

## 85~115 Vac 降圧LEDドライバ



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

### DESIGN NOTE

#### 概要

一般照明市場においてLED照明が成長していることから、出荷量の増加に伴いコスト圧力が強くなっています。特に低電力アプリケーションでは性能よりもコスト面が重視されます。LEDメーカーは定格電圧がライン電圧により近い高電圧LEDを開発し、低ライン・リップルでの高変換効率をサポートしています。

このためCrM降圧トポロジは、以下の理由からLEDドライバとして優れたアーキテクチャとなっています。

- HV LEDでは電流がはるかに少なくデューティ・サイクルが比較的高いため、FETおよび出力ダイオードへのRMS電流ストレスが低い
- 電流ストレスが低く、小形のFETやダイオードが使用できるため部品コストが抑えられる
- 標準的な量産型インダクタも使用できるのでさらに低コストの設計が可能

#### 特長

降圧動作時のNCL30002 CrMコントローラの動作はAND9094Dに詳細に説明されています。アプリケーション・ノートAND9094Dでは、デバイスを高効率降圧回路の実装に使用する方法を説明していますが、このデザイン・ノートでは低リップルの構成について説明します。

入力バルク・コンデンサの容量はJIS61000-3-2 Class C (日本)に準拠するように規定されていましたが、同じ基本設計を当該規格が適用されない米国、カナダ、中南米などの他の低い商用電源電圧地域で使用できることに注意してください。

このコントローラが選択された主な理由は、485 mV  $\pm$ 2%という非常に正確な電流センス・スレッショルドを備えていることです。これは高い電流安定化精度を達成するのに重要です。

さらにこの設計では、V<sub>CC</sub>電源およびZCD (Zero Current Detector)用補助巻線を不要にするために、インダクタも標準的実装からの変更の対象としました。これにより、カスタム・インダクタではなく標準インダクタを使用できます。

回路図を見ると、V<sub>CC</sub>電源とZCDはFETのドレインで駆動されるチャージ・ポンプから来ています。チャージ・ポンプはC11、D9、R12で構成されます。FETがターンオフすると、ドレイン電流がC11を充電し、D9を介してV<sub>CC</sub>コンデンサに電流パルスを供給します。

Figure 2および3にチャージ・ポンプのシミュレーションを示します。Figure 2で注目すべき2つの事項は、インダクタで駆動されるため電流が制限されていることです。また、ドレイン電圧の立ち上がり時間が十分に規定されており、EMIが低減され後縁電力損が低減されます。FETは高速でターンオンしますがターンオン時の電流は少なくなります。

Table 1. DEVICE DETAILS

Device	Application	Input Voltage	Output Power	Topology	I/O Isolation
NCL30002	LED Lighting	85 to 115 Vac	3.6 W	CRM Buck	No

Table 2. OTHER SPECIFICATIONS

	Output Specification
Output Voltage	60 V
Nominal Current	60 mA
Harmonic Content	JIS61000-3-2 Class C
Efficiency	86.5% Typical

