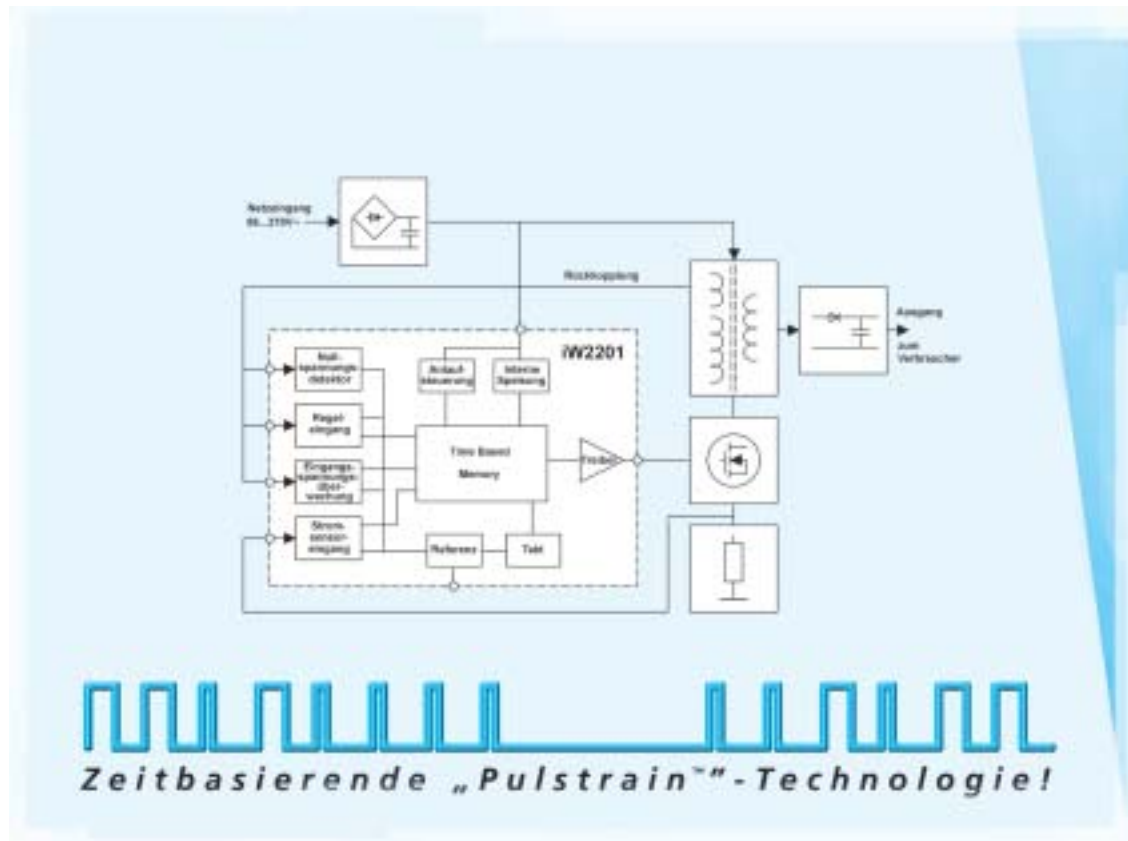


Sperrwandler in Digitaltechnik

Zeitbasiertes digitales Schaltnetzteil-IC ermöglicht neuartige Regelungstechnologie mit vereinfachtem Schaltungsaufbau

Eine neue Regelungstechnologie ermöglicht den Aufbau einer Schaltung, die sich immer wieder selbstständig an sich ändernde Umgebungsbedingungen anpasst. Zusätzlich sind Funktionen wie sekundärseitige Strombegrenzung und Kurzschlusschutz ohne aufwendige Zusatzbeschaltung zu erreichen. Durch den Aufbau aus einfachen digitalen Komponenten ist das Schaltnetzteil-IC gerade in hohen Stückzahlen preislich sehr attraktiv. Es eignet sich für den Aufbau einer AC/DC-Stromversorgung als Sperrwandler. JOCHEN KRAUSE



