

400nA 超低消費電流 0.5A PWM/PFM コイル一体型昇圧 DC/DC コンバータ

☆Green Operation 対応

■概要

XCL108 シリーズは 200mΩ Nch ドライバ FET および 270mΩ Pch 同期整流スイッチ FET を内蔵したコイル一体型昇圧同期整流 DC/DC コンバータです。

400nA の超低消費電流と PWM/PFM 自動切替制御により、従来 高効率を実現するのが難しかった出力電流 10μA 以下の効率を大幅に改善しました。(85.9% @ $V_{IN}=2.4V$, $V_{OUT}=3.3V$, $I_{OUT}=10\mu A$)

この特長により、システム待機時の消費電力の割合が大きな電池駆動機器の消費電力を大幅に削減でき、電池駆動時間の長時間化や電池小型化に貢献することが可能です。

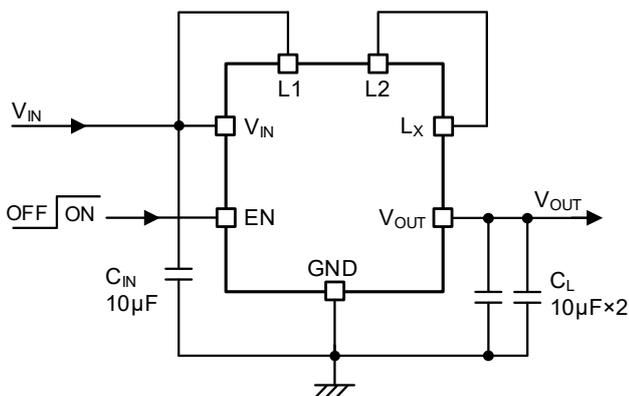
■用途

- 低電力無線通信製品
- 低電力 IoT モジュール
- 電池式医療機器/ウェアラブルデバイス
(健康監視, フィットネスデバイス)
- リモコン
- 一次電池ポータブルシステム
- 計量、スマートメーター(ガス/水道/温度)
- ホームセキュリティ/ホームオートメーション
- エナジーハーベスト

