



elektor

electronics magazine

Revolutionärer

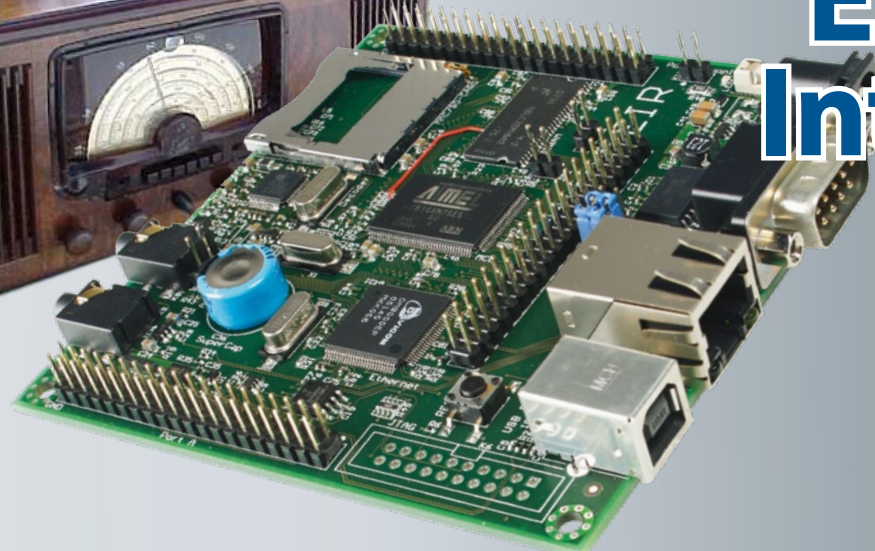
paX Verstärker



.. DOMOTIK-NETZWERK-SERVER .. USB-SPDIF-KONVERTER .. DIGIWOBLER ..



Computer:club² & Elektor: CC2-AVR-Projekt



Elektor Internet Radio



Elektronikring 1 26452 Sande

Master- / Slave-Steckdosenleiste mit Netzfiltern

REV-Supra-Line Einschaltautomatik-Funktion für bequemes und energiesparendes Schalten von 6 Slave-Steckdosen. Schaltschwelle von 20 – 250 Watt einstellbar. Ausblendung für Standby-Verbraucher.

- Hochwertiger Überspannungsschutz für alle Steckdosen
- optische Funktionsanzeige für Überspannungsschutz
- Netzfilter zum Schutz von hochfrequenten Netzstörungen
- Leitungssafe zur Zuleitungs-Aufbewahrung
- 45°-Anordnung der Steckdosenstöpfe
- Netzfilter reduziert Bildstörungen
- 590 x 67 x 43 mm



MASTER SLAVE SL6
47.70

KINDERMANN Multimedia - das neue Anschluss-System!

- Durch das Multimedia-System lassen sich Computer-, Video-, Audio-, Netzwerk- sowie Steuerungs-Anschlüsse in gängige Steckdosenprogramme integrieren
- Unterputz, Aufputz oder im Kabelkanal installierbar
- 1 Rahmen = 2 Module



VGA-Video-Modul		
KMAS 7441-401	15-pol. HD-Buchse	12.85
Cinch-Video- / Audio-Modul		
KMAS 7441-430	3x Cinch-Buchse	21.40
KMAS 7442-1	Montagerahmen, inkl. 55x55-Adapter	7.50

Entdecken Sie über 40 Kindermann-Module: auf www.reichelt.de

Clevere Tools zum Messen & Testen

PeakTech Digital-Multimeter

- große, 3½-stellige 15-mm-LCD-Anzeige
- Hintergrundbeleuchtung, Data-Hold
- zum Messen von Gleich- und Wechselspannung, Gleichstrom, Widerständen, Dioden- und Transistorstest



PEAKTECH 1040	11.30	
PEAKTECH 1050	6.30	Mini-Multimeter, 128 x 70 x 28 mm
PEAKTECH 3315U	88.00	Digital, mit USB-Schnittstelle
PEAKTECH 3340	33.70	Digital, 39-mm-Jumbo-Anzeige

PeakTech Digital-Zangenmessgerät

- bis 31 mm Leiterdurchmesser
- Frequenz- und Kapazitätsmessung, Summer, Diodentest, Data-Hold, Hintergrundbeleuchtung
- inkl. Testkabel, Temperaturfühler, Tasche



PEAKTECH 1615	89.00
---------------	--------------

PeakTech Digital-Multitester, 5 in 1

- Schallpegel-, Lux-, Luftfeuchtigkeits-, Temperatur-Messer und Multimeter
- Gleich-, Wechselspannungs-, Gleichstrom-, Widerstandsmessungen, Durchgangsprüfungen an Bauteilen, Dioden-Test uvm.



PEAKTECH 3700	42.10
---------------	--------------



Relais & Schalter



Netzwerktechnik



PC-Technik



Elektrotechnik



Online blättern!

Werkstattbedarf



Messtechnik

Verteiler & Einbaugeräte

Einbauschalter, 1-polig, 16 Ampere
230/400V-Ausschalter

EL ESAS 1x Aus **4.60**



Stromstoßschalter mit Test- & Betätigungsschalter, Einbaubreite 17,5 mm, 250V~, 1 Schließer, 24 VDC, Ri 105 Ohm

FIN 20.21.9 24V	1x Ein	10.25
FIN 20.22.9 24V	2x Ein	12.20
FIN 20.23.9 24V	1x Ein / Um	12.20



Stromstoßschalter für Unterputzdosen, 1 Schließer, Kontaktbelastung: 800 VA, Spulenspannung: 230 / 24 VAC

250 V / 10 A, 24 V		
FIN 26.01.8.024	1x Ein	5.70
FIN 26.02.8.024	2x Ein	6.40
FIN 26.03.8.024	1x Ein / Um	6.45



Installations-Relais mit Test- & Betätigungsschalter, Einbaubreite 17,5 mm, 250V~, 1 Schließer, 24 VDC, Ri 460 Ohm

FIN 22.21.9 24V	1x Ein	8.80
FIN 22.22.9 24V	2x Ein	10.35
FIN 22.23.9 24V	1x Ein / Aus	12.90



Sicherungsautomaten

Auslösecharakteristik B, 1-polig

ABB S201-B6	7.20	6 Ampere
ABB S201-B10	5.75	10 Ampere
ABB S201-B16	3.25	16 Ampere
ABB S201-B20	8.15	20 Ampere
ABB S201-B25	6.95	25 Ampere
ABB S201-B32	7.15	32 Ampere

ABB



Auslösecharakteristik B, 3-polig

ABB S203-B16	29.80	16 Ampere
ABB S203-B20	34.45	20 Ampere
ABB S203-B25	34.95	25 Ampere
ABB S203-B32	36.70	32 Ampere

ABB



Auslösecharakteristik C, 1-polig

ABB S201-C16	10.95	16 Ampere
ABB S201-C20	13.60	20 Ampere
ABB S201-C25	13.60	25 Ampere
ABB S201-C32	14.30	32 Ampere

ABB



Auslösecharakteristik C, 3-polig

ABB S203-C16	35.50	16 Ampere
ABB S203-C20	41.95	20 Ampere
ABB S203-C25	45.20	25 Ampere
ABB S203-C32	44.45	32 Ampere

ABB



Fehlerstromschutzschalter

2-polig		
ABB F202A-2503	36.70	25 A / 0,03 A
ABB F202A-253	63.90	25 A / 0,3 A

ABB



4-polig		
ABB F204A-2503	45.70	25 A / 0,03 A
ABB F204A-253	68.80	25 A / 0,3 A

ABB



Elektrizitätszähler

Elektronischer Energiezähler, 1-Phasen-Wechselstrom

finder

FIN 7E.13.8 230V	74.60	5 (32) A
FIN 7E.16.8 230V	104.80	10 (65) A



Elektron. Energiezähler, 3-Phasen-Wechselstrom Modell 400T = Tarifzähler, 400V = Doppeltarifzähler

finder

FIN 7E.36.8 400T	139.90	10 (65) A
FIN 7E.36.8 400V	178.25	10 (65) A



Automatenkästen

IP55-Spritzwassergeschützt, für den Außenbereich eingearbeitete Norm-Schiene, für Geräte bis 63 A

F-tronic

EL KV 04 WD	11.45	1-reihig, 4 Module
EL KV 06 WD	16.20	1-reihig, 6 Module
EL KV 10 WD	21.00	1-reihig, 10 Module



ERSA® Löttechnik

FeinlötKolben 30S

- Leistung: 40 Watt, Anheizzeit: ca. 2 Minuten, ca. 420° C
- meißelförmige Spitze

ERSA 340KD

21.70

FeinlötKolben Multitip-C25

- Leistung: 25 Watt, Anheizzeit: ca. 1 Minute, ca. 450° C
- bleistiftspitze Spitze, 0,5 mm

MULTITIP 920BD

23.50

Entlötpumpe

- hohe Saugleistung, rückschlagfreies Entlöten
- Volumen: 10,0 ccm

ERSA VAC3

9.80

Lötzinn

- je 250 g (AG 0,507 = 70 g)
- Sn60 Pb40 / 38 Cu2
- F-SW 26 / 34

Durchmesser

- LÖTZINN 0,5MM**
- LÖTZINN 250GR**
- LÖTZINN 34-1,025**
- LÖTZINN AG 0,507**

- 0,5 mm
- 1,0 mm
- 1,0 mm - halogenfrei
- 0,5 mm - mit Silberanteil

5.50

4.85

7.50

5.10

Weller® Lötstation

Elektronisch geregelt, 80 VA

- stufenlose Temperaturwahl über Drehpotentiometer
- Regelkontrolle, optisch mittels grüner Leuchtdiode
- Potenzialausgleich, antistatisches Gehäuse
- automatische Werkzeugerkennung
- Temperatur: 150 - 450 ° C, inkl. Lötspitze LTB (2,4 mm)



WELLER WS81
217.00

Passende Spitzen:

SPITZE LTA	1,6 mm	4.50
SPITZE LTB	2,4 mm	4.50
SPITZE LTC	3,2 mm	4.50
SPITZE LTH	0,8 mm	4.85

Steckverbinder

Bauelemente aktiv / passiv

Sicherheitstechnik

Haustechnik

www.reichelt.de



€ Rabatt
auf Gruppe 1

BUNGARD Fotoplatten

- Material in höchster Qualität
- 1,5 mm Epoxyd, Cu-Auflage 35 µm
- Approb.: VDE, UL, MIL, IEC, NEMA
- Schutz: blaue Schutzfolie mit schwarz eingefärbter Klebeseite

BEL 75X100-1	0.94	75 x 100 mm	einseitig
BEL 75X100-2	1.05	75 x 100 mm	zweiseitig
BEL 160X100-1	1.65	160 x 100 mm	einseitig
BEL 160X100-2	2.15	160 x 100 mm	zweiseitig
BEL 175X125-1	2.40	175 x 125 mm	einseitig
BEL 175X125-2	3.00	175 x 125 mm	zweiseitig
BEL 200X150-1	3.30	200 x 150 mm	einseitig
BEL 200X150-2	3.75	200 x 150 mm	zweiseitig

Experimentier-Steckboards

- 1x Kontakt-Terminal, 640 Kontakte
- 2x Verteiler-Terminal, 200 Kontakte

STECKBOARD 1K2V 66 x 174 mm

2.75

- 2x Kontakt-Terminal, 1280 Kontakte
- 1x Verteiler-Terminal, 100 Kontakte

STECKBOARD 2K1V 220 x 120 mm

6.90

- 2x Kontakt-Terminal, 1280 Kontakte
- 4x Verteiler-Terminal, 400 Kontakte

STECKBOARD 2K4V 220 x 150 mm

8.85

- 3x Kontakt-Terminal, 1920 Kontakte
- 5x Verteiler-Terminal, 500 Kontakte

STECKBOARD 3K5V 235 x 185 mm

11.15

Schrumpfschlauchs Sortiment

- Schrumpfverhältnis: 2:1
- Länge: 15 cm, Inhalt: 18 Stück
- je 1x SDH 1,6 rot/sw/transparent
- je 1x SDH 2,4 blau/sw/grün
- je 1x SDH 3,2 weiß/sw/gelb
- je 1x SDH 4,8 rot/sw/transp.
- je 1x SDH 6,4 blau/sw/grün
- je 1x SDH 9,5 weiß/sw/gelb

SDH-SO 18FKB

6.05

Weitere Schrumpfschläuche finden Sie auf www.reichelt.de!

Heißluftgebläse

STEINEL HL 1910E

- Leistung: 2000 Watt , elektron. geregelt
- Temperatur: 50 - 600°C, stufenlos
- Luftmengen: ca. 150 l/min, 300 l/min, 500 l/min

STEINEL HL 1910E

53.50

STEINEL HL 2310L

- Leistung: 2300 Watt , elektron. geregelt
- Temperatur: 50 - 650°C, stufenlos
- Luftmengenregelung: 150 - 500 l/min

STEINEL HL 2310L

97.50

STEINEL Zubehör, 12-tlg.

- Düsen: Breitstrahl, Abstrahl, Reduzier (2x), Breitschlit, Schweiß, Reflektor, Spachtel, 4-tlg. Schaber

STEINEL SET 12

46.90

ESD-Schutzkomponenten

ESD-Tischarbeitsmatte

- Maße: 600 x 900 x 2 mm
- 1 M-Ohm - 10 M-Ohm
- 2x 10-mm-Druckknöpfe
- Synthkautschuk, verschleißfest
- Lötzinn- und hitzebeständig, halogenfrei, Volumen- und ableitfähig

ESD ARBEITSMATTE

36.90

ESD-Kunststoffarmband

- Sicherheits-Handgelenkband aus Kunststofffaser
- verstellbar, elastisch, antiallergen

ESD HGB-K3

Druckknopf: 3,0 mm

3.70

ESD HGB-K10

Druckknopf: 10 mm

3.40

ESD-Spiral-Ableitkabel

- integrierter Schutzwiderstand
- 1-seitig Bananenstecker, 1-seitig Druckknopf, Kabellänge: 2,4 m

ESD SK 3 BL

Druckknopf: 3,0 mm

5.95

ESD SK 10 BL

Druckknopf: 10 mm

5.95

ESD-Druckknopf-Verteiler

- je 1M-Ohm Sich.-Widerstand

ESD EBP-10

Druckknopf: 10 mm

23.50

ESD-Erdungsanschluss, 2,4 m

- Schutzkontakt-Blindstecker

ESD EBP-S

Druckknopf: 10 mm

16.50

Aktuellen Katalog kostenlos anfordern!

Analog und digital

In dieser Ausgabe finden Sie eine seltene Kombination analoger und digitaler Highlights.

Auf der lupenrein analogen Seite ist es eine innovative Audio-Endstufe. Auf der digitalen Seite ist es ein kleiner Heim-Server mit einem 32-bit-Coldfire-Controller von Freescale und das CC2-AVR-Projekt. Doch damit nicht genug: Der größere Teil der außergewöhnlich zahlreichen und interessanten Projekte in diesem Heft ist in der Schaltungstechnik oder Anwendung sowohl analog als auch digital. Das gilt für das EIR-Internet-Radio-Board mit ARM7-Controller und VLSI-Audiodekoder ebenso wie für den DigiWobbler, den High-end-Lautstärkeinsteller und den USB-Audio-Adapter. Der Artikel über magnetische Drehencoder ist ebenfalls beiden Seiten zuzuordnen.

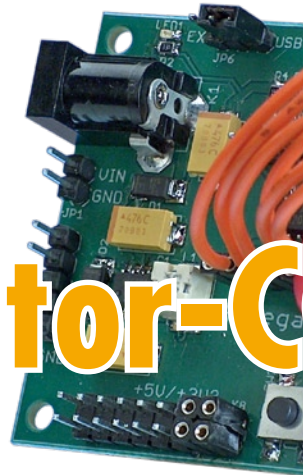
Auch das CC2-AVR-Projekt wird nicht lange rein digital bleiben. Ziel dieser neuen Mikrocontroller-Artikelreihe ist es, in jeder Folge interessante Applikationen mit dem populären ATmega-Controller vorzustellen. Jedes dieser Fallbeispiele dient der Einführung in die Mikrocontroller-Anwendung und gleichzeitig auch als Anregung für eigene Entwicklungen. Im nächsten Heft geht es zwar noch um den Systemausbau mit einem LC-Display, aber danach kommen auch schon die ersten Sensoren ins Spiel und damit die Verbindung zur realen (analogen) Welt.

Allen Projekten gemeinsam ist der Open-Source-Charakter. Eigentlich ist das bei Elektor-Projekten im Prinzip fast immer der Fall, weil Schaltpläne und Platinenlayouts veröffentlicht werden und bei Mikrocontrollerprojekten in der Regel auch der Sourcecode frei zur Verfügung steht. Beim EIR und beim Home-Server in diesem Heft handelt es sich aber um Projekte, die von ihren Entwicklern ausdrücklich als Open-Source-Projekte definiert wurden.

Sie können diese Projekte also ganz uneingeschränkt weiter entwickeln und nach Herzenslust für Ihre Zwecke verwenden. Wir wünschen Ihnen viel Spaß dabei und viel Lesefreude mit dieser Ausgabe!

Ernst Krempelsauer

In diesem Heft beginnt unser großes AVR-Mikrocontroller-Projekt, das Elektor zusammen mit dem TV- und Internet-Magazin Computer:club2 in mehreren Teilen präsentiert. Ein ATmega88 auf einer winzigen Aufsteckplatine dient dabei als Universal-Rechenkecht für die unterschiedlichsten Anwendungen. Das beginnt mit einem Reaktionszeittester und führt weiter zu Entwicklungen wie einer hochgenauen Wetterstation und einem Mega-Abschluss-Projekt. In dieser Ausgabe wird die Hardware vorgestellt und ein erstes Beispiel programmiert.

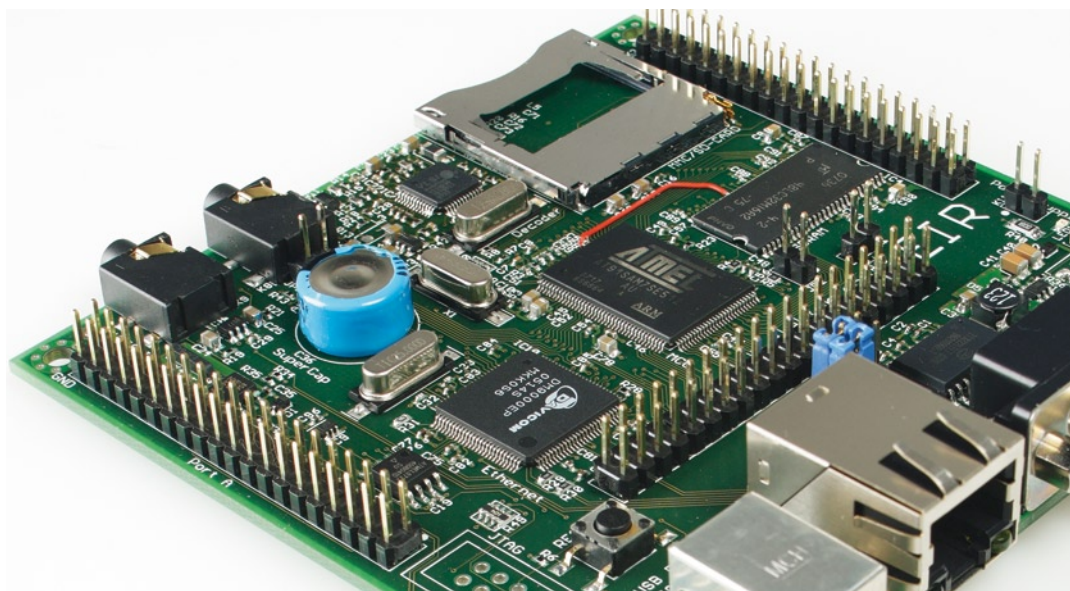
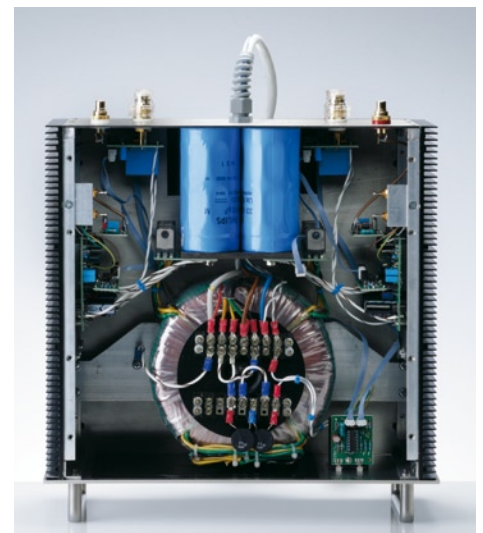


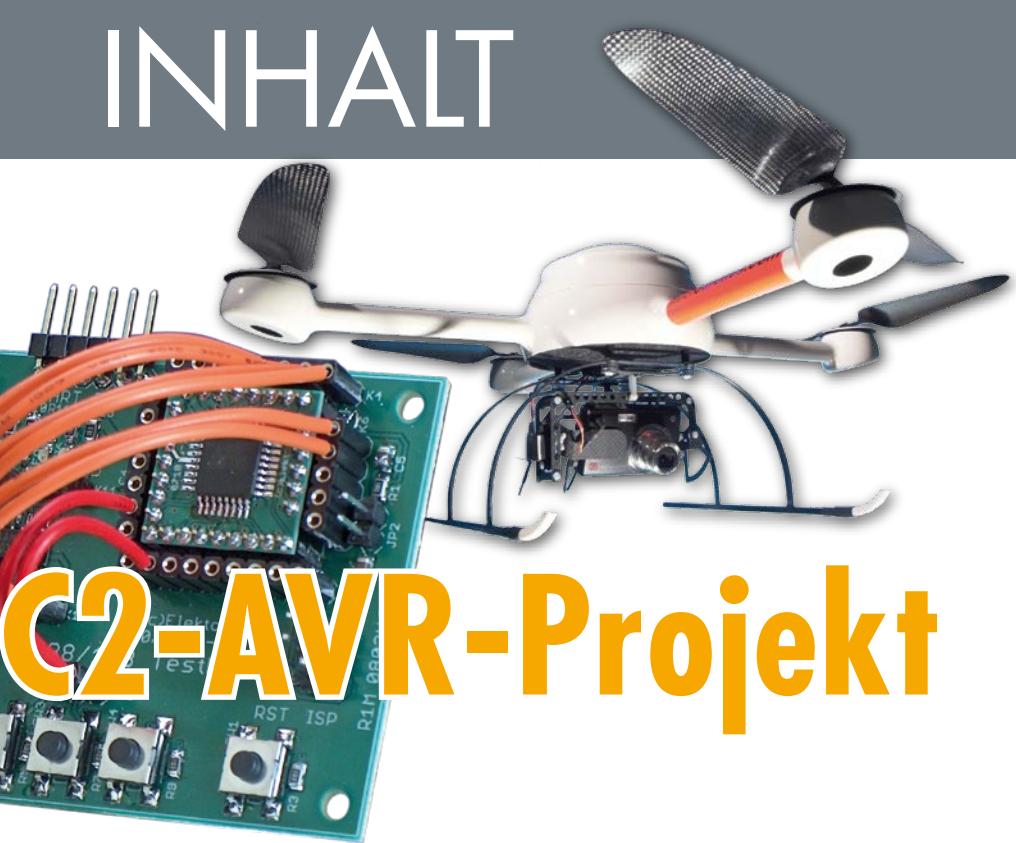
16 Das Elektor-C

32 paX

Audioverstärker mit Fehlerkorrektur

Die meisten Halbleiter-Audio-Endstufen arbeiten mit Über-alles-Gegenkopplungen, um Nichtlinearitäten zu kompensieren und Ausgangsimpedanzen herabzusetzen. Wenn es darauf ankommt, den Unzulänglichkeiten dieser Schaltungstechnik aus dem Weg zu gehen, greifen Entwickler aber auch zu Alternativen. Bei dem hier vorgestellten Endverstärker wird eine Fehlerkorrektur (error correction) angewandt. Im ersten Teil des Beitrags erklären wir die Fehlerkorrektur bei Audio-Verstärkern und beschreiben eine Audio-Endstufe, die auf diesem Prinzip basiert.





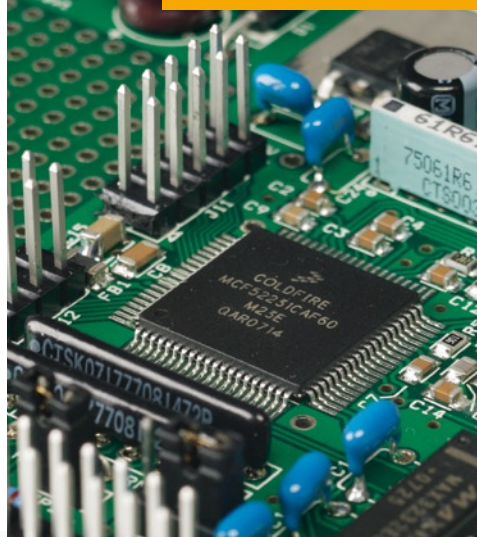
C2-AVR-Projekt

39. Jahrgang
April 2008
Nr. 448

Praxis

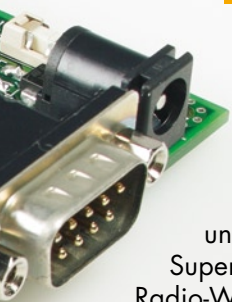
- 16** Elektor-CC2-AVR-Projekt
- 24** Elektor-Internet-Radio
- 32** Audioverstärker mit Fehlerkorrektur
- 42** Heim-Server mit 32-bit-Power
- 48** Kratzfreier Lautstärke-Einsteller
- 54** Digiwobbler
Frequenzgänge von 50 Hz bis 100 kHz messen
- 68** USB-Audio-Adapter
- 76** Mini-Projekt: Wasserwarner

42 Heim-Server mit 32-bit-Power



Unterwegs und unsicher, ob das Licht oder etwas anderes Elektrisches auch wirklich ausgeschaltet wurde? Mit dem hier vorgestellten kleinen Server können Sie Geräte auch aus der Ferne via Internet, PC plus Browser und sogar mit einem WAP-fähigen Handy steuern. Genutzt wird ein Coldfire-Mikrocontroller von Freescale und passende PC-Software, die das Fernschalten elektrischer Lasten via Netzwerk und dem Internet ermöglicht.

24 EIR – das Elektor-Internet-Radio



Internet-Radio ist etwas ganz Eigenes, denn mit diesem Angebot an Musik und Informationen kommt kein noch so empfindlicher Kurzwellenempfänger auch nur annähernd mit. Die hier vorgestellte Hardware-Lösung zum Empfang solcher Programme kommt mit gerade mal 1 W an Energieverbrauch aus. Basis ist eine ARM7-CPU, reichlich RAM und ein Spezial-Chip zur Audio-Codierung. Eine durch einen Supercap gepufferte Echtzeituhr ermöglicht die Realisierung eines Radio-Weckers oder anderer zeitabhängiger Applikationen. Damit Sendungen aufgezeichnet werden können, ist auch noch ein Slot für eine MMC-SD-Speicher-Karte vorgesehen.

Technik

- 59** Entwicklungstipp
1-MHz-Frequenzzähler
- 60** World Wide Web für Elektronik-Fans
- 63** Entwicklungstipp
Aquarien-Fütterungsautomat
- 64** Drehwinkel berührungslos messen
- 72** Sensortasten für Hausgeräte

Info & Markt

- 6** Impressum
- 8** Mailbox
- 12** News
- 84** Vorschau

Infotainment

- 78** Retronik
Formant-Synthesizer (1977)
- 79** Hexadoku

elektor international media

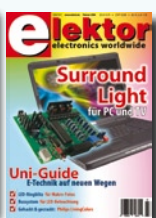
Eine multimediale und interaktive Plattform für jeden Elektroniker - das bietet Elektor International Media. Ob Anfänger oder Fortgeschrittener, ob Student oder Professor, ob engagierter Profi oder leidenschaftlicher Hobbyist: Hier finden Sie wertvolle Informationen, Inspiration für die eigenen Entwicklungen, Unterstützung bei der Ausbildung und nicht zuletzt eine gute Portion Unterhaltung. Gedruckt und im Web. Analog und digital. In Theorie und Praxis.



English
German
Dutch
French
Chinese



Greek
Spanish
Swedish
Finnish



IMPRESSUM

39. Jahrgang, Nr. 448 April 2008

Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

Elektor möchte Menschen anregen, sich die Elektronik zu Eigen zu machen – durch die Präsentation von Projekten und das Aufzeigen von Entwicklungen in der Elektronik und technischen Informatik.

Elektor erscheint auch in Englisch, Französisch, Niederländisch, Spanisch und weiteren Sprachen. ELEKTOR ist in über 50 Ländern erhältlich.

Verlag

Elektor-Verlag GmbH - Süsterfeldstraße 25, 52072 Aachen
Tel. 02 41/88 909-0 - Fax 02 41/88 909-77

Technische Fragen bitten wir per E-Mail an redaktion@elektor.de zu richten.

Internationale Chefredaktion

Wisse Hettinga

Redaktion Elektor Deutschland

Ernst Krempelsauer (Chefredakteur, v.i.S.d.P.)
Jens Nickel
(E-Mail: redaktion@elektor.de)

Internationale Redaktion

Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Guy Roedersdorf

Redaktionssekretariat

Hedwig Hennekens

Labor/Technische Redaktion

Antoine Authier (Ltg.), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Jan Visser, Christian Vossen

Grafische Gestaltung und Layout

Giel Dols, Mart Schroyen

Einstieg in die Welt der Mikrocontroller



Elektor-Fernlehrgang

Sind Sie Auszubildender, Schüler, Student oder nur einfach interessiert an der Mikrocontroller-Technologie?

Dann ist dieser Fernlehrgang für Sie das Portal in die faszinierende Welt dieser zukunftsorientierten Technik!

Bestandteile des Fernlehrgangs:

- 6 Lehrbriefe, die monatlich im Abo verschickt werden einschließlich Sammelordner



- 1 Mikrocontroller-Board, das sich aus einem **Grund-Board** mit Real Time Clock, alphanumerischem LC-Display, Watchdog und vieles mehr zusammensetzt. Für die ersten Schritte gibt es noch eine kleine **Digital/Analog-Adapter-Platine**, die an das Grund-Board angesteckt wird.

In einer weiteren Ausbaustufe kann das Grund-Board auf ein Zusatz-Board mit Porterweiterungen, I²C-Buscontroller, Temperatursensoren und mehr gesteckt werden (das Zusatz-Board gehört nicht zur Grundausstattung des Fernlehrganges)



- 1 ganztägiger Abschluss-Workshop mit Zertifikataushändigung.

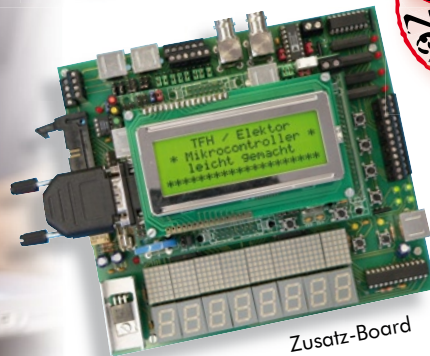
Beginn: Einstieg ist jederzeit möglich
Dauer: max. 6 Monate

Das gesamte Fernlehrgangspaket kostet

nur € 449,-



Grund-Board



Zusatz-Board



Weitere Infos unter www.elektor.de/tfh

Geschäftsführer/Herausgeber: Paul Snakkers

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

Kundenservice/Auftragsabwicklung (Leitung): Anouska van Ginkel

Anzeigen: ID Medienservice
Tel. 05 11/334 84-36 - Fax 05 11/334 84-81
E-Mail: service@id-medienservice.de
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 38 ab 01.01.2008

Vertriebsgesellschaft: IPS Pressevertrieb GmbH
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Tel. 0 22 25/88 01-0 - Fax 0 22 25/88 01-199
E-Mail: elektor@ips-pressevertrieb.de
Internet: www.ips-pressevertrieb.de

Vertrieb Österreich
Pressegroßvertrieb Salzburg/Anif - Niederalm 300
Tel. +43/62 46/37 21-0

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandene Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Auch wird für diese Gegenstände keine Haftung übernommen. Nimmt der Herausgeber einen Beitrag zur Veröffentlichung an, so erwirbt er gleichzeitig das Nachdruckrecht für alle ausländischen Ausgaben inklusive Lizenzen. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher

Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlegers und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sendeeinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

© 2008 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

2N3055-Wasserkocher

Von den spiralförmigen, an 12 V betriebenen Reisetachsiedern habe ich innerhalb weniger Jahre sieben Exemplare verschlissen. Bisweilen überstanden diese Heißwasserbereiter noch nicht einmal eine Urlaubsreise.



Nach einigen Experimenten mit Widerständen, Glühlampen und elektronischen Bauelementen, die Verlustwärme abgeben und hoffentlich länger durchhalten als die Heizelemente der Reisetachsieder, habe ich die Lösung gefunden: Den Leistungstransistor 2N3055 im TO-3-Gehäuse. Dieses „Arbeitspferd der Elektronik“ kann elektrische Leistungen bis 115 W in Wärme umsetzen, und Temperaturen bis 200 °C können ihm nichts anhaben.

Beim 2N3055 lässt sich die abgegebene thermische Leistung bequem über einen Widerstand zwischen Kollektor und Basis steuern. Damit besteht die gesamte Schaltung (abgesehen von Stecker und Kabel) aus nur zwei Bauelementen. Da der 2N3055 zum Standardsortiment des Elektronik-

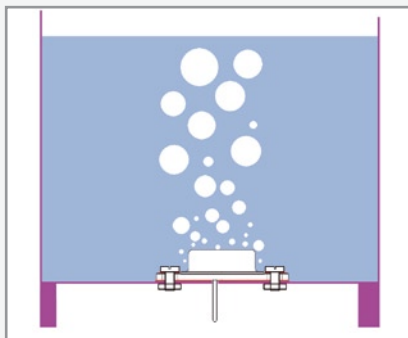
Fachhandels gehört, gibt es keine Beschaffungsprobleme. Nachteilig sind beim 2N3055 nur die niedrige Verstärkung und die breite Exemplarstreuung. Der Wider-

stand zwischen Kollektor und Basis muss individuell an das verwendete Exemplar angepasst werden. Auch der Widerstand gibt Verlustwärme ab, er kann sich gehörig aufheizen. Wenn ein 2N3055 mit der Stromverstärkung 20 beispielsweise 50 W in Wärme umsetzt, beträgt die Verlustleistung des Widerstands ungefähr 2,5 W. Dieser Wert sinkt, wenn der Transistor höher verstärkt oder eine Darlington-Kombination an seine Stelle tritt.

Aufbau

In den Boden des Wassertopfs werden vier Löcher gebohrt: Zwei Löcher für die

Befestigungsschrauben des 2N3055 und zwei Löcher zum Durchführen des Basis- und Emitter-Anschlusses. Zwischen die Auflagefläche des Transistors und den Wassertopf-Boden wird eine passend zugeschnittene Scheibe aus flexiblem Silikon gelegt. Gemeint ist das Material, aus dem auch flexible, für den Gebrauch im Haushalt bestimmte Backformen gefertigt sind. Dieses Material ist lebensmittelverträglich und hält Temperaturen bis 200 °C und darüber stand. Die Verchromung des 2N3055-Gehäuses ist als unbedenklich für die Gesundheit einzustufen, zumal auch die Spiralen der Reisetachsieder verchromt sind. Der Basis-Kollektor-Widerstand befindet sich unter dem Wassertopf, der Wassertopf muss deshalb auf kleine Füße



gestellt werden.

In der Langzeiterprobung hat sich gezeigt, dass die Silikonscheibe den Wassertopf zuverlässig abdichtet.

Mein 2N3055-Wasserkocher leistet seine Dienste schon seit längerer Zeit völlig störungsfrei. Durchgebrannte Reisetachsieder gehören inzwischen der Vergangenheit an. Offensichtlich ist die Silikonscheibe zwischen dem Transistor und dem Wassertopf widerstandsfähiger als die Heizspirale eines Reisetachsieders.

Nach der gleichen Methode könnten auch Aquarien und andere Flüssigkeitsbehälter beheizt werden. Ein Temperatursensor kann zusammen mit einer Regelschaltung die Wärmemenge so dosieren, dass die Flüssigkeit auf konstanter Temperatur gehalten wird.

Jaap Gestman Geradts

Ein interessante Idee, die für viele Zwecke nützlich sein kann. Allerdings muss für die Erwärmung von Trinkwasser und anderen Lebensmitteln unbedingt ein 2N3055 mit verchromtem Gehäuse eingebaut werden. Die Ausführung im matten Metallgehäuse ist sehr wahrscheinlich nicht lebensmitteltauglich.

(071060)

MAX4409EUD und EUD+

In Elektor 11/07 gab es eine Bauanleitung für einen Kopfhörerverstärker mit Raumklangeffekt. Das erste Problem ist, dass im Schaltbild MAX 4409 EUD angegeben wird, in der Stückliste aber MAX 4409 EUD+ steht. Was ist richtig? Zweites Problem ist die Erhältlichkeit. EUD+ (oder EUD) gibt es nirgendwo im Internet zu kaufen.

Jochen Rohm

Das IC kann man direkt bei MAXIM bestellen. Die Kontaktinformationen sind auf der Internetseite von MAXIM zu finden (www.maxim-ic.com/sales).

Zu der Frage nach dem Unterschied zwischen MAX4409EUD und MAX4409+ bin ich von Maxim ausführlich informiert worden:

MAX4409 EUD ist ein IC mit Blei.

MAX4409EUD+ ist RoHS-konform (bleifrei).

MAX4409EUD# ist nicht ganz bleifrei („bleiarm“).

Für die Funktion der Schaltung spielen diese Unterschiede keine Rolle. Im Zuge der Umstellung auf RoHS wird wohl überwiegend der MAX4409EUD+ erhältlich sein. Auch diese Version ist ohne Probleme mit „altem“, bleihaltigem Lötzinn zu löten.

Die SMD-Bauteile der Größe 1210 und 1812 sind zum Beispiel bei Reichelt, Bürklin, ELV und Conrad erhältlich. Falls erforderlich, kann man auch Bauteile in einer kleineren Bauform einsetzen.

Raymond Champlin

Wärmeleitpaste für Temperatursensor

Im Artikel „Low-cost-Heizungsregelung“ (10/2007) steht, dass man den Temperatursensor für die Vorlauftemperatur zum Beispiel mit einem Kabelbinder am Vorlaufrohr (dort, wo der Vorlauf den Kessel verlässt)



fixieren kann. Dabei sollte man aber nicht vergessen, den thermischen Kontakt zwischen den Oberflächen von Sensor und Rohr mittels Wärmeleitpaste zu verbessern. Das ist

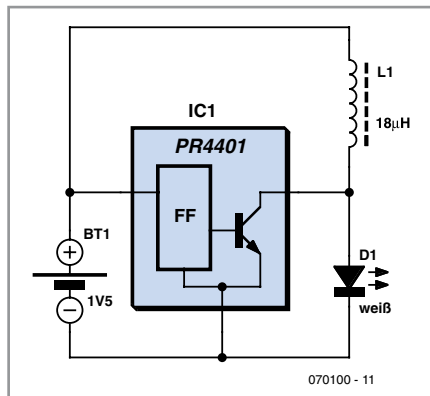
hier genau so wichtig wie bei der Montage von Leistungshalbleitern auf Kühlkörpern und erfüllt den gleichen Zweck, nämlich die Verringerung des thermischen Übergangswiderstandes. Ohne diese Maßnahme ergibt sich eine Temperaturdifferenz zwischen Rohr und Sensor von bis zu zwei Grad und vor allem eine Verzögerung bei der Messung der Temperatur.

Jean-François Printanier

LED-Treiber PR4401 und PR4403

Wissen Sie, ob es einen Katalog-Distributor gibt, bei dem man die PREMA-Chips in handelsüblichen Mengen kaufen kann? Ich habe schon ein Angebot über 5000 und 10000 Stück, so viele brauche ich aber nun auch wieder nicht...

Bernd Nidetzky



Es gibt eine reguläre Bezugsquelle für kleine Stückzahlen (ab 1):

AK MODUL-BUS Computer GmbH (www.ak-modul-bus.de, Tel. 05454-93436-36 Fax -37). Der direkte Link zu den PREMA-Chips ist: www.ak-modul-bus.de/stat/spezial_ics.html

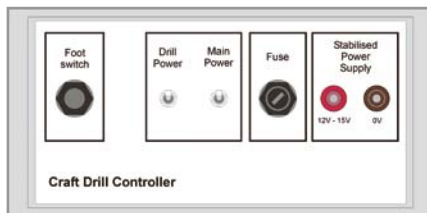
Bohrmaschinen-Controller (1)

Der Bohrmaschinen-Controller (Heft 12/2007) ist eine aufwendige Schaltung für eine simple Bohrmaschine. Es fehlt nur noch der Hinweis, dass Verstärker, deren Platinen drehzahl geregelt gebohrt wurden, besser klingen. Esoterik hat ja Hochkonjunktur in Elektor. In den 90er Jahren, als Elektor noch wirklich gut war, wäre solch ein Unsinn nicht veröffentlicht worden.

Rudolf Heyschmidt

Bohrmaschinen-Controller (2)

Die Bauteile für diese Schaltung hat wirklich jeder auf Lager. Eine Reparatur oder Änderung ist daher auch in 20 Jahren noch möglich. Mit einem µC ist das wohl nicht zu erwarten.



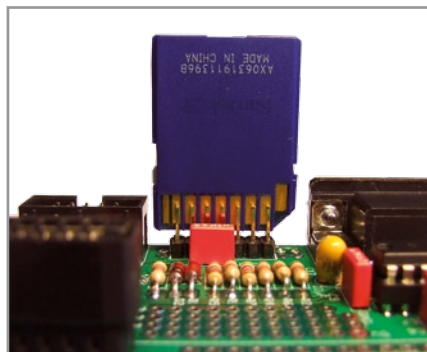
Als Entwickler und Ausbilder mit 30 Dienstjahren kennt man die Vorzüge der Mikrocontroller natürlich, trotzdem sage ich: Nicht schlecht!

Macht doch wieder mal so etwas Schönes. Mit meinen Azubis betreibe ich regelmäßig Schaltungsanalyse und das hier ist ideal dafür geeignet.

Wolfgang Haas

SD-Karten-Adapter

Wie man beim ATmega-Webserver (Heft 12/07) wieder einmal gesehen hat, ist es ja wirklich ein Problem, an preiswerte Buchsen



für SD-Speicherkarten zu kommen. Eine Lösung sind Micro-SD-Karten, die sehr preiswert (512 MB ca. 8 €) zu beschaffen sind. Es wird zu jeder Karte ein Adapter geliefert, den ich in meine Schaltungen als Halter für die Mikro-SD-Karten einlöte.

Achim Hoffmann

Bauteil-Recycling

Seit 1972 lese ich regelmäßig Elektor und freue mich jedes Mal, wenn Artikel veröffentlicht werden, in denen sowohl über pfiffige Alltagslösungen als auch über ein „Bauteile-Recycling“ berichtet wird. So war ich nun erfreut, als ich in Elektor Januar 2008 den Artikel auf der Seite 8 „CR 2032 und musikalische Teelichter“ von Martien Jansen fand.

Nach dem Lesen ließ mich die Frage nicht mehr los, wie ich mit wenig Aufwand kontaktlos versuchen könnte, dem „Innenleben“ bzw. dem Musikchip der Teelichter auf die Spur zu kommen. Meine erste Idee war, einfach einen Fotowiderstand oder eine Fotodiode an einen kleinen Verstärker zu koppeln. Jedoch erschien mir die Möglich-



Printed Service Boards

Persönlich & Online!

► **Jetzt Neu!**
Flexible Leiterplatten ONLINE!
Polyimid 0,12mm bis 0,20mm
★ 1- und 2-Lagen durchkontaktiert
★ chem. NiAu ★ Versteifungen
★ 4mil ★ Abdeckfolie, Lötstopplack oder Kombination
★ Nutzenfertigung ...

► **Starre Leiterplatten bis 8 Lagen online!**
FR4 0,80mm oder 1,55mm ★
1- bis 8-Lagen Multilayer ★
chem. Zinn, HAL bleifrei oder chem. NiAu ★ 35µm oder 70µm Cu
★ 4mil Strukturen ★ 0,20mm Bohrungen
★ Sonderkonturen & DK-Schlitzte inklusive
★ Nutzensetzung für Sie nach Zeichnung ...

► **Mehr Leistung & Spezialfertigung**
Bis 14 Lagen ★ Rogers-HF und Isola Hoch-Tg Material ab Lager
★ Steckergold ★ blind- & buried vias ★ DK-Z-Achsefräsungen
★ Alukern oder -Träger ★ bis 300µm Dickkupfer
★ Sonderfarben & -Lacke ★ Sonderaufbauten ★ SMD-Schablonen
★ Großserien über LeitOn Hongkong Ltd. ★ Bestückungsservice aus einer Hand ...

► **Ihr Service - Ihre Qualität**
ISO 9001:2000 zertifiziert ★ zuverlässig & termintreu ★ kompetent und erfahren ★ persönlicher Service & netter Kontakt
★ schnellste Bearbeitung Ihrer Anliegen ★ professioneller CAM Design Rule Check (DRC) ...

www.leitongmbh.de
kontakt@leitongmbh.de
+49-(0)30-701 73 49 15



Expressdienst ab 12 Stunden Pünktlich oder kostenlos!

LeitOn GmbH, Gottlieb-Dunkel-Str. 47/48, 12099 Berlin, www.leitongmbh.de, kontakt@leitongmbh.de, +49 (0)30 701 73 49 15

keit der Störeinflüsse durch Fremdlicht zu hoch.

Ich erinnerte mich dann doch noch an einen alten Telefonmithörverstärker aus den 70er-Jahren in meiner Bastelkiste. Also habe ich besagten Telefonmithörverstärker mit einer frischen Batterie versehen und an das Teelicht gehalten. Als Ergebnis bekam ich eine Melodie zu hören, die ich leider nicht identifizieren kann. Ich habe ein Foto sowie ein Filmchen zur Verwendung auf der Elektor-Website gemacht und würde mich über eine Veröffentlichung in Elektor freuen.

Matthias Müller



Die Idee ist gar nicht schlecht. Der LED-Strom ist offenbar groß genug, um auf diesem Weg hörbar zu werden. Telefonmithörverstärker sind zwar ein bisschen aus der Mode gekommen, aber es geht auch mit jedem anderen kleinen NF-Verstärker, der einen nicht ganz unempfindlichen Eingang hat. Statt der Saugnapfspule kann man prima einen alten Tonkopf aus einem Tonbandgerät oder Kassettenrekorder verwenden – oder eine Spule aus einem Kleinrelais oder aus einem magnetischen Ohrhörer falls in der Bastelkiste auffindbar. Das Filmchen kommt natürlich bei www.elektor.de auf die Seite mit der Mailbox April 2008. Vielleicht erkennt ja einer unserer weit gereisten (und/oder musikalisch gebildeten) Leser die tatsächlich etwas seltsam klingende Melodie...

Updates und Ergänzungen

Mailbox, Elektor 3/2008, S. 10

In der Berichtigung zum Anti-Standby-Switch wurde im Text bei der Spannungsangabe das Vorzeichen vertauscht. Richtig ist – wie in der Abbildung und auf der Platine zu sehen: Der Anschluss für die negative Versorgungsspannung von IC6 (Pin 4 von IC6) liegt an -5 V (in Worten: Minus fünf Volt). Damit sind hoffentlich alle Unklarheiten endgültig beseitigt.

In dem Beitrag „Praktische Anwendung des Elektor-Induktivitätsmessers“ sind im Text

und in der Formel die Hoch- und Tiefstellungen verloren gegangen. Im Text ist AL zu ändern in A_L und 102 in 10^2 .

So sollten die Formeln richtig aussehen:

$$N = \sqrt{L / A_L}$$

mit $A_L = L / N^2$ und $L = A_L \times N^2$
(L in Nanohenry)

$$N = 1000 \times \sqrt{L / A_L}$$

mit $A_L = 10^6 \times L / N^2$ und $L = A_L \times N^2 / 10^6$
(L in Millihenry)

sowie im Berechnungsbeispiel:

$$L = A_L \times N^2 / 10^6 = 0,642 \text{ mH} = 642 \mu\text{H}$$

ECIO-SPS

Elektor 3/2008, S. 72 (Platine 070786-1)

Die Darstellung der Platine auf dem Foto und in Bild 2 entspricht nicht dem letzten Stand. Gegenüber der im Artikel gezeigten Version wurde bei der Serien-Platine der Abstand der 230 V führenden Leiterbahnen und Anschlüsse vergrößert, so dass die von den Sicherheitsvorschriften geforderten Mindestabstände eingehalten werden. Das Layout-PDF auf der Elektor-Website entspricht der im Elektor-Shop gelieferten Serien-Platine.

TV-Light

Elektor 2/2008, S. 24 (Platine 070487-1)

Alle passiven SMD-Bauteile in rechteckiger Bauform sind SMD1206.



Datenakquisition über USB

Elektor 11/2008, S. 18 (Platine 070148-1)

Entgegen der Meinung einiger Leser enthält die Firmware CUSTOM_TAD keinen Bug. Der Quelltext wurde wie in Elektor beschrieben (Abschnitt „PIC Firmware“) mit dem Compiler MPLAB C18 C, Version 3.02 compiliert. Der Compiler gibt sechs Warnungen aus, sämtliche Warnungen können ignoriert werden. Die Compilierung verläuft problemlos, die Hex-Datei wird mit Erfolg generiert. Wenn der Quelltext mit einer späteren Version des C18-Compilers compiliert wird, zum

Beispiel mit dem Compiler MPLAB C18 C, Version 3.14 (neueste Version), treten Fehler auf. Der Compiler bricht die Compilierung ab. Damit die Compilierung auch hier erfolgreich verläuft, müssen folgende Änderungen vorgenommen werden:

1. Datei „main.c“, Zeile 52
#pragma config FCMEM = OFF
ist zu ersetzen durch:
#pragma config FCMEN = OFF

2. Datei „user.c“, Zeile 76
OpenPWM2(0xFF);
ist zu ersetzen durch:
TRISCBits.TRISC1=0;
CCP2CON=0b00001111;

3. Datei „user.c“, Zeile 79
OpenADC(ADC_FOSC_64 & ADC_RIGHT_JUST & ADC_6_TAD, ADC_CH0 & ADC_INT_OFF & ADC_VREFPLUS_VDD & ADC_VREFMINUS_VSS, 7);
ist zu ersetzen durch:
OpenADC(ADC_FOSC_64 & ADC_RIGHT_JUST & ADC_6_TAD, ADC_CH0 & ADC_INT_OFF & ADC_REF_VDD_VSS, 7);

Diese drei Änderungen sind zwingend erforderlich. Nach Vornahme der Änderungen wird der Quelltext vom Compiler problemlos compiliert. Der Compiler gibt lediglich sechs Warnungen aus, auch diese Warnungen haben keine Bedeutung. Die Warnungen können ignoriert werden, die Hex-Datei wird mit Erfolg generiert.

Das PC-Programm läuft auf dem PC nur, wenn das „NET Framework“ von Microsoft auf dem PC installiert ist. Es kann über die Funktion „Windows Update“ von der Microsoft-Website kostenlos herunter geladen werden.

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

Kommende Texas Instruments Events in Deutschland



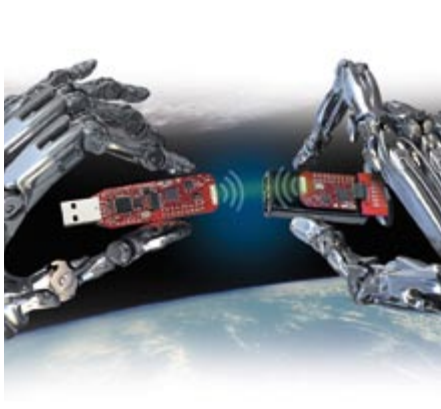
TI Technology Day Stuttgart

23. April 2008

Weitere Informationen und kostenlose Anmeldung unter:
www.ti.com/techday08-el
(Bitte Code angeben: TD-EL)

Im Mittelpunkt des TI Technology Days stehen technische Vorträge zu verschiedenen Themen. Hier werden Sie praxisnah und anschaulich durch Vorträge und Demos über aktuelle Applikationslösungen informiert.

- MSP430
- Signal Aufbereitung und Datenwandlung
- Stromversorgungslösungen
- Digital-Lösungen
- Low-Power RF
- RFID
- Automotive



MSP430 Day 2008

Neun bundesweite Termine im April

Weitere Informationen und kostenlose Anmeldung unter:
www.ti.com/430day-el

Dieses kostenlose halbtägige Seminar bietet Ihnen einen Überblick über die MSP430 Architektur, Ausblicke auf zukünftige Generationen und technische Einblicke in die Handhabung des eZ430-RF2500 Entwicklungstools. Ein persönliches Exemplar ist für Sie inklusive (oder 50% Rabatt auf andere MSP430 Tools)!



MSP430 Advanced Technical Conference

Sonthofen, 9. -12. Juni 2008

Weitere Informationen und Anmeldung unter:
www.ti.com/atc-el

Die ATC ist eine mehrtägige technische Konferenz mit Hands-on Training. Nutzen Sie die Chance, sich vor Ort mit den MSP430 Experten zu unterhalten. Teilnehmer erhalten ein kostenloses MSP430 Experimenters Board. 2008 stehen folgende Themen im Fokus:

- Die neue MSP430 Generation – 5xx
- Einführung in MSP430
- Applikationen für MSP430
- MSP430 Architektur und Peripherals
- Hands-On MSP430 Labs
- MSP430 in Wireless Lösungen
- Low-Power Analog
- C2000™ Digital Signal Controller

www.ti.com/training-el



Echtzeit-Multitasking unter Windows

Je komplexer Automatisierungsanwendungen werden, um so schwieriger wird es, die einzelnen Aufgaben zur Überwachung, Steuerung und Regelung zu koordinieren und nach ihrer Dringlichkeit zu ordnen. Hier setzt das neue MultiTasking Module von Kithara Software an. Das Berliner Unternehmen hat die aktuelle Produktreihe „RealTime Suite 2008“ hiermit um Multi-tasking-Eigenschaften erweitert. Es handelt sich um ein prioritäts-gesteuertes und preemptives - also verdrängendes - Multitasking, das automatisch dafür sorgt, dass die jeweils vom Anwender am wichtigsten eingestufte Aufgabe ausgeführt wird.



Im System stehen bis zu 255 Tasks zur Verfügung, denen jeweils eine unterschiedliche Prioritätsstufe zugeordnet werden kann. Allen Tasks ist gemeinsam, dass diese vorrangig vor sämtlichen anderen Windows-Aktivitäten ausgeführt werden. Dadurch erhält der Anwender die Möglichkeit, komplexe Echtzeitsysteme mit Genauigkeiten im Bereich weniger Mikrosekunden zu realisieren. Mehrere Timer sind sowohl einmalig als auch zyklisch mit Frequenzen von mehr als 10 kHz programmierbar.

Mit einem „suspend/resume“-Mechanismus lassen sich einzelne Tasks vorübergehend blockieren. So erhalten Anwender sogar die Option, die aus vergangenen Tagen stammende „Endlos-Schleife“ zu ersetzen. Bislang war dies oftmals ein wesentlicher Hemmschuh bei der Umstellung von Steuerungen auf DOS-Basis auf moderne Windows-Betriebssysteme.

Die Multitasking-Applikation erstellt der Entwickler komfortabel im Rahmen der Anwendung, die in C/C++ oder Delphi programmiert oder als DLL in eine C#.NET-Anwendung eingebettet werden kann.

www.kithara.de

Starterkit für ARM-Prozessor

Toshiba Electronics Europe stellt ein Starterkit namens BMSKTOPA-SA910 vor, das auf dem herstellereigenen 32-bit-Mikrocontroller TMPA910CRAXBG mit ARM926EJ-S-Kern basiert. Das Hardware-Entwicklungsboard misst gerade einmal 110 mm x 150 mm. Neben dem Prozessor befindet sich auch ein 3,5“-Display mit Touch Screen auf dem Board, sowie Ethernet-Anbindung, eine USB-2.0-Schnittstelle mit 480 Mbit/s und ein RS232-Steckverbinder. Ein Audio-D/A-Wandler, der an den I²S-Bus angeschlossen ist, sorgt bei Bedarf für eine hohe Klangqualität. Außerdem sind 512 Mbit SDRAM, 256 Mbit NOR Flash und 2 Gbit NAND Flash mit integriert. Ein Sockel für SD-Karten ermöglicht den Einsatz austauschbarer Speichermedien.

Tools sind von Drittanbietern erhältlich (z.B. als Probeversionen), ebenso wie umfassender Software-support für Grafikbibliotheken und Embedded-Betriebssysteme (z.B. von Segger). Die mitgelieferte CD-ROM enthält Stromlaufpläne und Leiterplatten-layoutdaten, die kostenlos wieder-



verwendet werden dürfen. Das Board bietet auch eine JTAG-Schnittstelle für einfaches Debugging. Der integrierte LCD-Controller unterstützt TFT- und STN-Displays bis maximal 1024 x 1024 Pixel.

www.toshiba-components.com

3-achsiger Beschleunigungssensor am USB

Mit dem JoyWarrior24F8 bringt Code Mercenaries einen preiswerten dreiachsigen Beschleunigungssensor mit USB-Schnittstelle auf den Markt. Das auf einem MEMS-Sensor basierende Modul misst im Bereich -2 g, -4 g oder -8 g mit 10-bit-Auflösung (alle Achsen) bei maximal 125 Messwerten pro Sekunde. Der Messbereich lässt sich per Software einstellen.



Über die USB-Schnittstelle ist ein einfacher Anschluss an jeden Computer mit USB-Port möglich. Die Softwareunterstützung für MacOS X, Linux und Windows umfasst ein Konfigurationstool für die Einstellung der Sensorparameter, eine Neigungswinkelmessung und ein Kalibrierungstool.

Durch das geringe Gewicht von rund 5 g und die kleine Bauform von 30 mm x 33 mm bei weniger als 5 mm Höhe lassen sich die Module in vielen Anwendungen einsetzen. Der JoyWarrior24F8 eignet sich für Beschleunigungs- und Lagemessungen, für die Messung niederfrequenter Vibrationen und für Eingabegeräte wie zum Beispiel ein Tilt-Gamepad oder eine 3-D-Maus. Zu diesem Zweck stehen acht Eingänge für Taster oder andere digitale Signale zur Verfügung. Der Preis wird mit 16,55 Euro (bei 100 Stück Abnahme) angegeben.

www.codemercs.com

Altium erweitert NanoBoard-Familie

Altium bringt eine neue Reihe seiner (FPGA-)Eval-Boards („Nano-Boards“) auf den Markt. Bei den „Deployment Nano-Boards“ handelt es sich um standardisierte Design-Lösungen, die sich an individuelle



Anforderungen anpassen lassen und das gleiche Motherboard und die gleiche Auswahl an (FPGA-)Daughter- und Peripherie-Boards wie die „Desktop NanoBoards“ des Herstellers bieten. Die neuen Boards lassen sich als endgültiges Produkt verwenden oder aber in größere Systeme integrieren.

Mit der „Industrial Hand Held Unit“ (Foto) wird ein anwenderkonfigurierbares Gerät angeboten, das zwei 3,5-Zoll-Touchscreens und eine vom Anwender definierbare Drucktasten-Benutzerschnittstelle umfasst. Auf das Motherboard (hier stehen eine Reihe von Industriestandard-Ports zur Verfügung) passen ein FPGA-Daughterboard und ein Peripherie-Board nach Wahl. Die gesamte Elektronik-Baugruppe lässt sich vor dem Einbau in das robuste Gehäuse vollständig montieren, konfigurieren und testen.

www.altium.com/Products/NanoBoard

Stick und Tools für STM32

Ausgezeichnet mit dem „Embedded Award“ der Messe „Embedded World“: Der STM32-Performance-Stick von Hitex ist ein Entwicklungssystem in USB-Stick-Form, das



auf einem STM32-Mikrocontroller mit ARM-Cortex-M3-Core basiert. Im Lieferumfang enthalten ist die HiTOP Entwicklungsumgebung sowie Beispiel-Applikationen, die inklusive Source-Code geliefert werden und somit für eigene Zwecke angepasst werden können. Über die Benutzeroberfläche DashBoard kann der Anwender die Konfiguration des STM32 verändern und die Auswirkungen beobachten. Interessant: Der Stick enthält auch einen Standard-ARM7-TDMI-Controller, so dass sich Performance-Vergleiche anstellen lassen. Mit dem Kit lassen sich insbesondere auch die Stromspareigenschaften des STM32-Prozessors austesten. Das optionale STM32-IO-Board stellt Peripheriefunktionen wie USB, CAN, USART und IrDA zur Verfügung.