Dipl.-Ing. JOCHEN KRAUSE
ist Marketing-Leiter bei
HY-LINE Power Components
Vertriebs GmbH

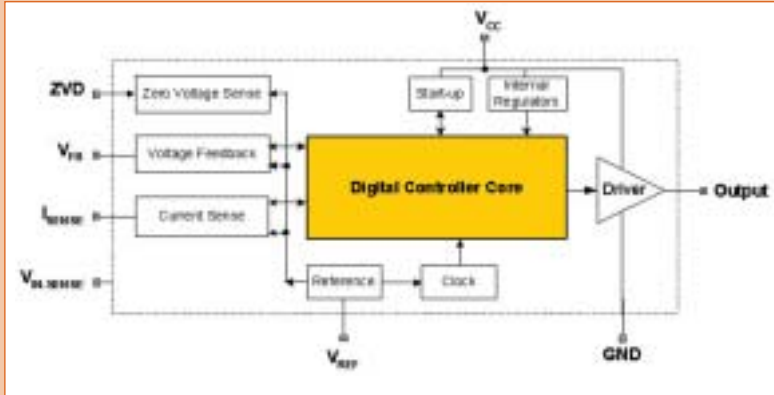
KONTAKT
Tel. +49/89/614503-10
power@hy-line.de

Die Pulsweitenmodulation (PWM) ist die Standardtechnologie für Schaltnetzteile im AC/DC- sowie im DC/DC-Bereich. Heutige Systeme haben hohe Sicherheitsanforderungen wie Kurzschluss- und Überstromschutz und verlangen eine gute Performance. Dieses kann bei PWM-Controllern nur mit zusätzlicher Beschaltung erreicht werden. Dadurch werden die Systeme aufwendig und teuer. Um Verluste zu reduzieren, setzt sich neben der PWM-Technologie immer mehr der Resonanzwandler durch. Das Schalten im Spannungsnullpunkt hat dabei auch entscheidende Vorteile in der EMV-Betrachtung. Der Resonanzwandler ist jedoch in Hinblick auf die Entwicklung und der Anpassung sehr aufwendig. Die PulseTrain-Technologie von iWatt geht einen neuen Weg. Ein besonderes Regelverfahren erreicht durch Nullspannungsschaltung einen hohen Wirkungsgrad im gesamten Lastbereich und bei

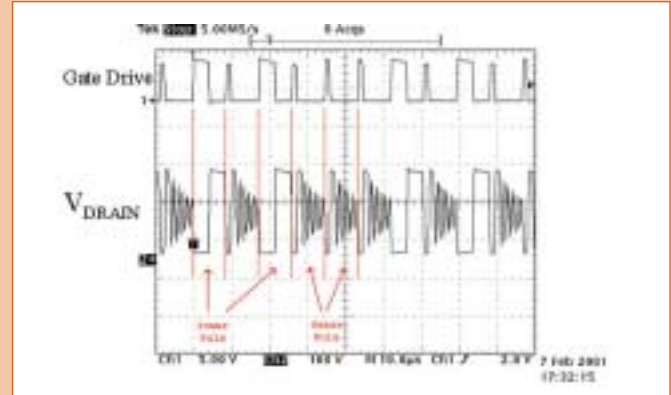
allen Eingangsspannungen. Die Puls-für-Puls-Regelung hat ein gutes dynamisches Verhalten, dennoch ist die Schaltfrequenz im Gegensatz zum Resonanzwandler von der Last unabhängig. Eine Leistungsbegrenzung sowie eine sekundärseitige Strombegrenzung sind durch die PulseTrain-Technologie gegeben. Dabei kommt die Schaltung ohne eine Rückführung der Ausgangsspannung aus, Optokoppler und Referenz entfallen. Trotzdem wird eine hohe Regelgenauigkeit von weniger als $\pm 1\%$ Toleranz erreicht. All diese Eigenschaften führen zu einer kostengünstigen Lösung.

