



120 V_{AC}、調光可能、リニア、 3ステージ、並列と直列の切替え 可能なLED照明回路

ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

DESIGN NOTE

Table 1. DEVICE DETAILS

Device	Application	Topology	Efficiency	Input Power	Power Factor	THD
NSIC2030JB, NSIC2050JB	AC LED Lighting	Linear	82%	7.8 W	0.99	13.6%

概要

この回路は、独創的な方式を採用し、120 V_{AC}主電源を想定して、コスト効率に優れ、効果的なAC LED照明ソリューションを実現します。主要な特長は、高効率、調光可能、大きな光出力、高力率、および小さいTHD (全高調波歪)です。

この回路は、110 V_{AC}~130 V_{AC}の入力電圧で使用することを意図して設計されています。

この回路は、並列から直列に切り替えることが可能なトポロジを使用しており、効率を高めるために、ブリッジの出力電圧に合わせてLEDの順方向電圧(V_F)を動的に調整します。

この回路はオン・セミコンダクターの定電流レギュレータ(CCR)を採用して、LEDの電流を安定化し、LEDを過電圧の条件から保護します。また、

この回路は追加のCCRも使用して、高電圧が印加された場合はLED電流を大きくし、PFとTHDを向上させます。

回路の主要な特長

- 各種の標準的な位相カット形式のTRIAC調光器との組み合わせで動作
- 低コスト
- PF = 0.99
- 電圧範囲全体で効率 > 80%
- THD < 15%
- さまざまなLED電圧に合わせて調整可能
- さまざまな電流/電力レベルに合わせて調整可能

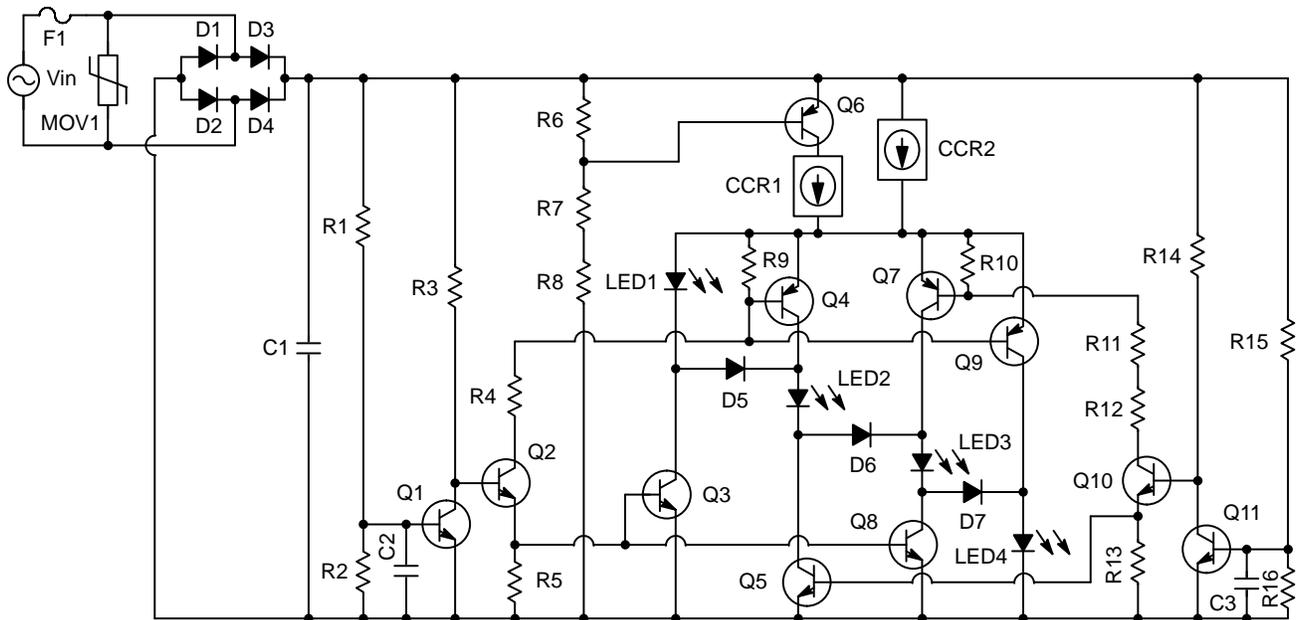


Figure 1. 3-stage Parallel-to-Series LED Lighting Circuit

回路の説明

この回路は、全波ブリッジ整流器(D1~D4)、並列から直列への切り替え回路(R1~R5、R9~R16、C1~C3、Q1~Q5、Q7~Q11)、CCRのターンオン回路(R6~R8、Q6)、CCR (CCR1~CCR2)、LEDルート設定ダイオード(D5~D7)、およびLED (LED1~LED4)で形成されています。

回路の動作

ブリッジ整流器は、(120 V_{AC}の場合に)約170 Vをピークとする半波の正弦波を出力します。ブリッジの出力は、D3とD4のカソードと、D1とD2のアノードの間で参照されます。

この回路は、全波ブリッジから出力された整流後の半波の正弦波にできるだけ近くなるように、LEDのV_fを動的に調整します。「代表的な回路図」セクションに示すように、ブリッジの出力の変動に応じて、LEDは3つの構成の間で変化します。

