

PC-Netzteil

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Ein **PC-Netzteil**, auch *Computer-Netzteil*, ist ein Schaltnetzteil für den Einsatz als Stromversorgung in Mikrocomputern. Die in den meisten Fällen eingebauten Lüfter dienen nicht nur der Eigenkühlung, sondern ganz oder teilweise auch der Kühlung der sonstigen im Computergehäuse eingebauten Komponenten.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Eigenschaften
 - 1.1 Nennleistung
 - 1.2 Funktion
 - 1.3 Eingangsspannungsumschaltung
 - 1.4 Sicherheit
 - 1.5 PFC
 - 1.6 Wirkungsgrad
 - 1.7 Lebensdauer
 - 1.8 Stecksysteme
 - 1.9 Passive gekühlte Netzteile
 - 1.10 Redundante Netzteile
- 2 Formate
 - 2.1 AT-Format
 - 2.2 ATX-Format
 - 2.3 BTX-Format
 - 2.4 CFX Format
 - 2.5 EPS Format
 - 2.6 SFX Format
 - 2.7 TFX Format
 - 2.8 LFX Format
- 3 Andere Verwendung
- 4 Umbauten für andere Verwendung
 - 4.1 Grundlagen
 - 4.2 Andere Ausgangsspannungen
 - 4.2.1 Modifikation der Vergleichsspannung
 - 4.2.2 Offsetspannung im Ausgang
- 5 Siehe auch
- 6 Einzelnachweise
- 7 Weblinks



PC-Netzteil



PC-Netzteil für ATX-Systeme



PC Netzteil für 1HE-Gehäuse mit 40mm-Lüfter, elektrisch ATX-kompatibel

Eigenschaften

Zu den grundlegenden Eigenschaften eines PC-Netzteils gehören die Nennleistung und die maximale Belastbarkeit der einzelnen Spannungsschienen. Als Qualitätsmerkmale gelten ein niedriger Geräuschpegel, ein hoher Wirkungsgrad, eine ausfall- und schwankungsfreie Stromversorgung auch bei asymmetrischen Lasten und

verschiedene Zusatzausstattungen. Zu letzteren gehören etwa das Nachlaufen des Lüfters nach Abschaltung, abnehmbare Kabel, temperaturgeregelte Lüfter oder auch ein bestimmtes Design. Die Spannungsstabilität lässt sich nur über aufwendige Labortests ermitteln, deren Ergebnisse gelegentlich in Fachzeitschriften publiziert werden und betreffen die Charge des getesteten Exemplares.

Funktionen wie Kurzschlusschutz, ein gewisser Überspannungs- oder Überlastungsschutz und zumindest eine passive Leistungsfaktorkorrektur (meist als *englisch passive PFC* bezeichnet) sind vorgeschrieben oder zumindest faktisch selbstverständlich.

Nennleistung

Die Nennleistung eines Netzteils bezeichnet die von den Herstellern garantierte maximale Stromabgabe des Netzteils. Dieser Wert liegt bei gängigen Modellen zwischen 300 und 600 W. Die Nennleistung steht - bis auf einen kleinen Einfluss auf den Wirkungsgrad (siehe dort) - in keinem Zusammenhang mit dem tatsächlichen Stromverbrauch des Rechners.

Neben der Gesamt-Nennleistung wird in den technischen Daten die Belastbarkeit der einzelnen Spannungsschienen in dem Netzteil angegeben. Hierbei liegt der Wert für 3,3 und 5 V unabhängig von der Gesamtleistung bei etwa 100 W, der Rest verteilt sich auf die 12-V-Schiene(n). Bei hochwertigen Netzteilen wird als Nennleistung des Gesamtnetzteils nur eine aufgerundete 12-V-Leistung angegeben; bei besonders einfachen Modellen wird dagegen zum Teil die Summe aller Einzelleistungen abgerundet.

Die für ein Rechnersystem benötigte Nennleistung ist vom eingesetzten Mainboard und der darauf vorhandenen CPU sowie den verbauten Komponenten abhängig. Eine empfohlene Nennleistung ist meist aus dem Handbuch der Hauptplatine ersichtlich. Zu knapp dimensionierte Netzteile können Leistungsspitzen nicht hinreichend ausgleichen, was zu schwer eingrenzbaeren Stabilitätsproblemen führen kann.

Funktion

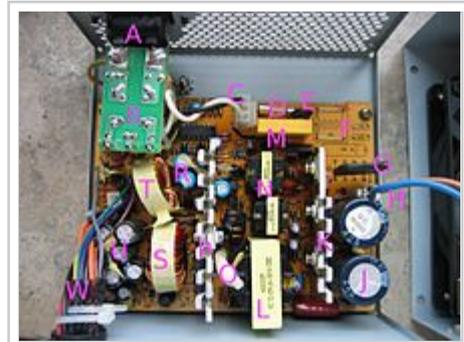
PC-Netzteile regeln die 5-V-Ausgangsspannung. Diese muss sehr stabil sein, um die Funktion des PCs zu erhalten. Die 12 V laufen über denselben Transformator mit, daher schwanken die 12 V Nennspannung zwischen 10,5 V und 13,5 V je nach Lastverhältnis der Ausgänge 5 V und 12 V. Die 12 V werden für Laufwerksmotoren verwendet, bei denen stets die Drehzahl geregelt wird und zur Speisung von Abwärtswandlern auf Mainboards und Grafikkarten. Da diese Wandler Ausgangsspannungen unter 2,5 V erzeugen und von der jeweiligen CPU bzw. GPU abhängig eingestellt werden, können sie nicht im Netzteil untergebracht werden. Eine feinere Regelung der 12 V ist daher nicht notwendig. Die nach den sekundären Gleichrichtern geschalteten Speicherdrosseln für 5 V und 12 V sind über einen gemeinsamen Ringkern gewickelt.

Netzteile für Spieler-PCs mit einer Ausgangsleistung über 600 W haben weitere separate 12-V-Netzteile für die Grafikprozessoren und Laufwerke im selben Gehäuse eingebaut. Technisch ist dies wie Siamesische Zwillinge verschaltet, um die Bauteilkosten zu begrenzen, sowie bei identischen Kabelquerschnitten Kurzschlussfestigkeit zu gewähren. Diese Ausgänge sind mit 12V1, 12V2, 12V3 usw. gekennzeichnet.

Die 3,3 V wurden Anfangs über einen Abwärtswandler aus den 5 V generiert. Heute besitzt der Übertrager Wicklungen oder Abgriffe für die 3,3 V. Häufig sind gemeinsame Angaben über Gesamtausgangsleistung der 3,3 V und 5 V spezifiziert. Da bei niedrigen Spannungen und höheren Strömen ein erheblicher Spannungsabfall an den Leitungswiderständen von Kabeln und Steckkontakten auftritt, werden die 3,3 V am mainboardseitigen Stecker abgetastet und auf den Regler zurückgeführt. In der Praxis werden die 3,3 V mit zwei Leitungen im selben Schuh des ATX-Steckers gespeist und zurückgemessen. Verlängerungen und Adapter zwischen Netzteil und Board können sich unter hoher Last störend auswirken, da der verlängerte Kabelabschnitt nicht Teil dieses Regelkreises ist. Als Regler werden u.a. die pin- und funktionsgleichen IR3M02, TL494CN, KB7500B verwendet.