Dank offener Schnittstellen lassen sich in die HiTOP-IDE auch zusätzliche Tools problemlos integrieren, so z.B. der neue VX-Compiler von Tasking, dessen erzeugter Code sich durch einen minimalen Speicherbedarf und hohe Ausführungsgeschwindigkeit auszeichnet. Doch auch der GNU-Compiler wurde speziell an die STM32-Familie angepasst. Die durchgängige Tool-Chain wird vervollständigt und ergänzt durch den leistungsfähigen Hardware-Debugger Tantino Cortex, RTOS-Support und portable Protokoll-Stacks, die ebenfalls auf den STM32 abgestimmt wurden.

www.hitex.de

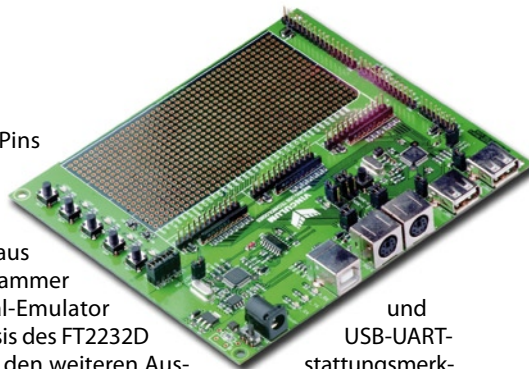
General Purpose-IO-Pins

bereit. Das jetzt vorgestellte „V-EVAL-1“-Board stellt Entwicklern darüber hinaus einen internen Programmierer

sowie einen Terminal-Emulator und einen Monitor auf Basis des FT2232D

zur Verfügung. Zu den weiteren Aus-

stattungsmerkmalen zählen neben PS/2-Anschlüssen für Tastatur und Maus fünf programmierbare Schalter, programmierbare LEDs, Status-LEDs, USB-A/B-Kabel und ein USB Gender Changer für die Entwicklung von USB-Slave-Anwendungen. Ein mitgeliefertes Netzteil lässt dem Entwickler die Wahl, das „V-EVAL“ entweder über das Stromnetz oder mit dem USB-B-Stecker über einen Host-PC zu betreiben. 800 frei belegbare Bohrungen auf dem 130 x 146 mm großen Board bieten zudem großen Spielraum für den Aufbau und Test eigener Applikationen.



www.unitronic.de

www.vinculum.com/prd_v_eval.html

Elektor C++-Fachseminar

Von 6. bis 8. Mai veranstaltet Elektor in Seligenstadt bei Offenbach ein Fachseminar zur Programmiersprache C/C++. Mit seinem praxisbezogenen Schwerpunkt ist das Seminar vor allem für Elektronik-Entwickler, Techniker und Ingenieure geeignet, die bereits Grundkenntnisse in der Sprache C besitzen. Das Seminar beginnt dort, wo die meisten Entwickler ihr Selbststudium beenden. Anhand des bekannten R8C13-Experimentierboards und eines C-Compilers wird der Umgang mit wichtigen C/C++-Klassen speziell für die Mikrocontroller-Programmierung praktisch geübt. Entwickler, die bei ihrer täglichen Arbeit bereits auf einem Mikrocontroller-System in C programmieren, werden über die Konzepte von C++ in Theorie und Praxis informiert.

Der Seminar-Referent Johannes Hofer kommt aus der Industrie und hat umfangreiche praktische Erfahrung auf dem Gebiet der C++- und Java-Programmierung und Erwachsenenbildung. Die Inhalte des Seminars werden live vorgeführt; Teilnehmer können die Übungen sofort nachvollziehen und testen. Nach der praktischen Anwendung werden Fragen beantwortet und noch nicht Verstandenes durch weitere Übungen geklärt. Nach jedem Seminartag wird ein zusätzlicher Workshop angeboten. Ein R8C-Application-Board mit aufgestecktem R8C/13-Carrier-Board, das Buch „Basiskurs R8C/13“ und eine Kurs-CD ist im Seminar-Preis enthalten.

www.elektor.de/c-seminar

Tool-Kit für USB-Host-Entwicklung

Eine leistungsfähige Entwicklungs- und Testumgebung für USB-Host-Designs hat Unitronic vorgestellt. Die Hardware-Plattform „V-EVAL-1“ von FTDI basiert auf einem Vinculum VNC1L-1A 16-/32-bit-USB-Controller, der speziell für die einfache und somit kostengünstige Realisierung von USB-Anbindungen entwickelt wurde. Der Vinculum erkennt unterschiedliche USB-Device-Klassen und kann zudem ein FAT-Dateisystem sowohl lesen als auch beschreiben.

Ausgestattet ist der VNC1L-1A unter anderem mit 64 KB Flash-Speicher, 4 KB SRAM und zwei DMA-Controllern. Seine zwei USB-Host- und -Slave-Ports arbeiten mit USB 2.0 Full Speed und können als Master auch angeschlossene USB-Geräte kontrollieren. Für die interne Anbindung stehen ein UART, SPI, paralleles FIFO und bis zu 28

Anzeige

TOP-TEC-PCB

SPITZEN TECHNIK · SCHNELL & GÜNSTIG

Leiterplatten Online Kalkulieren!

HDI Boards ab 50µm ... chemisch Zinn, Silber, Gold ... blind & buried vias ... FR4 HTG ... Flex Boards ...

PROTO-POOL
PROTOTYPEN 2 & 4 LAGEN

48h^{optional}
EXPRESS

2 Lagen	je Leiterplatte (100mm x 100mm)	in 6 AT
	€48,75*	
4 Lagen	je Eurokarte (100mm x 160mm)	in 8 AT
	€130,00*	

INKLUSIVE

- E-Test
- Oberfläche: HAL bleifrei
- FR4 1.55mm, 35µm Cu
- Einrichtungskosten / Plot
- Design Rule Check
- 1x Bestückungsdruck
- 2x Lötstopp
- Leiterbahnen 150µ
- Bohren 0.3mm
- Konturfäsen
- A.O.I. [multilayer]
- X-Ray [multilayer]

POWER-POOL
PCB SERIEN 1 - 30 LAGEN

48h^{optional}
EXPRESS

2 Lagen	je Eurokarte (100mm x 160mm) ab 8 AT	
	Neu-Bestellung	Nach-Bestellung
10 St.	€21,59*	€13,89*
25 St.	€11,73*	€8,65*
100 St.	€6,48*	€5,71*

WWW.TOP-TEC-PCB.DE

* Lieferung nur an Geschäftskunden, exkl. ges. Umsatzsteuer und Versand (€6,50 bis 5Kg)

USB-Oszilloskope

Die neuen handteller-großen PC-Oszilloskope von Pico Technology (Vertrieb Priggen Special Electronic) für den Anschluss an die USB-Schnittstelle gibt es in drei Varianten. Diese unterscheiden sich in der Bandbreite (5 bis 25 MHz), in der Single-Shot-Abtastrate (40 bis 200 MSamples/s), in der Oszilloskop-Pufferspeicher-Größe (8 bis 16 kSamples/Kanal) und in den Trigger-Modi. Allen drei gemeinsam sind die 8 bit Auflösung, ein Dynamik-Bereich von 48 dB, die Zwischenspeichermöglichkeit von maximal 1000 Kurvenformen und eine Genauigkeit von 3 %. Alle PicoScope2200-Oszilloskope haben auch einen eingebauten Signalgenerator. Dieser kann Standard-Kurvenformen aus einer Sammlung von gespeicherten Kurven erzeugen, der Anwender kann aber auch seine eigenen Formen definieren. Die mitgelieferte PicoScope-Software ist dieselbe wie für die Spitzengeräte des Herstellers. Ebenfalls im Lieferumfang befindet sich die PicoLog-Software für die Aufzeichnung von Messdaten über lange Zeiträume. Die Software wird regelmäßig aktualisiert und erweitert und kann kostenlos von der Pico-Homepage geladen werden. Auch das USB-Schnittstellenkabel ist im Lieferumfang enthalten. Eine externe Spannungsversorgung oder Batterien sind nicht erforderlich, da die Messgeräte über die USB-Schnittstelle des PCs gespeicht werden.



www.priggen.com
<http://german.picotech.com>

Neuer Fluke Katalog

Messgerätehersteller Fluke hat einen neuen Katalog herausgebracht. Der Testgeräte-Katalog 2008 umfasst 116 Seiten und enthält die aktuellsten Informationen zur ständig erweiterten Produktreihe mit robusten und zuverlässigen Messgeräten. In der neuen Ausgabe werden 12 neue Produkte vorgestellt, dazu zählen zum Beispiel die hochgenauen Handmultimeter Fluke 287/289 mit Logging-Funktion. Außerdem sind nützliche Anwendungsberichte und Auswahltabellen enthalten, die für Ingenieure, Techniker und Elektriker gleichermaßen interessant sind. Der Katalog ist kostenlos unter dem unten angegebenen Link erhältlich.

www.fluke.eu

Vielseitige LCR-Messbrücke



Die Auto-Balancing-Messbrücke HM8118 von Hameg kann mit einer (Grund-)Genauigkeit von 0,05 % aufwarten und eignet sich dank ihrer Vielseitigkeit für Entwicklung, Produktion, Service und Ausbildung gleichermaßen.

Neben einer variablen Messfrequenz (20 Hz...200 kHz) stehen eine variable Messspannung (0,10...1,50 V rms) sowie eine Bias-DC-Funktion für Spannung (0...5,00 V bzw. 0...40 V ext.) und für Strom (0...200 mA) zur Verfügung. Durch die verwendete Multislope-Wandler-Technologie und die aufwändige Messsignal-Erzeugung sind stabile Messungen an Kondensatoren bis herunter auf ein fF (angezeigt 0,01 fF) und bei Induktivitäten bis herunter auf 0,1 nH (angezeigt 0,01 nH) möglich. Alle Einstellungen und Messungen können über das Frontpanel, aber auch über den PC erfolgen. Hierzu ist eine galvanisch getrennte Dual-Schnittstelle (USB und RS232) eingebaut.

Standen in der Vergangenheit bei den einfacheren LCR-Metern nur die idealen Größen wie Kapazität oder Induktivität im Fokus, lassen sich mit der LCR-Messbrücke HM8118 insbesondere auch die nicht idealen Eigenschaften realer Bauelemente wie den Rs im Serienschaltbild oder den Rp im Parallelschaltbild eines Kondensators oder einer Spule und die sich daraus ableitenden Kenngrößen wie Güte Q, Verlustfaktor D, Phasenwinkel Theta θ , sowie die komplexen Größen Impedanz Z und Admittanz Y auf Knopfdruck messen. Dabei wurde größter Wert auf eine einfache und praxisgerechte Lösung gelegt. Alle die Messung beeinflussenden und begleitenden Parameter wie Messfrequenz, AC-Messspannung, Bias (U bzw. I), Quellimpedanz (Range), Messgeschwindigkeit (Speed), Status des Leerlauf-, Kurzschluss- und Lastabgleichs werden gleichzeitig mit dem Messergebnis auf dem grafischen LCD zur Anzeige gebracht. Neben der Charakterisierung passiver Bauelemente können mit der neuen Messbrücke auch die spezifischen Eigenschaften von Transformatoren und Übertragern im kompletten Messfenster 20 Hz...200 kHz bestimmt werden.

Im Lieferumfang befindet sich eine auf das Gerät abgestimmte SMD-Test-Fixture sowie ein Kelvin-Messkabel mit zwei Krokoklemmen zur 4-Draht-Messung an diskreten Komponenten. Der Preis der Messbrücke wird mit unter 1.400 Euro angegeben.

www.hameg.de

Anzeige

PCB-POOL®

1dm²

- + Stopplack (für beide Seiten gleich)
- + Einrichtung
- + Fotoplot
- + MwSt.

€ 48,⁸⁶*

*Preisbeispiel für 8 AT zzgl. Versandkosten UPS Standard (D) € 6,90

DIN EN ISO 9001:2000
Zertifikat Nr. 01 100 004044

WATCH "ur" PCB®

Überwachen Sie die Produktion Ihrer Leiterplatten in **REALTIME**

PÜNKTLICH oder KOSTENLOS

(unter Vorbehalt, gilt bei E4-AT Elektronik)

ROHS / WEEE konform

Kooperationspartner conrad.com

Conrad Electronic, DEUTSCHLAND / ÖSTERREICH / SCHWEIZ

Einfach Datei senden und ONLINE bestellen:

PCB-POOL.COM

beta

LAYOUT
 Tel.: 0 61 20 / 90 70 10
 Fax: 0 61 20 / 90 70 14
 info@pcb-pool.com

APRIL 2008

1. + 2. Wolfsburg, Dresden
Technical Data Management
 Kostenloses Eintages-Seminar von National Instruments. Thema: Lösungen zur Verwaltung und Weiterverarbeitung von Daten aus unterschiedlichsten Quellen und Formaten.
www.ni.com/germany/veranstaltungen

1. + 3. + 16. + 29.
 Norderstedt, Nettetal, Pforzheim, Berlin
GSM/GPRS-Modems und Module
 Der Eintages-Workshop wird von Hersteller Wavecom und Distributor Glyn veranstaltet. Thema: Aktuelle und zukünftige Hard- und Software.
www.glyn.de

5. Dortmund
Elektor Röhren-Workshop
 Mit den bekannten Röhren-Experten Menno van der Veen und Rainer zur Linde. Neben Grundlagenwissen wird viel Wert auf die Praxis gelegt.
www.elektor.de/workshop

6. - 11. Frankfurt
Light + Building
 Die Ausstellungs-Fläche teilen sich die Bereiche Licht, Elektrotechnik (mit dem Fokus auf Sicherheitssysteme und Netzwerke) sowie Gebäudeautomation.
www.light-building.messefrankfurt.com

8. + 9. + 10. + 22. + 23.
 Freiburg und weitere Städte
Analog Devices - Embedded Prozessor Workshop
 Wer sich für die Blackfin-DSPs interessiert, ist bei diesem Eintages-Seminar genau richtig. Veranstalter ist Distributor Spoerle.
www.spoerle.de/cda/newsevents/0,5028,3968,00.htm

8. - 10. Stuttgart
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

9. - 10. Aschaffenburg
Entwicklerforum Akku-Technologien
 28 vorwiegend deutschsprachige Fachvorträge, eine Ausstellung und Gespräche mit Experten einer Vielzahl von Firmen warten hier auf interessierte Entwickler.
www.batteryuniversity.eu

10. - 13. Sinsheim, Messegelände
Car + Sound
 Hier gibt's ordentlich was auf die Ohren.

Die Leser der Zeitschrift **Elektronik** haben in den letzten Jahren jede neue EAGLE-Version zum **Produkt des Jahres** gewählt.



EAGLE 4.1
 Schaltplan · Layout · Autorouter

Aus gutem Grund die Nummer eins.

Platinen, die mit EAGLE entwickelt wurden, befinden sich in Patientenüberwachungsgeräten, Chipkarten, Trockenrasierern, Hörgeräten, Autos und Industriesteuerungen. Sie sind klein wie ein Daumennagel 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!

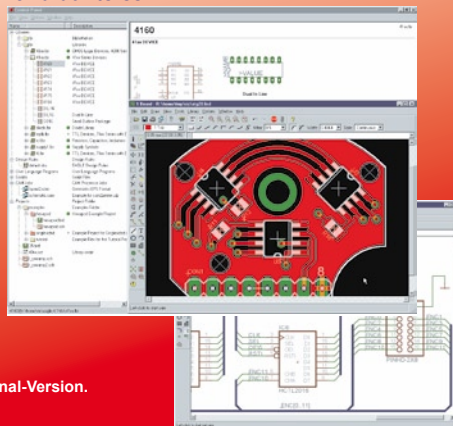
für
Windows®
Linux®
Mac®

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.



Preise	Light	Standard	Professional
Layout		238 €	476 €
Layout+ Schaltplan		476 €	952 €
Layout+ Autorouter		476 €	952 €
Layout+ Schaltplan+ Autorouter	49 €	714 €	1428 €

www.cadsoft.de



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



Alle Preise inklusive 19% MwSt.
 Upgrades zum Differenzpreis

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

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.

Neben Car-Hifi sind auch mobile Multi-Mediageräte, Navigationssysteme und Alarmanlagen ein Thema.
www.carsound-messe.de

12. - 21. China
Elektor Studienreise China
 Die Reise bietet die seltene Gelegenheit, Elektronik-Betriebe zu besichtigen, aber auch Kontakte zu knüpfen. Auch die chinesische Kultur kommt nicht zu kurz!
www.elektor.de/chinareise

15. - 17. München
28. Europäische Telemetriekonferenz
 Themen der englischsprachigen Konferenz sind unter anderem Antennen, elektromagnetische Felder, Sicherheit, Fernmessungen und drahtlose Netzwerke.
www.etc2008.de

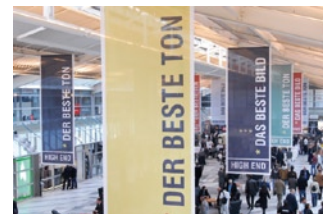
16. - 20. Dortmund
Hobbytronic
 Verbrauchermesse mit Angeboten aus dem Bereich Computer, elektronische Bauelemente, Digitalkameras, Unterhaltungselektronik und Telekommunikation.
www.hobbytronic.de

21. - 25. Hannover
Hannover Messe
 Die bekannteste Industriemesse der Welt ist ein Besuchermagnet. Highlights sind der Bereich Mikrosystemtechnik/Nanotechnologie und die Robotik.
www.hannovermesse.de

23. Stuttgart
Technology Day 2008
 Low-Power-HF, DSPs, MSP430-Controller und Power Management – das sind nur

einige Themen dieses von TI veranstalteten Seminartags.
<http://focus.ti.com/docs/training/catalog/events/event.html?sku=SEM408001>

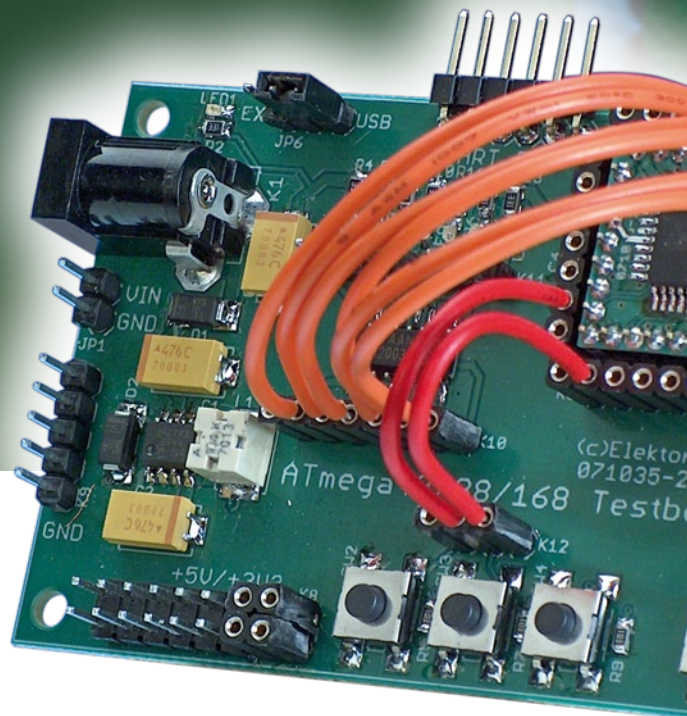
24. - 27. München
High End
 Nicht weniger als das beste Bild und der beste Ton werden hier auf rund 10.000 m² Ausstellungsfläche versprochen. Pflicht für alle Fans des gehobenen Klangerlebnisses!
www.highendsociety.de



Megastark und federleicht

ATM18: Das Elektor-CC2-AVR-Projekt

Von Udo Jürß und Wolfgang Rudolph



Ein ATmega88 auf einer winzigen Aufsteckplatine dient in dieser neuen Artikelreihe als Universal-Rechenknecht für die unterschiedlichsten Anwendungen. Das beginnt mit einem Reaktionszeittester und führt weiter zu Projekten wie einer hochgenauen Wetterstation und einem 3D-Magnetometer. In einem Mega-Projekt soll der ATmega schließlich ein viermotoriges Fluggerät autonom steuern. Jede einzelne Applikation liefert ein nachvollziehbares Beispiel dafür, wie man mit AVR-Controllern arbeitet.

Elektor-Leser kennen schon den ATmega8, den ATmega16 und den ATmega32 in realen Anwendungen. Hier wird der ATmega88 eingesetzt, weil er klein, leicht und leistungsstark ist (siehe auch Textkasten zu AVR und ATmega). Verglichen mit dem ATmega8 bekommt man bei gleicher Baugröße eine höhere Taktrate, bis zu sechs PWM-Ausgänge und viele andere Extras, die dem Entwickler das Leben erleichtern.

Im Mittelpunkt unseres AVR-Projekts steht das mit dem ATmega88 bestückte Controllermodul ATM18, das für den universellen Einsatz möglichst klein und leicht ausgelegt wurde. Es handelt sich hierbei um eine erprobte Platine, die in den Drohnen der microdrones

GmbH seit Jahren erfolgreich eingesetzt wird und für unsere speziellen Anwendungen angepasst wurde. Wer einmal diese kleinen Drohnen mit ihren vier Propellern in der Luft gesehen hat, der versteht, warum es Sinn macht, maximale Rechenleistung auf kleinsten Raum zu packen. Der **Computer: club**² berichtete bereits in der NRW-TV-Sendung vom Dezember 2007 darüber, die man sich jederzeit aus dem Internet laden kann [1].

Die Grundlage des Projekts besteht aus zwei Platinen: Das ATM18-Controllermodul mit einer Größe von 18 mm x 18 mm und das ATM18-Testboard als Entwicklungshelfer mit zahlreichen Schnittstellen. Wie man unschwer erkennen kann, kommt hier

konsequent SMD-Technik zum Einsatz. Damit ist das manuelle Bestücken natürlich etwas schwieriger. Wir haben jedoch vorgesorgt, damit niemand im Regen steht. Sowohl das Controller-Modul als auch das Testboard sind mit bereits bestückten SMD-Bauteilen erhältlich. Nur die Stecker und Anschlussbuchsen muss man noch selbst einlöten. So kann man auch selbst entscheiden, ob und wann man die Stecker bestückt. Bei bestimmten Anwendungen kann es ja durchaus Sinn machen, das Controller-Modul mit anderen Platinen oder Sensoren direkt zu verbinden. Das Controllermodul ist natürlich auch unabhängig vom Testboard erhältlich. Wenn nämlich eines der Module einen sinnvollen Einsatz gefunden hat, war-



tet bestimmt schon die nächste Aufgabe, für die dann ein neues Modul gebraucht wird.

Das Controllermodul ATM18

Bei diesem Modul handelt es sich um ein Carrierboard (zu Deutsch Trägerplatine), wie es viele Elektor-Leser vom R8C-Projekt her kennen. Für die winzige ATM18-Modulplatine wurde dünnes Platinenmaterial verwendet, um sie so klein und so leicht wie möglich zu halten. Deshalb kommt auch ein ATmega88 im TOFP-32-Gehäuse zum Einsatz (es gibt ihn auch noch im DIL-28). Mit auf dieser Mini-Platine befinden sich ein Quarz mit 16 MHz und die notwendigen SMD-Kondensatoren sowie zwei Widerstände. Mit nur 18 mm x 18 mm ist das Controllermodul kleiner als eine Briefmarke und nach Programmierung ohne weitere Zusatzelektronik lauffähig. Bei den Stiftleisten wird aus Platzgründen das 2-mm-Raster verwendet. In kleineren Anwendungen können anstatt der Stiftleisten auch hier Kabel direkt angelötet werden. Stiftleisten in diesem Raster sind inzwischen schon

Das ATM18-Projekt im Computer:club²

ATM18 ist ein gemeinsames Projekt von Elektor und dem Computer:club² (www.cczwei.de) in Zusammenarbeit mit Udo Jürß, dem Cheftwickler von www.microdrones.de. Elektor unterstützt dieses Projekt durch Artikel in der Zeitschrift, bestückte Platinen im Elektor-Shop und Zusatzinformationen, Software-Downloads und das Forum auf www.elektor.de.

Die neuesten Entwicklungen und Anwendungen des ATM18-Systems stellt Wolfgang Rudolph vom Computer:club² jeden Monat in der Sendung CC²-tv bei NRW-TV vor. Die Platinen und Beispielprogramme aus diesem Beitrag sind in der **Sendung 9** von CC²-tv in Aktion zu sehen. Nicht verpassen!

CC²-tv wird von NRW-TV als Kabelprogramm in NRW und als Livestream im Internet gesendet (www.nrw.tv/home/cc2).

Als Podcast gibt es CC²-tv bei www.cczwei.de und – ein paar Tage später – auch bei sevenload.de.

relativ üblich, nachdem sie in Japan schon länger verwendet werden. Zwar gibt es noch keine Punktrasterplatinen dafür, aber das ATM18-Testboard ist dafür vorbereitet. Von dort geht es dann weiter mit Pfostenfeldbuchsen im 2,54-mm-Raster. Die eigentlichen Experimente benötigen dann nur noch passende isolierte Drähte (0,8 mm), die an die gerade benötigten Eingänge oder die Taster gelegt werden.

Bild 1 zeigt die Pinbelegung des ATmega88 und **Bild 2** das Pinout des Moduls. Unschwer erkennt man die Parallelen und die Unterschiede. Aus 32 Anschlüssen werden 29, weil GND und VCC beim TOFP-Gehäuse gleich mehrfach vorhanden sind. Außerdem wurden alle Anschlüsse für die In-System-Programmierung (ISP) nebeneinander in eine Reihe gelegt, was die Verbindung mit dem Programmiergerät erleichtert.

Auf der Rückseite des Moduls (siehe **Bild 3**) findet man den Quarz und ein paar Kondensatoren. Das ist auch schon alles, was man so braucht, um den Controller in Gang zu setzen – siehe Schaltplan in **Bild 4**. Der Anschluss AVDC des Controllers erhält eine über R1 und C3 gefilterte Betriebsspannung. Am Reset-Pin findet man als Pullup R2 mit 10 kΩ.

Bild 5 zeigt das Platinenlayout. Man erkennt die auf allen vier Seiten angeordneten Stiftleisten im 2-mm-Raster. Wenn man die Platine damit bestückt, lässt sie sich perfekt in die Buchsenleisten auf dem Testboard stecken. Beim Einlöten der Stiftleisten sollte man sorgfältig auf die exakt senkrechte Montage achten. Damit dies problemlos gelingt, kann man das Testboard als Löthilfe verwenden. Stecken Sie die entsprechenden Buchsen- und Steckerleisten zusammen auf das Test-

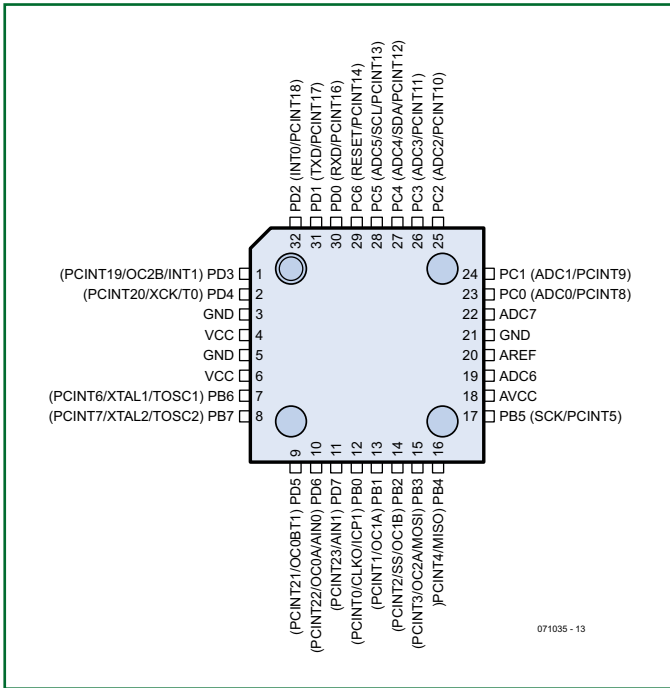


Bild 1. Die Pinbelegung des ATmega88 im TQFP-Gehäuse.

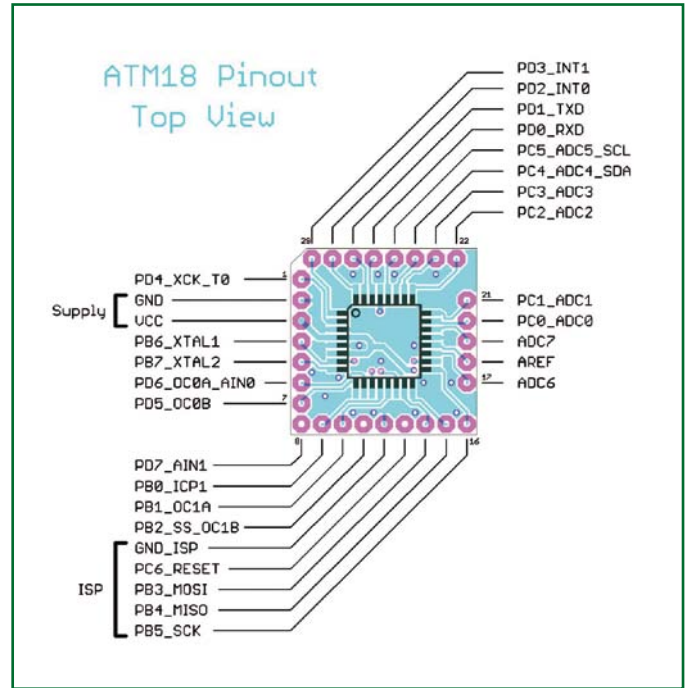


Bild 2. Anschlussbelegung des ATM18-Controllermoduls.

board und setzen Sie das Controllermodul auf. Damit steht alles genau im richtigen Winkel. Löten Sie dann erst jeweils zuerst nur einzelne Pins der Stecker und der Buchsenleisten. Nach einer sorgfältigen optischen Kontrolle und eventueller Korrektur kann der Rest verlötet werden.

Das Testboard

Diese Platine ist natürlich etwas größer, sie beherbergt eine ganze Reihe von Schnittstellen und die Stromversorgung für das ATM18. Es dient zum Experimentieren und zum einfachen Anschließen von Hardwareerweite-

runge, Sensoren, Aktoren und weiterem „Zubehör“. Die Größe des Testboards beträgt 80 mm x 50 mm, die Befestigungsbohrungen haben einen Abstand von 72 mm und 44 mm. Bild 6 zeigt das Schaltbild des Testboards. IC1 ist ein Step-down-Schaltregler LM2594-5. Aus einer Versorgungsspannung zwischen 7 V und 16 V an der Versorgungsbuchse K1 erzeugt er ohne große Verlustleistung und damit ohne lästige Wärme eine Betriebsspannung von 5 V für den Controller und die Peripherie. Es werden also keine hohen Anforderungen an die Stromversorgung gestellt. Man kann ein einfaches Steckernetzteil verwenden, aber auch Akkus oder sogar eine 9-V-Blockbatterie. D1 sorgt zusätzlich für die Sicherheit bei versehentlicher Verpolung und weist als Schottky-Diode einen geringen Spannungsabfall auf.

Um die so erzeugte Spannung EXT+5V zu verwenden, muss ein Jumper auf JP1 1-2 (EXT) gesteckt werden. Wählt man die Stellung 2-3 (USB), dann kommt die Versorgung von K5, dem Anschluss für die serielle TTL-Schnittstelle. Schließt man an K5 einen FTDI-Adapter TTL-232R USB-Seriell-Konverter an (<http://www.ftdichip.com/Products/EvaluationKits/USB-Serial.htm>, in Kürze auch im Elektor-Shop erhältlich), dann erhält man die 5-V-Stromversorgung über den USB des verwendeten PCs. Es gibt auch eine 3,3-V-Variante

ATM18-Controllermodul

Kurzdaten:

- Mikrocontroller: ATmega88
- Betriebsspannung: 2,7 V bis 5 V
- Prozessortakt: 0..20 MHz (Standard 16,0 MHz)
- Stromaufnahme: ca. 18 mA (bei 5 V und 16 MHz)

Hardware-Ausstattung:

- 2 x 8-bit-Timer/Counter (Timer0, Timer2)
- 1 x 16-bit Timer/Counter (Timer1)
- 1 x synchrone serielle Schnittstelle (SPI)
- 1 x asynchrone serielle Schnittstelle (UART)
- 1 x 2-Draht-Schnittstelle (I2C)
- 1 x 10-bit-A/D-Wandler mit 8 Eingängen (ADC0..7)
- 1 x analoger Komparator
- Bis zu 23 digitale Eingänge/Ausgänge

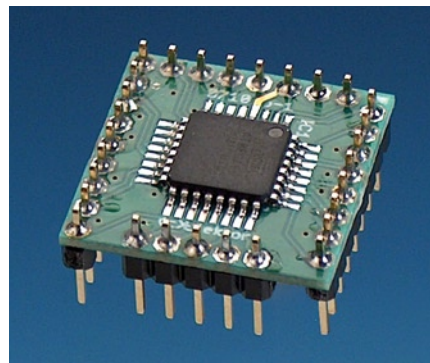
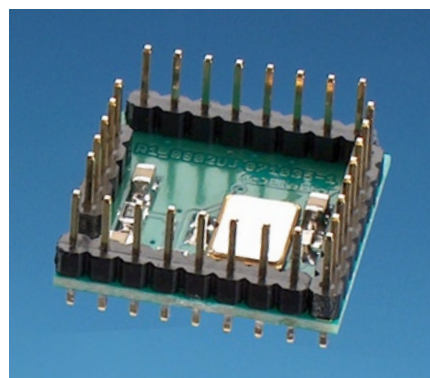


Bild 3. Oberseite und Unterseite des ATM18-Controllermoduls.



AVR, ATtiny und ATmega

Die Wahl fiel für dieses Projekt auf den Mikrocontroller ATmega von Atmel. Hier steht eine ganze Familie von Controllern zur Verfügung, die sich hauptsächlich in ihrer Leistung unterscheiden. Diese Chipfamilie zeichnet sich durch Vielseitigkeit, modernes Design und niedrige Kosten aus. Das AVR-Design wurde an der Universität für Technologie in Trondheim in Norwegen entwickelt und dann von der Firma Atmel gekauft. Der AVR-Kern ist außergewöhnlich klein und enthält nur rund 4000 Gates. Atmel als einziger Hersteller von Prozessoren dieses Designs bietet zwei Serien an, die ATtiny- und die ATmega-Reihe. Der AVR ist ein RISC-Prozessor (Reduced Instruction Set, in Deutsch etwa „reduzierter Befehlssatz“). Ein traditioneller CISC (Complex Instruction Set Coding, in Deutsch etwa „komplexer Be-

fehlssatz“) verfügt über mächtige und komplexe Befehle. Das Dekodieren eines solchen Befehls dauert wesentlich länger als bei einem RISC-Befehl. Auch bei einem Interruptrequest benötigt die CPU bei CISC-Befehlen mehr Zeit als bei einer RISC-Struktur und kann nicht so schnell auf die Unterbrechungsanforderung reagieren.

Alle ICs der AVR-Familie sind vom Prinzip her gleich aufgebaut. Sie unterscheiden sich nur in der Größe ihres Speichers und der Anzahl und Art der Timer. Einige besitzen auch einen A/D-Wandler oder einen UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, also eine programmierbare serielle Schnittstelle) auf dem Chip. Beim Design der AVR wurde schon bei der Entwicklung der Chips auf die optimale Programmierung mit Hochsprachen Rücksicht genommen. Ein solcher RISC-Controller ist für unsere Versuche von seiner Leistungsfähigkeit und ebenso von seinem Preis her ein idealer Rechenknecht.

des Adapters, der ebenfalls verwendet werden kann. Die jeweils eingesetzte Spannung kann an acht Anschlüssen an K4 entnommen werden. Hier gibt es außerdem acht Masseanschlüsse, man hat also insgesamt acht Zapfstellen für die Versorgung von externen Geräten. Zusätzlich bietet K3 noch sechs Massepins. Auch JP2 gehört noch zur Stromversorgung. Setzt man hier einen Jumper, dann werden die +5 V als Referenzspannung für den A/D-Wandler des Controllers angeschlossen. Die Leitungen TXD und RXD an K5 sind

TTL-kompatibel und nicht invertiert. Wollte man daraus eine echte RS232-Schnittstelle machen, müsste noch ein Schnittstellenbaustein (z.B. MAX232) zwischengeschaltet werden. Der Anschluss ist jedoch direkt für den TTL-232R USB-Serial-Converter von FTDI geeignet.

Insgesamt findet man vier Tastschalter auf der Platine des Testboards (Bild 7). S4 ist der Reset-Taster, mit dem ein Programm jederzeit neu gestartet werden kann. S1 bis S3 sind drei universell

nutzbare Taster, die an K8 liegen. Man legt sie bei Bedarf an beliebige Prozessorports, wo sie dann von einem passenden Programm abgefragt werden können.

Auch für die Ausgänge ist gesorgt. Ein Leistungstreiber ULN2003 bietet sieben Leistungsausgänge an K6. Es handelt sich um Open-Collector-Ausgänge mit einer Belastbarkeit bis zu 500 mA zum Anschluss von beispielsweise Motoren und Relais. Zusätzlich sind hier bereits sieben LEDs mit Vor-

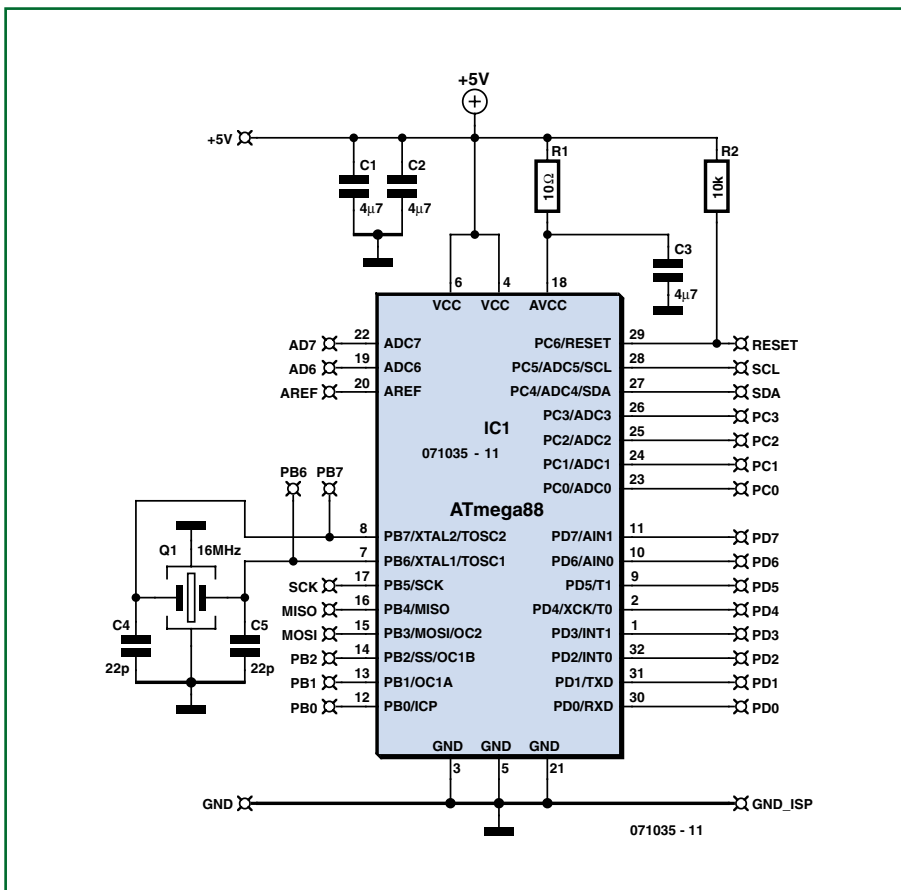


Bild 4. Der Schaltplan des ATM18-Controllermoduls.

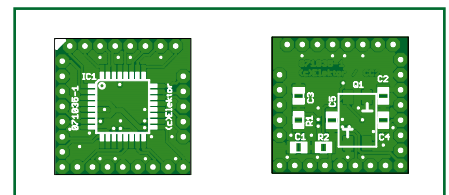


Bild 5. Die Platine des ATM18-Controllermoduls.

Stückliste

ATM18-Controllermodul

Widerstände (SMD 805):

R1 = 10 Ω
R2 = 10 k

Kondensatoren (SMD 805):

C1...C3 = 4µF/6,3 V (z.B. Farnell 922-7857)
C4, C5 = 22 p

Halbleiter:

IC1 = ATmega88 (TQFP32, Atmel)

Außerdem:

Q1 = 16-MHz-Quarz, SMD (7 mm x 5 mm)
3 x Stiftleiste, 8-polig, 2-mm-Rastermaß
1 x Stiftleiste, 5-polig, 2-mm-Rastermaß
Platine 071035-1 (Layout-PDF als
Gratis-Download bei www.elektor.de)
Modul 071035-91 (SMD-bestückt und
getestet, inklusive Stiftleisten, erhältlich
im Elektor-Shop)

widerständen angeschlossen. Die Eingänge des Leistungstreibers liegen an K7. Hier schließt man je nach Bedarf die Prozessorports an. Welche das sein sollen, liegt ganz in der Hand des Anwenders beziehungsweise des Programmierers.

Einer der wichtigsten Anschlüsse auf dem Board ist der ISP-Stecker K13 zum

Anschluss eines Programmiergeräts. Die Pinbelegung ist kompatibel zum sechspoligen ISP-Stecker des STK500 beziehungsweise des AVRISP mkII von ATMEL. Preiswerter ist der AVRISP-mkII-kompatible USB-AVR-Programmer von Elektor, der im nächsten Heft vorgestellt wird, aber schon zusammen mit dem ATM18-Testboard erhältlich sein

wird. Dieser USB-AVR-Programmer basiert auf dem sehr populären und universellen USBprog von Benedikt Sauter, der in Elektor 10/2007 veröffentlicht wurde. Außerdem kann ein einfacher PonyProg-kompatibler Anschluss direkt an den Steckkontakten des Prozessorbords verwendet werden. Eine Übersicht über die Spannungsversorgung und die Schnittstellen ist in separaten Textkästen angegeben.

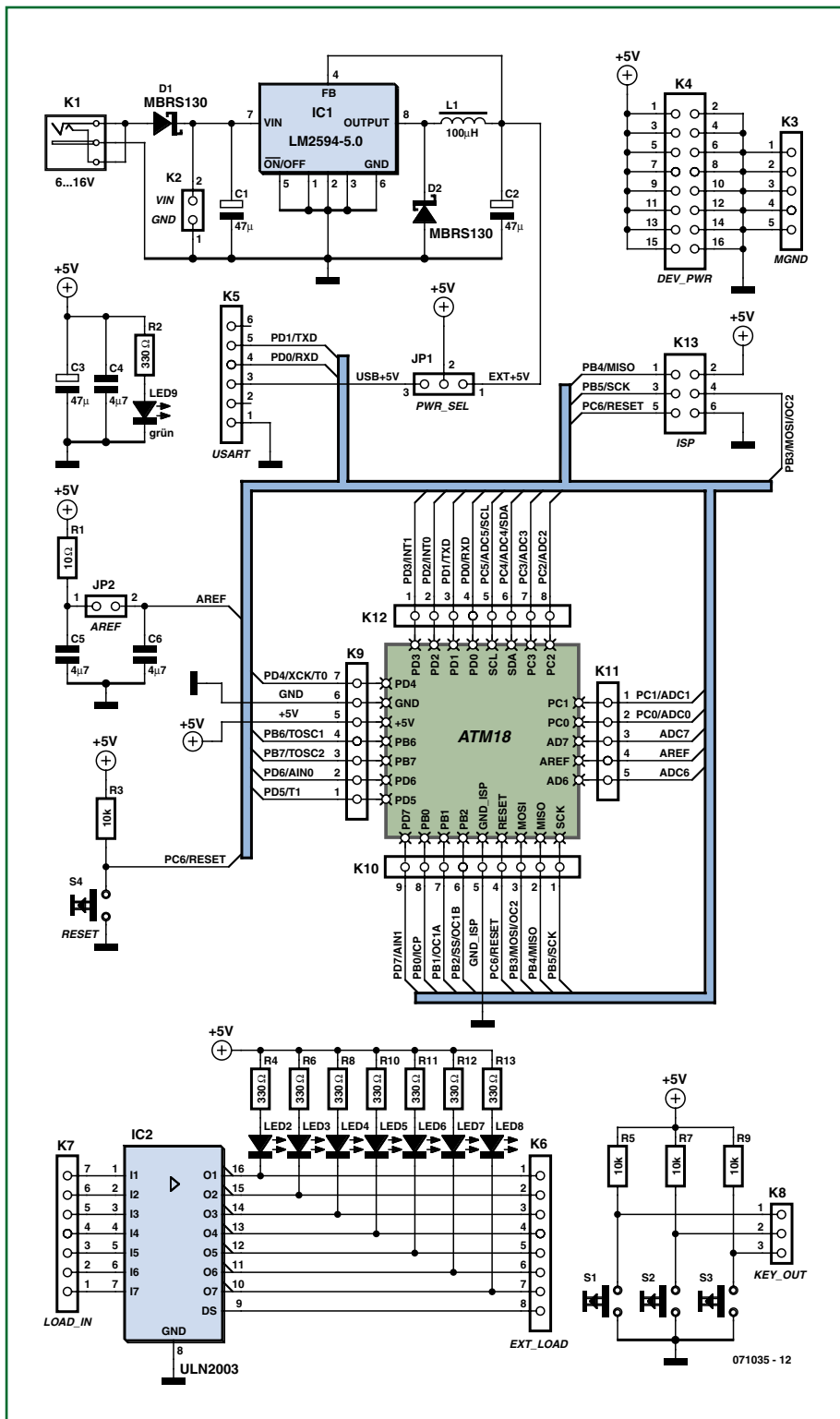


Bild 6. Der Schaltplan des ATM18-Testboards.

Schnelle Verbindungen

Das ATM-18-Testboard ist weitgehend mit Buchsenleisten im 2,54-mm-Raster bestückt. Für die Verdrahtung braucht man daher nicht zu löten, sondern kann die gewünschte Konfiguration schnell zusammenstecken. Dafür benötigt man lediglich geeignete Drahtstücke mit abisolierten Enden. Bewährt hat sich eine Drahtstärke von 0,8 mm. Einige Drahtstücke mit 8 cm Länge sollten immer bereitliegen, dann lassen sich schnell und flexibel die erforderlichen Verbindungen für die einzelnen Anwendungen und Experimente aufbauen (Bild 8). Wenn Verbindungen zu externen Baugruppen hergestellt werden sollen, kann man auch Stiftheften einsetzen und passend mit Flachbandkabeln verbinden.

Software

Udo Jürß [2], der Entwickler des ATM18-Systems, kommt von der professionellen Seite und ist es gewohnt, mit ebensolchen Werkzeugen zu programmieren. Hier ist der C-Compiler von IAR das richtige Werkzeug. Diese sehr leistungsfähige Entwicklungsumgebung lässt kaum Wünsche offen. Doch wie fast immer ist ein so hoch spezialisiertes Werkzeug zumindest am Anfang nicht einfach zu bedienen. Es bedarf einiger Einarbeitung, bis Compiler und Benutzer harmonieren und sich das gewünschte Ergebnis einstellt. Von der IAR-Homepage lässt sich aus dem Downloadbereich (www.iar.com) eine zeit- oder speicherbegrenzte Demoversion laden. Letztere reicht schon für viele Anwendungen aus. Diese „KickStart edition of IAR Embedded Workbench“ für ATMEL-Controller arbeitet ohne Zeitbegrenzung und erzeugt Code bis zu einer Größe von 4 KB. Man muss lediglich einige Fragen beantworten, bevor der Ladevorgang gestartet werden kann. Für unsere Leser haben wir ein C-Projekt auf die ELEKTOR-Homepage gestellt, mit dem das Konfigurieren des IAR-Com-

Spannungsversorgung

Kurzübersicht zum ATM18-Testboard:

- Externe Versorgung mit 7 bis 16 V Gleichspannung (K1).
- Verpolungsschutz (D1).
- Wahlweise externe oder USB-Versorgung (PWR_SEL, JP1).
- Wahlweise Referenzspannung für A/D-Wandler (AREF, JP2).

- Verlustarme Spannungsregelung mit 5-V-Schaltregler (IC1).
- 8-fach-Versorgungsanschluss für externe Module (DEV_PWR, K4).
- Zusätzlicher Anschluss für externe Versorgungsspannung (VIN, K2).
- LED Betriebsspannungsanzeige (LED1).
- Mess-Masse (MGND, K3).
- Stromaufnahme: 9 mA bei 12 V extern ohne ATM18-Modul, 27 mA mit ATM18-Modul.

pilers stark vereinfacht wird. Ebenso stehen alle Programme zu dieser Artikelreihe immer auch als Hex-Datei zum Download zur Verfügung. Wer nicht mit C und einem derart mächtigen Werkzeug beginnen möchte, der kann auch mit Assembler oder mit BASCOM arbeiten. BAS-

komos kostenlos aus dem Internet laden (www.mcselec.com/elektor.htm). Sie ist auf 4 KB Programmgröße begrenzt, aber uneingeschränkt funktionsfähig und für die ersten Projekte vollkommen ausreichend. BASCOM-AVR läuft unter W95/W98/NT/XP und mit kleinen Einschränkungen auch auf

der-System schon klassische LED-Lauflicht. Wichtig ist, dass das File m88def.dat im Listing angegeben wird. Alternativ kann man auch den verwendeten Controller in den Optionen auswählen. Die Quarzfrequenz (16 MHz) ist hier in Hz angegeben. Diese Angabe ist wichtig, damit

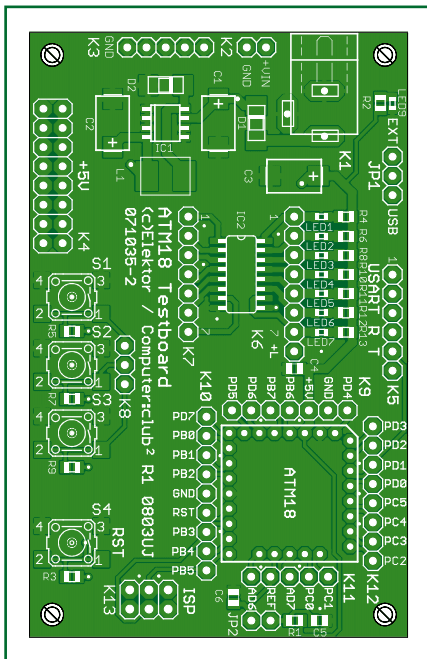


Bild 7. Die Platine des ATM18-Testboards.

COM-AVR ist eine sehr effiziente Hochsprache für die AVR-Controller und weitgehend mit Q-BASIC vergleichbar. Die Programmierung ist sehr übersichtlich und einfach, weil komplexe Befehle dem Programmierer viel Arbeit abnehmen. Die Demo-version von BASCOM kann man sich

Linuxplattformen unter dem Emulator Wine.

LED-Lauflicht in BASCOM

Das erste kleine Programmbeispiel mit BASCOM-AVR ist das für erste Schritte mit einem neuen Control-

ler-System schon klassische LED-Lauflicht. Wichtig ist, dass das File m88def.dat im Listing angegeben wird. Alternativ kann man auch den verwendeten Controller in den Optionen auswählen. Die Quarzfrequenz (16 MHz) ist hier in Hz angegeben. Diese Angabe ist wichtig, damit

Stückliste ATM18-Testboard

Widerstände (SMD 805):

- R1 = 10 Ω
- R2, R4, R6, R8, R10...R13 = 330 Ω
- R3, R5, R7, R9 = 10 k

Kondensatoren:

- C1...C3 = 47 μ /16 V (SMD7343-43, z.B. Farnell 498-762)
- C4...C6 = 4 μ 7/6,3 V (SMD 805, z.B. Farnell 922-7857)

Induktivitäten:

- L1 = 100 μ H (SMD2220, z.B. Epcos B82442A1104K)

Halbleiter:

- D1, D2 = MBRS130 (BYS10), DO214-AC (z.B. Farnell 995587)
- LED1 = SMD0603-LED, grün (z.B. Farnell 852-9833)
- LED2...LED8 = SMD0603-LED, rot (z.B. Farnell 852-9868)
- IC1 = LM2594-5.0, SO8 (National Semiconductor)
- IC2 = ULN2003AD, SO16

Außerdem:

- K1 = Netzgerätebuchse für Platinenmontage, Lumberg NEB 21 R (Farnell 1217037)
- K2 = einreihige Stiftleiste, 2-polig
- K3 = einreihige Buchsenleiste, 5-polig
- K4 = zweireihige Stiftleiste, 16-polig
- K5 = einreihige Stiftleiste, gewinkelt, 6-polig
- K6 = einreihige Buchsenleiste, 8-polig
- K7 = einreihige Buchsenleiste, 7-polig
- K8 = einreihige Buchsenleiste, 3-polig
- K9 = einreihige Buchsenleiste, 7-polig
- K10 = einreihige Buchsenleiste, 9-polig
- K11 = einreihige Buchsenleiste, 5-polig
- K12 = einreihige Buchsenleiste, 8-polig
- K13 = zweireihige Stiftleiste, 6-polig, 3 * 2-mm-Buchsenleiste, 8-polig, 1 * 2-mm-Buchsenleiste, 5-polig
- JP1 = Stiftleiste, 3-polig
- JP2 = Stiftleiste, 2-polig
- S1...S4 = Drucktaster, SPNO-B3S-Serie, Omron (Farnell 118-1016)
- Platine 071035-2 (Layout-PDF als Gratis-Download bei www.elektor.de)
- SMD-bestückte Platine 071035-92 (mit allen Bauteilen, erhältlich im Elektor-Shop)

Schnittstellen

Kurzübersicht zum ATM18-Testboard:

- ISP-Programmieradapter (ISP, K13),
- USART für FTDI-USB-Seriell-Konverter oder serielle Schnittstelle mit
- TTL-Pegel (USART, K2),

- 3x frei verdrahtbare Taster (S1...S3, K8).
- 7x frei verdrahtbare LEDs (LED2...LED8, K7).
- 7x frei verdrahtbare Leistungsausgänge max. 500mA (K6).
- Reset-Taster (RST, S4).
- Stecksocket für ATM18-Controllermodul (K9, K10, K11, K12).

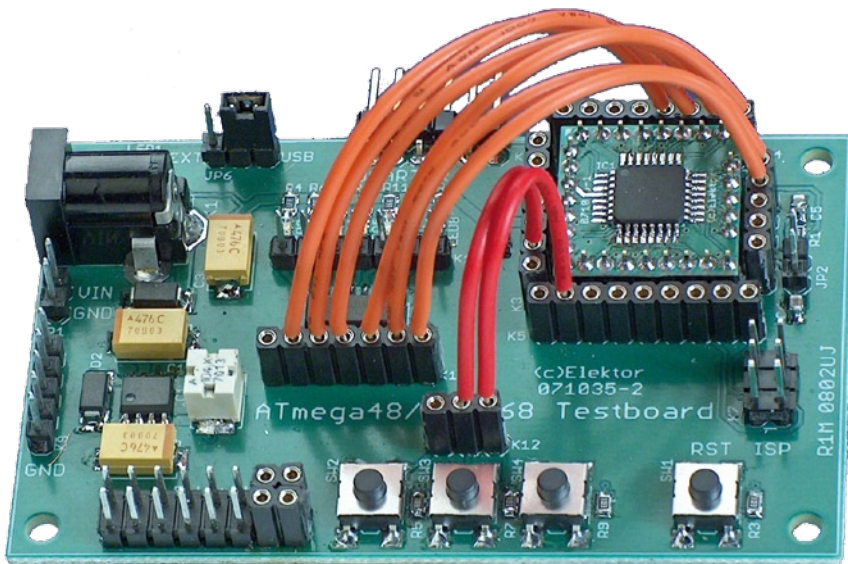


Bild 8. Ein Labormuster des Testboards mit Verdrahtung für einen Versuch. Der endgültige Bestückungsaufdruck ist in Bild 7 zu sehen.

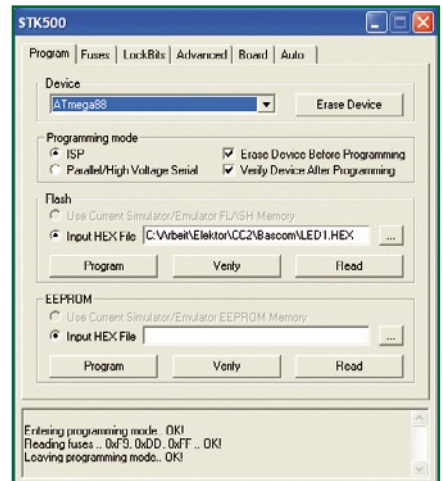


Bild 9. Programmieren des Flashspeichers.

In einer Endlosschleife (Do ... Loop) soll nun das 1-Bit verschoben werden. Bitweise nach links verschieben entspricht der Multiplikation mit zwei. Aus 1 wird damit 2, aus 2 wird 4 und so weiter. Auf diese Weise steuert das Programm nacheinander die einzelnen Ausgänge an. Nach jeder neuen Ausgabe folgt eine Wartezeit von 100 Millisekunden (Listing 1). Zum Testen des Programms braucht man zuerst einmal eine Verbindung zwischen dem Port C (sechs Leitungen) und dem Eingang des LED-Treibers ULN2003 (sieben Leitungen). Hier werden die sechs unteren Bits PC0 bis PC5 gebraucht. Die siebte LED bleibt zunächst frei. Man könnte auch ein weiteres Bit eines anderen Ports verwenden oder aber den Port D einsetzen, der insgesamt acht Anschlüsse hat. Als nächstes muss das Programm natürlich in den Controller geflasht wer-

den. Dazu benötigt man einen geeigneten Programmer wie zum Beispiel das STK500 [3] oder den bereits genannten USB-AVR-Programmer von Elektor. Wer möchte (und noch einen Parallelport am PC hat), der kann auch den supersimplen Parallelport-Programmer verwenden, den wir in einem kostenlosen Zusatzartikel auf der Elektor-Website beschreiben. Ein AVR-ISP-Programmieradapter für die serielle PC-Schnittstelle wurde in Elektor 5/2006 im Artikel „Mini-Mega-Board“ veröffentlicht. Für die Programmierung wird Studio4 verwendet (kostenloser Download unter [3]). Von hier ruft man den Programmer auf. Wichtig ist es, den korrekten Chip (ATmega88) auszuwählen. Außerdem muss das erzeugte HEX-File (LED1.hex) angegeben werden (Bild 9).

Außer dem Programm müssen auch die Fuses passend geflasht werden. Wichtig ist hier insbesondere das Einstellen der Verwendung des Quarzes, weil der Controller vom Hersteller auf den internen Oszillator mit Teilerfaktor acht eingestellt wird. Bild 11 zeigt die Einstellung der richtigen Fuses (als Beispiel wieder beim STK500). Wenn alles richtig gemacht wurde, sieht man genau das, was das leicht lesbare Basic-Programm schon erkennen lässt: Die LEDs laufen im 0,1-Sekundentakt immer wieder von rechts nach links. Ein weiteres BASCOM-Beispielprogramm und den eingangs genannten Reaktionszeittester als C-Projekt mit dem IAR-Compiler findet man bei den kostenlosen Zusatzinformationen zu diesem Artikel auf der Elektor-Homepage.

Links:

- [1] www.cczwei.de
- [2] www.microdrones.de
- [3] www.atmel.com

(071035-1e)

```

Listing 1
Laufflicht (LED1.hex)

,7 LEDs on PortD

$regfile = „m88def.dat“
$crystal = 16000000
Config Portd = Output
Dim Leds As Byte
Leds = 1

Do
  Leds = Leds * 2
  If Leds > 64 Then Leds = 1
  Portd = Leds
  Waitms 100
Loop
    
```

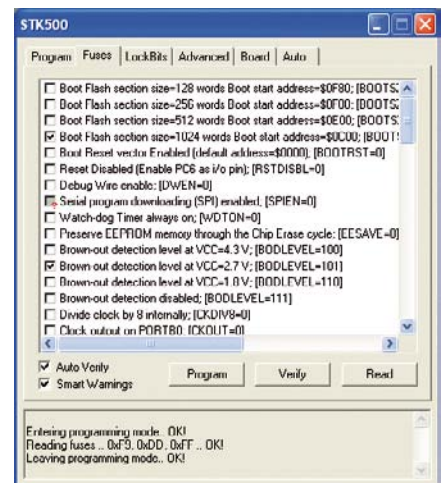
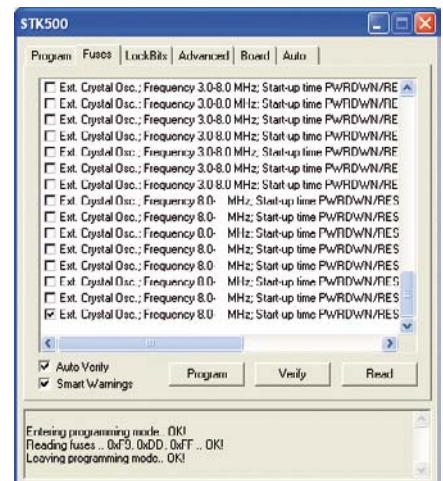


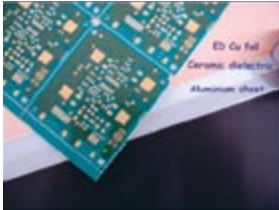
Bild 10. Die Einstellung der Fuses.





"Rund um die Leiterplatte"
Geräte, Maschinen, und Zubehör

COBRITHERM[®] pro NEU

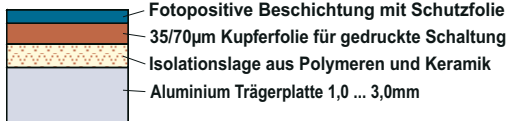


... die Basisplatte für Ihre Leistungselektronik

1,05 W/(m*K)
Wärmeleitfähigkeit

Modellbau • Leistungsendstufen
LED-Technik • Motorsteuerungen

COBRITHERM[®] pro - isoliertes Metall Substrat IMS



Gie-Tec GmbH
An der Schlierbach 18
D-36132 Eiterfeld

Tel.: 06672/898-910
Fax: 06672/898-565
info@gie-tec.de

www.gie-tec.de

Neu bei Amplimo.....



