

LC5200 シリーズ

アプリケーションノート Rev.6.0

Not Recommended for New Designs

サンケン電気株式会社
SANKEN ELECTRIC CO., LTD.
<http://www.sanken-ele.co.jp>

目次

概要	3
1. 絶対最大定格	4
2. 推奨動作範囲	5
3. 電気的特性	6
4. 各端子機能	7
5. ブロックダイアグラム	7
6. 応用回路例	9
7. 外形寸法、捺印仕様	9
8. 動作説明	11
8.1 PWM 電流制御 (降圧コンバータ)	11
8.2 内部 PWM 制御回路	12
8.3 調光制御	13
9. 回路定数の設定 (参考)	14
9.1 参考回路定数	14
9.2 回路部品の定数設定に関する注意事項	15
10. 参考資料	16
10.1 力率改善回路	16
10.2 参考資料 (効率・力率データ)	17
10.3 雑音端子電圧の低減例	26
注意書き	27

概要

LC5200 シリーズ は、シンプルで高効率な非絶縁タイプの LED ドライバ IC です。商用電源から LED を定電流駆動できる降圧コンバータが構成できます。

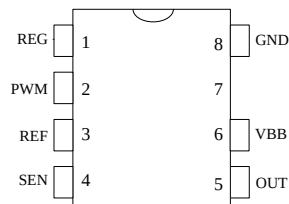
パワー MOSFET と制御 IC を 1 パッケージに内蔵し、外付け部品が少ないため、電源の省スペース化が必要な LED 電球などの小型照明に最適です。

本製品は、商用電源を整流した入力電圧を直接入力して使用できます。

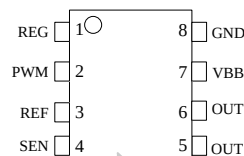
また、安全性の向上のため、定電流制御とは別に、過電流保護機能があります。

パッケージ

DIP8



SOP8



Not to scale

特長

- 降圧コンバータ動作対応
- 高耐圧電源入力：250V(MAX)、450V(MAX)
- 定電流制御回路内蔵
 - PWM 式定電流制御回路を内蔵
 - 出力電流は REF 端子入力電圧により制御が可能
- 外部 PWM 信号対応
 - PWM 端子に PWM 信号入力により調光制御が可能
 - PWM 端子に Low 信号入力により LED 負荷の全消灯が可能
- 保護機能
 - 低電圧動作保護機能(UVLO)
 - 過電流保護機能(OCP)-----ラッチ
 - 過熱保護機能(TSD)-----自動復帰

アプリケーション

- LED 照明機器
- LED 電球

シリーズラインアップ

製品名	パッケージ	出力電流	入力電源電圧		出力 MOSFET R _{DS(ON)} (MAX)
			最大電圧	推奨電圧*	
LC5202D	DIP8	0.5A	250V	25V～200V	2.2Ω
LC5202S	SOP8				
LC5205D	DIP8		450V	25V～400V	6Ω
LC5205S	SOP8				
LC5203D	DIP8	1.0A	250V	25V～200V	1.3Ω
LC5210D	DIP8		450V	25V～400V	3Ω

* 下限電圧は使用する LED の出力電圧によります

1. 絶対最大定格

- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 電流値の極性は、IC を基準としてシンクを“+”、ソースを“-”と規定します
- 端子番号が DIP8 と SOP8 パッケージで異なる場合は、括弧内に SOP8 の端子番号を表記します
- 特記のない場合の条件 $T_a=25^{\circ}\text{C}$

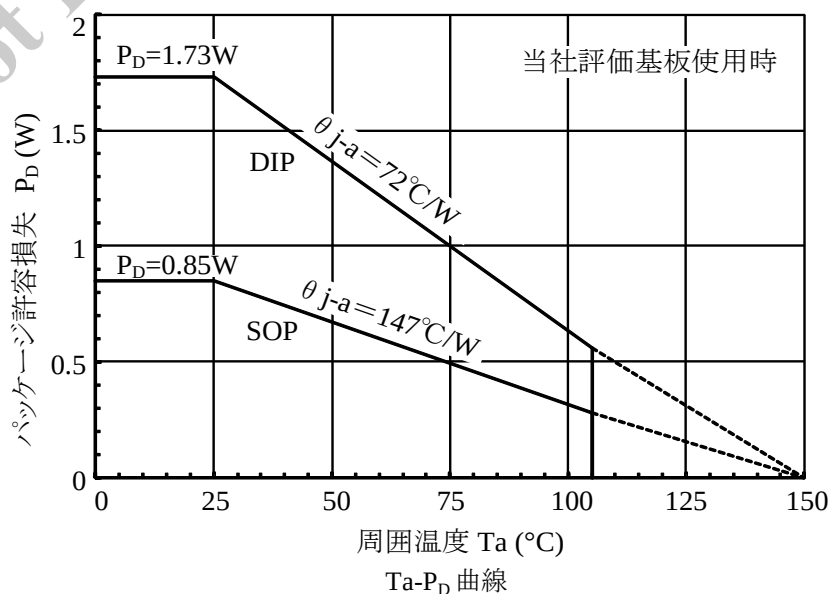
項 目	端子	記号	測定条件	規格値	単位	備 考
主 電 源 電 圧	6-8 (7-8)	V_{BB}		250	V	LC5202D/S LC5203D
				450	V	LC5205D/S LC5210D
出 力 耐 圧	5-4 (5,6-4)	V_O		250	V	LC5202D/S LC5203D
				450	V	LC5205D/S LC5210D
出 力 電 流 ⁽¹⁾	5-4 (5,6-4)	I_O	1 μs 未満のパルス 幅は含まない	0.5	A	LC5202D/S LC5205D/S
				1.0	A	LC5203D LC5210D
P W M 端 子 電 圧 ⁽²⁾	2-8	V_{PWM}		$-0.3 \sim V_Z$	V	
R E F 端 子 電 圧	3-8	V_{REF}		$-0.3 \sim +V_{REG}+0.3$	V	
S E N 端 子 電 圧	4-8	V_{SEN}	1 μs 未満のパルス 幅は含まない	$-0.3 \sim +4$	V	
許 容 損 失 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	—	P_D	当社評価基板使用	0.85	W	LC5202S LC5205S
				1.73	W	LC5202D LC5203D LC5205D LC5210D
動 作 周 囲 温 度	—	T_a		$-40 \sim +105$	$^{\circ}\text{C}$	
保 存 温 度	—	T_{stg}		$-40 \sim +150$	$^{\circ}\text{C}$	
ジャンクション温度	—	T_j		+150	$^{\circ}\text{C}$	

⁽¹⁾ 出力電流値は、Duty 比、周囲温度、放熱条件で制限される可能性があります。いかなる場合もジャンクション温度 T_j を超えないようにします

⁽²⁾ PWM 端子と GND 間にはツェナーダイオードを内蔵しています。 V_Z は、この内部ツェナーダイオードのブレークダウン電圧で、 $V_Z = 6.3\text{V(TYP)}$ です。なお、流入電流の最大値は 1mA です

⁽³⁾ 許容損失 P_D は、使用する基板のパターンレイアウトで変動します

⁽⁴⁾ T_a - P_D 曲線参照



2. 推奨動作範囲

- 推奨動作範囲とは、電気的特性に示す正常な回路機能を維持するために必要な動作範囲を示すものです。実機動作においては、推奨動作範囲内で使用する必要があります
- 電流値の極性は、IC を基準としてシンクを“+”、ソースを“-”と規定します
- 端子番号が DIP8 と SOP8 パッケージで異なる場合は、括弧内に SOP8 の端子番号を表記します

項 目	端子	記号	規格値		単位	備 考
			MIN	MAX		
電 源 電 圧 ⁽¹⁾	6-8 (7-8)	V_{BB}	25	200	V	LC5202D/S LC5203D
			25	400	V	LC5205D/S LC5210D
出 力 電 流 (平 均 電 流)	5-4 (5,6-4)	$I_{O(AVG)}$	—	0.4	A	LC5202D/S LC5205D/S
			—	0.8	A	LC5203D LC5210D
R E F 端 子 電 圧	3-8	V_{REF}	—	0.8	V	通常動作時
ケ ー ス 温 度 ⁽²⁾	—	T_C	—	105	°C	

⁽¹⁾ 下限電圧は使用する LED の出力電圧によります

⁽²⁾ ケース温度 T_C はパッケージの中央で規定。ここで、ケース温度の推奨値は、ジャンクション温度 T_j が 150°C 以下であることが前提

3. 電気的特性

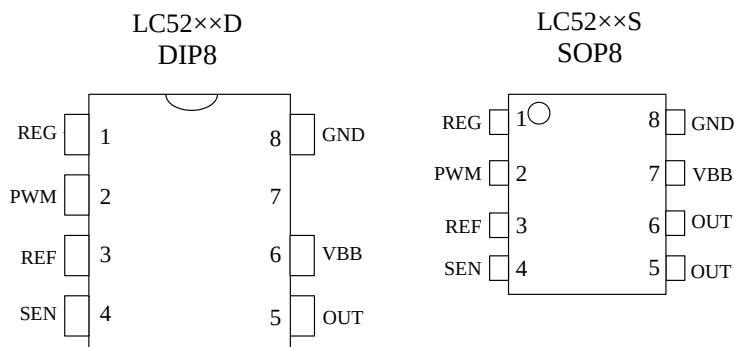
- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 電流値の極性は、IC を基準としてシンクを“+”、ソースを“-”と規定します
- 端子番号が DIP8 と SOP8 パッケージで異なる場合は、括弧内に SOP8 の端子番号を表記します
- 特記のない場合の条件 $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{BB}=140\text{V}$

項 目	端子	記 号	測定条件	規 格 値			単位	備考
				MIN	TYP	MAX		
電 源 電 流	6-8 (7-8)	I_{BBs}	出力オフ時	—	0.8	1.2	mA	
	6-8 (7-8)	I_{BB}	動作時	—	2	—	mA	
出力 MOSFET 耐圧	5-4 (5,6-4)	$V_{DS(BR)}$	$I_D=1\text{mA}$	250	—	—	V	LC5202D/S LC5203D
				450	—	—	V	LC5205D/S LC5210D
出力 MOSFET ON 抵抗	5-4 (5,6-4)	$R_{DS(ON)}$	$I_D=0.5\text{A}$	—	1.2	2.2	Ω	LC5202D/S
			$I_D=1.0\text{A}$	—	0.7	1.3	Ω	LC5203D
			$I_D=0.5\text{A}$	—	3.5	6	Ω	LC5205D/S
			$I_D=1.0\text{A}$	—	1.7	3	Ω	LC5210D
出力 MOSFET ボディー ダイオード順方向電圧	4-5 (4-5,6)	V_F	$I_F=0.5\text{A}$	—	0.8	1.0	V	LC5202D/S
			$I_F=1.0\text{A}$	—	0.75	1.2	V	LC5203D
			$I_F=0.5\text{A}$	—	0.8	0.9	V	LC5205D/S
			$I_F=1.0\text{A}$	—	0.88	1.0	V	LC5210D
U V L O 解除電圧	6-8 (7-8)	$V_{UVLO(ON)}$		—	14	—	V	VBB 端子電圧
U V L O 動作電圧	6-8 (7-8)	$V_{UVLO(OFF)}$		—	13	—	V	VBB 端子電圧
REG 端子出力電圧	1-8	V_{REG}	$I_{REG}=-0.1\text{mA}$	11.5	12	12.5	V	
REG 端子出力電流	1-8	I_{REG}	$V_{REG}=11\text{V}$	—	—	-2	mA	
REF 端子入力電圧	3-8	V_{REF}		0	—	1	V	
REF 端子流入電流	3-8	I_{REF}		-10	—	10	μA	
電流制御検出電圧	4-8	V_{SEN}		$V_{REF}-0.03$	V_{REF}	$V_{REF}+0.03$	V	
O C P 検出電圧	4-8	V_{OCP}		—	3	—	V	
SEN 端子流入電流	4-8	I_{SEN}		-10	—	10	μA	
PWM ブランキング時間	—	t_{BLK}		—	400	—	ns	
P W M 動作周波数	2-8	f_{PWM}	Duty=50%	—	—	200	kHz	
出力 MOSFET 立ち上がり時間	5-4 (5,6-4)	t_r	$I_o=0.4\text{A}$	—	20	—	ns	
出力 MOSFET 立ち下がり時間	5-4 (5,6-4)	t_f	$I_o=0.4\text{A}$	—	50	—	ns	
過熱保護動作温度 ⁽¹⁾	—	T_{TSD}		—	150	—	$^{\circ}\text{C}$	
T S D ヒステリシス ⁽¹⁾	—	$T_{TSD(HYS)}$		—	55	—	$^{\circ}\text{C}$	
熱 抵 抗 ⁽²⁾	—	θ_{j-a}	当社評価基板	—	—	72	$^{\circ}\text{C/W}$	LC52××D
				—	—	147	$^{\circ}\text{C/W}$	LC52××S

