

## APPLICATION NOTE

### ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen



Timur Uludag

#### 1. INTELLIGENTES SCHALTEN FÜR EFFIZIENTE ANWENDUNGEN

Die Digitalisierung der industriellen Produktion, kurz als Industrie 4.0 bezeichnet, setzt auf Vernetzung von Maschinen, Geräte und Sensoren mit dem Menschen. Die Daten über den aktuellen Status der Maschine sind somit transparent und allzeit abrufbar. Industrie 4.0 ermöglicht somit eine Strategie der „Voraus-schauende Wartung“ von Maschinen.

Abbildung 1 zeigt eine typische Anwendung im industriellen Umfeld im Hinblick auf ein Sensor-Konzept zur „Vorausschauenden Wartung“.

Eine Wireless MCU (Mobilfunk-Modul mit  $\mu C$  + Leistungsstufe) erfasst die Werte von z.B. Temperatur, Vibration, Stöße und Luftfeuchtigkeit in definierten Zeitintervallen und sendet sie als Datenpaket an einen Server, der diese dann weiterverarbeitet.

Die Daten dienen als Basis für die „Vorrauschende Wartung“ um den Status der Maschine zu ermitteln und basierend darauf dann die Entscheidung zu treffen, ob eine Wartung durchgeführt werden muss. Der Transmitter wird über ein DC/DC-Power Modul mit z.B. 3,3 V versorgt, das seine Energie aus einer Batterie bezieht. Die Messeinheit besteht aus den in Abbildung 1 gezeigten Komponenten/Funktionseinheiten. DC/DC-Power-Modul, Transmitter und Sensoren sind auf einer gemeinsamen Platine platziert. Die Batterie und die Antenne sind zusammen mit der Platine in einem Gehäuse untergebracht. Genau an diesem Punkt spielt die Spannungsversorgung eine besondere Rolle.

Um eine möglichst lange Lebensdauer einer Batterie zu erreichen, ist eine hocheffiziente Stromversorgung erforderlich. Dies betrifft sowohl die Effizienz in Bezug auf die aus der Batterie entnommenen Leistung als auch die vom Power-Modul erzeugte Wärme, die sich negativ auf die Lebensdauer der Batterie auswirken kann. Da in industriellen Anwendungen hohe Umgebungstemperaturen herrschen können, muss das thermische Derating des Power-Moduls

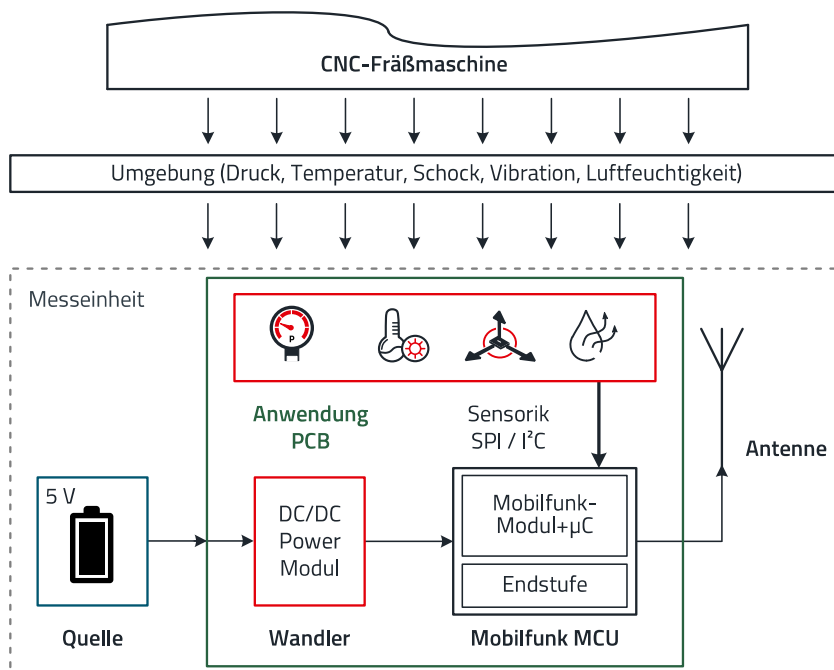


Abbildung 1: CNC-Fräßmaschine mit vorausschauender Wartung Struktur.

