



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



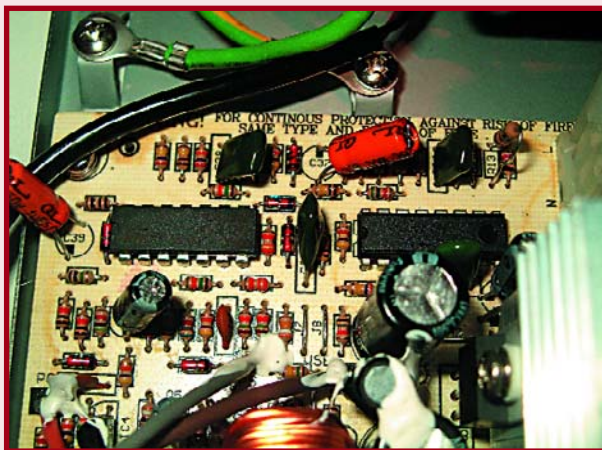
2. Satte 15 A an 12 V bedeuten 180 W für unsere Halogenbeleuchtung.

# Halogen-Power

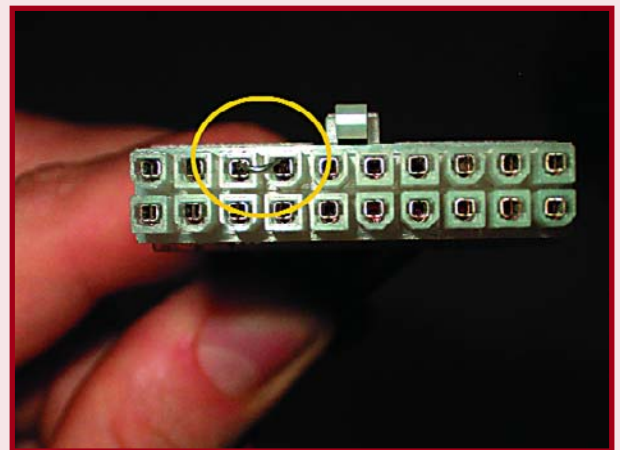
Halogenlampen sind recht preiswert. Hängt man sie im halben Dutzend an dicken Spann-  
drähten auf, sind sie auch ein Blickfang im Wohnzimmer. Jedoch kommt der mitgelieferte  
Trafo schon bei kleinen Erweiterungen an seinen Grenzen. Da haben wir eine Lösung!

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

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



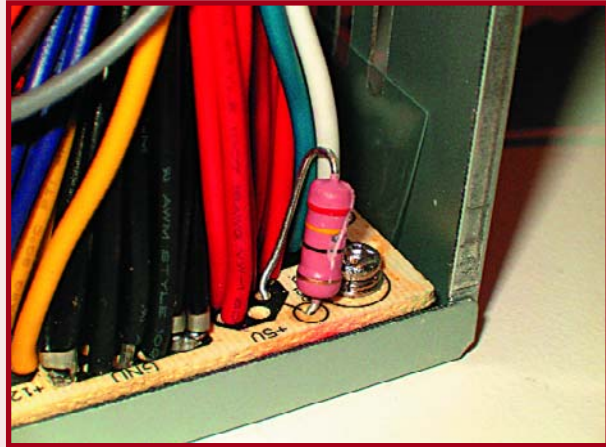
5. Hier werkeln zwei Chips: Der TL494 sorgt für die Schaltsignale; der Vierfach-Komparator LM339 detektiert Überspannung und Überlastung. Auf eine Erkennung der Unterspannung wurde verzichtet.



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



3. Die Stromversorgung – im jungfräulichen Zustand.



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

# Altes PC-Netzteil mit neuer Aufgabe

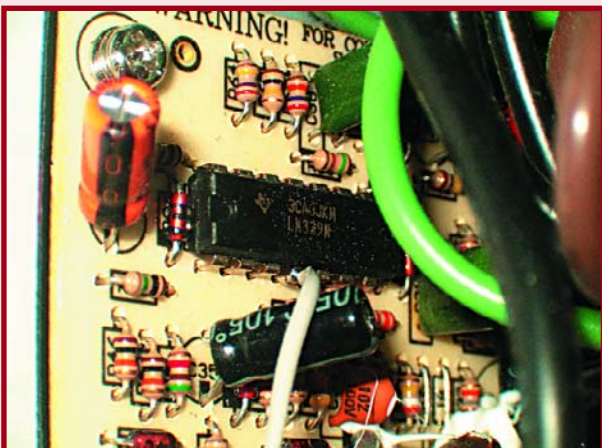
Von Jeroen Domburg & Thijs Beckers

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

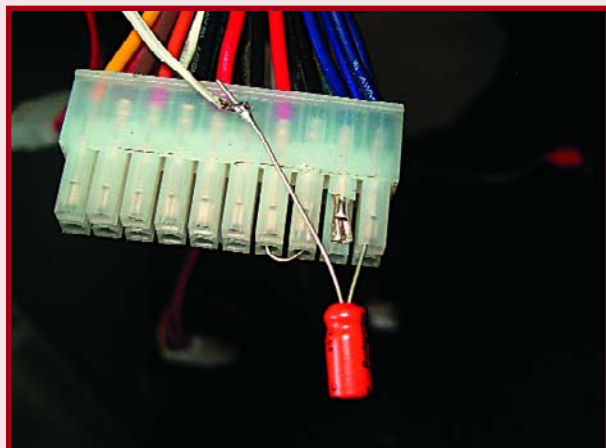
## So viele Probleme ...