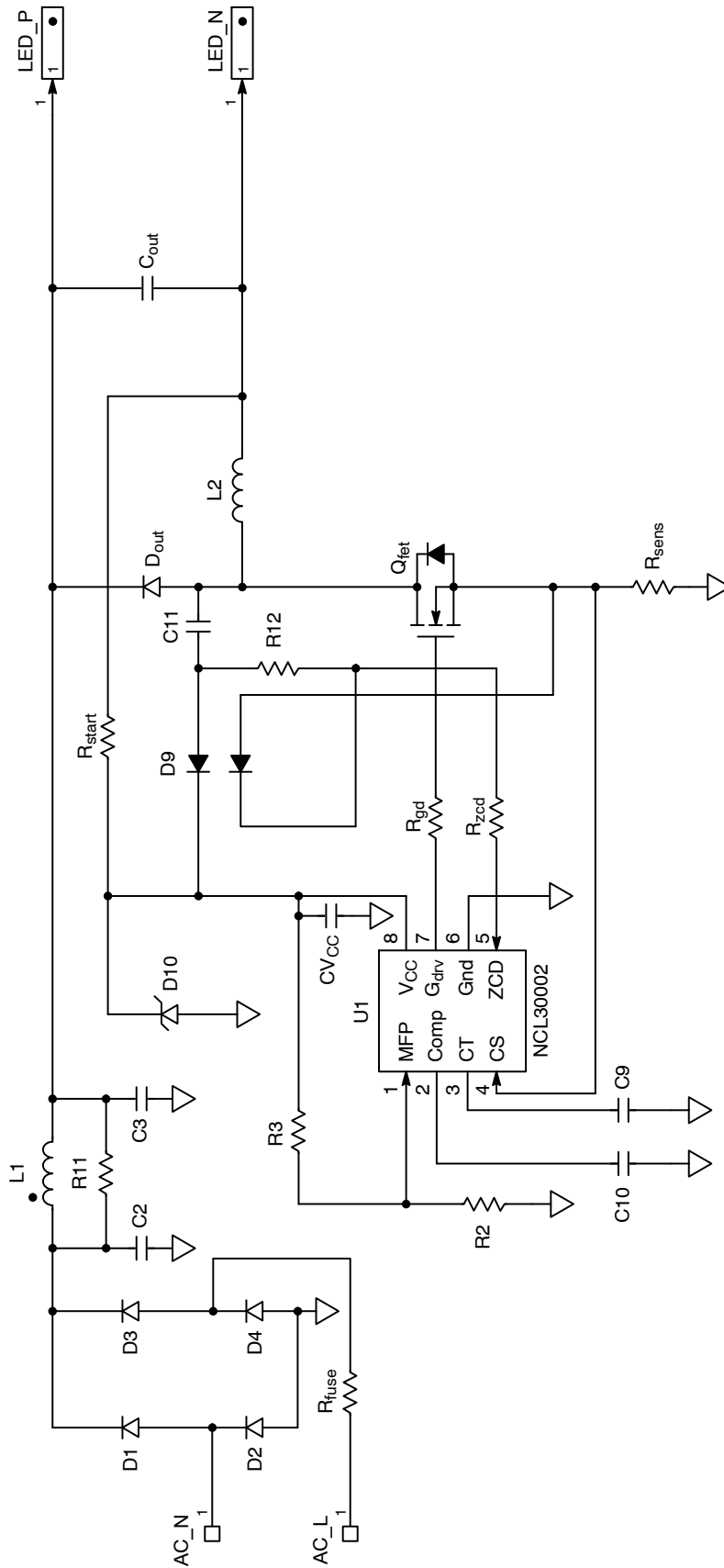


Figure 1. Schematic

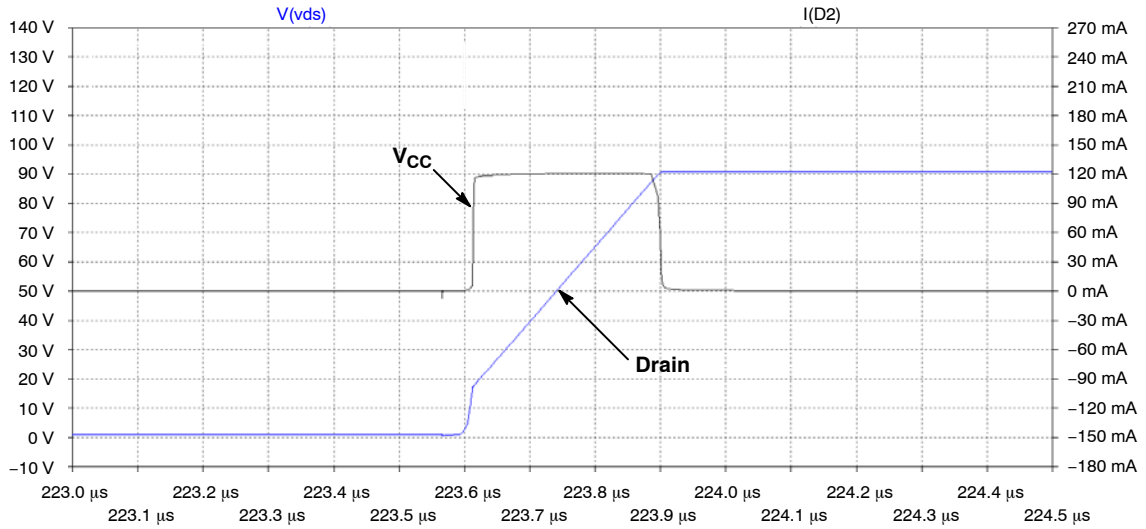


Figure 2. Simulation of Drain Voltage and Charge Current

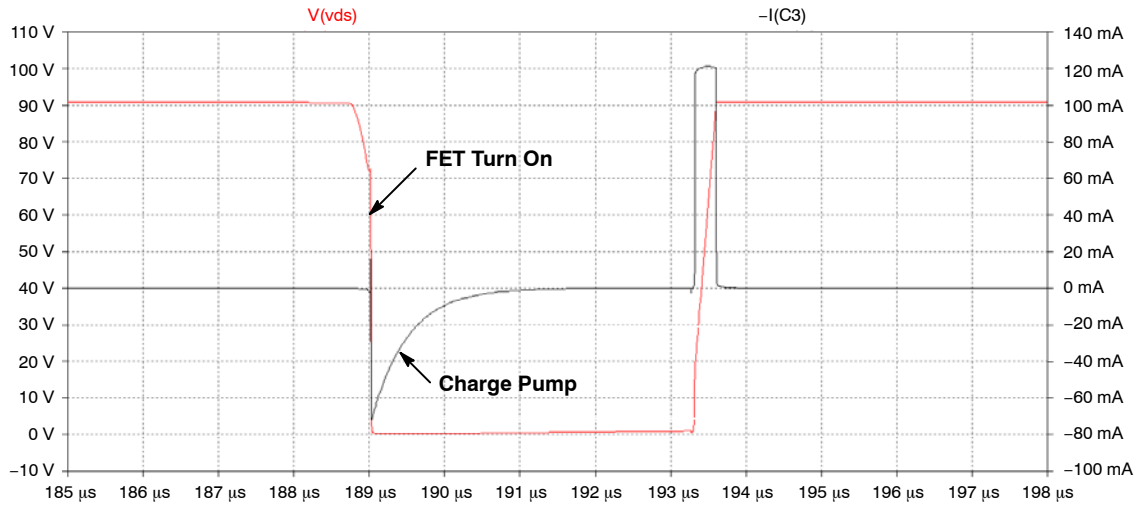


Figure 3. FET Drain Voltage and Charge Pump Capacitor Current

FETがターンオンすると、チャージ・ポンプ・コンデンサがR12を介して放電されます。良好な放電を行うには、オン時間もC11とR12の3RC時定数より長くする必要があります。R12は、放電電流を最小にしながらC11が完全放電できる値を選択しなければなりません。

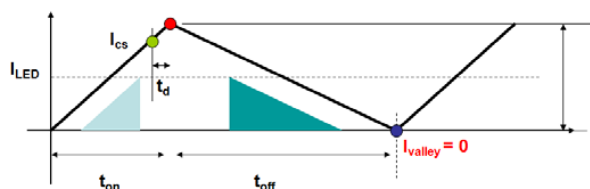
### 起動

起動抵抗(Rstart)が出力に接続されます。この種の接続には、主に以下の3つの利点があります。

1. **高速起動:**  
起動抵抗はV<sub>CC</sub>コンデンサを充電しながら、同時に出力コンデンサもプリチャージします。
2. **低消費電力:**  
動作中、出力電圧はHVDCバルク電圧よりもはるかに低くなります。
3. **固有のオープン回路保護:**  
負荷がオープンの場合、スイッチングを開始するための電流が得られません。