Der MCML05 Röhren-Vorverstärker Bausatz ist ab sofort lieferbar. Ein HIGH-END Vorverstärker mit MC + MM Phonostufe und detaillierter Schritt-für-Schritt Bauanleitung.

.....und natürlich weiterhin



Unser UL40-S2 Röhrevollverstärker Bausatz.

Dieser Bausatz ist auch als reine Endstufe erhältlich.

- Ringkern Ausgangsübertrager
- Transistor Endverstärker Module
- A5-Vorverstärker Modul
- LRZ-Lautsprecher Relais

- Ringkern Netztrafos
- Signalübertrager
- Röhren und Fassungen
- Jensen Audio Kondensatoren



Amplimo Deutschland GmbH
Rothenturmstraße 97a Tel. 08459 323408
85053 INGOLSTADT email. info@amplimo.de

ISA + PCI
Computerkarten
RS-232/422/485
2/4/8-Port Karten
und Konverter
Watchdog-, Analog-,
Digital-, Relais- Opto-,
8255-, Timer-, TTL- I/O

Alle Karten mit vielen Treibern sowie
Programmeierbeispielen.
Bitte kostenloes Katalog anfordern!

MERZ
Decision-Computer Jürgen Marz e.K.
Lengenercher Str. 21 - 48536 Liene
Telefon 05483-77002
FAX 05483-77003
info@decision-computer.de

http://www.decision-computer.de

BAUER ELEKTRONIK
LEITERPLATTEN UND DESIGN

mit der revolutionären Aktiv-Zinn-Oberfläche

Hasenbruch 1 - 66606 St. Wendel
Tel. 06851 - 70366
www.bauer-leiterplatten.de

Termine für Elektor Nr. 5 / 2008

Anzeigenschluss: 25.03.2008
Erscheinungstermin: 23.04.2008

Anzeigen:
Verlagsbüro ID • Telefon: (0511) 33 48 436
E-Mail: service@id-medienservice.de • Internet: www.id-medienservice.de

GTU LaserTechnik
Baden - Baden

Präzisions Lasermodule 635 nm und 670 nm,
Rundes Strahlprofil, fokussierbare Optik
Individuelles Prüfprotokoll der elektrischen und
optischen Daten.
Module in 5V bzw. 24 VDC - Technologie
Aktive ESD Filter.
Lasermodule in grün, 532 nm.
Laserschutzklassen sind für Sie wichtig?
Wir fertigen "Ihre" Module mit < 0,05 mW
Genauigkeit.

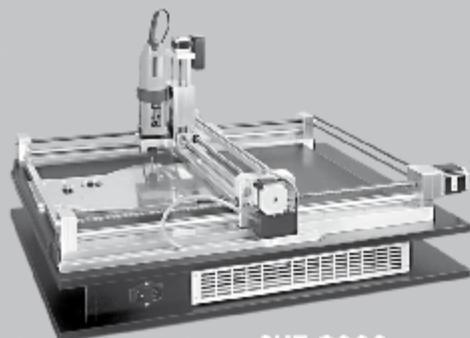
Anwendung : präzise Pilotlaser,
Lichtschranken, Meßsysteme, Medizintechnik,
Robotor Teach-In

Rote Laser ab € 175,-
Grüne Laser ab € 377,-

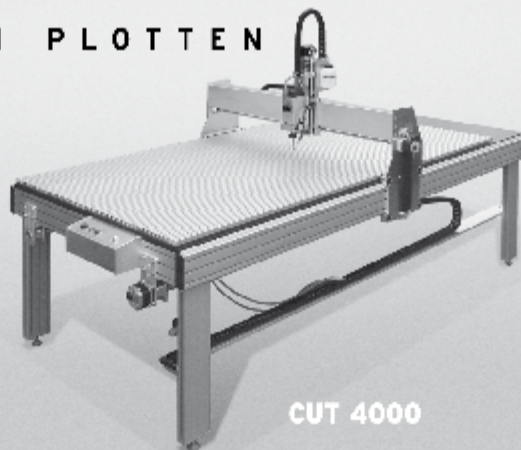
Weitere Lasertechnik : www.gtu-laser.de

GTU LaserTechnik GmbH
76532 Baden-Baden
Waldstr. 10
Tel. 07221-991177
www.gtu-laser.de

FRÄSEN SCHNEIDEN PLOTTEN



CUT 2000



CUT 4000

CUT 2000

CNC-Fräsmaschine
600 x 400 x 80 mm
fertig montiert und getestet

€ 2.198,-

HAASE

P. Haase - Am Hummelbach 43
41469 Neuss • Tel. 02137_76783
Fax 02137_76984
www.team-haase.de

EIR – das Elektor-In

Radio hören mit modernsten Chips

Von Harald Kipp und Dr. Thomas Scherer

Das waren Zeiten, als man Töne noch analog einer Hochfrequenz aufmodulieren musste, um diese dann zu empfangen und daraus mehr oder minder gut Hörbares zu machen! Das geht heute anders: Audiosignal komprimieren, in IP-Päckchen verpacken, streamen, empfangen, puffern, dekomprimieren und schon hat man auf alle Internet-Radios dieser Welt Zugriff. Alles ganz einfach dank State-of-the-Art-Hardware, um die es hier geht...

Internet-Radio ist etwas ganz Eigenes, denn mit diesem Angebot an Musik und Informationen kommt kein noch so empfindlicher Kurzwellenempfänger auch nur annähernd mit und in Sachen Klangqualität sowieso nicht. Da die zugehörigen „Internet-Sendestationen“ ja auch nicht hunderte von kW an elektromogener Hochfrequenz in die Luft pusten müssen, kommt der Betrieb eines solchen Senders für kleinere Benutzergruppen also ganz schön preiswert.

Es gäbe noch viel über die Vorzüge dieser neuen Art von Radio zu erzählen (siehe Kasten), doch wichtiger ist die Klärung der Frage:

Warum nicht reine Software?

Zunächst ist zu sagen, dass es diverseste Programme (WinAmp, iTunes, VLC etc.) vollkommen kostenlos für alle möglichen Betriebssysteme gibt, mit denen man Internet-Radio hören kann. Einen PC, einen Mac oder eine Linux-Maschine hat der Mensch des 21sten Jahrhunderts ja sowieso herumstehen. Weshalb also Geld für ein nichtvirtuelles, physisches Gerät ausgeben und gar noch selbst bauen?

Nun, zum einen braucht die Hardware-Grundlage eines Software-Radios Strom und das für diesen Zweck nicht zu knapp. Wer viel Radio mit dem PC via Internet hört, der handelt grob ökologisch. Die hier vorgestellte Lösung kommt mit gerade mal 1 W an Energieverbrauch aus. Bei 10 h Betrieb pro

Tag hat sich das EIR gegenüber einem Gamer-PC als Radio schon innerhalb eines Jahres allein durch die eingesparten Stromkosten amortisiert.

Zum anderen gibt es Anwendungen, bei denen ein PC nicht clever ist: Beim Anschluss an eine Stereo-Anlage beispielsweise. Ein selbst gebautes Internet-Radio auf Open-Source-Basis kann man prima erweitern und an spezielle Anforderungen anpassen und last not least spielt das EIR auch weiter, wenn der PC hängt oder abgestürzt ist ;-))

Das Prinzip

Da es sich beim EIR um ein komplexes Projekt mit modernster Technik handelt, ist es unmöglich, alle relevanten Aspekte in einem einzigen Artikel abzuhandeln. In diesem Beitrag geht es daher um die Beschreibung der Hardware und um deren Aufbau und Inbetriebnahme. Weitere Informationen finden sich in Dokumenten zum Artikel auf der Elektor-Website www.elektor.de, der Projekt-Website [1] und in zukünftigen Beiträgen.

Dass ein Internet-Radio Datenströme empfangen, puffern und dekodieren muss, dürfte klar sein. Ohne vernünftigen Mikrocontroller geht also gar nichts. Wie schon in der letzten Ausgabe [3] angedeutet, liefert eine ARM7-CPU [4] die dafür nötige Power.

Bild 1 zeigt den grundlegenden Aufbau: Die CPU (in der Mitte oben) hat Zugriff auf immerhin 64 MB an SD-RAM – genug für Puffer und ganz viel „Sons-

tiges“. Für die Firmware ist Platz in der CPU und zusätzlich gibt es auch noch 4 MB Flash-Speicher für stabil abzulegende Daten. Eine durch einen Supercap gepufferte Echtzeituhr ermöglicht die Realisierung eines Radio-Weckers oder sonstige zeitabhängige Applikationen. Damit die ARM7-CPU nicht völlig ausgelastet werden muss, wird sie bei der Audio-Dekodierung von dem darauf spezialisierten Chip VS1053 [5] unterstützt.

An Schnittstellen ist das EIR wahrlich nicht arm: neben dem obligatorischen Ethernetanschluss – irgendwie muss das EIR ja ins Internet kommen – finden sich eine USB-Programmierschnittstelle zur Übertragung neuer Firmware, eine serielle und eine JTAG-Schnittstelle (gut fürs Debugging) und alleine drei nutzbare Erweiterungsstecker auf Port-Ebene.

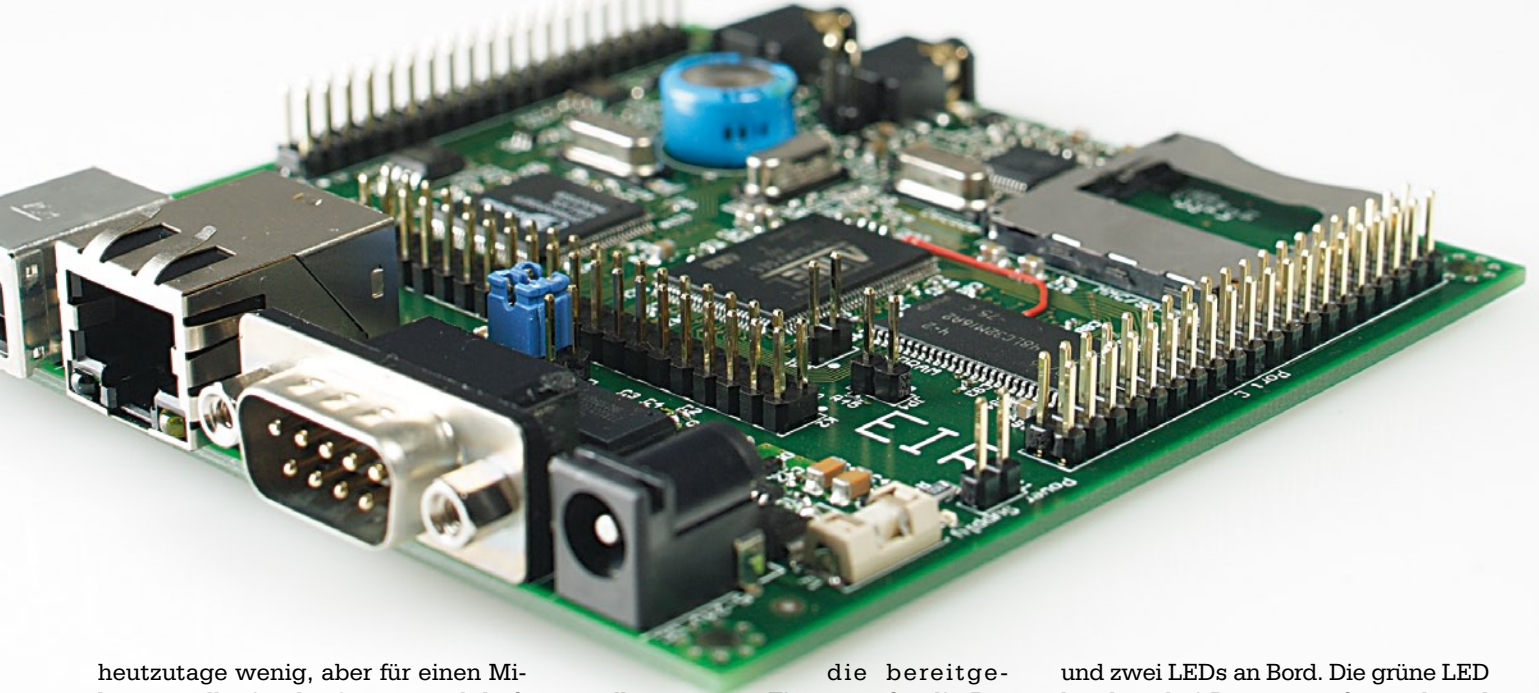
Damit Sendungen gegebenenfalls aufgezeichnet werden können, ist auch noch ein Slot für eine MMC-SD-Speicher-Karte vorgesehen.

Generelles

Herein rauschende Datenströme sind in aller Regel so komprimiert, dass sich die typischen mit 16 bit aufgelösten und mit 44,1 kHz abgetasteten Stereodaten statt mit rund 1,4 Mbit/s mit weniger als einem Zehntel, nämlich mit 192 Kbit/s und weniger zufrieden geben. Um einen Puffer mit rund 10 s Kapazität zu realisieren, sind daher rund 256 KB RAM ausreichend. Das scheint



Internet-Radio



heutzutage wenig, aber für einen Mikrocontroller ist das immer noch heftig. Und wenn man sicher gehen will und auch noch Platz für Internet-Feinheiten und „Sonstiges“ haben möchte, dann ist man schnell bei 512 KB und mehr. Die ausgewählte ARM7-CPU unterstützt SD-RAM und so gibt es beim EIR mit den verfügbaren 64 MB keinerlei Speicherplatzprobleme.

Als Betriebssystem wurde das gegenüber Linux recht genügsame Nut/OS ausgewählt, das mit weniger als 40 KB auskommt. Alles in allem sind für die Software rund 200 KB nötig. Für Daten reichen 1 MB locker aus. Da die CPU alleine schon über 512 KB Flash für die Software verfügt und RAM in Massen zur Verfügung steht, gibt es keine Engpässe. Alle Software ist Open-Source - bis auf das Flash-Programm von Atmel.

Der Controller ist übrigens leistungsfähig genug, um die SD-Karte zur parallelen Aufzeichnung eines zweiten Audio-Streams zu nutzen. Und es wird bestimmt nicht lange dauern, bis jemand aus der Open-Source-Gemeinde dieses und andere denkbare Features nachrüstet.

Um den möglichen Erweiterungen keine Richtung aufzuzwingen, wurden auf dem Board keine expliziten Bedienelemente wie Taster oder Display vorgesehen. Über die Erweiterungssteckplätze kann Solches aber problemlos angeschlossen werden. Das EIR ist als Grundlage für eigene Erweiterungen konzipiert, und so ist

die bereitgestellte Firmware für die Bedienung über eine integrierte Webseite gedacht. Da die Firmware völlig offen ist, muss das aber nicht so bleiben...

Details

Wenn man einen Blick auf den Schaltplan in **Bild 2** wirft, wird einem die Komplexität des Projekts sofort klar. Die folgende Beschreibung orientiert sich daher an den Funktionsblöcken:

• Ethernet

Das Internet kommt über eine Ethernetbuchse mit integriertem Übertrager

und zwei LEDs an Bord. Die grüne LED leuchtet bei Datentransfer, während die gelbe das Vorhandensein einer Verbindung signalisiert. Der Ethernet-Verkehr wird von einem spezialisierten Chip (IC10 = DM9000E) abgewickelt. Der Buffer IC9 ermöglicht die Nutzung des WAIT-Eingangs der CPU durch Erweiterungen.

• Audio-Dekoder

Zwar würde ein ARM7 für die softwaremäßige Dekodierung vom MP3- oder AAC-Daten gerade so ausreichen, aber ein spezialisierter Chip wie IC7 entlastet die CPU beträchtlich und schluckt von Hause aus neben den

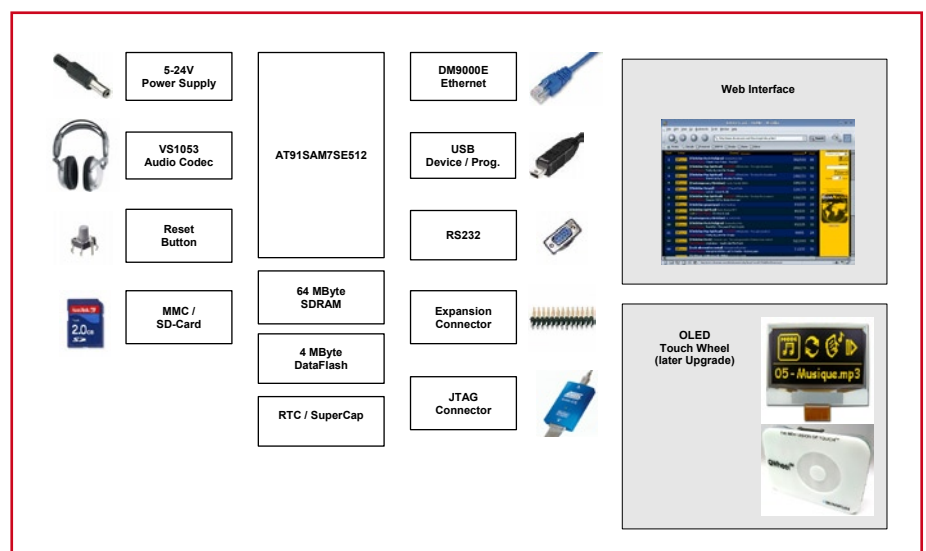


Bild 1. Prinzipschaltung des Elektor-Internet-Radios.

2a

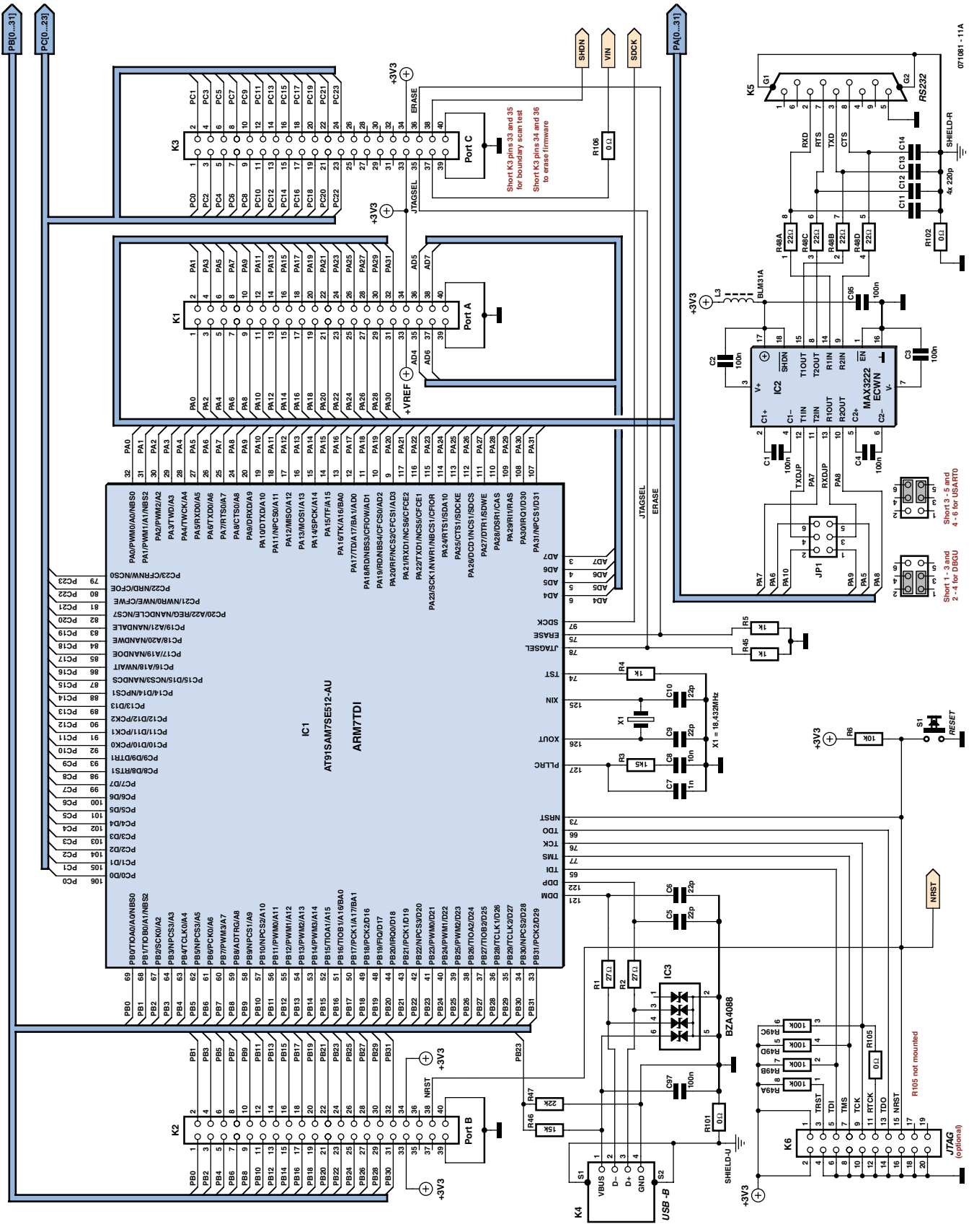
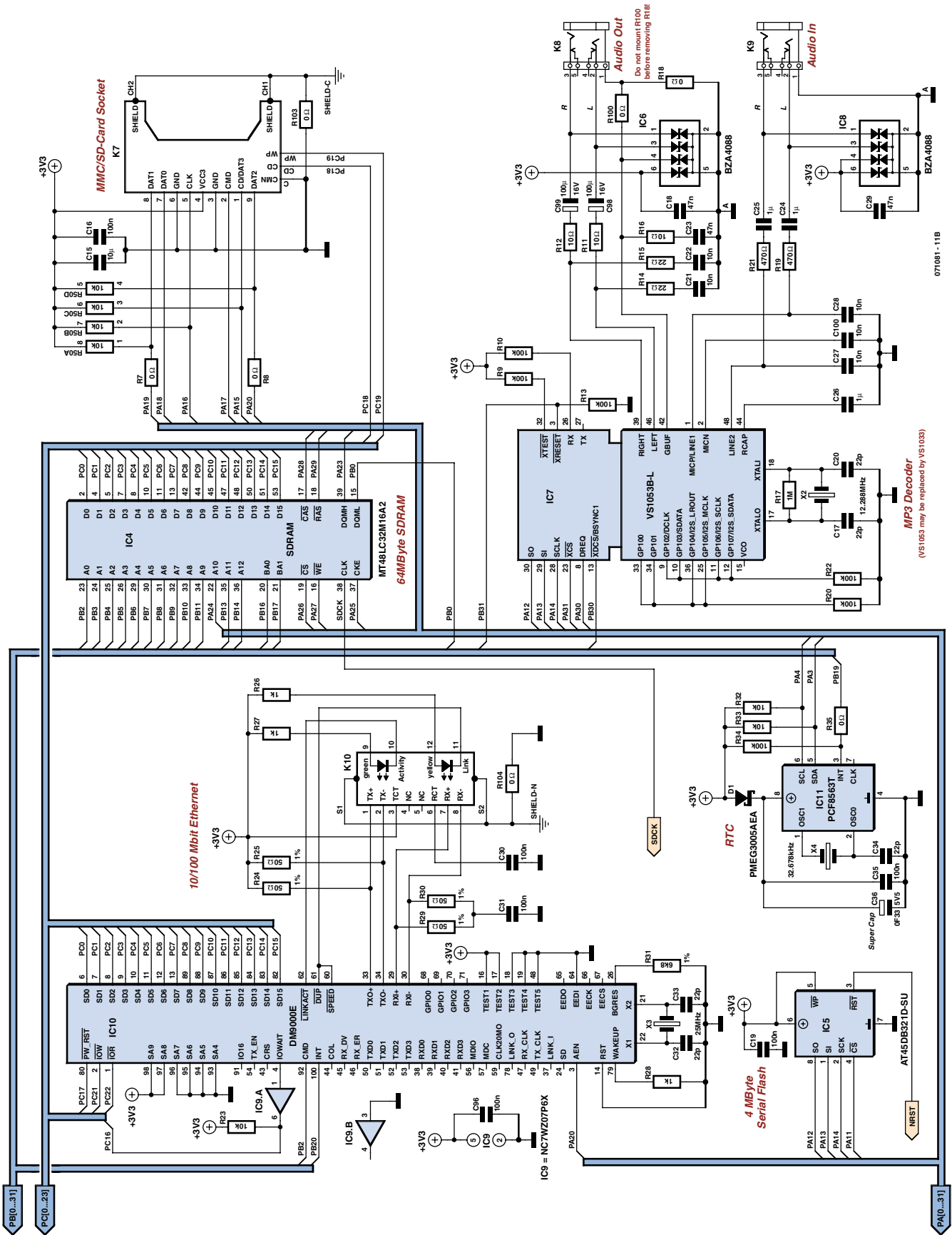


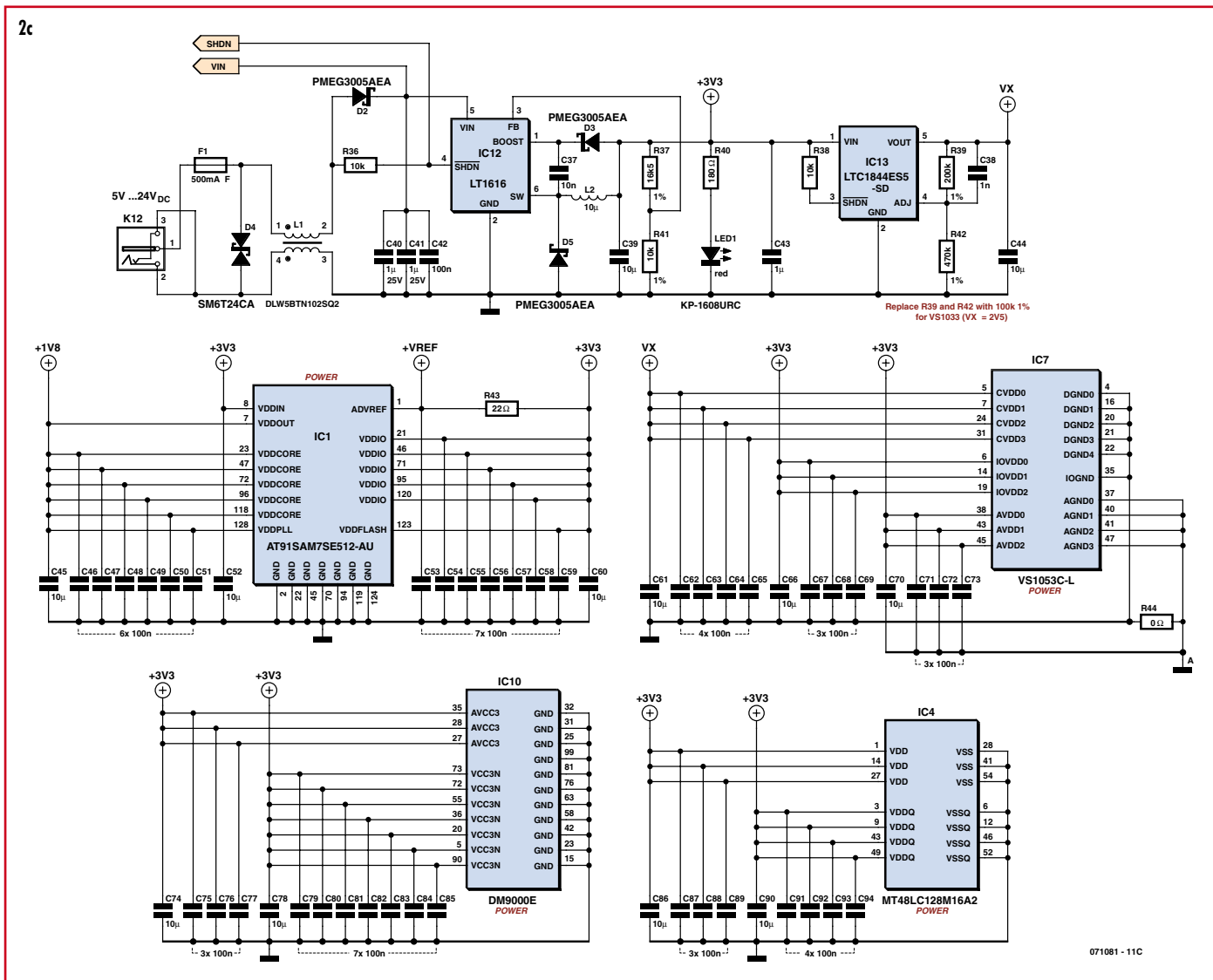
Bild 2. Die konkrete Schaltung des EIR macht augenblicklich klar, dass es sich hier um ein anspruchsvolles Projekt handelt.



MP3 Decoder
(VS1053 may be replaced by VS1033)

077081 - 118

2c



gebräuchlichen MP3-Varianten auch HE-AAC und sogar Ogg-Vorbis-Daten. Gleichzeitig vereinfacht sich damit logischerweise die nötige Software. Bei unserem Prototypen hatten wir ein Vorab-Muster von VLSI im Einsatz. Sollte es Beschaffungsprobleme geben, kann man auch die Variante VS1033 (ohne Ogg Vorbis) einsetzen. Obwohl die CPU einen 1,8-V-Ausgang zur Versorgung von Peripherie hat, wurde für IC7 aus Stabilitätsgründen ein eigener 1,8-V-Spannungsregler vorgesehen. Da die Variante VS1033 aber 2,5 V benötigt, müssen R39 und R42 dann auf je 100 kΩ geändert werden.

● Zusatz-Flash

Zum Betrieb des Radios sind umfangreiche Einstellungen zu speichern, die auch nach einem Stromausfall verfügbar bleiben sollen - allem voran die Senderliste. Das ginge auch mit dem internen Flash-Speicher der CPU, aber

dieser ist umständlich zu beschreiben. Um dies zu vereinfachen, wurde ein serieller Flashspeicher (IC5) hinzugefügt, in dessen 4 MB sich auch umfangreiche Senderlisten und mehr ablegen lassen.

● Stromversorgung

Damit das EIR auch wirklich wenig Energie verbraucht, wurde es mit einem Schaltregler (IC12) versehen. Bei Eingangsspannungen im Bereich von 5...24 V stehen rund 5 W bei 3,3 V zur Verfügung. Da das EIR selbst nur 1 W benötigt, bleibt noch genug Energie für eigene Hardware-Erweiterungen übrig.

● Löten

Da es sich hier um eine mit winzigen SMDs dicht bepakte mehrlagige Platine handelt (siehe Bild 3 und Bild 4), wobei einzelne IC-Pins nur 0,5 mm voneinander entfernt sind, bietet Elek-

tor eine mit allen SMD-Bauteilen vorbe-stückte Platine (mit VS1053) an. Man muss also nur noch die normal bedrahteten Bauteile bestücken und vermeidet so tückische Fehler. Unentwegten steht der komplette Eigenbau anhand der Layouts natürlich frei.

Funktionstest

Für einen ersten Test der Stromversorgung sollte die 3,3-V-Seite mit einigen mA belastet werden – also nicht leer laufen. Ab 4 V am Eingang wird der Schaltregler arbeiten und je nach Belastung 50...150 mA aufnehmen. Bei 24 V reduziert sich das auf 30...50 mA. Ist alles in Ordnung, leuchtet LED1. Sind die ICs bestückt, kann man mit einem Oszilloskop die Quarze auf Funktion testen. Wenn X1 schwingt, müsste sich die CPU ansprechen lassen. Die CPU ist schon von Hause aus mit einem Bootloader versehen, der außer

der reinen Übertragung neuer Firmware auch die Kommunikation mit dem RAM und mit dem Flash-Speicher ermöglicht. Von Atmel gibt es unter [6] die Datei „AT91-ISP.exe“, die nach Entpacken das Windows-Programm „SAM-BA“ enthält. Nach dessen Installation verbindet man das EIR via USB mit einem PC. Nach Einschalten der Stromversorgung sollte Windows automatisch den passenden Treiber aktivieren. Jetzt kann SAM-BA gestartet werden. Man muss dann als Verbindungsart USB und als Gerät das „AT91SAM7SE512-EK“ auswählen, welches zum EIR weitgehend kompatibel ist.

Von der Elektor-Webseite zum Artikel kann eine einfache Firmware für Testzwecke heruntergeladen werden. Mit ihr und einer funktionierenden CPU plus der seriellen Schnittstelle können die anderen Bausteine wie Ethernet und Audio-Dekoder überprüft werden. Nach der Übertragung der Firmware muss dem EIR noch gesagt werden, dass es beim nächsten Start von dieser Firmware booten soll. Hierfür unter „Scripts“ die Routine „Boot from Flash (GPNVM2)“ auswählen und auf „Execute“ klicken - dann SAM-BA beenden und auf den Reset-Taster drücken. Nun wird das EIR via serieller Schnittstelle über ein Null-Modem-Kabel (Pins 2 und

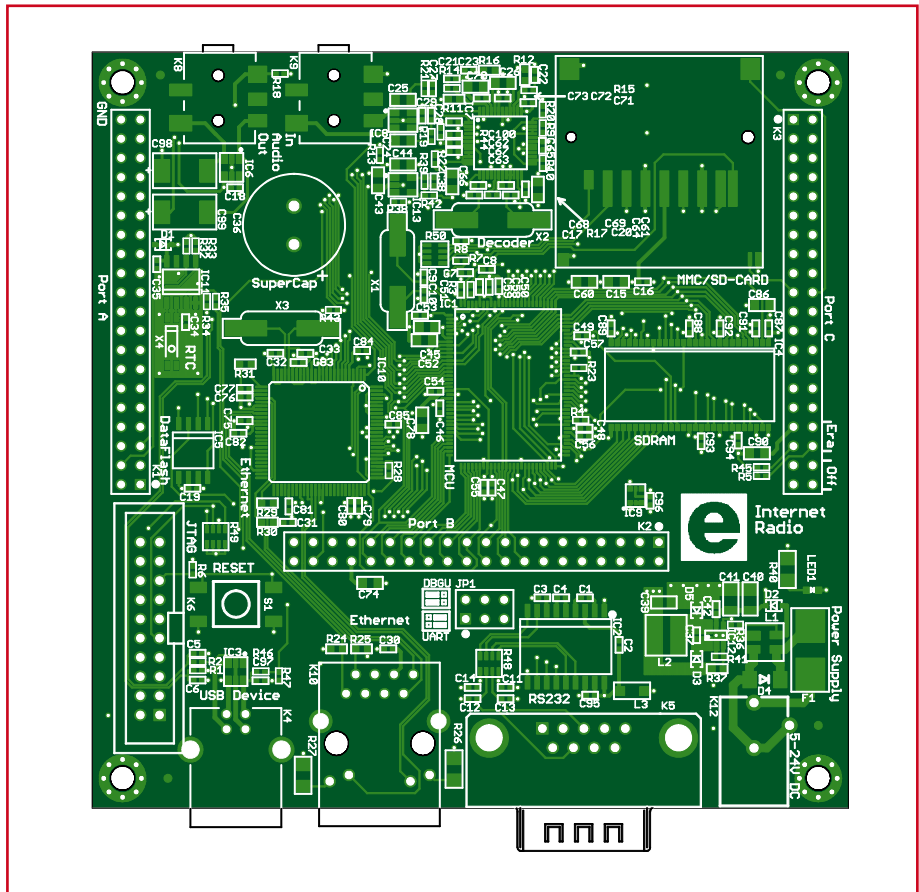


Bild 3. Der Bestückungsplan des EIR. Um Schwierigkeiten zu vermeiden, gibt es eine mit SMDs vorbestückte Platine.

Stückliste

Widerstände:

- R1,R2 = 27 Ω, SMD 0402
- R3 = 1k5, SMD 0402
- R4,R5,R28,R45 = 1 k, SMD 0402
- R6,R23,R32,R33,R36,R38 = 10 k, SMD 0402
- R7,R8,R18,R35,R44 = 0 Ω, SMD 0402
- R9,R10,R13,R20,R22,R34 = 100 k, SMD 0402
- R11,R12,R16 = 10 Ω, SMD 0603
- R14,R15,R43 = 22 Ω, SMD 0402
- R17 = 1 M, SMD 0402
- R19,R21 = 470 Ω, SMD 0402
- R24,R25,R29,R30 = 50 Ω 1%, SMD 0402
- R26,R27 = 1 k, SMD 1206
- R31 = 6k8 1%, SMD 0603
- R37 = 16k5 1%, SMD 0603
- R39 = 200 k* 1%, SMD 0402
- R40 = 180 Ω, SMD 1206
- R41 = 10 k 1%, SMD 0402
- R42 = 470 k* 1%, SMD 0402
- R46 = 15 k, SMD 0402
- R47 = 22 k, SMD 0402
- R48 = 22 Ω, Array CAY16
- R49 = 100 k, Array CAY16
- R50 = 10 k, Array CAY16
- R100...R106 = 0 Ω*, SMD 1206 (nicht erforderlich)

* siehe Text

Kondensatoren:

- (SMD Keramik 6,3 V, falls nicht anders angegeben)

- C1...C4,C16,C19,C30,C31,C35,C42, C46...C51,C53...C59,C62...C65,C67... C69,C71...C73,C75...C77,C79... C85,C87...C89,C91...C97 = 100 n, SMD 0402
- C5,C6,C9,C10,C17,C20,C32,C33,C34 = 22 p, SMD 0402
- C7,C38 = 1 n, SMD 0402
- C8,C21,C22,C27,C28,C37,C100 = 10 n, SMD 0402
- C11...C14 = 220 p, SMD 0402
- C15,C39,C44,C45,C52,C60,C61,C66,C70, C74,C78,C86,C90 = 10 μ, SMD 0805
- C18,C23,C29 = 47 n, SMD 0402
- C24...C26,C43 = 1 μ, SMD 0805
- C36 = 0,1 F, Double Layer Cap FG0H104Z135
- C40,C41 = 1 μ/25V, SMD 1206
- C98,C99 = 100 μ/16V, Tantal, SMD

Induktivitäten:

- L1 = DLW5BTN102SQ2 (Murata)
- L2 = 10 μ, MSS5131 (Coilcraft)
- L3 = BLM31A (Murata)

Halbleiter:

- D1...D3, D5 = PMEG3005AEA (Philips)
- D4 = SM6T24CA (STM)
- IC1 = AT91SAM7SE512-AU (Atmel)
- IC2 = MAX3222ECWN (Maxim)
- IC3, IC6, IC8 = Diodenarray BZA408B
- IC4 = MT48LC32M16A2
- IC5 = AT45DB321D-SU (Atmel)
- IC7 = VS1053C-L (VLSI)*
- IC9 = NC7WZ07P6X (Fairchild)
- IC10 = DM9000E (Davicom)

- IC11 = PCF8563T (Philips)
- IC12 = LT1616 (Linear Technology)
- IC13 = LTC1844ES5-SD (Linear Technology)
- LED1 = KP-1608URC, rot, SMD 0603 (Kingbright)

Außerdem:

- X1 = 18,432-MHz-Quarz, SMD HC49SM
- X2 = 12,288-MHz-Quarz, SMD HC49SM
- X3 = 25,000-MHz-Quarz, SMD HC49SM
- X4 = 32,678-kHz-Quarz, SMD MC-146
- F1 = Sicherung, 0,5 A flink mit Halter, SMD OMNI-BLOK (Littelfuse)
- K1, K2, K3 = 40-polige Stiftleiste, 2,54-mm-Raster, zweireihig
- K4 = USB-B-Buchse, AMP-787780
- K5 = 9-poliger Sub-D-Stecker, gewinkelt, US-Norm
- K6 = 20-poliger Wannenstecker, 2,54-mm-Raster, zweireihig
- K7 = SD-Karten-Fassung, SMD FPS009-2700 (Yamaichi)
- K8, K9 = 3,5-mm-Stereo-Klinkenbuchse, SMD SJ1-3515 (CUI)
- K10 = RJ-45-Buchse mit Ethernet-Übertrager und LEDs, SMD, RJLD-043TC (Taimag)
- K12 = DC-Buchse mit 2-mm-Stift, TDC-002-3
- JP1 = 6-polige Stiftleiste mit 2 Kurzschlussbrücken, 2,54-mm-Raster, zweireihig
- S1 = Taster, SMD, LSH (Schurter)
- Platine 071081-1 oder SMD-bestückte Platine 071081-71
- Software-Download von der Elektor-Webseite

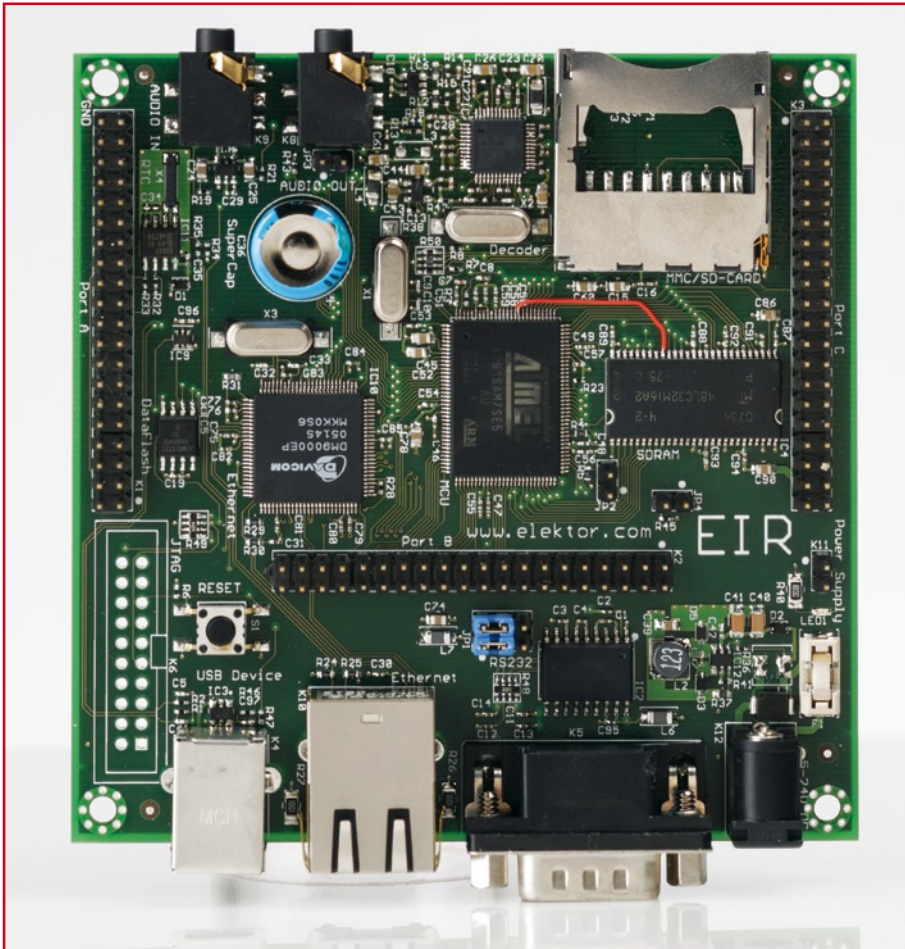


Bild 4. Der fertig bestückte Prototyp macht klar, dass manuelles Bestücken hier nicht so einfach ist.

3 gekreuzt) an den PC angeschlossen und über eine Terminal-Emulation kann man bei 115,2 kBaud bei 8/0/1 (Daten-, Parität- und Stopp-Bits) die Ausgaben

des EIR verfolgen. Als Terminal-Emulation empfohlen wird für Windows TerraTerm [7] und für Linux Miniterm. Ein Mac hat ein Terminal immer dabei.

Tabelle 1. Erweiterungsstecker K1

Pin	Signal	Verwendung	Pin	Signal	Verwendung
1	PA0	frei	2	PA1	frei
3	PA2	frei	4	PA3	TWI SDA
5	PA4	TWI SCL	6	PA5	UART0 RxD über JP1
7	PA6	UART0 TxD über JP1	8	PA7	UART0 RTS
9	PA8	UART0 CTS	10	PA9	DEBUG RxD über JP1
11	PA10	DEBUG TxD über JP1	12	PA11	DataFlash Chip Select
13	PA12	SPI MISO	14	PA13	SPI MOSI
15	PA14	SPI SPCK	16	PA15	MMC Chip Select
17	PA16	MMC Clock	18	PA17	MMC Command
19	PA18	MMC DAT0	20	PA19	MMC DAT1 über R7
21	PA20	MMC DAT2 über R8	22	PA21	frei
23	PA22	Frei	24	PA23	SDRAM DQMH
25	PA24	SDRAM A10	26	PA25	SDRAM CKE
27	PA26	SDRAM Chip Select	28	PA27	SDRAM WE
29	PA28	SDRAM CAS	30	PA29	SDRAM RAS
31	PA30	IRQ1, MP3 Interrupt	32	PA31	MP3 Command Select
33	Vref	AD Wandler Referenz	34	3.3V	Versorgung
35	AD4	Analogeingang, frei	36	AD5	Analogeingang, frei
37	AD6	Analogeingang, frei	38	AD7	Analogeingang, frei
39	GND	Masse	40	GND	Masse

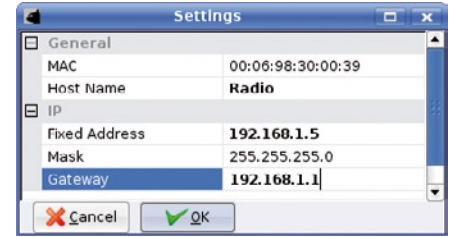


Bild 5. Mit der Software (hier unter Linux KDE) findet man das EIR auch bei unbekannter IP-Adresse.

Radio hören

Bevor dies möglich ist, muss die Test-Firmware vom EIR entfernt und die Radio-Firmware geladen werden. Um ein neues Laden der Firmware zu ermöglichen, überbrückt man zunächst die Pins 34 und 36 bei K3 mit einem Jumper, betätigt Reset und entfernt dann den Jumper wieder. Anschließend bootet das EIR wieder mit dem Bootloader und mit SAM-BA kommt die Radio-Firmware drauf.

Jetzt wird das EIR über Ethernet mit dem lokalen Netz (via Hub/Switch oder den Internet-Router mit mehreren Ports) verbunden, und an den Audio-Ausgang schließt man einen Kopfhörer oder ein Verstärker an.

Sollte das LAN beziehungsweise der vorhandene Router über einen aktivierten DHCP-Server verfügen, so holt sich das EIR eine gültige Adresse und beginnt mit dem Abspielen des voreingestellten Radio-Senders. Falls feste IP-Adressen bevorzugt werden: Bei der Installation von Nut/OS wurde schon das kleine Tool „Discoverer“ auf dem PC installiert, mit dem sich das EIR auf jeden Fall finden (Bild 5) und dann auch die gewünschte IP-Adresse einstellen lässt. Wie in Bild 6 gezeigt, trägt man unter Gateway die Adresse des Routers ein. Ab da müsste das Radio-Hören auch bei fixen IP-Adressen funktionieren.

Ausblick

Beim EIR handelt es sich, wie schon mehrfach erwähnt, um ein völlig offenes Konzept. Man kann sowohl die Software als auch die Hardware (über die Erweiterungsstecker) beliebig erweitern, und in Elektor wird man zu diesem Thema sicherlich noch einiges

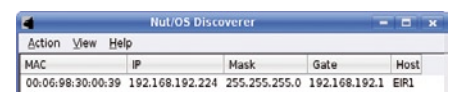


Bild 6. Mit Discoverer kann man eventuelle Netzwerk-Einstellungen des EIR vornehmen.

Tabelle 2. Erweiterungsstecker K2

Pin	Signal	Verwendung	Pin	Signal	Verwendung
1	PB0	SDRAM DQML	2	PB1	frei
3	PB2	Adressbus A2	4	PB3	Adressbus A3
5	PB4	Adressbus A4	6	PB5	Adressbus A5
7	PB6	Adressbus A6	8	PB7	Adressbus A7
9	PB8	Adressbus A8	10	PB9	Adressbus A9
11	PB10	Adressbus A10	12	PB11	Adressbus A11
13	PB12	frei	14	PB13	Adressbus A13
15	PB14	Adressbus A14	16	PB15	frei
17	PB16	SDRAM BAO	18	PB17	SDRAM BA1
19	PB18	frei	20	PB19	FIQ, RTC Interrupt
21	PB20	IRQ0, Ethernet Interrupt	22	PB21	frei
23	PB22	DataFlash Chip Select	24	PB23	USB Monitor
25	PB24	frei	26	PB25	frei
27	PB26	frei	28	PB27	frei
29	PB28	frei	30	PB29	frei
31	PB30	MP3 Data Select	32	PB31	MP3 Hardware Reset
33	3,3 V	Versorgung	34	3,3 V	Versorgung
35		Nicht belegt	36		Nicht belegt
37		Nicht belegt	38	NRST	Hardware Reset
39	GND	Masse	40	GND	Masse

lesen können.

Bezüglich der Software-Tools und Sourcen sowie der Weiterentwicklungen wirft man am Besten gelegentlich einen Blick auf die Projekt-Webseite [1] von egnite. Hier finden sich Quelltexte und Installationen für Windows, Linux und OS X sowie Links zu Entwicklungsumgebungen und weiterführenden Open-Source-Projekten.

Vieles ist denkbar. Naheliegender wären ein paar Tasten und ein LCD-Display, damit sich das EIR nicht nur via Web-Browser, sondern auch als luxuriöses Stand-alone-Gerät nutzen lässt. Der Kartenslot schreit förmlich nach der zusätzlichen Nutzung als MP3-Player...

(0710811e)

Internet-Radio

Ein Blick ins Internet und man wird geradezu erschlagen: Google findet zurzeit unter dem Stichwort „Internetradio“ über 2,3 Mio. Treffer – ein heißes Thema also. Dabei waren erste Experimente zu paketvermittelten „Sendungen“ schon 1993 zu beobachten, quasi gleichzeitig mit dem ersten brauchbaren Browser NCSA Mosaic und sozusagen in der Stunde Null des kommerziellen Internet. Schon recht früh begannen „richtige“ Radiosender damit, ihre bislang terrestrisch abgestrahlten Sendungen zusätzlich auch via Internet-Streaming zu verbreiten. Heute sind mit einem gewöhnlichen Internet-Anschluss zehntausende Radioprogramme zu empfangen. Neben einer Unmenge an thematisch unterschiedlichsten Spartenprogrammen hat man mittlerweile Zugriff auf nahezu alle öffentlich-rechtlichen und kommerziellen Sender.

Unter dem für die zeitnahe Übertragung zeitbasierter Daten wie Audio- oder Videoinhalte subsumierten Streaming versteht man möglichst kontinuierliche Datenströme, von denen die Senderseite pro Klient

einen extra Stream bieten muss. Das kann ganz schön viel Traffic generieren und für den Sender kostspielig werden, wenn er sehr viele Zuhörer hat. Um die Datenraten erträglich zu halten, werden die Daten vor der Versendung in aller Regel verlustbehaftet komprimiert und beim Empfänger wieder dekomprimiert. Ein Internet-Radio muss also – ob rein softwarebasiert oder als spezielle Hardware – über einige gängige Streaming-Decoder wie MP3, Ogg Vorbis oder Real Audio verfügen.

Da im Internet mit den üblichen Protokollen HTTP und FTP keine stabilen Laufzeiten für die einzelnen Datenpakete garantiert werden können, benötigt der Empfänger einen ausreichenden Datenpuffer, was den Empfang um einige Sekunden verzögert und also nur „quasi-live“ ermöglicht. Schnelles Zappen ist daher nicht möglich. Dafür wird man dank der Digitalisierung mit einer stabilen Tonqualität, einer extremen (weltweiten) Reichweite und einer gegenüber dem klassischen Rundfunk geradezu unüberschaubaren Programmvvielfalt entschädigt. Zudem ist prinzipiell der „Empfang“ von Konserven (= verpassten Sendungen) als „Audio on Demand“ möglich, was kein konventionelles Radio bieten kann.

Tabelle 3. Erweiterungsstecker K3

Pin	Signal	Verwendung	Pin	Signal	Verwendung
1	PC0	Datenbus D0	2	PC1	Datenbus D1
3	PC2	Datenbus D2	4	PC3	Datenbus D3
5	PC4	Datenbus D4	6	PC5	Datenbus D5
7	PC6	Datenbus D6	8	PC7	Datenbus D7
9	PC8	Datenbus D8	10	PC9	Datenbus D9
11	PC10	Datenbus D10	12	PC11	Datenbus D11
13	PC12	Datenbus D12	14	PC13	Datenbus D13
15	PC14	Datenbus D14	16	PC15	Datenbus D15
17	PC16	Bus NWAIT, Open Collector	18	PC17	Ethernet Hardware Reset
19	PC18	MMC Card Detect	20	PC19	MMC Write Protect
21	PC20	frei	22	PC21	Adress-/Datenbus NWE
23	PC22	Adress-/Datenbus NRD	24	PC23	Ethernet Chip Select
25		Nicht belegt	26		Nicht belegt
27		Nicht belegt	28		Nicht belegt
29		Nicht belegt	30		Nicht belegt
31		Nicht belegt	32		Nicht belegt
33	3,3 V	Versorgung	34	3,3 V	Versorgung
35	JTAGSEL	Boundary Scan Enable	36	ERASE	Firmware Erase
37	VIN	5-24 V unreguliert über R106	38	SHDN	Power Shutdown
39	GND	Masse	40	GND	Masse

Literatur & Links

[1] **Projekt-Webseite von egnite:**
www.ethernut.de/de/hardware/eir/

[2] **Wikipedia-Artikel:**
de.wikipedia.org/wiki/Internet-Radio

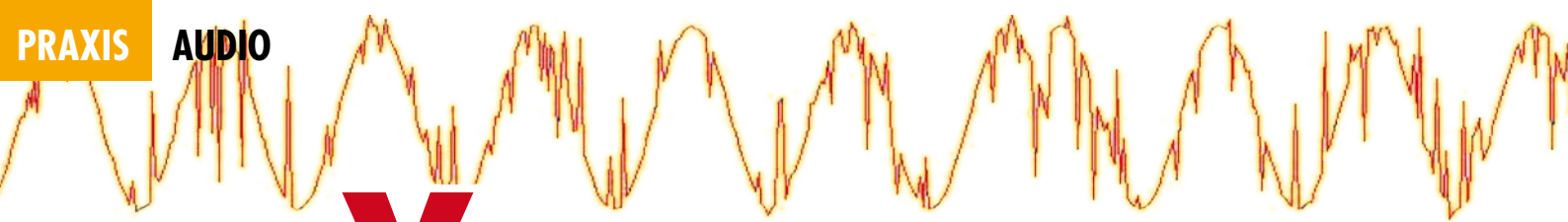
[3] **Ethernut und die Kipp-Familie:**
 Elektor März 2008, Seite 46...49.

[4] **Informationen zur ARM7-CPU:**
www.atmel.com/products/at91/

[5] **Informationen zum VS1053:**
www.vlsi.fi/en/products/vs1053.html

[6] **Link zu AT91-ISPexe:**
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/Install%20AT91-ISP%20v1.10.exe

[7] **Windows-Terminal:**
tssh2.sourceforge.jp/



paX – Audioverstärker mit Fehlerkorrektur

Teil 1: Endstufenanalyse

Von Jan Didden

Die meisten mit Halbleitern bestückten Audio-Endstufen arbeiten mit Über-alles-Gegenkopplungen, um Nichtlinearitäten zu kompensieren und Ausgangsimpedanzen herabzusetzen. Wenn es darauf ankommt, den Unzulänglichkeiten dieser Schaltungstechnik aus dem Weg zu gehen, greifen Entwickler auch zu Alternativen wie der Mitkopplung. Bei dem hier vorgestellten Endverstärker wird eine Fehlerkorrektur (error correction) angewandt, wie sie von Malcolm Hawksford im Jahr 1981 beschrieben wurde.

Im ersten Teil dieses Beitrags erklären wir die Fehlerkorrektur bei Audio-Verstärkern, anschließend wird eine auf diesem Prinzip basierende Audio-Endstufe beschrieben. Der kommende zweite Teil beschäftigt sich mit der Ausweitung des Prinzips auf den Spannungsverstärker, danach stellen wir den vollständigen paX-Endverstärker zum Selbstbau vor. In einem gesonderten Beitrag werden die angewandten Schutzmaßnahmen im Detail betrachtet.

Rückkopplung?

Dieser Beitrag ist kein Plädoyer gegen die Gegenkopplung. Die Gegenkopplung (Negative feedback, NFB) gehört zu den wirksamsten schaltungstechnischen Maßnahmen, um eine „transparente“ Verstärkung zu erzielen. Mit „transparent“ ist gemeint, dass der Verstärker das Eingangssignal unverfälscht wiedergibt, ohne etwas hinzuzufügen oder wegzulassen. Bekanntlich verhalten sich reale Verstärker nicht ideal. Die Gegenkopplung kann die dadurch bedingten Signalverzerrungen so weit minimieren, dass sie

für das menschliche Ohr nicht mehr hörbar sind.

Was bedeutet H.ec?

Zuerst wollen wir betrachten, was mit Fehlerkorrektur (Englisch: *error correction*) im Zusammenhang mit Audio-Verstärkern gemeint ist. Wenn es im Folgenden um die Fehlerkorrektur im Allgemeinen geht, verwenden wir dafür

die Abkürzung „ec“. Beziehen wir uns speziell auf den Vorschlag von Malcolm Hawksford [1], so verwenden wir die Abkürzung „H.ec“.

In **Bild 1** zeigt das Grundprinzip der H.ec. Die Fehlerkorrektur wird auf den Verstärker N angewandt. Das Differenzsignal aus dem Eingangs- und Ausgangssignal von N wird entweder über Block a dem Eingangssignal

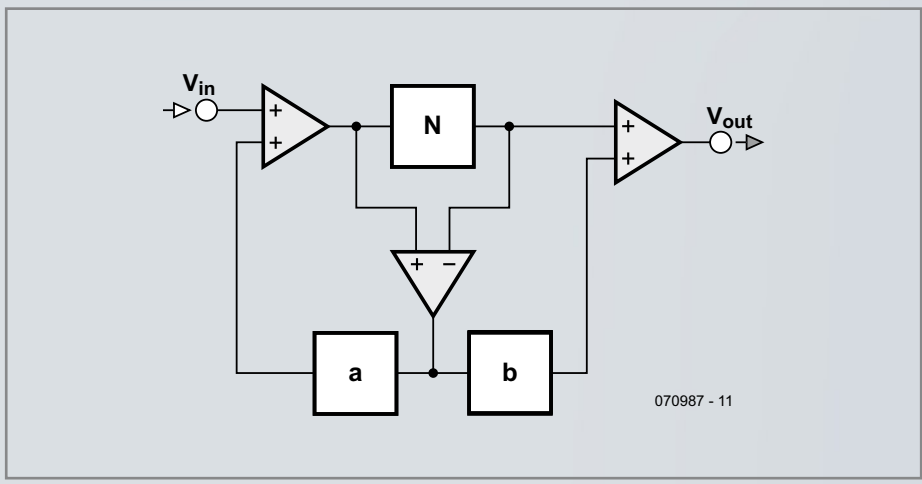


Bild 1. Grundprinzip der Rückkopplung, Mitkopplung und Fehlerkorrektur (EC) nach Hawksford.

er



hinzugefügt (Fehlersignal-Rückkopplung), oder es wird über Block b zum Ausgangssignal addiert (Fehlersignal-Mitkopplung). Die Verstärkung aller addierenden oder subtrahierenden Stufen beträgt 1. Natürlich muss das Korrektursignal die genau richtige Größe haben, um den ursprünglichen Fehler zu korrigieren. In unserem noch zu beschreibenden Verstärker wird die Fehlerkorrektur über Block a angewandt,

das Korrektursignal wird dem Eingang zugeführt. Block N soll hier die Endstufe eines Audio-Endverstärkers sein, dessen Verstärkung fast, jedoch nicht ganz 1 beträgt. Ziel ist hier, dass die Verstärkung unabhängig von der Ausgangslast, der Signalfrequenz und der Aussteuerung exakt 1 beträgt. Sollte dies gelingen, wird die

ideale Endstufe zur Realität. Es lässt sich unschwer ahnen, dass der Idealzustand nicht ganz erreichbar ist, er rückt jedoch in fast greifbare Nähe.