⁽¹⁾ 制御 IC のチップ温度(T_j)

⁽²⁾ MOSFET とエアー間の熱抵抗

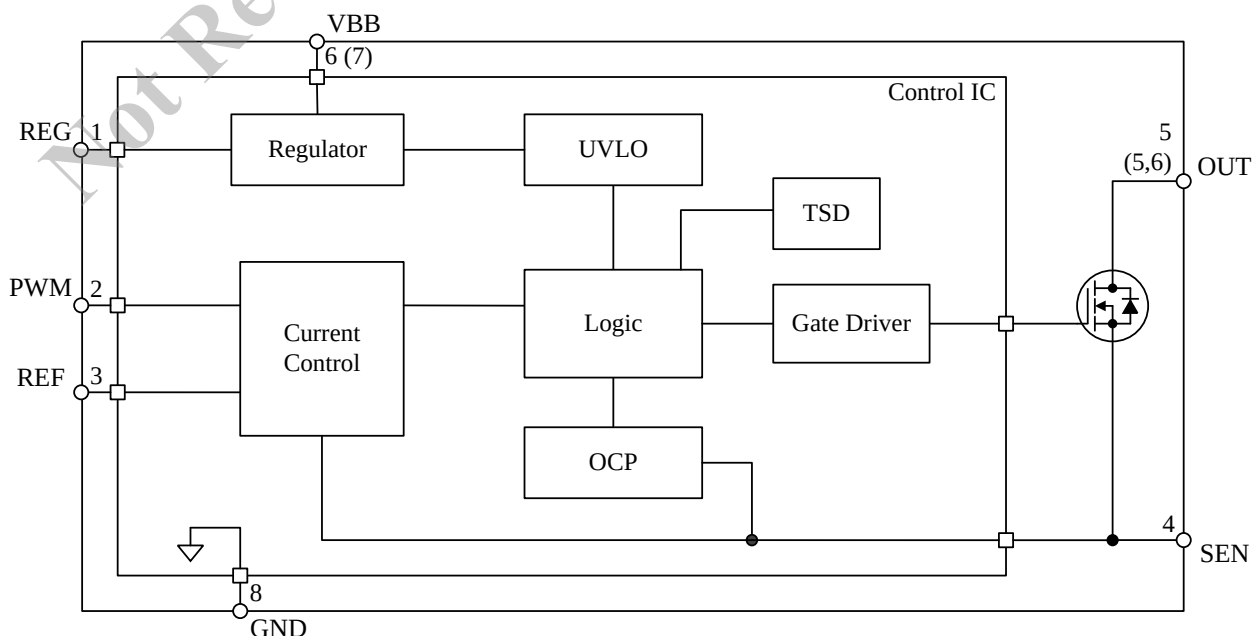
4. 各端子機能



記号	端子番号		機能
	LC52xxD (DIP8)	LC52xxS (SOP8)	
REG	1	1	内蔵レギュレータの出力。内部および外部回路に電流を供給 ピン付近に 0.1μF のバイパスコンデンサを接続
PWM	2	2	内部 PWM 方式の場合、オフ時間設定用の CR を接続 外部 PWM 方式の場合、PWM 信号の入力端子として機能
REF	3	3	内部 PWM 方式の OUT 端子 (出力 MOSFET) ピーク電流設定用入力端子 REF 端子電圧でピーク電流を設定
SEN	4	4	出力電流の検出端子 電流検出抵抗 R _S を接続し、内部 PWM 方式のピーク電流検出と、過電流検出に使用
OUT	5	5,6	負荷と接続する端子で、内蔵 MOSFET のドレイン端子と接続
VBB	6	7	主電源入力端子。この端子から内部レギュレータを介して内部の電力を供給
—	7		抜きピン LC52xxD (DIP8) は高電圧部の絶縁距離を確保するために抜きピン LC52xxS (SOP8) は使用するお客様の設計基準考慮が必要です
GND	8	8	グラウンド端子

5. ブロックダイアグラム

端子番号が DIP8 と SOP8 パッケージで異なる端子は、括弧内に SOP8 の端子番号を表記します。



1) Regulator

主電源 VBB 端子から 12V へ降圧するリニアレギュレータで、内部回路および外付け素子に電源供給をします。Regulator ブロックは、出力 MOSFET のゲートをチャージするときにパルス電流が流れます。そのため、電圧の安定化用に REG 端子の直近に $0.1\mu\text{F}$ のセラミックコンデンサを接続します。

2) Current Control

出力電流の制御回路で、内部 PWM 方式の定電流制御を行います。REF 端子電圧と SEN 端子電圧を比較して、出力電流を制御します。

3) UVLO(Under Voltage Lock Out)

Regulator の出力電圧が正常であるかを常に監視しており、電源低下時の異常動作を防止します。VBB 端子電圧が $V_{\text{UVLO(OFF)}}$ 以下になると、IC は動作前の初期状態になります。
また、保護機能におけるラッチ回路のパワーオンリセットとしても使用します。

4) TSD (Thermal Shutdown)

制御 IC(Control IC)のチップ温度を常に監視しています。

制御 IC の温度が T_{TSD} 以上になると OUT 端子出力をオフにし、異常過熱を防止します。制御 IC の温度が $T_{\text{TSD}} - T_{\text{TSD(HYS)}}$ 以下に下がるか、 $T_{\text{TSD}} - T_{\text{TSD(HYS)}}$ に下がる前でも、電源をオフし(VBB 端子電圧を $V_{\text{UVLO(OFF)}}$ 以下に下げる)、再投入すると通常動作に復帰します。

なお、TSD の回路は制御 IC 上に存在するため、出力 MOSFET の熱が制御 IC に伝播し、TSD が動作するまでに時間がかかります。そのため出力 MOSFET が急激に過熱状態になった場合、TSD が動作する前に破壊する可能性があるため、十分な評価が必要です。

5) OCP (Over Current Protection)

出力 MOSFET のドレイン電流を電流検出抵抗 R_S で検出し、SEN 端子電圧 V_{SEN} が OCP 検出電圧 V_{OCP} 以上になると OCP 機能が動作して、OUT 端子出力をオフにします。

OCP 機能はラッチ動作です。ラッチ解除は再投入(VBB 端子電圧を $V_{\text{UVLO(OFF)}}$ 以下に下げる)して行えます。

なお、OCP は、あくまでも過大電流が R_S に流れ、SEN 端子電圧 V_{SEN} が V_{OCP} に達したときに動作するため、LED 負荷がショートしてもチョークコイルにより電流制限がかかり、 V_{OCP} に達しない場合は OCP 動作を行いません。

6) Logic

Current Control 回路および各種保護回路からの入力をもとに、出力 MOSFET のオン／オフを決定します。

正常状態かつ Current Control 回路が OUT 端子の出力オン信号を出力しているときのみ、出力 MOSFET をオンにします。

7) Gate Driver

出力 MOSFET のゲート駆動用回路です。

8) MOSFET

出力 MOSFET です。電流・電圧定格に応じた MOSFET を内蔵しています。

6. 応用回路例

LED 照明用電源回路例

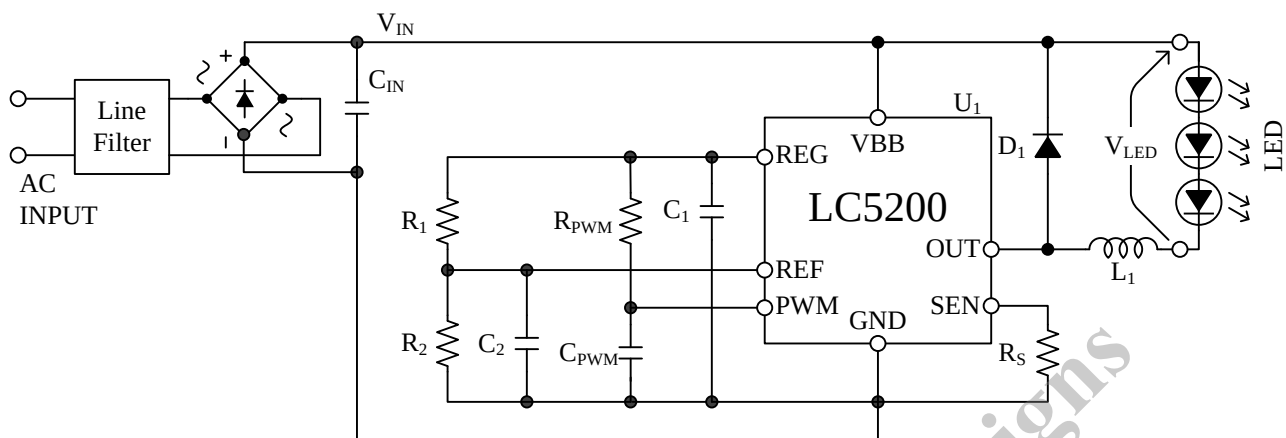
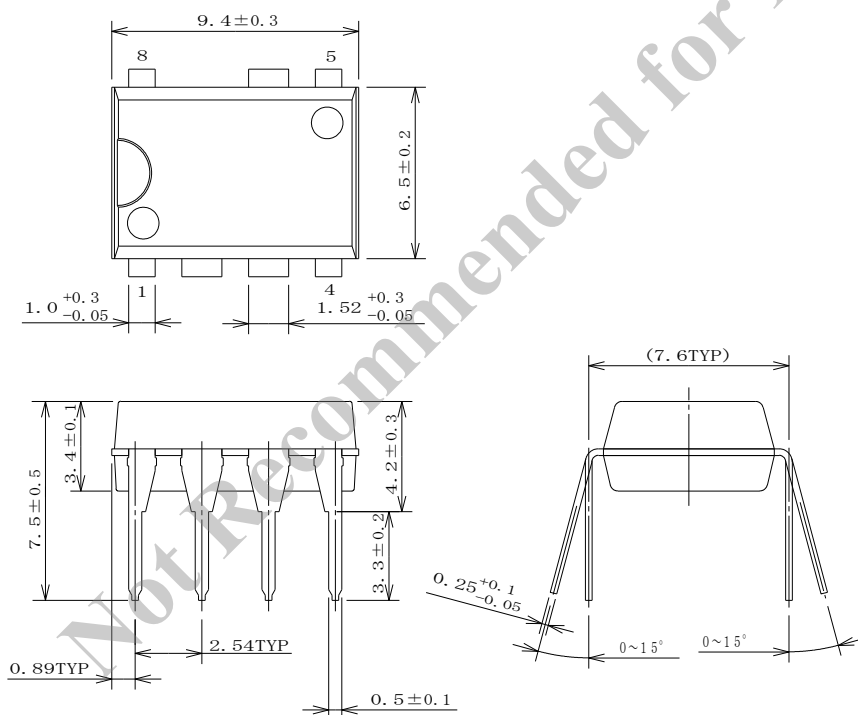


図 6 応用回路例

7. 外形寸法、捺印仕様

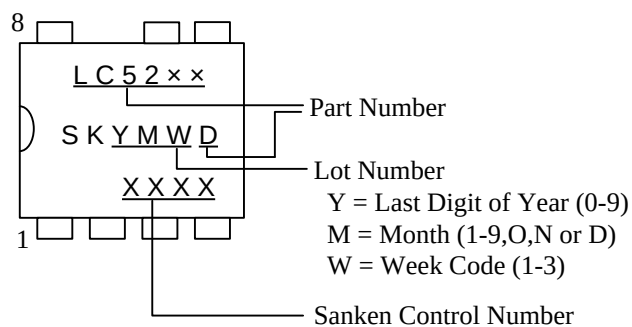
DIP8



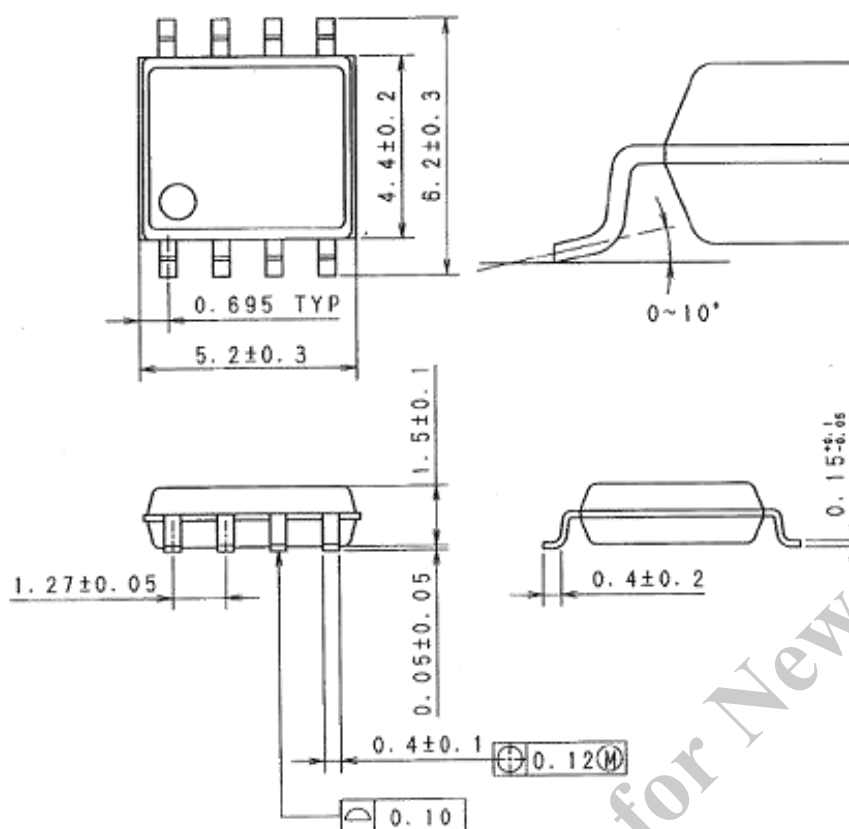
NOTES:

- 1) 単位: mm
- 2) Pb フリー品(RoHS 対応)

DIP8



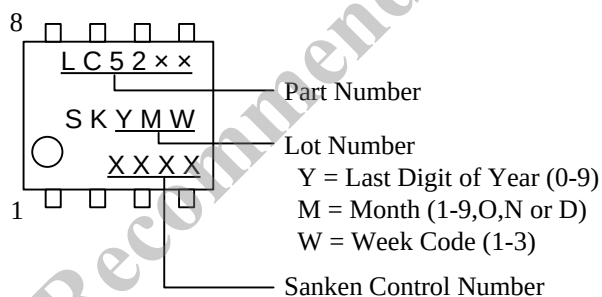
SOP8



NOTES:

- 1) 単位: mm
- 2) Pb フリー品(RoHS 対応)

SOP8



8. 動作説明

電流値の極性は、IC を基準としてシンクを“+”、ソースを“-”と規定します。
特記なき場合の特性数値は、TYP 値を表記します。

8.1 PWM 電流制御 (降圧コンバータ)

図 8-1 に降圧コンバータの PWM 動作波形を、図 8-2 にこのコンバータの負荷電流経路を示します。

図 8-1 に示す①～④領域の内部 PWM 方式の電流制御は、以下になります。

①PWM オン期間

起動時、および設定した出力 MOSFET の電流値に到達していない状態では、出力 MOSFET がオンとなり、図 8-2 の I_{ON} で示す経路で電流が流れます。

②ターンのオフ

PWM オン期間には、LED 電流が電流検出抵抗 R_S に流れ、この電流を R_S で SEN 端子電圧として検出します。この検出電圧 V_{SEN} が、REF 端子電圧 V_{REF} に達したときに、出力 MOSFET をターンオフします。

③PWM オフ期間

出力 MOSFET がターンオフすると、チョークコイル L_1 に逆起電力が発生します。これにより、還流ダイオード D_1 は順方向にバイアスされ、ターンオンします。このように、PWM オン期間にチョークコイル L_1 に蓄えたエネルギーは、図 8-2 の I_{OFF} で示す経路を通して回生します。

④ターンオン

固定オフ時間 t_{OFF} が経過すると、出力 MOSFET が再度ターンオンし、①の PWM オン期間が開始します。

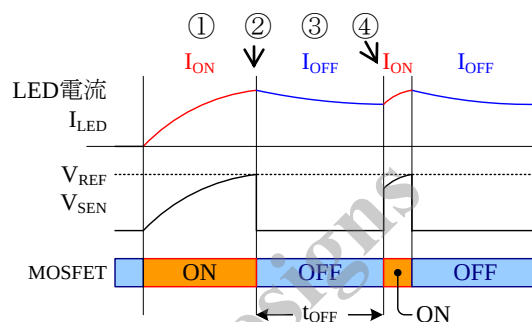


図 8-1 動作波形

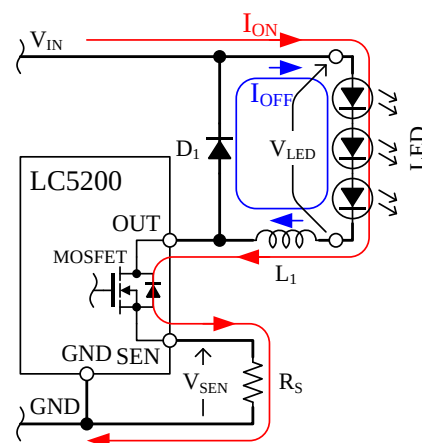


図 8-2 降圧コンバータの電流経路

8.2 内部 PWM 制御回路

本 IC の内部 PWM 方式に関連する回路を図 8-3 に、動作模式図を図 8-4 に示します。

出力 MOSFET をオンにすると、負荷の電流が増大し、電流検出抵抗 R_S の電位 V_{SEN} が上昇します。SEN 端子に接続している電流検出コンパレータ Comp2 で、REF 端子電圧 V_{REF} と比較し、 $V_{REF} < V_{SEN}$ となった時点で Comp2 が反転します(図 8-4 A 点)。

この信号を受けると、RS フリップフロップの出力 Q をリセットし、AND ゲート→Logic→Gate Driver→出力 MOSFET の順でオフ信号が伝搬して、出力 MOSFET がターンオフします。同時に、PWM 端子に接続している C_{PWM} 放電用 MOS スイッチがオンして、 C_{PWM} を放電します。一定時間が経過し、 V_{PWM} が 2V を下回った時点で、オフ時間制御の Comp1 が反転して、RS フリップフロップの出力 Q をセットします。これにより C_{PWM} 放電用の MOS スイッチがオフになり、REG 端子電圧が R_{PWM} を介して C_{PWM} を充電します。

V_{PWM} 電圧が 3V を超えた時点で固定オフ時間 t_{OFF} が終了し、出力 MOSFET がターンオンして最初の状態に戻ります(図 8-4 B 点)。誤動作を防止するため、 V_{SEN} 電圧の検出は、PWM ブランキング時間 t_{BLK} を除くオン期間に行います。

固定オフ時間は、 R_{PWM} と C_{PWM} で決まり、この関係を図 8-5 に示します。

推奨定数は $R_{PWM}=560k\Omega$ 、 $C_{PWM}=220pF$ です、ただし、使用する LED 負荷などの条件によって、最適な定数が変わります。 R_{PWM} の抵抗値は、内部レギュレータの損失に直接影響するため、設定に注意が必要です。

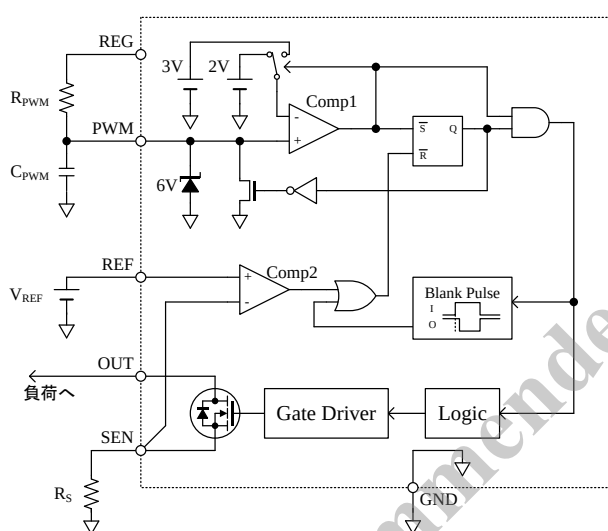


図 8-3 電流制御回路

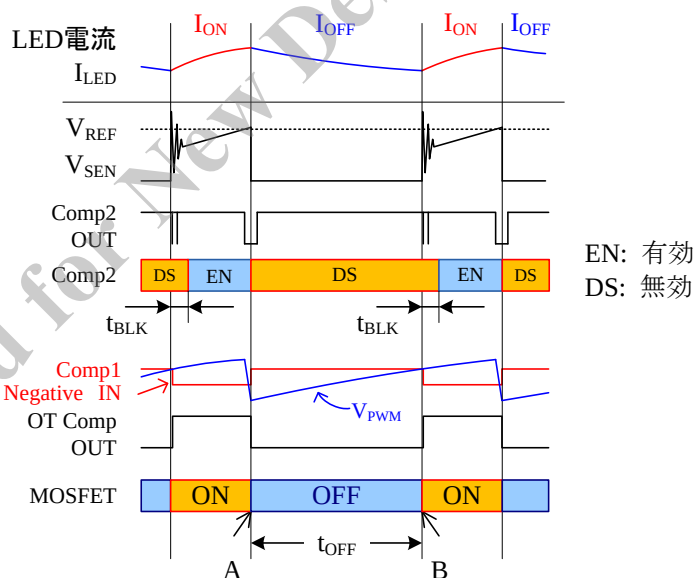


図 8-4 電流制御回路動作模式図

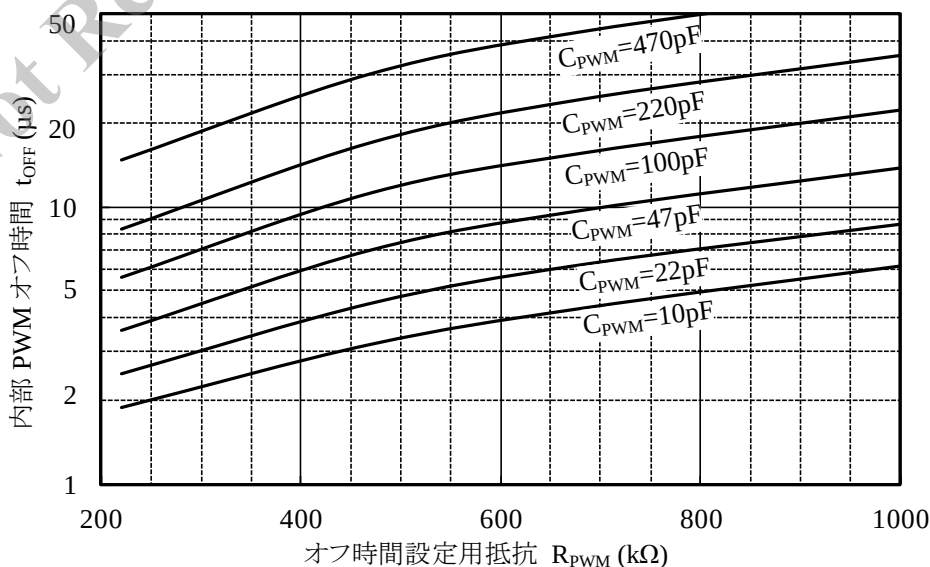


図 8-5 内部 PWM 方式のオフ時間

8.3 調光制御

8.3.1 内部 PWM 調光

本 IC は PWM 定電流制御回路を内蔵しているため、少ない外付け部品で LED の定電流駆動が実現できます。LED を駆動するピーク電流 I_{PEAK} は、次式で算出できます。

$$I_{PEAK} = \frac{V_{REF}}{R_s} = \frac{V_{REG} \times R_2}{R_s \times (R_1 + R_2)} \quad \text{-----(8.1)}$$

また、外部から LED に流す電流を可変して調光を行う場合は、以下の方法を用います。ただし、REF 端子電圧を可変して LED に流れる制御電流を調光する方式は、制御電流を“0A”にすることができないため、完全消灯ができません。制御電流を“0A”にするには、PWM 端子を Low に固定する外部信号や外部回路が必要です。

1. REF 端子のアナログ電圧を可変する (図 8-6)
2. PWM 信号を LPF で積分してアナログ変換を行い REF 端子に入力する (図 8-7)

8.3.2 外部 PWM 調光

この調光の方式は、本 IC を高耐圧のパワースイッチとして使用する方法です。PWM 端子に入力するロジック信号に応じて、OUT 端子の出力をオン/オフします (表 8-1)。

この制御では、内部 PWM 方式の電流制御回路は動作しないため、外部に電流制御回路が必要です。PWM 信号の周波数は 20kHz～200kHz を推奨します。この方式では、図 8-8 のように、PWM 端子に接続していた R_{PWM} と C_{PWM} を外し、PWM 端子に直接 PWM 信号を入力します。REF 端子は必ず REG 端子にプルアップします。

PWM 端子のヒステリシスコンパレータは、3V で OUT 端子をターンオン、2V でターンオフします。PWM 端子は内部に $V_Z = 6.3V(TYP)$ の保護用ツェナーダイオードを接続しているため、PWM 端子の入力電圧は、5VCMOS レベルになります。

なお、外部 PWM 方式は、内部 PWM 方式と同様に、SEN 端子電圧 V_{SEN} が OCP 検出電圧 V_{OCP} を超えると OCP 動作します。

8.3.3 内部 PWM+外部 PWM 調光

前項の 2 方式を組み合わせた方法です。

内部 PWM 方式で LED に流すピーク電流 (電流リミット) を決定し、外部 PWM 方式により平均電流を制御する方式です。この方式は、外部 PWM 信号の周波数が低い (200～500Hz) 場合に有効です。

この回路を図 8-9 に示します。LED の平均電流は、図 8-10 のように、外部 PWM 信号の ON Duty が小さいほど増加します (ON Duty = 100% で、LED 電流は“0A”になります)。

図 8-9 の PWM 信号の論理は、小信号 MOSFET を外付けしているため、図 8-8 の外部 PWM 調光と逆になり、表 8-2 のように PWM 信号が“L”になると、内部 PWM 制御が動作します。

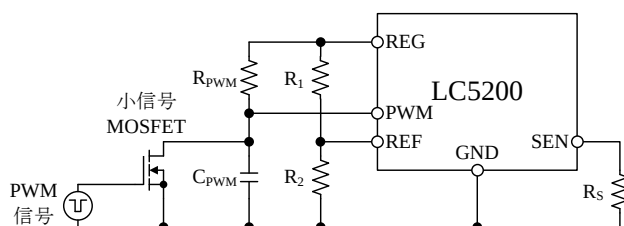


図 8-9 調光対応回路(内部 PWM+外部 PWM 用)

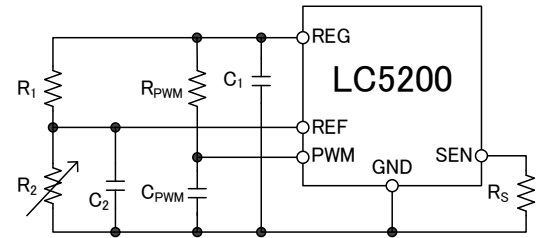


図 8-6 調光対応回路(アナログ入力)

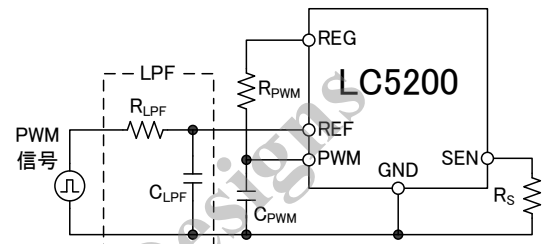


図 8-7 調光対応回路(PWM 積分入力)

表 8-1 外部 PWM の真理値表

PWM 信号	OUT 端子
L	OFF
H	ON

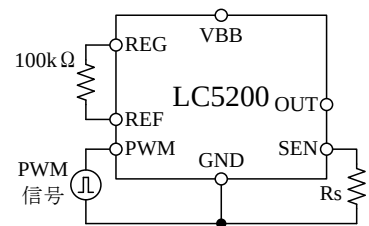


図 8-8 調光対応回路(外部 PWM 用)

表 8-2 内部 PWM と外部 PWM の真理値表

PWM 信号	LED 電流制御
L	内部 PWM 制御
H	LED OFF

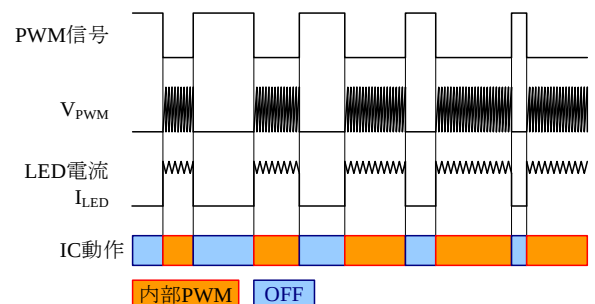


図 8-10 電流波形模式図

9. 回路定数の設定 (参考)

9.1 参考回路定数

図 9 に降圧コンバータ応用回路、表 9 に回路部品の参考定数を示します。

入力電圧: AC100V

LED 電圧: 5 直列 (約 15V~18V)、LED ピーク電流: 0.35A

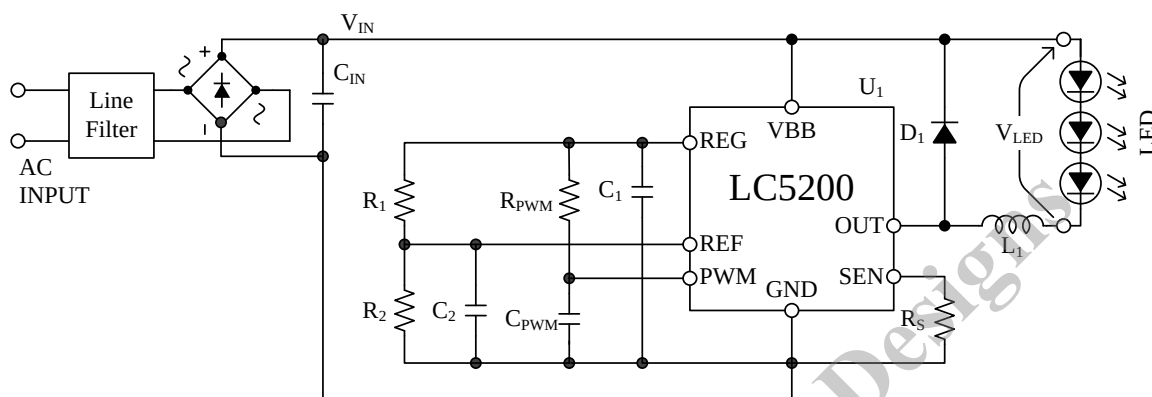


図 9 応用回路例

表 9 応用回路外付け部品の参考定数

記号	部品	参考定数	説明
LED	LED	—	使用する LED を接続
L ₁	チョークコイル	1mH / 1A	電流平滑用チョークコイル
D ₁	超高速ダイオード	SJPD-L5	還流用フリーホイールダイオード
C _{IN}	コンデンサ	~4.7μF / 450V	主電源フィルタコンデンサ
C ₁	コンデンサ	0.1μF / 25V	内蔵レギュレータ安定化用コンデンサ
C ₂	コンデンサ	0.1μF / 25V	REF 電圧安定化用コンデンサ
R _{PWM}	抵抗	560 kΩ / 1/8W	内部 PWM 制御のオフ時間設定用抵抗
C _{PWM}	コンデンサ	220pF / 25V	内部 PWM 制御のオフ時間設定用コンデンサ
R ₁	抵抗	680kΩ / 1/8W	出力ピーク電流設定用抵抗
R ₂	抵抗	20kΩ / 1/8W	出力ピーク電流設定用抵抗
R _S	抵抗	1.0Ω / 1W	電流検出抵抗

注意事項:

当回路は動作に必要な部品のみ記載しています。使用状況やノイズに対する考慮はしていませんので、実使用ではこれらを十分に考慮した設計が必要です。

また、定数は参考例です。実際に使用する LED 負荷条件などによっては、定数を変更する必要があります。

9.2 回路部品の定数設定に関する注意事項

● 出力負荷:LED

IC の定格電流との関係に注意が必要です。また、LED の直列数は、この順方向電圧 V_{LED} が、 $V_{LED} < V_{BB}$ となるようにします ($V_{BB} < V_{LED}$ となると LED は消灯します)。
標準的には $V_{LED} = 9 \sim 60V$ 程度を想定しています。

● LED 電流平滑用チョークコイル: L_1

インダクタンスが大きくなると電流リップルが小さくなり、電流の安定度も向上します。標準的には、 $0.5mH \sim 10mH$ 程度を想定しています。
実使用時は、電流リップルのピーク値でチョークコイルが飽和しないよう、注意して選定します。チョークコイルが飽和すると、想定以上のサージ電流が流れ、LED や IC にダメージを与える恐れがあります。

● 電流還流用のフリーホイールダイオード: D_1

出力 MOSFET がオン期間に L_1 に蓄えたエネルギーを、オフ期間にこのダイオードを介して LED に供給します。このフリーホイールダイオードは、耐圧とリカバリータイム t_r に注意した選択が必要です。
リカバリータイム t_r が長いダイオードを選択すると、出力 MOSFET がターンオンするときにサージ電流が IC に流れ、ノイズの増大と、それに伴う IC の誤動作の原因となります、また全体の効率が悪化する要因にもなります。

● 主電源平滑用コンデンサ: C_{IN}

この容量が大きいくほど入出力のリップル電圧が小さくなります。また同一容量でも、出力電力が大きくなるとこのリップル電圧は大きくなるので、出力電力に応じた容量を選択します。
なお、 C_{IN} の容量を小さくし ($1000pF$ 程度)、 V_{IN} が全波整流波形になっても IC は動作可能です。電解コンデンサレス動作は、セットの長寿命化、サイズおよびコストの削減を実現できます。

ただし、次のどちらかの条件になる期間は、LED が消灯するので注意が必要です。

- V_{BB} 端子電圧のリップルの下限が IC の $UVLO$ 動作電圧 $V_{UVLO(OFF)}$ 以下になる
- リップル電圧の下限が V_{LED} 以下になる

● 内蔵レギュレータ安定化用コンデンサ: C_1

C_1 は、出力 MOSFET のゲートチャージの充電電流を確保し、安定した電圧を確保するために必須です。通常は $0.1\mu F$ の積層セラミックコンデンサを使用し、なるべく IC の近くに接続します。

C_1 の容量が適切でない場合は、以下のような動作になるため、注意が必要です。

C_1 が過小の場合: スイッチング速度の低下や IC の誤動作の原因になります

C_1 が過大の場合: 入力電圧投入時に内蔵レギュレータが C_1 コンデンサを充電する時間が増大するため、起動が遅くなります

● LED ピーク電流 I_{PEAK} 設定用抵抗: R_1 、 R_2 、 R_S

LED に流れるピーク電流 I_{PEAK} は、次式で決まります。

$$I_{PEAK} = \frac{V_{REF}}{R_S} = \frac{V_{REG} \times R_2}{R_S \times (R_1 + R_2)} \quad \text{-----(9.1)}$$

例えば、 $I_{PEAK} = 0.35A$ とした場合、

$V_{REG} = 12V$ 、 $R_1 = 680k\Omega$ 、 $R_2 = 20k\Omega$ 、 $R_S = 1\Omega$ とすると、

$$I_{PEAK} = \frac{12(V) \times 20(k\Omega)}{1(\Omega) \times (680(k\Omega) + 20(k\Omega))} = 0.343A$$

になります。

ここで、 R_1 と R_2 に流れる電流は内部レギュレータの損失に直接影響するため、 $500k\Omega < (R_1 + R_2)$ 程度の高めの抵抗値とし、なるべく電流を抑えることを推奨します。

実機動作では、内部回路の遅れにより、電流のピーク値が上記の計算値より高くなることがあります。特に電源電圧が高い場合や、チョークコイルのインダクタンス値が低い場合などは、ドレイン電流の di/dt が高くなるため、顕著になります。

なお、電流検出抵抗 R_S は、出力 MOSFET がオンするときに負荷電流が流れ、比較的大きな損失が発生するため、温度上昇に対しマージンをもった許容損失を選択します (損失に対し 2~3 倍程度の許容損失マージン)。

● 固定オフ時間設定用抵抗、コンデンサ (内部 PWM 制御動作時): R_{PWM} 、 C_{PWM}

“8.2 内部 PWM 制御回路”項参照

10. 参考資料

10.1 力率改善回路

前項の応用回路例は、力率に関して考慮していません。力率改善が必要な場合は、以下の回路例があります。

10.1.1 力率改善回路例 1

図 10-1 に回路例を示します。この方式は、AC100V 系では 60V、AC200V 系では 150V 程度のツェナダイオード (DZ_1) を VBB 端子に追加します。これにより、全波整流電圧を入力した場合に、LED 点灯／消灯時に流れる入力突入電流を抑えることができ、力率が上がります。この効果を上げるため、REF 端子に大きめのコンデンサ C_2 (1 μ F 前後) を接続します。

なお、この方式は、入力電圧が LED の順方向電圧以下になるか、IC の VBB 端子の電圧が UVLO 動作電圧 $V_{UVLO(Off)}$ 以下になると、入力電源から LED へ電流を供給できなくなります。これによる LED 消灯を防止するため、LED 負荷両端に大きな容量の C_{LED} を接続します。

C_{LED} の容量は、LED の電流リップルレベルにより調整します。

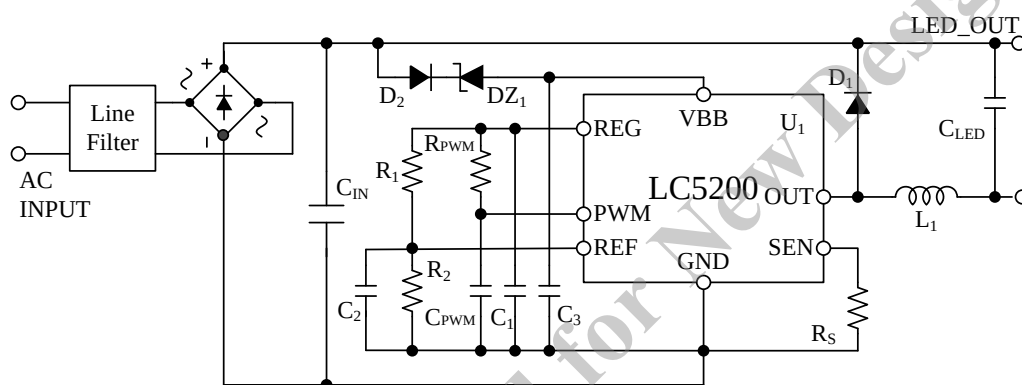


図 10-1 力率改善回路 1

10.1.2 力率改善回路例 2: Valley Fill 回路

図 10-2 に回路例を示します。この方式は、力率を改善するため C_{IN1} 、 C_{IN2} 、 $D_{V1} \sim D_{V2}$ 部分で Valley Fill 回路を構成する方法です。

回路中の R_{V1} の値は、大きな方が力率は上がりますが、効率は低下します。

なお、LED の順方向電圧が、AC 入力電圧の 1/2 以上になると力率が悪化します。AC100V 入力の場合、LED の順方向電圧 V_F は 50V 以下の選定を推奨します。

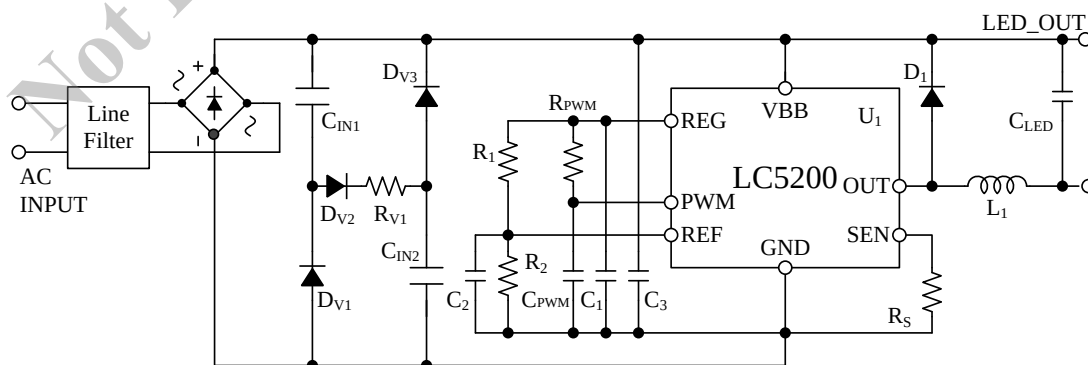


図 10-2 力率改善回路 2

10.2 参考資料(効率・力率データ)

本 IC を使用した LED ドライバの効率と力率の参考データを示します。

効率測定には入力電力と出力電力の有効電力を測定する必要があります。

入力電力: 交流なので、通常の電力計で測定可能

出力電力: 直流+交流電力になります

- 測定帯域が DC からの電力計で測定、または
- オシロスコープで測定した電流と電圧を、オシロスコープの演算機能により、乗算とこれの平均値を求める(なお、マルチメータで測定した電流と電圧を乗算することで、ある程度の値は算出可能ですが、完全な直流でない場合は誤差が発生します)

以下に記載したデータは、できる限り回路定数を共通化し、LED 負荷条件の違いによる効率・力率の変化を測定したものです。このため、最良の効率・力率を実現するためには、使用する条件に合わせて周辺定数の最適化が必要です。

10.2.1 応用回路例の効率

図 10-3 に測定回路図、表 10-1 にその回路定数を示します。

図 10-4、図 10-5 に参考として、入力電圧 AC100V、200V それぞれの、LED 負荷を直列に 20 灯、10 灯、5 灯、3 灯にふった場合の効率測定結果を示します。

この結果から、軽負荷時、および LED の灯数が少なくなるほどは効率が下がります。

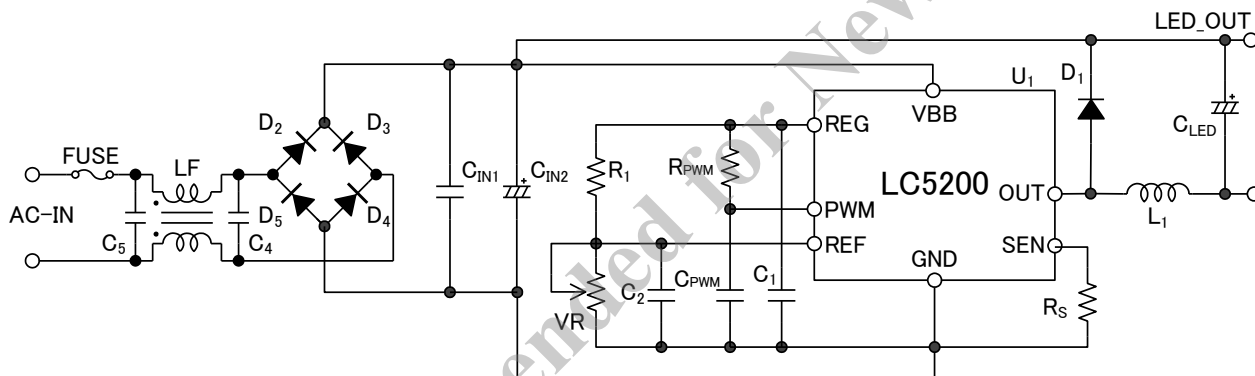


図 10-3 測定回路図

表 10-1 測定回路定数

記号	AC 100V の場合	AC 200V の場合
R1	680k Ω	←
R _{PWM}	620k Ω	←
R _S	1 Ω	←
VR	—	←
C _{IN1}	1nF	←
C _{IN2}	22 μ F	4.7 μ F
C ₁	0.1 μ F	←
C ₂	0.1 μ F	←
C _{PWM}	100pF	100pF 220pF(LED3 直列の場合)
C _{LED}	10 μ F、0.1 μ F 並列	←
L ₁	1mH SL2125	←
D ₁	SJPD-L5	←
D ₂ ~D ₅	AM01A	←

図 10-4 応用回路 AC100V 入力時の代表データ(LED 電力 vs.効率、LED 平均電流 vs.効率)

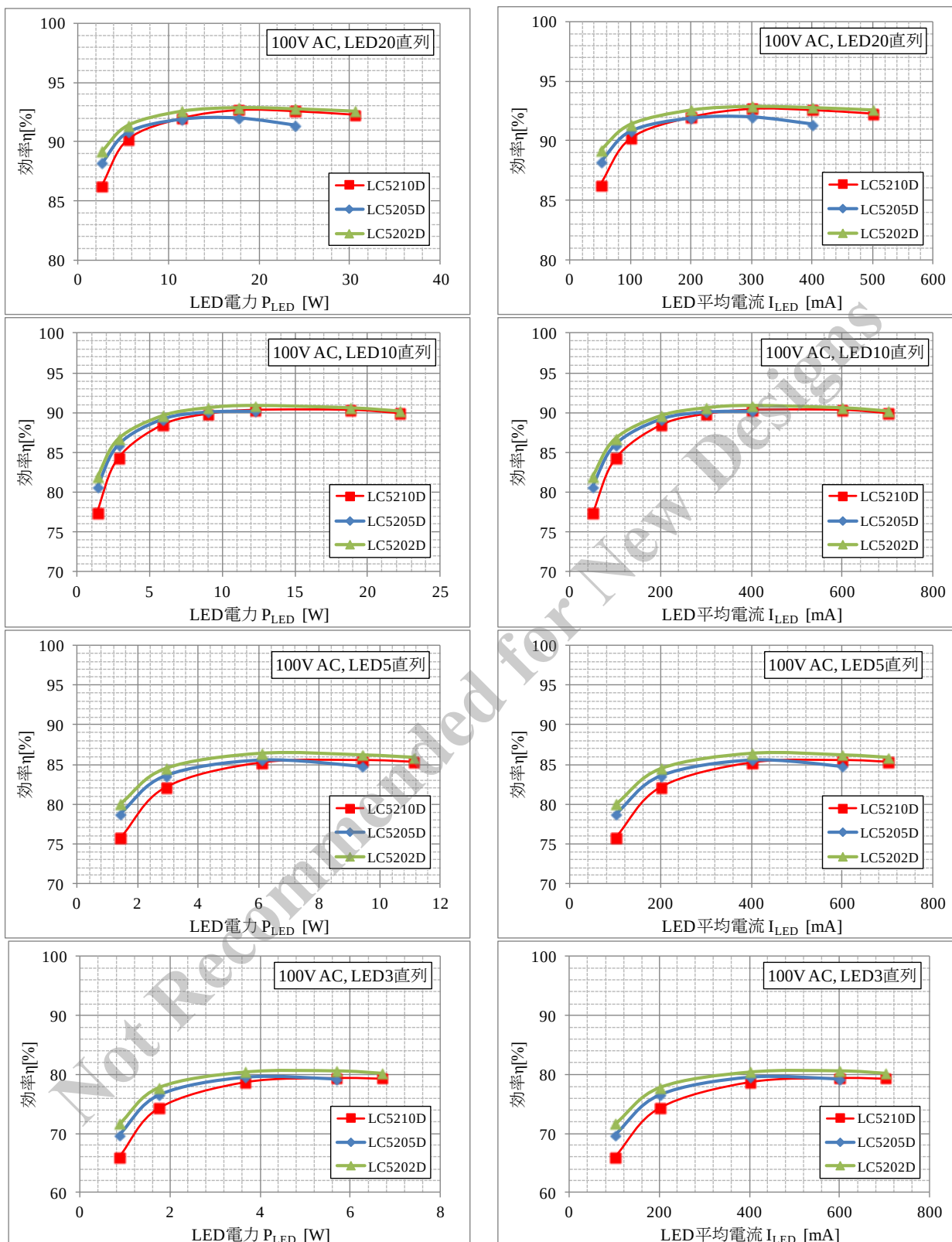
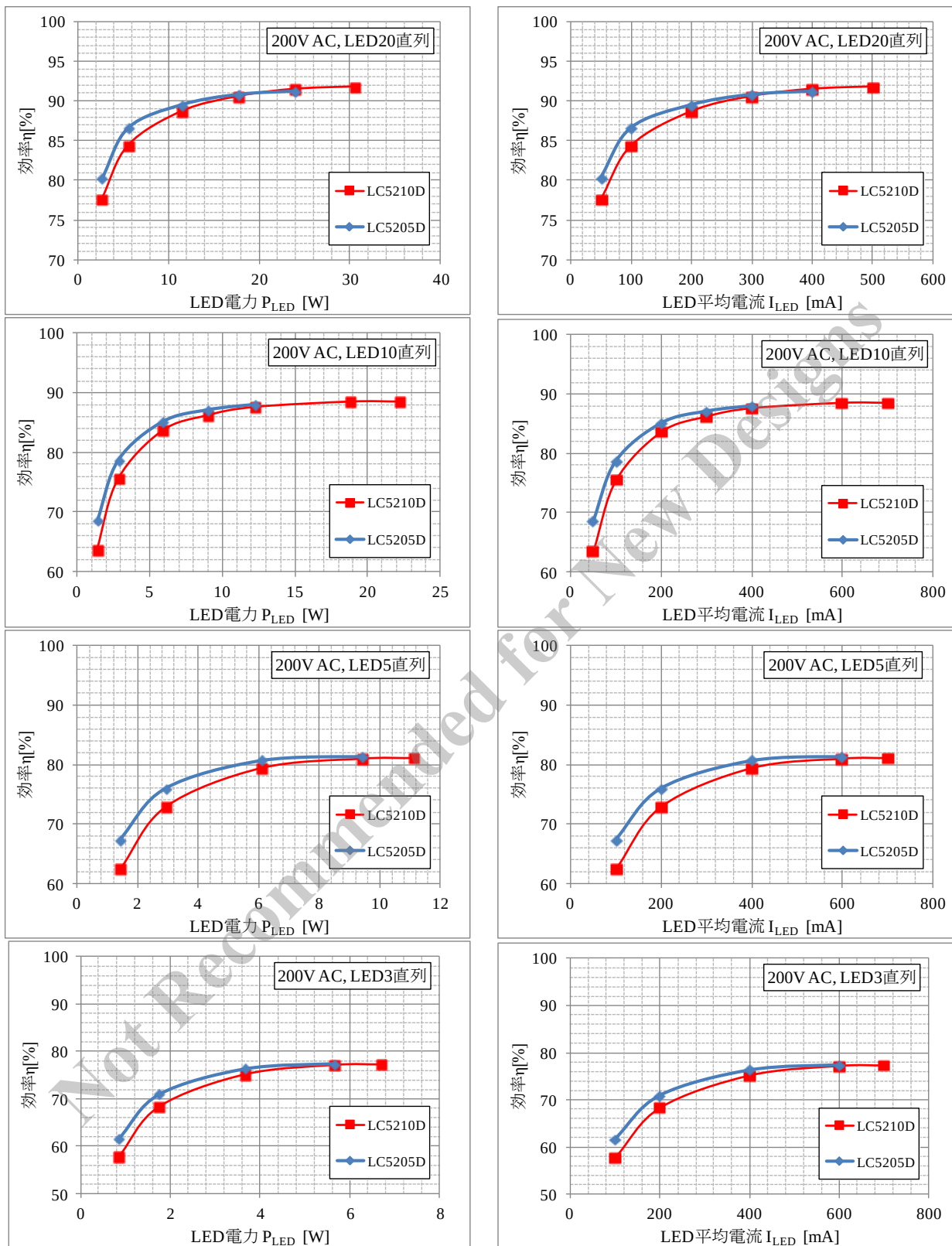


図 10-5 応用回路 AC200V 入力時の代表データ(LED 電力 vs.効率、LED 平均電流 vs.効率)



10.2.2 力率改善回路例 1 の効率と力率

図 10-6 に“10.1.1 力率改善回路例 1”項の測定回路図、表 10-2 にその回路定数を示します。

図 10-7、図 10-8 に参考として、入力電圧 AC100V、200V それぞれの、LED 負荷を直列に 20 灯、10 灯、5 灯、3 灯にふった場合の効率および力率測定結果を示します。

この結果から、力率改善回路例 1 により、AC100V 入力時は軽負荷時の効率が改善し、力率も大きく向上しています。AC200V 入力時は、力率は大きく改善していますが、効率は若干の改善に留まっています。

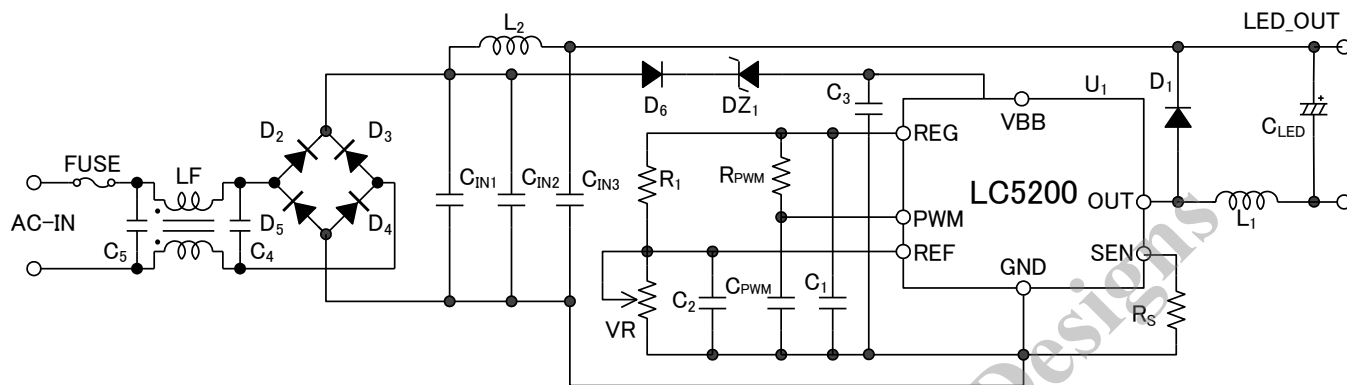


図 10-6 測定回路図

表 10-2 測定回路定数

記号	AC 100V	AC 200V
R1	680k Ω	←
R _{PWM}	620k Ω	←
R _S	1 Ω	←
VR		←
C _{IN1}	1nF	←
C _{IN2}	0.33 μ F	←
C _{IN3}	0.33 μ F	←
C1	0.1 μ F	←
C2	10 μ F	←
C3	10nF	←
C _{PWM}	100pF	100pF 220pF(LED3 直列の場合)
C _{LED}	220 μ F、0.1 μ F 並列	←
L1	1mH (SL2125)	←
L2	100 μ H	←
D1	SJPD-L5	←
D2~D5	AM01A	←
D6	SJPX-H6	←
DZ1	60V	140V

図 10-7 力率改善回路例 1 AC100V 入力時の代表データ(LED 電力 vs. 効率, LED 電力 vs. 力率)