Das PG-Signal (Power Good) wird über ein Zeitglied oder Komparator auf die 5 V geschaltet. Sobald es 5 V führt, ist sichergestellt, dass das Netzteil nach dem Einschalten seine Ausgangsspannungen aufgebaut hat. Für das Mainboard bedeutet dies, dass es mit einem internen RESET-Signal den Betrieb starten kann. Dies wird vom Taktgenerator verarbeitet.

5 V SB (Standby) sind je nach ATX-Standard-Version bei ausgeschaltetem PC verfügbare 100 mA, 1 A oder 2 A bei 5 V (manche ATX_netzteile können jedoch bis zu 6A liefern [1] (<http://thermaltakeusa.com/Product.aspx?C=1245&ID=2061>) [2] (<http://www.silverstonetek.com/product.php?pid=226&area=>)). Damit werden



Blick ins PC-Netzteil



PC-Netzteil ohne Netzfilter, ohne PFC



PC-Netzteil mit vier (drei weiteren) Optokopplern statt Übertrager

verschiedene Einschaltlogiken in Bereitschaft gehalten (einige sind je Hauptplatine optional):

- Die Schaltung um den Power-Taster des PCs
- Die Netzwerkkarte, sofern diese das Einschalten über das Netzwerk (WOL) unterstützt
- Ein Ereignis (Powerevent) auf dem PCI-Bus (ab PCI Version 2.2)
- Je nach Konfiguration werden Tastatur, Maus sowie der Tastaturcontroller über 5 V oder 5 VSB versorgt zum Start per Tastendruck.
- Dedizierte USB-Anschlüsse zum Einschalten z. B. über USB-Tastatur
- Der Pin 9 (=Ring-Detect-Signal) der seriellen Schnittstelle für Wake On Modem

Das Power-On-Signal (bei AT nicht vorhanden) führt 5 V SB über einen Pullup-Widerstand. Wird die Leitung nach Masse (0 V) bzw. das PC-Gehäuse geschaltet, wird das Netzteil aktiviert. Die heute virtuelle Schalterstellung Ein/Aus des PC wird vom Mainboard gespeichert.

ATX-Steckverbinder gibt es in zwei Varianten ATX-20 und ATX-24. In den gemeinsamen 20 Pins sind sie identisch belegt. Die neueren vier Pins führen 3,3 V, 5 V, 12 V und 0 V (Schwarz) und sind auf dem Mainboard stets unter den spannungsgleichen Anschlüssen durchverbunden. Die Vorteile der zusätzlichen Pins sind die damit verbundenen geringeren Übergangswiderstände zum Mainboard, sowie die Kontaktsicherheit durch Redundanz der 12 V.

Eingangsspannungsumschaltung

Netzteile mit Spannungsumschalter 115/230 V sind auf eine mittlere Eingangsspannung von 160 V optimiert und erreichen dabei ihren höchsten Wirkungsgrad. Sie besitzen zwei in Serie geschaltete Kondensatoren mit 200 V und mindestens 220 µF (bei 250 bis 300 W Nennleistung). Um die Spannung gleichmäßig auf die Kondensatoren zu verteilen, sind Varistoren (spannungsabhängige Widerstände) parallel zum jeweiligen Kondensator geschaltet. Der Spannungsumschalter brückt in der Stellung 115 V eine Phase der Netzspannung zwischen die beiden Kondensatoren. Auf diese Weise wird aus dem Brückengleichrichter ein Zweigegegleichrichter. Hierdurch entsteht der klassische Spannungsverdoppler in Delon-Brückenschaltung.

Einige Netzteile können ab 80 bis 240 V Eingangsspannung verarbeiten. Diese Netzteile erreichen dies mit einem überdimensioniertem primärseitigen 450-V-Kondensator. Die Spezifikationen der Passiv-PFC sind damit weitgehend erfüllt. Sie werden ggf. über eine am Gleichrichter in Reihe geschaltete Induktivität gewährleistet. Leider kommen teilweise 400-V-Kondensatoren zum Einsatz. Diese können eine Fehlerquelle darstellen, da bereits bei 230 V die Spitzenspannung zuzüglich Netzspannungstoleranz über 400 V liegt.

Im Eingang sind sowohl eine Schmelzsicherung, als auch ein NTC (Heißleiter zur Begrenzung des Einschaltstromes) Serie geschaltet.

Sicherheit

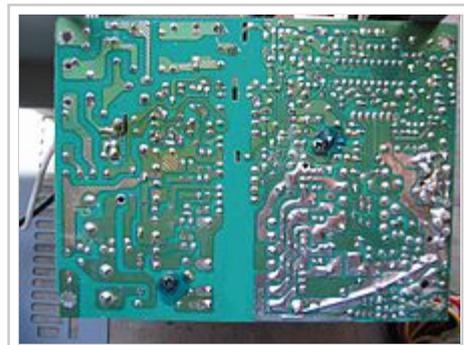
PC-Netzteile sind versiegelt. Sie unterliegen verschiedenen Normen, wie u. a. dem CE-Zeichen und der damit verbundenen EN 60950 (der europäischen Version der IEC 950), und der EN 55022, in der Geräteklasse der Anwendung des PCs als Heim- oder Industriegerät, wobei der Bürobereich Überschneidungen bietet. Das Netzteil liefert Ausgangsströme über 8A und bedarf daher des Betriebes in einem geeigneten (PC)-Gehäuse, das abschmelzende Kabel nicht zum Brandherd werden lässt. Mit dem ATX-Standard sind sämtliche Teile, die Netzspannung führen wieder im Netzteil untergebracht, dies war selbst beim IBM XT der Fall, dessen Schalter im Netzteil durch eine Aussparung im PC-Gehäuse bedienbar war. AT-Netzteile hatten einen in den PC herausgeführten Netzschalter, dessen Stecker oder Lötösen teilweise unzureichend isoliert, sowie die aus der KFZ-Technik bekannten 6,3 er Kabelschuhe oft nicht gegen herausziehen gesichert waren. Häufig war der damit vorgeschriebene Schutzleiter an einer tragenden Schraube und nicht dediziert montiert. Hat das Netzteil eine Kaltgerätedose (Netzspannungsausgang), so werden beide Leiter durch den Hauptschalter (4-polig) getrennt, sonst genügt ein einfacher Schalter (2-polig).

Es befanden sich Netzteile auf dem Markt, deren Leiterplatten die Mindestabstände zwischen Primär- und Sekundärstromkreis unterschritten. Außerdem waren Netzteile am Markt, die einen ungeerdeten gemeinsamen Kühlkörper für Bauteile des primären und sekundären Schaltkreis hatten. Zudem ist zu beachten, dass Netzteile bei erkannter Fehlfunktion abschalten und die primären Elkos noch bis 60 Minuten nach Trennung von Netz gefährliche Spannung führen können, sofern die parallelgeschalteten Entladewiderstände funktionieren, sonst länger. Gefälschte, ungeeignete und unterdimensionierte Elkos können platzen und deren Alufolien und -bechergehäuse Spannungsführende Teile auf die Sekundärseite lebensgefährlich verbinden und Kurzschlüsse verursachen. Die Elkos sind daher an benachbarte Bauteile angeklebt um ihre Bestandteile zurückzuhalten.