Betrachten wir nun **Bild 2**. Die Endstufe, die linearisiert werden soll, ist A, die Verstärkung beträgt fast 1. In der Praxis liegt die Verstärkung ungefähr zwischen 0,92 und 0,98, abhängig von der Art der Schaltung, der Last, der Signalfrequenz und weiteren Faktoren. Signal U_c ist das Signal, das zum Eingang zurückgeführt wird, es ist gleich $U_{out} - U_e$, wobei U_e das effektive Eingangssignal der Endstufe ist. U_e ergibt sich aus der Beziehung $U_e = U_{in} - (U_{out} - U_e)$, und ferner gilt $U_e = U_{out}/A$. Nach Einsetzen und Um-

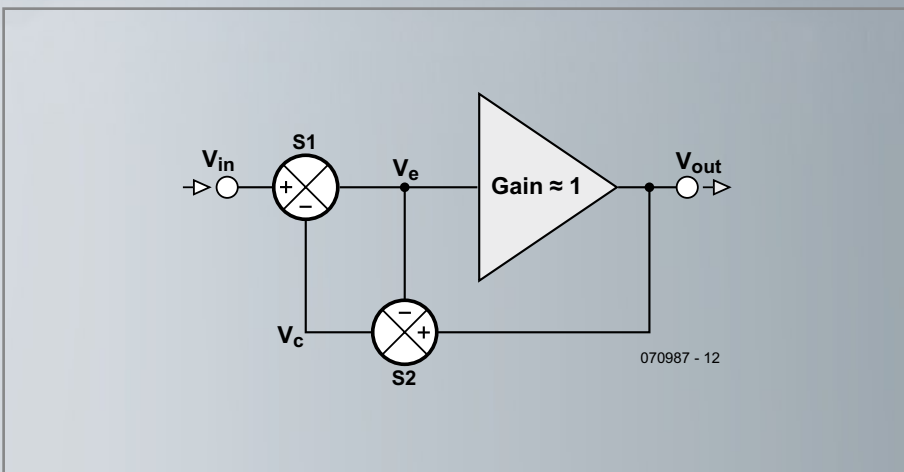


Bild 2. Prinzip der Fehlerkorrektur (Error Correction).

formen der Gleichungen erhalten wir $U_{out} = U_{in}$. Auffallend und wichtig ist hier, dass die reale Verstärkung A in oben stehender Gleichung nicht vorkommt. Unabhängig von Einflüssen auf die Verstärkung A durch Unzulänglichkeiten, Nichtlinearitäten und Fehlersignale beträgt die Verstärkung exakt 1. Haben wir die ideale Endstufe geschaffen?

Es war zu vermuten, dass uns dies nicht ganz gelungen ist. Wir haben nämlich stillschweigend vorausgesetzt, dass sich die Addierer in Bild 2 ideal und absolut linear verhalten. Natürlich trifft das nicht zu, denn die Addierer sind mit passiven und wahrscheinlich auch aktiven Bauelementen aufgebaut, die mit Unzulänglichkeiten behaftet sind. Ihre Eigenschaften hängen von der Signalfrequenz ab, so dass auch die Fehlerkorrektur frequenzabhängig arbeitet. Weil die Verstärkung der Endstufe von der Signalfrequenz und der Last beeinflusst wird, muss die Fehlerkorrektur der Signalfrequenz und der Last folgen. Die Signale an den Addierer-Eingängen sind aber von der Signalfrequenz und der Last abhängig. Wie wir noch zeigen, können wir trotz dieser Einschränkungen dem idealen Verstärker sehr nahe kommen – und das mit relativ einfachen Mitteln.

Thermischer Memory-Effekt

Bei dem hier vorgestellten Endverstärker haben wir noch ein weiteres Ziel verfolgt. In den meisten Audio-Leistungsverstärkern wird die thermische Drift dadurch kompensiert, dass ein zur Arbeitspunkt-Einstellung gehörender Transistor auf dem Kühlkörper der Endtransistoren montiert ist. Wenn die Temperatur der Endtransistoren steigt, steigt die Temperatur des Fühler-Transistors ebenfalls und wirkt einer Zunahme des Stroms entgegen. Die zu lösende Aufgabe besteht darin, die thermische Rückkopp-

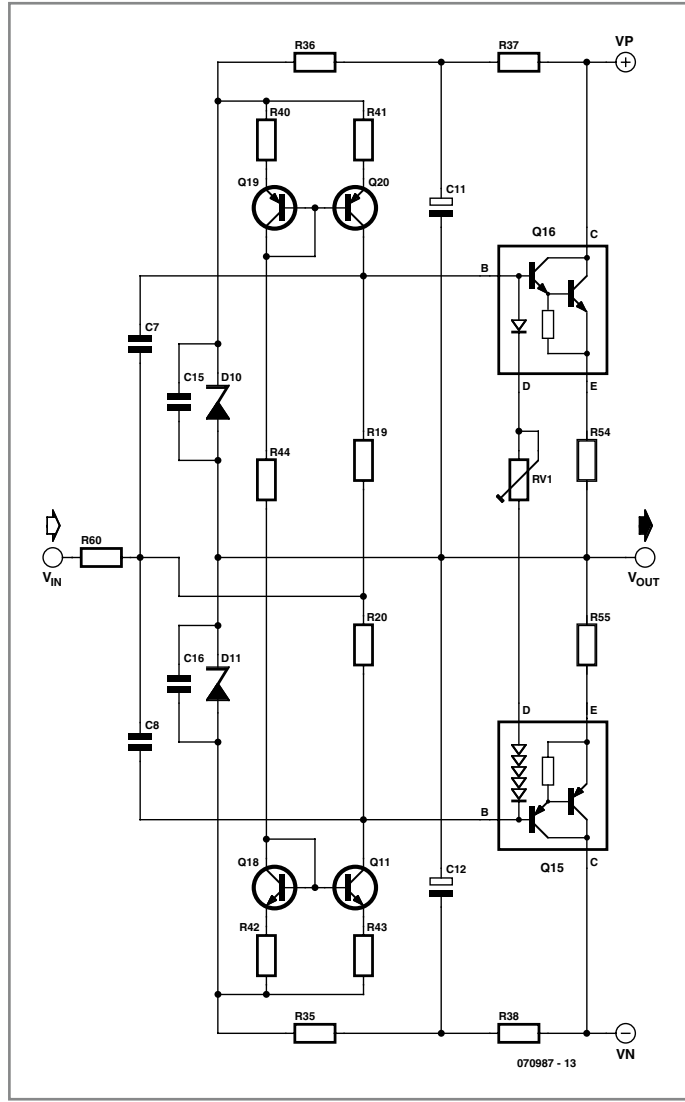


Bild 3. Schaltung der paX-Endstufe ohne Fehlerkorrektur.

lung so zu dimensionieren, dass die Temperatur der Ausgangstransistoren konstant bleibt. Wegen der Trägheit thermischer Systeme reagiert dieser Regelkreis relativ langsam, die Regelzeiten liegen in der Größenordnung von Sekunden. Diesen Effekt analysierte der französische Entwickler Hephaistos [2]. Er schrieb, dass die Verlustleistung der

Ausgangs- und Treiberstufen von der Höhe des momentanen Ausgangssignals abhängt. Die Änderungszeiten sind wesentlich kürzer als die Reaktionszeiten der thermischen Arbeitspunkt-Stabilisierung. Wenn das Signal kurzzeitig extreme Werte annimmt, wird zwar der Arbeitspunkt verschoben, doch die Rückkehr zur ursprünglichen Einstellung findet erst Sekunden später statt. Bis dahin ist das Signal längst vom extremen Wert zum normalen Pegel zurückgekehrt und wird dadurch anders verarbeitet als vor Auftreten des extremen Signalwerts. Hephaistos nannte diesen Effekt „Thermische Verzerrung“.

Dieses Problem wollten wir umgehen. Für die Endstufe wählten wir die Transistor-Typen STD03N und STD03P von Sanken. Auf dem Chip dieser Darlingtons sind Fühler-Dioden für die Arbeitspunkt-Einstellung integriert. Thermisches Driften der Ausgangstransistoren wird unmittelbar „vor Ort“ erkannt, so dass eine gute Chance für die Vermeidung thermischer Verzerrungen besteht. Da es sich bei den Transistoren um Darlingtons handelt, sind die Verluste der Vor- und Treiberstufen so niedrig, dass dort keine thermischen Verzerrungen entstehen.

Eine Hürde ist noch zu nehmen: Durch die Dioden auf dem Chip müssen exakt definierte Ströme fließen, wenn die Temperatur-Änderungen ebenso wie die Änderungen der Spannungen U_{be} in der Treiber- und Endstufe in $mV/°C$ gemessen werden sollen. Das macht eine Regelschaltung notwendig, die sich von der konventionellen Schaltungstechnik unterscheidet.

Prinzip der Fehlerkorrektur

Die Grundschaltung unserer Endstufe ohne Fehlerkorrektur ist in Bild 3 wiedergegeben. Hier fallen die in den Endtransistoren integrierten Dioden auf, die für die Ar-

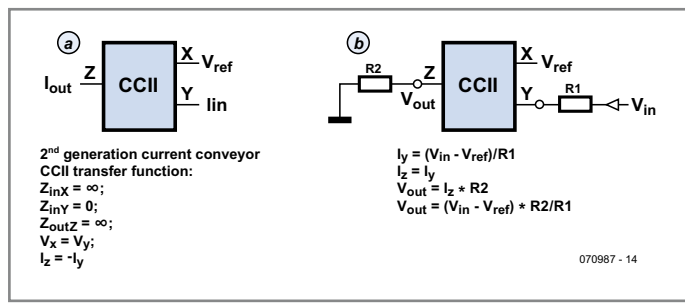
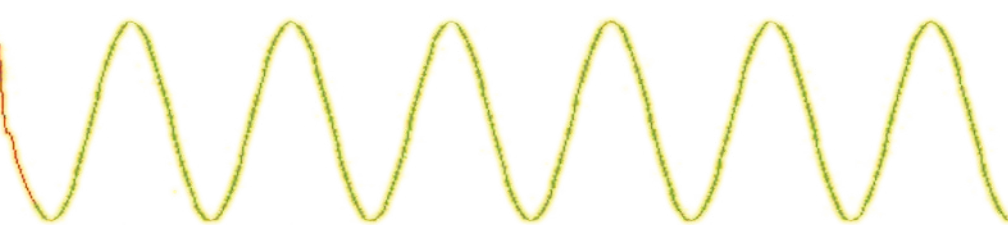


Bild 4. Grundlegende Beziehungen beim Current conveyor.



beitspunkt-Einstellung zuständig sind. Um möglichst exakt übereinstimmende Eigenschaften der Temperaturfühlerdioden in beiden Transistoren zu erreichen, hat Sanken im P-Transistor fünf in Reihe geschaltete Schottky-Dioden eingebaut. Dagegen ist im N-Transistor nur ein Exemplar einer Silizium-Diode vorhanden.

Der Ruhestrom durch die Dioden, der laut Datenblatt 2,5 mA betragen soll, wird von der Stromspiegel-Schaltung mit Q19/Q20 und Q18/Q11 geliefert. Die Höhe des Stroms hängt von Widerstand R44 ab. Um den Strom konstant zu halten, wird die Spannung der Stromspiegel-Schaltung von den Zenerdioden D10/D11 stabilisiert. Die Zenerdioden liegen über R36/R37 und R35/R38 an der Betriebsspannung des Verstärkers. Die Elkos C11 und C12 gleichen Welligkeiten der Verstärker-Betriebsspannung aus.

Für optimales thermisches Verhalten gibt das Datenblatt der Endtransistoren den Ruhestrom 40 mA an. Die integrierten Dioden folgen zwar der Änderung der Spannung U_{be} in der gewünschten Weise, doch ihre absoluten Schwellenspannungen sind von Exemplarstreuungen abhängig. Aus diesem Grund ist Trimpoti RV1 notwendig, mit ihm muss der durch die Darlington fließende Ruhestrom auf 40 mA eingestellt werden.

Das Eingangssignal gelangt über R60 sowie über R19 und R20 zu den Basen der Endtransistoren. Wenn das Eingangssignal positive Werte annimmt, ist die Spannung am Verbindungspunkt R19/R20 positiv. Das hat zur Folge, dass durch R19 weniger Strom fließt. Da der von Q20 gelieferte Strom konstant ist, fließt ein höherer Strom in die Basis des Darlington. Das Ausgangssignal wird in Richtung positive Spannung verschoben, es folgt der Polarität des Eingangssignals. In diesem Fall ist auch der Strom durch R20 höher, der von der Basis des P-Darlington kommende Strom ist niedriger.

Die Endstufe erfüllt die gestellten Anforderungen bei niedrigen Frequenzen an der nominalen ohmschen Last 8 Ω . Unter diesen Voraussetzungen ist die Verstärkung der Darlington hoch, die Stromspiegel verhalten sich fast perfekt. Mit steigenden Signalfrequenzen und bei höheren Lasten müssen höhere Eingangsströme in die Darlington fließen. Aus diesem Grund sind C7 und C8

hinzugefügt, sie liegen parallel zu den Widerständen R19 und R20.

Die beschriebene Endstufe ist unkompliziert, der Frequenzverlauf ist weitgehend linear, und das thermische Verhalten entspricht den gestellten Forderungen. Der nächste Schritt besteht darin, die Endstufe in eine Fehlerkorrektur-Schaltung einzubetten. Da die Endstufe keine Spannungsverstärkung aufweist, wäre eine Über-alles-Gegenkopplung nicht anwendbar. Der Endstufe müsste ein Spannungsverstärker vorgeschaltet werden, damit eine Über-alles-Gegenkopplung Verzerrungen kompensieren könnte.

Current conveyor

Für die Fehlerkorrektur benötigen wir das Differenzsignal aus Eingangs- und Ausgangssignal, wie in Bild 2 dargestellt wird es dem Eingangssignal hinzugefügt.

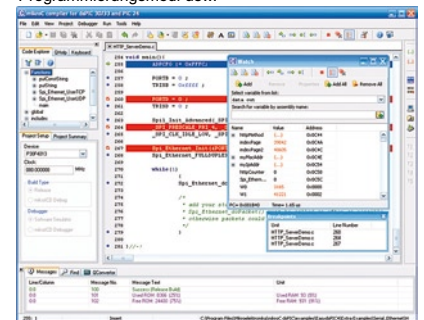
Um zwei ähnlich große Signale zu addieren oder sie voneinander zu subtrahieren, können wir uns eines Opamp bedienen. Während das erste Opamp (S2 in Bild 2) U_{out} von U_e subtrahiert, wird das resultierende Signal U_c von einem zweiten Opamp (S1) zu U_{in} addiert. Allerdings entspricht es nicht dem Ansatz der Fehlerkorrektur, in der Schaltung aktive Elemente einzusetzen, die mit starker Über-alles-Gegenkopplung arbeiten.

Nach reichlichen Überlegungen und Internet-Recherchen haben wir uns für den so genannten „Current conveyor“ (auf Deutsch: „Stromkonverter“ oder „Stromgesteuerte Stromquelle“) [3] entschieden. Sein Grundprinzip wird in **Bild 4a** verdeutlicht. Bei einem Current conveyor steuert der in Eingang Y hineinfließende Strom die Stromquelle, die den aus Ausgang Z herausfließenden Strom liefert. Der Name „Current conveyor“ (current = Strom, convey = transportieren) deutet bereits diese Funktion an. Wir wenden in unserem Endverstärker das Prinzip des Current conveyor zweiter Generation an, er wird abgekürzt mit „CCII“ bezeichnet. An Eingang X liegt die Referenzspannung für den Eingangsstrom, die Spannung an Eingang Y wird auf dem gleichen Wert wie die Spannung an Eingang X gehalten.

In **Bild 4b** ist ein elementares Beispiel für die Anwendung dargestellt. Wenn dem Eingang Y ein Signal über einen Widerstand zugeführt wird, ist der

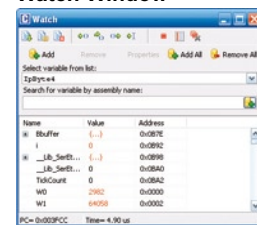


Durch die Unterstützung sehr vieler Mikrocontroller, eine benutzerfreundliche IDE, hunderte von fertig einsetzbaren Funktionen und eine Vielzahl integrierter Tools gehören die Compiler von mikroElektronika zu den Besten überhaupt. Die Ausstattung der mikroElektronika-Compiler ist umfangreich: mikroICD, Statistikmodul, Simulator, Bitmap-Generator für Grafikdisplays, Konvertierungstool für 7-Segment-Anzeigen, ASCII-Tabelle, HTML-Code-Export, Kommunikations-Tools für SD/MMC, UDP (Internet), USB, EEPROM-Editor, diverse Programmierungsmodi usw.



Jeder Compiler verfügt über viele Routinen und Beispiele: Lesen und Beschreiben von EEPROMs sowie FLASH-, MMC-, SD- und CFKarten, Text- und Grafik-Ausgabe auf LCDs, Abfrage von Tasten, 4x4-Tastenfeldern und einer PS/2-Tastatur, Erzeugung von Signalen und Sounds, String-Bearbeitung, Mathematik, I2C-, SPI-, RS232-, CAN-, USB-, RS485 und 1Wire-Kommunikation, Manchester-Codierung, logische und numerische Konversionen, PWM-Signale, Interrupts usw. Die mitgelieferte CD-ROM enthält viele fertig getestete Programme, die mit unseren Entwicklungsboards verwendet werden können.

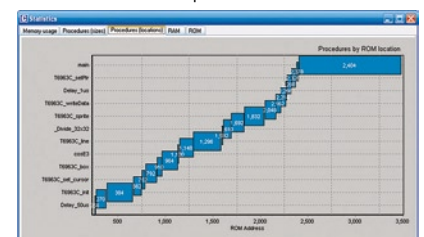
Watch Window



Das Watch-Window erlaubt die Überwachung von Programm-Elementen während der Runtime-Simulation. Neben Variablen und SFRs des Controllers zeigt es auch Adressen und Daten an. Die angezeigten Werte werden während der Simulation upgedatet.

Statistik

Nach erfolgreichem Compiler-Lauf kann man detaillierte Statistiken zum Code inspizieren.



Implementierte Tools

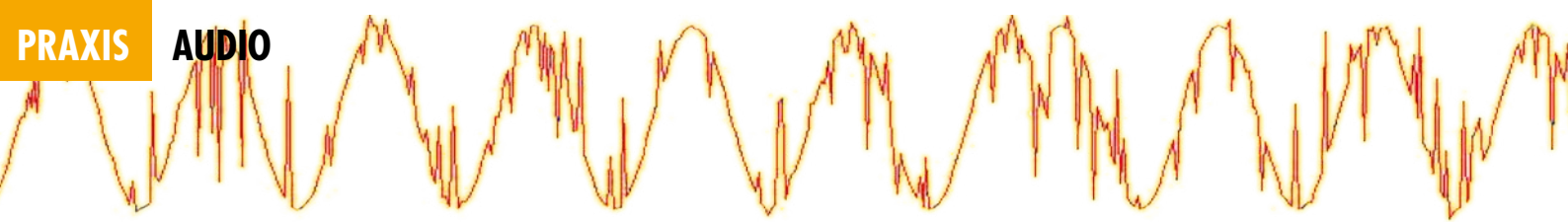
ASCII Chart	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOF	ENQ	AKR	DEL	BS	HT	LF
1	DEL	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	END
2	SPC	!	@	#	\$	%	&	'	()	*
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:
4	;	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
5	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
6	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[
7	\	\]	^	_	`	{	|	}	~	DEL	SPC
8	!	@	#	\$	%	&	'	()	*	+
9	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?	@
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
B	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V

Unsere Compiler verfügen über einige nützliche implementierte Tools, die Sie bei der schnelleren und bequemerem Entwicklung Ihrer Applikationen unterstützen.

Bei ASCII Chart handelt es sich um ein praktisches Tool, das seine Stärken im Zusammenhang mit LC-Displays ausspielt.

Es sind noch viele weitere Tools verfügbar.

Mehr Info auf unserer Webseite:
<http://www.mikroe.com>



H.ec und Gegenkopplung: Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Die Fehlerkorrektur beruht darauf, dass ein Teil des Ausgangssignals wie bei der Gegenkopplung zum Verstärkereingang zurückgeführt wird. Wo liegt also der Unterschied?

In Bild 1a ist das Grundprinzip der H.ec dargestellt. Vorhanden sind hier zwei Schleifen: Die Mitkopplung von U_e nach U_c zurück zu U_e sowie die Rückkopplung vom Verstärkerausgang nach U_c . Auf diesem erstaunlich einfachen Konzept basiert H.ec. Nehmen wir an, dass sich Endstufe A ideal verhält und dass ihre Verstärkung exakt 1 beträgt. In diesem Fall ist das Korrektursignal an U_c Null, denn U_e und U_{out} sind gleich. Eine Fehlerkorrektur wäre überflüssig. Wenn die Verstärkung von A unter 1 liegt, nimmt U_c einen negativen Wert an. Da U_c von U_{in} subtrahiert wird, steigt U_e an. Dieser Effekt entspricht der Wirkung einer Mitkopplung. Ist die Verstärkung von A größer als 1, wird U_c positiv. Die Subtraktion von U_e führt dazu, dass U_e kleiner wird. In diesem Fall tritt der gleiche Effekt wie bei einer Rückkopplung auf. Das Ergebnis ist ein Verstärker, der sich wie ein mitgekoppeltes System, wie ein rückgekoppeltes System oder auch wie ein (theoretisch) ideales System verhalten kann. Das Verhalten hängt allein vom Fehlersignal ab. Der entscheidende Vorteil liegt darin, dass sich die Größe und die Phase des Schleifensignals selbstständig an die Betriebszustände anpassen.

Nebenbei bemerkt sei hier, dass sich in der Vergangenheit bereits einige hochkarätige Experten des Themas angenommen haben. Gerald Graeme, seinerzeit Leiter des Entwicklungslabors für integrierte analoge Schaltkreise bei Burr Brown, hat mehrere hoch aufschlussreiche Aufsätze veröffentlicht [1]. Doch zurück zum Unterschied zwischen H.ec und NFB. In Bild 1b sind die beiden Schleifen der H.ec separat dargestellt. Die Fehlerkorrektur kann als klassische Über-alles-Rückkopplung mit hineingeschachtelter Mitkopplung betrachtet werden. Zum Vergleich zeigt Bild 1c das System eines Verstärkers mit klassischer Über-alles-Gegenkopplung.

Weniger Komplexität: In der klassischen Konfiguration ist eine hohe Schleifenverstärkung notwendig, um den Verzerrungen entgegen zu wirken. Sie wird durch hohe Verstärkung (ideal ist unendlich) im Vorwärtszweig erreicht. Bei H.ec ist für die hohe Vorwärtsverstärkung eine Mitkopplungsschleife verantwortlich, der Vorwärtszweig kann eine beliebige offene Schleifenverstärkung haben. Damit ein Verstärker mit Fehlerkorrektur möglichst einfach aufgebaut werden kann und die Linearität des Korrekturzweigs optimal ist, muss das Fehlersignal möglichst klein sein. Deshalb muss dafür gesorgt werden, dass die offene Schleifenverstärkung möglichst gleich der geschlossenen Schleifenverstärkung ist. Unter dieser Voraussetzung sind mit der H.ec ähnlich oder gleich gute Ergebnisse wie mit der Über-alles-Gegenkopplung erreichbar, der Schaltungsaufbau ist jedoch erheblich einfacher. Wenn die Gesamtverstärkung 1 betragen soll, würde schon ein einfacher Emitterfolger genügen. Beim rückgekoppelten Verstärker muss die Vorwärtsverstärkung auch dann sehr hoch sein, wenn die geschlossene Schlei-

fenverstärkung 1 betragen soll.

Um das gesteckte Ziel zu erreichen, müssen sich die beiden Addierer bei der H.ec möglichst ideal verhalten, was Entwicklungsaufwand verlangt. Das Endresultat hängt wie so oft davon ab, wie geschickt die einzelnen Komponenten zu einem Ganzen zusammengefügt werden.

Weniger Verstärkung: Der H.ec-Verstärker hat noch einen Vorteil. Wenn ein rückgekoppelter Verstärker begrenzt ist, die Rückkopplung bestrebt, dem Ausgangssignal zu folgen, indem sie das Eingangssignal zunehmend vergrößert. Das Ausgangssignal kann jedoch nicht über die Begrenzung hinaus ansteigen, so dass der Verstärker übersteuert wird. Angenommen das Eingangssignal eines Verstärkers beträgt 1 V, die offene Schleifenverstärkung beträgt 60 dB (1000 Mal) und die geschlossene Schleifenverstärkung beträgt 30 dB (30 Mal). Weiterhin angenommen, dass dieser Verstärker bei 30 V Ausgangsspannung begrenzt. Wenn das Ausgangssignal die 30-V-Grenze erreicht, ist das effektive Eingangssignal des 60-dB-Verstärkers gleich 30 V dividiert durch die offene Schleifenverstärkung, was 30 mV entspricht. Wird dieser Verstärker durch Verdopplung des Eingangssignals auf 2 V übersteuert, kann das Rückkopplungssignal während der Begrenzung des Ausgangssignals nicht weiter ansteigen. In diesem Fall springt das effektive Eingangssignal des 60-dB-Verstärkers von 30 mV auf 1 V (Eingangssignal 2 V abzüglich Rückkopplungssignal 1 V). Folglich wird das Signal äußerst hart begrenzt und die Sinusform abgeflacht. Auch intern können Verstärkerstufen sehr stark übersteuert werden, die Rückkehr zu stabilem Betrieb kann einige Zeit in Anspruch nehmen. Gegenmaßnahmen erhöhen wieder die Komplexität der Schaltung.

Die Vorgänge in einem Verstärker mit Fehlerkorrektur sind ähnlich. Das Korrektursignal steigt an, so dass auch das Eingangssignal des Vorwärtsverstärkers größer wird, damit das Ausgangssignal dem Eingangssignal folgen kann. Doch in diesem Fall hat der Vorwärtsverstärker eine niedrige Verstärkung, die typischerweise in der Größenordnung der geschlossenen Schleifenverstärkung liegt. Während sie beim rückgekoppelten Verstärker beispielsweise 60 dB beträgt, kann sie beim Verstärker mit Fehlerkorrektur 30 dB betragen. Daraus folgt, dass sich Signalbegrenzungen und interne Übersteuerungen weniger schwerwiegend auswirken. Diesen Vorteil („Soft clipping“) haben Verstärker mit Fehlerkorrektur und Röhrenverstärker gemeinsam. Das erklärt, warum Röhrenverstärker trotz des relativ hohen Klirrfaktors angenehm klingen. Das gilt auch für Halbleiterverstärker höherer Leistungsklassen (300 W und mehr), die bei gleichem Klirrfaktor „besser“ klingen als 50-W-Verstärker, weil harte Signalbegrenzungen seltener auftreten.

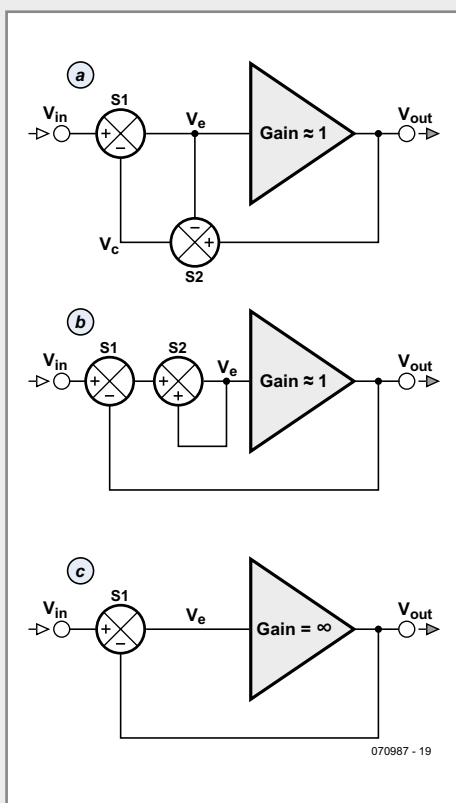
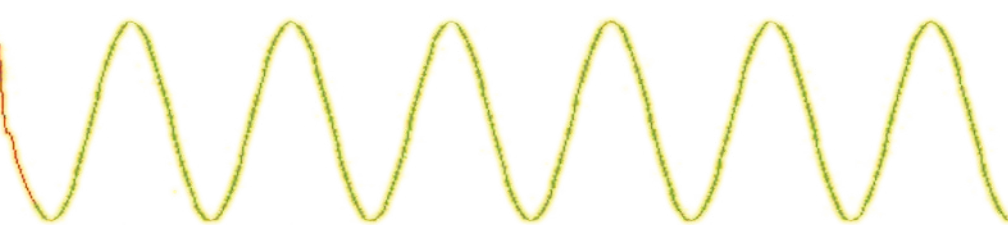


Bild 1. Prinzip der Fehlerkorrektur (a), Darstellung mit getrennten Schleifen (b) und klassische Über-alles-Gegenkopplung (c).

betragen. Daraus folgt, dass sich Signalbegrenzungen und interne Übersteuerungen weniger schwerwiegend auswirken. Diesen Vorteil („Soft clipping“) haben Verstärker mit Fehlerkorrektur und Röhrenverstärker gemeinsam. Das erklärt, warum Röhrenverstärker trotz des relativ hohen Klirrfaktors angenehm klingen. Das gilt auch für Halbleiterverstärker höherer Leistungsklassen (300 W und mehr), die bei gleichem Klirrfaktor „besser“ klingen als 50-W-Verstärker, weil harte Signalbegrenzungen seltener auftreten.

[1] Gerald G. Graeme: „Generalized opamp model simplifies analysis of complex feedback schemes“, EDN 15. April 1993, S.175



hineinfließende Strom gleich der Signalspannung abzüglich U_x , denn U_y ist gleich U_x . Folglich ist der in Eingang Y hineinfließende Strom gleich der am Widerstand liegenden Spannung dividiert durch den Widerstand. Aus Ausgang Z fließt ein gleich großer Strom heraus. Das Ergebnis ist die Umsetzung einer Signalspannung in einen Strom, der über einen zweiten Widerstand zum Signal zurückgeführt werden kann.

sich die Verstärkung (oder Abschwächung) präzise einstellen lässt, ohne dass eine Rückkopplung eingebaut ist. Der Current conveyor kommt ohne eine Über-alles-Gegenkopplung aus, er ist ein System mit offener Schleife. Intern besteht ein Current conveyor hauptsächlich aus Stromspiegeln, so dass man einwenden könnte, dass dort hundertprozentige lokale Rückkopplung stattfindet. Diese Diskussion wollen wir jedoch hier nicht vertiefen.

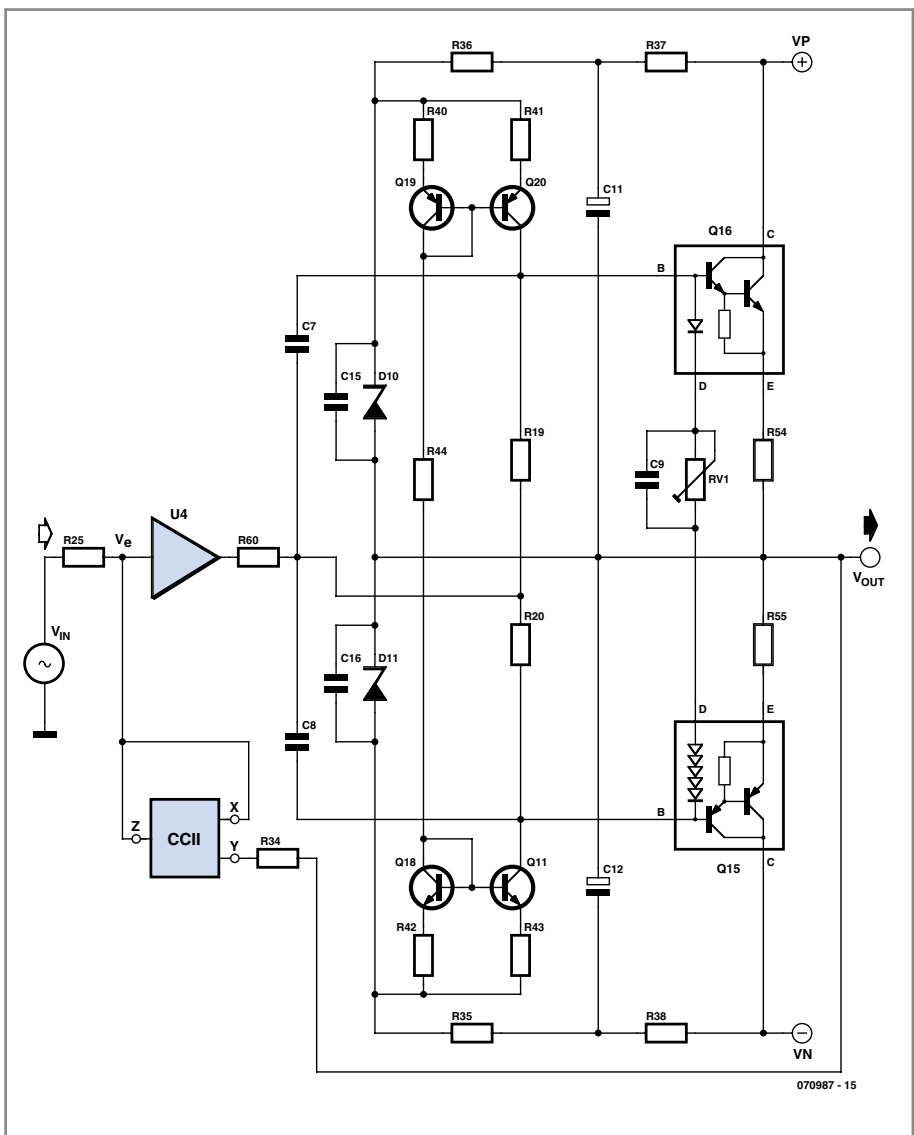


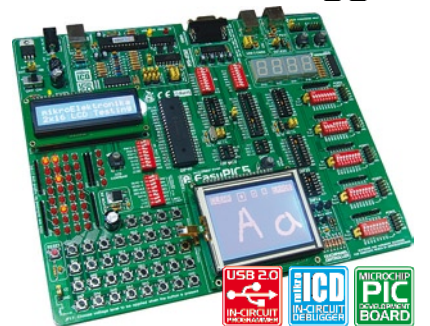
Bild 5. paX-Endstufe mit Fehlerkorrektur.

Wenn der zweite Widerstand an Ausgang Z den doppelten Wert des Widerstands an Eingang Y hat, erhalten wir die Verstärkung 2, eine Rückkopplungsschleife ist jedoch nicht vorhanden. Wie in Bild 4b angegeben hängt die Verstärkung nur vom Verhältnis beider Widerstände ab. Das Besondere an diesem Konzept ist die Tatsache, dass

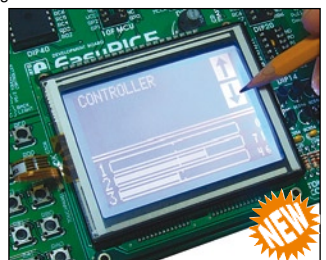
Unseren Addierer erhalten wir, wenn wir für die Widerstände R1 und R2 gleiche Werte einsetzen, so dass die Verstärkung 1 beträgt. In Bild 5 ist die Schaltung der Endstufe mit Fehlerkorrektur dargestellt. Das Fehlersignal tritt an R21 auf, es hat einen Strom zur Folge, der nach R25 über-

EasyPIC5

Mit hardware In-Circuit Debugger



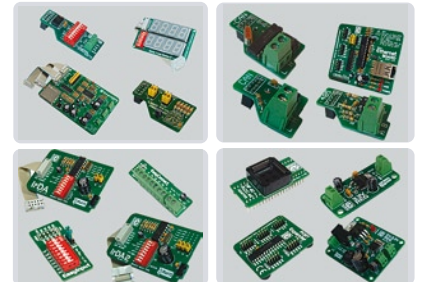
Das System unterstützt 8-, 14-, 18-, 20-, 28- und 40-Pin-PIC-Mikrocontroller (mitgeliefert mit PIC 16F877A). Der mikroICD (In-Circuit-Debugger) ermöglicht ein äußerst effizientes Debugging und schnelle Prototyp-Entwicklung. Beispiele in C-, BASIC- und Pascal-Sprache werden mit dem Board mitgeliefert. EasyPIC5 wird mit einer gedruckten Dokumentation geliefert, wozu gehören: EasyPIC5-Handbuch, PICFlash Handbuch, mikroICD-Handbuch. Ihre Entwicklungszeit lässt sich erheblich reduzieren, was einen frühen Prototyp-Entwurf und einer kurzen Marktvorlaufzeit für Ihr Endprodukt ermöglicht.



Ein Touch-Screen-Controller mit Steckverbinder ist auf dem Board verfügbar. Der Touch-Screen besteht aus einem Display-Overlay und erlaubt so die gleichzeitige Anzeige von Information und die direkte Dateneingabe auf dem Display, wodurch dieses zum bequemeren, Platz sparenden und intuitiven Eingabe-Medium avanciert. Touch-Screens werden nicht nur in der Industrie eingesetzt, sondern eignen sich auch als Auskunftsstationen in Museen oder zur Automatisierung von Gebäuden, wo Schalter und Ähnliches nicht genügen.

EasyPIC5 Add-On Boards

Umfassende Palette von zusätzlichen Tochterboards für das EasyPIC5-Entwicklungsboard.



- Digital POT** - MCP41010 - SPI Interfaced Digitalpotentiometer
- SmartMP3 Board** - VS1001k-MP3-Decoder mit SPI-Interface
- Serial 7-seg Display 2 Board** - MAX7219-SPI-Interfaced-LED-Display. Treiber mit 8 Common-Cathode-LED-Displays
- LightToFreq Board** - TSL230DR programmierbarer Licht-Frequenz-Wandler
- EasyConnect Board** - Bestume und schnelle Verbindung Ihrer Peripherie mit Steckverbindern
- CAN-1 Board** - Schnittstelle CAN über MCP 2551.
- CANSPI Board** - Stellt CANNetzwerk mit SPISchnittstelle her.
- RS485 Board** - Verbindet Bauelemente mit RS 485-Netzwerk.
- Serial Ethernet** - Stellt Ethernet-Netzwerk mit SPI-Interface her (ENC28J60).
- IrDa2 Board** - IrDa2 dient als drahtlose RS232-Kommunikation zwischen zwei MCUs.
- Port Expander Board** - MCP23S17 ist der 16-bit-Port-Expander mit SPI-Interface.

Mehr Info auf unserer Webseite <http://www.mikroe.com>

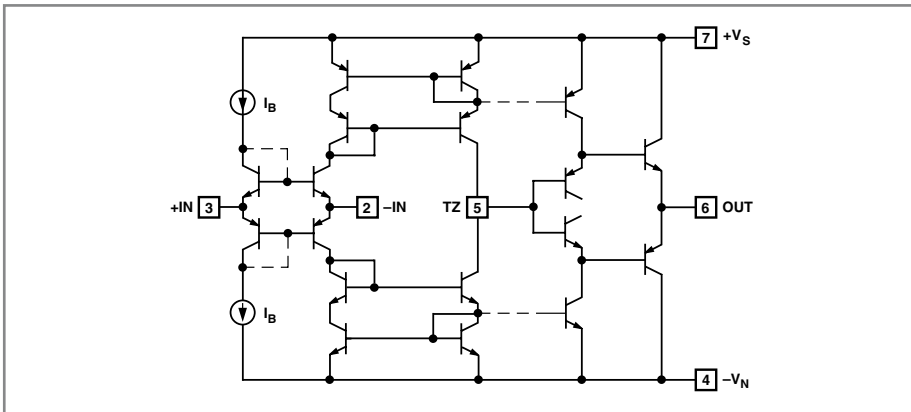
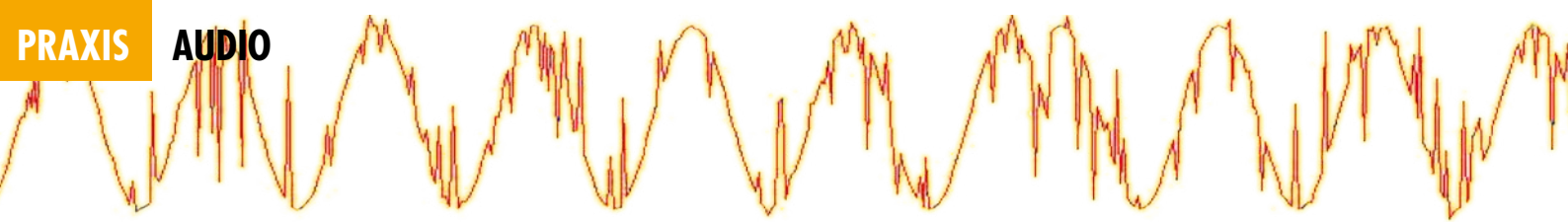


Bild 6. Interne Schaltung des CCII AD844 mit Ausgangspuffer.

tragen wird. Dem Eingangssignal U_{in} wird ein Korrektursignal hinzugefügt, das wie bei Bild 2 beschrieben die H.ec

bewirkt. Die Mitkopplungsschleife in Bild 2 von U_e über U_c zurück zu U_e ist in Bild 5 durch die Verbindung von Ein-

gang X mit dem Ausgang Z realisiert. Gehen wir nun zur Praxis über: Wo finden wir einen CCII? Es gibt zwar CCIIs, häufig in Low-voltage CMOS-Technik aufgebaut, doch man begegnet ihnen normalerweise nur in Laboraufbauten und in der experimentellen Schaltungsentwicklung. Auf den ersten Blick scheinen CCIIs unerreichbar zu sein. Glücklicherweise gibt es einen Ausweg: CCIIs sind nicht selten Teil stromrückgekoppelter Opamps. Dort werden sie auch „diamond transistors“ genannt.

Bild 6 zeigt die stark vereinfachte interne Schaltung des stromrückgekoppelten Opamp AD844. Die CCII-Anschlüsse lassen sich leicht identifizieren: Pin 3 ist der hochohmige Eingang X, Pin 2

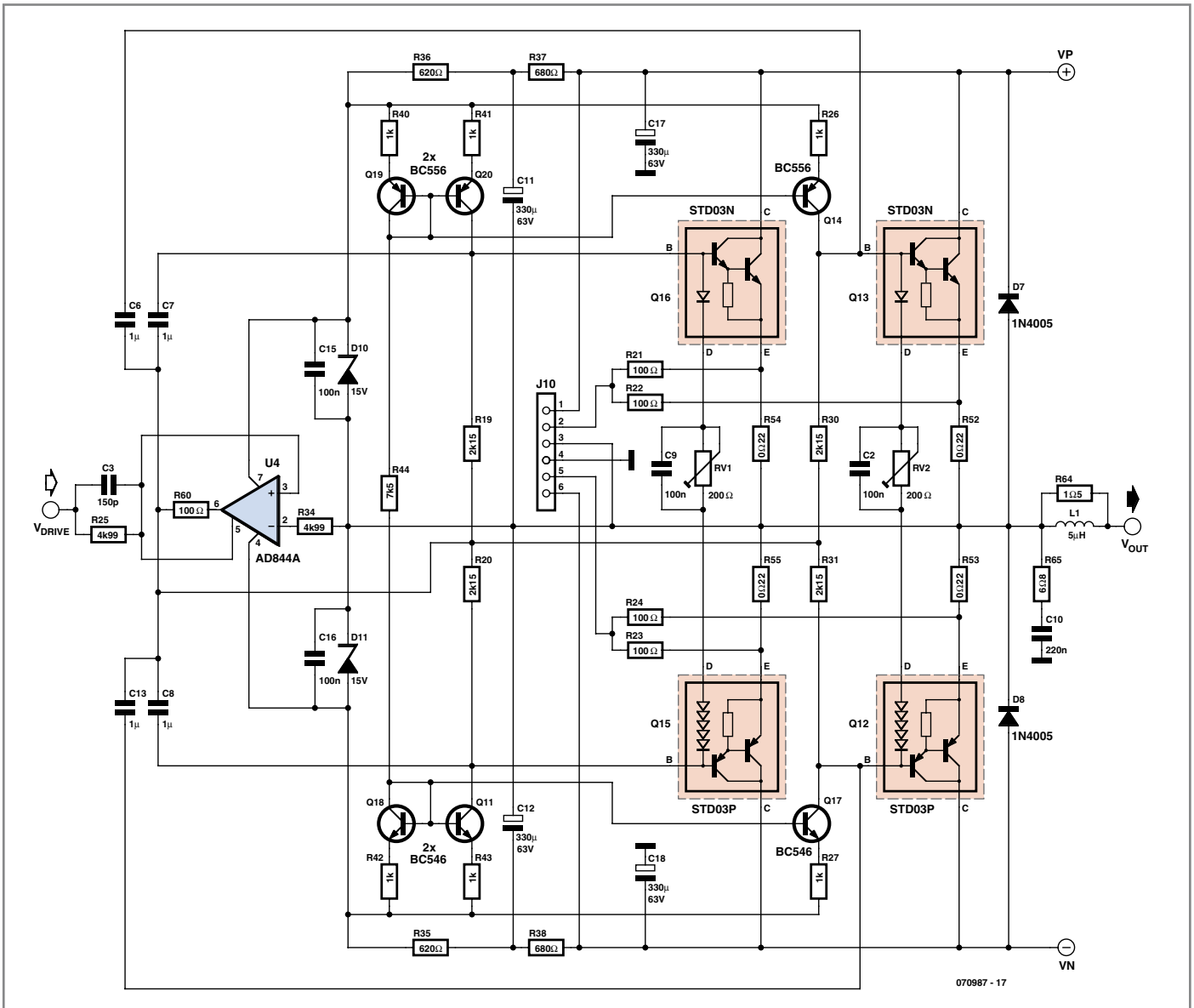


Bild 7. Vollständige Schaltung des Endverstärkers mit Fehlerkorrektur nach Hawksford.

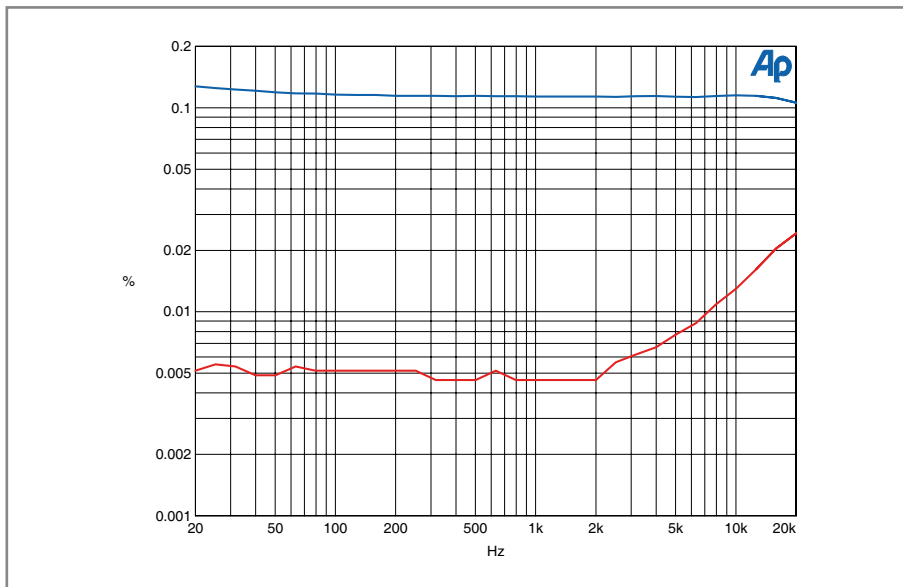


Bild 8. Verzerrungen des Endverstärkers ohne (oben) und mit Fehlerkorrektur (unten) bei $P_{out} = 50\text{ W}$ an $8\ \Omega$.

ist der niederohmige Stromeingang Y und Pin 5, bezeichnet mit „TZ“, ist der Stromquellenausgang Z. Es leicht erkennbar, dass der in Eingang Y (Pin 2) hineinfließende Strom aus Ausgang Z (Pin 5) herausfließt. Das ist genau das, was wir brauchen. Andere, ähnliche Bausteine sind der MAX435 und MAX436 von Maxim sowie der OPA860 von TI, der den OPA660 und OPA2660 ersetzt.

Wir können die Eingangsstufe des AD844 ohne weiteres als CCII verwenden.

den. Der Puffer, der die Ausgangsstufe treibt, kann den Addierer am Signaleingang von der nicht linearen Eingangsimpedanz der Endstufe trennen. Der Stromausgang ist bereits intern mit dem Puffereingang verbunden, auch dies ist genau das, was wir brauchen!

Summe der Teile

Die vollständig dimensionierte Endstufen-Schaltung ist in **Bild 7** zu sehen. Entscheidend ist, dass Pin 5 des AD844 der Eingang ist und nicht (wie in klassi-

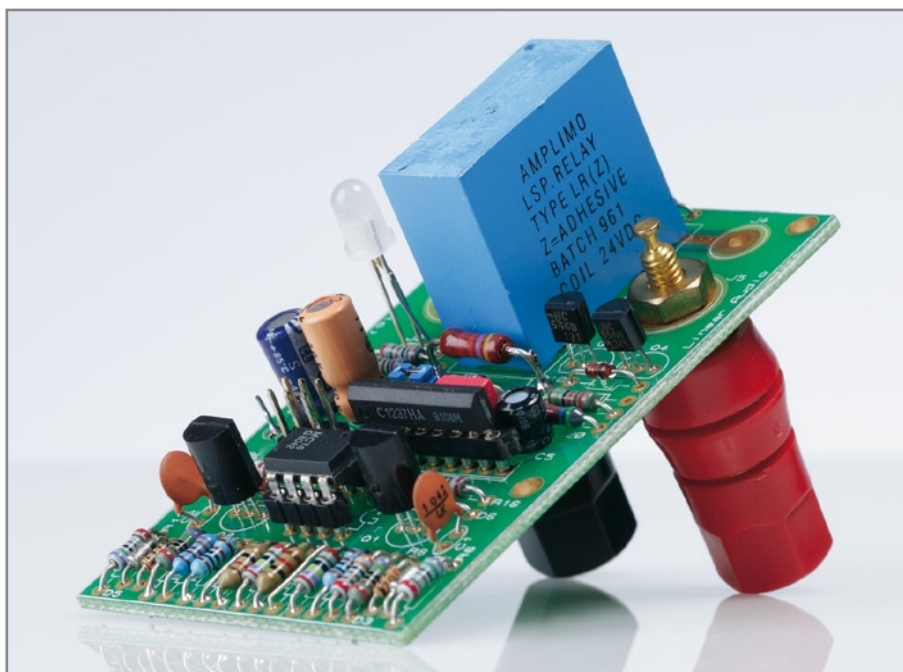


Bild 9. Laboraufbau des Endverstärker-Moduls und der Schutzschaltungsplatine.

Extra Add-On-Entwicklungs-Boards
Eine große Auswahl zusätzlicher Tochter-Boards für unterschiedliche Entwicklungs-Boards

SerialEthernet
Beim ENC28J60 von Microchip handelt es sich um einen 10BASE-T-Stand-Alone-Ethernet-Controller mit integriertem MAC & PHY, 8 KByte RAM-Buffer und einem SPI-Interface mit 28 Pins.



SmartMP3
Beim VS1001k handelt es sich um einen MPEG-Audio-Layer-3-Decoder mit SPI-Interface, der einem Prototypen MP3-Fähigkeiten verleiht. Hinzu kommen integrierte Audio-Verstärker.



3-axis Accel
Mit dem ADXL330 können Sie ihre Anwendungen mit einem kleinen und Stromsparenden 3-Achsen-Accelerometer.



IrDA2 Board
Das Modul MCP2120 enkodiert einen asynchronen seriellen Datenstrom und konvertiert diesen in entsprechende infrarote (IR) Impulse.



RS485 Board
Ermöglicht die Einbindung mehrerer Geräte in ein RS485-Netzwerk über den Low-Power Differential Bus/Line-Transceiver LTC485. Genügt auch den RS422-Spezifikationen.



Serial 7Seg2
Das LED-Display-Board verfügt über 8 7-Segment-Displays mit gemeinsamer Kathode und kann über das IC MAX7219 via SPI und einen IDC10-Steckverbinder angesteuert werden.



LightToFreq
Mit dem TSL230BR können Sie Prototypen auf einfache Weise mit einem Licht/Frequenz-Konverter aufrüsten.



DAC Board
Der MCP4921 ist ein breit einsetzbarer DAC für Anwendungen, wo es auf geringen Stromverbrauch bei niedrigeren Bandbreiten ankommt.



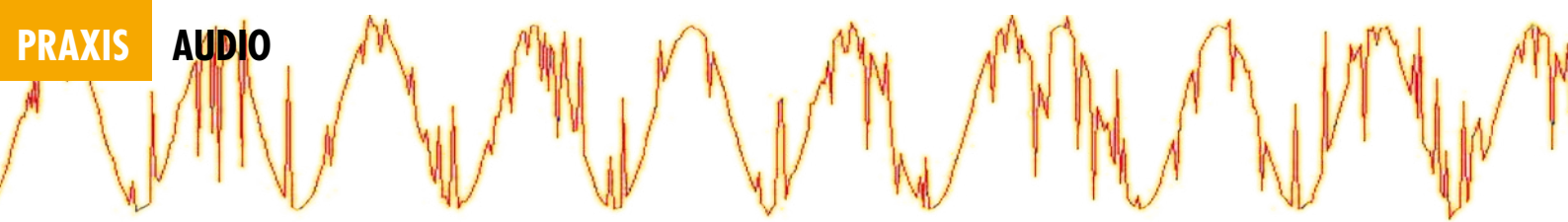
ADC Board
Der 12-bit-ADC MCP3204 verfügt über SPI, den Opamp MCP6024, vier Eingänge und eine Spannungs-Referenz mit 4,096 V.



mikroDrive
Die Hochstrom-Darlington-Arrays vom Typ ULN2804 eignen sich ideal zur Ansteuerung von Peripherie von Logik-Schaltungen mit niedrigen Steuerpegeln.



Mehr Info auf unserer Webseite:
<http://www.mikroe.com>



schen Opamp-Schaltungen) Pin 2 oder Pin 3. Der AD844 wird hier *nicht* als Opamp betrieben, obwohl es auf den ersten Blick so aussehen mag.

Was die Ausgangsleistung betrifft, hatten wir uns 100 W an 8 Ω und 200 W an 4 Ω zum Ziel gesetzt. Die Endstufe arbeitet mit zwei Endtransistor-Paaren, nur bei rein ohmscher Last hätte ein Transistor-Paar genügt. Lautsprecherboxen sind Lasten, die auch kapazitive und induktive Komponenten haben, insbesondere wenn komplexe Weichen eingebaut sind. Sie verursachen Phasenverschiebungen von Spannung und

Trimpoti für die Arbeitspunkt-Einstellung hinzugefügt wurden.

Einige Komponenten in Bild 7 haben wir noch nicht erwähnt: R60 am Ausgang des im AD844 integrierten Puffers erhöht die Stabilität, denn die Lasten sind hier vornehmlich kapazitiv. Zu R25 am Eingang liegt C3 parallel. Mit steigender Signalfrequenz treten sowohl in der Endstufe als auch im Current conveyor Phasenverschiebungen auf. Wenn die Phasenverschiebung in einem konventionellen rückgekoppelten Verstärker eine kritische Grenze übersteigt, wird aus der Rückkopplung eine Mitkopplung.

Ferner ist in Bild 7 der sechspolige Steckverbinder J10 vorhanden, über den U_{ce} und I_c der Endtransistoren von der Schutzschaltung überwacht werden.

Dass unsere Endstufe hervorragend linear arbeitet, belegt das Diagramm in **Bild 8**. Die Eigenschaften der Endstufe sind absolut überzeugend, vorausgesetzt sie wird von einem dazu passenden Spannungsverstärker gesteuert. Der Spannungsverstärker wird ebenso wie die Stromversorgung Thema des zweiten Teils dieses Beitrags sein.

(070987)

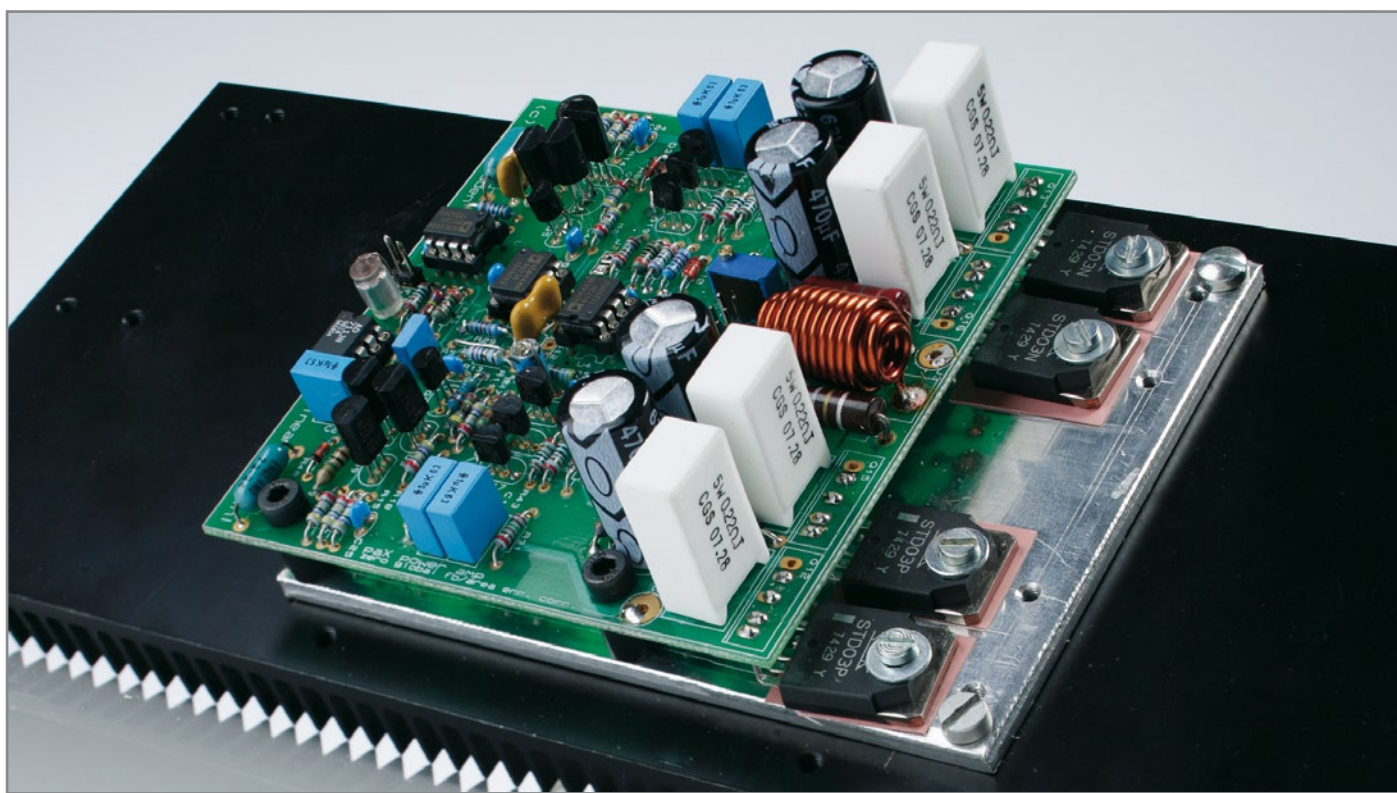


Bild 10. Das aufgebaute Verstärkermodul auf seinem Kühlkörper.

Strom, so dass die Ausgangsspannung negativ sein kann, während der positive Zweig (N-Transistor) den Strom liefert. Am N-Transistor muss eine möglichst niedrige Spannung U_{ce} liegen. Bei hohen Werten von U_{ce} ist der zulässige Ausgangsstrom auf deutlich niedrigere Werte begrenzt als man auf Grund der zulässigen Verlustleistung annehmen könnte.

Die Schutzmaßnahmen im Endverstärker werden in einem noch folgenden Beitrag näher betrachtet. Am Rand sei noch bemerkt, dass nicht nur ein zweites Transistor-Paar, sondern auch eine zweite Stromquelle und ein zweites

Diese Erscheinung führt zu Instabilität und sogar zum unkontrollierten Schwingen. Das ist auch bei H.ec-Verstärkern ähnlich. Deshalb muss die Schleifenverstärkung ebenso wie im konventionellen Verstärker bei höheren Frequenzen herabgesetzt werden. Das bewirkt C3, indem er die Korrektur-Impedanz (R25 parallel zu R3) mit steigender Signalfrequenz herabsetzt.

Die Endstufe muss von einer Vorstufe mit niedriger Ausgangsimpedanz gesteuert werden, weil sich diese Impedanz zum Fehlerkorrektur-Widerstand R25 addiert.

Literatur

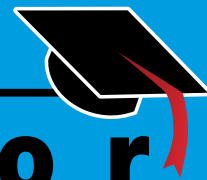
- [1] Hawksford, M.J., „Distortion correction in audio power amplifiers“, JAES, Vol. 29, Nr. 1/2, S. 27-30, Jan./Feb. 1981
- [2] Hephaistos, „Thermal Distortion – it exists, I’ve seen it“, L’Audiophile, Nr. 32, Mai 1984
- [3] Anfang der 90er Jahre entwickelte Doug Wadsworth auf eigene Kosten den Audio-Chip PA630. Dieser „Swift Current“-Chip wurde später in Wadia DACs integriert. Inzwischen ist der Chip nicht mehr auf dem Markt. Er galt als ultimativer Geheimtipp für High-end-Audio-Anwendungen.