so spät wie möglich beginnen, um einen vollständigen und effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Betrachtet man die Anforderungen an den DC/DC-Wandler der oben beschriebenen Anwendungen, so lassen sich diese in den folgenden vier Kriterien zusammenfassen:

- Optimales Schaltverhalten für jede Lastsituation
- Effiziente Nutzung von Energie
- Spannungssequenzierung
- Volle Leistung über den gesamten Temperaturbereich

### 1.1 Optimales Schaltverhalten für jede Lastsituation

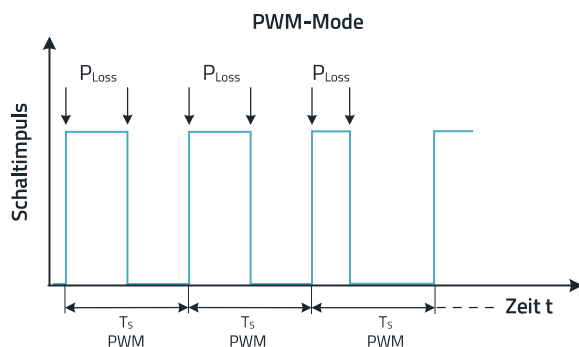
Batteriebetriebene Anwendungen, wie z. B. die oben beschriebene, arbeiten nicht immer unter Vollastbedingungen. Eine Messanwendung hat beispielsweise einen höheren Leistungsbedarf während der Messung und dem Senden der Daten, hingegen einen niedrigeren Leistungsbedarf zwischen den Messungen.

Die unterschiedlichen Lastzustände können wie folgt beschrieben werden:

- Die Anwendung arbeitet im Leerlauf- oder Standby-Modus → sehr geringe Stromaufnahme  $\mu\text{A}$  - Bereich
- Die Anwendung arbeitet im Leichtlast-Betrieb → geringe Stromaufnahme mA-Bereich
- Die Anwendung arbeitet unter Nennleistung → normale Stromaufnahme mA- bis A-Bereich

Ein optimales Schaltverhalten für ein DC/DC-Power-Modul sollte sich dynamisch an die Lastanforderungen anpassen.

Schaltverluste und Leitungsverluste sind die beiden wichtigsten Einflussfaktoren bei der Betrachtung des optimalen Schaltverhaltens des Power-Moduls. Bei einem Abwärtswandler treten die Schaltverluste während der EIN-Phase auf. Die Leitungsverluste hingegen entstehen in der AUS-Phase, wenn die Last mit Strom versorgt wird.



Bei geringen Lasten sollte das Power-Modul wenig oder gar nicht schalten, da das Schalten die Hauptursache für Verluste ist. Um dies zu erreichen, ist ein adaptives Schaltverhalten erforderlich. Außerdem muss ein intelligentes System in der Lage sein, je nach aktuellem Lastbedarf automatisch zwischen diesen Betriebsarten zu wechseln.

Abbildung 2 (links) zeigt das "typische" Verhalten eines Standard-Abwärtswandlers, der im Modus Pulsweitenmodulation (PWM) arbeitet. Es wird eine variable Pulsbreite erzeugt, während die Schaltfrequenz festbleibt. Die Periodendauer  $T_s$  ist für alle Zyklen gleich. Der PWM-Modus ist weit verbreitet und findet sich in den meisten industriellen Stromversorgungen. Diese Betriebsart ist für die Art von Anwendungen, die während des größten Teils ihrer Betriebsdauer unter schweren Lastbedingungen arbeiten, zufriedenstellend. Anwendungen wie z. B. Sensoren zeigen jedoch ein anderes Lastverhalten.

Hier ist der Leichtlastbetrieb die vorherrschende Betriebssituation. Das Schaltverhalten muss daher so angepasst werden, dass es in dieser Lastsituation optimal funktioniert. Im Modus Pulsfrequenzmodulation (PFM) variiert die Frequenz. Vergleicht man den PWM-Betrieb und den PFM-Betrieb, wie in Abbildung 2 (rechts) dargestellt, so wird deutlich, dass der PFM-Betrieb einen höheren Wirkungsgrad bietet, da weniger Schaltvorgänge über die Zeit stattfinden und somit die Schaltverluste geringer sind. Während der Leerlaufzeit im PFM-Modus produziert das Modul im Vergleich zum PWM-Modus keine Verluste.