PFC

In der EU verkaufte elektrische Verbraucher mit einer Nennleistung über 75 W - also sämtliche PC-Netzteile - müssen über einen Leistungsfaktorkorrekturfilter (*englisch* *Power Factor Compensation*, daher *PFC* abgekürzt) verfügen. Von diesen gibt es zwei Bauformen. Die passive Version ist vergleichsweise billig, schwer und nur begrenzt wirksam. Die zweite, teurere Lösung ist ein aktiver Filter, der zudem eine bessere Wirkung aufweist. Die 80-PLUS-Zertifizierung schreibt einen Leistungsfaktor über 0,9 vor, der mit einer passiven PFC nur schwer erreichbar ist, sodass de facto sämtliche 80-PLUS-Netzteile einen aktiven Filter besitzen. In der Praxis bewegen sich aktive PFCs zwischen 0,95 und 1.

Wirkungsgrad



Lötseite einer Netzteil-Leiterplatte (mit eingehaltenen Sicherheitsabständen)



Überlastete Elkos im PC-Netzteil



Explodierter Kondensator im PC-Netzteil

Ein wichtiges Merkmal eines PC-Netzteils ist sein Wirkungsgrad, der von der technischen Qualität der Konstruktion und der elektrischen Belastung abhängt. Allgemein gilt ein Wert von 80 % als untere Grenze für ein Netzteil mit „gutem“ Wirkungsgrad. Ursächlich hierfür ist vermutlich die 80-PLUS-Kampagne, für die ein Mittelwert von Bedeutung ist, der an den Leistungspunkten 20 %, 50 % und 100 % gemessen wird. Die derzeit besten Netzteile liegen im Bereich von 88 % Wirkungsgrad bei 20 % und 100 % Belastung und über 90 % Wirkungsgrad bei 50 % Last. In unteren Preisklassen sind noch Modelle mit einem Wirkungsgrad von weniger als 50 % erhältlich. Wie die Wirkungsgrade für andere Lastwerte aussehen, lässt sich aus dem angegebenen Wirkungsgrad nicht ersehen, es wird jedoch allgemein davon ausgegangen, dass es hierbei nur kleine Abweichungen gibt und einzelne Netzteil-Tests bestätigen dies auch. Bei einer Belastung von unter 20 % sinkt der Wirkungsgrad allerdings stark.

Letzteres führt zu Problemen, da sich der Netzteil-Markt in den letzten Jahren immer mehr von der sonstigen Entwicklung im PC-Markt abgekoppelt hat. Netzteile, die über eine „80 PLUS“-Kennzeichnung verfügen, sind erst ab einer Nennleistung von 300 bis 350 Watt im Einzelhandel zu bekommen; Modelle mit bis zu 90 % Wirkungsgrad oft erst ab 500 Watt. Technisch wäre anderes möglich. So ist beispielsweise bei Dell ein 235-Watt-Modell im Angebot, das an den Prüfpositionen 20 %, 50 % und 100 % im Mittel einen Wirkungsgrad von knapp über 90 % erzielt.^[1]

Im Gegensatz dazu hat ein moderner PC ohne dedizierte Grafikkarte, wie oft im Office-Bereich eingesetzt, im Leerlauf meist nur eine Leistungsaufnahme von 40 bis 50 Watt, die unter Last selten über 100 Watt steigt.^[2] Hierfür wären also Netzteile mit einer Nennleistung von maximal 200 bis 250 Watt sinnvoll, um die 20 % Last nicht zu unterschreiten. Eine Leistungsaufnahme von 350 Watt wird hingegen normalerweise erst bei der Verwendung von Hochleistungsgrafikprozessoren (insbesondere sogenannter *Dual-GPU-Karten* wie Nvidia GeForce GTX295 oder ATI Radeon HD 4870 X2) überschritten.^[3] Bei noch umfangreicheren Konfigurationen ist dann eine Leistungsaufnahme von mehr als 1000 Watt möglich.^[4]

Eine Optimierung des Wirkungsgrades hängt von den verwendeten Siebkondensatoren ab, je schneller sie altern desto häufiger muss vermeidbar geschaltet werden, was einen Verlust mit sich bringt. Wesentliche Einsparungen an Energie brächte der Einsatz Synchrongleichrichtern auf der Sekundärseite mit sich. Auf Dioden fallen je nach Technologie und Halbleitermaterial 0,7 bis 0,3 V ab, während Transistoren auf weit unter 0,2 V möglich sind, was sich auf die Ausgänge der 3,3 V und 5 V besonders (mit bis zu 10 W Einsparung je nach Anwendung) auswirkt, die nichtmehr über den Kühlkörper abgegeben werden müssen. Die Erhöhung des Schaltfrequenzbereiches verkleinert und optimiert die Übertrager, verteuert zudem die Schalttransistoren. Ein weiterer Verlust kann bauartbedingt in der PFC auftreten.

Lebensdauer

Gut ausgelegte und mit vollwertigen Bauteilen gefertigte Netzteile können zehn Jahre gut überdauern, wenn sie in sauberen und kühlen Räumen betrieben werden. Falsch dimensionierte fallen nach etwa ein bis drei Jahren aus. Die Schmiermittel in den Lagern der Lüfter unterliegen einem starken Alterungsprozess nicht zuletzt durch die Aufnahme von Abrieb. Lüfter sind je nach Größe und Drehzahl ab 50.000 Stunden Lebensdauer spezifiziert, was einem Dauerbetrieb von 5,7 Jahren entspricht. Kugellager können eine längere Lebensdauer aufweisen, während bei Gleitlagern das Schmiermittel ausgetauscht werden kann. Die



Geöffneter 80 mm Lüfter mit Gleitlager

Lüftermotoren sind bürstenlos. Elektrolytkondensatoren trocknen auf Dauer aus. Unter ihren spezifizierten Grenzbedingungen wie höherfrequenter Rippel- und Mischstrom und hohen Temperaturen (85 oder 120 °C je nach Elektrolyt) wird deren Lebensdauer zwischen 1000 und 6000 Stunden angegeben, womit in dieser Betriebsart nach sechs Wochen die Lebensdauer erreicht wäre. Je weiter von der Extrembelastung Abstand gehalten wird, vervielfacht sich die tatsächliche Lebensdauer bis zur annähernden Lagerlebensdauer. Des Weiteren können Wärmeleitpasten verharzen oder aushärten, die die Gleichrichter und Schalttransistoren auf die Kühlkörper thermisch koppeln. Kabelisolierungen und Steckverbindungen folgen in rund 15 bis 30 Jahren nach Herstellung.