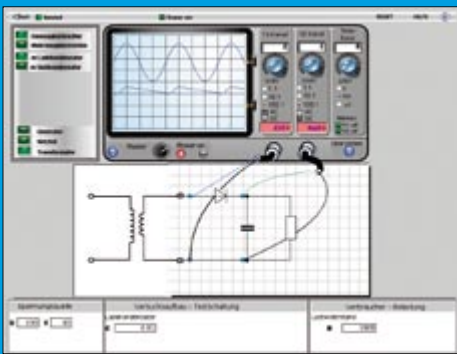
elektor

ACADEMY

the school of electronics



Bildung, Ausbildung und Weiterbildung mit Elektor



Virtuelles **NEU** Elektronik-Labor

Schaltungen simulieren und interaktiv überprüfen
www.elektor.de/vl



Mikrocontroller-Fernlehrgang

Einstieg in die Welt der Mikrocontroller
www.elektor.de/tfh

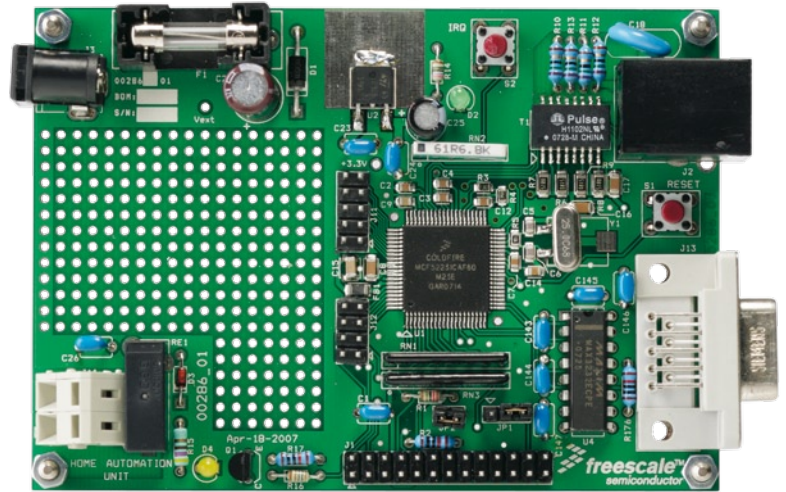


E-blocks

Modulares Elektronik-Baukastensystem + Programmiersoftware
www.elektor.de/eblocks



DigiButler



Kleiner Heim-Server mit 32-bit-Power

Teil 1: Einführung und Schaltungsbeschreibung

Von Richard Sumka (Freescale Semiconductor),
Luc Lemmens und Jan Buiting (Elektor)

Dieses Projekt nutzt einen Coldfire-Mikrocontroller von Freescale und passende PC-Software, die das Fernschalten elektrischer Lasten via Netzwerk und dem Internet ermöglicht. Unter den Zutaten finden sich neben 32-bit-Technik freie Software, preiswerte Hardware und kostenlose Tools für die Erweiterung um zusätzliche Funktionen.

In diesem Beitrag geht es zunächst um die Struktur des Servers und den optionalen Turbo-BDM-Programmer für Coldfire-Chips.

Unterwegs und unsicher, ob das Licht oder etwas anderes Elektrisches auch wirklich ausge-

schaltet wurde? Mit dem hier vorgestellten kleinen Server können Sie Geräte auch aus der Ferne via Internet, PC plus Browser und sogar mit einem WAP-fähigen Handy steuern.

Diese Anwendung allein mag einen 32-bit-Controller nicht gerade voll auslasten, doch dieses Projekt ist damit ja nicht erschöpft. Der hier vorgestellte Server eignet sich nämlich vorzüglich

als Basis für Eigenentwicklungen, da er recht preiswert ist (Hardware) und alle notwendigen Ressourcen im Sinne des Open-Source-Gedankens frei verfügbar sind (Software).

Vernetzung

Wenn Ethernet zur Verfügung steht, dann liegen die Begriffe Fernsteuerung und Fernüberwachung schon recht nahe. Der hier beschriebene Heim-Server auf der Grundlage eines 32-bit-Coldfire-Controllers und der zugehörigen Software von Freescale erlaubt in erster Linie das Fernschalten elektrischer Verbraucher über Netzwerke und natürlich auch via Internet. Mit intuitiven und einfachen Erweiterungen kann man den Server auch zur Fernüberwachung in Verbindung mit entsprechenden Sensoren einsetzen.

Internet & WAP

Webseiten werden im Internet für gewöhnlich mittels HTTP (**H**yper**T**ext **T**ransport **P**rotocol) übertragen. Dabei handelt es sich um ein Protokoll, das auf geeignete Anfragen entsprechende Daten liefert. Die Daten können dabei beliebige Form haben und auch schlicht binärer Natur sein. Das Grundprinzip ist, dass ein Web-Browser als Client eine Webseite von einem Webserver erhalten möchte. Auf seine Anfrage hin liefert der Webserver dann den entsprechenden Inhalt zurück. Im Prinzip also ganz einfach, doch der Teufel steckt wie immer im Detail.

Wie in **Bild 1** dargestellt, handelt es sich beim DigiButler um einen kleinen Webserver, der an einen mit dem Internet verbundenen Router angeschlossen ist. DigiButler funktioniert selbstverständlich genau so gut in einem lokalen Netzwerk oder aber auch direkt angeschlossen an einen PC. Für die weitere Beschreibung wird davon ausgegangen, dass der Server hinter einem Router platziert ist. DigiButler akzeptiert von jedem mit dem Internet verbundenen PC oder WAP-Handy Kommandos und liefert Daten zurück, wenn diese Befehle korrekt an seine IP-Adresse geschickt werden. Selbstverständlich ist der Server mit einem Passwort vor unbefugtem Zugriff geschützt.

Der MCF52231

Der Coldfire-Controller MCF-52231CAF60 kommt in einem LQFP80-Gehäuse daher und bietet modernste

Spezifikationen

- Coldfire-MCF52231-Controller mit 32-bit-Technik
- Open-Source-Projekt
- Kompletter Source-Code in C
- Freie CodeWarrior-Entwicklungsplattform für Software
- Auch als preiswertes Coldfire-Entwicklungssystem geeignet
- Ethernet (RJ45), RS232, BDM, I2C, analoge Eingänge und Digital-I/O
- Relais zum Schalten elektrischer Lasten an 230 V
- Zugriff via Internet oder WAP
- Zugriffsschutz mit Username und Passwort
- TCP/IP und RTOS-Stack mit HTTP, DHCP, UDP, ICMP und ARP
- Ideal für Fernsteuerung und Fernüberwachung über das Internet

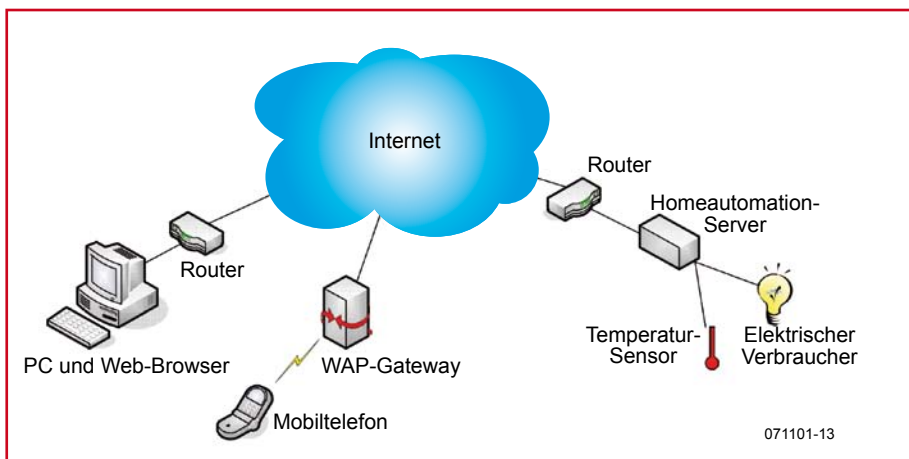


Bild 1. DigiButler kann von jedem mit dem Internet verbundenen PC oder WAP-fähigen Handy angesprochen werden.

Optional Additional Modules	BDM	PLL	GPIO		JTAG
Crypto	4-ch., 32-bit timer	4-ch. DMA	PHY	10/100	DMA
CAN	4-ch., 16-bit timer	I2C	UART		
Memory Options	2-ch., PIT	QSPI	UART		
128 KB flash	4-ch., 8-ch. PWM	2 x 4-ch., 12-bit ADC	UART		
256 KB flash	RTC		32 KB SRAM		
	EMAC	ColdFire® V2 Core	System Integration		

Bild 2. Die Architektur der MCF52231-Coldfire-Familie von Freescale.

MCF52231-Eigenschaften

- 128 KB integrierter Flash-Speicher
- 32 KB integriertes SRAM
- Coldfire-V2-CPU mit 32-bit-Technik und Takt von 60 MHz
- Bis maximal 56 bit frei verwendbare I/Os
- Drei UARTs
- Serial Peripheral Interface (QSPI)
- I²C-Interface
- Vier 32-bit-Timer mit DMA-Fähigkeiten
- 4-kanaliger 16-bit-Timer für Capture, Compare und PWM
- 2-kanaliger periodischer Interrupt-Timer
- 4-kanaliger 16-bit- oder 8-kanaliger 8-bit-PWM-Generator
- Zwei 4-kanalige Analog/Digital-Konverter mit 12-bit-Auflösung
- DMA-Controller mit vier Kanälen
- Bis zu 73 I/O-Leitungen
- PLL, Watchdog und Echtzeit-Uhr
- Integriertes BDM (**B**ackground **D**ebug **M**odule)
- 3,3-V-Versorgung

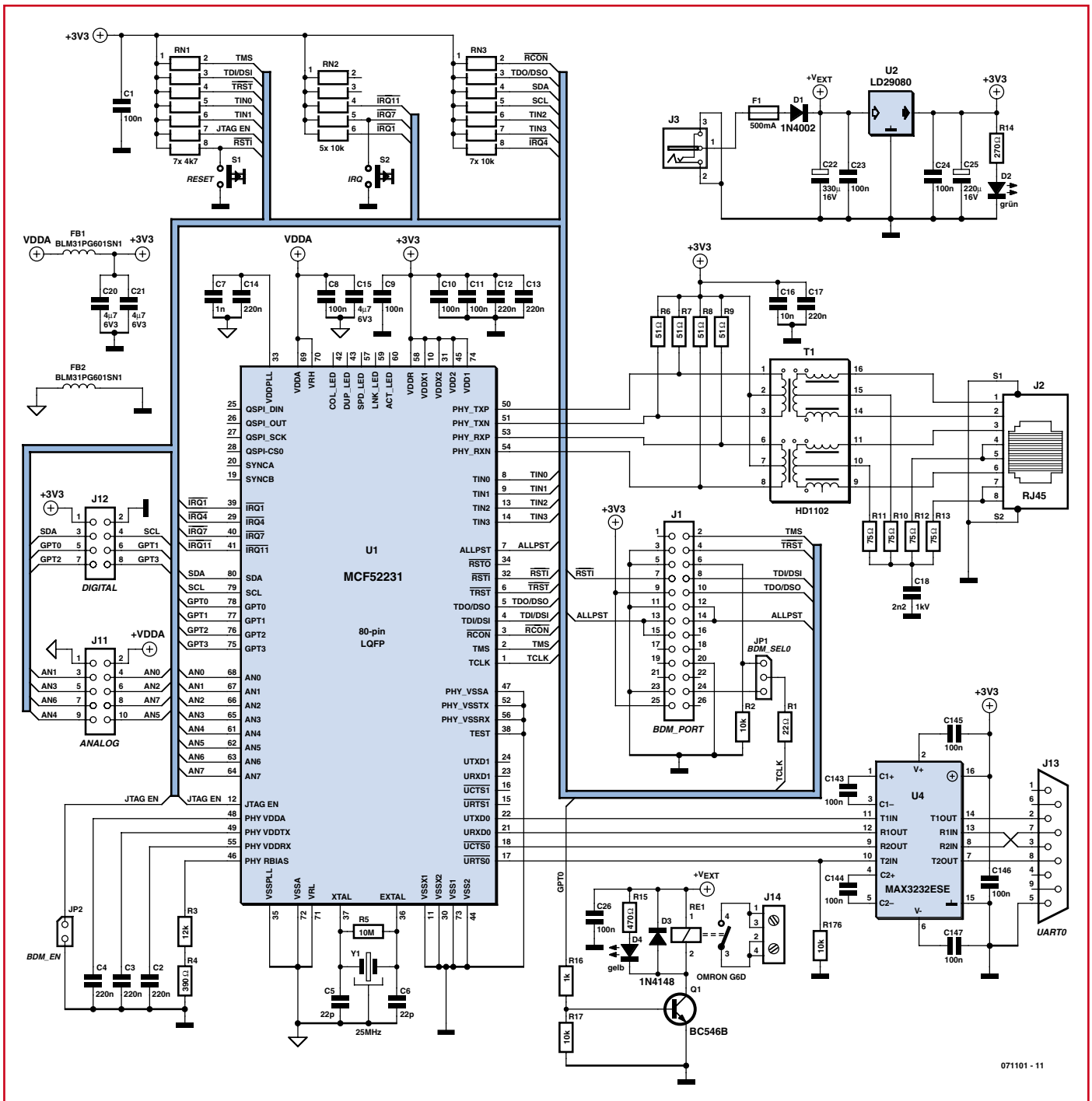


Bild 3. Die Schaltung des Servers besteht aus einem Coldfire-Mikrocontroller mit einigen zusätzlichen Bauteilen.

32-bit-Mikrocontroller-Technik. Seine Architektur ist in **Bild 2** dargestellt. Die beiden wichtigsten Features sind sicher sein integrierter FEC (**F**ast **E**thernet **C**ontroller) mit 10/100 Mbit/s plus zugehörigem EPHY-Layer (**E**thernet **P**hysical). Damit ist der Mikrocontroller schon fast direkt an ein Ethernet-Netzwerk anschließbar. Wer an den Feinheiten interessiert ist, der werfe einen Blick in den besonders informativen Artikel von Eric Gregory unter [1]. Der Chip verfügt weiter über einen integrierten CAN-2.0B-Controller. CAN wird hauptsächlich als industrieller serieller Bus genutzt, da er Echtzeitfähigkeiten mitbringt und sehr robust gegenüber Störeinflüssen ist. Der Typ MCF52235 als großer Bruder des hier eingesetzten Chips hat zusätzlich noch eine eigene Krypto-Einheit und einen

rekt mit den entsprechenden ADC-Pins des Controllers verbunden. Weitere sechs digitale I/O-Leitungen des Chips sind auf J12 herausgeführt und stehen zur freien Verfügung. Letztere können auch als I²C-Interface konfiguriert werden. Die beiden I²C-Leitungen SDA und SCL sind über 10-k Ω -Pull-up-Widerstände mit der 3,3-V-Versorgung verbunden. Bei maximaler Bus-Belastung wird eine I²C-Datenrate von bis zu 100 kbit/s erreicht, die bei geringerer Bus-Last auch übertroffen werden kann.

Bei J1 handelt es sich um ein BDM-Interface (**B**ackground **D**ebug **M**ode), das In-Circuit-Debugging ermöglicht und das Löschen und Beschreiben von Flash-Speicher (für die Firmware) gestattet. Ein hierzu passender Programmierer wird noch beschrieben. Die Pegelanpassung zwischen RS232-

eine Gleichspannung von 5...8 V liefert. Diese Spannung abzüglich der 0,7 V der Diodenstrecke (D1) wird zur Versorgung des Relais RE1 verwendet, das über eine 8-V-Spule verfügt. D1 schützt vor falscher Polung der Versorgung und F1 vor Überstrom. Die LED D2 zeigt an, ob der Server eingeschaltet ist. Der Spannungsregler U2 nebst Entkopplungs-Kondensatoren sorgt für eine präzise Versorgungsspannung von 3,3 V für die Elektronik. Die VDDA-Versorgungsleitung ist zusätzlich noch über die Ferrit-Perle FB1 und die beiden Niedervolt-SMD-Kondensatoren C20 und C21 entkoppelt.

Relais-Steuerung

Eine zentrale Eigenschaft des Servers ist, dass er direkt eine elektrische Last



Dieses interessante Open-Source-Server-Projekt wurde durch die Zusammenarbeit mit Freescale ermöglicht. Nach dem großen Erfolg der Projekte mit dem 8-bit-SpYder und dem Accelerometer in Elektor März und April 2007 folgt jetzt ein einfacher und praxisbezogener Einstieg in die Welt der modernen 32-bit-Mikrocontroller. Dazu wird demnächst auch ein mit dem fertig programmierten Mikrocontroller und den SMD-Bauteilen bestücktes Board zu einem besonders attraktiven Preis angeboten werden, das einen besonders preiswerten Einstieg ermöglicht.

In der Vergangenheit hat sich Freescale mit seinen Mikrocontrollern mit großem Erfolg auf den Automotive-Markt konzentriert und nimmt seit vielen Jahren eine führende Position in diesem Bereich ein. Seit einiger Zeit bemüht sich Freescale auch verstärkt um die Unterstützung der Märkte, die über das Distributions-Netzwerk angesprochen werden. Aus diesem neuen Fokus resultiert auch die Zusammenarbeit mit Elektor, mit der besonders Studenten, Open-Source-Entwickler und ganz allgemein alle Mikrocontroller-Enthusiasten erreicht werden sollen.

für Sicherheits-Aspekte geeigneten Zufallszahlengenerator an Bord. Weitere Eigenschaften des MCF52231 sind im Kasten aufgeführt.

Elektronik

Wenn man den Transistor und das Spannungsregler-IC mitrechnet, besteht der komplette Server aus gerade mal vier aktiven Bauelementen! **Bild 3** zeigt, wie diese verschaltet sind. Das wichtigste Bauteil ist sicherlich der Mikrocontroller U1. Der Ethernet-Anschluss erfolgt über den isolierten Transformator T1 und die RJ45-Buchse J2.

Der Quarz Y1 legt den externen Takt des Mikrocontrollers auf 25 MHz fest. Intern erzeugt daraus eine PLL den eigentlichen CPU-Takt von 60 MHz. Über J11 sind insgesamt acht analoge Eingänge mit je 12-bit-Auflösung verfügbar. Die Anschlüsse von J11 sind di-

Schnittstelle an J13 und Mikrocontroller übernimmt mit U4 der dafür unvermeidliche MAX232. J13 ist so belegt, dass ein „richtiges“ seriell Kabel verwendet werden muss und nicht etwa ein Null-Modem-Kabel.

Der Taster S1 ist der Reset-Knopf, nach dessen Betätigung der Controller bootet. S2 ist direkt mit dem CPU-Pin IRQ7 verbunden und kann frei für eigene Zwecke verwendet werden. Die Jumper JP1 und JP2 dienen Programmierzwecken und werden in Teil 2 des Artikels besprochen.

Im Schaltplan kann man das natürlich nicht sehen, weshalb hier extra darauf hingewiesen wird: Auf der Platine befindet sich eine große freie Fläche für Prototypen-Aufbauten, womit man den Server leicht an eigene Bedürfnisse anpassen kann.

Als Stromversorgung eignet sich jedes (auch unstabilierte) Steckernetzteil, das bei einer Belastbarkeit von 500 mA

fernschalten kann. Da es hierbei um Netzspannung geht, sind selbstverständlich entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Der wichtigste Punkt ist dabei, dass der Teil mit Netzspannung sehr gut gegen den Niedervoltteil der Schaltung isoliert sein muss, und das verlangt fast zwingend nach einem Relais. RE1 erlaubt das Schalten von Wechselspannungen bis zu 250 V. Die gelbe LED D4 signalisiert, ob das Relais und damit die Last eingeschaltet ist.

Firmware

Die Firmware besteht im Wesentlichen aus einer modifizierten Variante der „Coldfire Lite HTTP Server Software“, die kostenlos von Freescale erhältlich und in den Application-Notes AN3455 [2] und AN3470 [3] beschrieben ist. Ein guter Teil der Infos zur Funktion der Software inklusive Präsentatio-

nen ist auch noch unter [4] und [5] zu finden. Die gegenüber der Freescale-Version gemachten Änderungen betreffen vor allem die Authentifizierung mit Username und Passwort und zusätzlich noch die Zugangsmöglichkeit via WAP für Handys. Der komplette umfangreiche Code ist in C geschrieben. Da der Mikrocontroller mit immerhin 60 MHz getaktet wird, geht es auch ohne Assembler-Code. In den Projekt-Einstellungen wurden 81 kB des Flash-Speichers für Code und 45 kB für die Webseite reserviert. Wenn man die Code-Optimierungsstufe Level 1 beim Kompilieren der Firmware auswählt, ist das Resultat nur 58 kB groß. Man

Stacks von Coldfire-Chips kommt man mit recht wenig Wissen um die Code-Interna aus und kann doch einfach den Inhalt der Webseite ändern, um die auf dem Board verfügbare Hardware letztlich über das Internet anzusprechen.

TBLCF: Open-Source Programmier/Debugger

Es ist interessant zu beobachten, wie gut die Controller von Freescale mittlerweile durch die Embedded-Community aufgenommen werden. Einige Mitglieder haben sogar schon preiswerte Alternativen zu den professionellen Programmern und Debuggern

Ein Hinweis: **TBLCF ist für dieses Projekt nicht zwingend erforderlich!** Die im Elektor-Shop angebotene DigiButler-Platine enthält schon einen fix und fertig programmierten MCF52231-Chip. Man kann damit ohne Programmierung einfach so loslegen. Wenn man die Firmware aber für eigene Zwecke modifizieren möchte, dann ist ein TBLCF oder etwas Gleichwertiges natürlich notwendig.

Die von Daniel Malik erstellte Beschreibung von TBLCF ist mehr als ausführlich und enthält auch alle Hinweise, um eine passende Platine herzustellen. Es gibt auch eine fertige DLL und eine Anleitung, welche die Software-Installation Schritt für Schritt erläutert. In diesem Beitrag reicht deshalb eine verkürzte Fassung der Beschreibung der Schaltung von **Bild 5** aus.

TBLCF verfügt über einen USB-Anschluss. Die Hardware besteht aus zwei Teilen: dem Mikrocontroller MC68HC908JB16 und einem BDM-Interface-Treiber basierend auf dem Buffer 74VHC14. IC2 wird dazu verwendet, die BDM-Signale mit Spannungen zwischen 3,3 V und 5 V an die 5-V-Logik von IC1 anzupassen. Die VHC-Familie verträgt nämlich problemlos Überspannung an den Eingängen und der Ausgangspegel hängt von der Spannungsversorgung des ICs ab. Wenn ein 74VHC14 also mit 3,3 V versorgt wird, können höhere Spannungen (über die Widerstände R3 und R4) die Pegel an den Eingängen nicht über 3,3 V ziehen, da einfach die entsprechenden Ströme über die 3,3-V-Versorgung abgeleitet werden. 3,3 V reichen allerdings als High-Pegel für IC1 nicht aus. Um Instabilitäten zu vermeiden, wird der Ausgangshub über die beiden Dioden D2 und D3 sowie die beiden Pull-up-Widrestände R3 und R5 auf 5 V angehoben.

Das RSTO-Signal gelangt an zwei Pins des Controllers. Eigentlich ist das nicht notwendig, weil die Verbindung mit dem Pin PTE1 schon ausreicht. Die zusätzliche Verbindung mit Pin PTA6 vereinfacht allerdings das Platinen-Layout.

Den BDM-Anschluss für ColdFire-Chips gibt es schon länger. In der Vergangenheit bedeutete das auch immer viele Bauteile und größeren Aufwand. Ein 26-poliger Steckverbinder im 2,54-mm-Raster war für diese Art Platinen passend. Durch die zunehmende Miniaturisierung ist so ein Anschluss für heutige Entwürfe viel zu groß. Es gibt deshalb zwei Optionen:

1. Wo eine 26-polige Steckverbindung zu

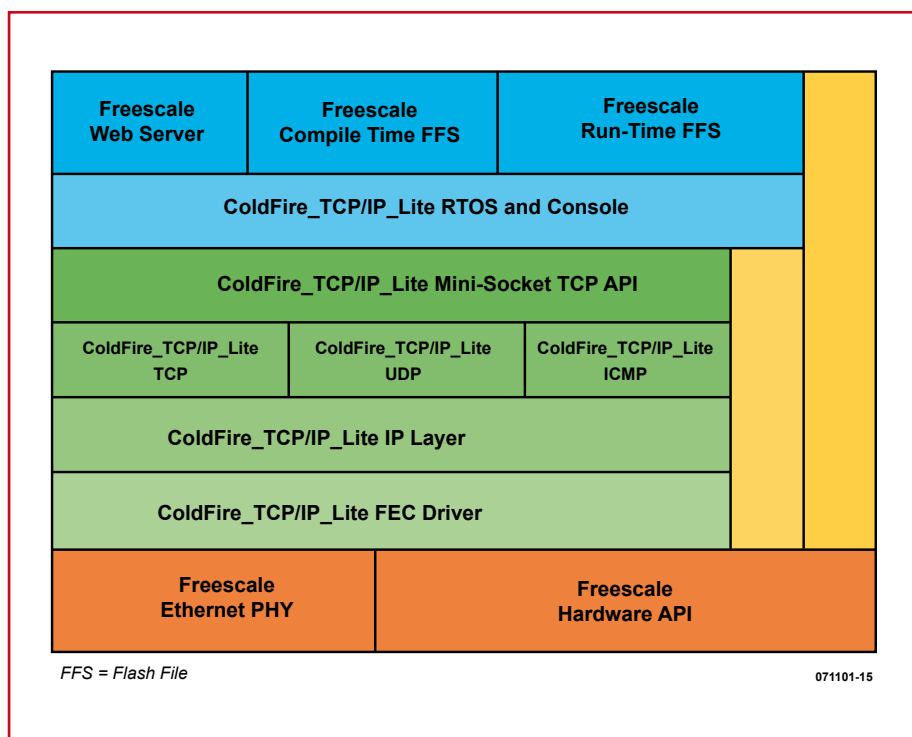


Bild 4. TCP/IP und RTOS-Stack für Coldfire-Mikrocontroller.

sollte das also ausprobieren. Wie schon erwähnt, ist ein HTTP- bzw. ein Webserver integriert, der auf einem freien TCP/IP-Stack und einem Echtzeit-Betriebssystem von Freescale aufsetzt. Der Terminus „Stack“ bedeutet im Zusammenhang mit Software, dass eine Protokoll-Ebene auf einer anderen aufbaut, wie in **Bild 4** gezeigt. Wer sich im Detail für die interne Arbeitsweise interessiert, der kann sich in den zugehörigen Source-Code vertiefen. Dort zeigt sich, wie die Begriffe DHCP, UDP, ICMP und ARP bei TCP/IP und HTTP zusammenarbeiten und wie sie in Software gegossen sind. Dank der verfügbaren Information über die Programmierung des TCP/IP-

von Freescale entwickelt - auch für den hier verwendeten Chip übrigens. In allen Fällen basieren diese Hardware-Tools auf dem BDM-Konzept. SpYder [6] ist beispielsweise ein BDM für MC9S0-Controller.

Von Daniel Malik wurde ein TBLCF (Turbo BDM Light Coldfire Interface) für die Verwendung mit CodeWarrior entwickelt. Der Zugang hierzu ist über das Forum zu den 68K/Coldfire-Prozessoren von Freescale [7] möglich. In guter alter Community-Tradition stellt Daniel Malik das relevante Material dazu als Freeware zur Verfügung. Die notwendigen Bauteile für TBLCF sollten auch nicht mehr als ein paar Euro kosten.

groß ist, kann man auch ein 10-poliges Subset (die Pins 1...10) verwenden. Das einzige wirklich fehlende Signal ist dann TA (Transfer Acknowledge) von Pin 26. Dieses Signal ist aber nur bei Systemen mit externem Speicher-Bus erforderlich, bei denen der Debugger falsch konfiguriert wurde und Bereiche anspricht, die keinen TA (weder intern noch extern) erzeugen. Die Wahrscheinlichkeit, dass man TA wirklich benötigt, ist also sehr klein und wenn man den Debugger richtig konfiguriert, sollte es auch mit nur zehn Pins keine Probleme geben.

2. Das RSTO-Signal wird auf Pin 1 gelegt, der ohnehin bislang unbenutzt war. Dies gestattet dem Interface die Erkennung von Resets des Mikrocontrollers, die beispielsweise durch die COP/Watchdog-Schaltung oder durch den Anwender per Tastendruck ausgelöst werden.

Beides sind lediglich Ausweich-Vorschläge und das Interface wird natürlich mit dem originalen 26-poligen Steckverbinder prima funktionieren. Wenn man Pin 11 und 12 des 26-poligen Steckverbinders nicht beschaltet, dann ist das Interface gleichzeitig auch

mit der 10-poligen Variante des Flachbandkabels kompatibel.

Nächsten Monat...

Die Planung sieht vor, dass die Platine für den DigiButler mit der Veröffentlichung des zweiten Artikelteils in der Mai-Ausgabe von Elektor zur Verfügung steht. Dieser Beitrag befasst sich mit dem Aufbau und Test der Hardware, der Netzwerk-Verbindung und dem Umgang mit der integrierten Webseite. Außerdem gibt es Hinweise darauf, wie man mit CodeWarrior veränderte Firmware generiert und den Mikrocontroller mit dem Compilat bestückt.

(071101-1)

Literatur & Links

Alle unter [1] bis [7] aufgeführten Dokumente sind über eine extra eingerichtete Elektor-Webseite erreichbar:

www.elektor.com/digibutler_de

- [1] ColdFire Ethernet, von Eric Gregori
- [2] Application Note AN3455:
www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN3455.pdf
- [3] Application Note AN3470:
www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN3470.pdf
- [4] Infos rund um ColdFire:
www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?nodeId=0162468rH3YTLC
- [5] Eric's Software Page:
www.emgware.com
- [6] SpYder Attacks, Elektor März 2007.
- [7] Freescale-Controller-Forum:
forums.freescale.com/freescale/board/message?board.id=CFCOMM&thread.id=624

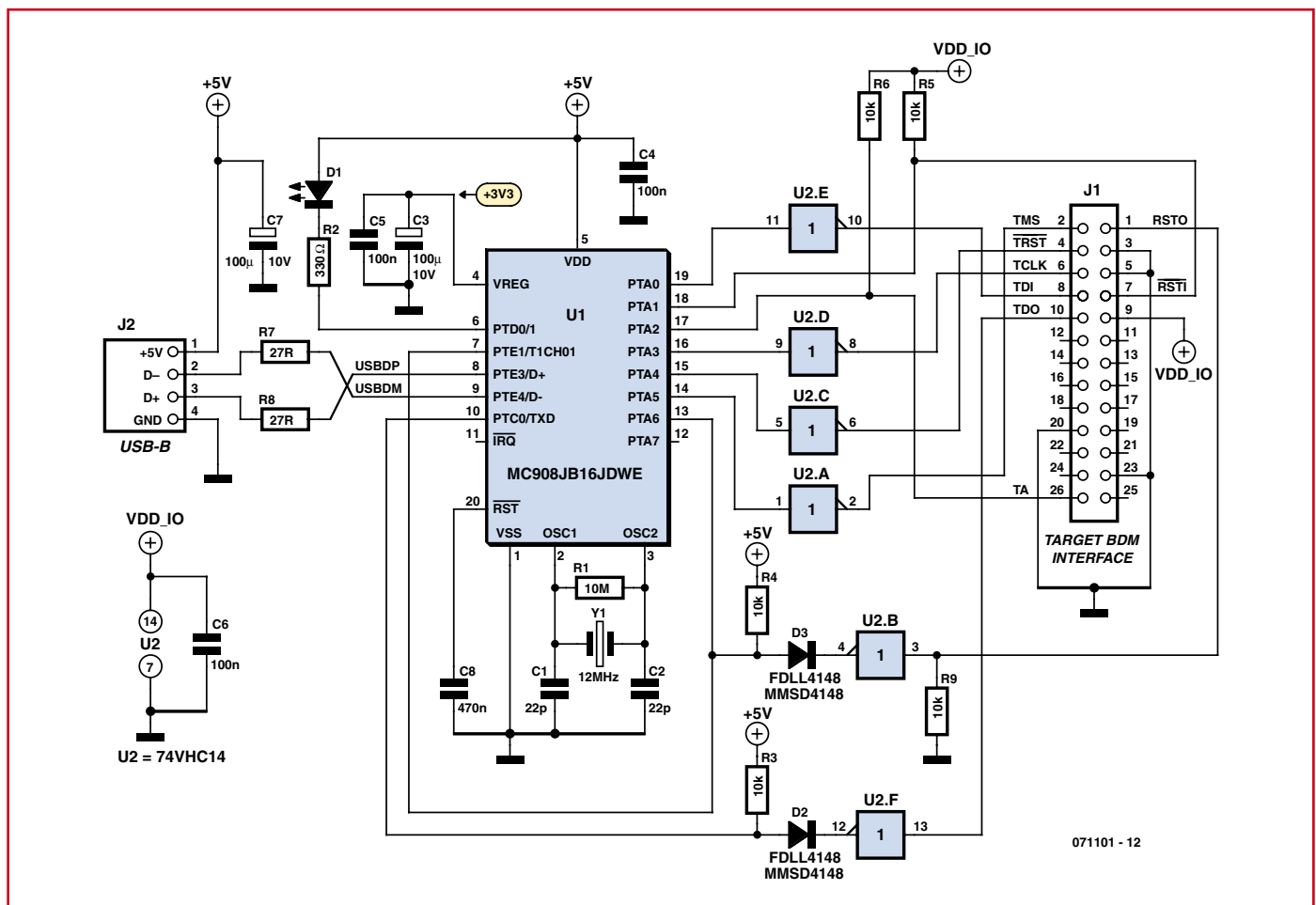


Bild 5. Schaltung des TBLCE, einem Open-Source-Debugger/Programmer für Coldfire-Controller.

Perfekt in Balance

Kratzfreier Lautstärke-Einsteller für High-end-Verstärker

Von Jan Breemer

Hochpräzise mechanische Potentiometer zum Einstellen der Lautstärke bei High-end-Verstärkern haben ihren Preis. Kostengünstiger und sogar besser geht es mit dem PGA2311 von Texas Instruments. Ein kleiner 8-Pin-Mikrocontroller von Freescale steuert den Audio-Baustein, Lautstärke und Balance werden kratzfrei über lineare Potentiometer eingestellt.

Zum Einstellen der Lautstärke und Balance sind bei Audio-Verstärkern in der Regel mechanische Potentiometer vorgesehen, elektrotechnisch sind dies Widerstände mit variablem Abgriff. Die Position des Abgriffs auf einer kreisförmigen oder geraden Widerstandsbahn wird mit einem Drehknopf oder Schiebeknopf eingestellt. Lautstärke- und Balance-Potentiometer in Verstärkern haben meistens logarithmische Charakteristiken. Eine Verdopplung des Drehwinkels oder der Schiebestrecke bewirkt eine Verdopplung der am Potentiometer abgegriffenen Spannung, gemessen im logarithmischen Maß Dezibel (dB).

In High-end Audio-Verstärkern sind mechanische Potentiometer eigentlich nicht mehr zeitgemäß, denn sie haben einige Unzulänglichkeiten:

- Zwischen Schleifer und Widerstandsbahn können willkürliche Übergangswiderstände auftreten, die Kratzstörungen in den Lautsprechern zur Folge haben.
- Nicht konstante Übergangswiderstände zwischen Schleifer und Widerstandsbahn können nicht lineare Verzerrungen im Verstärker-Ausgangssignal verursachen.

- Der Gleichlauf von Doppelpotentiometern (Stereo) ist oft unzureichend. Auch Potentiometer der Präzisionsklasse unterscheiden sich in dieser Hinsicht oft nur wenig von einfachen Typen.

- Potentiometer-Ausführungen für mehr als zwei Verstärkerkanäle (beispielsweise 5.1 oder 7.1) sind nur sehr schwer erhältlich.

Alternativen

Als Ersatz für herkömmliche mechanische Potentiometer sind folgende Alternativen denkbar:

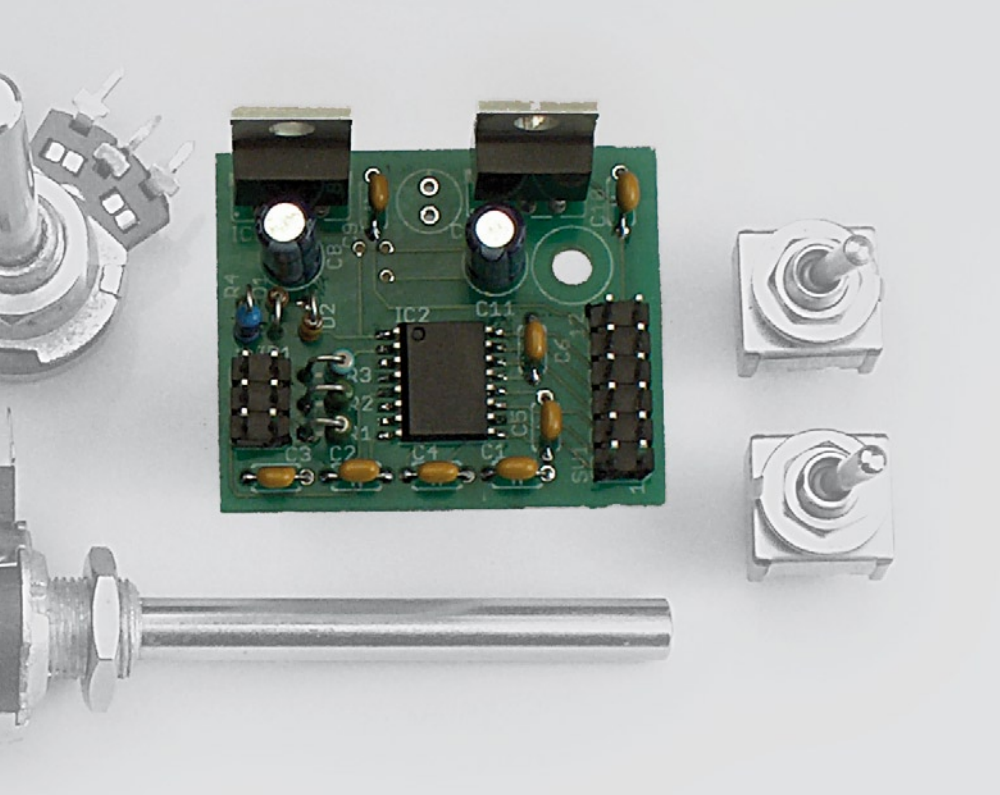
- Präzisionsausführungen mit garantierten Spezifikationen. Trotz stark gehobenem Preisniveau verhalten sich auch diese Potentiometer längst nicht ideal.
- Mechanische Stufenschalter mit mindestens 24 Schritten, die abgestufte Festwiderstände schalten. Wenn solche Schalter überhaupt beschaffbar sind, liegen die Preise im dreistelligen Euro-Bereich. Eine Feinabstufung erfordert 40 Schalterstellungen oder mehr. Die Beschaffungsprobleme sind noch größer, die Preise erreichen fast astronomische Höhen.

- Steuerung mit Lichtquellen und lichtempfindlichen Widerständen (LDRs). Wegen der immensen Exemplarstreuungen würden kaum beherrschbare Gleichlaufprobleme auftreten.

- Analoge integrierte oder nicht integrierte Schaltungen. Auf dem Markt sind einige analoge Multiplizierer, auch in Form integrierter Schaltungen. Hier besteht das Problem darin, dass die Verzerrungen zu hoch sind und der Einstellbereich zu begrenzt ist.

- Digitale Potentiometer, zum Beispiel von Intersil [1]. Zur Produktpalette dieses Herstellers gehören zwar diverse Typen, doch sie haben fast ausschließlich lineare Charakteristik. Den absoluten Gleichlauf zwei einzelner digitaler Potentiometer kann der Hersteller nicht garantieren.

- Ein integrierter digitaler Baustein, entwickelt und maßgeschneidert für die Belange der Audio-Welt. Der hier beschriebene kratzfreie Lautstärke-Einsteller macht von einem solchen Audio-Baustein Gebrauch.



Eigenschaften

- Stereo-Lautstärke-Einstellung in 0,5-dB-Schritten im Bereich 0...128 dB (falls nicht ein kleinerer Bereich programmiert ist)
- Extrem niedrige Verzerrungen
- Extrem guter Gleichlauf
- Bedienung mit gewöhnlichen linearen Dreh- oder Schiebepotentiometern
- Keine Störungen im Audio-Signal durch controller-interne digitale Signale. Der digitale Teil wird etwa 1 s nach dem Steuervorgang außer Betrieb gesetzt.
- Anschluss einer LED-Aktivitätsanzeige und eines Mute-Schalters möglich
- Integrierbar in nahezu jeden beliebigen Audio-Verstärker
- Keine teuren oder schwierig beschaffbaren Bauelemente

In der April- und Mai-Ausgabe 2004 wurde das Projekt „High-end Preamp“ vorgestellt, ein Audio-Vor- und Einstellverstärker mit dem PGA2311PA von Texas Instruments. Dieser integrierte Audio-Volumen-Controller ist allen mechanischen Lösungen um Längen voraus. Allerdings macht die digitale Steuerung den Einsatz eines Mikrocontrollers notwendig. Das Projekt „SpYder“ von Freescale und Elektor (siehe Ausgabe März 2007) ist für diese Aufgabe wie geschaffen. Mit ihm kann der PGA2311 unkompliziert gesteuert werden.

Aus der Schaltung in **Bild 1** geht hervor, dass der PGA2311 auf digitaler Seite mit den vom Mikrocontroller kommenden Signalen CS, SDI und SCLK gesteuert wird. Auf der analogen Seite werden die Audio-Eingänge und Ausgänge auf den zweireihigen Steckverbinder JP2 geführt. Die linearen Potentiometer, die den Mikrocontroller steuern (**Bild 2**), sind mit der Schaltung über Steckverbinder JP1 verbunden. Dort können auch ein Mute-Schalter sowie eine Kontroll-LED angeschlossen werden. Die LED leuchtet auf, solange der Mikrocontroller aktiv ist. Bevor die an den Potentiometern abgegriffenen Spannungen zu den analogen Eingängen des Mikrocontrollers gelangen, werden sie von RC-Kombinationen geglättet. Diese Maßnahme mindert das Rauschen, sie trägt dazu bei, dass die A/D-Wandler des Mikrocontrollers ihren Zustand auch in der Nähe der Bit-Übergänge stabil beibehalten.

Die Eingangsimpedanz des PGA2311 liegt mit 10 k Ω vergleichsweise niedrig. Mit Rücksicht auf möglichst geringe Verzerrungen wird der An-

schluss an Quellen mit Impedanzen unter 1 k Ω empfohlen. Neuzeitliche Signalquellen wie CD-, DVD- und MP3-Spieler, Receiver, Tuner, Satellitenempfänger und PC-Soundkarten haben in der Regel Ausgangsimpedanzen um 500 Ω oder darunter. Dagegen können ältere Geräte, insbesondere wenn sie mit DIN-Steckern ausgerüstet sind, höhere Ausgangsimpedanzen haben. In solchen Fällen genügt das Vorschalten einfacher Puffer vor die Eingänge des PGA2311.

Die Ausgangsimpedanz des PGA2311 ist niedrig, für den nachfolgenden Verstärker dürfte sie keinen Anlass zu irgendeinem Problem geben. Die Höhe der Audio-Eingangssignale am PGA2311 kann bis fast ± 5 VSS (oder 3,5 Veff) betragen. Signale, die über dieser Grenze liegen, werden abrupt stark verzerrt. Die obere Grenze der Ausgangssignale ist bei ± 4 VSS erreicht, was ungefähr 2,8 Veff entspricht.

Betriebsspannungen

Abhängig von den verfügbaren Spannungen im Audio-Verstärker, in den die Schaltung eingebaut wird, müssen auf der Platine bestimmte Bauelemente montiert oder weggelassen werden. **Tabelle 1** gibt Auskunft über die am häufigsten vorkommenden Optionen. Die Betriebsspannung der Schaltung ist symmetrisch, sie beträgt ± 5 V. Der Strombedarf im positiven Zweig liegt während eines Einstellvorgangs bei 20 mA, im Ruhezustand sinkt er auf 15 mA. Im negativen Zweig fließen ständig etwa 15 mA. Da der Mikro-

controller mit der Betriebsspannung 3,3 V arbeitet, wird die Spannung +5 V von den Dioden D1 und D2 auf einen zulässigen Wert reduziert. Diese einfache Methode erfüllt ohne Weiteres ihren Zweck.

Wenn die Audio-Ausgänge des PGA2311 zum Beispiel mit der Impedanz 600 Ω eines Ohrhörers belastet werden, kann die Stromaufnahme abhängig von der Aussteuerung um rund 10 mA ansteigen. In diesem Fall müssen zum positiven und negativen Zweig der Betriebsspannung größere Elkos (beispielsweise 470 μ F/6,3 V) zur Pufferung parallel geschaltet werden. Auch der Einsatz der 1-A-Versionen der Spannungsregler (TO220-Gehäuse) wird empfohlen.

Aufbau

Für dieses Projekt bietet der Autor über seine Website [2] diverse Bausätze an. Dazu gehören auch Versionen für unterschiedliche Betriebsspannungen. Die Auswahl reicht von der einzelnen Platine und dem unprogrammierten oder programmierten Mikrocontroller bis hin zum Baupaket, das sämtliche Komponenten einschließt.

Der Aufbau beginnt wie gewohnt mit der Montage der kleinen und niedrigen Komponenten. Der SMD-Mikrocontroller im SOIC-8-Gehäuse (IC1) macht den Anfang, anschließend werden die Bauelemente für die Betriebsspannungen entsprechend Tabelle 1 montiert. Steckverbinder JP1 wird über ein Flachkabel ohne Aderkreuzungen mit seinem Gegenstück verbunden. Auf der Seite der Bedienelemente kann das

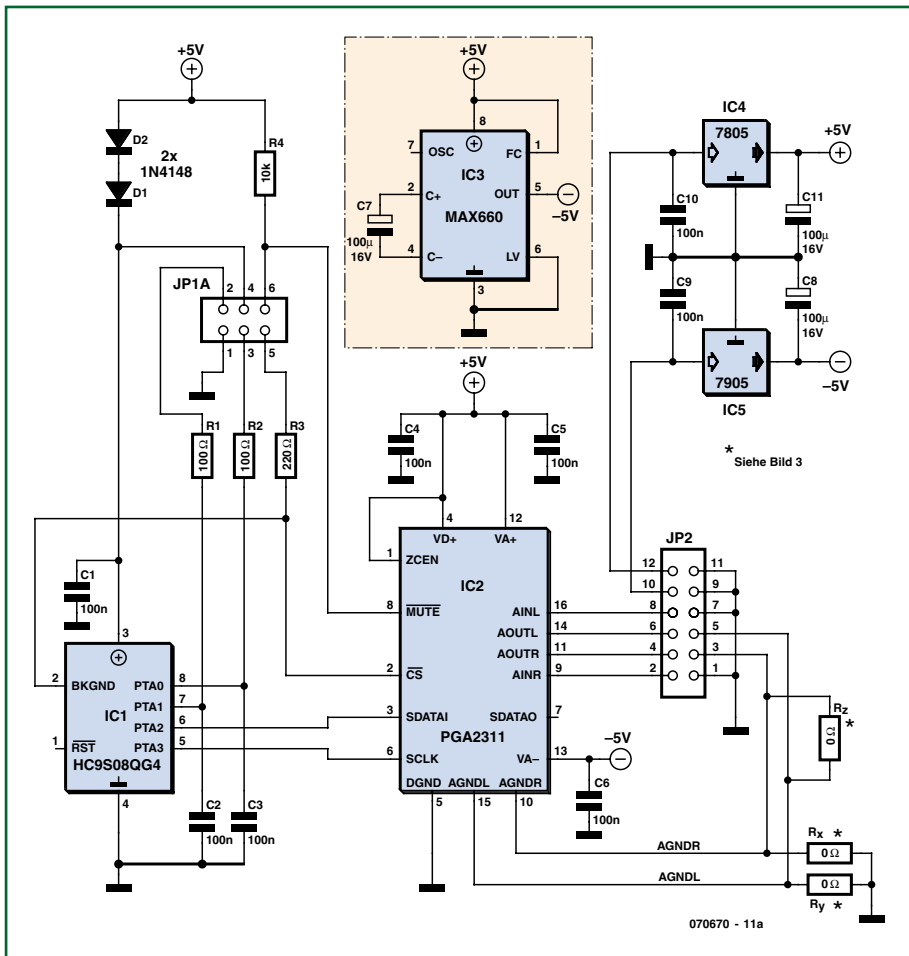


Bild 1. Ein kleiner 8-Pin-Controller von Freescale steuert den PGA2311. Der unterlegte Schaltungsteil mit dem MAX660 ist von der verfügbaren Verstärker-Betriebsspannung abhängig.

Kabel auch unmittelbar an die Potentiometer, Schalter und an die LED gelötet werden. Für Widerstand R5 ist auf der Platine kein Platz vorgesehen. Dieser Widerstand muss direkt am Balance-Potentiometer angelötet werden. Der Weg der Eingangs- und Ausgangssignale sowie der Betriebsspannung führt über Steckverbinder JP2. Ein-

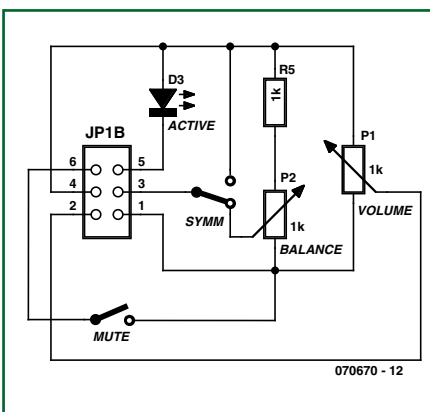


Bild 2. Die Potentiometer, die Schalter und die LEDs haben ihren Platz außerhalb der Platine. Sie können zum Beispiel auf der Verstärker-Frontplatte montiert werden.

gänge sind die Pins 8 (linker Kanal) und 2 (rechter Kanal), Ausgänge sind die Pins 14 (linker Kanal) und 11 (rechter Kanal). Die Betriebsspannung +5 V liegt an Pin 12, -5 V liegt an Pin 10, und Masse wird mit Pin 1, 3, 5, 7, 9 oder 11 verbunden.

Software

Die Software basiert auf dem Demo-Programm „Blinking LED“ des schon erwähnten „SpYder“-Projekts. Dort wurde nur die Datei „main.c“ modifiziert, alle anderen Dateien wurden unverändert übernommen. In einem separaten Textkasten wird beschrieben, wie der Mikrocontroller in Eigenregie programmiert werden kann. Das Modul „main.c“ enthält vier neue Routinen:

void PeriphInit (void)

In der Routine des Demo-Programms „Blinking LED“ wurde nur die Datenflussrichtung der Ausgangsports geändert. Die Pins 5..8 sind jetzt als Ausgang konfiguriert. Die Konfiguration

des analogen Eingangs (Pin 8) wird von der Konfiguration des A/D-Wandlers überschrieben.

void SendData (Volume Setting)

Diese in Assembler geschriebene Routine generiert die Signale CS, SDI und SCLK, die den PGA2311 steuern. Enthalten ist eine Subroutine, die zwei Mal mit gleichen Daten aufgerufen wird, einmal für den rechten und einmal für den linken Kanal. Wenn die Balance verstellt wurde, unterscheiden sich die Daten, da dann die Lautstärken des linken und rechten Kanals unterschiedlich sind. Die Routine enthält einige NOP-Kommandos (No Operation), damit die Verarbeitungszeiten in beiden Kanälen gleich sind. Für die generierten Steuersignale ist das zwar unerheblich, es ging hier nur um das Erscheinungsbild auf dem Oszilloskop. Signal CS steuert auch die Kontroll-LED, es bleibt so lange 0, wie Daten übertragen werden.

Byte AdConvert (void)

Hiermit wird der A/D-Wandler konfiguriert und gestartet. Die Routine wartet, bis die Wandler-Prozedur beendet ist, anschließend gibt sie das Ergebnis zurück. Die ständige Neukonfiguration des A/D-Wandlers ist eigentlich überflüssig, sie schadet aber auch nicht. Der A/D-Wandler arbeitet hier in einem langsamen 8-bit-Modus, der jedoch für diese Anwendung völlig ausreicht.

main (void)

Dies ist der Startpunkt und der Hauptteil des Programms. Nach einmaligem Aufruf der Initialisierungsroutine PeriphInit() folgen in einer Endlosschleife 100 A/D-Wandler-Prozeduren. Aus den Ergebnissen wird der Mittelwert gebildet, er wird mit dem zuletzt gebildeten Mittelwert verglichen. Wenn

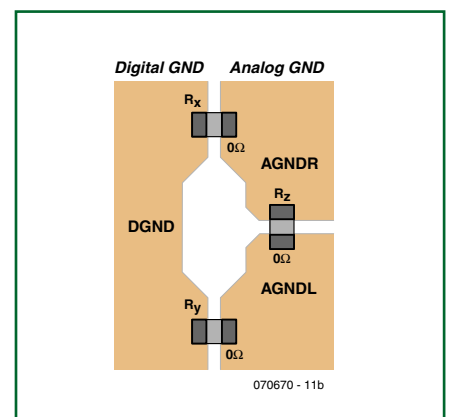


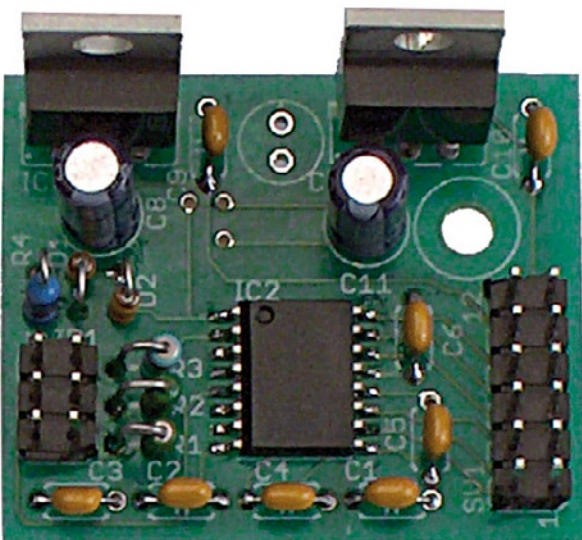
Bild 3. Vorschlag für die Gestaltung der Massefläche der Platine.

Programmieren

Der Mikrocontroller kann fertig programmiert erworben werden, man kann ihn aber auch selbst programmieren. Die folgende Schritt-für-Schritt-Anleitung erklärt, wie es gemacht wird. Grundlage ist das Projekt „SpYder“ vom März 2007:

- Zum „SpYder“-Paket gehören ein USB-Stick und eine CD-ROM. Installieren Sie die Software nach der Installationsanleitung.
- Probieren Sie das Demo-Projekt „Blinking LED“ aus, wie in der Anleitung beschrieben. Wenn die LED blinkt, arbeitet alles ordnungsgemäß.
- Kopieren Sie das Projekt (...\\USBSPYDER08\\QG4\\Demo) in einen neuen Ordner. Achtung: Nach dem Kopieren bleiben einige absolute Pfade bestehen, die zum ursprünglichen Projekt führen. Tragen Sie als Pfad zum ursprünglichen Projekt den neuen Ordner ein.
- Kontrollieren Sie, ob das ursprüngliche Projekt im neuen Pfad noch funktionsfähig ist.
- Ersetzen Sie im Ordner „...\\Sources\\“ die Datei „main.c“ durch die neue Datei „main.c“, die Sie von der Website des Autors oder von der Elektor-Website herunter geladen haben.
- Starten Sie die Entwicklungsumgebung, indem Sie auf die Datei „Demo.mcp“ doppelklicken.
- Compilieren Sie das Programm (F5 drücken) und laden Sie es in den Mikrocontroller des USB-Sticks („Enter“ im Debugger anklicken).
- Schließen Sie die Entwicklungsumgebung, ziehen Sie den USB-Stick ab und setzen Sie den programmierten Mikrocontroller in die Platine des Lautstärke-Einstellers ein.
- Testen Sie die Funktion der Lautstärke-Einsteller-Platine. Solange ein Potentiometer betätigt wird, muss die LED aufleuchten. Etwa eine Sekunde danach muss sie verlöschen.

die Abweichung einen bestimmten Grenzwert übersteigt, wird das Ergebnis skaliert und zum PGA2311 übertragen. Dieser Vorgang findet etwa 100 Mal in der Sekunde statt. Falls keine weitere Änderung eintritt, stoppt der Vorgang nach ungefähr einer Sekunde. Danach können die Audio-Signale nicht mehr durch das Übertragen digitaler Signale



gestört werden. Das Kriterium „Keine weitere Änderung“ bedeutet, dass die Änderung mindestens drei Einheiten betragen muss, bevor die Übertragung neu startet. Damit wird verhindert, dass kontinuierlich Daten übertragen werden, wenn der A/D-Wandler in ständiger Wiederholung zwischen zwei benachbarten Werten vor- und zurückspringen sollte. In diesem Fall würde die Lautstärke zwischen Werten pendeln, die 0,5 dB oder 1 dB auseinander liegen.

Wenn der Balance-Einsteller im letzten Viertel seines Einstellbereichs steht, wird diese Stellung als „Balance-Einsteller ausgeschaltet“ interpretiert. Die Signale des linken und rechten Audio-Kanals werden dann exakt gleich verstärkt oder abgeschwächt. Die gleiche Wirkung tritt ein, wenn der Balance-Eingang über Schalter SYMM (Bild 2) an der Betriebsspannung liegt.

Der Quell- und Hex-Code der Firmware kann sowohl von der Website des Autors [2] als auch von der Elektor-Website [3] herunter geladen werden.

Störunterdrückung

Hörbare Störungen im Audio-Signal können von drei Quellen verursacht werden:

- Störsignale des Mikrocontrollers gelangen in die Wege der Audio-Signale.
- Sprunghafte Änderungen der Verstärkung beim Einstellen

Anzeige

FUNKt's bei Ihnen?

NEU

Kabellose Klangerlebnisse – unsere Multikanal-Audiofunkmodule **WA-TX-03-R** und **WA-RX-03-R** machen sie möglich. Bei der Übertragung von Audiosignalen im über 70dB großen Dynamikbereich wird dank Kompartertechnik eine sehr gute Rauschunterdrückung erreicht. Und somit eine hervorragende Tonqualität zu einem günstigen Preis. Die niedrige Betriebsspannung sowie die kompakte Größe machen die Anwendung äußerst komfortabel. Die Wireless Sender- und Empfängermodule eignen sich z.B. für kabellose Konferenzsysteme, Mikrofonensysteme für Amateure oder Audioguides in Museen.

WA-TX-03-R **WA-RX-03-R**

Unsere Technologien und Kompetenzen für Ihre Ideen – und das seit mehr als 30 Jahren.

Hersteller:
CIRQUIT DESIGN, INC.
Nagano · Japan · www.cdt21.com

Vertrieb durch:
Reimesch Kommunikationssysteme GmbH
Friedrich-Ebert-Str. · D-51429 Bergisch Gladbach
Tel.: 0 22 04 / 58 47 51 · Fax: 0 22 04 / 58 47 67
kontakt@reimesch.de · www.reimesch.de

Vertrieb durch:
CIRQUIT DESIGN GmbH
Schleißheimer Str. 263 · D-80809 München
Tel.: +49/89/35 82 83-60 · Fax: +49/89/35 82 83-66
www.circuitdesign.de · info@circuitdesign.de

der Lautstärke verursachen Knackgeräusche in den Audio-Signalen.

- Die Ergebnisse der A/D-Wandlung können auch dann variieren, wenn die Potentiometer-Einstellungen nicht verändert werden.

Die erste Störquelle wird dadurch eliminiert, dass alle digitalen Signale außerhalb des Mikrocontrollers etwa 1 s nach jedem Einstellvorgang abgeschaltet werden. Der Mikrocontroller ist nur noch intern aktiv, damit nachfolgende Einstellungsänderungen erkannt werden.

Der PGA2311 ist intern so konstruiert, dass Verstärkungsänderungen nur in den Nulldurchgängen des Audio-Signals stattfinden. Bei Bedarf lässt sich der Umschaltzeitpunkt über Eingang ZCEN (Pin 1) beeinflussen. Die Nulldurchgangsschaltung arbeitet erstaunlich effizient. Nur wenn in Musiksignalen Basstöne unter etwa 50 Hz vorherrschen, treten während der Einstellvorgänge gelegentlich leise „Ticks“ auf. Damit ist auch die an zweiter Stelle genannte Störquelle eliminiert.

Die Geräusche, die von der dritten Störquelle produziert werden könnten, werden durch die Software unterbunden. Das Springen der A/D-Wandler-Ergebnisse um ein Bit würde Verstärkungsänderungen um ±0,5 dB zur Folge haben. Die Sprünge wären nicht als Lautstärke-Änderungen wahrnehmbar, sondern als schwache „Ticks“. Wie schon beschrieben, werden die Mikrocontroller-Signale abgeschaltet, wenn nach einer Einstellungsänderung innerhalb einer Sekunde keine weitere Änderung stattfindet. Aktiv wird der Mikrocontroller erst wieder, wenn sich das Ergebnis der A/D-Wandlung vom vorangegangenen Ergebnis um drei Einheiten unterscheidet. Das Hin- und Herpendeln um eine Einheit bleibt wirkungslos.

Nach der Karenzzeit von einer Sekunde geht Signal \overline{CS} auf 0 und die LED verlischt. Sollte die LED nicht verlöschen, ist wahrscheinlich Potentiometer P1 von so schlechter Qualität, dass es gegen ein höherwertiges Exemplar ausgetauscht werden muss.