Die Power-Module VDLM 1710 x 0560 schalten je nach den Lastbedingungen automatisch zwischen diesen beiden Betriebsarten um. Bei geringer Last arbeitet das Modul im PFM-Modus. Dieser Modus zeichnet sich durch eine geringere Stromaufnahme aus, was zu einem höheren Wirkungsgrad führt. Für die folgenden Erläuterungen wird ein

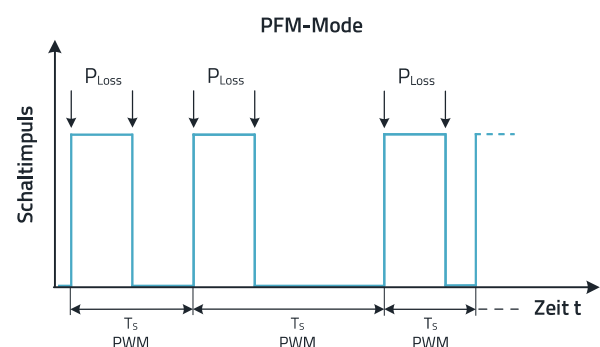


Abbildung 2: Verschiedene Lastbedingungen erfordern ein unterschiedliches Schaltverhalten: PWM-Modus bei Vollast (links) und PFM-Modus bei geringer Last (rechts).

# APPLICATION NOTE

## ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

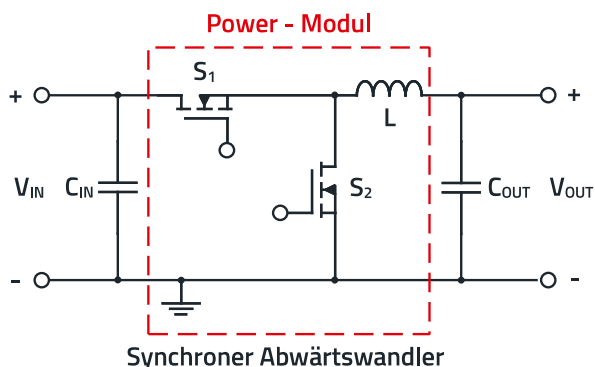


Abbildung 3: Synchrone Tiefsetzsteller Grundschiung.

Abwärtswandler, wie in Abbildung 3 dargestellt, zu Grunde gelegt. Im PFM-Modus schaltet das Power-Modul zunächst  $S_1$  und  $S_2$  wie im PWM-Modus für eine kurze Zeit, um den Ausgangskondensator zu laden. Wenn der Schwellenwert für die Ausgangsspannung erreicht ist, hört das Modul auf zu schalten, wobei sowohl  $S_1$  als auch  $S_2$  ausgeschaltet bleiben, und die Last wird vollständig durch den Ausgangskondensator versorgt. Während dieser Zeit gibt es keine Schalt- oder Leitungsverluste innerhalb des Power-Moduls.

Während die Last versorgt wird, sinkt die Ausgangsspannung langsam entsprechend der verbrauchten Leistung. Das Modul überwacht die Ausgangsspannung, und wenn ein bestimmter Grenzwert erreicht ist, wird ein weiterer Schaltimpuls ausgelöst, und der Zyklus wiederholt sich. Mit steigendem

Laststrom nimmt die Leerlaufzeit ab und die Schaltzeit nimmt zu, bis die Leerlaufzeit einen Mindestwert erreicht, bei dem das Modul in den PWM-Modus umschaltet.

### 1.2 Einfluss des Wirkungsgrades

Wie wirkt sich der Wirkungsgrad eines Power-Moduls auf eine Anwendung aus, die von einer Batterie bzw. einem Akku versorgt wird?

Die Lebensdauer eines Akkumulators wird maßgeblich durch zwei primäre Faktoren beeinflusst:

- Anzahl der Ladezyklen
- Temperatur des Akkus

Die Lebensdauer einer Lithium-Ionen-Batterie wird stark von der Anzahl der Ladezyklen beeinflusst. Ein Ladezyklus ist definiert als die Entladung und anschließende Wiederaufladung von insgesamt 100% der Batteriekapazität, unabhängig davon, ob dies in einer oder mehreren Teilentladungen erfolgt. Im Allgemeinen nimmt die Kapazität einer Lithium-Ionen-Batterie mit der Anzahl der Ladezyklen

ab. Das bedeutet, dass die Batterie mit jedem Ladezyklus weniger Energie speichern kann.