### 安定化

NCL30002コントローラは帰還のないピーク電流制限コントローラとして動作します。内部エラー・アンプはR2とR3でバイアスされ、エラー・アンプの出力を“H”に飽和させます。エラー・アンプの入力がオープンになっていると、オープン帰還デバイダとして検出されてコントローラが停止するため、エラー・アンプの入力をオープンのままにしないで下さい。タイミング・コンデンサ(C9)の値は、オン時間が制限されないよう十分長く選択されています。



$$\Delta I = \frac{(V_{in} - V_{LED})}{L} \cdot t_{on} = \frac{V_{LED}}{L} \cdot t_{off} = I_{peak}$$

$$I_{LED} = \frac{I_{peak}}{2}$$

これはCrM制御なのでピーク電流対平均電流は2:1です。したがって、R<sub>sens</sub>を選択してピーク電流を制御すれば、平均電流を制御できます。どのオープン・ループ制御でも、安定化において誤差源が現れます。以下の2つの主要な誤差源があります。

#### 1. センスおよび制御における伝播遅延:

電流センスに遅延があると、電流が目標値を超えてしまい、ライン電圧に伴って出力電流が徐々に上昇します。これは比較的直線状に現れる影響です。この現象は低周波数動作よりも高周波数動作でより顕著です。

#### 2. チャージ・ポンプ動作:

チャージ・ポンプ・コンデンサによって、ドレイン電圧の立ち上がり時間に遅延が生じます。この影響はライン電圧が高いときの高スイッチング周波数時により顕著です。

### まとめ

チャージ・ポンプ降圧LEDドライバは単一ライン・レンジ構成で最適に使用されます。チャージ・ポンプ電流は周波数および電圧と共に上昇します。CrM動作の特性として、周波数と電圧の両方が共に上昇します。チャージ・ポンプ・コンデンサの容量は、最低動作電圧(最低周波数でもある)によって規定されます。ライン電圧が上昇すると、D10で余分なチャージ・ポンプ電流が消費されます。この影響は効率曲線に見られます。効率への影響は低電力アプリケーションで最も顕著に見られます。±3%のレギュレーションは単一ラインの全域にわたって非常に良好ですが、電流センス・ノードへのフィードフォワードを追加すると、さらにライン安定化が改善されます。これには下図に示すR13とR14の2本の抵抗を追加する必要があります。

Table 3. BILL OF MATERIALS

Item	Qty	Reference	Part	Manufacturer	Part Number	Substitution	RoHS
1	1	CV <sub>CC</sub>	1.0 $\mu$ F	Panasonic	ECE-A1HKK010	Yes	Yes
2	1	C <sub>out</sub>	470 nF	TDK	C2012X7S2A474M/SOFT	Yes	Yes
3	2	C2, C3	4.7 $\mu$ F 200 V	Rubycon	200LLE4R7MEFC6.3X11	Yes	Yes
4	1	C9	10 nF	Kemet	C0402C103K3GACTU	Yes	Yes
5	1	C10	1 nF	Kemet	C0402C102K3GACTU	Yes	Yes
6	1	C11	470 pF	Kemet	C0805C4712GACTU	Yes	Yes
7	1	D <sub>out</sub>	UFM13PL-TP	MCC	UFM13PL-TP	Yes	Yes
8	1	D4	MB6S	MCC	MB6S	Yes	Yes
9	1	D9	BAS21DW5T1G	ON Semiconductor	BAS21DW5T1G	No	Yes
10	1	D10	NZ9F18VT5G	ON Semiconductor	NZ9F18VT5G	No	Yes
11	1	F1	FUSE	Littelfuse	0263.500WRT1L	Yes	Yes
15	1	L1	100 $\mu$ H	Würth	7447462101	Yes	Yes
16	1	L2	2.2 mH	Bourns	RL875S-222K	Yes	Yes
17	1	Q <sub>fet</sub>	BSS131	Infineon	BSS131 H6327	Yes	Yes
18	1	R <sub>gd</sub>	10 $\Omega$	Yageo	RC0402FR-0710RL	Yes	Yes
19	1	R <sub>sens</sub>	2 $\Omega$	Yageo	RC0603JR-072R0L	Yes	Yes
20	1	R <sub>start</sub>	1.0 M $\Omega$	Yageo	RC0805FR-071ML	Yes	Yes
21	1	R <sub>zcd</sub>	24.9 k $\Omega$	Yageo	RC0402FR-0724k9L	Yes	Yes
22	1	R2	100 k $\Omega$	Yageo	RC0402FR-07100kL	Yes	Yes
23	1	R3	681 k $\Omega$	Yageo	RC0402FR-07681kL	Yes	Yes
24	1	R12	2 k $\Omega$	Stackpole	RNCP1206FTD2K32	Yes	Yes
25	1	U1	NCL30002	ON Semiconductor	NCL30002	No	Yes