Skalierung

Der Einstellbereich des PGA2311 erstreckt sich von -95,5 dB bis +31,5 dB. Der Umfang dieses Bereichs erweist

Tabelle 1. Betriebsspannung

Option	Vorhandene Betriebsspannung	Platinenbestückung
1	12...15 V symmetrisch	IC4 und IC5 im Low-power Gehäuse. IC3 entfällt.
2	15...30 V symmetrisch	IC4 und IC5 im TO220-Gehäuse. IC3 entfällt.
3	12...30 V asymmetrisch	IC4 im TO220-Gehäuse und IC3. IC5 entfällt.
4	über 30 V positiv oder negativ	Wie 1, 2, oder 3. Vorher muss die Spannung unter die maximale Eingangsspannung der Regler reduziert werden.
5	keine	Eigenes Netzteil: Trafo 2 · 9...12 V, Brückengleichrichter, zwei Elkos 470 µF / 25 V und Option 1 oder 2.

Anmerkung:

Wenn IC3 in der Schaltung vorhanden ist (Option 3), liegt an C7 ein kontinuierliches Rechtecksignal mit einer Frequenz von etwa 40 kHz und der Amplitude 5 VSS. Zusammen mit einem CD-Spieler, der das Abtastsignal (Frequenz 44,1 kHz) nicht genügend unterdrückt, können unter Umständen hörbare Intermodulationsprodukte entstehen.

Stückliste

Widerstände:

- R1, R2 = 100 Ω
- R3 = 220 Ω
- R4 = 10 k
- R5 = 1 k
- P1, P2 = Poti 1 k linear

Kondensatoren:

- C1...C6, C9, C10 = 100 n
- C7, C8, C11 = 100 µ/16 V

Halbleiter:

- D1, D2 = 1N4148
- D3 = LED nach eigener Wahl
- IC1 = HC9S08QG4CDNE (Freescale)*
- IC2 = PGA2311PA (Texas Instruments)

IC3 = MAX660 (Maxim)**

IC4 = 78x05**

IC5 = 79x05**

*Programmiert lieferbar über

www.breem.nl

**Siehe Tabelle 1

Außerdem:

Stiftleiste 2 · 3 Kontakte

Stiftleiste 2 · 6 Kontakte

Flachkabel 6-adrig

Flachkabel 12-adrig

Schalter 1-polig (Mute)

Schalter 1-polig (Symmetrie)

Die Platine ist über www.breem.nl

erhältlich.

Layout- und Software-Download via

www.elektor.de

sich in der Praxis fast immer als zu groß. Die Spannungsverstärkung +31,5 dB (ungefähr 30 mal) wird ebenso wie die Abschwächung -95,5 dB nur höchst selten benötigt. Praxisgerecht ist eher der Einstellbereich -60...0 dB, wenn 0 dB der Lautstärke 100 dB(A) entspricht.

In der Software können die Einstellgrenzen mit den Konstanten „LowerLimit“ und „UpperLimit“ fest gelegt werden. Standardwerte sind -60 dB (= 1/1000 mal) für „LowerLimit“ und 0 dB (= 1 mal) für „UpperLimit“. Wenn das Lautstärke-Potentiometer auf Linksanschlag steht, wird der PGA2311 in den Soft-Mute-Betrieb versetzt.

Hörfahrungen

Die ersten Hörproben nach Einbau der Schaltung in einen Verstärker des Autors waren in jeder Hinsicht überzeugend. Wenn das Musiksignal starke, sehr tiefe Basstöne enthielt, wie sie

in manchen Orgelwerken vorkommen, waren während der Lautstärke- und Balance-Einstellung leise „Ticks“ wahrnehmbar. Sie verschwanden sofort nach Loslassen der Einstellknöpfe. Der Einstellbereich war anfänglich auf -80...0 dB fest gelegt, er reichte von „flüsterleise“ bis „brüllend laut“. Nach einigen Monaten Betrieb stellte sich heraus, dass das erste Drittel des Einstellbereichs nie genutzt wurde. Verschiedene Hörtests ergaben, dass der Einstellbereich -60...0 dB als optimal betrachtet werden kann.

(070670)gd

Weblinks

[1] www.intersil.com

[2] www.breem.nl

[3] www.elektor.de

Elektor-Workshops Röhren in Audio- und Instrumentalverstärkern für Audio- und E-Gitarrenfreaks sowie Selbstbauer



Totgesagte leben länger! Das gilt erst recht für die Röhrentechnik, die seit einigen Jahren wieder richtig aufblüht und somit auch die Mythen und Märchen, die sich um die Röhren und deren Technik ranken. Es ist also an der Zeit, das Wissen um die alte-neue Technik wieder aufzufrischen bzw. sich anzueignen.

Nutzen Sie hierfür die von Elektor angebotenen Röhren-Workshops!

Elektor hat zwei renommierte Referenten gewinnen können:

MENNO VAN DER VEEN

(international bekannter Entwickler von Röhrenverstärkern) und

RAINER ZUR LINDE

(anerkannter Autor vieler Bücher zum Thema Röhren).

Beide vermitteln technisches Wissen von Grund auf und rücken so die Mythen und Märchen zurecht.



Veranstaltungstermine:

05. April 2008 in Dortmund Anmeldeschluss: 01.04.2008

31. Mai 2008 in Wien Anmeldeschluss: 27.05.2008

14. Juni 2008 in Luzern Anmeldeschluss: 10.06.2008

Jeweils samstags von 10:00 Uhr bis 16:00 Uhr



Teilnehmerbeitrag:

Der Kostenbeitrag beträgt pro Teilnehmer 199,00 EUR (inkl. Mittagsbuffet mit kalten Speisen und Getränken + Zertifikataushändigung).

Achtung: Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt!

Alle interessierten Teilnehmer erhalten nach ihrer Anmeldung umgehend eine Bestätigung mit allen weiteren Einzelheiten.

Programmpunkte Röhren-Workshop

(Änderungen und Ergänzungen vorbehalten)

1. Vorverstärkung

- Definition von μ , S und R_i
- Inkonstanz der drei Röhrengrundgrößen
- Die Arbeit mit Kennlinienfeldern
- Aussagekraft und Zuverlässigkeit von Kennlinienfeldern
- Die eingeschränkte Aussagekraft von Formeln; Kennlinienfelder besitzen eine größere Aussagekraft
- Statische Lastgerade, Aussteuerung und Verstärkungsfaktor, effektive Ausgangsimpedanz
- Dynamische Lastgerade, Berechnung von C_{aus} , f_{3L} und Katodenkondensator für den tieffrequenten Bereich
- Frequenzverhalten im oberen Audiobereich
- Die Röhre als Modell: Herleitung der grundlegenden formelmäßigen Zusammenhänge; Kennlinien und Interpretation grafischer Daten als Grundlage für den Schaltungsentwurf von Eingangs-Audio-Verstärkern
- Trioden und Pentoden als Anfangsstufenverstärker: unterschiedliche Anforderungen im Hifi- und Instrumentalverstärkerbereich
- Periphere Beschaltung und ihre Wirkung auf das Übertragungsverhalten

2. Endstufen

- Eintakt-Stufen (SE) und ihre Eigenschaften; die Bedeutung des Luftspaltes beim Ausgangsübertrager
- Gegentakt-Endstufen (PP) und ihre Eigenschaften; Bestimmung nach Thomson, Berechnung von Klasse-A, -AB und B.
- Vor- und Endstufenschaltungstechnik der Instrumentalverstärker
- Spezielle Schaltungstechniken und soundbestimmende Elemente: Signalaufbereitung und Frequenzgangbeeinflussung – Der Verstärker als Teil des Instruments
- Beispielhafte Schaltplananalyse legendärer Gitarrenverstärker: Klangformung in den Vorstufen
- Die Besonderheiten von Instrumentalverstärker-Endstufen: Schaltungen kommerzieller Geräte im Eintakt- und Gegentaktbetrieb

3. Transformatoren

- Eintakt-Stufen (SE) und ihre Eigenschaften; die Bedeutung des Luftspaltes beim Ausgangsübertrager

4. Gegenkopplung

- Lokale Gegenkopplung und Über-alles-Gegenkopplung
- Die formelmäßige Darstellung der Gegenkopplung (A , Z_{aus} , THD ...)
- Stabilitätsanforderungen im tieffrequenten Übertragungsbereich
- Stabilitätsanforderungen im höherfrequenten Audiobereich
- Das „Menno-Kriterium“
- Die besonderen Wirkungen der Gegenkopplung im Instrumentalverstärker

5. Nachbesprechung

Digiwobbler



Frequenzgänge von 50 Hz bis 100 kHz mit dem Mikrocontroller messen

Von Jeremy Crook

Dieses Projekt wurde aus der Notwendigkeit geboren, die Frequenzgänge von Audio-Filtern, Klangstellern und Verstärkern in Echtzeit zu messen. Ein SX28-Mikrocontroller von Parallax bietet eine gute Ausgangsbasis für ein solches Unterfangen.

Das klassische Verfahren zur Frequenzgangmessung ist die Verwendung eines einstellbaren Frequenzgenerators zusammen mit einem Oszilloskop oder einem breitbandigen Millivoltmeter und das Einzeichnen der Messpunkte auf logarithmischem Papier. Das ist vor allem dann zeitaufwendig, wenn man es mit einem VCF (Voltage Controlled Filter) oder sonstigen veränderbaren

Frequenzgängen zu tun hat. Einfacher geht es mit einem Wobbelgenerator [5], der es über die von ihm generierten Sweeps ermöglicht, Frequenzgänge direkt auf einem Oszilloskop darzustellen. Jeremy Crook verwendet dafür einen Mikrocontroller, dessen Firmware aus Geschwindigkeitsgründen in Assembler geschrieben wurde.

Eigenschaften

Die vorgestellte Schaltung weist folgende Vorzüge auf:

1. Der Oszillator hat zwei Frequenzbereiche:
 - 100 Hz bis 100 kHz. Dieser Bereich eignet sich zum Testen von Audio- und Ultraschall-Schaltungen sowie von IR-Fernsteuerungen.

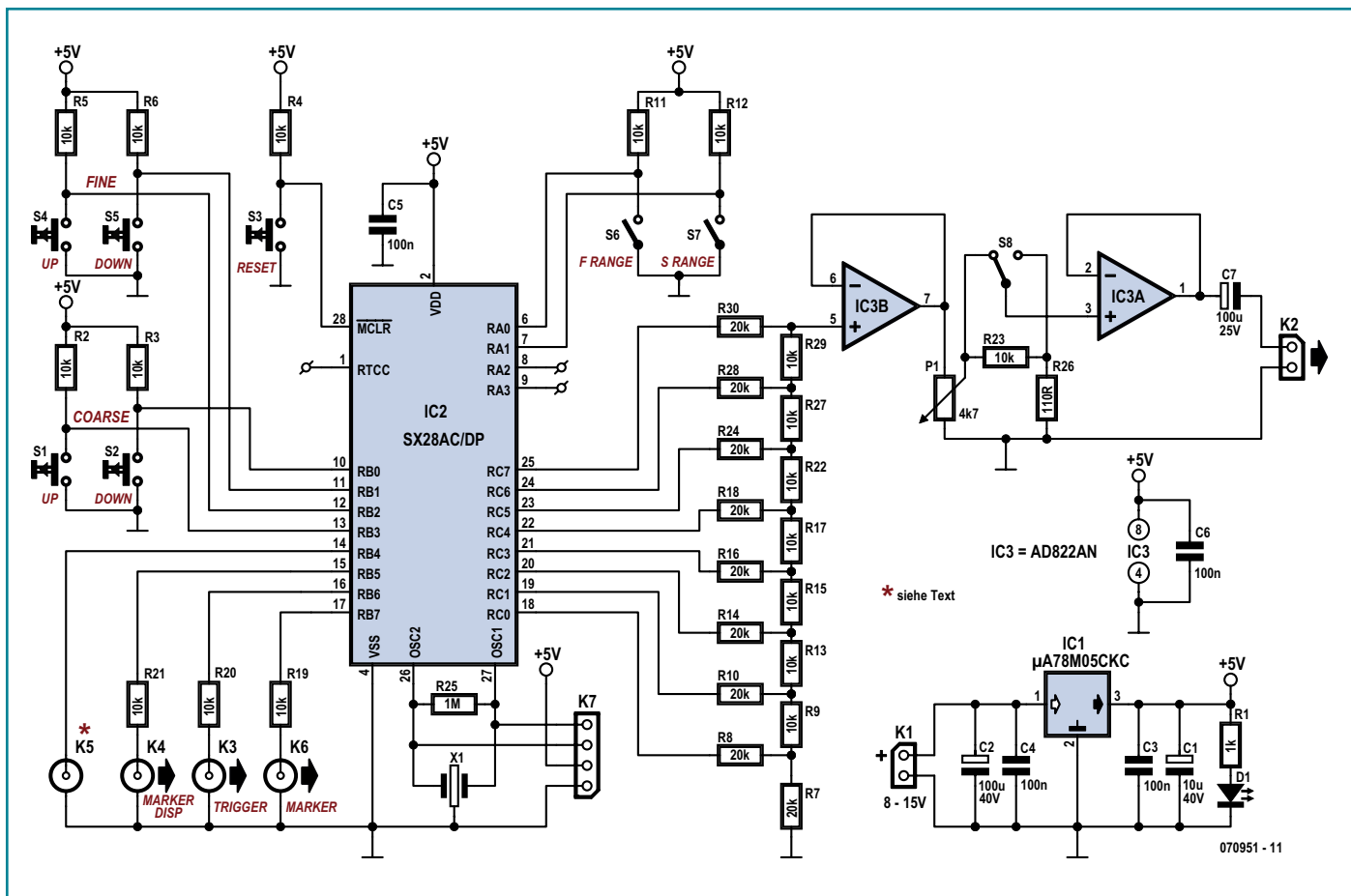


Bild 1. Schaltung des Wobbelgenerators. Die ganze Funktionalität steckt in der Firmware des Mikrocontrollers SX28 von Parallax.

• 50 Hz bis 15 kHz. In diesem Bereich ist eine höhere Auflösung für Audiozwecke (Filter) verfügbar.

2. Wenn man Werte von Bauteilen im CUT (Circuit under Test = untersuchte Schaltung) verändert, kann man direkt die Änderung im Frequenzgang beobachten. Man kann auch sehr schön die Unterschiede verschiedener Filter-Typen wie Hoch-, Tief- und Bandpass sowie Bandsperre sehen. Man kann sogar die Unterschiede verschiedener Filter-Charakteristiken wie Butterworth oder Chebychev optisch erkennen.

3. Die Anzeige auf dem Schirm des Oszilloskops ist logarithmisch. Die Einheiten können direkt in Volt pro Dekade/Oktave abgelesen werden.

4. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, auf einem zweiten Kanal des Oszilloskops einen Frequenz-Marker anzuzeigen. Ein am Marker-Ausgang angeschlossener Frequenz-Zähler zeigt dann die Frequenz an diesem Punkt – ein Digital-Multimeter mit Fre-

quenzanzeige ist hierfür übrigens gut genug. Der Marker kann frei über den Bildschirm bewegt werden. Auf diese Weise lässt sich sehr einfach der -3-dB-Punkt einer Flanke des Frequenzgangs finden oder die Güte Q eines Filters bestimmen.

5. Es gibt die Möglichkeit, zwischen zwei unterschiedlichen Frequenz-Sweeps umzuschalten und die Ausgangs-Amplitude zu verändern.

6. Der Ausgang der Schaltung ist gepuffert, sodass keine Rückwirkungen von der angeschlossenen CUT zu befürchten sind. Außerdem ist der Ausgang so niederohmig, dass sich auch problemlos passive Netzwerke testen lassen.

Funktionsweise

Dank Mikrocontroller ist die Schaltung sehr übersichtlich, wie Bild 1 belegt. IC2 erzeugt Daten mit 8 bit pro Sample, die über einen konventionell mit 1%-Widerständen (R7...R30) realisierten Digital/Analog-Umsetzer nach

dem R2R-Prinzip in analoge Spannungen verwandelt werden. Ein doppelter Präzisions-Opamp vom Typ AD822AN (IC3) puffert diese Spannung für die Amplitudeneinstellung mit P1 und dem Schalter S8. Letzterer erlaubt die Umschaltung von hohem Pegel für passive Netzwerke auf geringe Ausgangspegel, wie sie für aktive Filterschaltungen geeigneter sind. Das Ausgangssignal steht dann nochmals gepuffert an K2 zur Verfügung.

Der Mikrocontroller SX28AC/DP wird mit dem 50-MHz-Keramik-Resonator X1 getaktet. Die Oszillator-Pins werden übrigens auch zur Programmierung des Chips benutzt und sind deshalb an K7 geführt, wo auch Masse und +5 V zur Verfügung stehen. S3 ist der Reset-Taster.

Die Stromversorgung ist ohne Besonderheiten mit Hilfe eines 78M05 (IC1) und den üblichen Entkopplungskondensatoren aufgebaut. Als Versorgung eignen sich unstabilierte 8...15 V bei einer Belastbarkeit von 300 mA. Der Mikrocontroller liest die Zustände

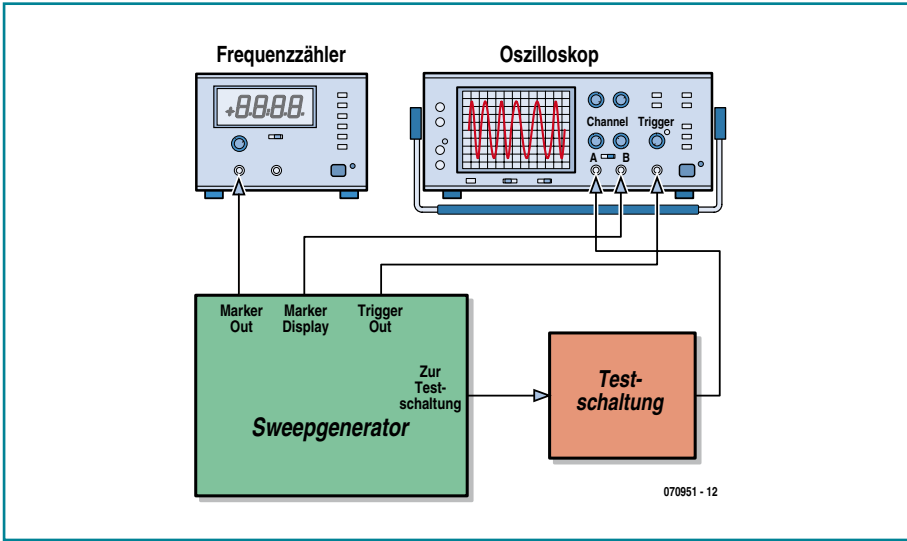


Bild 2. Verkabelung der Messanordnung aus Wobbelgenerator, zu testender Schaltung, Oszilloskop und Frequenzzähler.

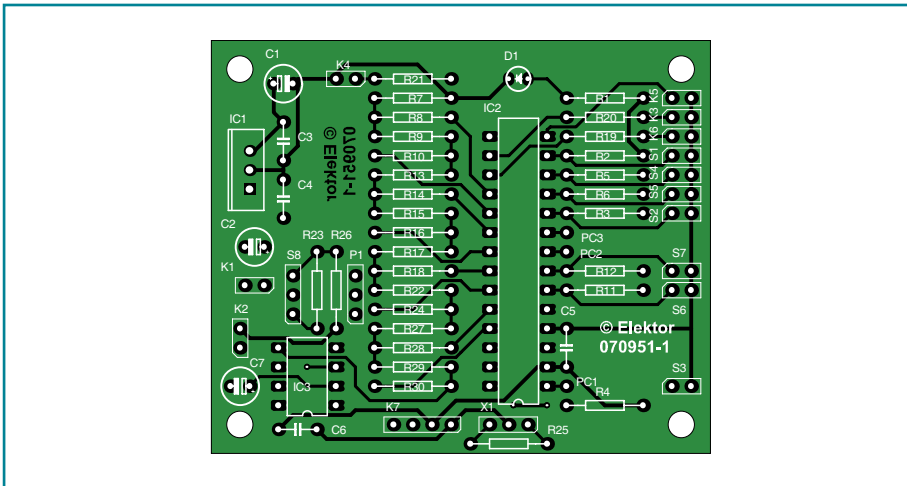
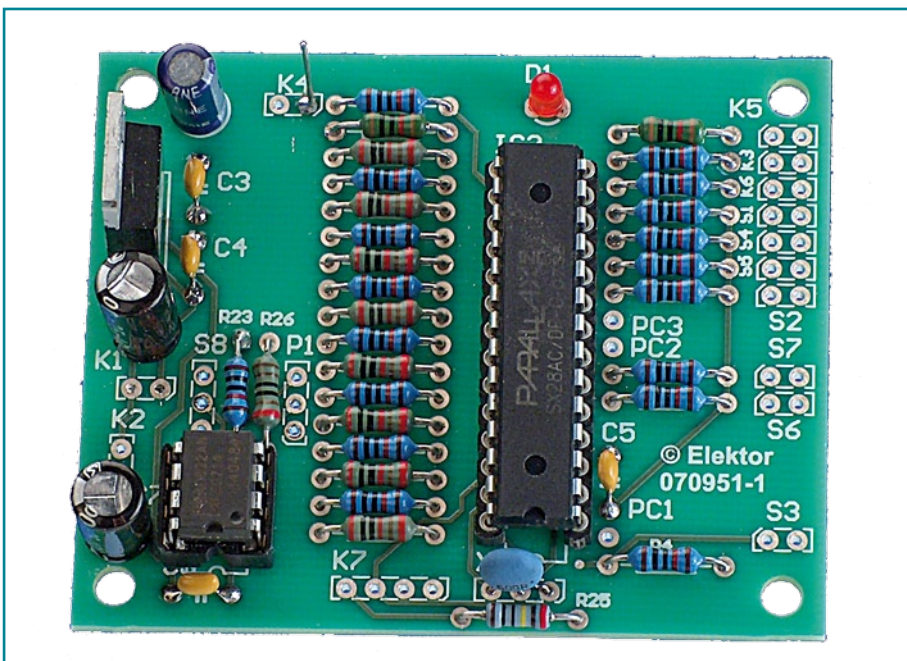


Bild 3. Bestückungsseite der Platine des Wobbelgenerators



der vier Taster S1, S2, S4 und S5 mit den Leitungen RB0...RB3 sowie die der beiden Schalter S6 und S7 mit den Leitungen RA0/RA1 ein und entscheidet so, was er als nächstes tun muss. Die Signalausgänge für das Oszilloskop RB5/K4, RB6/K3 und RB7/K6 sind mit 10-k-Widerständen versehen, um den Mikrocontroller gegen die Auswirkungen eventueller Kurzschlüsse zu schützen. Der Ausgang RB4/K5 ist für experimentelle Zwecke und spätere Erweiterungen vorgesehen. Auch die beiden Ports RA2 und RA3 warten noch auf Aufgaben.

Anschlussweise

Bild 2 zeigt, wie man die Schaltung mit einem Oszilloskop und einem Frequenzzähler verbindet (für den Fall, dass man noch nie mit einem Wobbelgenerator gearbeitet hat). Auch wenn man den Frequenzzähler nicht zwingend braucht, ist er in solch einer Anordnung durchaus von praktischem Mehrwert, da er das genaue Vermessen von Frequenzgängen doch sehr erleichtert.

Soft- & Hardware-Entwicklung

Im Prinzip steckt alles, was den Wobbelgenerator ausmacht, in der Firmware des Mikrocontrollers. Der Mikrocontroller SX28AC von Parallax kann von den unter [1] aufgeführten Distributoren bezogen werden. Wie für viele andere Parallax-Produkte auch – man denke nur an die legendären BASIC-Briefmarken oder den neuen Chip namens Propeller – gibt es im Internet für den SX28 eine Menge weiterführende Informationen. Der SX28 ist nicht nur preiswert, sondern hat sich eine treue Fan-Gemeinde erobert, was eine Menge kostenloser Software zur Folge hat. Eine Materialsammlung (Datenblätter, Compiler, Simulatoren, Beispiele etc.) ist passend für Anfänger unter [2] zu finden.

Für die Hardware-Entwicklung nutzte Jeremy Crook das Tool SX-Key™ Rev. F von Parallax, das mittlerweile abgekündigt ist und in Kürze von einer USB-Version ersetzt werden wird. Die Software wurde mit Hilfe von SX-Key V3.10 geschrieben, das ebenfalls von Parallax stammt. Der im Archiv „070951-11.zip“ enthaltene komplette Source-Code kann kostenlos von der Artikelseite bei www.elektor.de herunter geladen werden. Bevor Sie weiterlesen, sollten Sie das Archiv entpackt haben...

Die Hauptschleife des Programms gibt kontinuierlich Werte für ein Sinussignal aus und nutzt hierzu einen so genannten DDS-Algorithmus (**D**irect **D**igital **S**ynthesis), um Werte aus einer Sinus-Tabelle auszulesen. Das Verfahren ist üblich und spart Rechenleistung. Cleverness ist eher bei der Interrupt-Routine gefragt, die den Wert ändert, der die Frequenz der DDS-Routine bestimmt. Ein Teil davon ist in **Listing 1** abgedruckt. Das Programm erlaubt die Nutzung von zwei so genannten Sweep-Tabellen, zwischen denen mit einem Schalter gewählt werden kann. Ein SX28-Chip wird vom Distributor unprogrammiert geliefert. Der Hex-File der Firmware ist ebenfalls im Download (070951-11.zip) enthalten, so dass man den Controller damit selbst programmieren kann. Alternativ ist im Elektor-Shop auch ein bereits programmierter SX28 erhältlich (Bestell-Nr. 070951-41). Wer sich in die Feinheiten der SX28-Programmierung vertiefen möchte, dem sei die Lektüre der Dokumente in [3] und [4] empfohlen. Besonders interessant sind natürlich die frei downloadbaren Assembler-Code-Beispiele von Al Williams.

Aufbau

Elektor hat für das Layout einer passenden Platine gesorgt, deren Bestückung in **Bild 3** zu sehen ist. Das Layout kann wie immer kostenlos von der Elektor-Artikel-Webseite heruntergeladen werden.

Für den Mikrocontroller und den Doppel-Opamp empfehlen wir die Verwendung von IC-Fassungen. Und denken Sie daran: Der Controller braucht die Firmware, bevor man die Schaltung einschaltet. Das klingt schräg, aber es wurden schon oft bestückte Platinen mit dem Vermerk „Geht nicht!“ an das Elektor-Labor gesandt, bei denen sich dann herausstellte, dass der Mikrocontroller nicht programmiert war!

Die Bestückung der Platine sollte eine leichtere Übung sein, da es nicht sehr eng darauf zugeht. Es gibt weder winzige noch ungewöhnliche Bauteile einzulöten. Wenn man den LötKolben also nicht am falschen Ende anfasst, sollte man schnell zum Erfolg gelangen.

Für den Sweep-Ausgang (K2) sowie die Ausgänge „Trigger“ (K3), „Marker Display“ (K4) und „Marker“ (K6) werden BNC-Buchsen empfohlen, die mit kurzen Koaxkabelstücken (RG174 oder ähnlich) mit den entsprechenden Punkten der Platine verbunden werden. Das

Stückliste

Widerstände:

R1 = 1k
 R2...R6,R11,R12,R19...R21 = 10 k
 R9,R13,R15,R17,R22,R23 R27,R29 = 10 k 1%
 R7,R8,R10,R14,R16,R18,R24,R28,R30 = 20 k 1%
 R25 = 1 M
 R26 = 110 Ω
 P1 = 4k7-Potentiometer

Kondensator:

C1 = 10 μ/16 V, radial
 C2 = 100 μ/40 V, radial
 C3...C6 = 100 n
 C7 = 100 μ/16 V, radial

Halbleiter:

D1 = LED, 3 mm, low current
 IC1 = 78M05 oder 7805
 IC2 = SX28AC/DP (Parallax), programmiert (Elektor-Shop: 070951-41)
 IC3 = AD822AN

Außerdem:

S1...S5 = einpoliger Taster
 S6, S7 = einpoliger Schalter, Schließer
 S8 = einpoliger Umschalter
 K2...K6 = BNC-Buchse
 K7 = vierpolige Stiftleiste, einreihig
 X1 = Keramik-Resonator, 50 MHz
 Source-Code und weitere Dateien im Archiv „070951-11.zip“ unter www.elektor.de
 Platine 070951-1 (bei www.elektor.de oder www.thepcbshop.com)

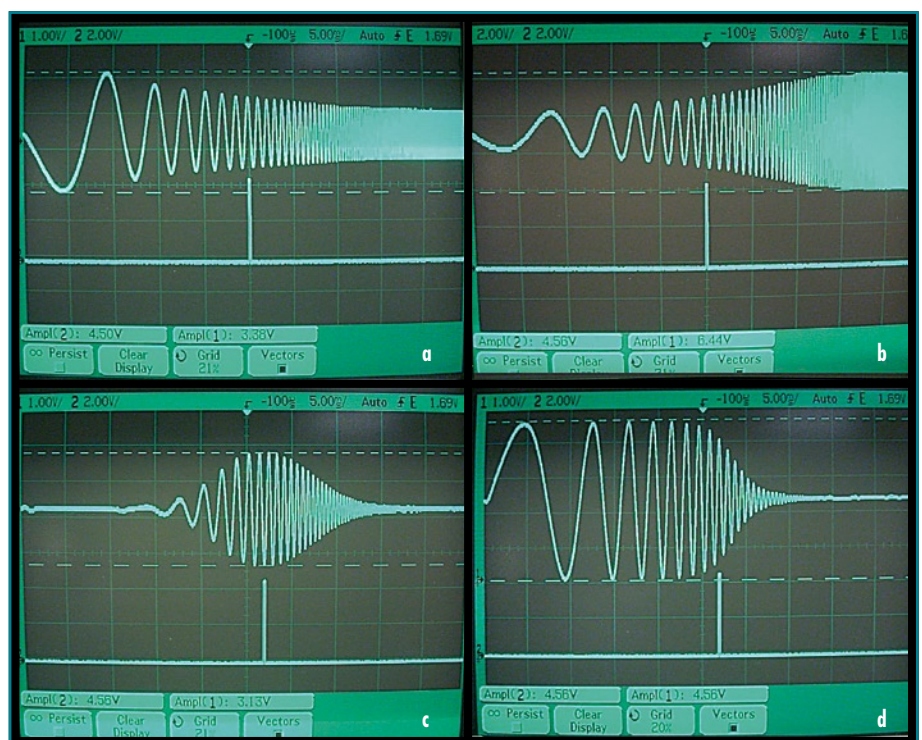


Bild 5. Fotos oszillografierter Frequenzgänge: **a** Aktiver Klangeinsteller mit angehobenem Bass. **b** Aktiver Klangeinsteller mit angehobenen Höhen.. **c** Bandpass. **d** Tiefpass.

Listing 1. DDS-Frequenzsynthese

```

;-----start von 0.2ms interrupt routine-----
;
; MODE register points to sine table on entry
; Mode register must point to sine table on exit
;
; () Value fetched from table ist added to Frequenz register
; This increases the Frequenz produced by the main output routine.
; At end von sweep everything ist reset.
;
; () Marker Buttons are read
; () Marker Frequenz ist updated
; () Marker pointer ist updated
; () Trigger ist generated
;
;-----

```


Abschirmgeflecht gehört natürlich immer an den Masse-Anschluss!

Betrieb

Die Benutzung des Wobbelgenerators ist unkompliziert: Siehe Bild 2. Bevor man einschaltet, sollte man vorsichtshalber das Poti und S8 auf die niedrigste Amplitude einstellen. Mit S6 wählt man den gewünschten Frequenz-Sweep aus (100 kHz oder 15 kHz) und am Oszilloskop stellt man die Zeitbasis auf die Position 5 ms pro Teilstrich. Das Oszilloskop wird natürlich extern getriggert, und zwar auf die fallende Flanke.

Nun kann die Versorgungsspannung beim Messobjekt (CUT) eingeschaltet werden, falls es sich um eine aktive Schaltung handelt. Bei anzeigebereitem Oszilloskop sowie zählbarem Frequenzzähler kommt dann der Wobbelgenerator an die Reihe. Ist letzterer eingeschaltet, sollte der Ausgangspegel so lange erhöht werden, bis sich eine stabile Anzeige auf dem Oszilloskop ergibt, ohne dass das Signal durch Clipping begrenzt wird. Außerdem sollte etwas auf dem Marker-Kanal („2“ bzw. „B“) zu sehen sein. Wenn man nun die Position des Markers mit Hilfe der vier Taster verschiebt, sollte man die Frequenz an dieser Stelle auf dem Frequenzzähler ablesen können.

Bei Problemen mit der Anzeige des Ausgangssignals der gemessenen Schaltung (CUT) geben, kann man testweise den Kanal „1“ bzw. „A“ des Oszilloskops auch einmal direkt mit dem Ausgang des Wobbelgenerators verbinden. Auf diese Weise lässt sich feststellen, ob man es mit einer fehlerhaften CUT, einer falschen Verkabelung oder einem anderen Problem zu tun hat.

Beim 15-kHz-Sweep könnte man auch eine andere Zeitbasis am Oszilloskop einstellen, doch lehrt die Erfahrung, dass eine Einstellung auf 5 ms pro Teilstrich meist den besten Kompromiss darstellt.

(070951-1)

Links & Literatur

[1] www.parallax.com
 [2] www.parallax.com/ProductInfo/Microcontrollers/SXProductDownloads/tabid/460/Default.aspx

```
Interrupt

;(not shown here: check Frequenz range switch; Fetch low und high Frequenz
  word; start von button reading routine; end von button reading routine)

;-----start von marker Frequenz output routine on rb.7-----
;:fetch current marker value
  mov     M,Table_pntr_L      ;1:Fetch low word
  mov     W,MFreqT_Pntr      ;
  iread                      ;

;M now contains lower nibble von FreqM und W contains FreqL

  mov     MFreqL,W           ;
  mov     MFreqM,M           ;

  mov     M,Table_pntr_H     ;1:Fetch high word
  mov     W,MFreqT_Pntr      ;
  iread                      ;

;M now contains FreqH und W now contains Higher nibble von FreqM

  oder    MFreqM,W           ;
  mov     MFreqH,M           ;

;:marker Frequenz value now in MFreqH.MfreqM.MfreqL

;-----end von Frequenz marker output routine-----

;-----start von Frequenz marker display rb.5 (ch2 on oscilloscope)-----
;bttn_flg.4=0 no marker being displayed so test counter
;bttn_flg.4=1 marker displayed so clear marker

  sb      Bttn_Flgs.4
  jmp     tst_cntr           ;bttn_flg.4=0
  clrb    bttn_Flgs.4       ;bttn_flg.4=1
  clrb    rb.5
  jmp     F_M_end

tst_cntr
  stc
  mov     W, M_Cntr          ;ist M_Cntr=MFreqT_Pntr
  mov     W,MFreqT_Pntr-W
  sz
  jmp     F_M_end           ;no
  setb    rb.5              ;yes
  setb    bttn_flg.4

F_M_end
  inc     M_Cntr

;-----end von Frequenz marker display-----

;-----start von trigger section. Output on rb.6-----
; toggle trigger output based on state von FreqT_Pntr.7

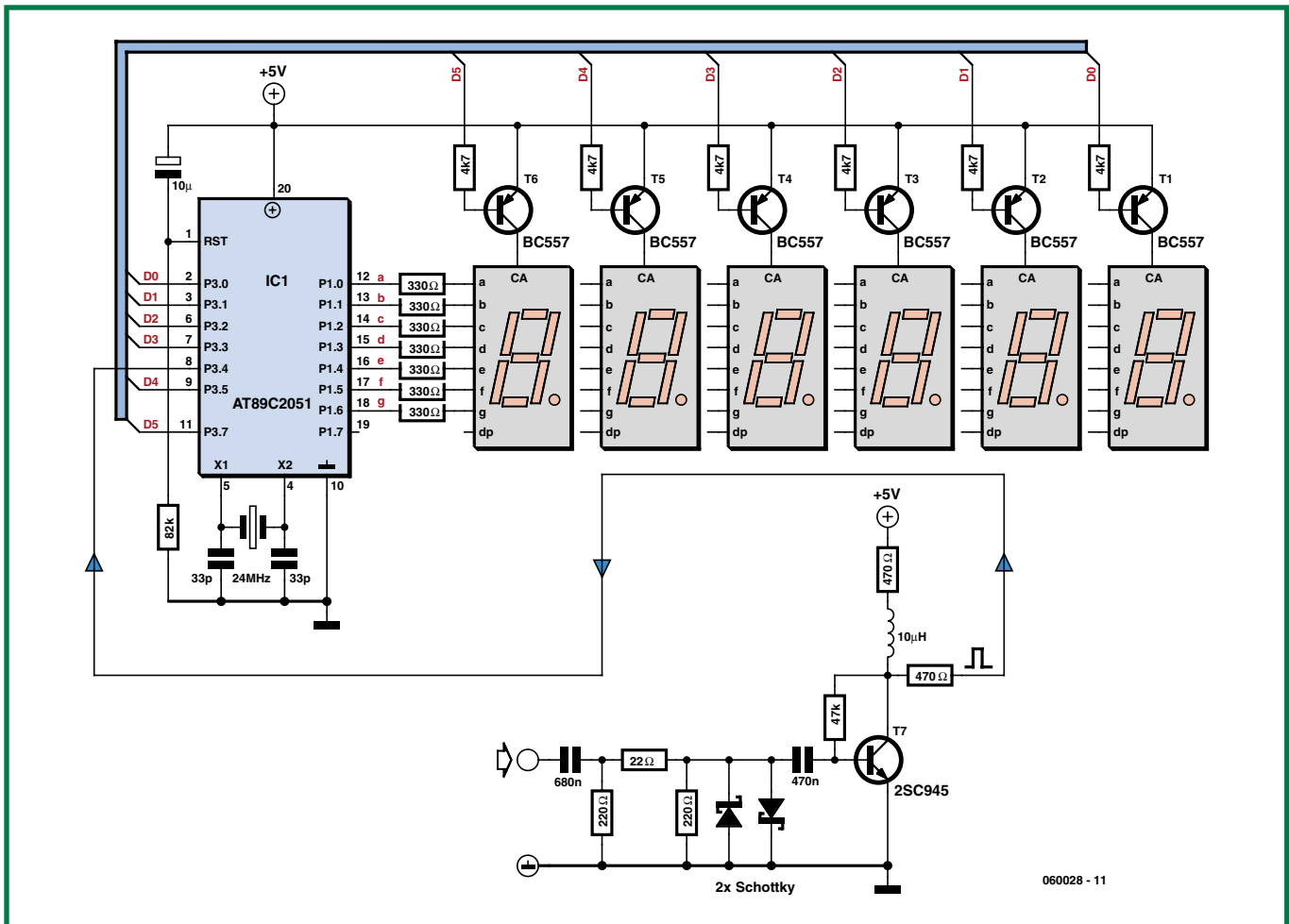
  sb      FreqT_Pntr.7      ;
  clrb    rb.6              ;
  snb     FreqT_Pntr.7      ;
  setb    rb.6              ;

.....(end of fragment)
```

[3] „Programming the SX Microcontroller: A Complete Guide“ von Günther Daubach (erhältlich bei www.parallax.com)
 [4] „Beginning Assembly Language for the

SX Microcontroller“ von Al Williams (Gratis-Download von www.parallax.com)
 [5] de.wikipedia.org/wiki/Wobbelgenerator

1-MHz-Frequenzzähler mit AT89C2051



Von Sajjad Mosavi

Hier geht es um ein Frequenz-Messgerät mit einem Messbereich bis 1 MHz bei 1 Hz Genauigkeit (ohne zusätzlichen Vorteiler). Die Schaltung besteht aus einem Atmel-Mikrocontroller vom Typ AT89C2051-24XX mit nur ganz wenigen zusätzlichen Bauteilen.

Ohne Impulsformung am Eingang sollte das Eingangssignal rechteckförmig sein und klassischen TTL-Pegel (0 und +5 V) aufweisen. Nicht-TTL-Signale kann man mit Hilfe des Vorverstärkers und Signalformers (T7) in die gewünschte Form bringen. Gleichzeitig schützt dieser Vorsatz vor Spannungsspitzen und zu hohen Pegeln am Eingang.

Wenn höhere Frequenzen gemessen werden sollen, dann kann man diese Fähigkeit mit üblichen Vorteiler-ICs wie dem SAB6456 oder dem SP8704 nachrüsten. In diesem Fall muss der angezeigte Wert allerdings

mit dem Teilerfaktor des Vorteilers multipliziert werden. Im zweistelligen MHz-Bereich lassen sich auch Standard-Teiler-ICs wie der 74LS93 oder 74LS90 verwenden, die Teilerfaktoren von 2, 4, 5, 8 oder 10 bieten und mit denen man (bei zwei in Kaskade) immerhin 30 MHz schaffen kann.

Beim AT89C2051 handelt es sich um einen 20-Pin-8-bit-Mikrocontroller mit 2 k Flash-Speicher, 128 Byte RAM und zwei 16-bit-Timer/Counter. Gründe für seine Verwendung sind der niedrige Preis und seine Kompatibilität mit MCS-51-Produkten – der Autor kennt sich eben ganz gut mit dieser Controller-Serie aus.

Die Frequenzmessung besteht einfach darin, dass die Anzahl ansteigender Flanken an einem Eingang während einer Sekunde gezählt wird. Hierzu wird Timer/Counter 0 zum Zählen der Eingangsimpulse und Timer/Counter 1 zur Steuerung

der Torzeit von 1 s genutzt. Die Routine für die Frequenzberechnung legt ihr Resultat im Register Bank 0 von R2 bis R7 ab. Die Display-Routine übersetzt diese Werte in die Anzeige mit sechs 7-Segment-LED-Displays mit gemeinsamer Anode. Um führende Nullen zu unterdrücken, werden die Register vor der Anzeige auf den Inhalt „0“ überprüft. Die Anzeige der sechs Ziffern erfolgt im Zeit-Multiplex-Verfahren: In schneller Folge wird eine Ziffer nach der anderen dargestellt und zwar so schnell, dass die Anzeige flackerfrei ist. Die jeweiligen gerade aktiven Segmente der LED-Displays werden an Port P1 ausgegeben. Von daher führt von Port P1 eine Art Segment-Bus an alle Displays. Die einzelnen Displays werden über Port P3 aktiviert und hier jeweils über einen verstärkenden PNP-Transistor mit Basis-Widerstand angesteuert.

Als Controller eignet sich nur die

24-MHz-Variante, da auch ein solcher Quarz eingesetzt wird. Nur bei dieser Taktfrequenz reicht die Rechenleistung aus. Die Software für den Controller ist als Datei „060028-11.zip“ kostenlos per Download erhältlich und kann mit jedem 8051-kompatiblen Assembler und Linker wie dem Gespann ASM51/OHS51 übersetzt werden. Die resultierende „*.hex“-Datei kann dann mit jedem passenden Programmierer in den Mikrocontroller transferiert werden.

Beim Aufbau der Schaltung verwendet man für die Displays am besten eine eigene Platine, damit man diese leicht hinter eine durchsichtige Frontplatte schrauben kann.

Zur Stromversorgung werden +5 V und weniger als 100 mA benötigt – ein 7805-Spannungsregler und ein unstabiliertes kleines Steckernetzteil sind also ausreichend.

(060028-1)

Fundgrube Internet

World Wide Web für Elektronik-Fans

Von Thijs Beckers

Das viel gepriesene und manchmal auch geschmähte Internet birgt einen unendlichen Schatz an Informationen für (fast) alle Gelegenheiten. Der riesige Fundus öffnet sich auf Mausclick, und das über alle Ländergrenzen hinweg. Im WWW mangelt es natürlich auch nicht an internationalen Projekten und Ideen aus dem Bereich der Elektronik. Was wir auf amerikanischen, britischen und anderen Websites entdeckt haben, stellen wir hier in Kurzform vor.

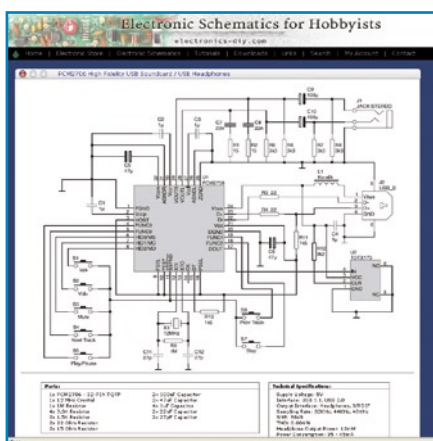


Bild 1. USB-Soundkarte

Do-it-yourself Single-Chip-Audioverstärker mit dem LM386 und ähnlich verbreitete Themen findet man in Übersee natürlich auch, doch wollen wir solche Schaltungen hier einmal beiseite

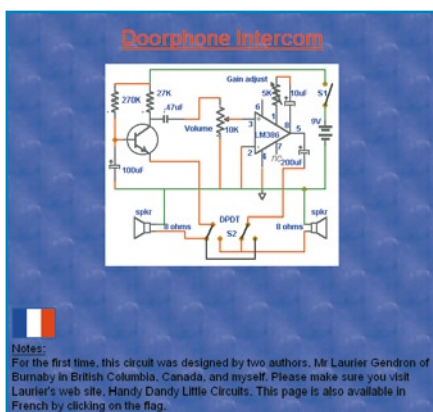


Bild 2. Gegensprechanlage

lassen. Etwas weniger bekannt, doch ausgesprochen populär sind die Modifikationen der CD-Spieler von Marantz. Seit Erscheinen des Modells CD-63 und des nahezu identischen Modells CD-67 ist sehr viel Zeit vergangen, doch die Geräte werden noch heute gebraucht angeboten. Eine vergleichsweise vielköpfige Gruppe von Audio-Enthusiasten [1] hat sich der Idee verschrieben, diese CD-Spieler der Mittelklasse auf High-end-Niveau zu tunen.

Audio-Fieber

Eine bekannte Website mit bemerkenswerten Audio-Projekten ist Elliott Sound Products [2], aber sie ist natürlich nicht die einzige. So fanden wir beispielsweise auf Electronics-diy [3] die Beschreibung einer Selbstbau-USB-Soundkarte, **Bild 1** zeigt ihre Schaltung. Für den Bau von USB-Soundkarten ist das Studium hoch wissenschaftlicher Literatur inzwischen nicht mehr nötig. Mit einem integrierten Baustein wie dem PCM2706 von Texas Instruments bekommt die USB-Soundkarte einen Ohrhörerverstärker, einen digitalen S/PDIF-Ausgang und eine Steuerung des Media-Players über Hardware, ohne dass unter Windows XP oder MacOS X Installationen vorgenommen werden müssen. Die genannte Website [3] bietet sogar ein Platinenlayout zum Download an.

Fürs traute Heim...

...haben wir manches Nützliche und

auch einiges Erbauliche entdeckt. Der ersten Kategorie gehört die simple Türsprechanlage auf Mitedu [4] an, ihre Schaltung gibt **Bild 2** wieder. Die in den Sprechstellen eingebauten Mini-Lautsprecher dienen gleichzeitig als Mikrofone. Die Übertragungsrichtung wird mit einem zweipoligen Umschalter gewählt, die Lautstärke lässt sich mit einem Potentiometer einstellen. Ein ebenso alter wie origineller Gag ist die Blitzlampe, die wir auf einer kanadischen Website [5] fanden. Mit einer gewöhnlichen Allgebrauchs-Glühlampe, einem Stück Alufolie und einem Hochspannungsgenerator, aufgebaut mit der Zündspule einer Auto-Zündanlage, wird ein Blitzgewitter im gläsernen Lampenkolben (**Bild 3**) inszeniert. Faszinierend anzusehen, wie sich die Elektronen den Weg aus dem Glaskolben heraus vom Glühwendel zur Aluminiumfolie bahnen. Allerdings ist bei solchen Projekten Vorsicht und Umsicht geboten, denn die Spannungen in der Größenordnung von einigen Kilovolt können lebensgefährlich sein. Für eine pfiffige Idee halten wir auch den Metalldetektor, den die nächste Website [6] präsentiert. Ein Filmclip demonstriert, wie aus einem Radio und einem Taschenrechner in kürzester Zeit ein funktionsfähiger Metalldetektor entsteht. Mit ihm können zum Beispiel Stromleitungen und Rohre in Wänden aufgespürt werden. Das Prinzip beruht darauf, dass das Taktsignal des Taschenrechners in den verborgenen metallischen Leiter induziert wird, an anderer Stelle in Leiternähe wird es vom Radio empfangen.

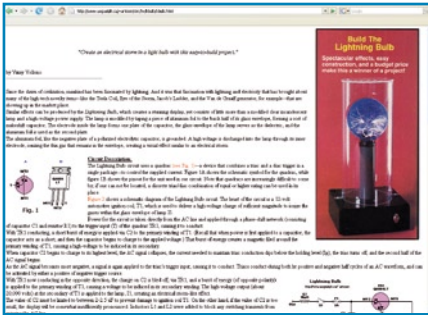


Bild 3. Blitzgewitterlampe

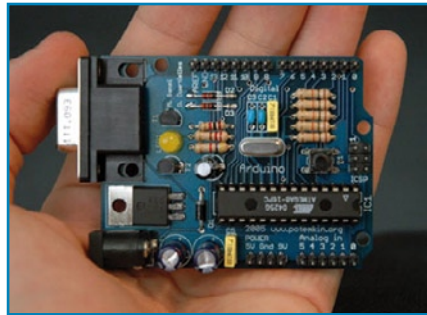


Bild 4. Arduino Board



Bild 5. Drum-Pads mit Midi

µC

Ebenfalls hoher Beliebtheit erfreut sich das „Arduino development board“ auf der Website Arduino [7]. Sie wendet sich an die Surfer-Gemeinde, die mit controller-gesteuerten interaktiven Anwendungen beschäftigt ist. Wie auf der Platine in **Bild 4** steht meistens ein ATmega168 von Atmel im Mittelpunkt. Der Website-Besucher kann sich einer Unmenge interessanter Anwendungen bedienen, sämtliche Firmware gehört der Kategorie der Open-Source-Programme an. Ein willkürlich herausgegriffenes Beispiel sind die Drum-Pads mit Midi-Schnittstelle in **Bild 5**. Mit dem Arduino-Board wurden auch schon so unterschiedliche Projekte wie interaktive Brückenbeleuchtungen und virtuelle Aquarien realisiert. Bevor Mikrocontroller tun was sie sollen, müssen sie programmiert werden. Zu den

zahllosen AVR-Programmieren, die online im Web präsentiert werden, gehört der Programmierer von Electronics-diy [8]. Zusammen mit dem Programm „Ponyprog“ [9] wird das Programmieren eines ATmega8 im 28-Pin-Gehäuse (um nur ein Beispiel zu nennen) zum Kinderspiel. Die Schaltung ist so klein, dass sie im Stecker des seriellen Anschlusskabels Platz findet (**Bild 6**). PonyProg hat auf seiner Website [9] einen anderen Programmierer veröffentlicht, der an den Parallelport angeschlossen wird.

PC

Wirkungsvolle Hilfestellung bei schlechtem WiFi-Empfang verspricht der Filmclip, der von Metacafe [10] präsentiert wird. Dort wird gezeigt, wie sich eine WiFi-Antenne realisieren lässt, die (man lese und staune!) nur fünf Cent kosten soll. Laut Beschreibung kann die Antenne in nur fünf Minuten aufgebaut werden. Die nächste Website, die uns ins Auge fiel, ist Techlib [11]. Wie aus **Bild 7** hervorgeht, wird dort eine Schaltung vorgeschlagen, die betagten Laptops aus der Windows-95-Ära endlich zu neuen Aufgaben verhelfen soll. Der 12-bit-Datenlogger mit Anschluss an den seriellen PC-Port besteht aus drei ICs, einem zweifachen OpAmp und einer kleinen Handvoll weiterer Bauelemente. Die Kosten sollen bei etwa 15 Euro liegen. Ein simples Obasic-Programm, das auf dem PC läuft, ist für das Entgegennehmen und Speichern der Daten zuständig. Obasic war eine Beigabe zum originalen Windows 95. Falls nicht mehr vorhanden, kann es zum Beispiel von der TU Eindhoven [12] heruntergeladen werden. Vermutlich ist das Pro-

Weblinks (Liste auch unter www.elektor.de/diyD):

- [1] www.diyaudio.com
- [2] <http://sound.westhost.com>
- [3] http://electronics-diy.com/PCM2706_USB_Soundcard.php
- [4] www.mitedu.freemove.co.uk/Circuits/Audio/doorint.htm
- [5] www.uoguelph.ca/~antoon/circ/hv/l-bulb/l-bulb.html
- [6] www.instructables.com/id/HomeMade-Metal-Detector
- [7] www.arduino.cc
- [8] http://electronics-diy.com/avr_programmer.php
- [9] www.lancos.com/prog.html
- [10] www.metacafe.com/watch/837885/wifi_antenna_hack
- [11] www.techlib.com/electronics/serialport.htm
- [12] www.fluid.tue.nl/student/colleges/NLS/software.html
- [13] www.x-robotics.com/hardware_ing.htm
- [14] www.electronics-lab.com/projects/automotive/005/index.html
- [15] www.electronics-lab.com
- [16] <http://home.hccnet.nl/e.vd.logt>
- [17] www.zen22142.zen.co.uk/Circuits/Power/add-on.html
- [18] www.belza.cz/hf/bug.htm

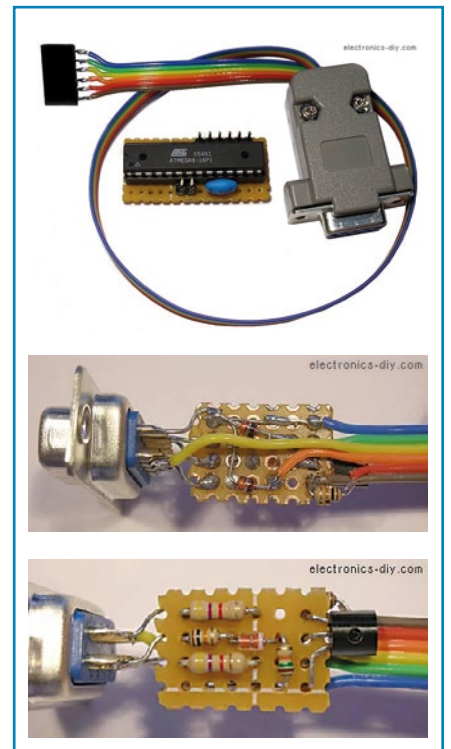


Bild 6. AVR-Programmer

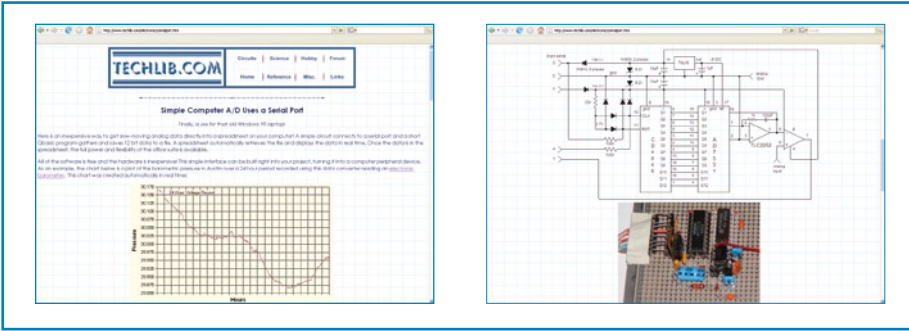


Bild 7. 12-bit ADC

gramm auch unter der Basic-Variante GW-Basic lauffähig.

Robotics

Roboter (oder andere Objekte) lassen sich mit akustischen Signalen steuern, wenn man die Schaltung in Bild 8 aufbaut. Wir haben diesen Vorschlag auf der Website X-robotics [13] gefunden. Der NE567 vergleicht die Frequenz des Eingangssignals mit der Frequenz des internen, von R1 und C1 abhängigen RC-Oszillators. Bei übereinstimmenden Frequenzen geht der Ausgang auf niedrige Spannung. Mit vorgeschaltetem Mikrofon und Vorverstärker genügen mehr oder weniger laute Pfiffe, damit vorprogrammierte Aktionen wie Roboterbewegungen ausgeführt werden.

Und sonst noch

Eine simpel aufgebaute Parkhilfe, die mit einer Infrarot-LED und einer Infrarot-Fotodiode arbeitet, wird bei Electronics-lab [14] beschrieben. Von der Hauptseite [15] aus gelangt der Besucher zu vielen gleichermaßen interessanten Projekten. Was die Bierbrauerei mit der Elektronik zu tun hat, erfahren wir bei Hcnet [16]. Auf dieser Website führt der Niederländer Emile van de

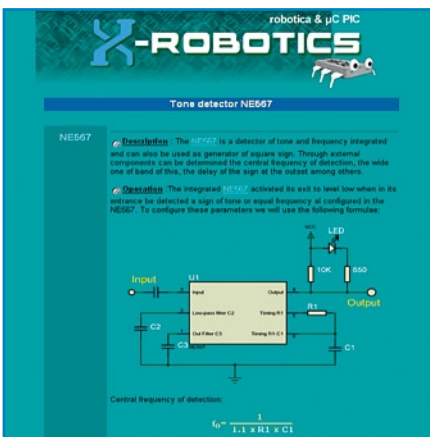


Bild 8. Tonhöhen-Detektor

Logt seine hauseigene Mini-Brauerei vor. Er hat speziell für den Bierbrau-Prozess eine PID-Reglerschaltung entwickelt. Wie Bild 9 zeigt, wird der PID-Regler über den PC (hier ein Notebook) gesteuert. Die einfache, aber nützliche Strombegrenzung für niedrige Ströme in Bild 10 stammt von der Website Zen [17]. Sie kann kostbare Schaltungsaufbauten bei der ersten Inbetriebnahme und natürlich auch später vor kostenintensiven Schäden bewahren. Die Begrenzerschwelle lässt sich anpassen, indem R2 einen Wert entsprechend der angegebenen Formel erhält. Die Schaltung mit nur einem Transistor, gefunden bei Belza [18], ist ein kleiner UKW-FM-Sender mit erstaunlicher Reichweite. Diese Website präsentiert sich leider nur in Tschechisch, doch die Bilder sprechen eine internationale Sprache.

Unsere kleine Auswahl konnte nur ein willkürlicher und zufälliger Streifzug sein. Vielleicht war für Sie die eine oder andere interessante Anregung dabei. Hinzuzufügen ist nur noch, dass auch die Elektor-Website (www.elektor.de) mit mehr als 2.000 Schaltungen, Ideen und Vorschlägen zu den viel besuchten Elektronik-Fundgruben gehört.

(070955)gd

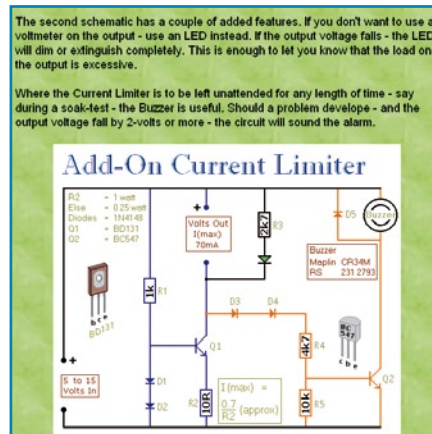


Bild 10. Strombegrenzung

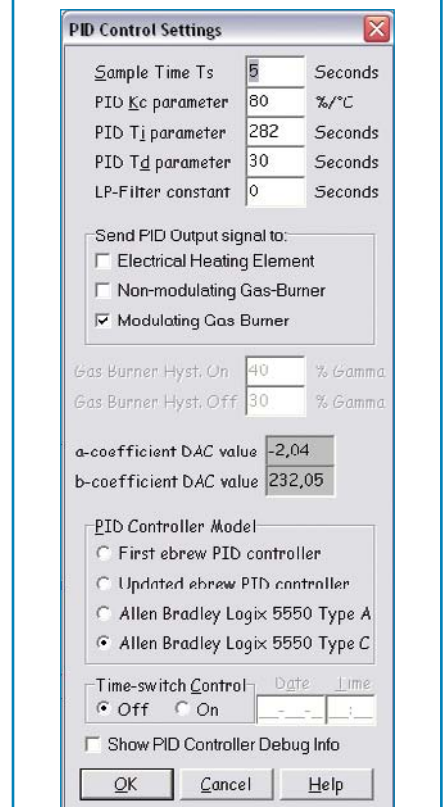
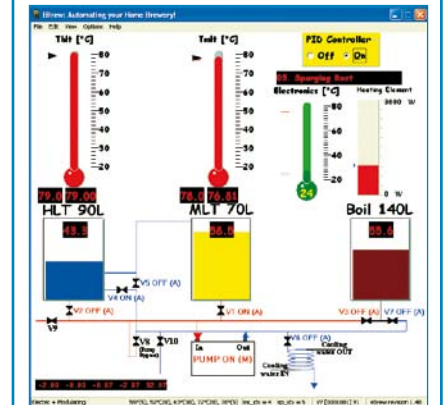


Bild 9. PID-Regler für Heim-Brauerei

Aquarien-Fütterungsautomat

Von Helmut Schaefer

Mit den Fischen ist es wie mit den Menschen: Während manch einer zu den Frühaufstehern gehört, wird manch anderer erst des Nachts so richtig munter. Dumm nur, wenn die Rhythmen von Fisch und Herrchen nicht zusammenpassen. Bei tagaktiven Aquarienfrenden, die sich zum Beispiel einen nachtaktiven Wels halten, ist dann entweder ein unruhiger Schlaf oder ein hungriger Fisch vorprogrammiert.

Die Lösung ist dieser mechatronische Fütterungsautomat, welcher auch in später Nacht noch Grünfüttertabletten spendet. Der mechanische Teil besteht (vereinfacht ausgedrückt) aus einem stark unteretzten Motorantrieb und zwei übereinander angeordneten

Blechplatten mit je einem Loch, durch das die zu verfütternden Tabletten lose hindurch passen. Die Löcher sind seitlich versetzt angeordnet, der Abstand der Platten entspricht der Dicke der Tabletten.