Aufbau

Das IC von iWatt basiert weder auf analogen Komponenten noch werden aufwendige Mikrocontroller, DSP oder ASIC verwendet. Das IC besteht lediglich aus drei einfachen Kompara-



Innenschaltung des Schaltnetzteil-ICs iW2201



Oszillogramm bei nominaler Last

toren: Zero Voltage Sense, Voltage Feedback und Current Sense. Der Kern des digitalen Controllers ist ein einfaches Register, in welches zeitbasiert Informationen gespeichert werden können. Durch diesen Aufbau ist das IC sehr preisgünstig.

Methode

In der PulsTrain-Technologie werden zwei verschiedene Pulse definiert. Der Power-Puls dient der Leistungsübertragung von der Primär- auf die Sekundärseite. Bei dem Sense-Puls wird ebenfalls Leistung übertragen. Diese ist jedoch um ein Vielfaches kleiner als beim Power-Puls. Durch den Sense-Puls werden hauptsächlich Messwerte ausgelesen. Das Timing der Pulse und damit die Schaltfrequenz des Wandlers ist unabhängig von der Last. Durch die Abfolge von Sense- und Power-Puls wird die Regelung vorgenommen. Dabei wird bei jedem Puls die Entscheidung gefällt, ob ein Sense- oder ein Power-Puls folgt (Puls für Puls Regelung). Bei max. Last werden nur noch Power-Pulse geschickt. Bei kleiner Last kommen nur Sense-Pulse vor. Im Nennlastbetrieb liegt das Verhältnis zwischen Power- und Sense-Puls bei etwa 40:60. Das Besondere an der neuen Technologie ist das Timing für die Pulse. Im folgenden Abschnitt wird erklärt, wie die Ein- und Ausschaltzeiten für jeden Puls ermittelt werden.

Der Power-Puls

Die Einschaltzeit t_{on-pp} für den Power-Puls wird durch den Anstieg des Primärstroms bestimmt. Während der Leistungsschalter eingeschaltet ist, wird über den Komparator ‚Current Sense‘ der Primärstrom überwacht. Sobald der Primärstrom einen durch die Beschaltung von ‚Current Sense‘ definierten Schwellenwert überschreitet, wird der Leistungsschalter ausgeschaltet.

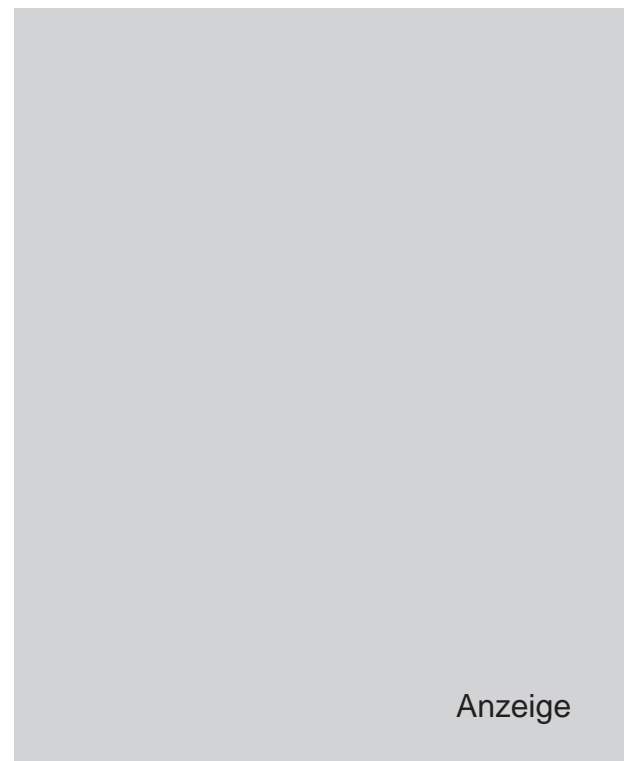
Die Einschaltzeit wird somit nur von der anliegenden Eingangsspannung, welche Auswirkungen auf den Anstieg des Primärstromes hat, bestimmt. Vom Einschalten des Leistungs-

schalters bis zum Erreichen des Schwellenwertes läuft die Clock im IC mit. Die so ermittelte Zeitspanne wird im Register des ICs (Digital Controller Core) gespeichert. Der Zeitpunkt, zu dem der Leistungsschalter wieder eingeschaltet wird, wird über die Nullspannungsschaltung (ZVS) definiert. Das IC findet den idealen Zeitpunkt, in dem über dem Leistungsschalter keine Spannung anliegt und damit ohne Schaltverluste eingeschaltet werden kann. An dieser Stelle verlassen wir bisher Bekanntes und beginnen eine neue Betrachtungsweise. Unter Nutzung einer Hilfswicklung auf dem Übertrager des Sperrwandlers liegt der Spannungsverlauf über dem ausgeschalteten Leistungsschalter ebenfalls an den Spannungskomparatoren des ICs an. Der Komparator ‚Zero Voltage Sense‘ wird auf den Wert V_{IN} gelegt. Wenn die Spannung über dem Leistungsschalter V_{Drain} am Punkt A das erste Mal V_{IN} durchläuft – der Komparator schaltet von high (1) auf low (0) – fängt die Clock an zu zählen. Beim zweiten Kreuzen der Spannung V_{IN} am Punkt B – der Komparator schaltet von 0 auf 1 – wird der Wert der Clock als ΔT in das Register geschrieben. Da es sich bei dem Spannungsverlauf zwischen Punkt A und Punkt B um eine Sinushalbwellen handelt, ist der ideale Schaltzeitpunkt für den Leistungsschalter erreicht, sobald nach Kreuzen von Punkt A die Zeitspanne $\Delta T/2$ verstrichen ist. Über diese Vorgehensweise wird t_{off-pp} des Power-Pulses ermittelt. Der Power-Puls endet somit im critical discontinuous mode. Damit stellt sich jedoch die Frage, wann ΔT er-

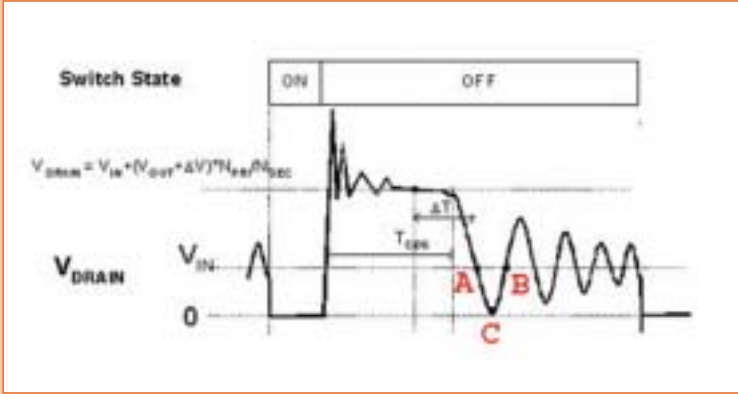
mittelt wird, da der Leistungsschalter wieder eingeschaltet wird, bevor der Punkt B erreicht ist. Für diesen Vorgang ist der Sense-Puls zuständig.