Stecksysteme

Seit ca. 2006 werden bei einigen Netzteilen Stecksysteme für die internen Anschlüsse angeboten, oft „Kabelmanagement“ genannt. Dabei sitzen an der Innenseite des Netzteils mehrere Buchsenleisten. Die Kabel zu Grafikkarten und Laufwerken, in Einzelfällen auch die zur Versorgung der Hauptplatine, sind daran steckbar. Diese Systeme führen einerseits zu einer größeren Flexibilität, da nicht benötigte Kabel entfernt werden können und nicht den Kühlluftstrom behindern können oder Kabel in unterschiedlichen Längen angeboten werden können. Allerdings führen diese Steckverbindungen durch den Übergangswiderstand am Steckverbinder zu einer leicht verschlechterten Effizienz und Überlastungen oder Wackelkontakte können zu Ausfällen führen.

Passive gekühlte Netzteile

Als „passiv gekühlt“ wird ein Netzteil bezeichnet, das über keinen Lüfter zur Wärmeabfuhr verfügt, sondern hierfür relativ große Rippenkühler verbaut sind. Selten wird ein Peltier-Element eingesetzt. Letzteres erlaubt die Abfuhr größerer Wärmemengen, erhöht wegen des sehr schlechten Wirkungsgrads aber den Stromverbrauch und produziert selbst Wärme, die das Gehäuseinnere des PCs weiter aufheizt und die anderweitig abgeführt werden muss. Passiv gekühlte Netzteile sind selbst zwar im Gegensatz zu aktiv gekühlten Netzteilen geräuschlos, die gegebenenfalls erforderlichen zusätzlichen Gehäuselüfter oder auch Wasserkühlungen nicht.

Eine Abwandlung sind semi-passive Netzteile, die zwar über einen Lüfter verfügen, der aber nur bei Bedarf eingeschaltet wird. Dies ist bei einigen modernen Netzteilen der Fall, die einerseits einen hohen Wirkungsgrad (~90 %) besitzen, der die Wärmemenge reduziert, und andererseits einen hohen Leistungsbereich abdecken, der zusätzliche Kühlung erfordern kann.

Redundante Netzteile

Redundante Netzteile werden bei Servern und wichtigen Computern eingesetzt, um die Ausfallsicherheit zu erhöhen. Meist sind zwei oder drei Netzteileinschübe in einem gemeinsamen Netzteilkäfig montiert. Die Einschübe können eine gemeinsame Netzzuleitung über den Einbaurahmen haben. Dies kann eine Schwachstelle sein, da die Elektronik des Einbaukäfigs nur einmal vorhanden ist. Besser sind Geräte mit einer passiven Backplane, bei denen jeder Einschub einen eigenen Netzanschluss aufweist. Oft wird dann ein Netzteileneinschub direkt an der Hausstromversorgung angeschlossen, und die anderen Einschübe über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Falls einer der Netzteileneinschübe ausfällt, läuft der Server ohne Unterbrechung weiter. Bei der oben genannten Anschlussart läuft der Server auch weiter, wenn die USV durch einen Defekt ausfällt, erst ein Doppelfehler führt zum Ausfall. Redundante Netzteile besitzen häufig getrennte Eingänge für Netzspannung und können damit über verschiedene Sicherungen und USVs geschaltet werden.

Formate

Nahezu sämtliche IBM-PC-kompatible Computer werden heute nach dem ATX-Format oder einem damit verwandten Format mit dem gleichen Anschlussstecker versorgt (SFX, TFX). Bis etwa Mitte der 1990er Jahre war dagegen das AT-Format üblich. Daneben gab es das kurzlebige BTX-Format in der Ära des Intel Pentium 4.

Maße und Befestigungsmöglichkeiten sind in den Gehäusenormen festgelegt, die jedoch nur die Breite und Höhe, nicht jedoch die Tiefe definieren. So kann die Verwendung eines leistungsfähigen Netzteils zu einem Platzproblem führen, das speziell bei kleinen Gehäusen thermische Probleme nach sich zieht.

Es gibt Hersteller von PC-Komplettsystemen und Servern, die von den Standards der Steckerbelegung abweichen. Aus Kostengründen finden jedoch dieselben Steckerreihen Verwendung. Dies ist bei genauer Betrachtung der Kabelfarben und Reihenfolge bereits offensichtlich.

AT-Format



Redundantes PC-Netzteil für ein 19"-Gehäuse



Redundantes PC-Netzteil mit separaten Eingängen

Die AT-Netzteile (*Advanced Technology*) unterscheiden sich von heutigen Netzteilen insbesondere dadurch, dass sie einen herausgeführten Schalter besitzen. Diese Schalter befanden sich ursprünglich direkt im Netzteilgehäuse und waren auf der Rückseite oder durch eine Gehäuseaussparung seitlich erreichbar. Später wurden sie mittels einer Netzleitungsverlängerung in der Front des PC-Gehäuses untergebracht, wobei es keinen übergreifenden Standard für die Art, die mechanische Bauform und die Montage des verwendeten Schalters gibt.

Sie schalten das Netzteil und damit den PC auf der Netzspannungsseite physikalisch aus. Es gibt also keine Stand-By-Modi.

Ferner ist der Stromanschluss für ein AT-Mainboard mit zwei mechanisch identischen, aber unterschiedlich belegten Steckern realisiert. Im Normalfall werden sie nebeneinander gesteckt, mit den schwarz markierten Adern zueinander. Die beiden Steckerhälften waren nicht mechanisch kodiert und konnten daher auch vertauscht aufgesteckt werden, was zu einem Kurzschluss führt.

An Steckverbindungen bieten diese Netzteile:

- zweiteiliger Stecker zur Stromversorgung der Hauptplatine ($\pm 12\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$ und GND)
- 4-Pin Molex (für interne Peripherie wie Festplatten u. Ä.) (5 und 12 V)
- 4-Pin Floppy Disk-Stromversorgung (5 und 12 V)

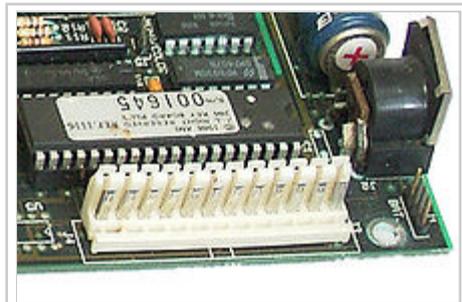
Netzteilstecker

Farbe	Pin	Signal
orange	P8.1	Speisung gut
rot	P8.2	+5 V
gelb	P8.3	+12 V
blau	P8.4	-12 V
schwarz	P8.5	Masse
schwarz	P8.6	Masse
schwarz	P9.1	Masse
schwarz	P9.2	Masse
weiß	P9.3	-5 V
rot	P9.4	+5 V
rot	P9.5	+5 V
rot	P9.6	+5 V

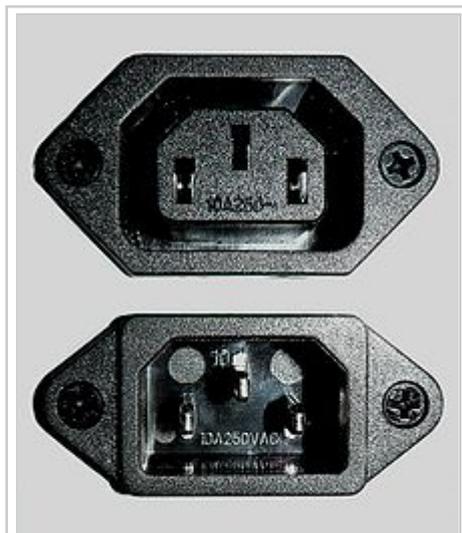
ATX-Format



AT-Netzteil



Anschlussleiste AT-Hauptplatine



Kaltgerätestecker Netzspannungs Aus- und Eingang.