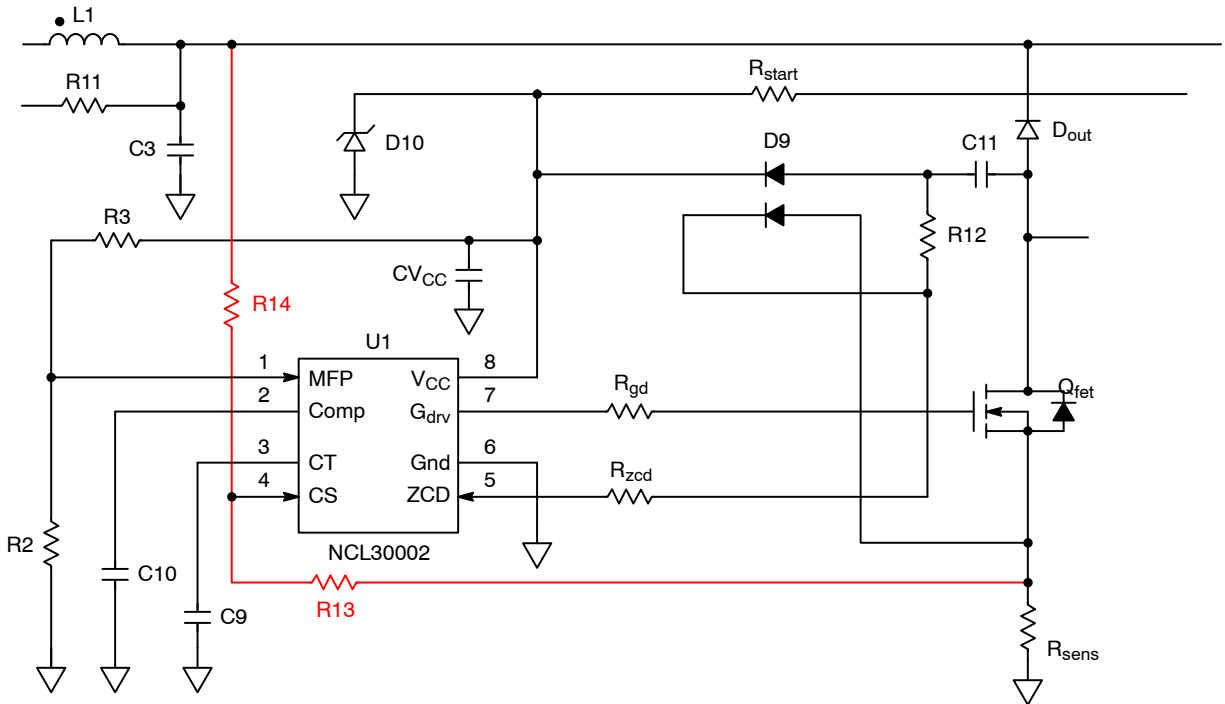


Figure 4. Proposed Line Regulation Feed Forward Improvement

# DN05041/D

## 測定結果

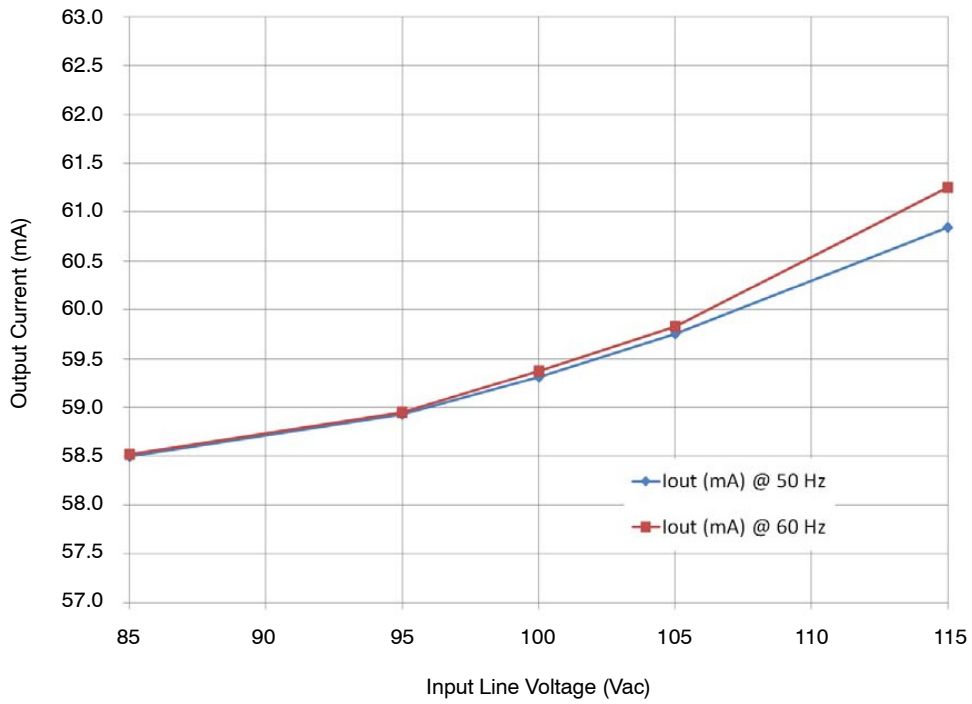


Figure 5. Output Current across Input Line Voltage

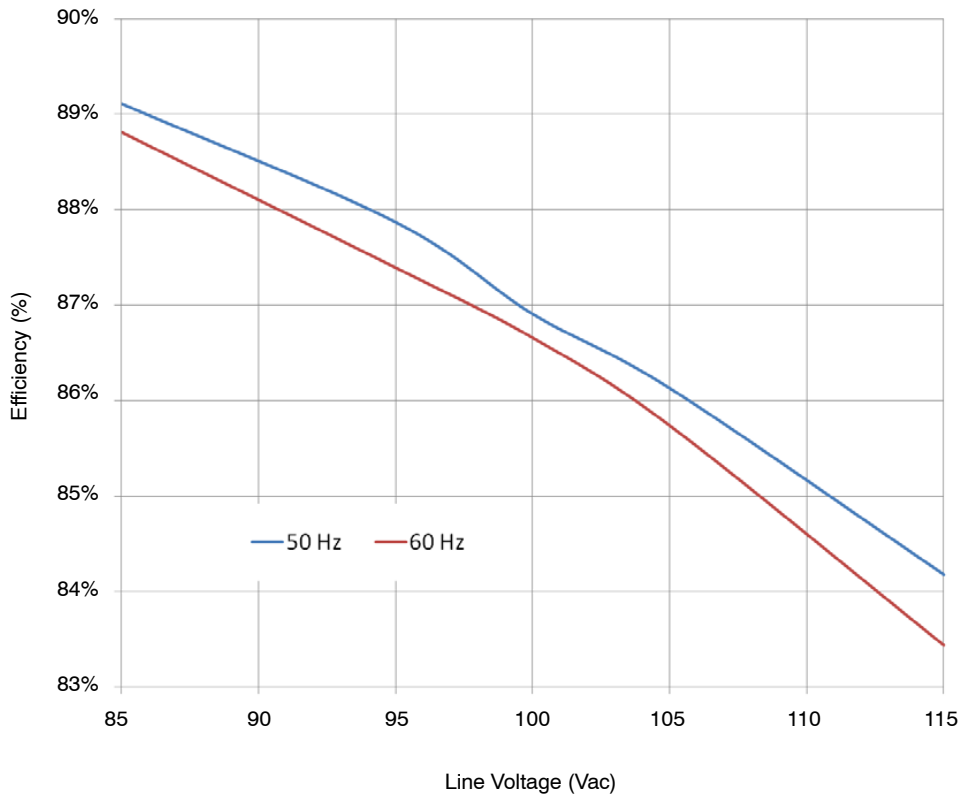