Der Sense-Puls

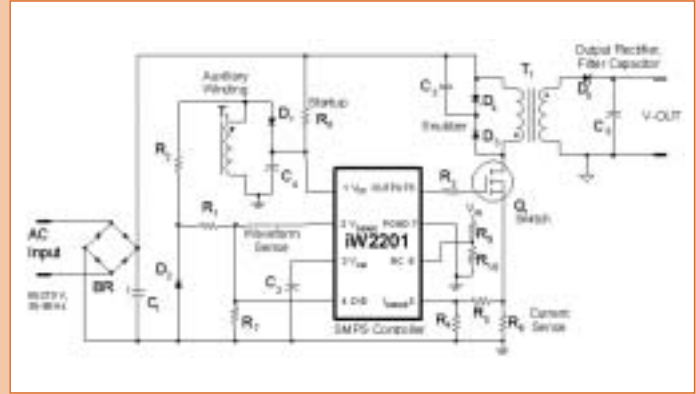
Die Anschaltzeit des Sense Pulses ist definiert als $1/4$ der Anschaltzeit des Power-Pulses. Damit wird über den Sense-Puls $1/16$ der Leistung von einem Power-Puls übertragen. Per Definition ist die Gesamtlänge von Power-Puls und Sense-Puls gleich. Das IC lässt beim Sense-Puls die Spannung über dem ausgeschalteten Leistungsschalter solange schwingen, bis die Gesamtzeit des Power-Pulses erreicht ist. In dieser Zeit wird ΔT ermittelt und gespeichert. Im folgenden Spannungsminimum wird der Leistungsschalter für den nächsten Puls eingeschaltet. Dadurch werden auch beim Sense-Puls die Schaltverluste minimiert. ▶



Anzeige



Spannungsverlauf am Leistungsschalter



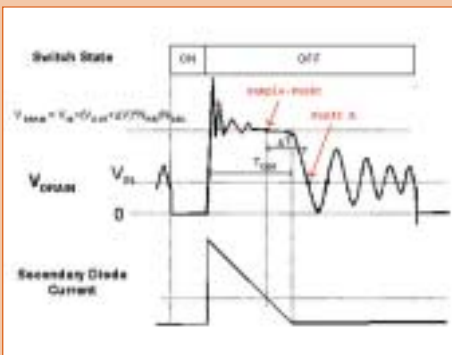
Vereinfachte Beschaltung des Schaltnetzteil-ICs iW2201

Die Schaltfrequenz des Wandlers

Aus der Definition der Pulse ist ersichtlich, dass die PulsTrain-Technologie keine feste Schaltfrequenz hat. Die Länge der einzelnen Pulse ist von der Eingangsspannung (t_{on-pp}) sowie von der Resonanzfrequenz des Wandlers (ΔT und damit t_{off}) abhängig. Die Resonanzfrequenz hängt dabei maßgeblich von dem Induktivitätswert des Übertragers, sowie von parasitären Kapazitäten ab. Sie wird demnach durch den Schaltungsaufbau bestimmt und ist unabhängig von der Last. Bei jedem Puls werden die entsprechenden Zeiten neu ermittelt und gespeichert. Somit hängt das Timing des Sense-Pulses vom letzten Power-Puls ab und umgekehrt. Damit reagiert die Regelung automatisch auf Änderungen der Eingangsspannung und der Resonanzfrequenz. Beide Parameter ändern sich nur sehr langsam, so dass auch die Schaltfrequenz nahezu konstant bleibt. Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass die Schaltung immer wieder neu kalibriert wird und somit neben Bauteil-Toleranzen auch Alterungs- und Temperatureffekte automatisch ausgeglichen werden. Bei einem Testaufbau wurden Schaltfrequenzen zwischen 80 kHz und 120 kHz ermittelt.