Bei ATX ist der Ausgang nur in Ausnahmen vorhanden und auf Dauerstrom oder über ein Relais geschaltet

ATX steht für *Advanced Technology Extended*. Bei ihrer Einführung 1995 verfügten diese PC-Netzteile über folgende Steckverbinder:

- 20-Pin (Steckerbelegung) zur Stromversorgung der Hauptplatine
- 4-Pin Molex (für interne Peripherie)
- Floppy Disk-Stromversorgung

Außerdem in neueren Ausführungen

- 24 statt 20-Pin (Steckerbelegung) zur Stromversorgung der Hauptplatine
- 4-Pin Hauptplatine (ATX12V bzw. „Intel P4-fähig“)
- 8-Pin Hauptplatine (EPS12V-Standard, statt dem 4-Pin Stecker, Intel-Multicoreprozessoren nach Core2, i7 etc.)
- 6 oder 8 Pin PCI-E (Anzahl variiert, meist für leistungsstarke PCI-E Steckkarten wie Grafikkarten)
- S-ATA (zum Anschluss interner Peripherie bzw nur S-ATA Geräte)
- optional Tachosignalstecker zum Anschluss auf die Hauptplatine zum Auslesen der Netzteil Lüfter-Drehzahl

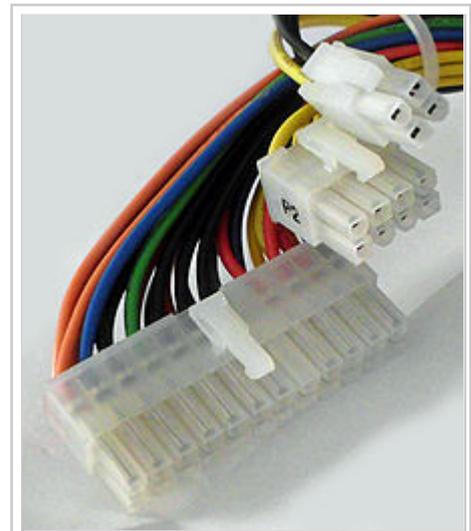
Die übliche Bauform eines PC-Netzteils ist ein quaderförmiges Blechgehäuse mit einer Euro-Kaltgeräte-Buchse für die Netzspannung, optional einem Netzschalter (dann in seltenen Fällen mit einer Euro-Kaltgeräte-Steckerbuchse zur mitgeschalteten Monitor-Stromversorgung) sowie einem oder mehreren Lüftern. Ursprünglich dienten die Lüfter nicht nur der Kühlung des Netzteils selbst, sondern der Kühlung des Rechners insgesamt, indem der oder die Lüfter des Netzteiles Luft nach außen fördern, somit im Rechnergehäuse Luft durch diverse Schlitze und Öffnungen angesaugt wird und am Netzteil das Gehäuse wieder verlässt.

Bei leistungsstarken Computern reicht die Kühlwirkung des Netzteil Lüfters allein meist nicht mehr aus und muss durch andere Maßnahmen, beispielsweise zusätzliche Gehäuselüfter, ergänzt werden.

PC-Netzteile lassen sich - sofern spezifiziert - an Stromnetzen mit unterschiedlicher Spannung betreiben. Die Umschaltung kann manuell oder automatisch erfolgen. Bei manueller Umschaltung, die meist über einen nur mit einem Werkzeug zu betätigenden Schalter erfolgt, besteht bei falscher Einstellung die Gefahr einer sofortigen Zerstörung des Netzteils. Moderne Netzteile weisen häufig eine automatische Anpassung auf, die den Betrieb zwischen 100 V (teilweise ab 80 V) und 240 V Netzspannung erlauben.

Das Netzteil wird am Ausschnitt der Rechnergehäuse-Rückwand mit vier Schrauben befestigt.

Es existieren auch Sonderbauformen, z. B. wassergekühlte Umbauten.



24pin Hauptstrom, 8pin CPU, 4 Pin CPU - Netzteil Seite



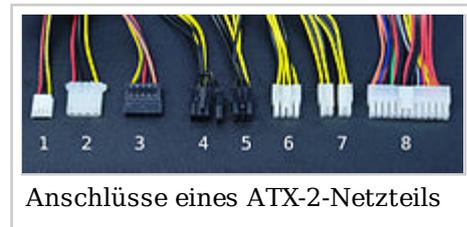
24pin Hauptstrom, 8pin CPU, 4 Pin CPU - Motherboard Seite

PC-Netzteile müssen mindestens folgende Ausgangsspannungen zur Verfügung stellen: +12 V, +5 V, +3,3 V, -12 V, +5 VSB (Standby-Spannung), wobei nach dem neuesten ATX-Standard mindestens zwei +12-V-Schienen vorhanden sein müssen. Der Nutzen mehrerer 12-V-Leitungen ist aber umstritten, da diese ursprünglich dafür vorgesehen waren, eine stabile Stromversorgung bei zunehmender Last zu gewährleisten. Eine 12-V-Leitung darf laut ATX-Spezifikation nicht mehr als 20 Ampere haben, bevor eine zusätzliche Leitung notwendig wird. Es hat sich aber gezeigt, dass die Netzteilhersteller keine Probleme haben, ihre Netzteile so zu entwickeln, dass sie eine höhere Leistung weit über 20 Ampere hinaus leisten können. Bei Verlängerungs-, Y- und Adapterkabeln kann die Kurzschlussfestigkeit beeinträchtigt sein.

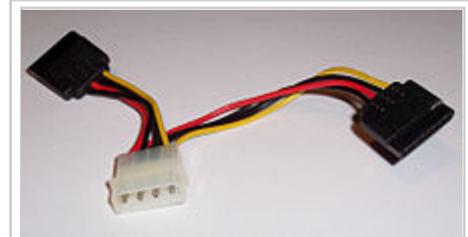
Die Spannungen werden u. A. für Folgendes gebraucht:

- +12 V: CPU, Grafikkarte, Laufwerke
- +5 V: CPU, Grafikkarte, Laufwerke, externe Anschlüsse (z. B. USB)
- +3,3 V: traditionell für den Arbeitsspeicher und für einige der Hauptplatinenteile, bei älteren Hauptplatinen auch für die CPU
- -5 V, -12 V: werden nicht in allen Systemen gebraucht, z. B. Soundkarten, serielle Schnittstellen. Die -5-V-Leitung ist in den neuen ATX-Standards nicht mehr zwingend vorgeschrieben und daher nicht mehr bei jedem Netzteil vorhanden.
- +5 VSB: ausschließlich für Standbymodus