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

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



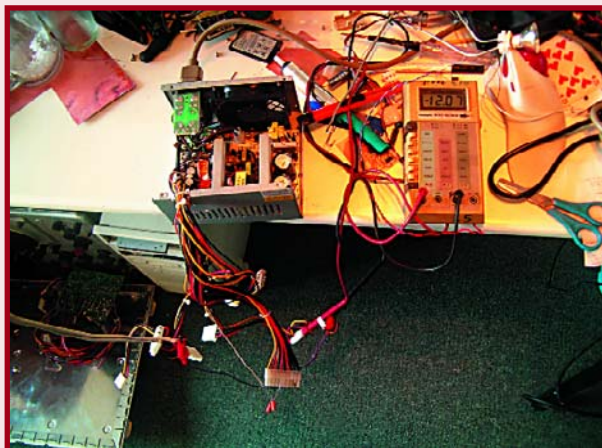
7. Es ist oft gar nicht so einfach, den Schutz gegen Überlastung zu finden – siehe Text. In unserem Fall muss Pin 4 von LM339 oberhalb 1,1 V bleiben, sonst schlägt die Stromversorgung Alarm.



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



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



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

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

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

Natürlich müssen auch PC-Netzteile mit hohen Einschaltströmen (zum Beispiel beim Anlaufen der Festplatte) zurechtkommen, doch im Gegensatz zu Halogenlampen sind hohe Einschaltströme bei Computern nur für Sekundenbruchteile erforderlich. Bei einem Satz Halogenlampen kann dieser hohe Strombedarf jedoch durchaus für mehrere Sekunden andauern. Darauf sind Computernetzteile nicht vorbereitet, so dass eine interne Netzteilsicherung den Lichterglanz erst gar nicht entstehen lässt.

Ein drittes Hindernis: Computernetzteile überwachen die Verteilung der von ihnen gelieferten Ströme an den einzelnen Ausgängen. Da wir nur den 12-V-Ausgang mit möglicherweise bis zu mehreren hundert Watt belasten, könnte das daraus resultierende Ungleichgewicht eventuell für eine auf etwa 11 V reduzierte Spannung am 12-V-Ausgang sorgen.

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

### ... und die Lösungen

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

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

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

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

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

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

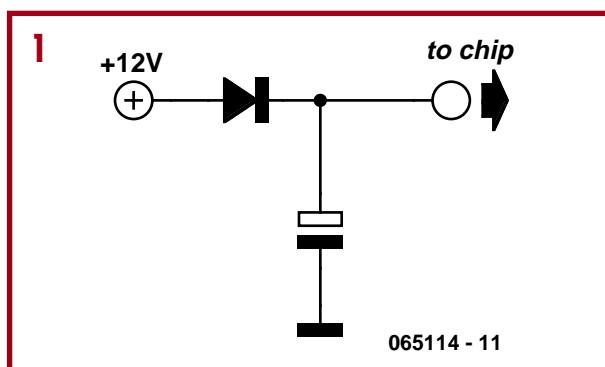
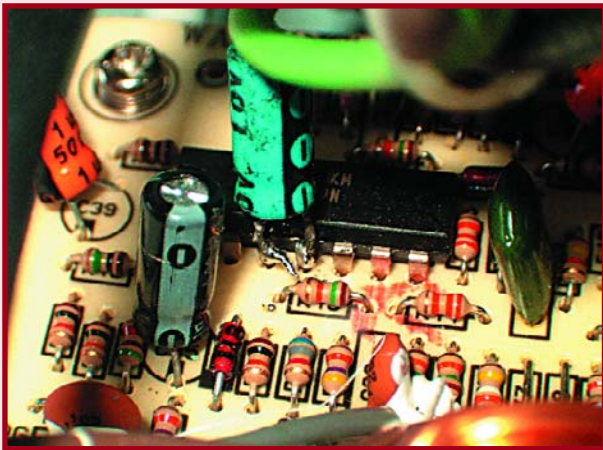


Bild 1. Prinzip der Klemmschaltung.



11. So simpel kann Modding sein: Der LM339 wird mit einem 1- $\mu$ F-Elk $\ddot{o}$ chen zwischen Pin 4 und Betriebsspannung versehen.

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

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

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

## Für Fortgeschrittene

Nach erfolgreicher Stilllegung der Unterspannungssicherung wenden wir uns dem Schutz gegen Überlastung zu, die uns allerdings vor etwas höhere Anforderungen stellt. Aus diesem Grund sollte man zuerst prüfen, ob der folgende Eingriff ins Netzteil wirklich notwendig ist.