Die Regelung

Wie eingangs beschrieben, kommt iWatt ohne Messung der sek. Spannungsgröße aus. Die



Festlegung des Sample-Punkts

Spannungsregelung erfolgt durch die Entscheidung, ob ein Power- oder ein Sense-Puls generiert werden soll und beeinflusst somit nicht die Schaltfrequenz. Die Entscheidung wird getroffen, indem wieder Zeitinformationen und Speichereigenschaften genutzt werden. Ziel ist es, einen Punkt auf dem Spannungsverlauf V_{Drain} zu finden, der die Spannungsverhältnisse auf der Sekundärseite möglichst genau widerspiegelt. Das Bauteil mit dem größten Einfluss auf das Spannungsverhältnis ist die sekundärseitige Diode. Der Spannungsverlauf über die Diode ist nicht linear. Daher wird ein Punkt gesucht, an dem der Einfluss dieser Diode minimal ist. Für diesen Sample-Punkt gelten drei Eigenschaften:

- ▶ Der Strom durch die sekundäre Gleichrichterdiode ist nahezu Null ($I_{sek} \approx 0$)
- ▶ Der Spannungsabfall an der sekundären Diode ist nahezu Null ($V_{diode} \approx 0$)
- ▶ In diesem Betriebsbereich hat die Diode ein lineares Verhalten. Daher gilt: $V_{diode} = \text{konstant}$

Unter diesen Bedingungen lässt sich der Einfluss der sek. Diode negieren. Damit gibt die über der Hilfswicklung auf der Primärseite gemessene Spannung im Sample-Punkt eine genaue Abbildung der Sekundärseite wieder. iWatt hat herausgefunden, dass der Punkt, welcher um die Zeitspanne ΔT vor Erreichung von Punkt A auf dem Spannungsverlauf liegt, die genannten Eigenschaften erfüllt und somit als Sample-Punkt genutzt werden kann. Die Regelentscheidung erfolgt unter Nutzung des dritten Komparators (Voltage Feedback) und der Speicherfähigkeit des Registers. Voltage Feedback wird so beschaltet, dass der Komparator bei Erreichen der Sollspannung für den Sample-Punkt umschaltet. Ab dem Ausschalten des Leistungsschalters werden die Werte von Voltage Feedback über den Spannungsverlauf (V_{Drain}) in das Register geschrieben. Solange V_{Drain} höher ist als die Sollspannung stehen im Register high-Werte (1). Sobald V_{Drain} unter die Sollspannung sinkt, geht „Voltage Feedback“ auf low (0). Bei Erreichen von Punkt A

auf der Kurve – Zero voltage Sense schaltet von 1 auf 0 – ‚schaut‘ das IC um die Zeitperiode ΔT in das Register zurück und liest den Wert von Voltage Feedback aus. Ist der Wert low (0), so ist die Spannung am Sample-Punkt kleiner als der Sollwert. Als nächster Puls wird ein Power-Puls generiert. Ist der Wert high (1), so ist die Spannung zu hoch und die Regelung generiert einen Sense-Puls. Da der Wert im Sample-Punkt beim Power- und Sense-Puls ermittelt wird, kann bei jedem Puls eine Regelentscheidung erfolgen (Puls für Puls Regelung). Dadurch hat der Wandler ein exzellentes dynamisches Verhalten.

Verhalten bei geringer Last

Auch bei Sense-Pulsen wird Leistung auf die Sekundärseite übertragen. Dementsprechend wäre eine gute Regelung bei Nulllast oder geringen Lastverhältnissen nicht möglich. Diesem Verhalten begegnet iWatt mit dem Skip-Mode. Sobald eine bestimmte Anzahl von Sense-Pulsen hintereinander ohne Power-Puls aufgetreten ist (die Zahl wird mitgezählt und im Register des ICs gespeichert), lässt das IC einige Sense-Pulse aus. Es werden sozusagen einige Pulse übersprungen (geskippt). Dann wird wieder ein Sense-Puls ausgelöst. Ist Voltage-Feedback beim Sample-Punkt immer noch ‚high‘, werden weitere Sense-Pulse ausgelassen. Über einen festgelegten Algorithmus fährt die Regelung in den Skip-Mode und aus dem Skip-Mode wieder heraus. Auf diese Weise kann die Leistungsaufnahme im Stand-by-Betrieb deutlich gesenkt werden. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.duv24.net.

more @ click DV054804 >