Auf der Rückseite von ATX-Netzteilen befindet sich meistens ein Netzschalter, der die Stromversorgung des Netzteils komplett ausschaltet. Der normale ATX-Schalter am Gehäuse ist nicht mit dem Netzteil verbunden, sondern mit der Hauptplatine. Die Wirkung ist, dass der Rechner nicht komplett vom Netz getrennt ist, sondern dass auch bei „ausgeschaltetem“ Rechner Strom verbraucht wird (meist unter 5 W, falls externe USB-Geräte versorgt werden, auch mehr) über eine „Standby“-Schaltung des Netztesiles, und dass der Rechner befähigt wird, über den Einschalttaster (regulärer Start), über eine Tastatur („wake on key“), durch ein PCI- oder PCIe-Gerät, oder über Modem bzw. Netzwerk „aufgeweckt“ zu werden („wake on modem“, „wake on LAN“). Des Weiteren gibt es bei vielen Firmware/BIOS-Ausführungen die Möglichkeit, den Rechner nach einen Zeitplan aufzuwecken (z. B. immer um 4 Uhr nachts). Es ist möglich, durch viele andere Ereignisse den Rechner aufzuwecken, wenn dies durch die Firmware unterstützt wird (z. B. durch coreboot). Die Hauptplatine legt dazu das „Signal Speisung ein“ (Pin 16 bei ATX-24, Pin 14 bei ATX-20) des Netzteilsteckers auf Masse, daraufhin geht das Netzteil in den normalen Betriebsmodus. Alle diese Betriebsmodi können im BIOS eines modernen Computers konfiguriert werden; sie funktionieren sämtlich jedoch nur mit einer Stromversorgung im „standby“-Betrieb des Netztesiles. Standby-Schaltungen stehen aufgrund ihres kontinuierlichen Stromverbrauches in der Kritik. Es bestehen zudem Sicherheitsrisiken bei ferngesteuert aufweckbaren Rechnern. Deshalb lässt sich bei vielen Hauptplatinen „wake on LAN“ ausschalten. Diese Risiken und der Stromverbrauch im ausgeschalteten Zustand lassen sich durch den Betrieb an einer schaltbaren Steckdosenleiste vermeiden, durch die der Rechner sowie gegebenenfalls angeschlossene Peripheriegeräte bei Nichtgebrauch stromlos gemacht werden kann. Moderne Hauptplatinen durchlaufen jedoch häufig nach einem kompletten Stromausfall einen abweichenden Systemstart, der deutlich länger dauert als der Start aus dem Standbymodus.



Anschlüsse eines ATX-2-Netzteils



SATA-Molex 4-Pol-Adapter, der keine 3,3 V an das SATA-Laufwerk gibt

Häufig werden angeschlossene USB-Geräte auch über die +5VSB mit Strom versorgt, sodass man sie z. B. zum Aufladen anderer Geräte benutzen kann.

Für den Einbau in kleine Gehäuse sind die Maße wichtig.

	Tiefe	Breite	Höhe
ATX	140	150	84
ATX large	160	150	84

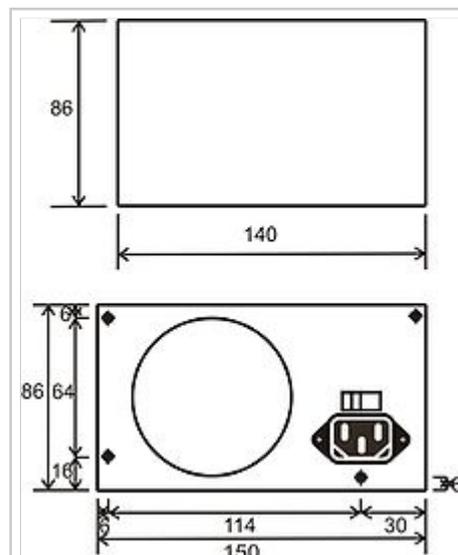
Zu beachten ist in obiger Tabelle jedoch, dass die Werte für die Tiefe nur Richtwerte darstellen, deren Einhaltung im ATX-Standard nicht verbindlich vorgeschrieben ist. Leistungsfähige Netzteile erreichen auch 19 cm Einbautiefe und mehr.

ATX-Netzteilstecker

Beim 20-poligen Stecker fehlen die letzten 4 Pins (11, 12, 23 und 24).

Farbe	Signal	Pin	Pin ¹	Signal	Farbe
	+3,3 V	1	13 (11)	+3,3 V + Rückmeldung ²	
	+3,3 V	2	14 (12)	-12 V	
	Masse	3	15 (13)	Masse	
	+5 V	4	16 (14)	Speisung ein	
	Masse	5	17 (15)	Masse	
	+5 V	6	18 (16)	Masse	
	Masse	7	19 (17)	Masse	
	Speisung gut	8	20 (18)	-5 V ³	
	+5 V Standby	9	21 (19)	+5 V	
	+12 V	10	22 (20)	+5 V	
	+12 V	11	23	+5 V	
	+3,3 V	12	24	Masse	

¹ In Klammern die Anschlußzählung für den 20-Pin-Stecker



Mechanische Spezifikation zum Einbau ins PC-Gehäuse (AT/ATX-Format)



ATX 20 Pin Hauptplattenanschluss mit 4-Pin-Erweiterung

² Dieser Pin ist meist mit zwei Leitungen belegt, eine führt 3,3 V, die zweite, oft dünnere und gelegentlich in anderer Farbe, dient als Meßleitung zur besseren Spannungsregulierung („Sense“)

³ Ist 2005 weggefallen, seitdem unbelegt

Spannungstoleranzen bei ATX-Netzteilen

Es sollten alle Verbraucher (Festplatten, Mainboard, Optische Laufwerke, ...) beim Messen angeschlossen sein.

Farbe	Signal	Toleranz ±	Min.	Max.
	Masse			
	+3,3 V	5 %	+3,14 V	+3,47 V
	-12,0 V	10 %	-10,80 V	-13,20 V
	+5,0 V	5 %	+4,75 V	+5,25 V
	-5,0 V	10 %	-4,50 V	-5,50 V
	+5,0 V	5 %	+4,75 V	+5,25 V
	+12,0 V	5 %	+11,40 V	+12,60 V
	Power On			

BTX-Format

Der thermisch sehr anspruchsvolle Prozessor Pentium 4 erforderte ein besonderes Luftströmungsregime im Gehäuseinneren, um ausreichend gekühlt zu werden. Zu diesem Zweck wurde das aufwändige Format BTX (für *Balanced Technology Extended*) entwickelt, das unter anderem verschiedene Innentüren enthält, die während des Betriebs geschlossen bleiben müssen, damit die Kühlluft wirklich dorthin strömt, wo sie benötigt wird.

Das Netzteil unterscheidet sich gegenüber ATX hauptsächlich in einer wesentlich höheren Leistung als bei ATX üblich und einem zusätzlichen 4-poligen 12-V-Stecker, der eine störungsfreie Übertragung der hohen Ströme der 12-V-Schaltkreise gewährleisten soll. Dieser 12-V-Stecker wurde als ATX12V auch ins ATX-Format übernommen - dadurch sind moderne ATX-Netzteile mit den BTX-Netzteilen sowohl elektrisch als auch mechanisch vollkommen identisch und untereinander austauschbar, d.h. man kann ein beliebiges ATX12V-Netzteil in ein BTX-Gehäuse einbauen und BTX-Hauptplatinen damit betreiben.

