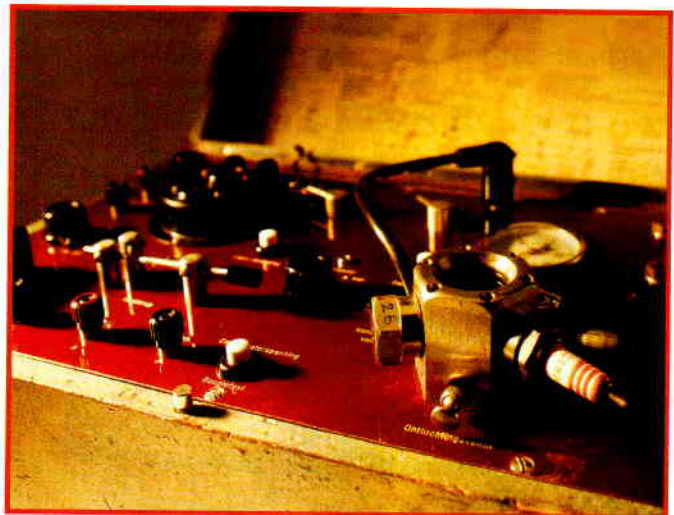
Seufzen Sie auch beim Gedanken an alte Zeiten? Als ein Mann noch Herr seines Automobils war und nicht Sklave eines Multi-Mikroprozessor-Systems auf vier Rädern? Metallische Geräusche aus Richtung Motor, sägende Gesänge vom Getriebe oder ein Rattern des linken Vorderreifens – das waren in den 50ern und 60ern doch keine wirklichen Probleme. Ein Hammerschlag hier, etwas Draht dort – schon lief das Auto wieder. Und lief und lief und lief ... Den abgebildeten Elektrik-Tester „PrüfRex“ erhielt ich von einem freundlichen Herrn in die Hand gedrückt, der nicht die leiseste Ahnung hatte, wofür das Ding gut sein könnte. Die (früher) hellgrüne Kiste mit den Maßen 44 x 27 x 20 cm wog gut 10 kg – und schien in ordentlichem Zustand sowie komplett zu sein. Dieses Gerät erlaubte eine eindrucksvolle Zahl von Tests an der Elektrik von Vier- und Zweirädern, ja sogar von Mopeds! Die Testprozeduren - und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen - sind in einem wundervoll illustrierten Handbuch beschrieben, das unterm Deckel klemmte. Zum Test von Zündspulen konnte man diese an spezielle Kontakte anschließen, die intern zu einem Unterbrecher führten, der von einer richtigen kleinen Nockenwelle gesteuert wurde. Die Nockenwelle wiederum saß auf der Achse eines Gleichstrommotors. So konnte man wunderbar unterschiedliche Motordrehzahlen simulieren! Die erzeugten Zündfunken waren durch eine auf Bakelit montierte Funkenstrecke sichtbar und hörbar. Die Strecke war – sicherheitshalber mit einer Hand! – von 2,5 mm an aufwärts einstellbar. Man vergrößerte die Funkenstrecke, bis die Funken ausblieben. Anschließend wurde soweit zurück gestellt, bis die Funken wieder einsetzten. Die Strecke war der Zündspannung proportional. Ein Zentimeter entsprach 10 kV – das war für damalige Motoren

in Ordnung.

Selbstverständlich verfügt die Messkiste auch über eine eingebaute Hochleistungszündspule, die es auf gut 25 kV brachte und mit der sich sowohl kaputte Zündkerzen als auch „schlechte“ Kondensatoren (parallel zum Unterbrecher bei Schwunglicht-Magnetzündern von kleinen Zweitakt-Motoren) aufspüren ließen. Zündkerzen ließen sich in ein spezielles Gehäuse mit Sichtscheibe schrauben, in welchem (mit einer eingebauten Luftpumpe) ein Druck von 15 bar erzeugt werden konnte. Die Verhältnisse im luftverdichtenden Ottomotor waren so prima zu simulieren. Damit konnte man Leckagen und sonstige Störphänomene bei alten Zündkerzen diagnostizieren.

Auch zur Überprüfung der Spannungsfestigkeit und Kapazität von Kondensatoren ließ sich die eingebaute Hochspannung nutzen. Dabei wurde die Spannung mittels ohmscher Belastung auf niedrigere Werte gedrückt. So lud sich der zu testende Kondensator auf rund 300 V auf. Via Glimmlampe war zu verfolgen, wie lange er die Ladung halten konnte. Derselbe Aufbau wurde (mit Hilfe längerer isolierter Kabel) zum Aufspüren von Isolationsfehlern im Hochspannungsteil der Zündanlage genutzt. Denn feuchter Schmutz und Alters- oder Hitzebrüche der Isolation waren die typischen Probleme beim Anspringen. Darüber hinaus konnte man mit dem Gerät noch allerhand anachronistische Tests an Lichtmaschinen und Anlassern durchführen.

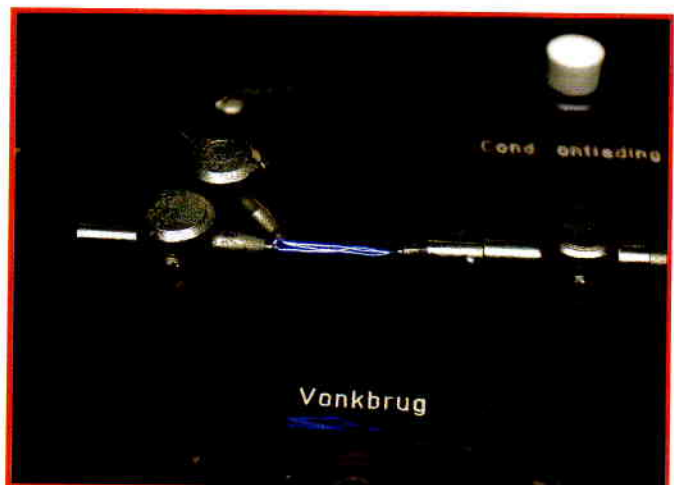
„PrüfRex“ ließ sich nicht nur mit 6 V oder 12 V versorgen. Der Spannungswahlschalter erlaubte sogar recht ungewöhnliche 4 V! Den eingebauten Elektromotor kann man laut Handbuch auch als eine Art akustischen Spannungsprüfer gebrauchen – was nach heutigem Empfinden wohl eher ein Missbrauch wäre. Praktisch ist das Ganze - aber auch schön skurril. Ein altes Test-



gerät für Oldtimer also. Denn dass eine moderne Auto-Elektrik das Testen mit 3 A und mehr

Anlaufstrom schadlos übersteht, wollen wir mal beweisen ...

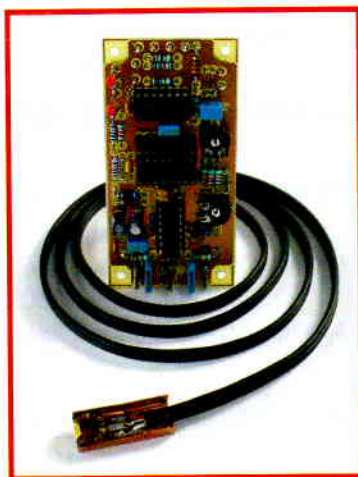
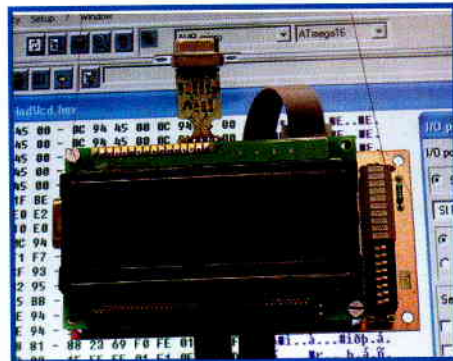
(065022)



In der Rubrik "Retronik" stellen wir Historisches und Antikes aus der Welt der Elektronik vor – darunter natürlich auch legendäre Elektor-Projekte aus dem vorigen Jahrhundert. Beiträge, Vorschläge und Anfragen sind willkommen. Bitte senden Sie Ihre E-Mail mit dem Betreff "Retronik" an: redaktion@elektor.de

STAND-ALONE-EOBD-ANALYSER

Mit dem in allen neueren Autos vorgeschriebenen EOBD-Diagnose-Anschluss lassen sich viele interessante Daten auslesen, wenn man ein passendes Interface hat – in Verbindung mit PC oder Notebook. Noch praktischer als der ELEKTOR-EOBD-Analyser (Halbleiterheft 2005) ist der neue Stand-alone-Analyser, der sich sowohl als Handgerät als auch für den Einbau ins Fahrzeug eignet. Die EOBD-Daten werden mit einem ATmega16 ausgewertet und auf einem LCD mit 4 x 20 Zeichen dargestellt.



KURZSCHLUSS-SUCHER

Mit diesem außergewöhnlichen Testgerät lassen sich Kurzschlüsse und Unterbrechungen auf Leiterplatten aufspüren. Das gilt für selbst geätzte Platinen genau so wie für industriell gefertigte – und funktioniert sogar bei bereits bestückten Platinen. Lassen Sie sich überraschen!



LEITERPLATTEN UND LÖT-TECHNIK

In mehreren Artikeln befassen wir uns mit Leiterplatten-Prototyping, der bleifreien Löttechnik und den sich daraus ergebenden Konsequenzen sowie mit Lötwerkzeugen und Hilfsmitteln. Ein besonderes Highlight ist die Bauanleitung für einen LED-bestückten Leiterplattenbelichter.

**Internationaler
R8C-Entwicklungs-
Wettbewerb**

Wer entwickelt die interessanteste, originellste und praktischste Anwendung mit dem R8C-Mikrocontroller?
Mitmachen lohnt sich: Es gibt viele attraktive Preise zu gewinnen – und Ruhm und Ehre durch die Präsentation in ELEKTOR und auf der Website...

Änderungen vorbehalten!

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Ein Verzeichnis finden Sie unter: <http://www.blauerглобус.de> Sie können Elektor auch direkt bei www.elektor.de bestellen.

Elektor Mai 2006 erscheint am 12. April 2006.



Die Elektor-Website - Service & News!

In dem **projektorientierten System** hat man alles, was zu einem Projekt gehört, auf einer Seite im Blick: Artikel-Download im PDF-Format, Software-Download, Bestellmöglichkeiten und auch Korrekturen und Ergänzungen.

Unser Service:

- Mikrocontroller-Experten-Forum
- Leser-Forum
- Elektronik-News
- Online-Shop
- Kostenloser Newsletter
- FAQs

Die Top-10-Downloads der letzten zwei Monate:

- Der R8C und seine Familie
- OBD-2-Analyser
- SMD-Lötofen
- Visual Basic ohne Stress
- Hexadoku
- Baukastensystem für Elektroniker
- DCC-Programmer
- Barometer und Höhenmesser
- HiFi-Röhrendstufe mit EL156
- ClariTy 2 x 300 W Klasse-T-Verstärker