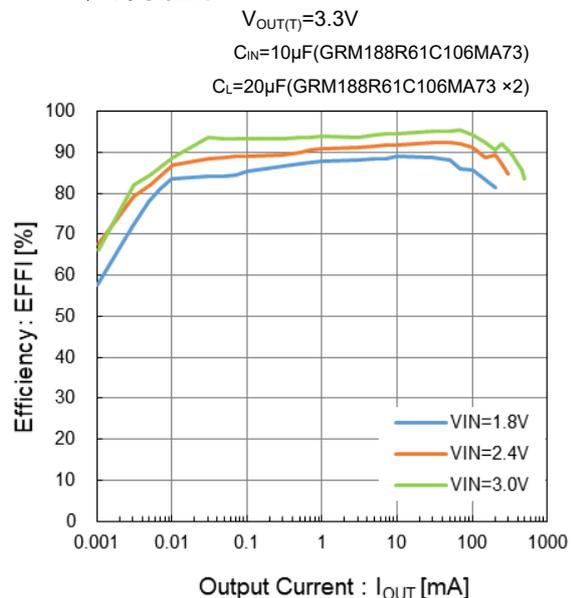
■特徴

| | |
|----------|--|
| 入力電圧範囲 | : 0.65V ~ 5.5V (動作開始電圧: 1.6V) |
| 出力電圧設定範囲 | : 3.0V ~ 5.5V (0.1V ステップ) |
| 出力電流 | : 180mA @ $V_{OUT}=5.0V$, $V_{IN}=3.3V$ 170mA @ $V_{OUT}=3.3V$, $V_{IN}=1.8V$ |
| 発振周波数 | : 1.2MHz |
| 消費電流 | : 400nA |
| 効率 | : 85.9% @ $V_{IN}=2.4V$, $V_{OUT}=3.3V$, $I_{OUT}=10\mu A$ 90.6% @ $V_{IN}=2.4V$, $V_{OUT}=3.3V$, $I_{OUT}=100mA$ |
| 制御方式 | : PWM/PFM 自動切替制御 |
| 負荷過渡応答 | : 320mV @ $V_{OUT}=3.3V$, $V_{IN}=1.8V$, $I_{OUT}=1mA \rightarrow 200mA$ |
| 保護機能 | : 電流制限 |
| 機能 | : ソフトスタート 負荷切断 |
| 動作周囲温度 | : -40°C ~ 105°C |
| パッケージ | : CL-2025-02 (2.0 x 2.5 x 1.04mm) |
| 環境への配慮 | : EU RoHS 指令対応、鉛フリー |

■代表標準回路

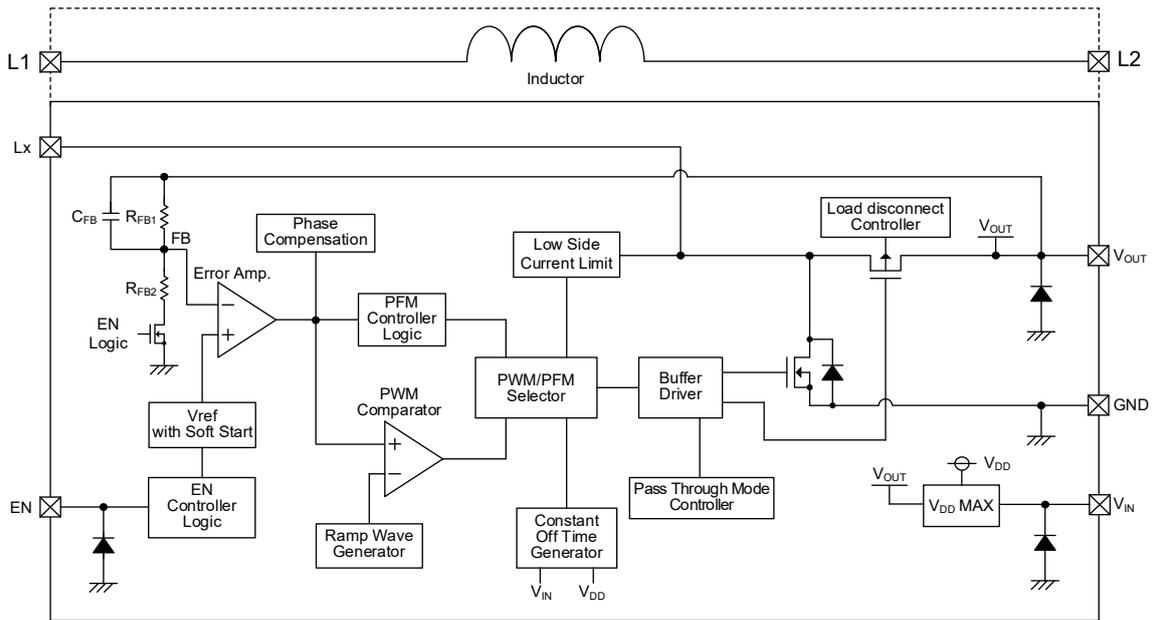


■代表特性例



XCL108 シリーズ

■ ブロック図



* 上図のダイオードは、静電保護用のダイオードと寄生ダイオードです。

■ 製品分類

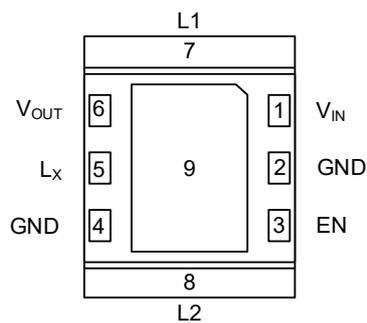
● 品番ルール

XCL108①②③④⑤⑥⑦

| DESIGNATOR | ITEM | SYMBOL | DESCRIPTION |
|--------------------|-----------------------|---------|---|
| ① | Type | B | - |
| ②③ | Output Voltage | 30 ~ 55 | Output voltage options e.g. 3.0V → ②=3, ③=0 |
| ④ | Oscillation Frequency | 1 | 1.2MHz |
| ⑤⑥⑦ ^(*) | Packages (Order Unit) | ER-G | CL-2025-02 (3,000pcs/Reel) |

^(*)“-G”は、ハロゲン&アンチモンフリーかつ EU RoHS 対応製品です。

■端子配列



(BOTTOM VIEW)

■端子説明

| PIN NUMBER | PIN NAME | FUNCTIONS |
|------------|------------------|--|
| 1 | V _{IN} | Power Supply Input |
| 2,4 | GND | Ground |
| 3 | EN | Enable |
| 5 | L _X | Switching |
| 6 | V _{OUT} | Output Voltage |
| 7 | L1 | Inductor Electrodes |
| 8 | L2 | Inductor Electrodes |
| 9 | EP | Exposed thermal pad. It is recommended to connect the exposed pad to GND(Pin2,4). |

■機能表

| PIN NAME | SIGNAL | STATUS |
|----------|--------|--------------------------------|
| EN | L | Stand-by |
| | H | Active |
| | OPEN | Undefined State ^(*) |

^(*) EN 端子をオープンで使用しないで下さい。

■絶対最大定格

| PARAMETER | SYMBOL | RATINGS | UNITS |
|---|------------------|-----------------------------------|-------|
| V _{IN} Pin Voltage | V _{IN} | -0.3 ~ 6.6 | V |
| Lx Pin Voltage | V _{Lx} | -0.3 ~ 6.6 | V |
| V _{OUT} Pin Voltage | V _{OUT} | -0.3 ~ 6.6 | V |
| EN Pin Voltage | V _{EN} | -0.3 ~ 6.6 | V |
| Power Dissipation (T _a =25°C) | P _d | 1000 (JESD51-7 基板) ^(*) | mW |
| Junction Temperature | T _j | -40 ~ 125 | °C |
| Storage Temperature | T _{stg} | -55 ~ 125 | °C |

各電圧定格は GND 端子を基準とする。

(*) 基板実装時の許容損失の参考データとなります。実装条件はパッケージインフォメーションをご参照下さい。

■推奨動作条件

| PARAMETER | SYMBOL | MIN. | TYP. | MAX. | UNITS |
|------------------------------------|------------------|--------------------|------|---------------------|-------|
| Input Voltage | V _{IN} | 0.65 | - | 5.5 | V |
| Lx Pin Current ^(*) | I _{Lx} | - | - | 2.0 | A |
| EN Pin Voltage | V _{EN} | 0.0 | - | 6.0 | V |
| Operating Ambient Temperature | T _{opr} | -40 | - | 105 | °C |
| Input Capacitor (Effective Value) | C _{IN} | 6.0 ^(*) | - | 1000 ^(*) | μF |
| Output Capacitor (Effective Value) | C _L | 8.0 ^(*) | - | 100 ^(*) | μF |

各電圧動作条件は GND 端子を基準とする。

(*) Lx 端子電流により、ジャンクション温度が最大ジャンクション温度を超える場合があります。
最大ジャンクション温度を超えない範囲でご使用願います。

(*) セラミックコンデンサは印加される DC バイアスおよび周囲温度等により、実効容量が公称値より大幅に低下する製品があります。
本 IC の入出力容量は、推奨部品と同等以上の実効容量値になるよう、DC バイアス使用条件(周囲温度、入出力電圧)に応じた適切なセラミックコンデンサを使用してください。

(*) 電解コンデンサやタンタルコンデンサ等の大容量コンデンサを入力容量として使用する場合でも、低 ESR のセラミックコンデンサを並列に配置して下さい。セラミックコンデンサを配置しない場合、高周波の電圧変動が大きくなり IC が誤動作する可能性があります。

(*) 出力容量に大容量のコンデンサを使用した場合、ソフトスタート期間中に起動せずに起動中に電流制限機能が動作する場合があります。

■電気的特性

Ta=25°C

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNITS | CIRCUIT |
|---------------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|---------|
| Input Voltage | V _{IN} | | - | - | 5.5 | V | ① |
| Output Voltage (PFM) | V _{OUT_PFM} | V _{IN} =V _{OUT(T)} ×0.7, V _{OUT} =V _{OUT(T)} ×1.05→V _{OUT(T)} ×0.95 V _{OUT} Voltage when Lx pin voltage changes from "H" level to "L" level or starting oscillation ^{(*)1} | <E-1> | <E-2> | <E-3> | V | ④ |
| Output Voltage (PWM) | V _{OUT_PWM} | V _{IN} =V _{OUT(T)} ×1.05, V _{OUT} =V _{OUT(T)} ×1.03→V _{OUT(T)} ×0.97 V _{OUT} Voltage when Lx pin voltage changes from "H" level to "L" level or starting oscillation ^{(*)1} | <E-4> | <E-5> | <E-6> | V | ④ |
| Operation Start Voltage | V _{ST} | V _{IN} =1.6V | - | - | 1.6 | V | ① |
| Operation Hold Voltage | V _{HLD} | After output voltage stabilizes, V _{IN} =1.6V→0.65V, I _{OUT} =1mA | - | 0.65 | - | V | ① |
| Input Pin Current | I _{q_in} | V _{IN} =V _{OUT(T)} -1V, V _{OUT} =V _{OUT(T)} ×1.04 | - | 5.0 | 100 | nA | ② |
| Quiescent Current | I _q | Lx pin open | - | 400 | 1300 | nA | ② |
| | | No Switching | | | | | |
| PWM Off Time | t _{OFF} | V _{IN} =V _{OUT(T)} ×0.45, V _{OUT} =V _{OUT(T)} ×0.9, V _{LX} =2.5V The time which Lx pin voltage changes from "L"→"H" level to "H"→"L" level ^{(*)1} | 292 | 417 | 542 | ns | ⑥ |
| Maximum On Time | t _{ON_MAX} | V _{IN} =6.0V, V _{OUT} =V _{OUT(T)} -1V, V _{LX} =2.3V The time which Lx pin voltage changes from "H"→"L" level to "L"→"H" level ^{(*)1} | 2.5 | 4.8 | 8.0 | μs | ⑥ |
| Minimum Duty Cycle | D _{MIN} | V _{IN} =V _{OUT(T)} -1V, V _{OUT} =V _{OUT(T)} ×1.04, Lx pin open | - | - | 0 | % | ② |
| PFM Switching Current | I _{PFM} | V _{IN} =V _{OUT(T)} ×0.8, R _L =1kΩ The peak current flowing through the coil ^{(*)2} | - | 200 | 280 | mA | ⑦ |
| Stand-by Current | I _{STB} | V _{IN} =V _{LX} =6.0V, V _{OUT} =V _{EN} =0.0V | - | 0.0 | 0.1 | μA | ⑤ |
| Lx SW "Pch" ON Resistance | R _{LXP} | V _{IN} =V _{LX} =6.0V, I _{OUT} =200mA ^{(*)4} | - | 270 | - | mΩ | ③ |
| Lx SW "Nch" ON Resistance | R _{LXN} | V _{IN} =6.0V | - | 200 | - | mΩ | - |
| Lx SW "H" Leakage Current | I _{LXLH} | V _{IN} =V _{LX} =6.0V, V _{OUT} =V _{EN} =0.0V | - | 0.0 | 0.1 | μA | ⑤ |
| Lx SW "L" Leakage Current | I _{LXLL} | V _{IN} =V _{EN} =V _{LX} =0.0V, V _{OUT} =6.0V | - | 0.0 | 0.1 | μA | ② |

V_{OUT(T)} : 設定出力電圧

測定条件 : 特に指定が無い場合、V_{EN}=2.0V

(*)1 "H" level = V_{IN} / V_{OUT}, "L" level = GND

(*)2 I_{PFM} = R_{LX} 両端のピーク電位差 / 1Ω

(*)3 設計値となります。

(*)4 R_{LXP} = (V_{LX} - V_{OUT}) / 200mA

■電気的特性

Ta=25°C

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNITS | CIRCUIT | |
|------------------|-----------|---|-----------------------------|-------|-------|-------|---------|---|
| Current Limit | I_{LIM} | $V_{IN}=6.0V$ The peak current flowing through the coil | <E-7> | <E-8> | <E-9> | A | ① | |
| Soft-Start Time | t_{SS} | $V_{IN}=V_{OUT(T)}\times 0.6, V_{OUT}=V_{OUT(T)}\times 0.9,$ After "H" level (V_{ENH}) is fed to EN pin, the time by when clocks are generated at Lx pin | 0.3 | 0.8 | 2.0 | ms | ④ | |
| EN "H" Voltage | V_{ENH} | $V_{IN}=V_{OUT(T)}\times 0.6, V_{OUT}=V_{OUT(T)}\times 0.9$ V_{EN} Voltage when Lx pin voltage changes from "H" level to starting oscillation ^(*) | Ta=25°C | 1.50 | - | 6.00 | V | ④ |
| | | | Ta=-40~105°C ^(*) | 1.50 | - | 6.00 | | |
| EN "L" Voltage | V_{ENL} | $V_{IN}=V_{OUT(T)}\times 0.6, V_{OUT}=V_{OUT(T)}\times 1.04$ V_{EN} Voltage when Input Pin Current (I_{q_in}) increases from 0μA up to 0.5μA | Ta=25°C | GND | - | 0.30 | V | ④ |
| | | | Ta=-40~105°C ^(*) | GND | - | 0.30 | | |
| EN "H" Current | I_{ENH} | $V_{IN}=V_{OUT}=V_{LX}=V_{EN}=6.0V$ | - | 0.0 | 0.1 | μA | ② | |
| EN "L" Current | I_{ENL} | $V_{IN}=V_{OUT}=V_{LX}=6.0V, V_{EN}=0.0V$ | - | 0.0 | 0.1 | μA | ② | |
| Inductance Value | L | Test Frequency=1MHz | - | 4.7 | - | μH | - | |