Durch das obere Loch werden die Tabletten aus einem röhrenförmigen Stapelmagazin zugeführt und durch das untere Loch fallen sie ins Aquarium. Hierzu bedarf es natürlich einer seitlichen Verschiebung der Tablette. Diese Aufgabe erledigt ein großes Zahnrad mit einem tablettengroßen Loch, das zwischen Nabe und Zahnkranz liegt. In der Ausgangsstellung kommt diese Öffnung genau unter dem Loch in der oberen Platte zu liegen. Der Tablettenstapel rutscht dann durch sein Eigengewicht um eine Tablette tiefer, wodurch eine Tablette in das Zahnradloch fällt. Mit dem Start des Fütterungsautomaten beginnt sich das Zahnrad zu drehen und schleppt die Tablette auf einer Kreisbahn mit, bis diese durch das Loch in der unteren Platte rutscht. Beim Autor kommt ein Kleinstgetriebemotor aus dem Modellbau mit rund 20 Umdrehungen/Minu-

te zum Einsatz (Conrad-Modellbaukatalog 2007/2008, S.310; Nr. 242535; 3-6 V; 11-22 U/min). Die Mechanik untersetzt ihrerseits nochmals 10:1, sodass eine volle Umdrehung ungefähr 30 s dauert (viel schneller darf es nach den Erfahrungen des Autors nicht gehen, weil sich sonst Tabletten verkleben können).

Damit das arme Fischlein nicht gemästet wird, wird der Motor nach einer vollen Umdrehung des Zahnrades gestoppt. Dies erledigt ein Mikroschalter, der von einer am Zahnrad montierten Nocke ausgelöst wird.

Der genaue Fütterungstermin wird von einer käuflich zu erwerbenden Steckdosen-Zeitschaltuhr bestimmt (meist kann man hier den Start und Stopp auf eine Minute genau festlegen). In der Zeitschaltuhr steckt ein Stecker(schalt)netzteil mit stabilisierter 5-V-Ausgangsspannung, das wiederum den Motor versorgt. Nun muss man nur noch dafür sorgen, dass der Motor vom ausgelösten Mikroschalter zwar gestoppt, aber bei einem erneuten Anlegen der Versorgungsspannung trotzdem wieder anläuft. Dies erledigt ein wenig

Elektronik, die im Wesentlichen aus zwei Flipflops besteht. Wenn man die Zeitschaltuhr so einstellt, dass sie die Schaltung eine Minute nach dem Start wieder stromlos macht, bleibt der Standby-Verbrauch schön niedrig, außerdem sind Fehlanschlüsse „zwischen-durch“ unmöglich.

Zentraler Baustein der kleinen Schaltung ist ein JK-Flipflop in Form des TTL-ICs SN74LS76N. Neben den üblichen synchronen Funktionen (Speichern, Setzen, Löschen und Kippen) besitzt es zwei Eingänge für asynchrones Löschen (Clr) und Setzen (Pre). Letztgenannte Eingänge sind low-aktiv und werden deshalb mit logisch 0 angesteuert. Beim Start des Fütterungsvorganges wird der Pre-Eingang (2) über ein aus R6 und C4 bestehendes RC-Glied so lange auf logisch 0 gehalten, bis die 5V-Betriebsspannung sicher aufgebaut ist. Danach ist das Flipflop gesetzt (Q = 1) und der Motor bekommt Strom, weil der Transistor T1 leitet. Mit der Handstarttaste kann der Motor auch manuell gestartet werden. Nach einer Umdrehung des Transportzahn-

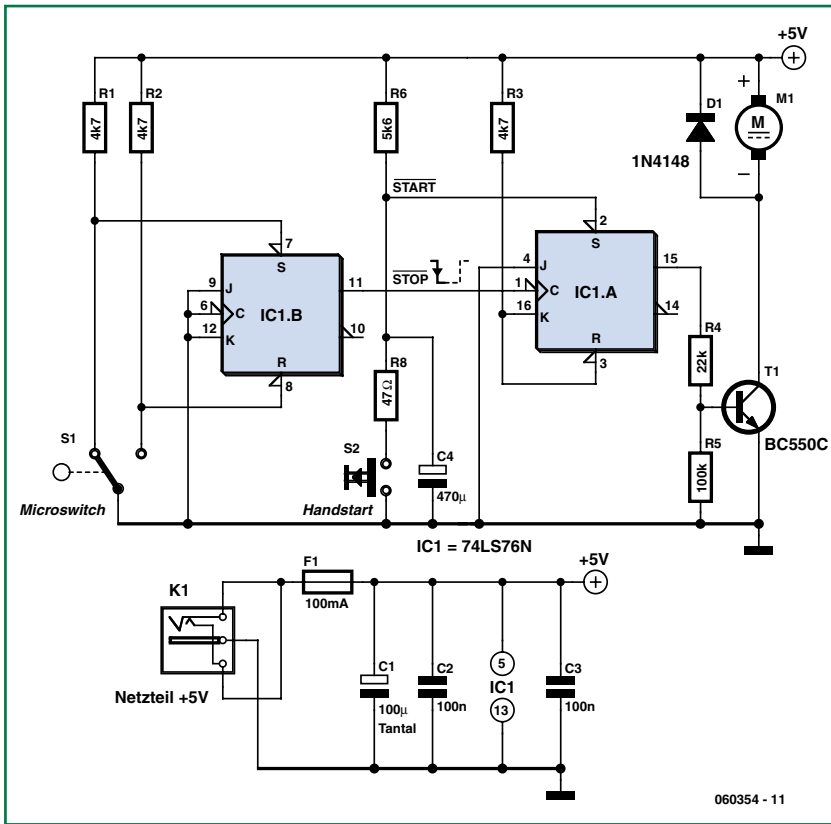
rades wird der Mikroschalter betätigt. Es entsteht ein Stopp-Impuls mit negativer Flanke, der auf den Clock-Eingang (1) des Flipflops gegeben wird und dieses in die synchrone Betriebsart „Löschen“ bringt (Q = 0). Der Transistor T1 sperrt nun und der Motor stoppt. Damit auf der Clock-Leitung „saubere“ Verhältnisse herrschen, wird der Mikroschalter entprellt. Günstigerweise enthält der Baustein SN74LS76N hierzu noch ein zweites JK-Flipflop. Über seine Eingänge „Pre“ und „Clr“ kann es wie ein RS-Flipflop mit NANDs gesteuert werden. Die synchronen Funktionen werden dabei nicht benötigt und liegen auf logisch 0.

Zum Schluss noch ein paar Hinweise: Die Kondensatoren C2 und C3 sollten keramisch sein.

Für den Pufferkondensator C1 tut es notfalls auch ein normaler Elko. Der Motor und die übrige Schaltung nehmen zusammen rund 35 mA auf. Für den Fall, dass der Motor durch eine verklemmte Tablette blockiert wird, ist zum Schutz die Sicherung F1 vorgesehen. Wenn ein stärkerer Motor angeschlossen werden soll, muss man den Wert von R4 verringern, den Wert der Sicherung anpassen und gegebenenfalls einen Leistungs-Transistor einsetzen.

Der Bau der Mechanik erfordert eine gewisse Präzision. Ein Trick: Die Blechplatten sollte man genau übereinander gelegt an zwei Stellen durchbohren und in die Bohrungen zwei passgenaue Stifte stecken. Dadurch sind die Platten gegeneinander fixiert und alle weiteren Bohrungen durch beide Platten liegen dann zueinander exakt gleich.

Das vorgestellte Steuerungsverfahren eignet sich natürlich für viele weitere Automatisierungsaufgaben, bei denen von Zeit zu Zeit zyklische Bewegungen erforderlich sind.



060354 - 11

(060354jn)

Drehwinkel berührungslos messen

Magnetische Drehencoder mit Hallensoren



Von Josef Janisch (austriamicrosystems)
und Andreas Riedenauer (INELTEK)

Zur Winkelmessung werden bisher zumeist preisgünstige Potentiometer oder teure optische Encoder eingesetzt. Die Potentiometermessung ist kostengünstig, aber weder abgleich- noch verschleißfrei. Die optische Lösung ist genauer und langzeitstabil, aber mechanisch aufwendiger und wesentlich teurer. Hier bietet sich eine moderne Lösung mit Halbleitern an: Die magnetische Drehwinkelmessung mit Hallensoren.

Die Potentiometermessung setzt Drehbewegungen in einen Widerstandswert um und hat damit den Vorteil, dass sofort nach dem Einschalten ein Absolutwert zur Verfügung steht. Nachteilig ist der mechanische Verschleiß, der den Widerstand mit der Zeit verändert. Die hohe Toleranz erfordert zudem eine Kalibrierung. Die optische Lösung ist dagegen viel genauer, langlebiger und langzeitstabiler. Allerdings kann eine

Absolutausgabe nur durch aufwendige Optik erreicht werden, was die Kosten in die Höhe treibt.

Auf der Basis des magnetischen Hall-Effekts lassen sich Drehwinkelgeber konstruieren, die nicht nur genau und dabei preisgünstig sind, sondern auch eine mechanische Trennung zwischen bewegten und unbewegten Komponenten gestatten. Das ermöglicht gekapselte, gegen Feuchtigkeit

und Staub unempfindliche Systeme für Anwendungen in der Robotik, bei Baumaschinen, in der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt und vielem mehr.

Basics

Hallsensoren zur Erfassung von Magnetfeldern werden bereits vielfach eingesetzt, beispielsweise beim bürstenlosen Gleichstrom-Motor zur Erkennung

nung der Rotorposition. Hierbei wirken die Hallensoren aber nur wie Schalter und ersetzen langsame, störanfällige mechanische Kontakte. Der Halleffekt tritt grundsätzlich bei jedem stromdurchflossenen Leiter auf. Die Stärke des Halleffekts ist aber materialabhängig. Erst durch die moderne Halbleitertechnik konnten Hallelemente mit hoher Empfindlichkeit zu geringen Kosten hergestellt und in integrierte Schaltkreise integriert werden.

Das Funktionsprinzip eines Hallelements ist in **Bild 1** dargestellt. Im stromdurchflossenen Hallensensor wird eine direkt zur Magnetfeldstärke proportionale Spannung aufgebaut. Ein rotierender Stabmagnet erzeugt somit ein sinusförmiges Spannungssignal – wie bei einer Spule, die einem rotierenden Magnetfeld ausgesetzt ist. Im Unterschied zu dieser Induktionsspannung kann das Signal des Hallensors aber auch statisch ausgewertet werden, da auch ein stationäres Magnetfeld eine Hall-Spannung erzeugt.

Die Verwendung eines einzelnen Hallelements als Winkelsensor (**Bild 2**) ist jedoch auf den quasilinearen Bereich von ± 45 Grad begrenzt und erfordert eine hohe Präzision beim mechanischen Aufbau und bei der Anordnung von Magnet und Sensor. Temperaturänderungen des Magneten beeinflussen die Amplitude der Ausgangsspannung und vermindern die Genauigkeit. Der Temperaturgang des Magneten muss daher kompensiert werden. Externe magnetische Felder wirken unmittelbar auf Amplitude und Phase der Ausgangsspannung, was eine magnetische Abschirmung erforderlich macht.

Take four

Die beschriebenen Hindernisse auf dem Weg zu einer genauen Winkelmessung lassen sich durch die kreisförmige Anordnung von vier oder mehr Sensoren elegant umgehen. Die Rotationsachse des Magneten geht dabei durch den Mittelpunkt des Kreises. Einander gegenüber liegende Sensoren werden paarweise mit je einem Differenzverstärker verbunden (**Bild 3**). Die Differenzspannung entspricht dem Gradienten der Z-Komponente des Magnetfeldes. Die Gradienten sind sinusförmig und entsprechend ihrer Anordnung um 90 Grad zueinander versetzt. Sie erzeugen also ein Sinus- und ein Kosinus-Signal. Diese beiden Signale

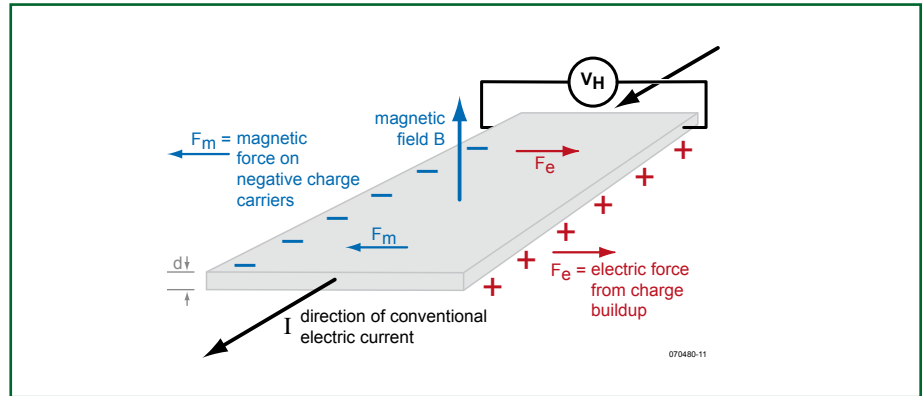


Bild 1. Funktionsprinzip eines Hallelements. Im Gegensatz zur Induktion erzeugt beim Halleffekt auch ein stationäres Magnetfeld eine Spannung.

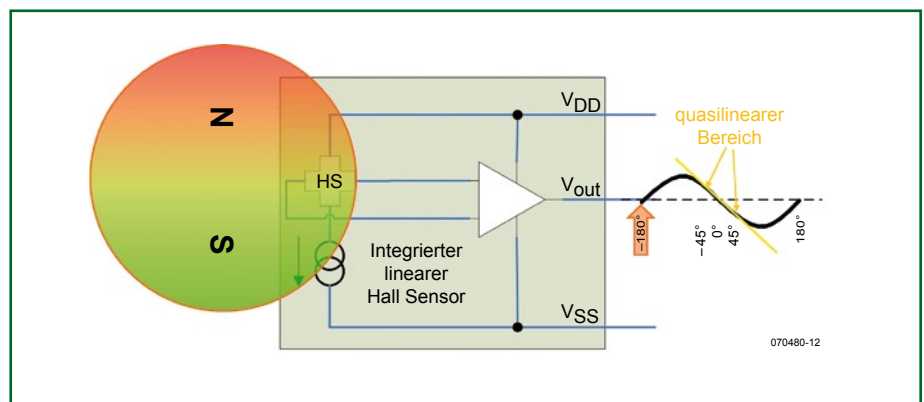


Bild 2. Bei Verwendung eines einzigen Hallensors ist der Messebereich auf $\pm 45^\circ$ begrenzt.

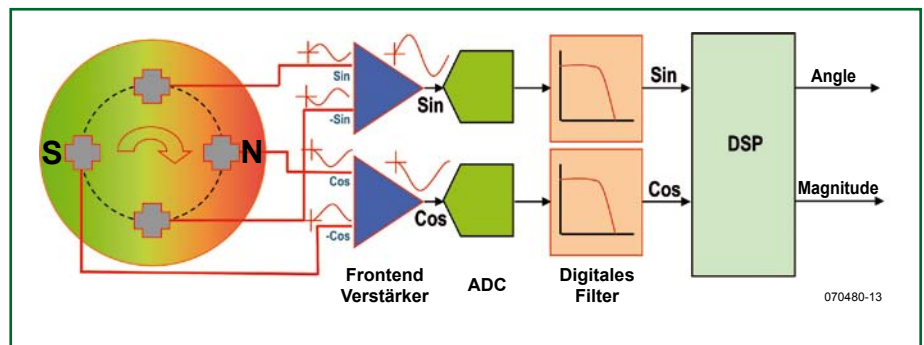


Bild 3. Prinzip der von Störfeldern unabhängigen Messung mit vier Hallensoren.

werden digitalisiert. Ein nachgeschalteter Tiefpass reduziert Choppereffekte und Rauschen. Eine Koordinatentransformation mittels CORDIC-DSP erzeugt aus dem Sinus- und Kosinussignal die Betrags- und Phaseninformation. Der Betragswert wird zusätzlich zur Regelung der Stromquelle für die Hallensoren eingesetzt, um die Empfindlichkeit unabhängig von der Magnetfeldstärke zu halten. Der Betragswert kann dazu verwendet werden, den Abstand zwischen Magnet und Sen-

sorschaltung zu erfassen und auszuwerten. Wenn ein entsprechend konzipiertes Sensor-IC dieses Feature bietet, kann man damit beispielsweise einen magnetischen Drehknopf mit einer kontaktlosen Drucktaster-Funktion versehen.

Winkencodier-ICs

Nach dem in Bild 3 gezeigten Prinzip hat AMS (austriamicrosystems) [1] aus Unterpremstetten bei Graz in der

Genauigkeit eines Encoder-Systems

Bei Winkencodern sind zwei Parameter zu unterscheiden, die nicht notwendigerweise in Bezug zueinander stehen und auch gerne verwechselt werden: Auflösung und Genauigkeit. Auflösung ist die kleinste Schrittweite beziehungsweise die Anzahl von gleichförmig stetigen Schritten pro Umdrehung, die der Encoder liefert. Ein 12-bit-Encoder hat somit eine Auflösung von $2^{12} = 4096$ Schritten pro Umdrehung oder $0,08789^\circ$ pro Schritt. Die Auflösung wird im Wesentlichen vom ADC und von der Rechentiefe des CORDIC bestimmt. Die Genauigkeit ist ein Maß für die Abweichung des angezeigten Winkelwerts vom tatsächlichen Winkel. Auf die Genauigkeit eines magnetischen Encoders wirken viele Einflüsse, die in Summe letztlich seine Qualität bestimmen. Die wesentlichsten Faktoren sind:

Phasenfehler der Hall-Signale

Erscheint zunächst gering, da die Hallelemente genau rechtwinklig zueinander angeordnet sind. Bei unterschiedlichen Signallaufzeiten im Sinus- und Kosinuspfad kommt es bei schnell-drehenden Magneten zu Problemen. Insbesondere dann, wenn nur ein ADC verwendet wird, der die Hallelemente nacheinander abtastet. Dank paralleler Wandler im AS5030 bleibt der Phasenfehler selbst bei hohen Drehzahlen vernachlässigbar gering.

Matching-Fehler der Hallsensoren und Verstärker

Lassen sich durch ein optimiertes IC-Layout und entsprechend anspruchsvolle Fertigungstechnik im Halbleiterprozess minimieren.

Offsetfehler im Signalpfad

Bei Offsetfehlern ist dem Sinus- bzw. Kosinussignal eine Gleichspannung überlagert. Offsetfehler entstehen vor allem im Hallelement selbst und durch schlechtes Transistormatching der Komponenten im analogen Signalpfad. Diese Fehler können durch geeignete Design-Maßnahmen wie Spinning-Current-Kompensation im Hallelement, Chopperverstärker und Chip-Trimming gering gehalten werden.

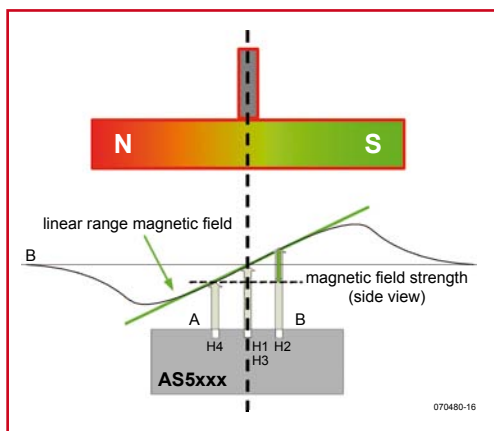
Nichtlinearität des ADC

Die Nichtlinearität eines ADCs lässt sich nur durch aufwendige Kalibrierung kompensieren, weshalb an diese Komponente entsprechend hohe Anforderungen gestellt werden.

Nichtlinearität des Magneten

Trägt man die vertikale Feldkomponente, für die der Sensor empfindlich ist, senkrecht zur Rotationsachse ein, so zeigen sich Maxima an den Polen. Der Bereich dazwischen verläuft weitgehend linear (siehe Abbildung). Solange sich alle Hallelemente innerhalb dieses linearen Bereichs befinden, sind die Differenzsignale unabhängig von der horizontalen Position des Magneten immer gleich groß.

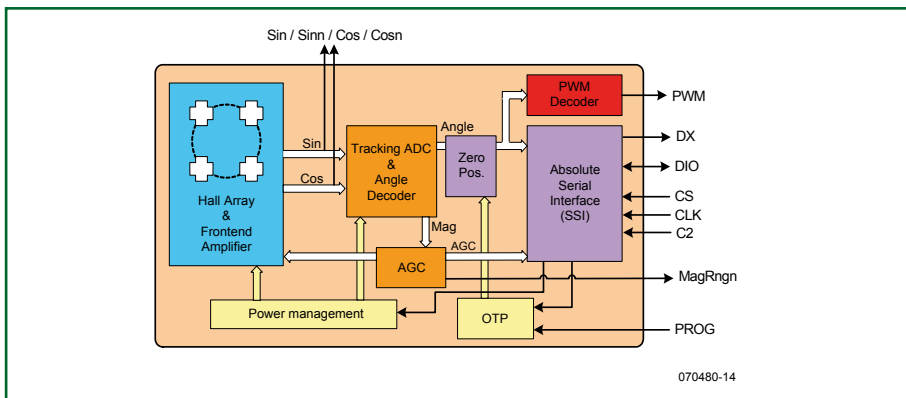
Magnete mit größerem Durchmesser erlauben daher eine größere horizontale Verschiebung als kleinere. Gleichzeitig nimmt aber durch die flachere Kurve des Feldlinienverlaufs die Amplitude des Differenzsignals ab. Das erfordert eine höhere Verstärkung und verschlechtert den Signal-Rausch-Abstand. Als optimal haben sich Magnete mit ca. 6 mm Durchmesser erwiesen. Erfahrungsgemäß liegt der maximale Fehler selbst bei nicht exakt zentriertem Magnet noch deutlich unter 1° . Bei zentriertem Magnet liegt der maximale Fehler unter $0,5^\circ$.



070480-16

Steiermark eine ganze Familie von magnetischen Winkencoder-ICs entwickelt. Diese Winkencoder der Reihe AS50xx gibt es mit 8 bis 12 bit Auflösung und verschiedenen ausgangsseitigen Schnittstellen: seriell, PWM, analog oder inkremental sowie Kombinationen davon. Neben der Genauigkeit und dem weiten Temperaturbereich zeichnen sich diese Sensoren durch eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit aus, die eine Positionsmessung bei Drehzahlen bis 30.000 U/min erlaubt. Als Beispiel sei hier der AS5030 [2] genannt. Mit einem Einzelstückpreis unter 7 € (bei 50 Stück unter 5 €) handelt es sich um ein preisgünstiges Produkt zur einfachen Erfassung von Winkelpositionen. Die im CMOS Prozess hergestellten Hallsensoren mit 5 V Betriebsspannung erlauben die Integration zusammen mit der Auswertelogik (siehe Blockschaltbild in Bild 4). Die eingebaute Kompensationsschaltung sichert ein zuverlässiges Verhalten von -40 bis $+125^\circ\text{C}$ (Automotiv bis zu 150°C). Durch das differentielle Messverfahren werden externe Magnetfelder, Alterung des Magneten und Temperaturverhalten kompensiert. Bei 8 bit Auflösung (256 Positionen bei einer vollständigen Umdrehung von 360 Grad) ergibt sich eine Winkelaufklärung von $1,4$ Grad. Zusätzlich zur Winkelinformation wird auch die Feldstärke gemessen und als 6-bit-Code ausgegeben. So lässt sich zum Beispiel eine Verschiebung des Abstands des rotierenden Magneten erfassen und damit die bereits erwähnte kontaktlose Drucktaster-Funktion realisieren. Die Ausgabe des Positionswerts kann durch eine digitale serielle Schnittstelle (2-Draht oder 3-Draht) oder durch einen 1-Draht-Ausgang (PWM) erfolgen. Eine programmierbare (OTP) Nullposition vereinfacht die Montage, da eine mechanische Festlegung der Nullposition des Magneten dadurch nicht mehr erforderlich ist. Ein Stromsparmmodus mit kurzen Startup-Zeiten erlaubt auch batteriebetriebene Anwendungen. Festverdrahtete Logik ohne Controller gestattet einen ausfallsicheren Betrieb, der auch in sicherheitskritischen Applikationen mit redundantem System genutzt werden kann. Ein Diagnosefeature liefert eine Warnung, wenn sich der Magnet lockert oder ganz verloren geht. Durch die Grundgenauigkeit von $\pm 0,5^\circ$ kann oft auf eine Kalibrierung verzichtet werden.

Bild 4. Blockschaltbild des Winkencoder-ICs AS5030.



070480-14

Für ein komplettes Positionsmesssystem benötigt man neben dem AS5030 (Anschlussbelegung siehe **Bild 5**) lediglich einen Entkopplungskondensator und einen diametral (quer zur Drehachse) magnetisierten Magneten. Bezugsmöglichkeiten für den AS5030 sowie zwei Magnete findet man unter [2], Datenblätter und weitere Downloads unter [3].

Magnete

Der Magnet kann direkt in eine nicht-magnetische Achse eingepresst oder geklebt werden. Wegen ihrer großen magnetischen Feldstärke empfehlen sich Magnete aus seltenen Erden. Nd-Fe-B-Magnete sind kostengünstiger als SmCo-Magnete, haben aber einen höheren Temperatur-Koeffizienten und eine niedrigere maximale Arbeitstemperatur. Auswahlparameter für Magneten sind:

- Temperatur-Koeffizient
 - Temperaturgang der Magnetfeldstärke (wird bei den AS5000-Encodern automatisch kompensiert)
 - Curie Temperatur (Temperatur, bei deren Überschreiten die magnetischen Eigenschaften verloren gehen)
 - Maximale Arbeitstemperatur
 - Stärke in Tesla oder Kilo-Gauss
- Neben den unter [2] erhältlichen Mustermagneten findet man bei den unter [4] und [5] angegebenen Adressen eine große Auswahl und unter [6] auch Software zur Simulation von Magnetfeldern.

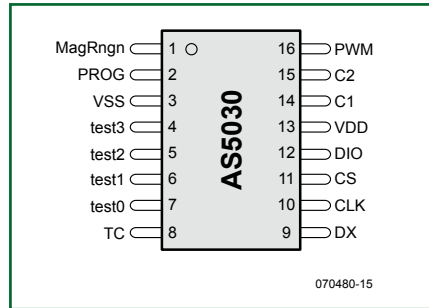


Bild 5. Anschlussbelegung des AS5030. Das Ausgangssignal steht an einem seriellen Digitalausgang und an einem PWM-Ausgang zur Verfügung.

Demoboard

AMS bietet für alle Encoder-ICs Demoboards an, mit denen man sich in die Anwendung einarbeiten kann. Diese bestehen aus einer kleinen Platine mit dem Sensor-IC, einem Mikrocontroller, einer vierstelligen 7-Segmentanzeige, einer USB-Buchse zum Anschluss an den PC und einer Stiftleiste zum Anschluss einer Erweiterungsplatine. Dazu kommt eine Plexiglas-Abdeckung, die in einer Bohrung den mit Drehknopf versehenen Magneten aufnimmt. **Bild 6** zeigt das Demoboard AS5030 DB für den AS5030, das man ebenfalls unter [2] findet. Über eine Pfostenleiste kann auch ein externer Winkelsensor z.B. auf einem (optional erhältlichen) AS50xx Adapterboard oder auf einer eigenen

Anwendung angeschlossen werden. Dieser Sensor kann dann bequem über die Demoboard-Software konfiguriert oder dauerhaft programmiert werden. Diese AS50xx-Demoboard-PC-Software steht unter [3] zum kostenlosen Download zur Verfügung. Wer sich ein Demoboard und Adapterboard im Detail ansehen möchte, der kann unter [7] auch PDF-Manuals herunterladen. Dort gibt es auch ein kostenloses Encoder Software Development Kit (SDK) mit einer DLL und Beispielpogrammen für eigene Anwendungen auf Basis des Demoboards als Download. Weitere Informationen finden Sie bei den AMS-Distributoren [8].

(070480-1 e)

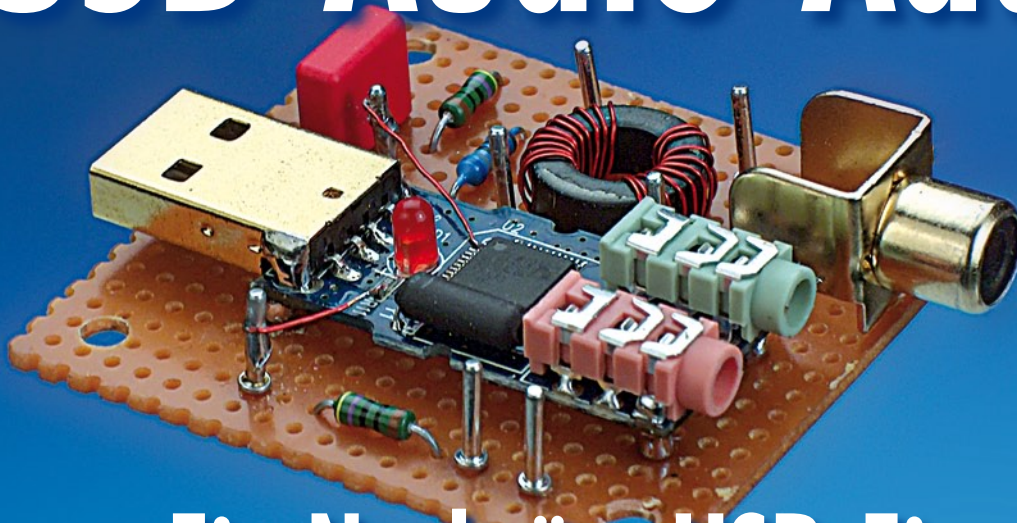
Weblinks:

- [1] www.austriamicrosystems.com
- [2] www.austriamicrosystems.com/03products/products_detail/AS5030/description_AS5030.htm
- [3] www.austriamicrosystems.com/03products/products_detail/AS5030/download_AS5030.htm
- [4] www.bomatec.ch
- [5] www.arnoldmagnetics.com
- [6] www.invensense.com www.ansoft.com/products/em/max2d/
- [7] www.austriamicrosystems.com/03products/products_detail/AS5040/download_AS5040.htm
- [8] http://www.austriamicrosystems.com/06contactcenter/distributors_start.htm



Bild 6. Ein AS50xx-Demoboard bietet zusammen mit der kostenlosen Software eine Entwicklungsumgebung für eigene Anwendungen.

USB-Audio-Adapter



Ein Nachrüst-USB-Eingang für externe D/A-Wandler

Von Dipl.-Ing. (FH) Karl Köckeis

Wer Audio-Files vom PC in möglichst hochwertiger Qualität wiedergeben will, greift zu einem externen D/A-Wandler und nutzt natürlich eine digitale S/PDIF-Verbindung. Nicht immer ist der Computer aber mit einem entsprechenden Ausgang ausgerüstet. Hier kommt unser Adapter ins Spiel, der über den USB ausgegebene Audiodaten in ein S/PDIF-Signal umsetzt. Und das mit minimalem Schaltungsaufwand!

Eigenschaften

- geringe Abmessungen, ideal zum Einbau in vorhandene Geräte
- kostengünstig
- Spannungsversorgung über USB-Anschluss
- vollständige galvanische Trennung zwischen PC und D/A-Wandlergerät
- verhält sich am PC wie eine USB-Soundkarte (Treiber in Windows Vista und XP bereits enthalten)

Wenn es um die qualitativ hochwertige Wiedergabe von digitalen Musikquellen geht, stellen gute externe D/A-Wandler nach wie vor die optimale Lösung dar. Immer häufiger liegen die Audio-Daten auf einem PC, mit dem sich heutzutage ganze Musik-Archive

komfortabel verwalten lassen. Zur Wiedergabe müssen beide Geräte miteinander verbunden werden; meist wird hierzu eine S/PDIF-Verbindung (Sony/Philips Digital Interface) verwendet. Aber nicht jeder Computer ist mit einem solchen Anschluss ausgerüstet; manchmal ist er auch nur umständlich über die Rückseite zu erreichen. In diesem Fall bietet sich der USB-Anschluss an, der an jedem halbwegs modernen Rechner und fast immer an leicht zugänglicher Stelle vorhanden ist. Grundsätzlich könnte man eine externe USB-Soundkarte mit digitalem Ausgang zwischen D/A-Wandler und Rechner schalten, wesentlich eleganter ist es allerdings, wenn Ersterer bereits über einen USB-Eingang verfügt. Der hier vorgestellte Konverter bietet eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, externe D/A-Wandler mit einem USB-Eingang auszurüsten. Ein

Beispiel findet sich auf der Homepage des Autors [1] (siehe **Bild 1**). Wer also beabsichtigt, sich einen hochwertigen Wandler selbst zu bauen oder bereits über ein solches Gerät verfügt, kann dieses mit dem nützlichen Feature weiter aufwerten. Bauanleitungen für D/A-Wandler findet man z.B. in Elektor 11/1999 und 7-8/2002 [2].

Funktionsweise

Ein solcher Konverter benötigt ein USB-Interface für die Kommunikation mit dem PC und ein Interface für den digitalen Ausgang (S/PDIF), an welches das Digitalsignal durchgereicht wird, sowie die erforderliche Logik und entsprechende Software. Dies alles sind Bestandteile einer üblichen Soundkarte. Daher bietet es sich an, als Basis des Konverters einen Soundkarten-Chip zu verwenden. In unserem Fall

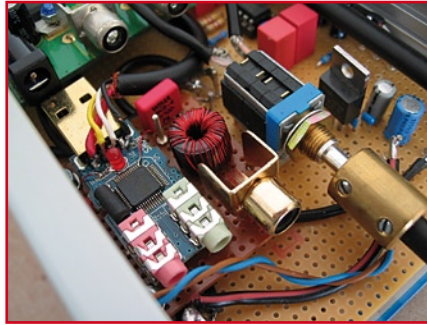


Bild 1. Der Konverter bietet eine einfache Möglichkeit, externe D/A-Wandler mit einem USB-Eingang auszurüsten (hier ein Gerät des Autors, siehe [1]).

kommt ein CM108 von C-Media zum Einsatz [3]. Beschaffen kann man sich diesen am einfachsten in Form eines käuflichen USB-Audio-(Analog-)Adapters, wie z.B. einer „UltraPortable Audio Card“ von Speed-Link (Bild 2 und 3). Dies erleichtert die Sache erheblich, denn der besagte Chip verfügt bereits über einen funktionsfähigen S/PDIF-Ausgang. Dieser wird innerhalb des Analog-Adapters nur nicht genutzt und muss deshalb von uns noch beschalten werden. Auch alle übrigen benötigten Komponenten wie ein USB-Stecker sind bereits vorhanden. Der Adapter wird am Rechner von vielen Betriebssystemen, wie Windows Vista und XP, ohne Softwareinstallation als USB-Audiogerät erkannt und ist damit sofort startklar. Für Windows 98 werden Treiber mitgeliefert. Nach Anschluss an den USB-Port des PCs wird das Audiosignal in der Regel sogar automatisch auf den USB-Adapter umgelenkt. Bei Bedarf kann man dann zwischen interner Soundkarte, dem Adapter und gegebenenfalls weiteren installierten Audiogeräten umschalten (Bild 4). Die übrigen Funktionen des CM108, wie ein Analog-Ein- und -Ausgang, sind übrigens weiterhin verwendbar, werden aber von uns nicht benötigt.

Koax oder optisch?

Viele Geräte verfügen sowohl über einen Koax- als auch über einen optischen S/PDIF-Anschluss. In Fachkreisen wird meist die Koax-Variante wegen ihrer besseren Übertragungsqualität favorisiert. Auch in vergleichenden Hörtests schneidet der Koax-Anschluss gegenüber der optischen Alternative meist besser ab. Deshalb wird er auch in unserem Konverter allein eingesetzt. Natürlich wäre auch ein optischer Anschluss möglich. Wie man einen solchen realisieren kann, ist aus dem Datenblatt des Soundkarten-Chips zu entnehmen.

Übertrager

Der Übertrager hat die Aufgabe, den PC von der Audio-Anlage galvanisch zu trennen, um Störgeräusche so weit wie möglich zu unterdrücken. Dabei gilt es, die Impulsform so gut wie möglich zu erhalten. Hierzu muss der Übertrager möglichst breitbandig ausgelegt sein. Es kommt sowohl ein industriell gefertigtes Bauteil (schwieriger zu beschaffen) als auch ein selbst gewickeltes Exemplar (höherer Zeitaufwand) in Frage. Welche Alternative zum Einsatz kommt, bleibt dem Leser überlassen. Eine Möglichkeit ist ein spezieller Impulsübertrager für digitale Audio-Anwendungen, zum Beispiel ein PE-65612 von Pulse mit den technischen Daten „Transmission rate 1 to 7 Mbps, Rise time 25 nsec, Isolation voltage 2 kV“.

Als Alternative schlägt der Autor einen selbst gewickelten Übertrager auf einem Amidon-Ferritkern des Typs FT 50A-77 mit einem AL-Wert von 1100 nH/N² vor, der sich im Frequenzbereich von 0,5 bis 50 MHz einsetzen lässt. Auf den Ringkern müssen 2 mal 10 Windungen aus Cu-Lackdraht mit einer Stärke von 0,5 mm aufgebracht werden (Bild 5).

Schaltung

Wie Bild 6 zeigt, gestaltet sich die Schaltung dank des verwendeten fertigen USB-Adapters relativ einfach. Das vom USB-Anschluss durchgereichte Digitalsignal liegt an Pin 1 des Soundchips CM108 an. Es wird über C1 ausgekoppelt und über R1 zum Übertrager geführt. Die Widerstände R1 und R2 bringen (in Verbindung mit der Impedanz des Ausgangsübertragers) das Ausgangssignal auf den erforderlichen Wert von 0,5 V an 75 Ohm. Der Übertrager selbst weist ein Übersetzungsverhältnis von 1:1 auf und sorgt für die galvanische Trennung zwischen PC und D/A-Wandler. Die obere Grenz-



Bild 2. Für den Konverter recyceln wir eine „UltraPortable Audio Card“ von Speed-Link.

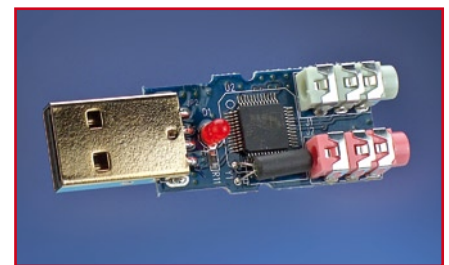


Bild 3. Neben dem Soundkarten-Chip enthält der Audio-Adapter weitere benötigte Komponenten wie einen USB-Stecker.



Bild 4. Nach Anschluss an den USB-Port des PCs wird der Soundkarten-Chip erkannt, man kann dann zwischen interner Soundkarte, dem Adapter und gegebenenfalls weiteren installierten Audiogeräten umschalten.

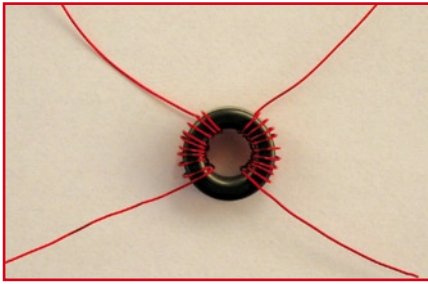


Bild 5. Selbst gewickelter Übertrager. Auf den Ringkern müssen 2 mal 10 Windungen Cu-Lackdraht aufgebracht werden.

frequenz wird im Wesentlichen durch den Kopplungsfaktor des Übertragers bestimmt. Da wir einen Ringkern verwenden, wird ein bestmöglicher Kopplungsfaktor und damit eine große Bandbreite gewährleistet. Das Kernmaterial sollte für Frequenzen bis etwa 50 MHz geeignet sein. Über R3 kann eine Status-LED angeschlossen werden.

Aufbau

Das Ganze wird auf einer kleinen Platine aufgebaut. Zunächst muss das Kunststoffgehäuse des Soundadapters entfernt werden. Hierzu hebelt man die beiden Gehäusehälften vom USB-Stecker her mittels eines kleinen Schraubendrehers auseinander. Die Adapterplatine wird dann auf vier gekürzten Lötnägeln an den Ecken in der Trägerplatine (**Bild 7**) festgelötet.

Nun werden die restlichen Bauteile bestückt. Mit drei kurzen Stücken Cu-Lackdraht wird der Adapter über Lötstützpunkte mit der restlichen Beschaltung verbunden. Von Pin 1 des 48-poligen Chips geht es zu C1, die Masse des Adapters nimmt mit der Masse der Platine Kontakt auf und Pin 12 schließlich mit R3. Alternativ kann man die Masseverbindung auch über einen der Lötnägel herstellen, auf die der Adapter aufgelötet ist (dann genügen zwei

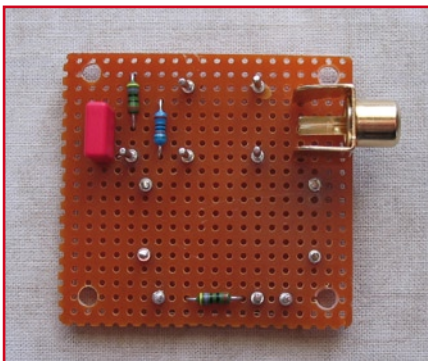


Bild 7. Das Ganze wird auf einer kleinen Platine aufgebaut. Die Adapterplatine wird auf vier gekürzten Lötnägeln an den Ecken in der Trägerplatine festgelötet.

Labortest

Der Prototyp wurde im Elektor-Labor von unserem Audio-Spezialisten Ton Giesberts getestet. Der Konverter arbeitet in der Regel problemlos mit verschiedenen Audio-D/A-Wandlern zusammen; lediglich beim ersten in Elektor veröffentlichten Audio-DAC aus dem Jahre 1992 kam es zu Synchronisationsproblemen, deren Ursache sich nicht feststellen ließ. Falls Leser ähnliche (oder auch ausschließlich positive) Erfahrungen machen, werden wir dies gern in unserer Rubrik Mailbox veröffentlichen (redaktion@elektor.de).

Obwohl im Datenblatt des CM108 nur von zwei Sampling-Frequenzen, nämlich 44,1 und 48 kHz, die Rede ist, sind auch 32 kHz und 96 kHz kein Problem für den Selbstbau-Konverter (getestet unter Windows).

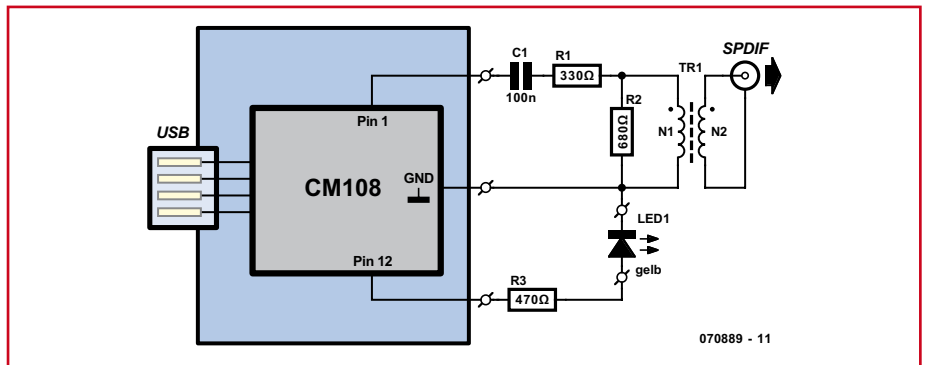


Bild 6. Die Schaltung bleibt dank des verwendeten fertigen USB-Adapters sehr einfach.

Stückliste

Widerstände:

- R1 = 330 Ω
- R2 = 680 Ω
- R3 = 470 Ω

Kondensatoren:

- C1 = 100 n

Halbleiter:

- LED1 = Standard-LED gelb

Induktivitäten:

- TR1 = PE-65612 von Pulse oder selbst gewickelt (2 x 10 Wdg. 0,5 mm CuL auf FT 50A-77 Amidon)

Außerdem:

- Cinch-Buchse für Platinenmontage
- Lötnägel
- USB-Audioadapter „UltraPortable Audio Card“ von Speed-Link

Cu-Lackdrähte so wie in Bild 7). Beim Löten ist darauf zu achten, dass kein Kurzschluss zwischen den eng beieinander liegenden Anschlusspins des Chips entsteht. Die optionale Status-LED kann (beim Einbau in ein Gehä-

se) an der Frontplatte befestigt und über eine Litze mit der Schaltung verbunden werden.

(070889)

Über den Autor

Nach dem Studium der Nachrichtentechnik an der FH Regensburg war Karl Köckeis mehrere Jahre in der Telekommunikationsbranche tätig, unter anderem in der Software-Entwicklung. Schon seit der Schulzeit beschäftigte sich der Autor mit Audiotechnik; was während des Studiums noch ausgebaut wurde und auch von Elektor stark beeinflusst worden ist. Seit einigen Jahren hat der Ingenieur wieder ausreichend Zeit für sein liebstes Betätigungsfeld: die Entwicklung, den Bau und die Modifikation von Audiogeräten.

Weblinks

- [1] **Homepage des Autors:** www.htfi.de
- [2] **D/A-Wandler in Elektor:** www.elektor.de/audiodac2000D
www.elektor.de/miniaudiodacD
- [3] **Datenblatt C-Media CM108:** www.cmedia.com.tw/?q=en/USB/CM108
- [4] **Homepage von Speed-Link:** www.speed-link.com

„Elektor? Pflichtlektüre für unsere Entwicklungsabteilung, denn da findet man die Profitipps für die Mikrocontroller-Technik.“

– Frank Janssen, 39 Jahre, Entwicklungsingenieur –

Elektor ist Wissen für Profis.

Sichern Sie sich jetzt Ihren Wissensvorsprung durch ein Abo!

Ihre Vorteile im Abo:

- ✓ Preisvorteil: Sie sparen **12%** gegenüber dem Einzelkauf
- ✓ Abonnenten erhalten exklusiv auf spezielle Elektor-Produkte bis zu **40% Rabatt**
- ✓ Top-Aboprämie: attraktiver 2-GB-MP3-Player **gratis** (Wert: 49,95 Euro)
- ✓ Keine Ausgabe verpassen: Elektor kommt pünktlich, bequem und zuverlässig frei Haus
- ✓ Immer up-to-date: Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen

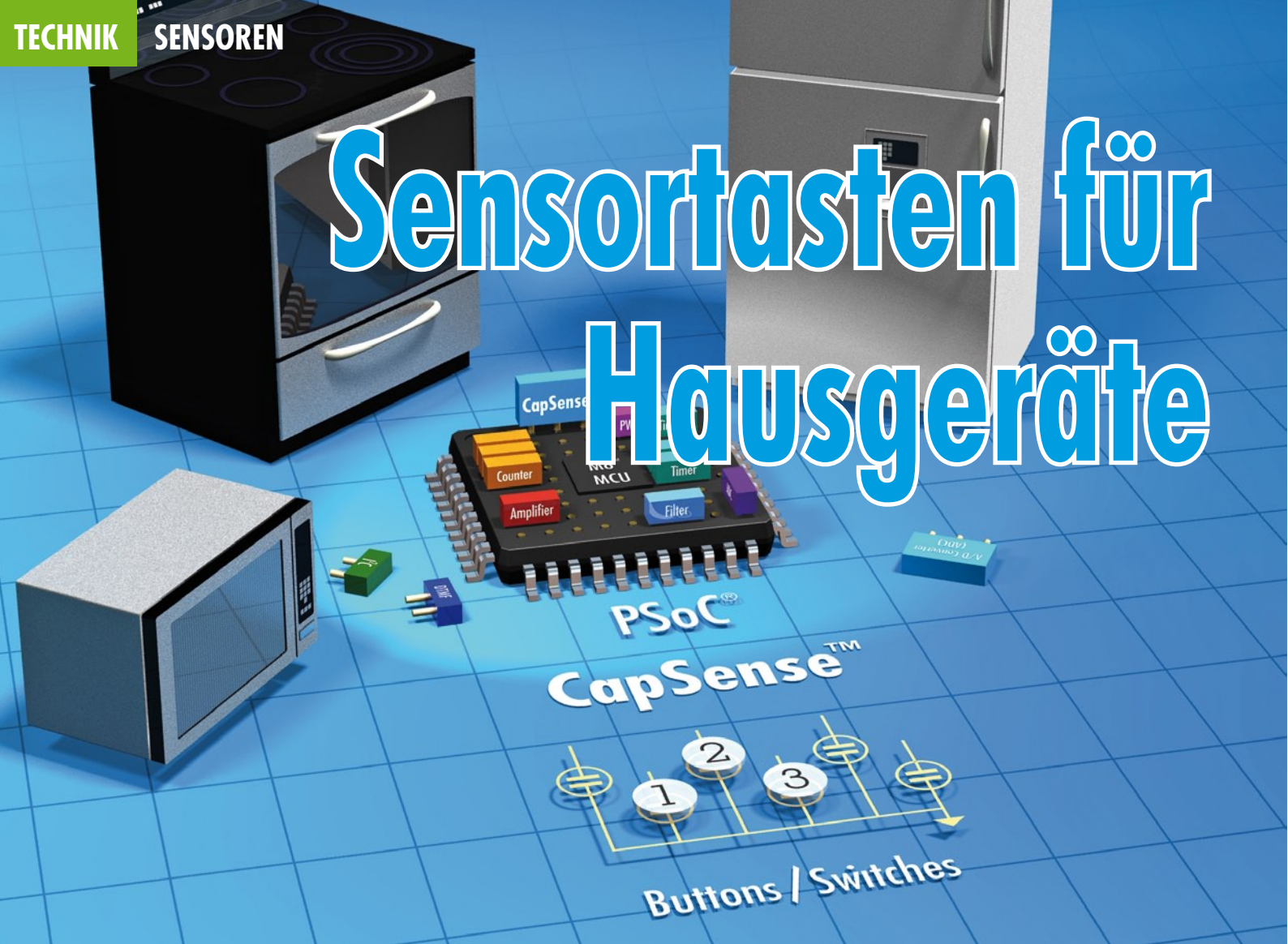


www.elektor.de/abo • Tel. 02 41/88 909-0

Verwenden Sie bitte für die Abobestellung die portofreie Bestellkarte am Heftende.

elektor

Sensortasten für Hausgeräte



Von Ryan Seguire (Cypress Semiconductor)

Bei all dem Hype um Geräte mit Touchscreens wird leicht übersehen, dass diese Art der Bedienung bei ganz gewöhnlichen Haushaltsgeräten schon seit Jahren üblich ist. Deutliche Fortschritte - sowohl bei den Algorithmen als auch in der Schaltungstechnik - erweitern nämlich die Anwendungsgebiete dieser Technologie immer mehr.

Entwickler und Designer sehen den Wert von kapazitiven Sensoren vor allem in ihrer Fähigkeit, mechanische Schalter zu ersetzen und neue Anwendungsfelder zu erschließen. Bei Letzterem ist hauptsächlich an Touchscreens und Näherungs-Sensoren zu denken.

Ein kapazitiver Sensor besteht aus einem Stück leitfähigem Material mit umgebenden Masseflächen, das mit einer Auswerteschaltung verbunden ist. Das Prinzip der Anordnung ist in **Bild 1** dargestellt. Zwischen Sensorfläche und Masse existieren die parasitären Kapazitäten C_p . Wenn ein drittes leitfähiges Objekt wie ein menschlicher Finger in die Nähe kommt, wird die Gesamtkapazität durch die Kapazität des Fingers C_f erhöht.

Detektionsmethoden

Um die Erhöhung der Kapazität durch C_f zu registrieren, gibt es verschiedene Strategien. Die **Feld-Effekt-Messung** nutzt den kapazitiven Span-

nungsteiler für Wechselspannungen, der sich aus der Sensor-Kapazität und einer Referenz-Kapazität ergibt. Um einen Finger zu erkennen muss sich die überwachte Wechselspannung nennenswert geändert haben. Das Verfahren ist bei hoher Empfindlichkeit relativ robust gegenüber Umwelteinflüssen. Typischerweise wird es mit einem einzelnen ASIC pro Sensor realisiert und bietet keine analogen Ausgangswerte.

Der **Ladungstransfer** nutzt Switched-Capacitor-Technik: Ein Referenzkondensator erhält wiederholt Ladungstransfers von der (kleineren) Kapazität der Sensorfläche; somit entspricht die Spannung am Referenzkondensator der Kapazität des Sensors. Die aktuelle Sensorkapazität kann also direkt durch die Spannung am Referenzkondensator bei gegebener Anzahl an Ladungstransfers bestimmt werden, oder aber man wertet die Anzahl der Transfers aus, die für eine bestimmte Spannung an der Referenz notwendig ist. Diese Methode bietet neben niedriger Impedanz und guter Störuneempfindlichkeit den Vorteil, dass dabei analoge Infor-

Das Ende konventioneller Schalter?

mationen anfallen. Die direkte Verbindung mit V_{DD} erfordert allerdings einen speziellen Spannungsregler guter Qualität für den Sensor-Controller.

Beim **Rampen-Generator** wird ein Kondensator über einen definierten Strom zyklisch auf eine bestimmte Spannung geladen (und schnell entladen). Die Ladezeit ist somit der Sensor-Kapazität proportional. Diese Methode ist hoch flexibel und kann mit quasi jedem Mikrocontroller einfach realisiert werden. Die großen Impedanzen machen die Sache aber stömpfindlich und erfordern zusätzliche Maßnahmen bezüglich Firmware und/oder Hardware zur Ausfilterung von Interferenzen.

Sukzessive Approximation

Für die konkrete Implementierung dieser Technik in PSoCs (**P**rogrammable **S**ystem **o**n **C**hip, eine Cypress-8-bit-Mikrocontroller-Familie) hält Cypress Semiconductor einige Patente. Die Kapazitätsmessung erfolgt durch Umwandlung der Kapazität in eine proportionale Spannung, Speicherung der Spannung in einem Kondensator und Messung der gespeicherten Spannung über eine einstellbare Stromquelle. Diese Niedrig-Impedanz-Technik ist störunanfällig bei hoher Empfindlichkeit und erlaubt analoge Sensorwerte. Die Verwendung einer Stromquelle und die Schaltungstechnik ermöglichen den Einsatz weniger präziser Spannungsversorgungen.

Bild 2 zeigt einen Kapazitäts-/Spannungs-Umsetzer, der mit der Switched-Capacitor-Technik realisiert wurde. Auf diese Weise wird eine Spannung generiert, die proportional zur Sensor-Kapazität C_X ist. Der geschaltete Kondensator wird vom internen Takt des PSoC gesteuert.

Die Sensor-Kapazität wird über einen gemultiplexten analogen Bus durch eine via Digital-/Analog-Umsetzer (iDAC) einstellbare Stromquelle geladen. Die Sache funktioniert so: Die Ladung berechnet sich zu $q = CV$. Ist SW2 offen und SW1 geschlossen, wird die Ladung von C_X gelöscht. Bei umgekehrter Schalterstellung wird C_{MOD} eine Ladung proportional zu C_X entnommen. Ladungsentnahme und Löschung werden zyklisch wiederholt. Die Stromquelle wird dabei so eingestellt, dass die über C_{MOD} anstehende Spannung konstant ist. Die Einstellung der Stromquelle entspricht daher dem Wert von C_X .

Diese Spannung ist aber letztlich von der Stromquelle und von der Schaltfrequenz abhängig. Der Bus selbst fungiert gleichzeitig als eine Art Stütz-Kondensator, der die resultierende Spannung stabilisiert. Mit zusätzlichen Kapazitäten am Bus können weitere Parameter und das Timing der Schaltung beeinflusst werden. Es gelten die folgenden Gleichungen:

$$V_x = [1 / (f_{osc} \times C_x)] \times I_{DAC}$$

und

$$V_{BUS} = V_{REF} - V_x$$

Der berechnete iDAC-Wert wird für die Bus-Ladung wieder verwendet. Die Zeit, die der Bus benötigt, um von einem Ausgangswert auf einen definierten Schwellwert V_{Ref} zu kommen, wird erfasst. Die anfängliche Spannung V_p ohne Finger und die zugehörige Ladezeit sind ja bekannt. Ein Finger am Sensor erhöht C_x , senkt die initiale Spannung V_{p+f}

und steigert so die gemessene Ladezeit - siehe **Bild 3**.

Optionen beim Sensorbau

Kapazitive Sensoren haben sowohl unterschiedliche Formen wie Funktionen und können sehr unterschiedlich konstruiert sein. Es gibt sie in einem weiten Bereich von einfach bis komplex. In der Regel bestimmt die Anwendung die Sensor-Konstruktion und die konkrete Implementierung.

Taster und Slider sind die üblichsten Ausführungen. Taster bestehen schlicht aus leitfähigen Flächen mit passendem Controller. Hier wird die gemessene Kapazität mit einer Reihe von Schwellwerten verglichen. Es können Ja-/Nein-Entscheidungen und in begrenztem Umfang analoge Ausgangswerte generiert werden, die etwas über den Anpressdruck des Fingers oder dessen Größe aussagen. Slider gibt es in linearer oder auch radialer Anordnung leitfähiger Flächen. Mit Schwerpunkt-Algorithmen lässt sich der berührte Punkt präziser als mit in vielen kleinen Flächen aufgelösten Sensoren bestimmen. Vielfach werden einfachere Ausführungen von Tastern und Slidern einfach durch die Kupferflächen einer Platine ausgeführt (siehe **Bild 4**). Selbstverständlich können auch viele andere Substrate und Leitmaterialien verwendet werden.

Dynamische Benutzer-Schnittstellen verwenden Taster oder aktive Regionen, die in Abhängigkeit einer Anzeige rekonfiguriert werden können. Diese Technik erlaubt sehr viel intuitivere Benutzer-Interaktionen. Die Konstruktion solcher Systeme ist allerdings auch deutlich komplizierter. Entsprechende kapazitive Touchscreens sind mit transparenten leitfähigen Materialien beschichtet. Die leitfähige Schicht wird auf Substraten wie Glas oder einem PET-Film

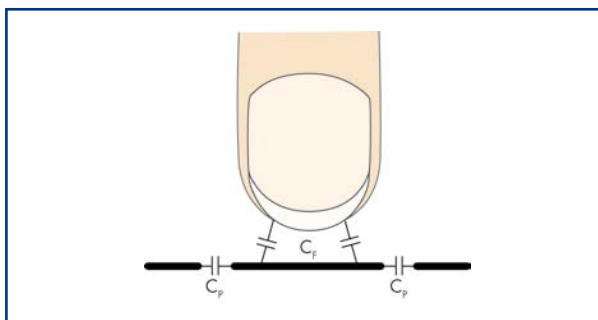


Bild 1. Grafische Darstellung der beteiligten elementaren Kapazitäten.

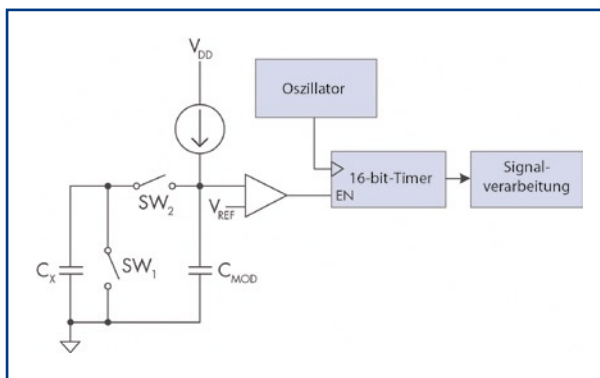


Bild 2. Grundschialtung für kapazitive Sensoren auf der Basis sukzessiver Approximation.

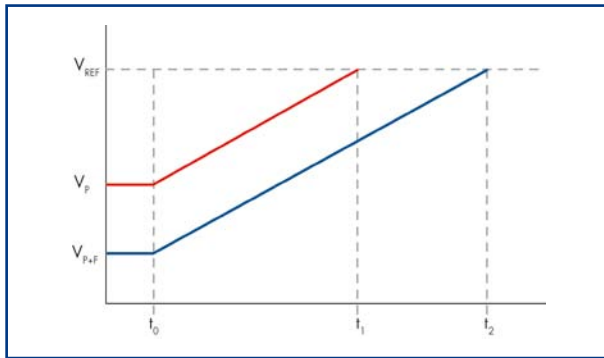


Bild 3.
Erfassung der Ladezeit.

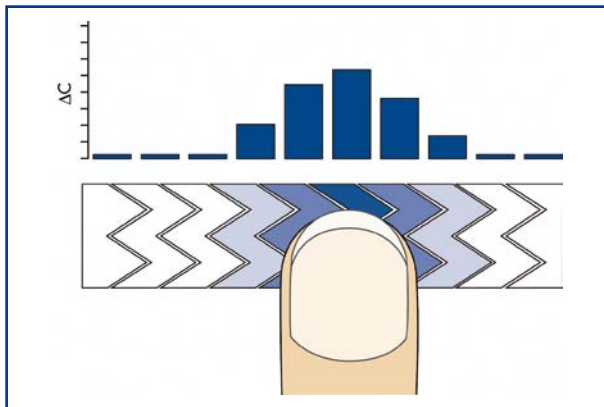


Bild 4.
Ein Slider auf der Basis kapazitiver Sensoren.