Da die Nachfolger des Pentium 4 weniger elektrische Energie verwenden und die neueren Prozessoren somit wesentlich weniger Abwärme entwickeln, konnte wieder zum einfacheren und kostengünstigeren ATX-Format zurückgekehrt werden, und BTX hat sich somit am Markt nicht durchsetzen können.

CFX Format

Dieses Format ist als Erweiterung des BTX-Formats zu sehen. Entwickelt für kleine Gehäuse.

Im unteren Bereich ist dieses Netzteil nur 101,6 mm breit und verbreitert sich nach 46 mm auf 150 mm. Die Höhe beträgt insgesamt 86 mm und die Tiefe 96 mm.

EPS Format

Als Erweiterung zum ATX Format gibt es das EPS-Format (entry-level power supply) für noch stärkere Netzteile für Workstations und Server. Nur hier kann die Tiefe auch 180 bzw. 230 mm betragen.

SFX Format

Um noch kleinere Computer herstellen zu können, gibt es neben den bekannten ATX-Netzteilen auch das SFX-Format. Dieses wurde durch Intel im Jahre 1997 vorgestellt. Die Verbindung zur Hauptplatine nimmt der gleiche 20- bzw 24 polige Stecker auf, wie er auch weiter oben beim ATX Formfactor. Teilweise wird auch von einem microATX Format gesprochen

Die Abmessungen sind (B x H x T) 100 x 63,3 x 125 mm, wobei die Tiefe nicht fest vorgeschrieben ist. Des Weiteren wird oft auch der Netzteil Lüfter außen aufgesetzt.

TFX Format

Oft für flache Desktopgehäuse (SFF = Small Form Factor) wurde noch der TFX-Standard (thin format factor) im Jahre 2002 von Intel entwickelt. Auch hier werden die Standard-Anschlüsse wie sie vom ATX Netzteil bekannt sind verwendet.

Die Abmessungen sind (B x H x T) 85 x 65,2 x 175 mm, Auch hier wird oft auch der Netzteil Lüfter außen aufgesetzt.

LFX Format

Das LFX Format (low profile form factor) wurde im Jahre 2004 von Intel entwickelt. Auch dieses Format verwendet den bekannten 24 poligen ATX Power Connector.

Dieses Netzteil ist nur 62 mm breit, 72 mm Hoch und dafür 210 mm tief.

Andere Verwendung

Prinzipiell ist es möglich, PC-Netzteile zur Versorgung anderer Schaltungen einzusetzen, sofern die Spezifikationen von Schaltung und Netzteil harmonieren und ein entsprechender Einbau gemäß der Sicherheitsrichtlinien erfolgt. Nicht definiert ist die Versorgung ungefilterter hochfrequenter Lasten. Mit dem Betrieb außerhalb von geeigneten Umgehäusen ist die Richtlinie 2006/95/EG (Niederspannungsrichtlinie) bereits verletzt. Hersteller sichern sich mit Klauseln in den Garantie-, Sicherheitshinweisen und -bedingungen ab wie „Nur zur vorgesehenen Verwendung“.

Umbauten für andere Verwendung

Da PC-Netzteile Massenware sind, sind die Entwicklungskosten wegen der hohen Stückzahlen je Einzelgerät gering und viele Hersteller aus mehreren Ländern Asiens stehen im regen Wettbewerb am Markt und kämpfen im Preis-Leistungs-Verhältnis um den Kunden. Des Preises wegen bietet es sich an, diese Netzteile für andere Zwecke einsetzbar zu machen. Durch den Umbau gehen möglicherweise die Kurzschlussfestigkeit und Eigenschaften gemäß den Herstellerspezifikationen verloren. Zudem geht die Produkthaftung auf den Bastler über und der Gewährleistungsanspruch geht verloren. Er muss sich über die Funktion und Auswirkungen im Klaren sein, da dies die Sicherheit des Gerätes betrifft. Unsachgemäße Umbauten können Kurzschluss, Brand (auch der Gebäude),

elektrischer Schlag und Zerstörung angeschlossener Schaltungen und Geräte zur Folge haben. Auch die mit über 400 V geladenen primären Siebkondensatoren behalten diese Ladung nach dem Trennen von Stromnetz.

Grundlagen

Die einfachsten Umbauten^[5] bestehen in einer Mindestlast wie einer Leuchtdiode (LED) über Vorwiderstand oder einem Lastwiderstand, welche die Hauptplatine des Computers ersetzen. Zusätzliche Elektrolytkondensatoren am Ausgang können erforderlich werden, da diese Kondensatoren auf einer angeschlossenen Hauptplatine ebenfalls vorhanden wären. Sie verringern notwendige die Mindestlast, da sie Impulsstrom aus dem Transformator auffangen und dadurch das Ansteigen der Ausgangsspannung verringern. Dadurch kommt es nicht zur Überspannungserkennung und Notabschaltung.

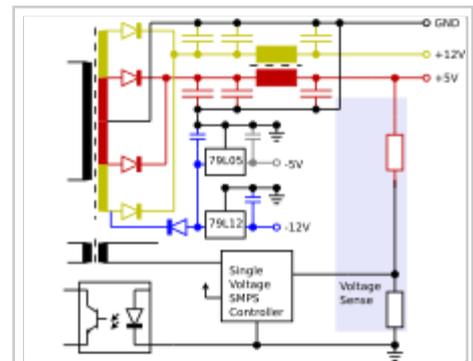
ATX-Netzteile erfordern die Beschaltung der grünen Leitung „Power-On“, um das Netzteil zu aktivieren. Ein Schalter oder Zeitglied kann erforderlich sein, da der Regler vom Standby-Schaltkreis abhängig sein kann. Mit unvollständig geladenen primären Siebkondensatoren kann der Regler fälschlich einen Kurzschluss erkennen, da die Ausgangsspannung nicht rechtzeitig aufgebaut werden kann, da die Kurzschlusserkennung überwiegend auf Zeit funktioniert. Der Kurzschluss wird erkannt, wenn die Ausgangsspannung nicht in der definierten Zeit aufgebaut worden ist.

Andere Ausgangsspannungen

Der Hauptübertrager ist einem bestimmten Verhältnis an Windungszahlen fest konfiguriert und mit Harz versiegelt. Seine Isolationsfestigkeit von 5000 Volt in Stückprüfung sichergestellt worden. Ein Eingriff ist daher in den wenigsten Fällen zielführend und unter Umständen lebensgefährlich. Die sekundären Elektrolyt-Siebkondensatoren, sowie die Blockkondensatoren am Regler, sind auf gängige Maximalspannungen wie 4; 6,3; 10; 16 und 25 V ausgelegt. Elkos für 25 V werden nach den Gleichrichtern leerlaufender Spannungsausgänge eingesetzt wie z.B. -12 V oder Standby-By. Sie müssen sowohl die jeweilige Ausgangsspannung als auch impulförmige Rippelspannung aushalten. Die 12 V zu 13,8 V zu modifizieren liegt daher meistens im Rahmen der Grenzwerte der vorhandenen Bauteile. Geringfügige Änderungen haben auch geringere Abweichungen des jeweiligen Wirkungsgrades zur Folge. Wird die Ausgangsspannung nicht mehr oder nur verändert auf den einstellbaren Spannungsregler geführt, kann die Ausgangsspannung 12 V auf bis zu 26 V steigen. Der Ausgang für die 5 V erreicht bis zu 9 V. Diese jedoch bei niedrigeren Ausgangsströmen und massiver Verletzungen der Spezifikationen der Kondensatoren.