Die Verringerung der Anzahl der Ladezyklen muss das Ziel für batteriebetriebene Anwendungen sein, um die Kosten durch geringere Wartungsintervalle zu senken.

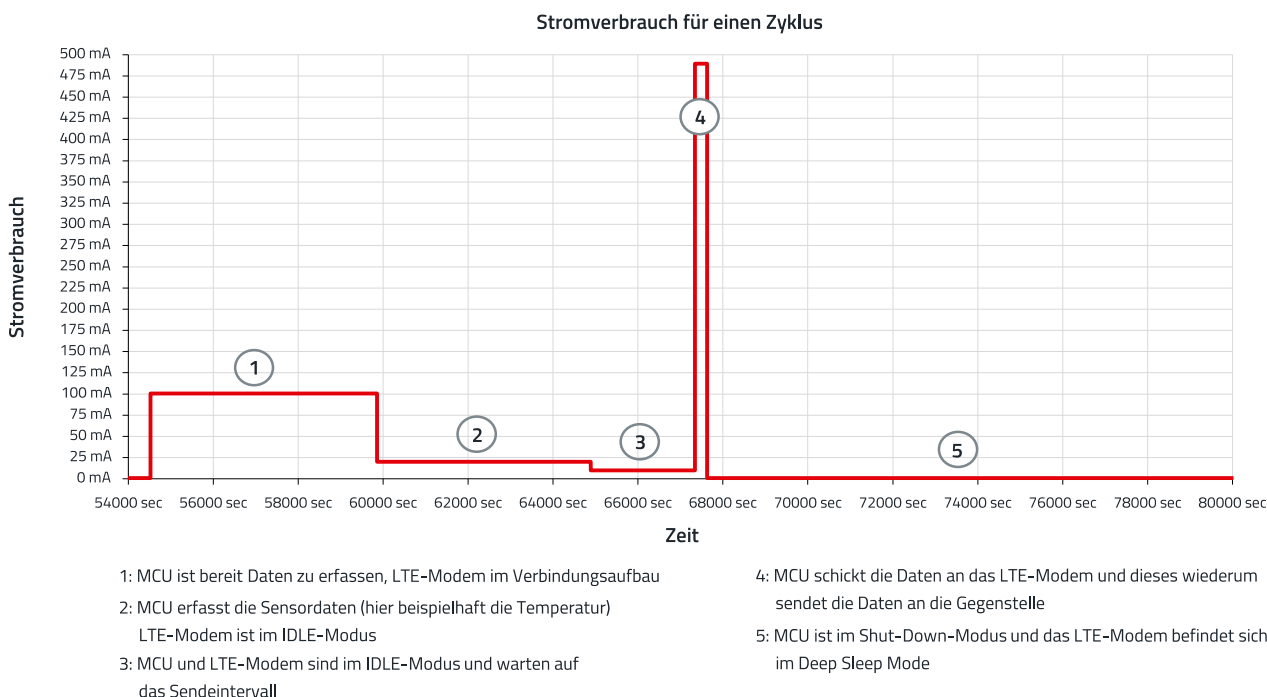


Abbildung 4: Typischer Strombedarf eines Mobilfunkmoduls über der Zeit.

# APPLICATION NOTE

## ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

Abschnitt	Ladung [Ah]	Eingangsstrom Mobilfunkmodul typ. [A]	Eingangsstrom Power-Modul typ. $I_{IN}$ [A]	Wirkungsgrad Power-Modul typ. [%]
1	0,00010464	0,10	0,0709	93,3
2	0,00002008	0,020	0,0144	91,4
3	0,00000494	0,010	0,0073	90,0
4	0,00002629	0,49	0,347	93,5
5	0,00000090	0,000009	0,000068	10
$\Sigma$	0,00015683			

Tabella 1: Die Messwerte der in Abbildung 1 gezeigten Applikation.

Anhand der in Abbildung 4 dargestellten Stromaufnahme einer Sensoranwendung mit einem Mobilfunkmodul wird beispielhaft die Zeit berechnet, nach der die Batterie in einem bestimmten Messintervall wieder aufgeladen werden muss. Dabei wird von unterschiedlichen Wirkungsgraden des Power-Moduls ausgegangen.

Das verwendete Mobilfunkmodul ist ein MCU-Modul mit Mikrocontroller- und drahtloser Kommunikationsfunktion. Diese Art von Mikrocontroller kombiniert die Rechenleistung eines herkömmlichen Mikrocontrollers mit drahtlosen Kommunikationsprotokollen wie LTE, Bluetooth, Wi-Fi usw.