最初の構成は、ブリッジの出力が0 V~72 V[†]の間にある場合に使用され、すべてのLEDが互いに並列に接続される「並列」ステージになります。CCR2はオンになり、Q3~Q5、およびQ7~Q9の各トランジスタもオンになります。D5、D6、D7の各ダイオードには、いずれも逆バイアスが印加されます。CCR電流(LEDのV_fターンオン電圧である36 Vを上回っている場合は、4組のLEDストリングに分割されます。

2番目の構成は、ブリッジの出力が72 V~145 V^{††}の間にある場合に使用され、LED全体を2組の並列ストリングに移行させます。Q1はR1/R2の電圧分割器を使用して、2番目のステージに切り替える遷移を開始します。Q1がターンオンすると、Q2のV_{BE}は短絡され、その結果、トランジスタQ3、Q4、Q8、Q9のベース電流が流れなくなります。これらのトランジスタがターンオフすると、D5とD7の各ダイオードに順方向バイアスが印加され、LED1がLED2に接続され、LED3がLED4に接続されます。D6は引き続き、逆バイアスを印加されます。

3番目のステージは、ブリッジの出力が145 Vを上回っている間に使用され、すべてのLEDを1組の直列ストリングとして扱います。R15とR16で構成される抵抗分割器によりQ11はターンオンし、この遷移を開始します。Q11はQ10をターンオフし、この結果、Q5とQ7のベース電流が流れなくなり、これらのトランジスタもターンオフになります。D6に対して順方向バイアスが印加され、すべてのLEDに対してCCR2の電流が流れます。

すべてのLEDが直列に接続された後、CCR1はターンオンに設定され、高電圧で追加の電流を供給します。この結果、全電流の波形は入力電圧の波形に一致し、力率とTHDの性能が向上します。デバイスに対して追加の7Vが印加され、CCR1は約152 Vのブリッジ出力で最大の安定化を実行します。

† このスイッチング電圧は、R1/R2の抵抗分割器と、使用しているトランジスタのV_{BE(sat)}によって決まります。この例では、オン・セミコンダクターのMMBT3904L NPN BJTを使用しています。25°C時

のV_{BE(sat)}の代表値は約0.68 Vです。次の式を使用して、スイッチング電圧を求めることができます。

$$V_{\text{SWITCH}(Q1)} = V_{\text{BE}(\text{sat})} \cdot \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right)$$

R15 = 1 MΩ、R16 = 4.7 kΩ、V_{SWITCH(Q11)} = 145 Vという値を使用します。

†† V_{SWITCH(Q1)}の関係と同様に、Q11はR15/R16の抵抗分割器によってトリガされます。また、オン・セミコンダクターのMMBT3904Lを使用する場合は、Q11で予期されるV_{BE(sat)}は約0.68 Vであり、次の式が該当します。

$$V_{\text{SWITCH}(Q11)} = V_{\text{BE}(\text{sat})} \cdot \left(\frac{R15 + R16}{R16} \right)$$

R15 = 1 MΩ、R16 = 4.7 kΩ、V_{SWITCH(Q11)} = 145 Vという値を使用します。

設計の変更

この回路に対して特別な変更を加えるために、LEDストリングの順方向電圧(V_f)とCCR1の電流値を考慮に入れることができます。最適な性能を達成するには、LEDストリングのV_fとして、15 V~40 Vの間の値を使用することを推奨します。一般的に、LEDのV_fが高くなるほど効率は上昇しますが、CCR1によって達成されるPF/THDの利点は減少します。V_fが低くなるほど効率は低下し、LEDは早期に点灯するようになります。LEDのV_fを変更するには、切り替えポイントを調整するために、R2とR16を変更する必要があります。

CCR1の値を大きくすることが望ましい場合は、Q6の代わりに、ダーリントン接続された2個1組のPNPトランジスタまたはP型FETを使用して、ベース電流を小さくし、ゲインを大きくすることが推奨されます。悪影響を与えずに、CCR2と並列に複数のCCRを使用することもできます。R4、R11、R12が十分なベース電流を供給できることを確認してください。

回路の性能データ

Table 2. ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR THE CIRCUIT SHOWN IN FIGURE 1

	110 V _{AC}	120 V _{AC}	130 V _{AC}
I _{RMS(IN)} (mA)	64.39	65.49	66.06
PF	0.9886	0.9907	0.9921
THD (I _{RMS} , %)	14.86	13.56	12.35
P _{IN} (W)	6.93	7.75	8.44
Efficiency (%)	80.4	82.2	81.0

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

(参考訳)

製品パラメータは、特別な記述が無い限り、記載されたテスト条件に対する電気的特性で示しています。異なる条件下で製品動作を行った時には、電気的特性で示している特性を得られない場合があります。

テストに使用した調光器

Table 3. THE CIRCUIT WAS FULLY FUNCTIONAL WITH EACH DIMMER TESTED

Manufacturer	Serial Number
Leviton	600W-1D4102
Leviton	600W-1B4105
Lutron	Skylark CTCL-153PDH
Lutron	TG-600P-AC