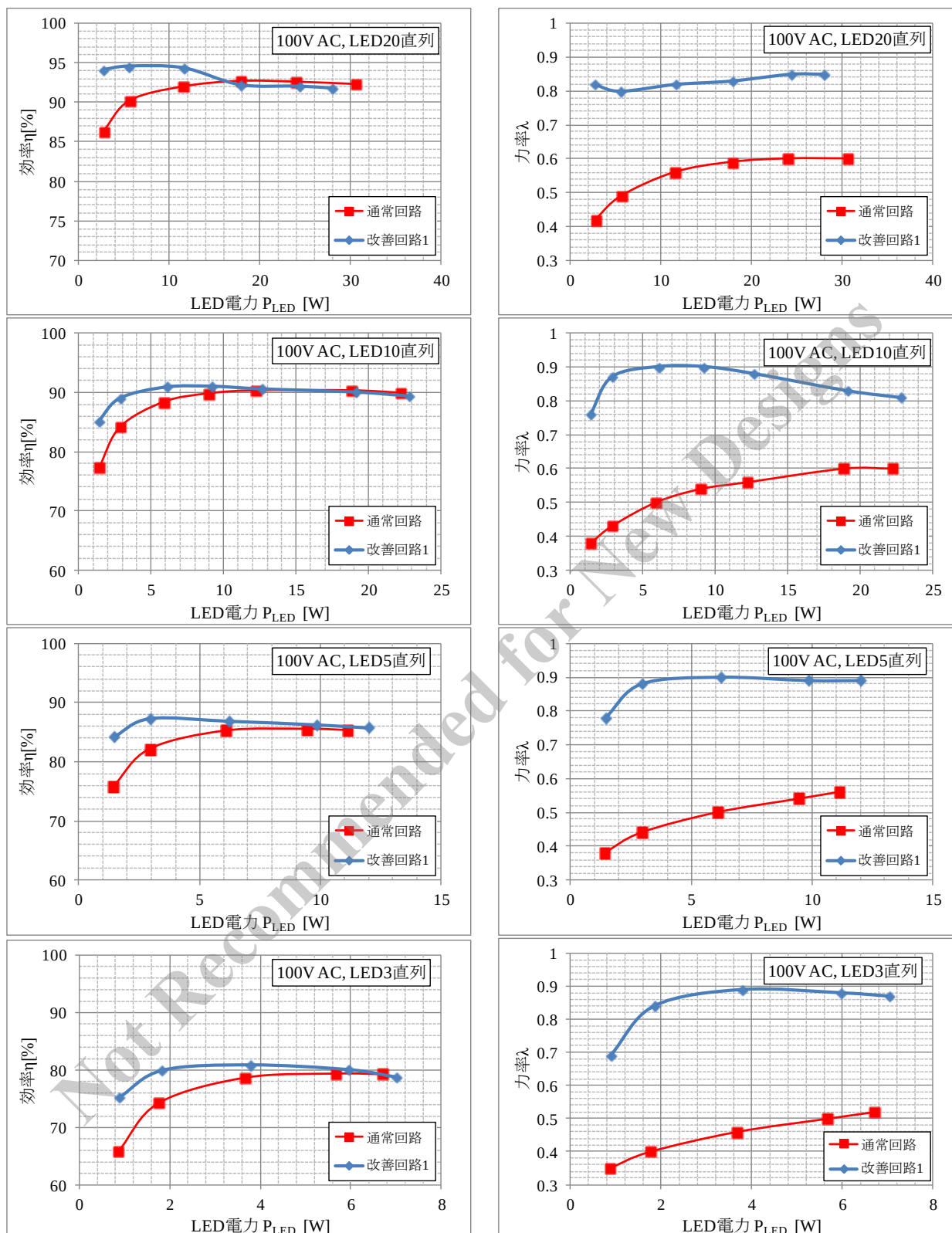
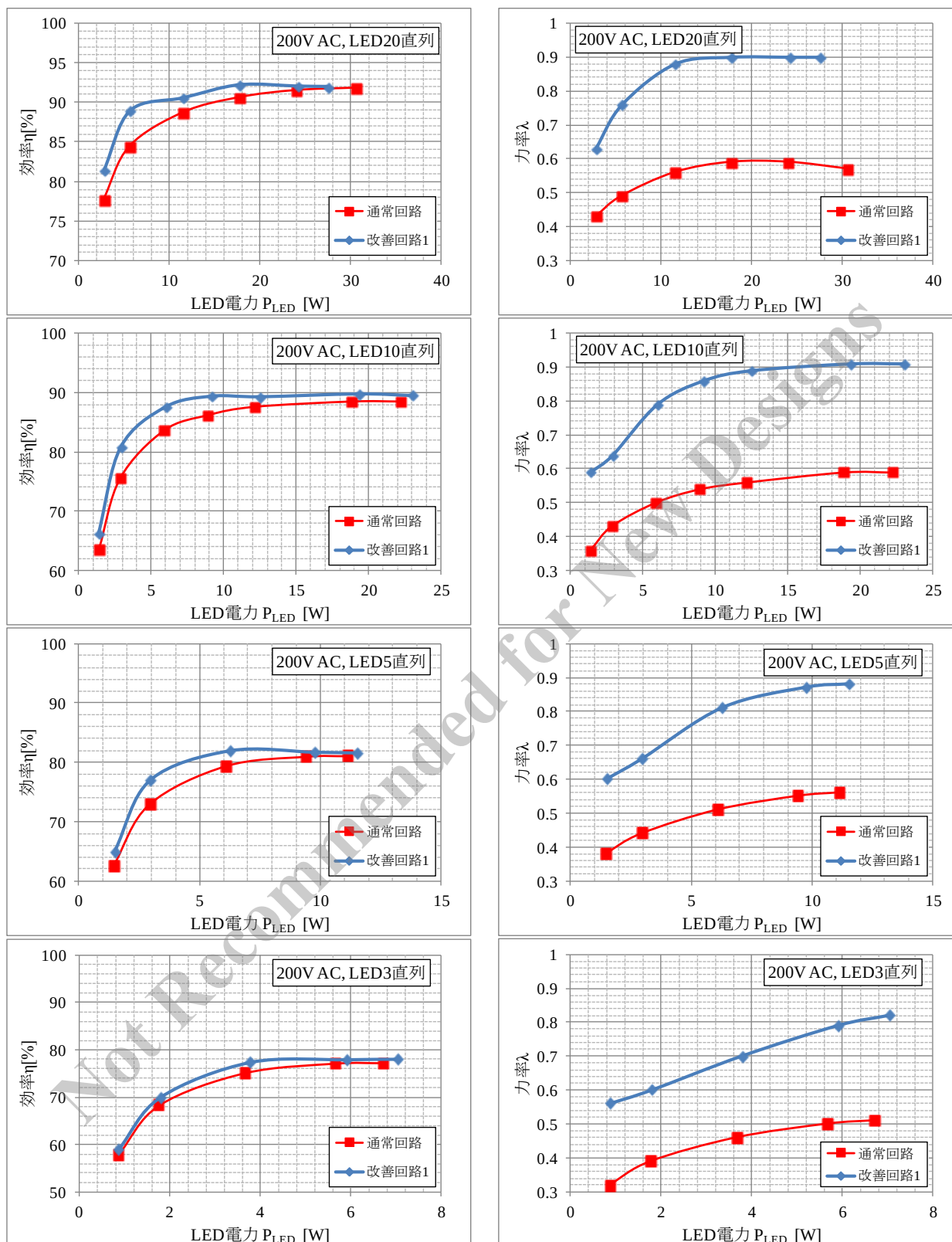


図 10-8 力率改善回路例 1 AC200V 入力時の代表データ(LED 電力 vs. 効率、LED 電力 vs. 力率)



10.2.3 力率改善回路 2 の効率と力率

図 10-9 に“10.1.2 力率改善回路例 2”項の Valley Fill 回路を用いた測定回路図、表 10-3 にその回路定数を示します。

図 10-10、図 10-11 に参考として、入力電圧 AC100V、200V それぞれの、LED 負荷を直列に 20 灯、10 灯、5 灯、3 灯にふった場合の効率および力率測定結果をに示します。

この結果から、AC100V、AC200V いずれの入力電圧時も、力率は大きく改善しています。軽負荷時の効率は若干改善していますが、重負荷時は同等、もしくは応用回路例以下になっています。

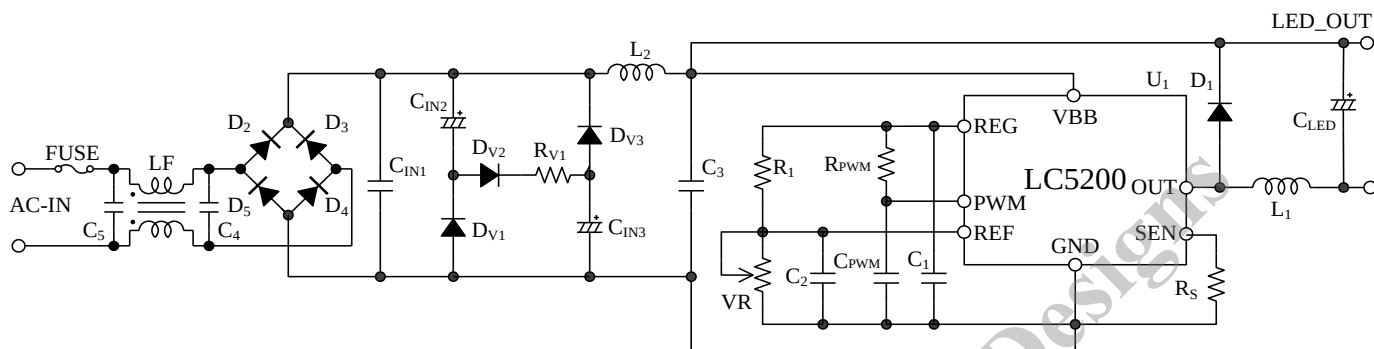


図 10-9 測定回路図

表 10-3 測定回路定数

記号	AC 100V	AC 200V
R ₁	680kΩ	←
R _{V1}	47Ω	220Ω
R _{PWM}	620kΩ	←
R _S	1Ω	←
VR	—	←
C _{IN1}	1nF	←
C _{IN2} , C _{IN3}	22μF	4.7μF
C ₁	0.1μF	←
C ₂	0.1μF	←
C ₃	0.33μF	←
C _{PWM}	100pF	100pF 220pF(LED3 直列の場合)
C _{LED}	10μF、0.1μF 並列	←
L ₁	1mH(SL2125)	←
L ₂	3.3mH	←
D ₁	SJPD-L5	←
D ₂ ~D ₅	AM01A	←
D _{V1} , D _{V2} , D _{V3}	EL1	←

図 10-10 力率改善回路例 2 AC100V 入力時の代表データ(LED 電力 vs. 効率、LED 電力 vs. 力率)