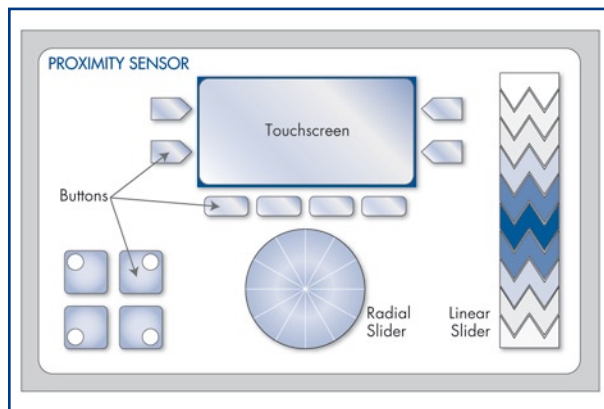


Bild 5.
Kapazitive und andere Sensoren in verschiedenen Formen zur Bedienung elektronischer Geräte.

(Polyethylenterephthalat, ein üblicher Kunststoff) aufgebracht und mit der Auswertelektronik verbunden. Das beschichtete Substrat wird dann zwischen einer Schutzschicht und dem eigentlichen Display montiert. Die Positionsbestimmung eines Fingers geschieht auf ähnliche Weise wie bei einem Slider. Im Prinzip bildet so ein Display zwei um 90° versetzte Slider, so dass ein Punkt auf der Oberfläche bestimmt und die komplette Oberfläche abgedeckt werden kann. Eine entsprechende Aktivität hat daher einen X- und einen Y-Wert zur Folge. Durch die Schutzschicht besteht gleichzeitig ein Schutz gegen Druck, Biegung und Umwelteinflüsse, die bei konventionellen resistiven Touchscreens Probleme machen würden.

Näherungs-Sensoren funktionieren im Prinzip wie große Taster. Die Aufgabe eines Näherungs-Sensors ist ja weniger die genaue Abstandsbestimmung eines leitfähigen Objekts als vielmehr die pure Detektion seiner Präsenz. Da es nicht so auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung

ankommt, kann die Ansprechzeit mit typisch 3...4 ms gegenüber Tastern mit um die 250 µs deutlich langsamer ausfallen. Dafür ist dann die Empfindlichkeit wesentlich größer: Mit einer guten Schaltung lassen sich Entfernungen bis zu 30 cm erreichen. Da keine Anzeige und schon gar keine Grafik nötig ist, kann die Gestaltung des Sensors sehr flexibel gehandhabt werden. Ein Kupfer-Ring außerhalb eines Geräts tut es genau so gut wie ein Stück Draht, der hinter einer nichtleitenden Oberfläche versteckt ist. Gleichzeitig werden die Kosten gedrückt.

Heimanwendungen und „weiße Ware“

Der Einsatz kapazitiver Sensoren expandiert. Durch ihre Flexibilität und die Verwendbarkeit unterschiedlichster Materialien ergeben sich vor allem auch im Design völlig neue Möglichkeiten. Sicher haben klassische Taster für Ein-, Aus und Umschaltvorgänge nach wie vor ihren Platz. Allerdings erlauben Tastflächen mit analogen Eigenschaften oft auch den Ersatz teurerer und wenig flexiblerer Potentiometer, wobei sich zudem besser angepasste Funktionen sowie ein Höchstmaß an Sicherheit realisieren lassen.

Der Luftreiniger LA-N131DR von LG in **Bild 6** nutzt fünf kapazitive Sensoren zusammen mit einem Display zur Navigation in Menüs. Diese moderne Art von Tasten erlaubt dem Designer die Konstruktion einer völlig geschlossenen Oberfläche, die daher leicht sauber zu halten ist. Kapazitive Bedienelemente können die Berührung eines menschlichen Fingers auch noch durch mehrere Millimeter Glas zuverlässig detektieren. Die Steuerlogik befindet sich auf der dem Sensor gegenüberliegenden Seite einer doppelseitigen Platine. LG nutzte hier ein PSoC-Mixed-Signal-Array zur Abfrage der Sensoren und zur Übergabe der Daten an die Haupt-CPU des Geräts.

Näherungs-Sensoren erlauben die aktive und nutzerabhängige Verwendung von Hintergrundbeleuchtungen für den nächtlichen Einsatz und für Sicherheitsanwendungen. Bei für Kinder gefährlichen Geräten kann die größere Fläche der Hand eines Erwachsenen erst die eigentlichen Tasten aktivieren. **Bild 5** zeigt, wie sich Näherungs-Sensoren, Taster, Slider und sogar Touchscreens mit einem einzigen PSoC realisieren lassen. Firmware-Routinen erlauben dabei Zustandsveränderungen in Abhängigkeit von Benutzer-Eingaben oder Steuer-Kommandos.

Zusammengefasst...

Das Konzept des PSoC-Mixed-Signal-Arrays erlaubt die Konstruktion von Tastern, Slidern, Touchpads, Touchscreens, Näherungs-Sensoren und jede beliebige Kombination dieser Bedienelemente mit Hilfe eines einzigen Chips. Verfügbare Firmware, Entwicklungs-Module, Beispiel-Code und Kalibrierungs-Tools machen die Entwicklung kapazitiver Sensoren schnell, einfach und effektiv.

Die Firmware-Entwicklungs-Tools enthalten Kommunikation, I/O und APIs. Mit den Entwicklungs-Tools PSoC-Designer oder PSoC-Express kann man mit wenigen Mausklicks funktionierende Anwendungen erzeugen. Der Beispiel-Code bildet mit seinen Basis-Funktionen den Startpunkt für Eigenentwicklungen. Der Open-Source-Charakter von PSoC-Lösungen erlaubt die Anpassung und Optimierung für beliebige Projekte. Die Kalibrierungs-Tools beschleunigen die Entwicklung, da sie in Echtzeit ein Feedback kapazitiver Eingaben erlauben. Man kann damit Parameter verändern, die Empfindlichkeit anpassen und Sensoren individuell kalibrieren.

Eingabe-Elemente mit PSoCs bieten mehr als einfache kapazitive Sensoren. Sie eignen sich für sehr viele Zwecke

(unter [1] ist etliche weiterführende Information zu finden). Alle PSoCs haben (mindestens) digitale Ausgänge. Hinzu kommen LED-Ansteuerung, I²C-Kommunikation, SPI, ein einfacher 8-bit-Pulsbreiten-Modulator und mehr. Spezielle Chips liefern zusätzlich auch analoge Sensor-Werte. Ein einzelner PSoC kann als kapazitiver Sensor und Thermometer oder Voltmeter konfiguriert werden.

Kapazitive Sensoren entwickeln

Ein PSoC-Mixed-Signal-Array ist ein konfigurierbares Array mit digitalen und analogen Teilen, Flash-Speicher und RAM plus einem 8-bit-Mikrocontroller und einigen weiteren Elementen. Dank dieser Fähigkeiten kann man mit einem PSoC innovative kapazitive Sensor-Techniken realisieren und diese leicht den jeweiligen Anforderungen anpassen. Auf diese Weise lassen sich neuartige Bedienkonzepte bei hoher Sicherheit, hoher Störuneempfindlichkeit und niedrigem Energieverbrauch mit geringem Entwicklungsaufwand in kurzer Zeit erreichen.

(071173-1)

Weblinks






[1] www.cypress.com/capsense



Bild 6. Kapazitive Sensorik wird sich auch bei Haushaltsgeräten wie diesem Luftreiniger von LG immer mehr durchsetzen.

Markt **elektor** | electronics worldwide

Kontakt: Tel. 0511/3348-436 – Fax 0511/3348-481 – E-Mail: service@id-medienservice.de

<h2>Verkäufe</h2>	<h3>Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!</h3> <p>Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis. Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:</p> <p>Geist Electronic-Versand GmbH Tel.: 07720/36673 Fax: 07720/36905 Mail: info@geist-electronic.de Shop: www.geist-electronic.de</p>	<h2>Web-Shops</h2>	 <p>www.ibklose.de - Ing.-Büro für Elektronik und Nachrichtentechnik -</p>
 <p>Preisgünstige Bauteile zusätzlich über 4000 Auslaufartikel zum Super-Sonderpreis www.elcomp.at</p>	 <p>VTS – ELEKTRONIK GbR Preiswerter Leiterplatten Service info@vts-elektronik.de www.vts-elektronik.de</p>	<p>Gravuren / Schilder / Frontblenden www.webgrav.de</p>	<h2>Verschiedenes</h2>
 <p>Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik 03303/212166 oder www.jasys.de</p>	 <p>schlanke Preise - fettes Angebot Schnellversand ohne Mindestumsatz Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilentrafos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr. www.Laehn-Versand.de</p>	<p>Leiterplatten-Fertigung</p>  <p>Industrie-Elektronik www.thale-elektronik.de</p>	<p>Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.</p> <p>Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung</p>
<p>Heldt-Electronic www.heldt-electronic.de 10.000.000 Bauteile und Zubehör ab Lager.</p>	 <p>Alles Spule! Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränklacke, Spulenkörper. Know-How-Hotline: Mo-Do, 14-16Uhr 09001101234 0,99€/min www.spulen.com</p>	 <p>Lichtleiter und Zubehör www.fiber-shop.de</p>	 <p>Embedit Mikrokontrollertechnik</p> <p>Aktive, passive und mechanische Bauteile. AVR und ARM Mikrocontroller. Mikrocontrollerboards. www.embedit.de</p>
<p>Anzeigenschluss: 25.03.2008 Erscheinungstermin: 23.04.2008</p>			

Wasserwarner

Sicherheit in Haus und Wohnung

Von Ton Giesberts

Zwar gilt Wasser als das Grundelement allen Lebens, doch unkontrolliert kann das feuchte Nass hohe Schäden anrichten. Durchlässige Dächer, undichte Heizungsrohre, auslaufende Waschmaschinen und unbemerkte Lecks an Aquarien sind nur einige Beispiele für mögliche Gefahrenquellen. Kostenträchtigen Wasserschäden kann ein Wasserwarner vorbeugen, der im Ernstfall frühzeitig Alarm schlägt.

Das Auftreten von Lecks, zum Beispiel an Wasserrohren und Behältern, lässt sich leider niemals völlig ausschließen. Im Ernstfall ist schnelles Handeln geboten, damit Folgeschäden möglichst vermieden werden. Unser Wasserwarner sendet ein intervall-gesteuertes akustisches Signal aus, sobald sein Sensor mit Wasser in Berührung kommt.

Da Leckagen im Haus statistisch gesehen sehr selten auftreten, muss ein Wasserwarner über lange Zeit zuverlässig betriebsbereit sein. Ferner soll er seine Funktion unabhängig vom Stromnetz erfüllen, denn die Alarmbereitschaft muss auch bei Stromausfall gewährleistet sein. Der Betrieb an einer Batterie bedeutet, dass der Wasserwarner nur wenig Strom aufnehmen darf, denn die Batterie soll möglichst lange durchhalten. Der Sensor des Wasserwarners nutzt die Tatsache, dass gewöhnliches (nicht destilliertes) Wasser elektrisch leitfähig ist.

MOSFET-Einsatz

Da Leitungs- und Regenwasser nur mäßig leitet, muss der Wasserwarner relativ hohe Widerstände messen. Wegen seines hohen Eingangswiderstands bietet sich hier der Einsatz eines MOSFET an. Der Widerstand des Wassers soll gegen Masse gemessen werden, T1 ist deshalb ein P-Kanal-MOSFET vom Typ BS250. Bei Wasseralarm schal-

tet T1 den mit T2 und T3 aufgebauten Intervall-Oszillator ein. Widerstand R1 bewirkt, dass T1 während der inaktiven Alarmbereitschaft sicher sperrt, und C1 verhindert die Alarmauslösung durch eventuelle Störsignale. R2 schützt das Gate des MOSFET gegen Überspannungen, wie sie zum Beispiel beim Berühren des Sensors auftreten können. Zusammen mit C1 bildet R2 einen Tiefpass, der hochfrequente Störsignale vom Gate des MOSFET fern hält. R3 stellt sicher, dass der nachgeschaltete Intervall-Oszillator im Bereitschaftszustand stromlos ist.

Damit die Stromaufnahme auch während des Alarms niedrig bleibt, sind die Tonsignale nur 1 bis 1,5 s lang, dazwischen liegen etwa 10 s lange Pausen. Der Intervall-Oszillator ist ein mit zwei Transistoren diskret aufgebauter astabiler Multivibrator. Der Kollektor-Widerstand des zweiten Transistors (T3) ist der Beeper, ein Typ mit eingebautem Ton-Oszillator. Zum Beeper muss ein Elko (C4) parallel geschaltet werden, weil aktive Beeper erhebliche Störsignale auf der Betriebsspannung verursachen können. Ohne parallelen Elko ist die Funktion des Wasserwarners unsicher.

Der Intervall-Oszillator mit T2 und T3 ist für möglichst niedrige Stromaufnahme ausgelegt, das erzeugte Rechtecksignal ist stark asymmetrisch. Dadurch weichen die tatsächlichen Kippzeiten von den Werten ab, die sich rechnerisch aus der Dimensionierung

der Bauelemente ergeben. Der zweite Transistor (T3) ist ein Darlington, damit Basis-Widerstand R6 möglichst hochohmig sein kann. Unter dieser Voraussetzung genügt für C3 eine relativ niedrige Kapazität. Während der Pausen, in denen der Beeper inaktiv ist, geht der größte Teil der Stromaufnahme auf das Konto des Kollektorwiderstands von T2. Bei aktivem Beeper muss Elko C3 aufgeladen werden. Da die Ladezeit $R4 \cdot C3$ länger als die Zeit $R5 \cdot C2$ ist, wird die rechnerisch zu erwartende Zeit $R6 \cdot C3$ verkürzt. Die rechnerischen Zeiten betragen im Idealfall $\ln(2 \cdot R5 \cdot C2)$ und $\ln(2 \cdot R6 \cdot C3)$. Folglich müsste die theoretisch zu erwartende Zeit 15 s betragen, doch wegen der Bauelemente-Dimensionierung wird sie auf 10 s verkürzt. Höhere Kapazitäten für C3 verlängern die inaktiven Phasen des Beepers nicht. Weil gleichzeitig der Wert von R4 proportional herabgesetzt werden müsste, würde die Stromaufnahme der Schaltung steigen. Vielleicht könnte der Wert von R6 noch etwas höher gewählt werden. Die Grenze ist dann erreicht, wenn Darlington T3 nicht mehr sicher durchschaltet. Die Schaltschwelle des Darlington liegt bei ungefähr 0,8 V. Als Wassersensor genügen zwei kurze, nahe nebeneinander geführte Leitungen. Die blanken Drähte sollen aus nicht korrodierendem Material bestehen. Die Wasserwarner-Schaltung ist so empfindlich, dass bereits das Eintauchen der

Drahtspitzen in einen einzelnen Leitungswasser-Tropfen Alarm auslöst. Auch wenn der Wasserpegel einmal zentimeter-hoch ansteigen sollte, darf der Wasserwarner nicht funktionsunfähig werden. Er wird deshalb in ein schwimmfähiges wasserfestes Gehäuse eingebaut. Eine andere Lösung ist die Montage der Schaltung auf einem Stück Hartschaum (Styropor). Die Sensordrähte werden an der Außenseite entlang geführt und so umgebogen, dass sie den Boden berühren. Vor Überflutungen ist der Wasserwarner auch sicher, wenn er im zu überwachenden Raum an einer hohen Stelle positioniert wird. Die zweiadrige Leitung zwischen Sensor-Drähten und Platine muss verdreht werden, damit sie möglichst wenig Störsignale auffängt.

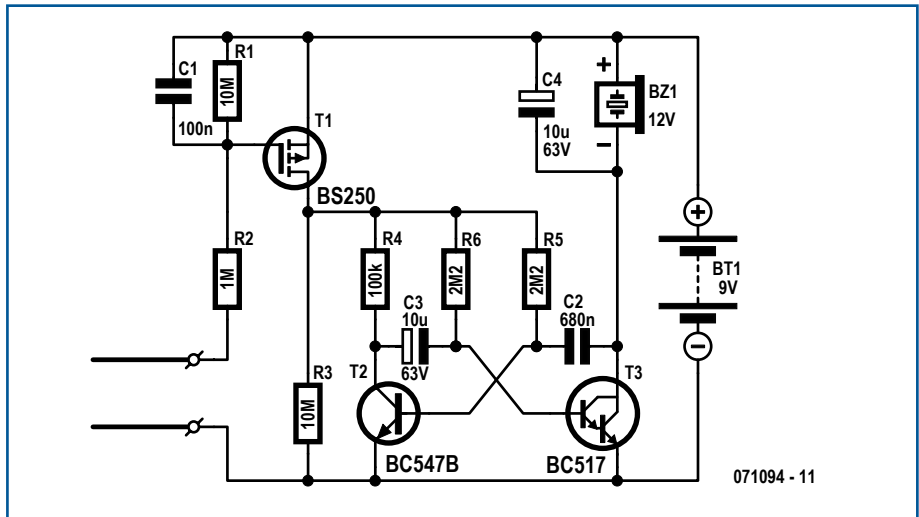
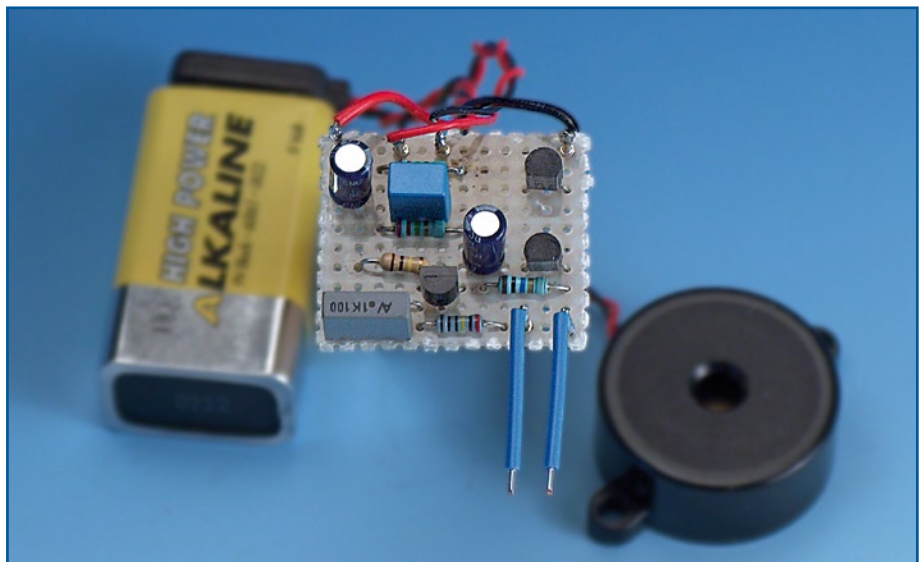


Bild 1. Die Sensor-Schaltung mit dem MOSFET steuert den Beeper über den Intervall-Oszillator.

Batteriebetrieb

Der Beeper unseres Wasserwarners war ein Exemplar von Digikey mit der Typenbezeichnung CEP-2260A. Der Strom durch diesen Beeper beträgt bei 9 V Betriebsspannung weniger als 5 mA. Im Handel sind aber auch Beeper erhältlich, die bei 12 V Betriebsspannung 20 mA und mehr aufnehmen. Solche Beeper verkürzen die aktive Alarmdauer erheblich, die Batteriekapazität ist wesentlich schneller erschöpft.

Bei ausgelöstem Alarm haben wir an unserem Wasserwarner eine mittlere Stromaufnahme von weniger als 0,5 mA gemessen. Da die Kapazität einer 9-V-Batterie mindestens 500 mAh beträgt, ist der Alarm 1000 Stunden und länger aktiv. Die Stromaufnahme in passiver Alarmbereitschaft ist äußerst niedrig, sie beträgt weniger als 1 µA. Auch wenn der



Alarmfall nie eintritt, sollte die Batterie wegen ihrer Eigenentladung in Abständen von etwa einem Jahr ausgetauscht werden. Auslaufschäden an der Schaltung infolge überalterter Bat-

terien lassen sich vermeiden, wenn die Batterie in einem separaten Gehäuse untergebracht wird.

(071094)gd

Anzeige

Ihr preisbewusster Leiterplattenlieferant



Online Preise berechnen
Online bestellen
Online Aufträge verfolgen
Online 24/24 Std. und 7/7 T.

Interessiert ? Sie erreichen uns unter: +49 2681 4662
E-mail: euro@eurocircuits.com

www.eurocircuits.com

Verified

- Pooling für Standard-Leiterplatten
- bis 6 Lagen
- von 1 bis 1000 Stück
- ab 3 Arbeitstagen

A la carte

- Pooling mit Extra-Optionen
- bis 8 Lagen
- von 1 bis 1000 Stück
- ab 3 Arbeitstagen

On demand

- Ihre Platine-unsere Herausforderung
- bis 16 Lagen
- von 1 Stück bis ...
- ab 3 Arbeitstagen



Der Formant-Synthesizer (1977)

Von **Jan Buiting**

Der „Formant“ ist in jedem Sinne des Wortes einer der klangvollsten Namen in der Geschichte von Elektor. Das Großprojekt liegt über 30 Jahre zurück und wurde dann gut 25 Jahre lang (fast) vergessen. Dank Google und eBay gelangt es aber zu neuer Aufmerksamkeit. Der Formant ist auch eines der „historischen“ Instrumente der Neuzeit, die auf der schön gemachten Webseite www.synthmuseum.com [1] von Paula Chase und Jay Williston präsentiert werden. Erinnern Sie sich? Die 70er und die total angesagten Klänge der Synthesizer von Robert A. Moog, die von damaligen Top-Bands wie „Yes“ und „Emerson, Lake & Palmer“ eingesetzt wurden. Nicht zu vergessen ist auch der epochale Erfolg in der klassischen Musik durch Walter (der späteren Wendy) Carlos. Seine mit Moog-Synthesizern aufgenommene LP „Switched on Bach“ ist noch immer das bestverkaufte Klassik-Album aller Zeiten. Das waren noch Zeiten...

Der Moog-Synthesizer war der De-facto-Standard seiner Zeit. Viele Profi- und Hobby-Musiker mit einem Hang zur Elektronik (oder elektronischen Musik) experimentierten damit oder erweiterten diese Maschine, um einen „eigenen Sound“ zu kreieren. Speziell die Tonhöhenregler wurden exzessiv für Frequenz-Sweeps genutzt, die geradezu charakteristisch für diese Zeit wurden. Wer von Herrn Moog persönlich seine Geschichte erzählt haben möchte, wird unter [2] fündig.

Der Formant wurde von C. Chapman in Zusammenarbeit mit Elektor entwickelt und der erste Beitrag dazu erschien in der November-Ausgabe 1976. Und selbstverständlich haben wir uns auf „den Moog“ bezogen, der mit seinen spannungsgesteuerten Modulen auch das Konzept des Formants beeinflusst hatte. Die Artikel-Serie wurde in unglaublichen zehn Teilen fast ein ganzes Jahr lang durchgehalten. Und in der nachfolgenden Zeit addierten



sich zusätzliche Artikel mit Erweiterungen, Verbesserungen und auch einigen unvermeidlichen Nachlesen in Elektor auf weit über 100 Seiten. Die Resonanz in Deutschland war von Anfang an überwältigend, und da Elektor keine Bausätze und Bauteile anbot (sondern nur Platinen und Frontplatten), partizipierten nicht wenige Elektronikhändler von diesem Boom. Eine Zusammenfassung der Artikelserie in einem ersten Formant-Buch sorgte dafür, dass neue Interessenten nicht auf Fotokopien aus den längst vergriffenen Heften angewiesen waren. Ein zweites Formant-Buch mit Zusatzmodulen von Markus

Eigner hielt das Interesse weiter wach und erlaubte den Ausbau zu einem Formant 2.0 (so würde man das heute wohl nennen). Einige dieser neueren Module waren schon mit speziellen ICs von Curtis bestückt, während sich der Original-Entwurf von Chapman noch sehr am Moog-Standard und namentlich am Mini-Moog orientierte. Es gab die „klassische“ 1 V/Oktave-Charakteristik der Tonhöhensteuerung und als Grundausstattung die typischen Module wie VCO, VCF, VCA, ADSR, LFO, Noise, RFM (**R**esonanz-**F**ilter-**M**odul), COM und ein „supersteiles“ 24-dB-VCF. Dazu kam dann noch



eine mit Widerstandskette und Golddrahtkontakten bestückte Tastatur und eine recht präzise Stromversorgung.

Der Formant war ein 19-Zoll-Rack-System mit drei und sechs Höheneinheiten für die Module. Die Module bestanden jeweils aus Platine und Frontplatte, und die schwarzmatte einbrennlackierten Stahl(!)-Frontplatten mit weißem Aufdruck und farbigen Drehknöpfen machten schon etwas her. Das hier abgebildete Exemplar ist privates Eigentum meines Kollegen Jan Visser aus dem Elektor-Labor, der es für Fotos und für eine Wiederbelebung vergangener Klangwelten zur Verfügung stellte ;-)

Auch das mit Edelholzteilen aufgehübschte Gehäuse wurde früher von etlichen in Elektor inserierenden Händlern angeboten. Es handelt sich um einen gut ausgebauten Formant komplett mit Keyboard und sogar einem Mini-Oszilloskop zur Visualisierung der Kurvenformen. Beim gegenwärtigen 70er-Jahre-Revival würde das Instrument sicher einen guten Preis bei eBay erzielen...

Das kleinere Exemplar ist die kompaktere Aigner-Version in der Bestückung mit (nur) einem Dual-VCO, VCF, Dual-ADSR, LFO und COM. Dieses schöne Gerät konnte ich gerade noch vor der Verschrottung bewahren, nachdem es in den 80ern auf etlichen Messen auf in Deutschland und Frankreich gezeigt wurde. Es steht nun auf einem Ehrenplatz in der internationalen Elektor-Redaktion im Schloss Limbricht. (070937-1)

Das komplette Buch „Formant Musik-Synthesizer“ steht in Kürze als kostenloser Download zur Verfügung unter: www.elektor.de/retro_formantD

Links

[1] **Formant im Synthesizer-Museum:**

www.synthmuseum.com/elektor/eleform01.html

[2] **Moog über Moog-Synthesizer:**

www.youtube.com/watch?v=TtYkC3NjyM

Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendärer ELEKTOR-Schaltungen ihre Referenz erweist. Beiträge, Vorschläge und Anfragen schicken Sie bitte an: editor@elektor.com

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Trotz aller Computer sind Bleistift und Radiergummi immer noch die besten Werkzeuge, um unser monatliches Hexadoku zu lösen. Das ist nämlich noch echte Handarbeit! Tun Sie nun ihr Bestes, senden Sie die Lösung ein und nutzen Sie die Chance, einen unserer vier Preise zu gewinnen: Ein E-blocks Starter Kit Professional und drei Elektor-Gutscheine!

Die Regeln dieses Rätsels sind ganz einfach zu verstehen: Bei einem Hexadoku werden die Hexadezimalzahlen 0 bis F verwendet, was für Elektroniker und Programmierer ja durchaus passend ist. Füllen Sie das Diagramm mit seinen 16 x 16 Kästchen so aus, dass **alle** Hexadezimalzahlen von 0 bis F (also 0 bis 9 und A bis F) in jeder Reihe, jeder Spalte und in jedem Fach

mit 4 x 4 Kästchen (markiert durch die dickeren schwarzen Linien) **genau einmal** vorkommen. Einige Zahlen sind bereits eingetragen, was die Ausgangssituation des Rätsels bestimmt. Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann wie jeden Monat einen Hauptpreis oder einen von drei Trostpreisen gewinnen!

MITMACHEN UND GEWINNEN!

Unter allen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir ein

E-blocks Starter Kit Professional

im Wert von **365,75 €**

und drei ELEKTOR-Gutscheine

im Wert von je **50 €**.



Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

EINSENDEN

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:

Elektor - Redaktion
 Süsterfeldstr. 25 - 52072 Aachen
 Fax: 0241 / 88 909-77 - E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der **30. April 2008!**

DIE GEWINNER DES FEBRUAR-HEXADOKUS STEHEN FEST!

Die richtige Lösung (siehe unten) ist: **90467**.

Das **E-blocks Starter Kit Professional** geht an: **Johann Parfuß** aus Stainz (Österreich).

Gutscheine über je 50 € gehen an: Klaus-Dieter Heinzig, Michael Hofmann und Manfred Neumann.

Herzlichen Glückwunsch!

E			A			9	3				6				B	
											4		0			
	6				2		9				7				F	
D	C	4					0	8	B			E			A	
6			9	2	E	F		C					1			
8			E		4	9			F	1					6	
			C	1			B	A		E	9				2	
2	3		B		1	C	7				6	F	5		E	
	A	D		3		8									E	1
			5		4	9	6				8	D	3			
	9		3	E	5			7		F	A		B	D	C	
			B	8	D		1		0		3				5	
3			7				4			0	E	9	D			
	B		D		8				5						0	4
C	8				3		D	2	9		1	B		A	7	
9	5		4	7		A		D	8	B	C			3		6

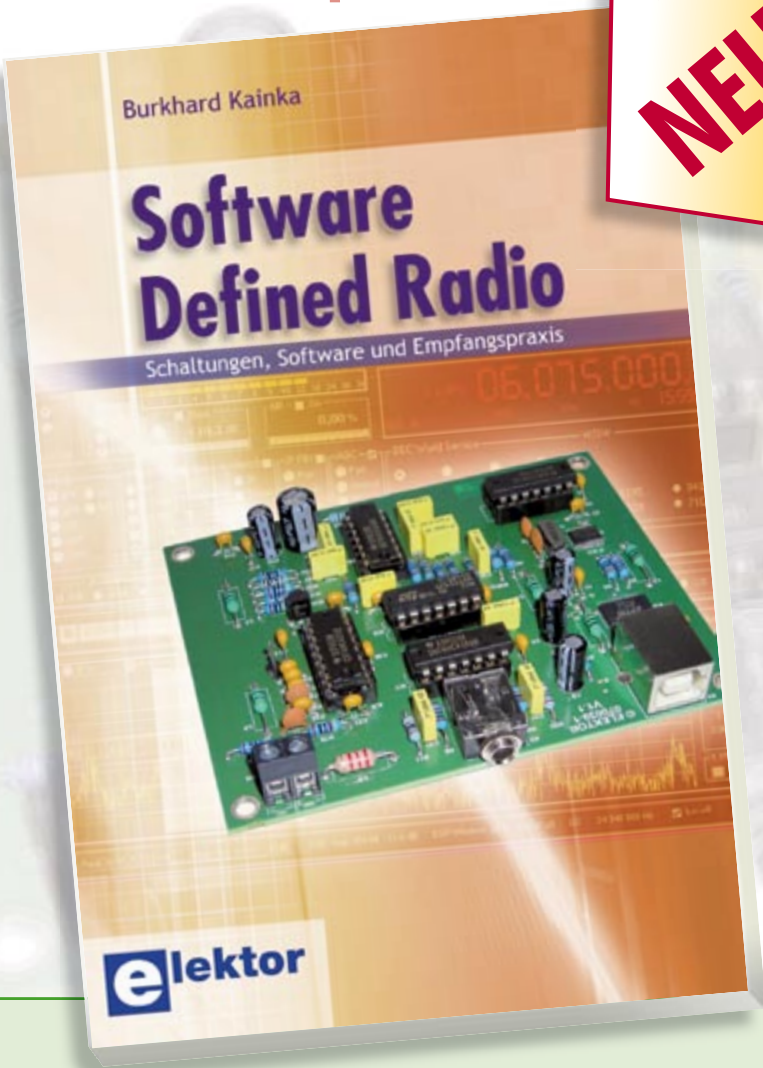
F	6	2	0	A	D	B	4	9	5	E	3	8	7	1	C	
3	9	E	7	2	1	5	C	D	8	0	B	A	F	4	6	
A	D	4	B	0	E	6	8	F	C	7	1	3	2	5	9	
5	C	1	8	7	F	9	3	A	6	2	4	B	D	E	0	
9	7	B	C	4	3	E	1	8	F	D	5	0	6	2	A	
4	2	F	5	6	9	D	0	3	B	A	C	E	8	7	1	
8	1	6	A	F	B	7	5	2	0	9	E	C	3	D	4	
E	0	D	3	C	2	8	A	6	1	4	7	F	B	9	5	
C	A	3	2	9	0	4	6	7	E	1	8	D	5	F	B	
0	8	7	E	B	5	C	D	4	9	6	F	1	A	3	2	
D	F	5	4	8	7	1	2	0	3	B	A	6	9	C	E	
6	B	9	1	E	A	3	F	5	D	C	2	7	4	0	8	
7	5	8	9	3	C	0	E	B	2	F	6	4	1	A	D	
1	E	A	6	5	4	2	B	C	7	3	D	9	0	8	F	
B	3	C	F	D	8	A	9	1	4	5	0	2	E	6	7	
2	4	0	D	1	6	F	7	E	A	8	9	5	C	B	3	

(c) PZZL.com

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!

NEU!



Neues vom Top-Autor Burkhard Kainka
Basiskurs R8C/13

Mit dem Dezemberheft 2005 stellte die Firma Glyn allen Elektor-Lesern eine Prozessorplatine mit dem R8C/13 und der nötigen Software zur Verfügung. Elektor war damit die erste Elektronik-Zeitschrift in Deutschland, die ihren Lesern ein kostenloses und vollständiges Mikrocontroller-System überreichte. Dieses Buch gibt einen Überblick über den 16-bit-R8C; es erleichtert dem Einsteiger die ersten Schritte und erschließt dem erfahrenen Anwender weitere Anwendungsbereiche.

231 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-177-5
€ 39,80 • CHF 67,70



Der einzig wahre Realist
Computer Vision

Computer Vision ist das wohl spannendste Gebiet der Bildverarbeitung und die Zahl der Anwendungen in der Robotik, Automatisierungstechnik und Qualitätssicherung nimmt stetig zu. Leider gestaltet sich der Zugang zu diesem Forschungsbereich bisher nicht einfach. Interessierte müssen sich zunächst durch viele Bücher, Publikationen und Software-Bibliotheken arbeiten. Mit dem vorliegenden Buch fällt der Einstieg dagegen leicht.

319 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-165-2
€ 42,80 • CHF 72,80

Bücher

Burkhard Kainka in Top-Form
Software Defined Radio

Im Mai 2007 wurde von Elektor das „Software Defined Radio mit USB-Schnittstelle“ vorgestellt. Ziel war ein möglichst einfacher Empfänger, der durch den Einsatz geeigneter Software überzeugende Empfangsergebnisse liefert. Schon nach wenigen Monaten hatte dieser neue Empfänger eine weite Verbreitung gefunden. Zahlreiche Software-Autoren unterstützten das Projekt. Die Vielfalt der Möglichkeiten erschwert jedoch die Orientierung.

Top-Autor Burkhard Kainka gibt mit diesem Buch einen Überblick über Aufbau, Software und Bedienung des SDR. Außerdem stellt er Selbstbauprojekte vor, die es erlauben, mit geringsten Kosten eigene Empfänger zu entwerfen; denn das Thema entwickelt sich laufend weiter.

174 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-192-8
€ 29,80 • CHF 50,70

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten!



**Überarbeitete
und erweiterte
Neuaufgabe**

„Test... 1, 2, 3... Test“

Mikrofone in Theorie und Praxis

Das Geheimnis des guten Klangs liegt im Zusammenspiel von Mikrofon, Aufnahme-raum und Instrument. Das richtige Mikrofon am richtigen Ort ist der Schlüssel zur gelungenen Aufnahme. Dieses Buch vermittelt die Grundlagen von Mikrofontechnik und Studioakustik sowie die Anwendung im Tonstudio, auf der Bühne und bei der Filmtontechnik.

278 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-189-8
€ 34,80 • CHF 59,20



Bestseller!

Neues vom Top-Autor Hans-J. Geist

Photovoltaik-Anlagen

Dieser Ratgeber wendet sich an alle, die sich für die Technik, Planung, Montage und den Profit von Solarstromanlagen interessieren. Angefangen mit den Grundlagen der solaren Stromerzeugung über die Funktion und Dimensionierung von Leitungen, Wechselrichtern, Laderegler und Akkus bis hin zu Photovoltaik-Generatoren, die Sie für den Einsatz in netzgekoppelten Anlagen oder Inselanlagen benötigen, enthält das Buch viele wichtige und gewinnbringende Informationen.

160 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-191-1
€ 19,90 • CHF 33,90



Schluss mit Phonen und Simsen

Java ME fürs Handy

Viele Handys verfügen über eingebaute Zusatzfunktionen wie GPS-Navigation oder MP3-Player. Eine der interessantesten Zusatzfunktionen ist die Möglichkeit der Java-Programmierung. Hiermit lassen sich gerade in den Bereichen Elektronik und Computertechnik viele Anwendungen finden, die ein Mobiltelefon zum praktischen Helfer für den Laboralltag machen.

203 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-174-4
€ 29,80 • CHF 50,70



Von Mikro zu Makro

Programmiertechniken für AVR-Mikrocontroller

Dieses neue Buch behandelt Software-techniken, die es gestatten, auch anspruchsvollere Programme für AVR-Mikrocontroller zu entwickeln. Im ersten Teil wird auf die Harvard-Architektur der Controller und die daraus resultierenden Programmier-techniken eingegangen. Im zweiten Teil des Buches wird die Arithmetik der Controller analysiert.

214 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-176-8
€ 39,80 • CHF 67,70

**Weitere Informationen
zu unseren Produkten
sowie das gesamte Ver-
lagssortiment finden
Sie auf der neu gestal-
teten Elektor-Website:
www.elektor.de**

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen
Tel. +49 (0)241 88 909-0
Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: bestellung@elektor.de



Perfekte Audioqualität garantiert

High-End-Röhrenverstärker

Röhrenverstärkern klingen lebendig, durchzeichnet, produzieren räumliche Tiefe, ihr Klangbild ist unaufdringlich angenehm, und im Hinblick auf die entwickelte Dynamik scheinen sie keinerlei Einschränkungen zu kennen. In einer systematisch-theoretischen Untersuchung geht der Autor den Ursachen dieser Kennzeichen nach. Die Kopplung zwischen Endröhren und Ausgangsübertragern wird mit der erforderlichen Tiefe dargestellt. Die formulierten Stabilitätsbedingungen müssen moderne, hochwertige Verstärker mindestens erfüllen.

415 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-182-9
€ 54,00 • CHF 91,80





NEU!

Alles über FPGA in 9 Lektionen

FPGA-Kursus

Der Vormarsch der FPGAs ist unaufhaltsam. Diese Tausendstaschen der modernen Elektronik können digitale Schaltungen ersetzen. Dadurch lässt sich nicht nur Platz auf der Platine sparen; auch die Arbeitsgeschwindigkeit der Logikbausteine in einem FPGA übertrifft die einzelner digitaler ICs bei weitem.

Diese neue CD-ROM vermittelt Ihnen in 9 Lektionen alles Wissenswerte zu FPGA (Field Programmable Gate Array) – von der digitalen Logik bis zum Bau eines FPGA-Webservers. Die CD enthält alle bisher erschienenen Elektor-FPGA-Artikel, Platinenlayouts im PDF-Format, Anleitung zur Entwicklungssoftware Quartus, Projekt-Software sowie viele weitere (noch nicht veröffentlichte) Infos.

ISBN 978-3-89576-225-9 • € 19,95 • CHF 34,00



Topseller!

Volle Werkzeugkiste

Ethernet Toolbox

Diese neue CD-ROM enthält Datenblätter von ethernetfähigen Mikroprozessoren, Mikrocontrollern, Hubs, Switches, Umsetzern aller Hersteller. Neben der technischen Dokumentation, wie z. B. application notes, Protokolle (field bus, TCP/IP, usw.) für Netzwerkverbindungen mit den Normen IEEE 802.3 und natürlich 802.11 finden Sie auch praktische Tools, um sofort arbeiten zu können. Außerdem umfasst die CD-ROM alle Elektor-Artikel zum Thema Ethernet (inkl. Mini Web-Server) mit Platinenlayout und Software.

ISBN 978-90-5381-214-3 • € 27,50 • CHF 46,80



Alle Artikel von 2007 auf CD-ROM

Aus der Longseller-Reihe

Elektor-CD 2007

Die neue Elektor-CD 2007 enthält alle Elektor-Beiträge des Jahrgangs 2007. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete HTML-Benutzeroberfläche, die archivumfassende Inhaltsübersichten und Recherchen ermöglicht.

ISBN 978-90-5381-218-1 • € 26,50 • CHF 45,10



NEU!

SD-Card-Datenlogger

(Elektor März 2008)

Dieser neue Datenlogger ist ein Messsystem, das die Spannungsverläufe an vier analogen Eingängen misst und die Werte numerisch speichert. Der Aufbewahrungsort der Messwerte ist eine wechselbare SD-Speicherkarte. Da die Power des Datenloggers in der Software steckt, hält sich der Hardware-Aufwand in Grenzen.

Bausatz mit Platine, progr. Controller und Display

Art.-Nr. 070745-71 • € 99,00 • CHF 168,30



CO₂-Messer

(Elektor Januar 2008)

CO₂ ist nicht nur eine Gefahr fürs Klima, sondern auch ein wichtiger Faktor für die Luftqualität in Büro- und Wohnräumen, der oft nicht beachtet wird. Eine zu hohe CO₂-Konzentration führt zu Ermüdungserscheinungen, Konzentrationsstörungen und auch zu Kopfschmerzen. Mit diesem CO₂-Messer lässt sich die Kohlendioxidkonzentration in der Luft einfach ermitteln. Ein Mikrocontroller überwacht den Messwert und kann bei Überschreiten eines Grenzwerts einen Alarm auslösen oder ein Belüftungssystem einschalten.

Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Hauptplatine, Sensor-Platine mit Sensor, progr. Controller ATtiny26 und Display

Art.-Nr. 070802-71 • € 149,00 • CHF 253,30



Reflow Control

(Elektor Dezember 2007)

Wie woanders auch müssen im Elektor-Labor immer häufiger SMDs gelötet werden. Der im Januar 2006 in Elektor beschriebene SMD-Lötöfen bestand aus einem handelsüblichen Mini-Pizza-Backofen und einer nachzurüstenden elektronischen Regelung. Zahlreiche Leserreaktionen bestätigten das hohe Interesse an diesem Projekt. Mit dem „Reflow Control“ bieten wir Ihnen eine neue Regelelektronik an.

Schnell-Bausatz mit 2 fertig bestückten Platinen sowie Temperatursensor, Einbausteckern, Netzschalter, Kabel + Gehäuse

Art.-Nr. 060234-91 • € 249,00 • CHF 423,30

April 2008 (Nr. 448)

€

CC2-AVR-Projekt

071035-91	..... Teilbestückte Platine (ATM18-Controllermodul)	..... 9,95
071035-92	..... Teilbestückte Platine (ATM18-Testboard)	..... 37,50
080083-71	..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. USB-AVR-Programmer und SMD-bestückter Platine	..... 32,00

Elektor-Internet-Radio

071081-91 Teilbestückte Platine 159,00
-----------	-----------------------------	--------------

Digiwobbler

070951-41 Progr. Controller 7,50
-----------	-------------------------	------------

März 2008 (Nr. 447)

CAN-Explorer

060201-1 Platine siehe www.thePCBshop.com
----------	---------------	--------------------------------

I²C-Analyser

070600-1	..... Platine	..... 22,50
070600-41	..... Progr. Controller	..... 27,50

SD-Card-Datenlogger

070745-1	..... Platine	..... 22,50
070745-41	..... Progr. Controller	..... 27,50
070745-71	..... Bausatz mit Platine, progr. Controller und Display	..... 99,00

ECIO-SPS

070786-1	..... Platine	..... 22,50
070786-71	..... Bausatz mit Platine, ECIO-Modul und allen Bauteilen	..... 105,00

Februar 2008 (Nr. 446)

LEDBUS-System

070459-1	..... Platine (Leistungsmodul)	..... siehe www.thePCBshop.com
070459-2	..... Platine (Zentraleinheit)	..... siehe www.thePCBshop.com
070459-41	..... Prog. PIC12F638-1/SN (Leistungsmodul)	..... 4,50
070459-42	..... Progr. ATmega32-16PC (Zentrale)	..... 19,95

TV-Light

070487-1	..... Platine	..... 29,95
070487-41	..... Prog. PIC18F4550	..... 17,50
070487-42	..... Prog. PIC16F628	..... 14,50
070487-81	..... Software-CD	..... 7,50

Surround-Light

070491-1	..... Hauptplatine	..... 29,95
070491-2	..... LED-Platine	..... 6,95

LED-Ringblitz

070612-1	..... Platine	..... siehe www.thePCBshop.com
070612-41	..... Prog. PIC16F628	..... 14,50

RGB-LED-Stimmungslicht

070892-1	..... Platine (Lumiled REBEL LED)	..... siehe www.thePCBshop.com
070892-2	..... Platine (Osram Golden Dragon LED)	..... siehe www.thePCBshop.com
070892-3	..... Platine (CREE XLAMP LED)	..... siehe www.thePCBshop.com

Januar 2008 (Nr. 445)

CO₂-Messor

070802-1	..... Platine	..... 19,95
070802-41	..... Progr. Controller ATtiny26	..... 9,95
070802-71	..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Hauptplatine, Sensor-Platine mit Sensor, progr. Controller ATtiny26 und Display	..... 149,00
070802-81	..... Software-CD	..... 7,50

Anti-Standby-Switch

070797-1	..... Platine	..... 19,95
070797-41	..... Progr. Controller ATtiny25	..... 7,50

DC-Power-Meter

070559-1	..... Platine	..... 12,95
070559-41	..... Progr. Controller ATmega8-16P	..... 12,50

Steuerelektronik für Energiesparlampen

070638-71 Platine mit IC FAN7710N und 2,5-mH-Spule 19,95
-----------	--	-------------

Dezember 2007 (Nr. 444)

Reflow Control

060234-91 Schnell-Bausatz mit 2 fertig bestückten Platinen sowie Temperatursensor, Einbausteckern, Netzschalter, Kabel + Gehäuse 249,00
-----------	--	--------------

Bestseller

Bücher

- 1 ➡ **Basiskurs R8C/13**
ISBN 978-3-89576-177-5 € 39,80 • CHF 67,70
- 2 ➡ **Photovoltaik-Anlagen**
ISBN 978-3-89576-191-1 € 19,90 • CHF 33,90
- 3 ⬆ **Software Defined Radio**
ISBN 978-3-89576-192-8 € 29,80 • CHF 50,70
- 4 ➡ **High-End-Röhrenverstärker**
ISBN 978-3-89576-182-9 € 54,00 • CHF 91,80
- 5 ↘ **Visual Basic für Elektroniksteuerungen u. Entwicklung**
ISBN 978-3-89576-178-2 € 59,00 • CHF 100,30

CD- & DVD-ROMs

- 1 ➡ **Elektor-CD 2007**
ISBN 978-90-5381-218-1 € 26,50 • CHF 45,10
- 2 ➡ **ECD 4**
ISBN 978-90-5381-159-7 € 24,50 • CHF 41,70
- 3 ➡ **Elex-DVD**
ISBN 978-3-89576-164-5 € 23,00 • CHF 39,10
- 4 ➡ **Elektor-DVD 1990-1999**
ISBN 978-3-89576-179-9 € 89,00 • CHF 151,30
- 5 ↘ **Ethernet-Toolbox**
ISBN 978-90-5381-214-3 € 27,50 • CHF 46,80

Bausätze & Module

- 1 ➡ **Kompakter OBD-2-Analyser (Bausatz)**
Art.-Nr. 070038-71 € 79,95 • CHF 136,00
- 2 ↘ **USB-Flashboard**
Art.-Nr. 070125-71 € 52,50 • CHF 89,30
- 3 ⬆ **SD-Card-Datenlogger**
Art.-Nr. 070745-71 € 169,00 • CHF 168,30
- 4 ↘ **CO₂-Messor**
Art.-Nr. 070802-71 € 149,00 • CHF 253,30
- 5 ➡ **Vierkanal-Logik-Analysator**
Art.-Nr. 060092-71 € 112,50 • CHF 191,30

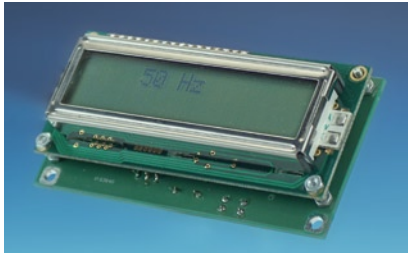
Bestellen Sie jetzt einfach und bequem online unter www.elektor.de/shop oder mit der portofreien Bestellkarte am Heftende!



Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25, 52072 Aachen
Tel. +49 (0)241 88 909-0
Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: bestellung@elektor.de

Messen mit PC und Soundkarte

PC-gestützte Messtechnik setzt sich immer mehr durch. Dank der enormen Entwicklung der Rechenleistung sind heutzutage auch RTA (Real Time Analyse) und FFT (Fast Fourier Transformation) kein Problem mehr. Entscheidend für die Möglichkeiten ist daher primär die verwendete Mess-Software. Wir haben uns daher das Angebot an Programmen für die Messung in Verbindung mit Soundkarten näher angesehen. Die Qualität der Messung hängt natürlich auch stark von den Eigenschaften der Soundkarte selbst ab. Aus diesem Grund haben wir für die nächste Ausgabe auch einen Test von Soundkarten unter diesem Mess-Aspekt geplant.

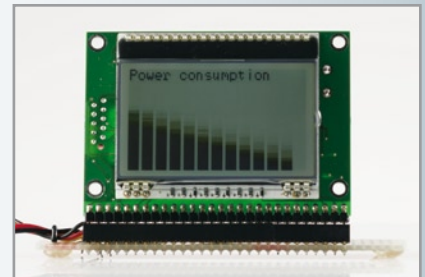


Frequenzzählermodul mit ATtiny 2313

Die meisten kleinen Funktions- und Signalgeneratoren haben weder einen eingebauten Frequenzzähler noch eine ausreichend genaue Frequenzeinstellung. Abhilfe schafft dieses kleine Frequenzzählermodul, das sich sowohl zum Nachrüsten von Generatoren als auch zum Aufbau eines kleinen autonomen Frequenzzählers eignet. Dank der Verwendung eines Mikrocontrollers vom Typ ATtiny 2313 kommt der Frequenzzähler ohne Spezial-ICs und mit minimalem Schaltungsaufwand aus: Er besteht eigentlich nur aus dem Mikrocontroller, einem Spannungsregler-IC und einem LC-Display. Die Anzeige erfolgt umschaltbar in MHz, kHz oder Hz.

Grafik-Display-Board mit M16C

Grafik-Displays werden günstiger – und damit für viele Anwendungen immer interessanter. Die Programmierung ist allerdings deutlich aufwendiger als bei textbasierten Displays. Unser Grafik-Display-Board zeichnet sich durch ein neues Display-On-Glas-Modul und den leistungsfähigen 16-bit-Mikrocontroller M16C von Renesas aus. Da der Controller unseres Mini-Boards mit einem TinyBasic-Interpreter vorprogrammiert ist, wird das Entwickeln von Grafik-Anwendungen aber auch für Einsteiger sehr einfach.



ELEKTOR Mai 2008 erscheint am 23. April 2008.

ELEKTOR gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler.

Ein Verzeichnis finden Sie unter: <http://www.blauerglobus.de>
Sie können ELEKTOR auch direkt bei www.elektor.de bestellen.



Änderungen vorbehalten!



Abo-Service: Marleen Brouwer, Riet Maussen

E-Mail: abo@elektor.de

Bestellannahme und Bestellservice: Peter Custers

E-Mail: bestellung@elektor.de

Tel. +49 241 88 909-66

Geschäftszeiten

Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr

Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr

Tel. +49 241 88 909-0

Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

Technische Fragen bitten wir per E-Mail an redaktion@elektor.de zu richten.

Einzelheft

Deutschland € 6,70
Österreich, Belgien, Luxemburg € 7,35
Schweiz CHF 12,90

Jahresabonnement-Standard

Deutschland € 69,95
Österreich, Belgien, Luxemburg € 76,00
Schweiz CHF 134,00
Andere Länder € 92,00

Jahresabonnement-PLUS

Deutschland € 79,95
Österreich, Belgien, Luxemburg € 86,00
Schweiz CHF 157,00
Andere Länder € 102,00

Probeabonnement

Deutschland € 12,50
Österreich, Belgien, Luxemburg € 12,50
Schweiz CHF 22,00
Andere Länder € 12,50 (zzgl. Porto)

Studentenabo-Standard

Deutschland € 55,95
Österreich € 60,80
Schweiz CHF 107,20

Studentenabo-PLUS

Deutschland € 65,95
Österreich € 70,80
Schweiz CHF 130,20

Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder € 10,00
Schweiz CHF 23,00

Jahres- und Studentenabonnements (11 Hefte) dauern immer 1 Jahr und verlängern sich automatisch um weitere 12 Monate, wenn nicht spätestens 2 Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bankverbindungen

Commerzbank Aachen

Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)

IBAN/BIC: DE89 3904 0013 0120 1102 00/COBADEFF

Postgiro Köln

Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)

IBAN/BIC: DE17 3701 0050 0229 7445 07/PBNKDEFF

Bestellungen & Abos für Österreich

Elektor-Verlag GmbH

Süsterfeldstraße 25, 52072 Aachen

Peter Custers

E-Mail: bestellung@elektor.de

Ja, ich möchte Elektor im Jahresabonnement

(11 Hefte / inkl. Doppelheft Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus beziehen*.
 Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk spare ich beim Standard-Abonnement € 8,95
 (bei der PLUS-Variante sogar mehr als € 30,-!).
 Als Dankeschön erhalte ich den attraktiven 2 GB MP3-Player (sofort nach Zahlung der
 Abonnementrechnung) gratis zugeschickt.

Bitte wählen Sie Ihr Jahresabonnement aus:

Jahresabonnement-Standard für nur € 69,95

Jahresabonnement-PLUS (inkl. Jahrgangs-CD-ROM 2008**) für nur € 79,95

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____

*Das Abonnement verlängert sich automatisch um 12 Monate, wenn nicht spätestens zwei Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.
 **Diese CD-ROM wird Ihnen sofort nach Erscheinen (Februar 2009) zugeschickt.

04/08

Ja, ich möchte Elektor kennenlernen!

Ich erhalte die nächsten 3 Ausgaben für nur € 12,50 pünktlich und zuverlässig frei Haus*.

Wenn Sie innerhalb von 1 Woche nach Erhalt der dritten Ausgabe nichts von mir hören, möchte ich Elektor im Jahresabonnement für nur € 69,95 weiter beziehen.

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____



*Dieses Angebot gilt nur, wenn Sie während der letzten 12 Monate noch nicht Abonnement waren.

04/08

Elektor-Bestellkarte

04/2008

Ich bestelle folgende Elektor-Produkte:

Bezeichnung	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
FPGA-Kursus	€ 19,95		
SD-Card-Datenlogger	€ 99,00		
Software Defined Radio	€ 29,80		

Elektor-CD 2007 € 26,50

CO₂-Messor € 149,00

Basiskurs R8C/13 € 39,80

Elektor-Gesamtkatalog 2008 **NEU**

zzgl. Porto- und Versandkosten € 5,00

GESAMTBETRAG €

Datum: _____ Unterschrift: _____

Tragen Sie bitte Ihre Anschrift auf der Rückseite ein!

Dieses Streifen an den unten stehenden Streifen kleben!

Dieses Streifen an den oberen Streifen kleben!

Fordern Sie jetzt den neuen Elektor- Gesamtkatalog 2008 GRATIS an!



**Bücher • CD-ROMs • DVDs
Sonderhefte • E-blocks
Bausätze • Module**

Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: vertrieb@elektor.de

Der Katalog kann auch unter
www.elektor.de/katalog als PDF-
Datei heruntergeladen werden.

Hier ist meine Anschrift:

Name, Vorname _____
Straße, Nr. _____
PLZ, Ort _____
Land **DE**
Kd-Nr. _____
Telefon _____
E-Mail _____

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen**

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

Hier ist meine Anschrift:

Name, Vorname _____
Straße, Nr. _____
PLZ, Ort _____
Land **DE**
Kd-Nr. _____
Telefon _____
E-Mail _____

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen**

Hier ist meine Anschrift:

Name, Vorname _____
Straße, Nr. _____
PLZ, Ort _____
Land **DE**
Kd-Nr. _____
Telefon _____
E-Mail _____

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen**

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

KLEINANZEIGEN

Lorenz-Entwicklung.de

LEITERPLATTENFERTIGUNG

Bestückung, Montage.

Angebot anfordern unter Fax
06645/7164.
Fa. LEISE Schulstraße 21,
36369 Engelrod

SMD-Lochraster-, SMD-Adapter-
Platinen, Verbindungskabel für
EvalBoards, LED-Treiber und
Aluminium-Platinen für Hochleistungs-
LEDs bekommen Sie bei **Fa. GK
Technik**, Bürgermeister-Bohl-Str. 31,
86157 Augsburg. Tel. 0821-2183461,
Fax. 0821-2193344.
WWW: elektronik-von-gk.de

>>> **www.yCModule.de** <<<

LTP-Filme, cadgrafik-bauriedl.de

kostenlose-platinen-software.de

Lasershows als Hobby???
www.mylaserpage.de

Elektronikfertigung

06851-9399950
Audioentwicklung ASSEMTEC.de

www.sovonja-elektronik.de

Gesucht: Schaltungsentwickler

analog + digital Technik.
info@hikaritec.de

Analoges Modulsystem,
Format-kompatibel, über 60 Module,
www.doepfer.de

INSERENTENVERZEICHNIS APRIL 2008

Amplimo	www.amplimo.de	23
Bauer-Elektronik	www.bauer-leiterplatten.de	23
Beta-Layout	www.pcb-pool.com	14
Cadsoft Computer	www.cadsoft.de	15
Circuit Design	www.circuitdesign.de	51
Decision-Computer	www.decision-computer.de	23
Eurocircuits	www.eurocircuits.com	77
Gie-Tec	www.gie-tec.de	23
GTU Laser Technik	www.gtu-laser.de	23
Haase Computertechnik	www.team-haase.de	23
Kleinanzeigen		87
leitOn	www.leitongmbh.de	9
Markt		75
MikroElektronika	www.mikroe.com	35, 37, 39
Reichelt	www.reichelt.de	2, 3, 88
Texas Instruments	www.ti.com/training-el	11
Top-Tec-PCB	www.top-tec-pcb.de	13

Beilagenhinweis:

Teilaufgabe: ELV www.elv.de

3-tägiges, praxisbezogenes C++ Fachseminar mit Mikrocontroller-Board



Sie sind Entwickler, Techniker oder Ingenieur und bereits mit den Grundlagen der Programmiersprache C/C++ vertraut? Sie möchten den praktischen Einsatz von C++ üben und die modernen Ansätze besser verstehen?

Die neuen Elektor C++ Seminare beginnen dort, wo die meisten ihr Selbststudium durch Nachlesen beenden. Betrachtet man dabei die Basis von C++ mit deren Teilmenge C, dann setzen wir praktisch am Experimentierboard mit einem C-Compiler an und zeigen Ihnen anhand der Anwendung der Klassen mit dem C++ Compiler auf dem C/Laptop, wie diese sinnvoll verstanden und eingesetzt werden können. C-Programmierer, die auf einem Mikrocontroller-System fortgeschritten in C programmieren möchten, lernen zudem sich über C++ zu informieren und deren Konzepte in der technischen Programmierung umzusetzen.



Die Gesamtkosten in Höhe von 995,00 EUR (zzgl. MwSt.) beinhalten diese Leistungen:

- 2 Übernachtungen im Vier-Sterne-Hotel
- Mittagsbuffet mit kalten Speisen und Getränken
- Installations-CD für die Installation und Beschaffungshinweise des Compilers und der IDE
- das fertig aufgebaute Application-Board R8C/13 mit µC-Board (Module 050179-92, 050179-91) + USB-Kabel
- das Buch „Basiskurs R8C/13“ von Burkhard Kainka
- 2 eingeschweißte Folien für den Schreibtisch zum Nachschlagen der Operatoren und Kontrollstrukturen
- eine Übungs-CD mit dem Inhalt der Übungen C++ auf dem Laptop und C für das Board
- Teilnahmezertifikat

Veranstaltungstermine:

06.05. – 08.05. (Anmeldeschluss 30.04.2008)
16.09. – 18.09. (Anmeldeschluss 10.09.2008)

Veranstaltungsort: Seligenstadt (bei Offenbach)

Weitere Infos unter www.elektor.de/c-seminar



True-RMS-Multimeter

- misst alle Standardbereiche sowie Kapazität, Induktivität, Frequenz
- Echteffektivwert-Messung

AMPROBE 37XR-A

125.⁸⁵



Zangenadapter 4200

- für A-Messungen mit einem Multi-meter ohne Stromkreis-Unterbrechung
- Strom: 200 A AC / Leiter-Ø: 16 mm

PEAKTECH 4200

11.³⁰

... besser gleich bei reichelt.de

Bestell-Hotline: 04422 - 955 333

Elektronikring 1

26452 Sande

Gesetzliches Widerrufsrecht innerhalb zwei Wochen nach Erhalt der Ware. Alle angegebenen Preise in € einschl. gesetzl. MwSt., ab Lager Sande, zzgl. Versandkosten für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter www.reichelt.de/agb, im Katalog oder auf Anforderung). Zwischenverkauf vorbehalten. Alle Produktnamen und Logos sind Eigentum der jeweiligen Hersteller. Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. Reichelt Elektronik e. Kfr., Elektronikring 1, 26452 Sande (HRA 130689 Oldenburg)

Stand 6. 3. 2008