代表的な回路図

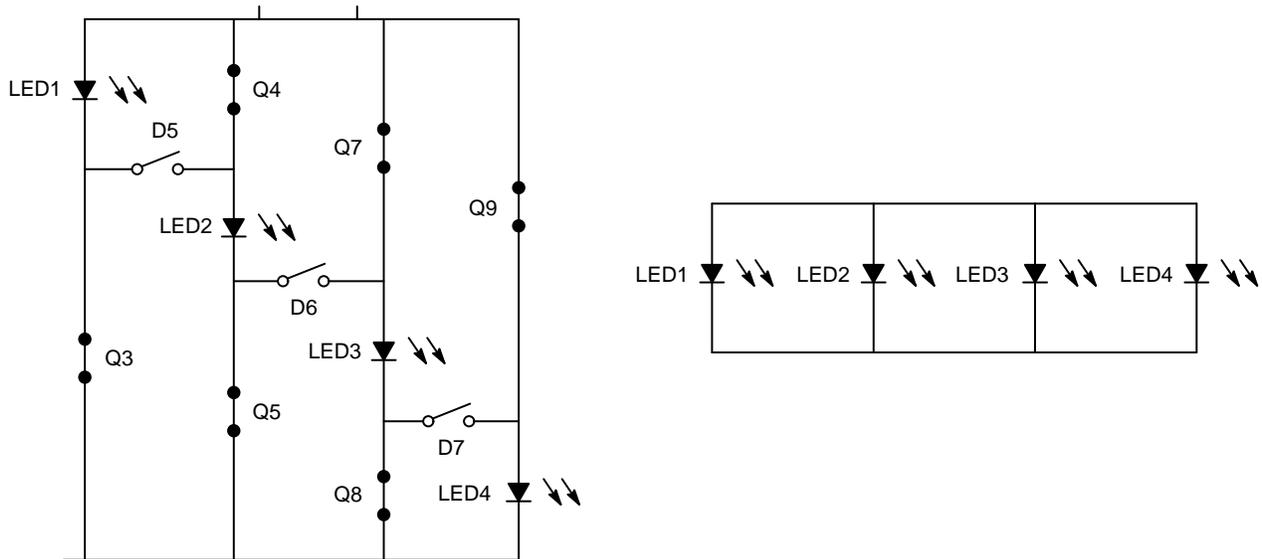


Figure 2. Stage 1/Parallel configuration of LEDs, showing behavior of switching circuitry. D5–D7 are open circuits, whereas all the transistors Q3–Q5 and Q7–Q9 are on. The LEDs are then in parallel below the CCR. The driver is in this state at bridge voltages below 72 V

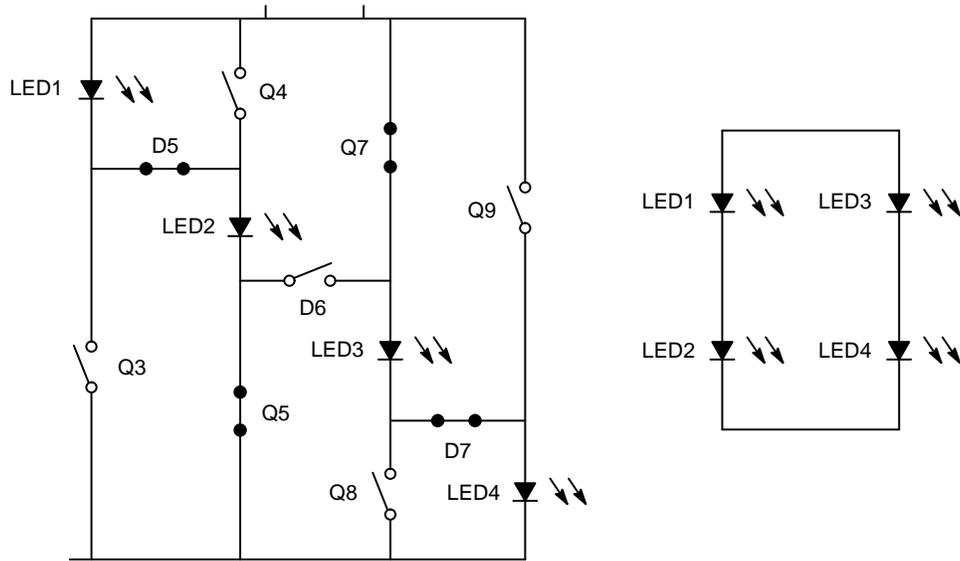


Figure 3. Stage 2/Parallel-Series configuration of LEDs. Transistors Q3–Q4 and Q8–Q9 are open, and current flows through the routing diodes D5 and D7. Simplified schematic containing only the LEDs is shown to the right. The driver is in this state between 72 V and 145 V

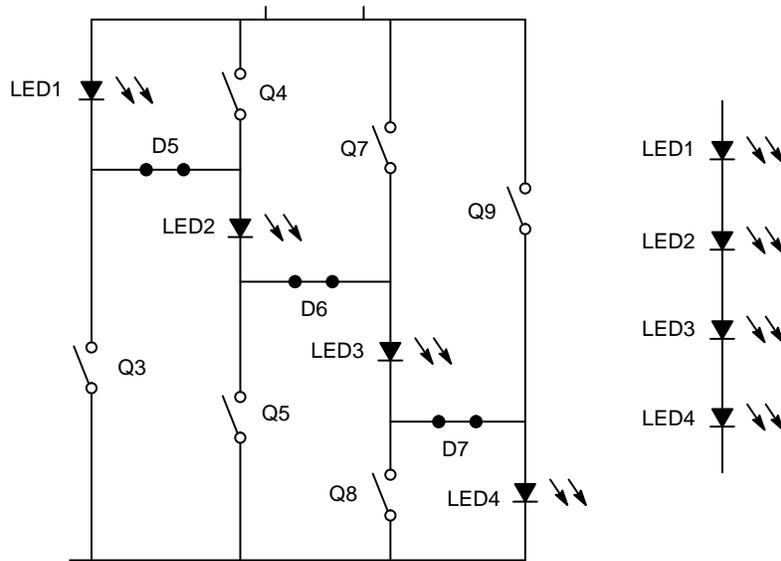


Figure 4. Stage 3/Series configuration of the LEDs and switching circuitry shown. All transistors Q3–Q5 and Q7–Q9 are off at high bridge voltages, and current passes through the routing diodes D5–D7. The driver is in this stage at bridge voltages above 145 V

波形

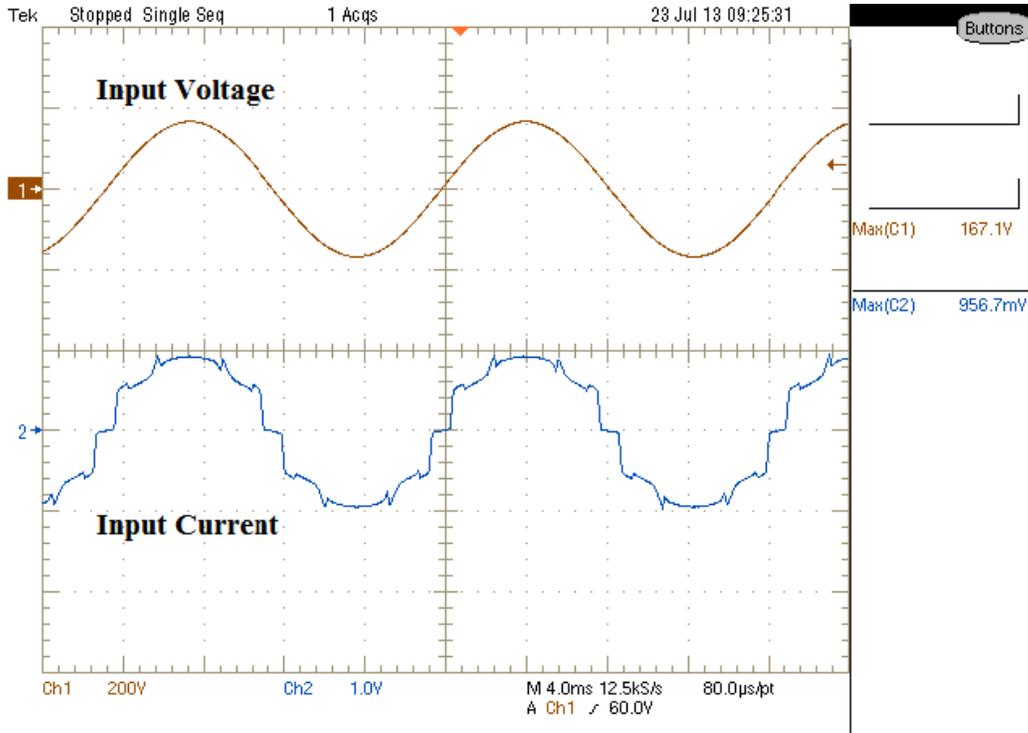


Figure 5. The total input current follows the voltage waveform very closely, yielding high power factor and outstanding THD performance

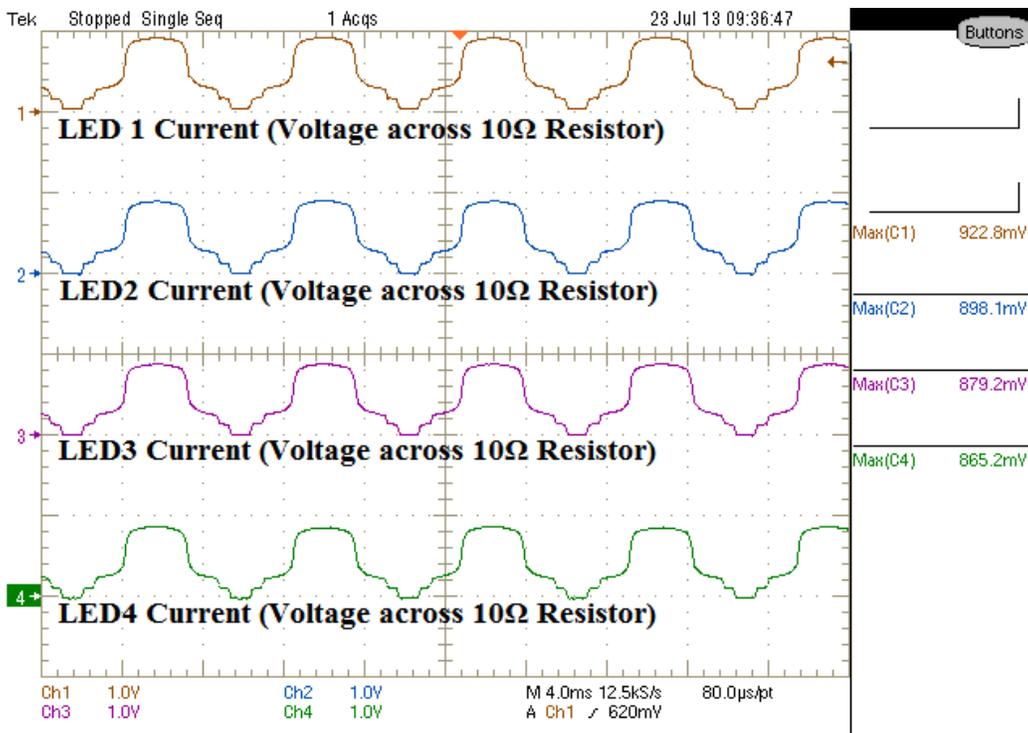


Figure 6. LED current through each of the LEDs. Note the current waveforms are nearly identical, as well as the three distinct levels of current, coinciding with the three LED configurations

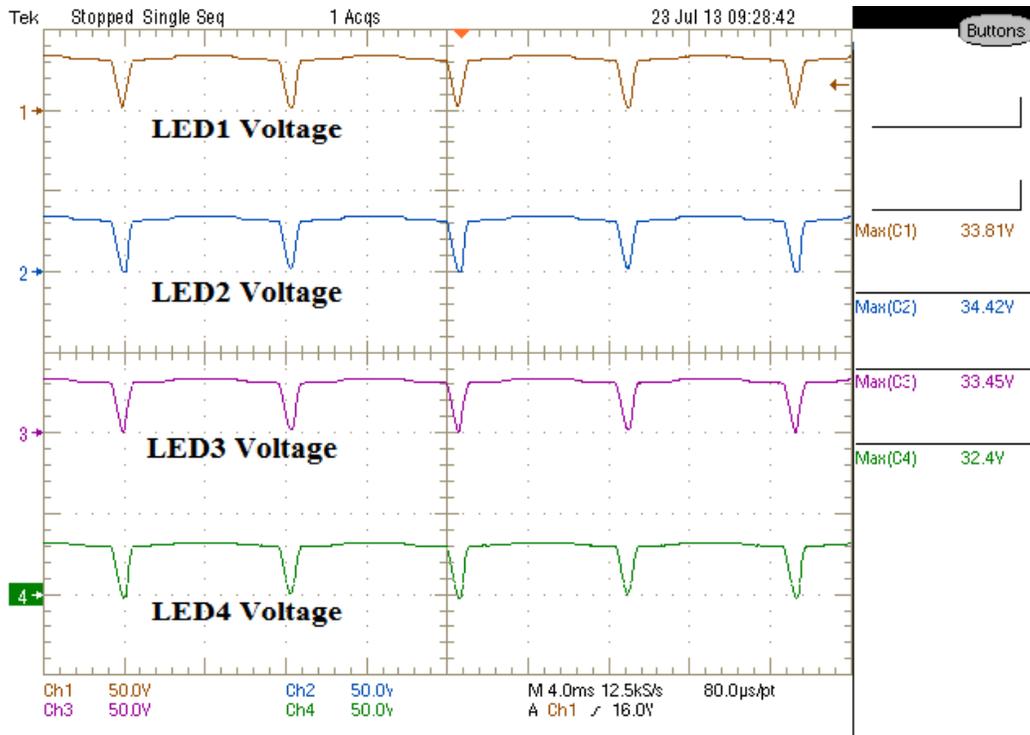


Figure 7. The LED forward voltage is identical for all LEDs. When the LED voltage is not 0 V, the LEDs are on. Given an LED V_f of 32 V, the LEDs are on about 92% of the time

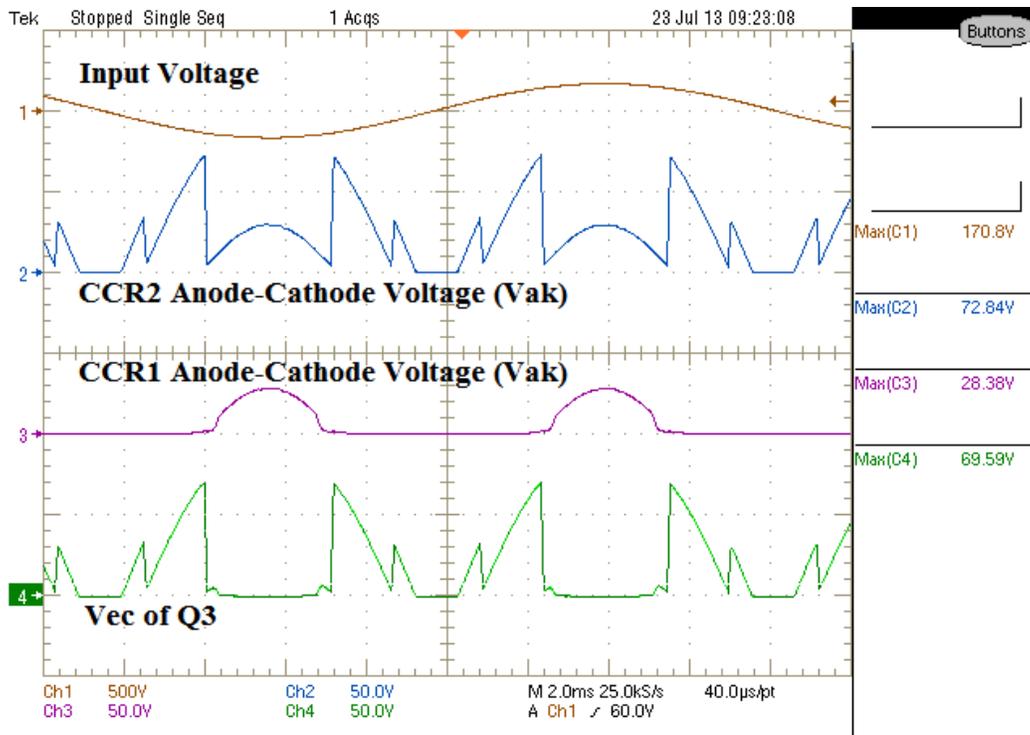


Figure 8. The CCR2 V_{ak} demonstrates the different stages of the LED configurations. Q3 blocks CCR1 from conducting only until the highest bridge voltages. Q3 and CCR1 are in parallel with CCR2

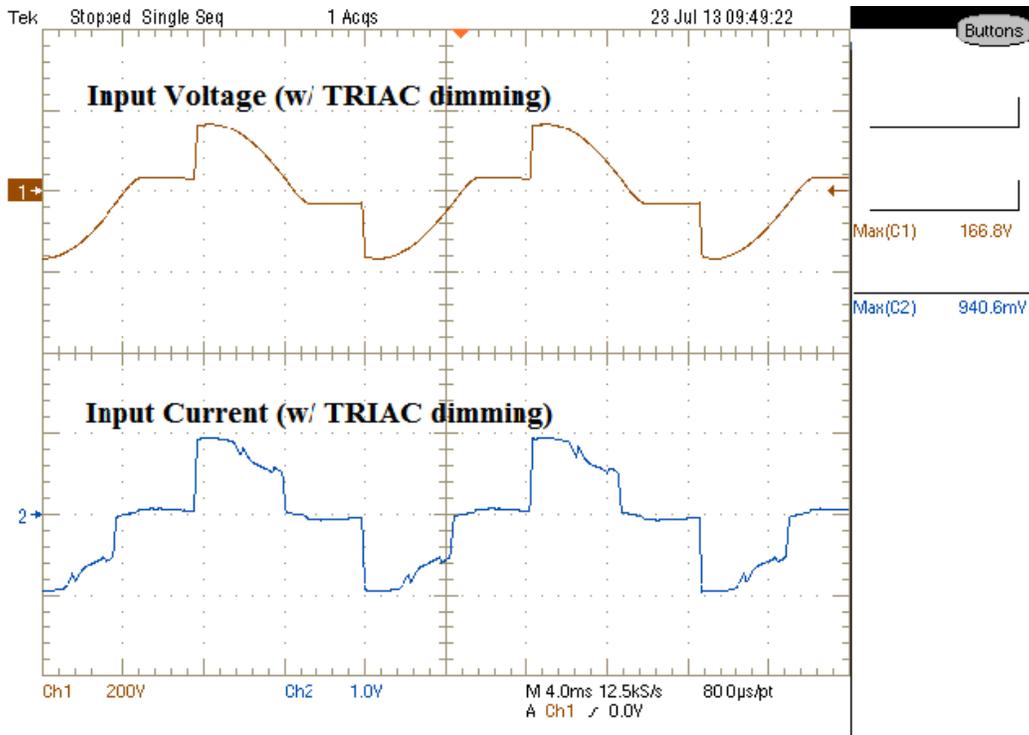


Figure 9. The circuit receives no input current when the TRIAC is off, and the current is normal when the TRIAC is on

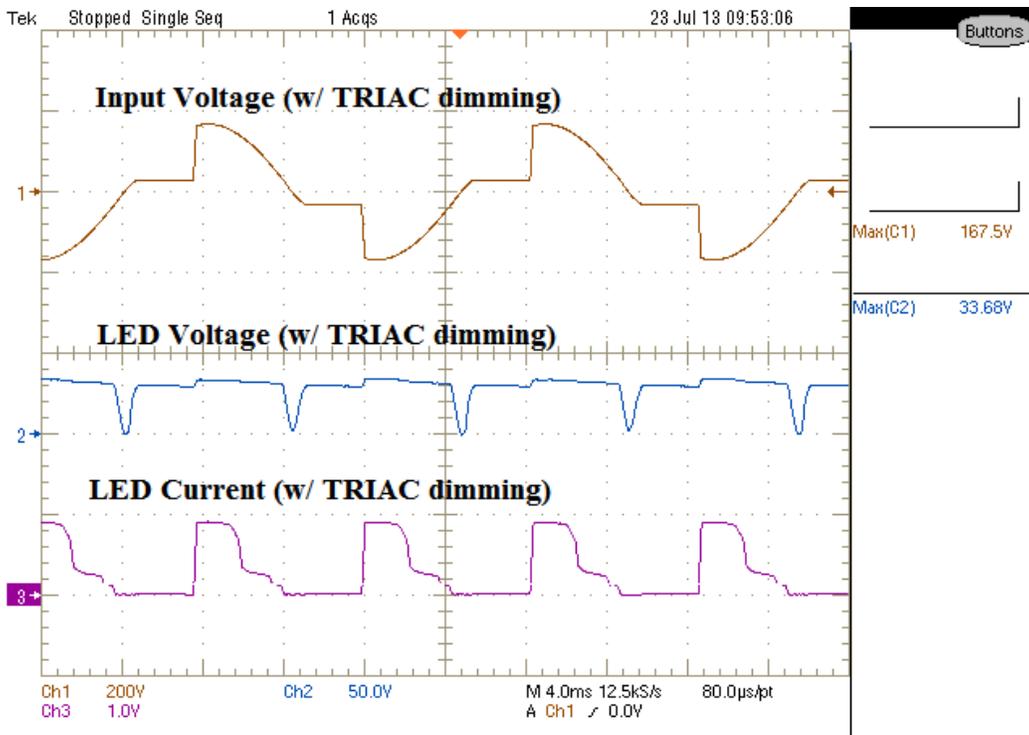


Figure 10. LED1's voltage and current waveforms, unaffected by TRIAC dimming. The voltage on the LEDs is due to the non-zero voltage out of the dimmer during the "off" state

評価ボード

評価ボードCCR230PS3AGEVB (上に図示するドライブ回路)を、230 V_{AC}を意図した当初の設計から変更し、120 V_{AC}で性能を再現することができます。



Figure 11. CCR230PS3AGEVB Evaluation Board with Changes Marked for DN05051/D

次に、変更の一覧と、金属で覆ったボードを使用して取得したデータを示します。金属で覆ったボ

ードを使用する場合は、回路全体の性能が大幅に改善されます。

Table 4. LIST OF MODIFICATIONS

CCR230PS3AGEVB Reference	Recommended Modification	Alternative Modification	DN05051/D Designator
R3	Replace with 9.53 kΩ	Desired R _{set1} Value	R2
R10	Replace with 4.7 kΩ	Desired R _{set2} Value	R16
R15	Replace with 255 Ω	Parallel with 309 Ω	R6
R16	Replace with 24.9 kΩ	Parallel with 28 kΩ	R7
R17	Replace with 24.9 kΩ	Parallel with 28.7kΩ	R8
CCR1	Replace with NSIC2030JBT3G	-	-

回路のデータ

Table 5. USING REFITTED EVALUATION BOARD

	110 V _{AC}	120 V _{AC}	130 V _{AC}
I _{RMS(IN)} (mA)	61.05	65.03	67.86
PF	0.9864	0.9890	0.9907
THD (I _{RMS} , %)	16.5	14.42	13.02
P _{IN} (W)	6.64	7.75	8.76
Efficiency (%)	84.1	83.3	80.1

定数の最適化をするためには、実際に実験して確認することが必要な場合もありますが、そのグラフはおおよそそのデザインツールとして使用できます。V_fが15 V~40 VのLED、4灯(V_fの合計が60 V~160 V)の使用を推奨します。

設計の変更

もしお客様が自分のLEDを評価ボードに接続する場合は、(デザインノートの指示に沿って)図12に示されているようにオフボードに接続してください。

また、最適なパフォーマンスのために、LED電圧値によってスイッチポイントを調整する必要があります。参考として、図13に、LED電圧値に応じたスイッチポイント調整抵抗R2及びR16の推奨値を示します。

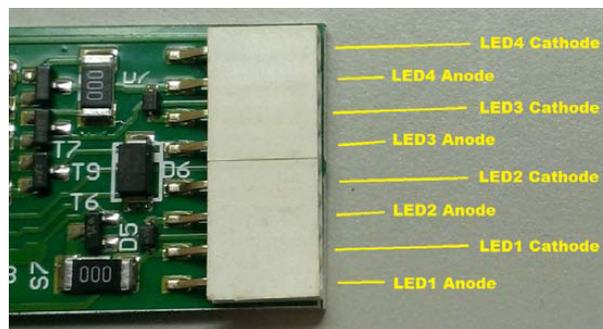


Figure 12. Off-board Connections, from Driver Board to LEDs

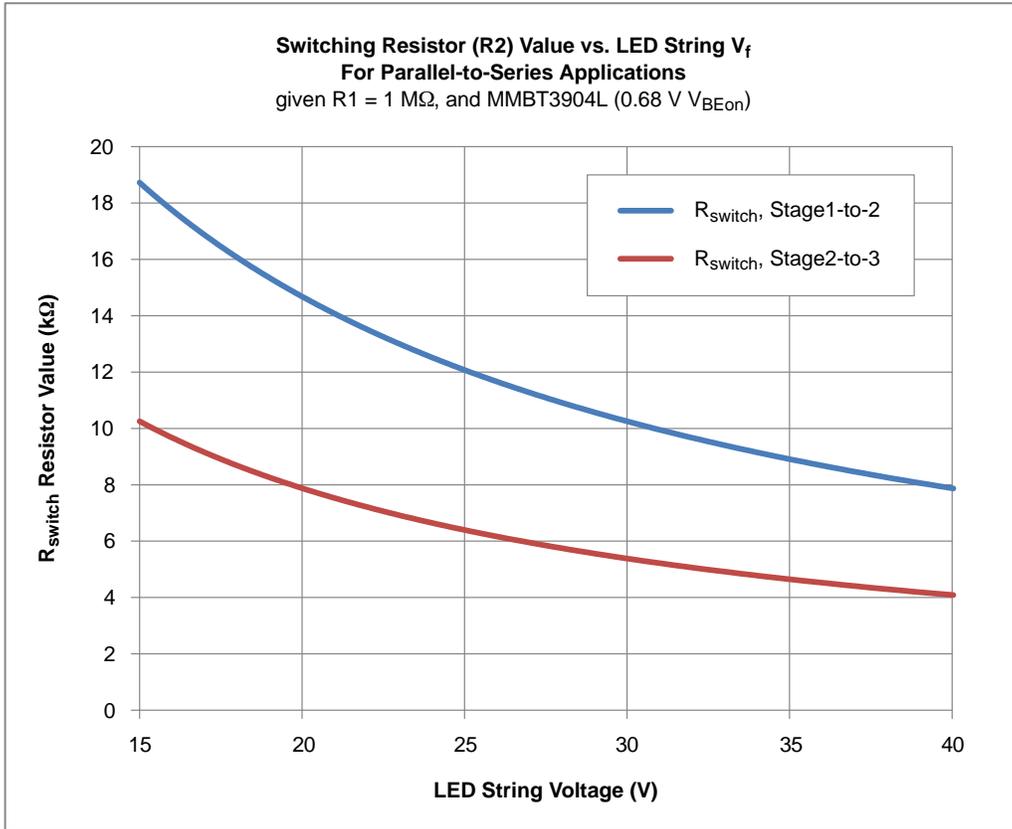


Figure 13. Plot showing recommended values for the R_{switch} resistor values to determine the driver's switchpoints. The second-to-third stage trigger resistor is roughly half the value of the first-to-second stage trigger resistor

DN05051/D

部品表(BOM)

Table 6. BILL OF MATERIALS FOR CIRCUIT SHOWN IN FIGURE 1

Designator	Qty	Description	Value	Tolerance	Manufacturer	Part Number
CCR1	1	Constant Current Regulator	120 V, 30 mA	±15%	ON Semiconductor	NSIC2030JB
CCR2	1	Constant Current Regulator	120 V, 50 mA	±15%	ON Semiconductor	NSIC2050JB
F1	1	Fuse	250 V, 1 A	–	Any	–
MOV1	1	Varistor	150 V _{AC}	–	Any	–
D1–D4	4	Diode	400 V, 1 A	–	ON Semiconductor	MRA4004
D5, D7	2	Diode	75 V, 200 mA	–	ON Semiconductor	BAS16H
D6	1	Diode	250 V, 200 mA	–	ON Semiconductor	BAS21L
C1	1	Capacitor	2.2 nF, 500 V	–	Any	–
C2–C3	2	Capacitor	1 nF, 10 V	–	Any	–
Q1, Q11	2	NPN Transistor	40 V, 200 mA	–	ON Semiconductor	MMBT3904L
Q2, Q10	2	NPN Transistor	350 V, 100 mA	–	ON Semiconductor	MMBT6517L
Q3, Q5, Q8	3	NPN Transistor	140 V, 600 mA	–	ON Semiconductor	MMBT5550L
Q4, Q6, Q7, Q9	4	PNP Transistor	150 V, 500 mA	–	ON Semiconductor	MMBT5401L
R1, R15	2	Resistor	1 MΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R2	1	Resistor	9.53 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R3, R14	2	Resistor	300 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R4	1	Resistor	30 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R5, R9	2	Resistor	1 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R6	1	Resistor	255 Ω, 1/8 W	±1%	Any	–
R7–R8	2	Resistor	24.9 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R10, R13	2	Resistor	2.2 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R11–R12	2	Resistor	15 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
R16	1	Resistor	4.7 kΩ, 1/8 W	±1%	Any	–
LED1–LED4	4	LEDs	36 V, 480 mA	–	Any	–

他の参考文献

230V_{AC}に適應させた類似の設計(3ステージで、並列から直列への切り替え)については、デザイン・ノートDN05047を参照してください。

- デザイン・ノート – [DN05047/D](#): 230 V_{AC}、低コスト、調光可能、3ステージ、LEDランプ用回路

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。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がその製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します。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

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

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

For additional information, please contact your local Sales Representative