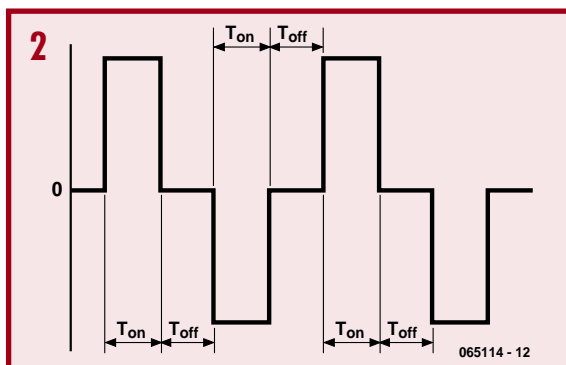
Mit ein wenig Glück lassen sich auf der Netzteilplatine drei Trafos und vielleicht noch eine Entstörspule finden, die an dieser Stelle jedoch nicht beachtet werden soll. Der größte Trafo leistet die Hauptarbeit, nämlich das Umformen der 230 V in eine niedrigere Spannung. Einer der kleineren Trafos sorgt für die Übertragung des PWM-Signals zur Hochspannungseinheit. Diesen Trafo erkennt man meistens daran, dass sich zwei kleine Transistoren in seiner unmittelbaren Nähe befinden, die über jeweils einen Anschluss mit dem Trafo verbunden sind. Der zweite, kleinere Trafo dient zur Leistungsmessung. Er funktioniert wie folgt: Die Primärspule dieses Trafos befin-

## Schaltnetzteile

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

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

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



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

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

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

det sich in Serie mit der Primärspule des Haupttrafos. Wird der Strom durch den Haupttrafo größer, so fließt auch mehr Strom durch den kleinen Trafo und die Spannung an der Sekundärwicklung steigt an.

Die zweite Aufgabe dieses Trafos besteht in einer „Bootstrap“-Funktion. Ist das Netzteil nicht eingeschaltet, so erhält der PWM-Chip noch keine Versorgungsspannung. Daher wird auch noch keine Niederspannung erzeugt, ohne die der PWM-Chip jedoch nicht funktioniert. Um dies zu verhindern, wird vom Leistungsmesstrafo eine Spannung abgezweigt. Das Ganze nennt man „Bootstrap“. Das bedeutet, dass der Chip erst mal ein wenig Spannungsvorschuss erhalten muss, damit alle nachfolgenden Vorgänge in Schwung kommen.

Zur Messung des Stroms auf der Hochspannungsseite wird die Spannung am Leistungsmesstrafo zunächst gleichgerichtet. Dies geschieht meist dadurch, dass die Enden der beiden äußersten Wicklungsanschlüsse über eine Diode nach Masse geführt werden. Die Spannung an der mittleren Anzapfung wird dann mit einem Kondensator geglättet und über ein Widerstandsnetzwerk an den PWM-Chip oder an einen der Komparatoren geleitet.

In diesem Falle genügt das Vergrößern des Glättungskondensators, um die ursprünglich geplante Zeitspanne zu verlängern, die einen höheren Entnahmestrom erlaubt. Um den Schutz gegen Überlastung zu finden, hilft natürlich auch ein Studium des Schaltplans. Falls man den nicht hat, geht es auch anders. Man belastet die Stromversorgung bis zum Anschlag und schaut, welche Eingänge des Komparators schon „gefährlich“ dicht beiein-

ander liegen. Welche Spannung verändert sich dann, wenn die Belastung wegfällt? In unserem Fall (siehe Bildstrecke) muss Pin 4 von LM339 oberhalb 1,1 V bleiben. Sonst schlägt die Stromversorgung Alarm.

Leider funktionieren nicht alle Netzteile gleich. Einige Netzteile verwenden den dritten Trafo als Mini-Schaltteil für eine 5-V-Standby-Versorgung.

Man erkennt diese Variante an einem Optokoppler am Trafo. In diesem Fall wird der Strom mit einem Extra-Anschluss am Haupttrafo gemessen. Und schließlich gibt es auch Netzteile ohne Überspannungssicherung.

Wie auch immer: Endlich ist das Netzteil bereit, einen Satz Halogenleuchten zu betreiben. Doch wie viele eigentlich genau? Das hängt natürlich vom Strom ab, den das Netzteil an seinem 12-V-Ausgang maximal liefern kann. Bei einem durchschnittlichen, preiswerten Netzteil sind das bis zu 15 A, was eine Gesamtleistung von knapp 200 W ermöglicht.

(065114)

## Über den Autor

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

Anzeige



## NEU 309 Schaltungen

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

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

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

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

DER ELEKTOR-  
KLASSIKER  
SCHLECHTHIN

## 309 Schaltungen



Jetzt direkt beim Verlag ordern mit der Bestellkarte am Heftende oder:

**Elektor-Verlag GmbH**  
Süsterfeldstraße 25 • 52072 Aachen  
Tel. 02 41/88 909-0 • Fax 02 41/88 909-77  
vertrieb@elektor.de • www.elektor.de

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

Weitere Infos unter  
[www.elektor.de](http://www.elektor.de)