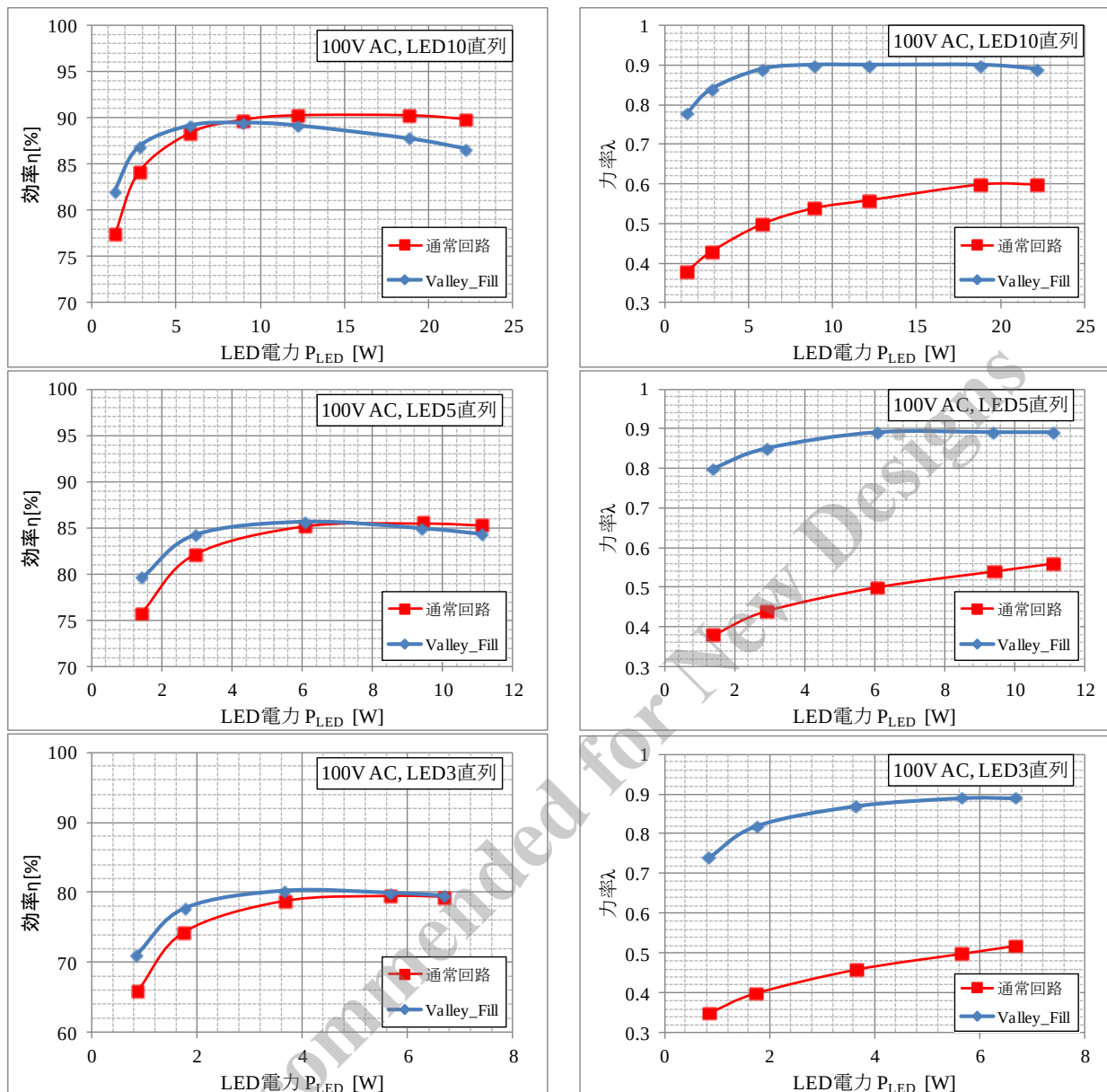
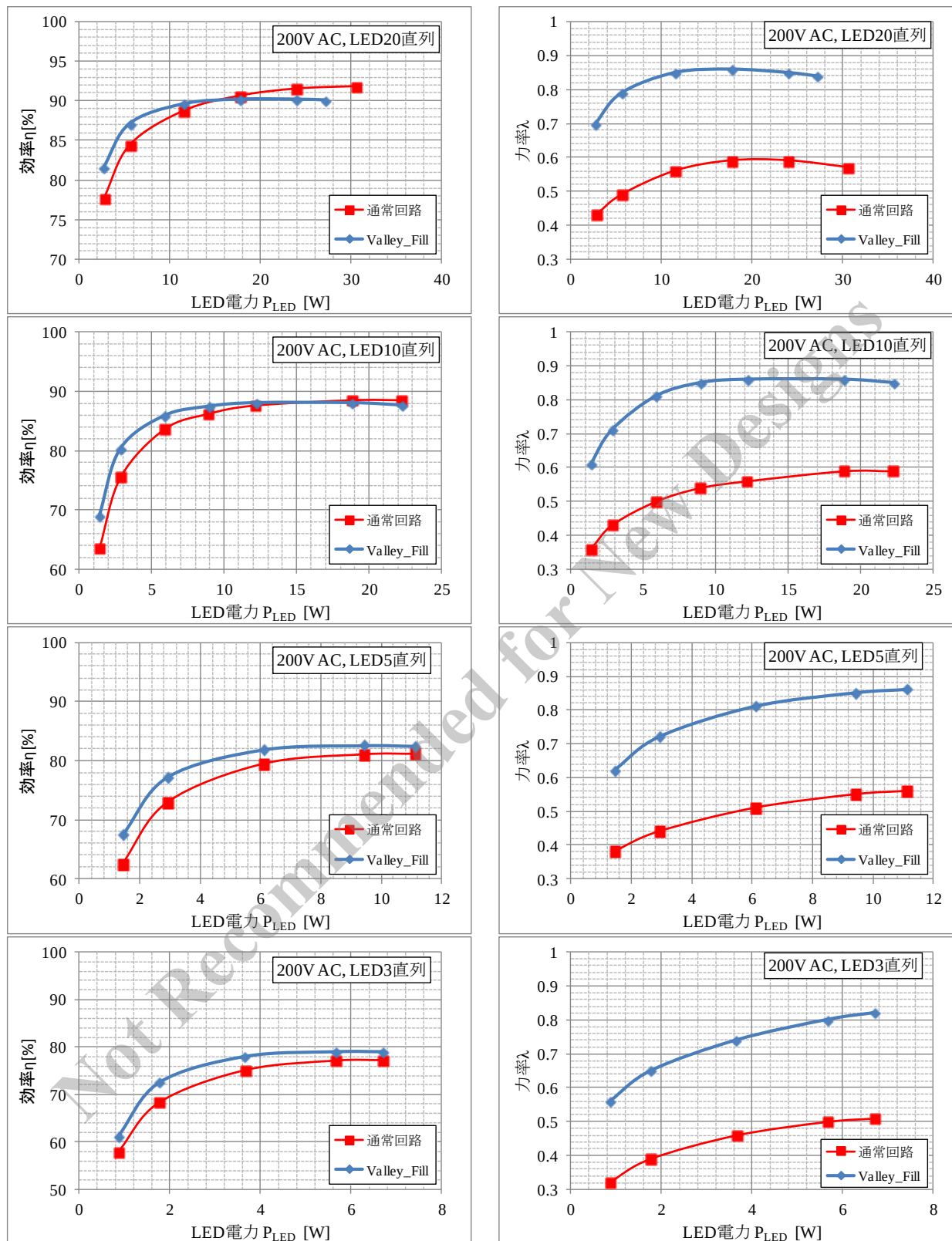


図 10-11 力率改善回路例 2 AC200V 入力時の代表データ(LED 電力 vs. 効率、LED 電力 vs. 力率)



10.3 雑音端子電圧の低減例

発生するノイズは使用条件だけでなく、基板パターンの違いなどでも変化します。そのため、本資料掲載の応用回路例などは、セット動作時に発生するノイズの考慮はしていません。

雑音端子電圧(コンダクティブノイズ)を低減するためには、入力電圧部分(ダイオードブリッジ周辺)に図 10-12 のようなノイズフィルタ回路の接続が効果的です。

表 10-4 の水準に示す L、C、R の組合せによる雑音端子電圧測定結果の変化を、参考として、図 10-13、図 10-14 に示します。

なお、これらデータは、さまざまな条件で変化するため保証値ではありません。最終的に、設計した基板と負荷条件による実働で確認および調整が必要です。

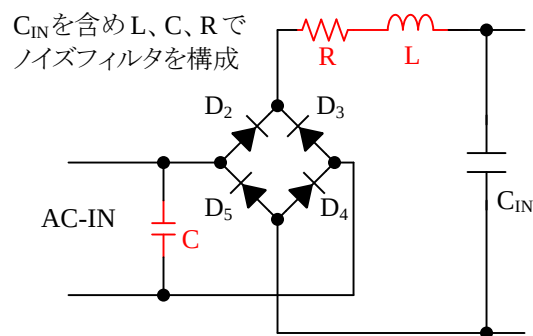


図 10-12 ノイズフィルタ回路例

表 10-4 フィルタ回路定数水準表

水準	C	R	L	C_{IN}
無対策	なし	なし	なし	0.47
RC	なし	100	なし	0.47
LC	なし	なし	330	0.47
CLC-1	0.47	なし	330	0.47
CLC-2	0.01	なし	440	0.01

単位 C: μ F、R: Ω 、L: μ H

この結果から、

- 図 10-13 より、ノイズフィルタを接続していない C_{IN} のみ(ノイズ無対策)の場合、ノイズは全帯域で高くなっています。
 - R と C_{IN} 、または L と C_{IN} のフィルタを追加すると、ノイズレベルは低下しますが、図 10-14 の拡大図より、1MHz 以下の領域でノイズが大きくなっています。
 - C_{IN} に L とブリッジダイオード(D2 ~D5)の手前に C を接続する、CLC-1、CLC-2 が全領域でノイズが低減し、最もノイズ対策効果がありました。
- なお、L 値を大きくすると、C の値を小さくすることが可能です。

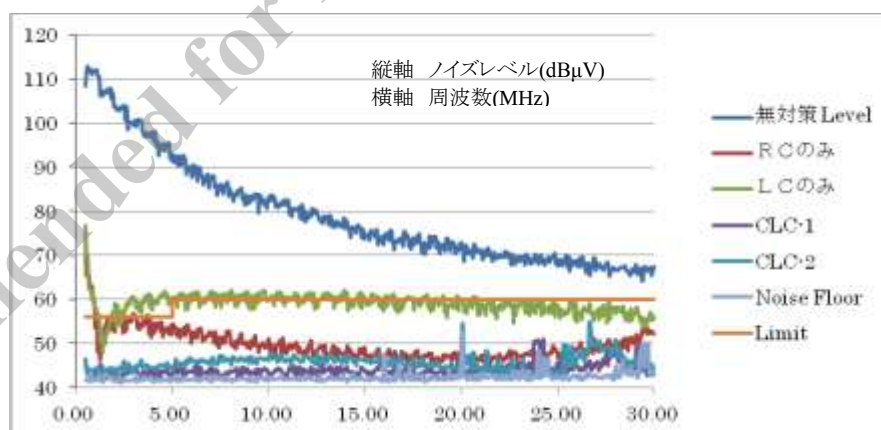


図 10-13 雑音端子電圧(参考実測値)

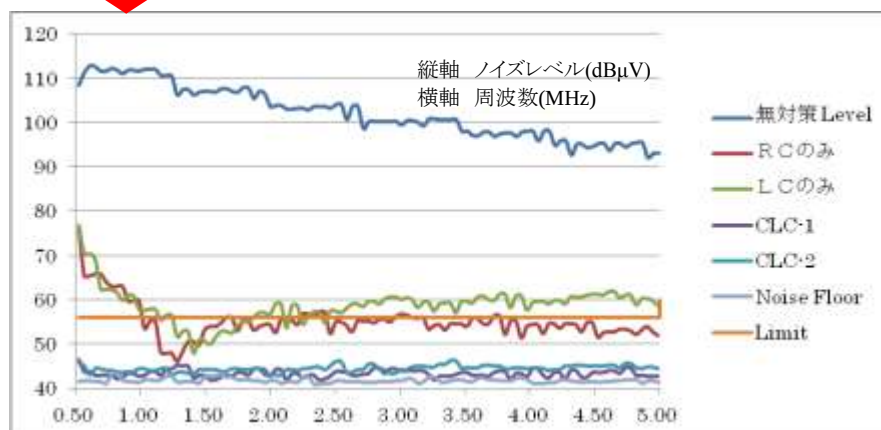


図 10-14 5MHz 以下領域拡大

注意書き

- 本資料に記載している内容は、改良などにより予告なく変更することがあります。
ご使用の際には、最新の情報であることを確認してください。
- 本書に記載している動作例および回路例は、使用上の参考として示したもので、これらに起因する弊社もしくは第三者の工業所有権、知的所有権、その他の権利の侵害問題について弊社は一切責任を負いません。
- 弊社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品では、ある確率での欠陥、故障の発生は避けられません。製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないよう、使用者の責任において、装置やシステム上で十分な安全設計および確認を行ってください。
- 本書に記載している製品は、一般電子機器(家電製品、事務機器、通信端末機器、計測機器など)に使用することを意図しております。
高い信頼性を要求する装置(輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災・防火装置、各種安全装置など)への使用を検討、および一般電子機器であっても長寿命を要求する場合は、必ず弊社販売窓口へ相談してください。
極めて高い信頼性を要求する装置(航空宇宙機器、原子力制御、生命維持のための医療機器など)には、弊社の文書による合意がない限り使用しないでください。
- 弊社の製品を使用、またはこれを使用した各種装置を設計する場合、定格値に対するディレーティングをどの程度行うかにより、信頼性に大きく影響します。
ディレーティングとは信頼性を確保または向上するため、各定格値から負荷を軽減した動作範囲を設定したり、サージやノイズなどについて考慮したりすることです。ディレーティングを行う要素には、一般的に電圧、電流、電力などの電氣的ストレス、周囲温度、湿度などの環境ストレス、半導体製品の自己発熱による熱ストレスがあります。これらのストレスは、瞬間的数値、あるいは最大値、最小値についても考慮する必要があります。
なおパワーデバイスやパワーデバイス内蔵 IC は、自己発熱が大きく接合部温度のディレーティングの程度が、信頼性を大きく変える要素となるので十分に配慮してください。
- 本書に記載している製品の使用にあたり、本書記載の製品に他の製品・部材を組み合わせる場合、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他何らかの加工・処理を施す場合には、使用者の責任においてそのリスクを検討の上行ってください。
- 本書記載の製品は耐放射線設計をしておりません。
- 弊社物流網以外での輸送、製品落下などによるトラブルについて、弊社は一切責任を負いません。
- 本書記載の内容を、文書による当社の承諾なしに転記複製を禁じます。