Figure 6. Output Efficiency across Line ( $V_f = 60$  Vdc Nominal)

# DN05041/D

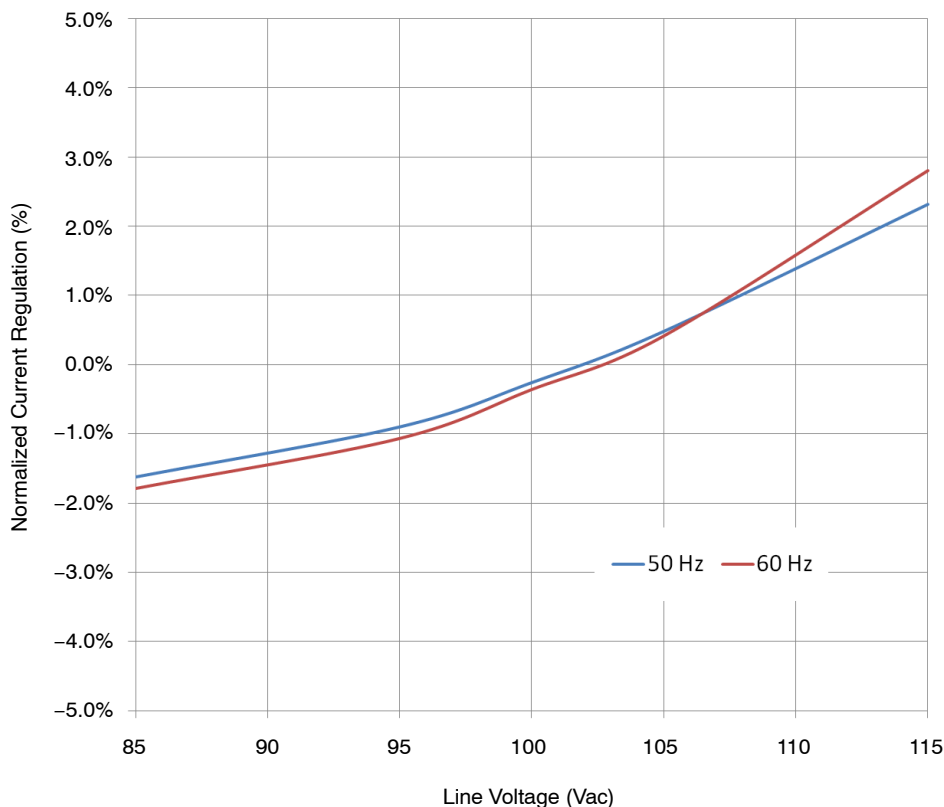


Figure 7. Normalized Output Current across Input Line Voltage ( $V_f = 60$  Vdc Nominal)

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)の登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起り得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとなります。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
Europe, Middle East and Africa Technical Support:  
Phone: 421 33 790 2910  
Japan Customer Focus Center  
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative