

## Was ist ein Linear-Regler (LDO-Regler)? Teil 2

### Einleitung

In Folge 2 haben wir die allgemeine Struktur von Linearreglern erläutert. Außerdem sind wir auf einige Spezifikationen eingegangen, darunter die Netzregelung und die Lastregelung, die die Stabilität der Ausgangsspannung angeben, sowie die Dropout-Spannung, die für einen Linearregler erforderlich ist, um eine stabile Ausgangsspannung zu gewährleisten. Diese Spezifikationen sind zeitunabhängig.

In dieser Folge werden zeitabhängige Spezifikationen wie Unterdrückung der Welligkeit, das Einschwingverhalten am Eingang und unter der Last sowie die Beziehungen zwischen diesen Spezifikationen und dem Versorgungsstrom erläutert. Außerdem werde ich auf die Bedeutung der Verlustleistung von Gehäusen und Schutzfunktionen für den sicheren Betrieb von Linearreglern eingehen. Schließlich werde ich die Rolle von Eingangs- und Ausgangskondensatoren erläutern.

### Ripple Rejection

Bei der Umwandlung von Wechselstrom mit 50/60 Hz aus der Steckdose in Gleichstrom mit einem Wechselstromadapter enthält der Gleichstrom ein Brummen, eine kleine Spannungsschwankung mit einer Frequenz von 50/60 Hz. In ähnlicher Weise treten in einer Stromversorgungsleitung je nach Betrieb der angeschlossenen Geräte Spannungsschwankungen mit unterschiedlichen Frequenzen auf. Diese kleinen Spannungsschwankungen, die sich in der Stromversorgungsleitung überlagern, verhindern manchmal, dass Power-Management-ICs stabile Spannungen liefern. Diese kleinen Schwankungen wiederholen sich in der Stromversorgungsleitung und werden daher als Ripple oder Ripple Noise bezeichnet.

Eine der wichtigsten Eigenschaften eines Linearreglers besteht darin, dass er diese der Eingangsspannung überlagerten Rippel reduziert, bevor das Rauschen den Ausgang erreicht. Diese Eigenschaft wird als Ripple-Rejection [Restwelligkeitsunterdrückung] (RR) bezeichnet. Manchmal wird dies auch als Stromversorgungsunterdrückung oder Stromversorgungs-Ripple-Rejection (PSRR) bezeichnet.

Abbildung 1 zeigt dieses PSRR-Merkmal eines Linearreglers und zeigt, dass das sich in der Ausgangsspannung überlagernde Welligkeitsrauschen in der Ausgangsspannung nahezu entfernt wird.

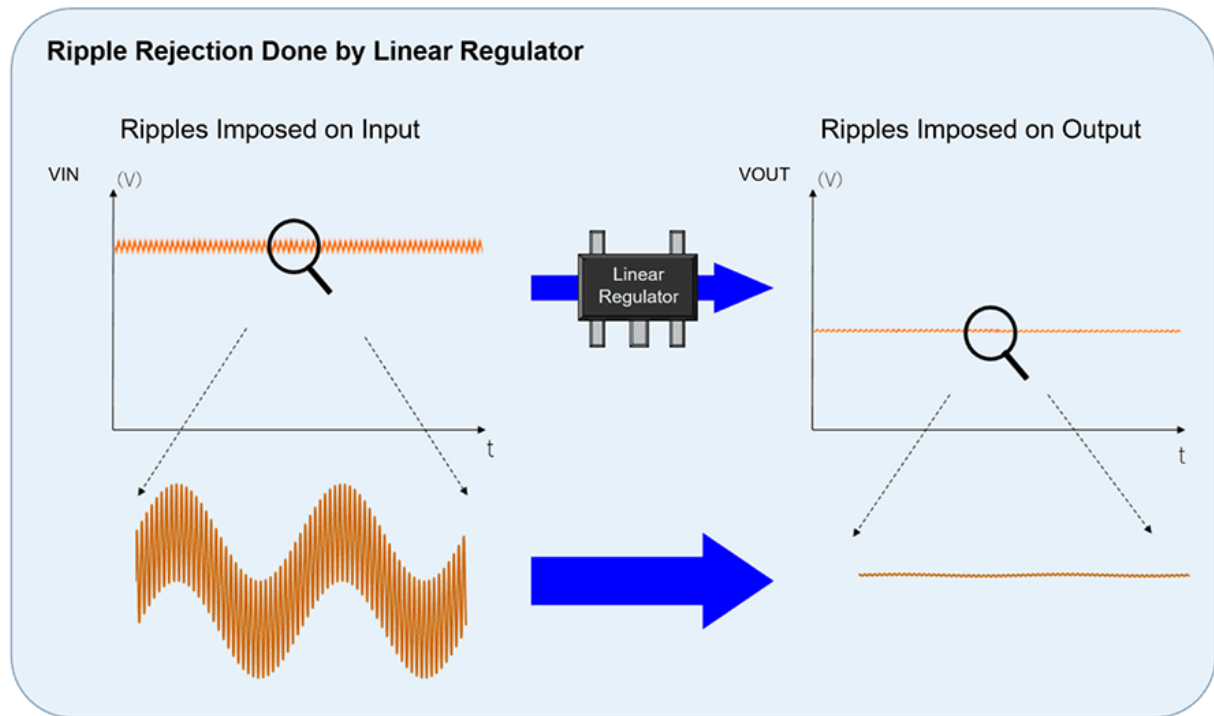


Abbildung 1. Unterdrückung der Restwelligkeit durch einen Linearregler

Da Rauschen verschiedene Frequenzkomponenten enthält, sollte die Welligkeitsunterdrückung für jede Sinuswelle jeder Frequenzkomponente bewertet werden. Dies wird als Frequenzcharakteristik der Restwelligkeitsunterdrückung bezeichnet.

Die Welligkeitsunterdrückung hat einen weiten numerischen Wertebereich von 2 bis 5 Stellen und wird daher durch die folgende Formel definiert, wobei der Einfachheit halber ein Logarithmus verwendet wird. Die Maßeinheit ist dB.

$$\text{Ripple Rejection} = 20 \times \text{Log} \frac{\text{Level of Input Ripple Voltage}}{\text{Level of Output Ripple Voltage}} \quad [\text{dB}]$$

Im Allgemeinen geben die elektrischen Kenndaten in den Datenblättern die Welligkeitsunterdrückung bei einer Welligkeitsfrequenz von 1 kHz an. Normale Linearregler haben in der Regel eine Welligkeitsunterdrückung von etwa 40 bis 60 dB, und solche mit hohem PSRR können etwa 60 bis 80 dB erreichen.

Das bedeutet beispielsweise, dass ein Linearregler mit einer Welligkeitsunterdrückung von 60 dB bei 1 kHz eine Spannung mit einem Welligkeitsrauschen von 1/1000 der Eingangsspannung ausgeben kann. Konkret bedeutet dies, dass bei 1 kHz 100 mVp-p Welligkeitsrauschen in der Eingangsspannung auf 0,1 mVp-p in der Ausgangsspannung reduziert wird.

Abbildung 2 zeigt die Frequenzkennlinie des RP122 LDO-Reglers mit dem branchenführenden Welligkeitsunterdrückungsverhältnis. Die Welligkeitsunterdrückung nimmt mit steigender Frequenz tendenziell ab und variiert je nach Laststrom und dem Abstand zwischen Eingangs- und Ausgangsspannungspegel. Sie müssen die Datenblätter der einzelnen Hersteller entsprechend Ihrer tatsächlichen Verwendung beachten, da sie Diagramme zur Welligkeitsunterdrückung unter

verschiedenen Bedingungen enthalten, die die Höhe des Laststroms oder den Abstand zwischen Eingangs- und Ausgangsspannungspegel variiert.

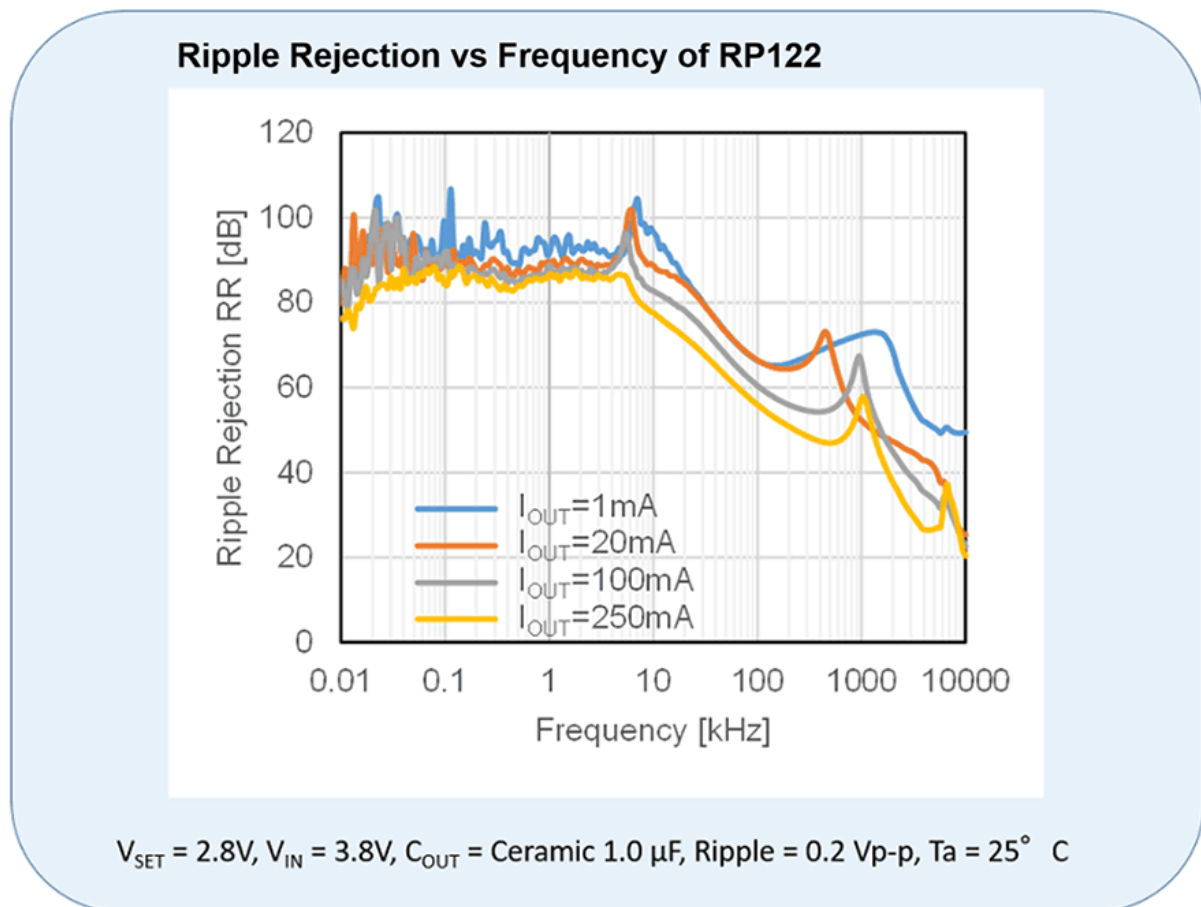


Abbildung 2. Die branchenführende Welligkeitsunterdrückung des RP122 im Vergleich zur Frequenzkennlinie

## Einschwingverhalten

Dieses Merkmal gibt an, wie lange und in welchem Ausmaß sich abrupte Schwankungen der Eingangsspannung und/oder des Ausgangsstroms auf die Ausgangsspannung auswirken und wie lange es dauert, bis ein stabiler Betrieb wieder erreicht wird.

### Einschwingverhalten bei Last

Das Einschwingverhalten unter Last bezieht sich auf die Amplitude der Ausgangsspannungsschwankung und die Auslösezeit bei plötzlichen Laststromschwankungen. Wie bereits erwähnt, sorgt eine Gegenkopplungsschaltung für eine konstante Ausgangsspannung, indem sie den Einschaltwiderstand des Ausgangstreibers entsprechend den sequentiellen Schwankungen von Ausgangsspannung, Gegenkopplungsspannung und Ausgang des Fehlerverstärkers steuert, die durch Lastschwankungen verursacht werden. Auf diese Weise steuert eine Gegenkopplungsschaltung jede Komponente der Reihe nach an, so dass zwischen der Erkennung der Spannungsschwankung und der Wiederherstellung der Ausgangsspannung eine Zeitverzögerung entsteht, die für die Gegenkopplungsschleife erforderlich ist. Dies wird als Ansprechgeschwindigkeit des Gegenkopplungskreises bezeichnet. Abrupte Lastschwankungen, die diese Ansprechgeschwindigkeit überschreiten, verursachen einen vorübergehenden Abfall oder Anstieg der Ausgangsspannung.

Nach Ablauf der Ansprechzeit erreicht die Spannung wieder ihren Sollwert. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für das Ansprechen auf Lastschwankungen.

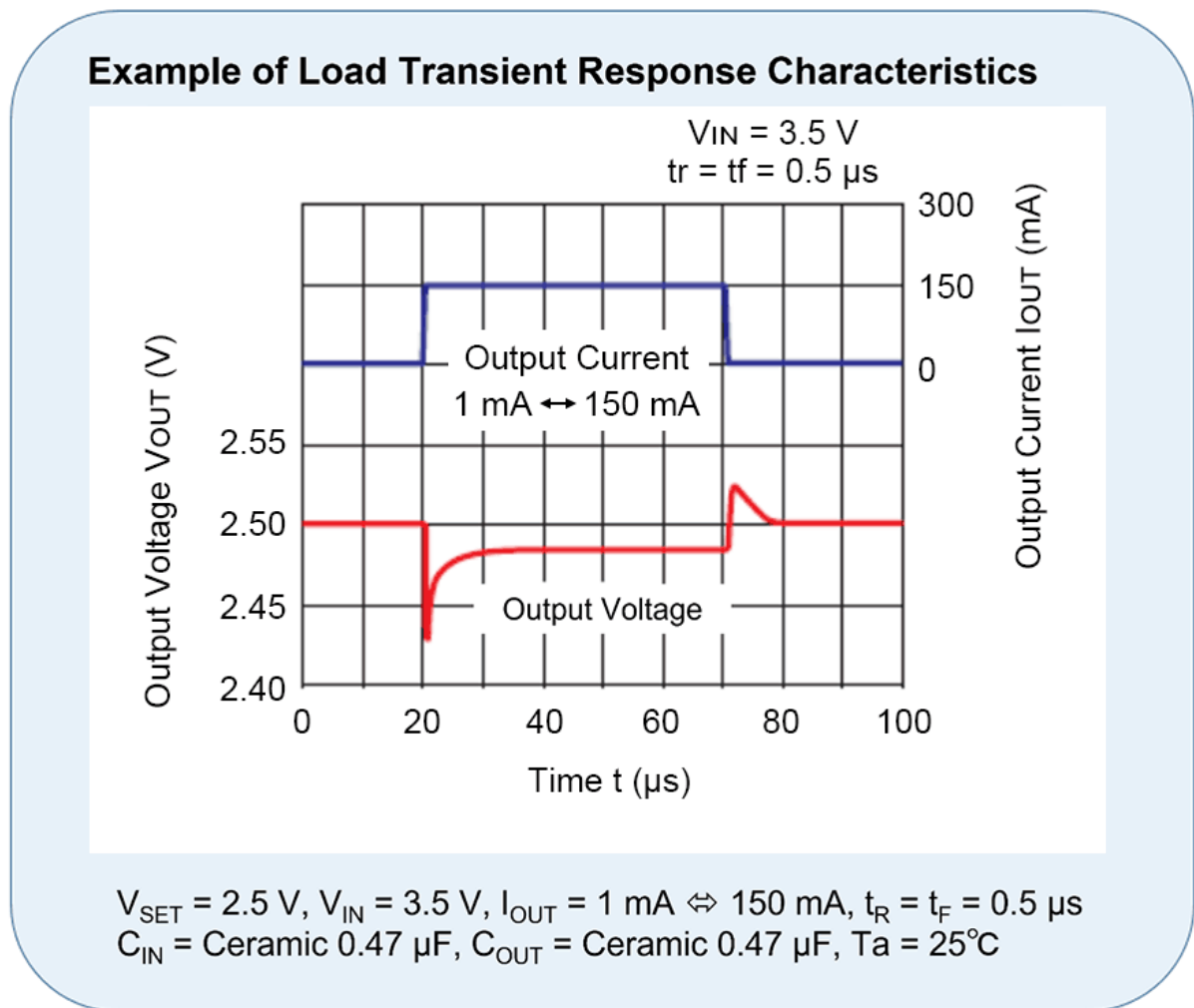


Abbildung 3. Beispiel für die Charakteristik des Einschwingverhaltens der Last

### Einschwingverhalten am Eingang

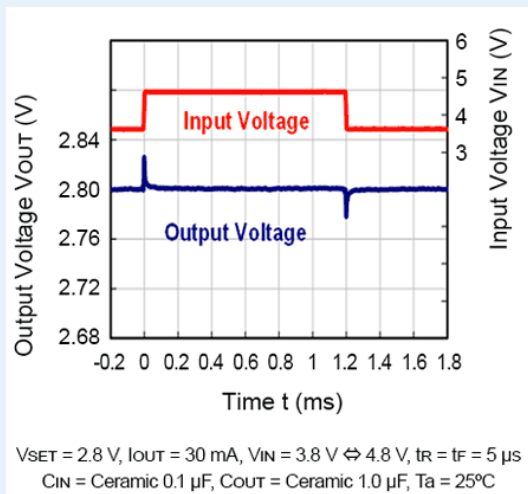
Das Einschwingverhalten am Eingang bezieht sich auf die Amplitude der Ausgangsspannungsschwankung und die Auslösezeit bei plötzlichen Eingangsstromschwankungen.

Ähnlich wie beim Einschwingverhalten der Last führen plötzliche Eingangsschwankungen, die die Ansprechgeschwindigkeit einer Gegenkopplungsschaltung überschreiten, zu einem vorübergehenden Abfall oder Anstieg der Ausgangsspannung, bis der Einschaltwiderstand des Ausgangstreibers angepasst ist.

Dies ist in Abbildung 4 dargestellt.

## Example of Input Transient Response Characteristics

Input Transient Response



RP122 can output a stable voltage without being affected by input transient variations.

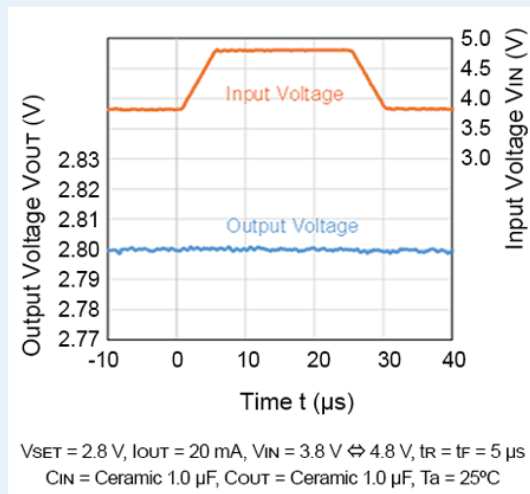


Abbildung 4. Beispiel für das Einschwingverhalten des Eingangs

## Versorgungsstrom eines Linearreglers

Der Versorgungsstrom bezieht sich auf die Menge des Betriebsstroms, die erforderlich ist, damit ein Gerät funktionsbereit bleibt. Dieser Begriff umfasst nicht den Strom, der an andere Geräte geliefert wird oder zum Betrieb anderer Geräte benötigt wird. Daher wird er manchmal auch als Eigenstromverbrauch bezeichnet.

Bei CMOS-basierten Linearreglern bezieht sich der Versorgungsstrom auf den Strom, der nicht über den Ausgangstreibertransistor zur Last fließt. Der Strom, der in den Regelkreis in Abbildung 5 fließt, entspricht dem Eigenstromverbrauch.

### Self Current Consumption

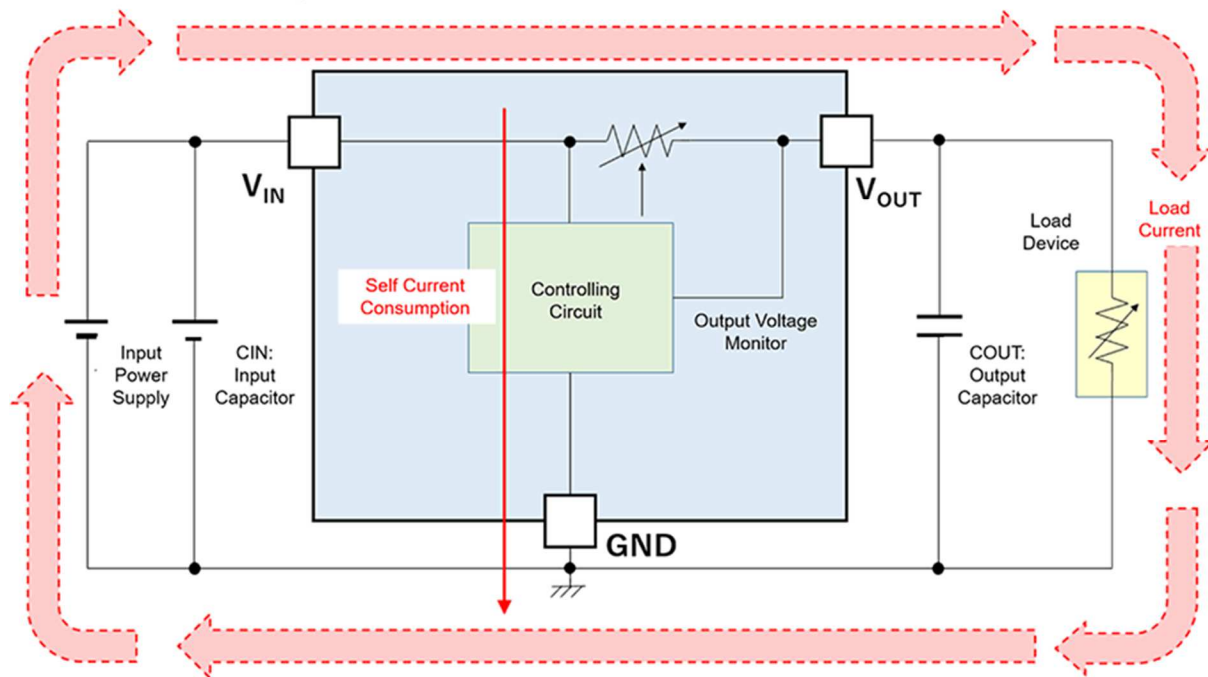


Abbildung 5. Eigenstromverbrauch eines Linearreglers

### Examples of Battery-powered Products

Standby current is the key to prolonging battery operating time of the following products.



Phone/Tablet



Smart Watch



Portable Video Game



Fire Alarm



Remote

Abbildung 6. Anwendungen, die eine Verringerung des Standby-Stroms erfordern, um die Betriebszeit der Batterie zu verlängern

Bipolar-basierte Linearregler benötigen einen Basisstrom, der nie zur Last beiträgt, um den Strom vom Ausgangstreiber zur Last zu leiten. Ein bipolarer Transistor benötigt für seinen Betrieb ständig einen Basisstrom, und daher ist es schwierig, den Standby-Strom dieses stromgesteuerten Transistors zu reduzieren.

Ein CMOS-basierter Linearregler hingegen benötigt dank seines spannungsgesteuerten Transistors keinen solchen Strom. Folglich kann ein CMOS-basierter Regler leicht einen niedrigen Eigenstromverbrauch erreichen.

CMOS-Regler können beispielsweise den Eigenstromverbrauch auf etwa 200 nA reduzieren und gleichzeitig 100 mA an die Last liefern.

Die in Abbildung 6 gezeigten batteriebetriebenen Anwendungen, wie z. B. Feuermelder, befinden sich während des größten Teils ihrer Betriebszeit in einem Standby-Modus. Aus Sicht des Power-Management-ICs arbeitet die Last nur selten, es sei denn, sie erkennt ein Feuer und löst einen Alarm

aus. Die Verwendung von CMOS-basierten Linearreglern mit niedrigem Eigenstromverbrauch ist eine optimale Lösung, um die Batteriebetriebszeit dieser Anwendungen, die hauptsächlich im Standby-Modus arbeiten, zu verlängern.

### **Beziehung zwischen Versorgungsstrom und Leistung**

Grundsätzlich besteht ein Kompromiss zwischen "Versorgungsstrom" und "Hochfrequenzeigenschaften der Welligkeitsunterdrückung und des Einschwingverhaltens der Last". Mit anderen Worten: Eine Verringerung des Versorgungsstroms geht zu Lasten des Einschwingverhaltens und der Welligkeitsunterdrückung, und eine Verbesserung der Leistung wie Welligkeitsunterdrückung und Einschwingverhalten erhöht den Versorgungsstrom.

Heutzutage haben jedoch viele Hersteller Linearregler entwickelt, die mit Hilfe verschiedener Schaltungstechniken die Koexistenz von niedrigem Versorgungsstrom, guter Welligkeitsunterdrückung und Einschwingverhalten ermöglichen.

### **Interne Verluste und Verlustleistung**

Ein Bauelement erzeugt Wärme und erhöht seine eigene Temperatur, indem es intern Strom verbraucht, was als interne Verlustleistung bezeichnet wird. Die erzeugte Wärme wird durch das Gehäuse und die Montageplatte abgeleitet. Daher hängt die Innentemperatur eines Geräts davon ab, wie viel Strom das Gerät verbraucht und wie viel Wärme das Gehäuse und die Platine abstrahlen können.

Außerdem gibt es eine Begrenzung für die maximale Temperatur, bei der ein Gerät stabil arbeiten kann, so dass der Stromverbrauch so festgelegt wird, dass die Temperatur diesen Grenzwert nicht überschreitet. Dies wird als Verlustleistung bezeichnet.

Die Werte für die Verlustleistung jedes Gehäuses, das auf einer Standardplatine montiert ist, finden Sie in den Datenblättern.

Die Berücksichtigung der Verlustleistung ist sehr wichtig, da ein Linearregler eine stabile, feste Spannung erzeugt, indem er Strom verbraucht und in seinem Ausgangstreibertransistor Wärme erzeugt. Die Berücksichtigung der Verlustleistung ist auch bei DC/DC-Wandlern (Schaltreglern) notwendig, weshalb wir dieses Thema in der nächsten Folge erläutern werden.

### **Schutzfunktionen**

Der Einschaltwiderstand eines Linearreglers, insbesondere eines LDO-Reglers, kann kleiner oder gleich  $1 \Omega$  werden. Wenn der Ausgang des Reglers kurzgeschlossen wird, kann im Inneren des Reglers ein unerwartet hoher Strom fließen. Infolgedessen kann das IC durch die entstehende Wärme beschädigt werden. Um Linearregler vor Schäden zu schützen, verfügen sie intern über zahlreiche Schutzfunktionen. Einige davon möchte ich kurz vorstellen.

#### **Strombegrenzung**

Diese Schutzfunktion regelt den Strom, der die Ausgangsstromgrenze überschreitet. Linearregler halten unabhängig vom Anstieg des Laststroms eine feste Ausgangsspannung aufrecht, bis der

Laststrom seine Ausgangsstromgrenze erreicht. Wenn der Laststrom den Grenzwert erreicht, regelt die Strombegrenzungsschaltung ihn auf seinen Ausgangsstromgrenzwert.

### Kurzschlusschutz

Wie bereits erwähnt, reduziert ein Linearregler seinen Ausgangsstrom auf seinen Stromgrenzwert wenn der Ausgangspin kurzgeschlossen wird. Gleichzeitig wird der Grenzwert für den Ausgangsstrom proportional zur Abnahme der Ausgangsspannung durch eine Kurzschlusschutzschaltung verringert. Der Ausgangsstrom wird auf einige Dutzend mA begrenzt, wenn die Ausgangsspannung auf 0 V sinkt.

In einer Strombegrenzungsschaltung führt der Rückgang der Ausgangsspannung zu einem Anstieg der Verlustleistung eines Linearreglers. Um dieses Problem zu lösen, reduziert eine Kurzschlusschutzfunktion den Ausgangsstrom, um den Anstieg der Verlustleistung zu unterdrücken und zu verhindern, dass der Regler durch Hitze beschädigt wird.

Diese Art des Schutzes wird in Verbindung mit dem Diagramm, das die Beziehung zwischen den beiden Schutzfunktionen zeigt, als Fold-Back-Protection bezeichnet.

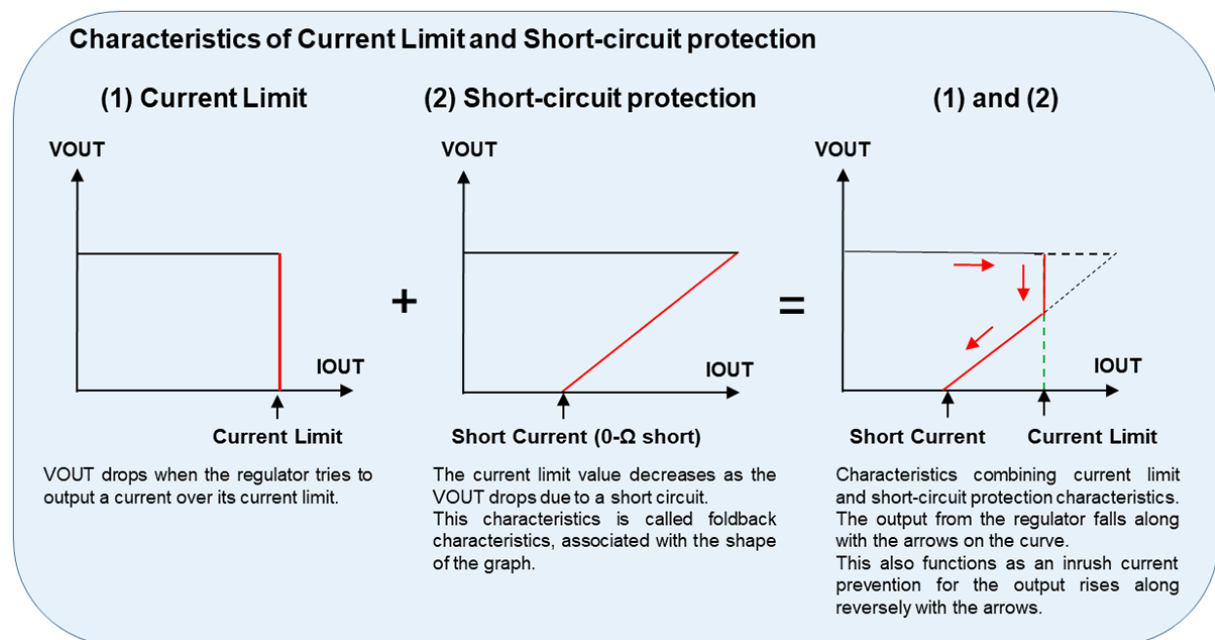


Abbildung 7. Beziehung zwischen Strombegrenzung und Kurzschlusschutz

Die Ausgangsspannung beim Einschalten eines Linearreglers erreicht die eingestellte Spannung in umgekehrter Reihenfolge des Rückschaltsschutzes, d. h. die Kurzschluss- und Strombegrenzungsschaltungen übernehmen auch die Funktion des Einschaltstromschutzes.

### Thermische Abschaltung

Eine thermische Abschaltfunktion überwacht die Temperatur eines Linearreglers und schützt ihn vor Beschädigung durch Hitze. Wenn eine Temperatur festgestellt wird, die die Erkennungstemperaturen, wie z.B. die maximale Sperrschichttemperatur, überschreitet, stoppt die Schutzfunktion den Betrieb des Reglers und schaltet den Ausgangstreibertransistor aus, um die Wärmeentwicklung zu stoppen.

Wenn die Wärmeentwicklung aufhört, sinkt die Chiptemperatur. Wenn die Temperatur unter die Auslösetemperatur der thermischen Abschaltfunktion fällt, beginnt der Regler wieder zu arbeiten.

Ohne Beseitigung der Ursache für die Wärmeentwicklung, wie z. B. eines Kurzschlusses im Ausgang, würde der Regler jedoch abwechselnd die Überhitzungserkennung und die Wiederherstellung wiederholen. In diesem Fall kann diese Schutzfunktion die Zuverlässigkeit des Betriebs nicht garantieren.

## Eingangs- und Ausgangskondensatoren

Zu Beginn von Folge 2 habe ich erklärt, dass ein Linearregler eine stabile Festspannung ausgeben kann wenn er mit einer Eingangsstromversorgung, einem Eingangskondensator und einem Ausgangskondensator betrieben wird. Welche Rolle spielen nun diese beiden Kondensatoren? Hier werde ich die Rolle der Eingangs- und Ausgangskondensatoren vorstellen.

Beginnen wir mit den Ausgangskondensatoren.

### 1. Ausgangskondensator

#### 1) Verbesserung des Einschwingverhaltens der Last

Wie bereits erwähnt, bezieht sich das Einschwingverhalten auf die Amplitude der Ausgangsspannungsschwankung und die Auslösezeit bei plötzlichen Laststromschwankungen.

In der vorherigen Folge haben wir erläutert, dass eine Gegenkopplungsschaltung eine feste Ausgangsspannung aufrechterhält, indem sie den Einschaltwiderstand des Ausgangstreibers entsprechend den sequentiellen Schwankungen von Ausgangsspannung, Gegenkopplungsspannung und Ausgang des Fehlerverstärkers steuert, die durch Lastschwankungen verursacht werden. Ein negativer Rückkopplungskreis steuert jede Komponente der Reihe nach, so dass es zu Verzögerungen zwischen der Erkennung von Spannungsschwankungen und der Wiederherstellung der Ausgangsspannung während der Zeit die die negative Rückkopplungsschleife benötigt, kommt. Dies wird als Ansprechgeschwindigkeit des Gegenkopplungskreises bezeichnet. Abrupte Lastschwankungen, die diese Reaktionsgeschwindigkeit überschreiten, führen zu einem vorübergehenden Abfall der Ausgangsspannung.

Der Ausgangskondensator übernimmt die Rolle einer vorübergehenden Stromversorgung der Last anstelle des Linearreglers, damit die Ausgangsspannung nicht abfällt, wenn der Regler sich darauf vorbereitet, genügend Strom zu liefern, der dem Anstieg des Laststroms entspricht.

#### Roles of Output Capacitor 1

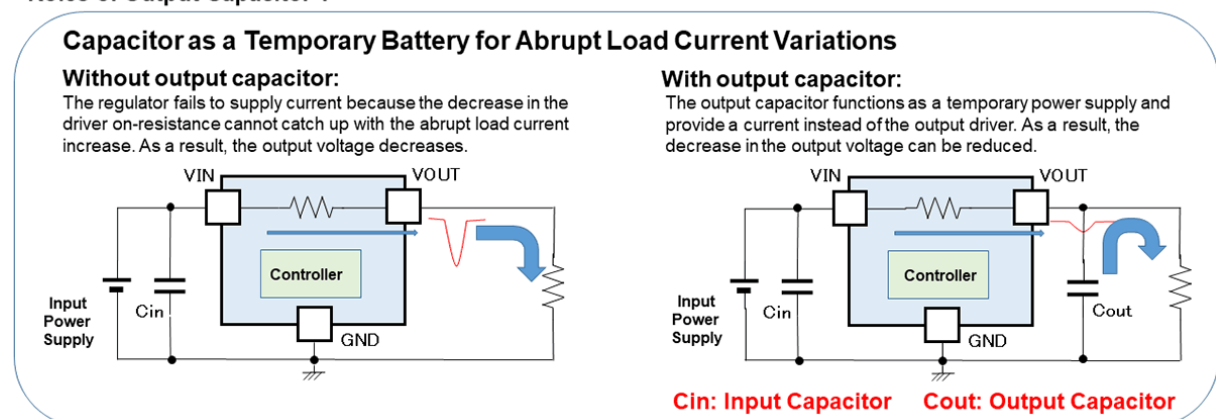


Abbildung 8. Ausgangskondensator als temporäre Batterie für abrupte Laststromschwankungen

## 2) Phasenkompensation

Die meisten Linearregler verwenden einen Ausgangskondensator zur Durchführung der Phasenkompensation. Dazu müssen Sie Ausgangskondensatoren verwenden, die für den Betrieb mit dem Regler als geeignet befunden wurden. Was ist nun eine Phasenkompensation?

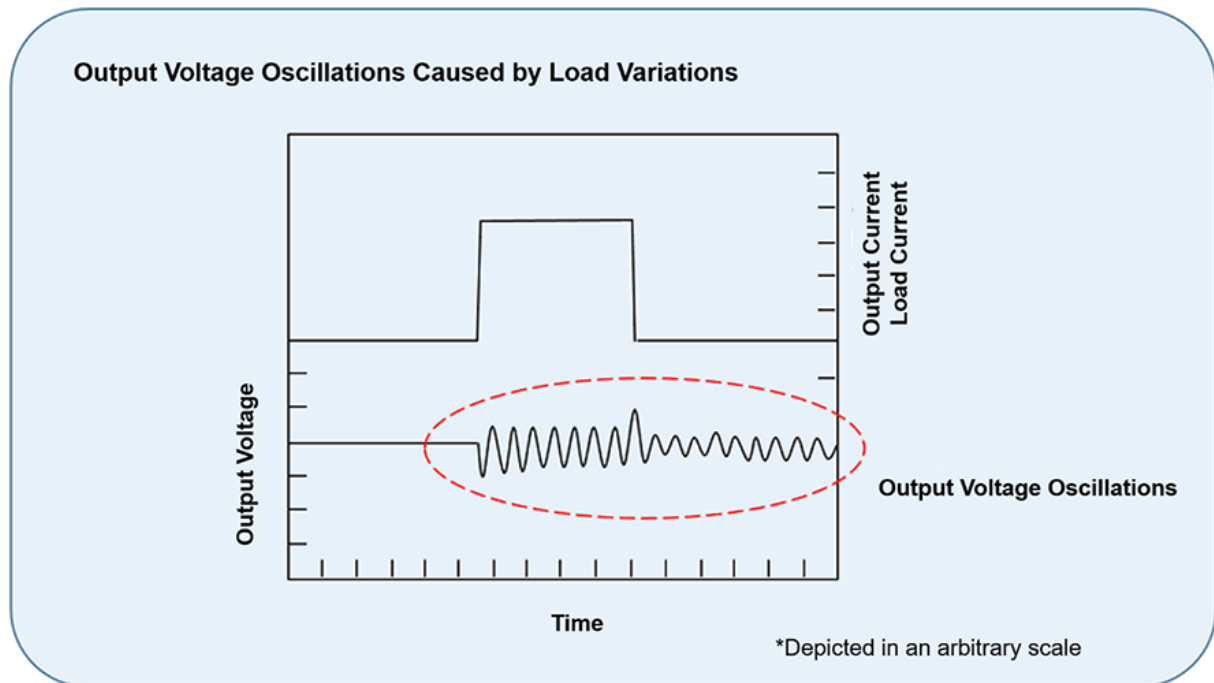


Abbildung 9. Ausgangsspannungsschwingungen aufgrund von Lastschwankungen

Die Wellenform in Abbildung 9 veranschaulicht transiente Ausgangsspannungsschwankungen, die durch plötzliche Laststromschwankungen verursacht werden. Es ist zu erkennen, dass die Ausgangsspannungsschwankungen zusammen mit plötzlichen Laststromschwankungen auftreten. Warum kommt es zu solchen Schwingungen?

In der Gegenkopplungsschaltung eines Linearreglers erkennt der Fehlerverstärker Schwankungen der Ausgangsspannung und steuert die Ausgangsspannung in die der Schwankung entgegengesetzte Richtung. Mit anderen Worten: Ein Regelkreis mit negativer Rückkopplung wird von Signalen gesteuert, deren Phase sich von den Ausgangsspannungsschwankungen um 180 Grad unterscheidet. Die Steuerung verzögert sich jedoch um die Zeit, die für den Betrieb der Schaltung erforderlich ist. Insbesondere entsteht eine Verzögerung zwischen dem Zeitpunkt, zu dem der Fehlerverstärker eine Änderung feststellt, und dem Zeitpunkt, zu dem ein der Änderung entgegengesetztes Signal den Fehlerverstärker erreicht. Diese Zeitverzögerung wird als Schleifenverzögerung einer negativen Rückkopplungsschaltung oder als Phasenverschiebung bezeichnet. Bei allmählichen Lastschwankungen spielt diese Phasenverschiebung keine Rolle. Bei abrupten Laständerungen werden jedoch auch die Ausgangsänderungen abrupt, und die Phasenverschiebung kann nicht ignoriert werden, da die Frequenzkomponenten enorm hoch werden.

Betrachten wir einen Fall, in dem der Fehlerverstärker feststellt, dass die Rückkopplungsspannung höher ist als die Referenzspannung. Die Ausgangsvariation kann gleichzeitig niedriger als die Referenzspannung werden, wenn ein Ausgangsspannungs-Steuersignal, das sich um die Zeit der negativen Rückkopplungsschleife verzögert, den Fehlerverstärker erreicht. In diesem Fall wird die negative Rückkopplung, die die Ausgangsschwankungen unterdrücken sollte, indem sie sie in die

entgegengesetzte Richtung steuert, die Schwankungen aufgrund der Phasenverschiebung verstärken. Dieses Phänomen wird als Oszillationen einer negativen Rückkopplungsschleife bezeichnet, wie in Abbildung 10 dargestellt.

### Roles of Output Capacitor 2

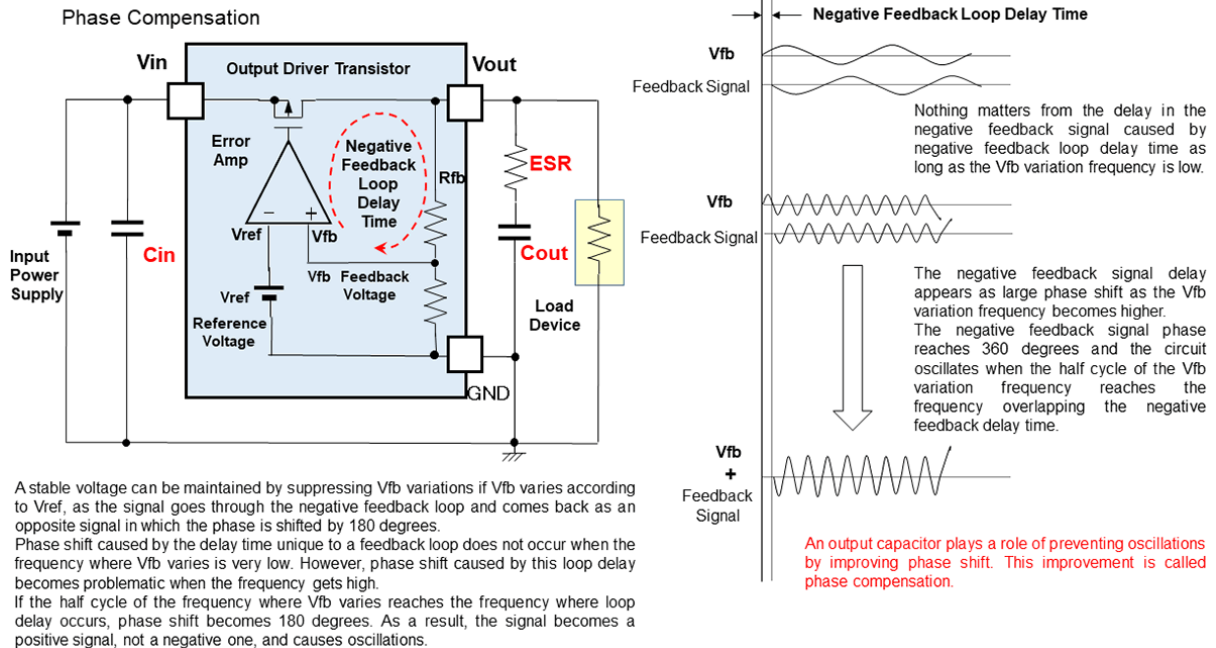


Abbildung 10. Oszillationen in der negativen Rückkopplungsschleife und Phasenkompensation

Abbildung 10 veranschaulicht, dass die Phasenverschiebung (die durch die Verzögerung der Schleife um 180 Grad verursacht wird), wenn die Frequenz höher wird, eine der Bedingungen ist, unter denen Oszillationen auftreten.

Andererseits gibt es eine weitere Bedingung für das Auftreten von Schwingungen: die Schleifenverstärkung. Angenommen, ein Signal mit einer bestimmten Breite und Amplitude wird in einen Fehlerverstärker eingegeben. Das Signal durchläuft eine Gegenkopplungsschleife und kehrt zum Fehlerverstärker zurück. Die Schleifenverstärkung bezieht sich auf das Verhältnis zwischen der Breite des zurückgegebenen Signals nach Durchlaufen der negativen Rückkopplungsschleife und der Breite des Eingangssignals.

Wie bereits erwähnt, kommt es zu einer Phasenverschiebung, wenn die Frequenz innerhalb einer negativen Rückkopplungsschleife höher wird, aber gleichzeitig sinkt die Schleifenverstärkung.

Eine Schleifenverstärkung von über eins, d. h. die Breite des zurückgegebenen Signals ist größer als die Breite des Eingangssignals, ist jedoch die andere Bedingung, bei der der Ausgang des Reglers zu einer Oszillation führt.

Umgekehrt werden Schwingungen gedämpft und konvergieren, wenn die Schleifenverstärkung kleiner als 1 ist, oder wenn beispielsweise die Breite des zurückgegebenen Signals kleiner als 1 ist, wenn ein Eingangssignal mit einer Schwingungsbreite von 1 durch die negative Rückkopplungsschleife geht und zurückkommt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schwingungen unter den folgenden Bedingungen auftreten:

1. Die Phasenverschiebung erreicht 360 Grad und wird zu einer positiven Rückkopplung, indem eine 180-Grad-Phasenverschiebung der Schaltkreisverzögerung zu einer 180-Grad-Phasenverschiebung eines negativen Rückkopplungskreises addiert wird, oder
2. die Schleifenverstärkung der Frequenzen, bei denen die Phasenverschiebung 180 Grad erreicht, beträgt 1 oder mehr.

Ist dagegen die Schleifenverstärkung der negativen Rückkopplungsschleife kleiner als 1, treten auch bei einer positiven Rückkopplungsschleife keine Schwingungen auf.

Um Oszillationen zu vermeiden, muss die Schleifenverzögerung der negativen Rückkopplungsschleife verbessert und die Schleifenverstärkung für Frequenzen, deren Phasenverzögerung 180 Grad erreicht, unter 1 gesenkt werden.

Die Ausgangskondensatoren mit ihrer Kapazität und ihrem äquivalenten Serienwiderstand (ESR) spielen eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Phasenverzögerung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Phasenkompensation die Unterdrückung von Schwingungen in einer Gegenkopplungsschaltung durch Verbesserung der Phasenverzögerung der Gegenkopplungsschleife bezeichnet. Die Phasenkompensation eines LDO-Reglers ist relativ einfach durch die Verwendung eines Ausgangskondensators mit großer Kapazität und ESR zu erreichen; ohne die Verwendung eines solchen Kondensators ist es für einen LDO-Regler sehr schwierig, sich an seine tatsächliche Verwendung anzupassen und dabei alle Anforderungen zu erfüllen.

Heutzutage werden Linearregler unter der Prämisse entwickelt, einen Keramikkondensator mit einem geringen ESR-Wert von etwa 10 mΩ zu verwenden, weshalb Sie die Datenblätter der Produkte prüfen sollten.

Kommen wir nun zu den Eingangskondensatoren.

## **2. Eingangskondensator**

Betrachten wir einen linearen Regler beim Anfahren. Die Ausgangsspannung beträgt 0 V, und der COUT speichert keine Ladung. Um den Ausgangskondensator COUT aufzuladen, fließt in kurzer Zeit ein großer Strom vom Eingangspin über den Ausgangstreibertransistor und den Ausgangspin zum COUT, als ob der Regler aus einem Kurzschlusszustand heraus gestartet wäre. Dieser große transiente Strom, der beim Einschalten eines Reglers von den Eingangs- zu den Ausgangspins fließt, wird als Einschaltstrom bezeichnet. Ohne Begrenzung würde vorübergehend ein Strom von mehreren Ampere fließen.

## Roles of Input Capacitor

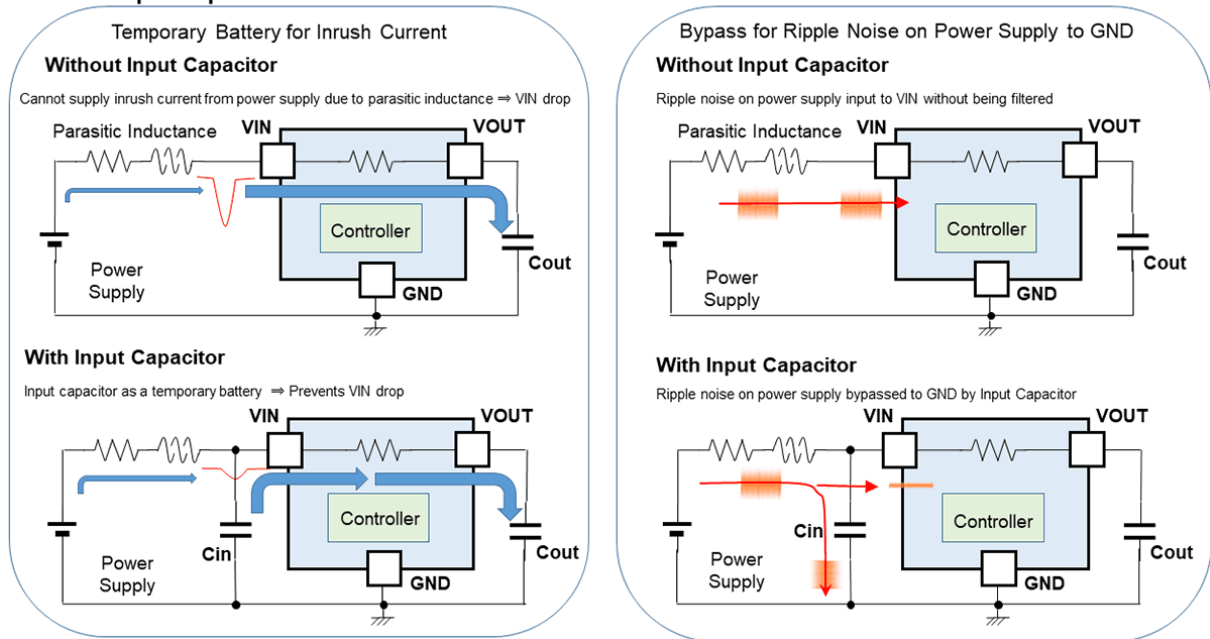


Abbildung 11. Die Rolle des Eingangskondensators

Die Stromversorgungsleitung, die den Regler speist, hat eine Impedanz wie eine parasitäre Induktivität und einen parasitären Widerstand, so dass eine transiente Stromzufuhr, die dem Einschaltstrom entspricht, nicht aufgefangen werden kann.

Ein Eingangskondensator spielt die Rolle einer vorübergehenden Stromversorgung, um eine große Stromzufuhr abzudecken, die ein Eingangsnetzteil oder ein Power-Management-IC auf der Eingangsseite niemals auffangen kann.

Ohne einen Eingangskondensator würde die Eingangsspannung aufgrund dieses Einschaltstroms steil abfallen und den Betrieb nicht nur des Linearreglers selbst, sondern auch anderer Geräte, die diese Eingangsstromversorgung mitbenutzen, beeinträchtigen.

Außerdem verringert ein Eingangskondensator die Welligkeit, indem er Schwankungen in der Stromversorgung abfängt, die durch den Betrieb anderer Geräte an der Stromversorgung verursacht werden.

Übrigens verfügen typische Linearregler über Funktionen zur Begrenzung des Ausgangsstroms beim Einschalten und zur allmählichen Erhöhung der Ausgangsspannung. Diese Funktionen unterdrücken den Einschaltstrom und verhindern ein Absinken der Eingangsspannung.

### 3. Auswahl und Montage von Kondensatoren

Bei der Auswahl von Kondensatoren ist zu berücksichtigen, dass die Kapazität in Abhängigkeit von der Spannung zwischen Eingangs- und Ausgangspins variiert, was als DC-Bias-Charakteristik bezeichnet wird.

Sie können auf eine Liste von Kondensatoren zurückgreifen, deren Betrieb mit dem Linearregler gemäß den Datenblättern geprüft wurde. Wir empfehlen insbesondere, einen der im Datenblatt aufgeführten Kondensatoren für den Ausgangskondensator zu verwenden, da dieser auch für die Phasenkompensation verwendet wird.

Damit die Eingangs- und Ausgangskondensatoren ihre Leistung entfalten können, müssen Sie außerdem die Auswirkungen von parasitärem Widerstand und parasitärer Induktivität minimieren. Bringen Sie dazu einen Eingangskondensator so nahe wie möglich an die VIN- und GND-Pins und einen Ausgangskondensator so nahe wie möglich an die VOUT- und GND-Pins.

## Zusammenfassung

In diesen beiden aufeinanderfolgenden Folgen haben wir die Mechanismen und Spezifikationen von Linearreglern erläutert. Wir hoffen, dass unsere Erklärungen Ihnen helfen, die Prinzipien und Eigenschaften von Linearreglern zu verstehen und den besten Regler für Ihre Anwendung auszuwählen.

In der nächsten Ausgabe werden wir über DC/DC-Wandler (Schaltregler) sprechen, die nicht nur Abwärts-, sondern auch Aufwärts- und Invertierungsfunktionen ausführen können. Außerdem möchten wir die Effizienz von Reglern erläutern, die wir bisher noch nicht erwähnt haben.



Autor, S' (Nisshinbo Micro Devices Inc.)

*Seit seinem Eintritt in das Unternehmen war er lange Zeit an verschiedenen analogen und digitalen Designs beteiligt, z. B. an Gate-Arrays, Mikrocomputern, Speichern und Power-Management-ICs. Danach beherrschte er auch die Prüftechnik für zusammengesetzte Stromversorgungs-ICs und wurde zu einem Spezialisten für Design, Prüfung und Ausbildung in seinem Fachgebiet. Seine leicht verständlichen Erklärungen und seine höfliche Anleitung aus der Sicht des Zuhörers kommen bei den neuen Ingenieuren, die jedes Jahr in unser Unternehmen kommen, gut an. Seine Leistungen werden hoch gelobt, und jetzt arbeitet er als leitender Ingenieur in der Ausbildung jüngerer Generationen und als Berater für neue Technologien.*

Text im Original:

<https://www.nisshinbo-microdevices.co.jp/en/design-support/basic/03-linear-regulator.html>

## Power Management ICs von Nisshinbo gibt es bei der TOPAS electronic AG

Ihrem Partner für neue Technologien und innovative Produkte.

Wir bieten technische Kundenberatung, Anwendungsunterstützung bei der Projektarbeit, Hilfe bei der Fehlersuche und bei Problemlösungen, technische Konzeptentwicklung für den Einsatz der Technologien im Kundenumfeld.

**TOPAS**

Components  
for Solutions

+49 (0)511 968 640