Da bei Umbauten überwiegend höhere Ausgangsspannungen gefragt sind, bestehen in den publizierten Umbauten mehrere Ansätze:

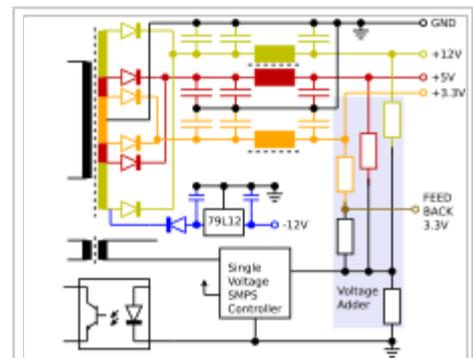
- Den Abgriff der Regelung von den 5 V auf die 12 V zu legen und anzupassen um letztere zu stabilisieren und sie in diesem Zug bei Bedarf zu modifizieren.
- Die Auftrennung der 5 V zur Rückspeisung des Reglers. Dafür werden die 12 V mit definiertem Spannungsabfall (über Spannungsteiler oder Dioden) auf den ursprünglichen 5 V Ausgang zur Rückspeisung des Reglers geführt. Die verbleibenden 7 V werden hier bei Bedarf modifiziert.
- Ein weiterer Weg ist die Erhöhung der 5 V, was zur Folge hat, dass auch die 12 V erhöht werden, jedoch nach wie vor nicht direkt geregelt sind. In diesem Fall werden die 5 V belastet, um das Schwanken der 12 V zu verringern.



Spannungsteiler zur Beschaltung des Schaltspannungsreglers und der damit verbundenen Einstellung und Regelung der Ausgangsspannung

Modifikation der Vergleichsspannung

Die schöne und verlustarme Lösung ist aufwändiger, da sie bei verschiedenen Netzteilen stets neu entwickelt und auf die jeweilige Schaltung angepasst werden muss. PC-Netzteile haben auf der Sekundärseite einen programmierbaren universellen Schaltspannungsregler. Die Programmierung erfolgt durch die Anpassung eines Spannungsteilers, der die gewünschte Ausgangsspannung auf die interne Referenzspannungsquelle des Reglers einstellt. Der Regler vergleicht nun den Abgriff des Spannungsteiler wiederum mit seiner internen Referenzspannung und steuert die Ausgangsspannung auf dieser Grundlage. Hierbei können auch andere Ausgänge wie die 12 V auf den Regler über einen modifizierten Spannungsteiler geführt werden. Dadurch werden die 12 V stabil und anderen Spannungen (3,3 V und 5 V) variieren im Lastverhältnis. Der Umbau erfordert eine teilweise Rückentwicklung der Schaltung, um ein definiertes Ergebnis zu erhalten. Ein Beispiel ist, von welcher Spannung der Regler selbst versorgt wird, um dessen Funktion zu erhalten.^{[6][7]}



Spannungssummierschaltung zur Beschaltung des Schaltspannungsreglers

Offsetspannung im Ausgang

Eine schnelle Möglichkeit besteht darin, die 5 V hinter den Siebkondensatoren aufzutrennen und die 12 V über eine leistungsstarke Zenerdiode oder adäquaten Serienschaltung aus Dioden (oder einem Spannungsteiler aus Lastwiderständen mit hohem Verlust) die verbleibenden 7 V (oder dem gewünschten Unterschied) abfallen zu lassen.^{[8][9]} Hierbei sind die 5 V im Leerlauf.

Siehe auch

- Geräuschminderung in Personalcomputern

Einzelnachweise

1. [http://www.80plus.org/manu/psu/psu_reports/RM112%20\(Colorado%20235W\)-80Plus-Rpt.pdf](http://www.80plus.org/manu/psu/psu_reports/RM112%20(Colorado%20235W)-80Plus-Rpt.pdf)
2. siehe c't 07/09, S. 151, „Prüfstand | x86-CPUs“
3. http://www.computerbase.de/artikel/hardware/grafikkarten/2009/test_ati_radeon_hd_4770/22/#abschnitt_leistungsaufnahme (Anmerkung: der Prozessor im Test ist so stark übertaktet, dass seine Stromaufnahme im Leerlauf jeden derzeit kaufbaren Prozessor deutlich übersteigt.)
4. legitreviews.com: "Intel recommends a kilowatt or better PSU for a system with 4 GB of memory, two GPUs, and two CPUs. If you want to run four GPUs and 8GB of memory, they recommend a PSU rated for over 1400 W!" (<http://www.legitreviews.com/article/661/1/>)
5. Kleinboelting, Mario: *Umbau eines PC Netzteils als 12V Gleichspannungsnetzteil* abgerufen am 28. Oktober 2012 (http://www.kleinboelting.de/project6_pc_netzteil_umbau.html)
6. lutzedd61: *Erforschung und Praxis an geregelten Schaltnetzteilen zum Zweck der Sondernutzung* abgerufen am 28. Oktober 2012 (<http://lutz.rene-nitschke.de/pcnt.html>)
7. Sprut: *PC-Netzteil als 12V-Schaltnetzteil* abgerufen am 28. Oktober 2012 (<http://www.sprut.de/electronic/switch/12vsnt/12vsnt.html>)
8. DL7IAB: *ATX-Netzteil 14V 16A aus Computerschrott* abgerufen am 28. Oktober 2012 (<http://www.mydarc.de/dl7iab/projekte/ATX%20Netzteil%2014V%2016A.html>)
9. DF5VB: *Umgebautes PC-Netzteil im Shack des Funkamateurs* abgerufen am 28. Oktober 2012 (<http://home.arcor.de/df6vb/pcnetz.htm>)

Weblinks

- Spezifikationen der einzelnen Formfaktoren (<http://www.formfactors.org/formfactor.asp>) (englisch)
- Zertifizierungsunternehmen energieeffizienter Netzteile (<http://www.80plus.org/80what.htm>) (englisch)
- Technische Aspekte zur aktuellen Netzteiltechnik (<http://www.pc-experience.de/wbb2/thread.php?threadid=30019>)

Von „<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=PC-Netzteil&oldid=113260300>“
Kategorie: Hardware

-
- Diese Seite wurde zuletzt am 22. Januar 2013 um 01:07 Uhr geändert.
 - Abrufstatistik

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; zusätzliche Bedingungen können anwendbar sein. Einzelheiten sind in den Nutzungsbedingungen beschrieben.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.