Im Folgenden eine kurze Beschreibung des zeitlichen Verlaufs und der verschiedenen Modi der MCU und des LTE-Modems:

Jeder Abschnitt wird hier durch eine elektrische Ladung in Amperestunden (Ah) dargestellt. Die Summe dieser Werte ergibt den Gesamtbedarf in Ah für einen vollständigen Zyklus. Damit lässt sich berechnen, wie viele Zyklen gefahren werden können, bevor die Batterie vollständig entladen ist.

Berechnungsbeispiel:

- Batterie mit 2800 mAh (2,8 Ah) Kapazität
- Laststrom der Anwendung aus Abbildung 4
- Ausgangsspannung des Power-Moduls: 3,3 V
- Wirkungsgrad des DC/DC-Wandlers

Die Tabelle 1 zeigt die Messwerte der in Abbildung 1 dargestellten Anwendung. Die Werte für den Leistungsbedarf des Power-Moduls und des Wirkungsgrads beruhen auf realen Messungen. Die entsprechenden Werte für die erforderliche Ladung basieren auf der folgenden Gleichung.

$$Q = I_{IN} \cdot t_{IN} \quad (1)$$

mit  $I_{IN}$  – Eingangsstrom des Power-Moduls in [A]

$t_{IN}$  – Dauer des Eingangsstroms des Power-Moduls [h]

Jeder Zyklus mit einer Dauer von ca. 70 Sekunden nach Abbildung 4 benötigt also 0,00015683 Ah. Geht man nun von einem Messintervall von 60 Messungen pro Minute, 8 Stunden

pro Tag bei einer 5-Tage-Woche aus, so ergibt sich eine Stromaufnahme von 0,376403023 Ah pro Woche.

Für einen Akku mit 2800 mAh = 2,8 Ah würde dies bedeuten, dass er nach ca. 7,4 Wochen wieder aufgeladen werden müsste. Um zu sehen, wie sich der Wirkungsgrad auf die Zeit bis zum Aufladen auswirkt, werden die Betriebswirkungsgrade der einzelnen Abschnitte um 2%, 5% und 10% verringert und in Abbildung 5 dargestellt.

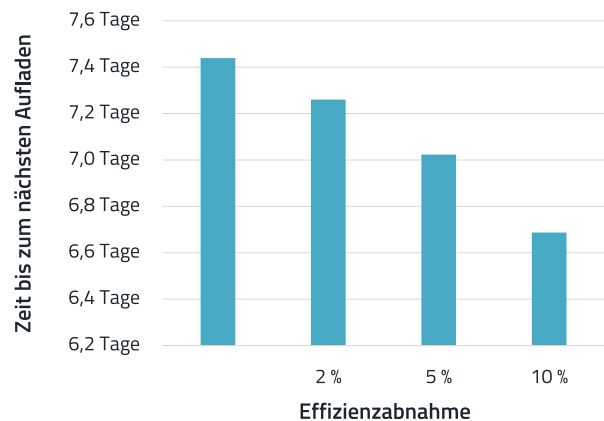


Abbildung 5: Abhängigkeit der Zeit des Nachladens vom Wirkungsgrad eines DC/DC-Wandlers.

Abbildung 5 zeigt deutlich, dass das Wartungsintervall stark von der Effizienz des Power-Moduls beeinflusst wird.

Der Wirkungsgrad wirkt sich nicht nur auf die Ladeintervalle in einem batteriebetriebenen System aus. Wenn der Wirkungsgrad in einem System sinkt, bedeutet dies, dass mehr Energie als Wärme abgeführt wird. In einer Anwendung mit begrenztem Platzangebot kann dies bedeuten, dass das gesamte System mit einer höheren Temperatur arbeitet. Insbesondere Batterien sind sehr hitzeempfindlich, was sich direkt auf die Lebensdauer auswirkt. Bei hohen Temperaturen beschleunigen sich die chemischen Reaktionen innerhalb der Batterie, was zu einer schnelleren Alterung der Zellen führt.

Dies kann zu einer Verringerung der Kapazität und einer erhöhten Selbstentladung führen. Außerdem kann es zu

# APPLICATION NOTE

## ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

einer Zersetzung der Elektrolyte und einer Beschädigung der inneren Strukturen der Batterie kommen. Langfristig kann dies die Anzahl der Ladezyklen verringern, die die Batterie durchlaufen kann, bevor ihre Kapazität auf ein unbrauchbares Niveau sinkt. Um die Lebensdauer einer Batterie zu maximieren, sollte sie idealerweise bei moderaten Temperaturen betrieben und gelagert werden.

Die Wahl eines Power-Moduls mit dem höchsten Wirkungsgrad bringt sowohl kurzfristig Vorteile wie die Zeit zwischen den Aufladungen in Abbildung 5 zeigt, als auch langfristig, indem die Alterung und Belastung der Batterie verringert wird.

Die Wirkungsgradkurven im Datenblatt der Power-Module [171010560](#), [171020560](#) und [171030560](#) zeigen in den "TYPICAL PERFORMANCE CURVES" verschiedene Kombinationen von  $V_{IN}$ ,  $V_{OUT}$ ,  $I_{OUT}$  [1].

### 1.3 Sequenzierung der Leistung

Bei Systemen, die mehrere Spannungen benötigen, wie z. B. Mikrocontroller und DSPs, müssen die Spannungen häufig in einer bestimmten zeitlichen Abfolge bereitgestellt werden. Abbildung 6 zeigt dieses Verhalten als Beispiel.

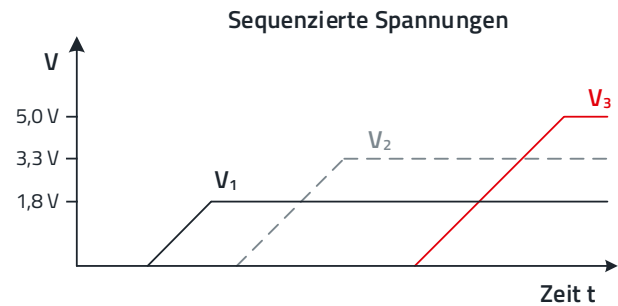


Abbildung 6 Sequenzielles Hochfahren der Versorgungsspannungen.

Die drei Spannungen  $V_1$ ,  $V_2$  und  $V_3$  werden nicht gleichzeitig an die Last angelegt. Jede der Spannungen wird nach einer bestimmten Zeitspanne hochgefahren. Beim Einschalten wird nur die Spannung  $V_1$  eingeschaltet. Die zweite Spannung  $V_2$  beginnt zu steigen, nachdem  $V_1$  ihren Nennwert erreicht hat.  $V_3$  schaltet sich ebenfalls erst ein, sobald  $V_2$  ihren Nennwert erreicht.

Um eine solche Art der Spannungssequenzierung zu realisieren, benötigt das Power-Modul zwei Funktionen, die dies unterstützen.

- Freigabefunktion - Legt fest, dass der Wandler mit dem Schalten beginnt, wenn der Schwellenwert erreicht ist.
- Power-Good-Funktion - Sobald  $V_{OUT}$  über einem bestimmten Schwellenwert liegt, z. B. 90%, geht der PG-Pin in den High-Zustand über.

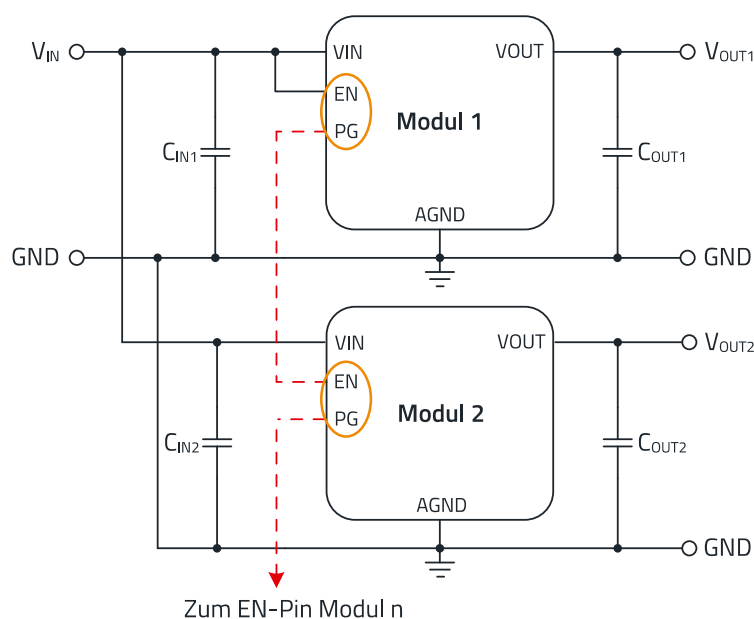


Abbildung 7: Typische vereinfachte Schaltung für sequenzielles Hochfahren der Versorgungsspannungen am Beispiel der Power-Modul-Familie 1710 x 5601.

Abbildung 7 zeigt das Power-Modul 1, das über den EN-Pin, der mit  $V_{IN}$  verbunden ist, eingeschaltet wird. Sobald die Ausgangsspannung  $V_{OUT1}$  von Modul 1 typ. 90% erreicht hat, geht der PG-Pin in den High-Zustand über. Wenn nun der PG-Pin von Modul 1 mit dem EN-Pin von Modul 2 verbunden wird, schaltet das PG-Signal Modul 1 ein. Dies führt dann zu einer sequentiellen Erhöhung der Ausgangsspannung von Modul 2. Die Module starten also sequentiell nacheinander.

Ein weiterer positiver Effekt des sequentiellen Einschaltens der Module ist, dass der von der vorgeschalteten Versorgung gelieferte Eingangsspitzenstrom ebenfalls gesteuert wird. Würden die Module gleichzeitig in Betrieb genommen, würden sich ihre Eingangsströme addieren und möglicherweise den Grenzwert der vorgeschalteten Quelle überschreiten.

### 1.4 Thermisches Derating und Entwärmung

Das thermische Verhalten eines Power-Moduls ist unmittelbar mit seinem Wirkungsgrad verbunden. Jedes Prozent an Leistung, das nicht in Ausgangsstrom umgewandelt wird, erzeugt Wärme, die entsprechend abgeführt werden muss. Nicht abgeführte Energie im Power-Modul führt zu einer Erwärmung des Moduls, was zu einer Beeinträchtigung der Performance führen kann. Ein ideales Verhalten ist, wenn der Ausgangsstrom bis zur maximalen Umgebungstemperatur konstant bleibt. Andererseits muss auch noch der Temperaturanstieg (delta T) berücksichtigt werden, um den das Power-Modul die Umgebung aufheizt. Durch diese Erwärmung sind auch die umgebenden Komponenten einem höheren Temperaturstress ausgesetzt. In Bezug auf eine Anwendung mit begrenztem Platzbedarf kann das thermische Verhalten somit für den DC/DC-Wandler entscheidend sein.

Ein Vergleich der Derating-Kurven der VDMM-Familie mit denen eines LDO (Low Drop-out regulator) in ähnlichem Gehäusedesign verdeutlicht den negativen Einfluss der Verluste auf die Leistung.

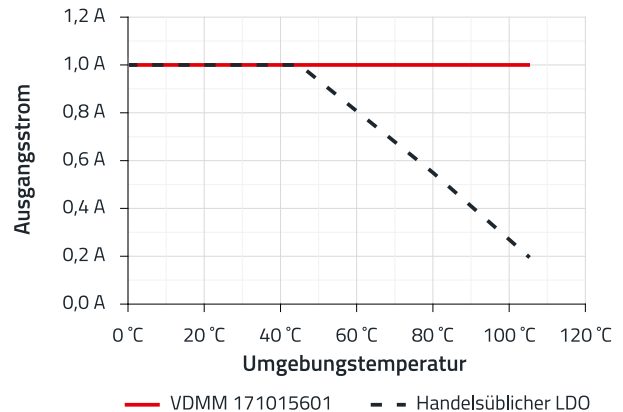


Abbildung 8: Derating-Vergleich zwischen WPME-VDMM **171010560** und LDO.

Abbildung 8 zeigt den negativen Einfluss der Verlustleistung auf die Ausgangsstromkapazität des LDO. Der für den Vergleich verwendete LDO ist für  $V_{IN} = 5\text{ V}$  und  $I_{OUT} = 1\text{ A}$  ausgelegt. Das Derating des LDO beginnt bereits bei einer Umgebungstemperatur von  $45^\circ\text{C}$ . Bei diesem Übersetzungsverhältnis sind die Leistungsverluste innerhalb des LDO zu hoch, um den vollen Ausgangsstrom trotz seiner Auslegung als 1-A-Baustein über  $45^\circ\text{C}$  zu liefern. Im Gegensatz zum Power-Modul muss für den Betrieb eines LDO bei höheren Verhältnissen von  $V_{IN}$  zu  $V_{OUT}$  immer eine zusätzliche Kühlung vorgesehen werden.

Im Gegensatz dazu zeigt das VDMM **171010560** kein Derating bis  $105^\circ\text{C}$  bei einem Ausgangsstrom von 1 A für  $V_{IN} = 5\text{ V}$  bis  $V_{OUT} = 3,3\text{ V}$ , was bedeutet, dass Größe, Gewicht und Kosten der Lösung im Vergleich zu einer auf einem LDO basierenden Lösung wesentlich geringer sind.

Über 95% der in **171010560** eingespeisten Leistung wird zur Versorgung der Anwendung genutzt. Im Vergleich dazu verbraucht der LDO nur 66% der Eingangsleistung für diese Aufgabe, was in der folgenden Berechnung dargestellt ist:

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \text{ für } I_{OUT} = I_{IN} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{3,3\text{ V}}{5\text{ V}} = 0,66 \quad (3)$$

$V_{IN}$  = Eingangsspannung [V]

$V_{OUT}$  = Ausgangsspannung [V]

$I_{IN}$  = Eingangsstrom [A]

$I_{OUT}$  = Ausgangsstrom [A]

## APPLICATION NOTE

### ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

44% der Leistung im LDO werden in Wärme umgewandelt, die vom Gerät abgeführt werden muss. Das Problem ergibt sich vor allem daraus, dass die Eingangs- und Ausgangsströme des LDO gleich sind und daher der Spannungsabfall über dem LDO mit seinem Strom vollständig als Verlustleistung realisiert werden muss.

Der Betrieb mit niedrigem Wirkungsgrad führt zu folgenden Nachteilen:

- Zusätzlicher Bedarf an Versorgungsenergie für den Betrieb der Anwendung
- Zusätzliche Kühlung, entweder passiv (Vergrößerung der Lösung) oder aktiv (weitere Erhöhung der Versorgungsenergie)
- Geringere Zuverlässigkeit aufgrund der höheren Temperaturbelastung des Systems
- Höherer Entwicklungsaufwand und höhere Kosten für das Wärmemanagement

#### 1.5 Einfach, flexibel und kompakt

Die Fähigkeit, sich dynamisch an unterschiedliche Lastbedingungen anzupassen, ermöglicht es den Power-Modulen, sowohl unter Volllast als auch unter Teillastbedingungen optimal zu arbeiten. Dies führt nicht nur zu einer verlängerten Batterielebensdauer, sondern auch zu einer Reduzierung der thermischen Belastung, was die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der gesamten Anwendung erhöht. Die VDMM-Serie ([171010560](#), [171020560](#) und [171030560](#)) von Würth Elektronik vereint diese Vorteile und bietet damit eine vielseitige Stromversorgungslösung.

# APPLICATION NOTE

ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

## A. Anhang

### A.1 Literatur

- [1] Datenblätter für die Magi<sup>3</sup>C-VDMM MicroModules von Würth Elektronik:  
[https://www.we-online.com/de/components/products/MAGIC-VDMM\\_1?ajax=](https://www.we-online.com/de/components/products/MAGIC-VDMM_1?ajax=)
- [2] Magi<sup>3</sup>C-Module in der Online-Simulations-Plattform RedExpert:  
<https://redexpert.we-online.com/re/5vUzzckU>

# APPLICATION NOTE

## ANS024 | DC/DC Power-Module – Intelligentes Schalten für effiziente Anwendungen

### WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von [www.we-online.com](http://www.we-online.com) heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

### NÜTZLICHE LINKS



Application Notes  
[www.we-online.com/appnotes](http://www.we-online.com/appnotes)



**REDEXPERT** Design Platform  
[www.we-online.com/redexpert](http://www.we-online.com/redexpert)



Toolbox  
[www.we-online.com/toolbox](http://www.we-online.com/toolbox)



Produkt Katalog  
[www.we-online.com/products](http://www.we-online.com/products)

### KONTAKT INFORMATION



[appnotes@we-online.com](mailto:appnotes@we-online.com)  
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG  
Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany  
[www.we-online.com](http://www.we-online.com)

# APPLICATION NOTE

## REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
ANS024a	2026/03/20	Ursprüngliche Version der Application Note

*Hinweis:* Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.