$V_{OUT(T)}$: 設定出力電圧

測定条件 : 特に指定が無い場合、 $V_{IN}=2.0V$

(*) "H" level = V_{IN} / V_{OUT} , "L" level = GND

(2) $I_{PFM} = R_{LX}$ 両端のピーク電位差 / 1Ω

(3) 設計値となります。

(4) $R_{LXP} = (V_{LX} - V_{OUT}) / 200mA$

■電気的特性

SPEC. Table

| NOMINAL OUTPUT VOLTAGE | V _{OUT_PFM} | | | V _{OUT_PWM} | | | I _{LIM} | | |
|------------------------------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | <E-1> | <E-2> | <E-3> | <E-4> | <E-5> | <E-6> | <E-7> | <E-8> | <E-9> |
| UNITS | V | V | V | V | V | V | A | A | A |
| V _{OUT(T)} | MIN. | TYP. | MAX. | MIN. | TYP. | MAX. | MIN. | TYP. | MAX. |
| 3.0 | 2.940 | 3.000 | 3.090 | 2.940 | 3.000 | 3.060 | 0.88 | 1.30 | 2.00 |
| 3.1 | 3.038 | 3.100 | 3.193 | 3.038 | 3.100 | 3.162 | 0.89 | 1.30 | 2.00 |
| 3.2 | 3.136 | 3.200 | 3.296 | 3.136 | 3.200 | 3.264 | 0.89 | 1.30 | 2.00 |
| 3.3 | 3.234 | 3.300 | 3.399 | 3.234 | 3.300 | 3.366 | 0.89 | 1.30 | 2.00 |
| 3.4 | 3.332 | 3.400 | 3.502 | 3.332 | 3.400 | 3.468 | 0.89 | 1.30 | 2.00 |
| 3.5 | 3.430 | 3.500 | 3.605 | 3.430 | 3.500 | 3.570 | 0.90 | 1.30 | 2.00 |
| 3.6 | 3.528 | 3.600 | 3.708 | 3.528 | 3.600 | 3.672 | 0.90 | 1.30 | 2.00 |
| 3.7 | 3.626 | 3.700 | 3.811 | 3.626 | 3.700 | 3.774 | 0.90 | 1.30 | 2.00 |
| 3.8 | 3.724 | 3.800 | 3.914 | 3.724 | 3.800 | 3.876 | 0.91 | 1.30 | 2.00 |
| 3.9 | 3.822 | 3.900 | 4.017 | 3.822 | 3.900 | 3.978 | 0.91 | 1.30 | 2.00 |
| 4.0 | 3.920 | 4.000 | 4.120 | 3.920 | 4.000 | 4.080 | 0.91 | 1.30 | 2.00 |
| 4.1 | 4.018 | 4.100 | 4.223 | 4.018 | 4.100 | 4.182 | 0.91 | 1.30 | 2.00 |
| 4.2 | 4.116 | 4.200 | 4.326 | 4.116 | 4.200 | 4.284 | 0.92 | 1.30 | 2.00 |
| 4.3 | 4.214 | 4.300 | 4.429 | 4.214 | 4.300 | 4.386 | 0.92 | 1.30 | 2.00 |
| 4.4 | 4.312 | 4.400 | 4.532 | 4.312 | 4.400 | 4.488 | 0.92 | 1.30 | 2.00 |
| 4.5 | 4.410 | 4.500 | 4.635 | 4.410 | 4.500 | 4.590 | 0.92 | 1.30 | 2.00 |
| 4.6 | 4.508 | 4.600 | 4.738 | 4.508 | 4.600 | 4.692 | 0.93 | 1.30 | 2.00 |
| 4.7 | 4.606 | 4.700 | 4.841 | 4.606 | 4.700 | 4.794 | 0.93 | 1.30 | 2.00 |
| 4.8 | 4.704 | 4.800 | 4.944 | 4.704 | 4.800 | 4.896 | 0.93 | 1.30 | 2.00 |
| 4.9 | 4.802 | 4.900 | 5.047 | 4.802 | 4.900 | 4.998 | 0.94 | 1.30 | 2.00 |
| 5.0 | 4.900 | 5.000 | 5.150 | 4.900 | 5.000 | 5.100 | 0.94 | 1.30 | 2.00 |
| 5.1 | 4.998 | 5.100 | 5.253 | 4.998 | 5.100 | 5.202 | 0.94 | 1.30 | 2.00 |
| 5.2 | 5.096 | 5.200 | 5.356 | 5.096 | 5.200 | 5.304 | 0.94 | 1.30 | 2.00 |
| 5.3 | 5.194 | 5.300 | 5.459 | 5.194 | 5.300 | 5.406 | 0.95 | 1.30 | 2.00 |
| 5.4 | 5.292 | 5.400 | 5.562 | 5.292 | 5.400 | 5.508 | 0.95 | 1.30 | 2.00 |
| 5.5 | 5.390 | 5.500 | 5.665 | 5.390 | 5.500 | 5.610 | 0.95 | 1.30 | 2.00 |

測定回路図

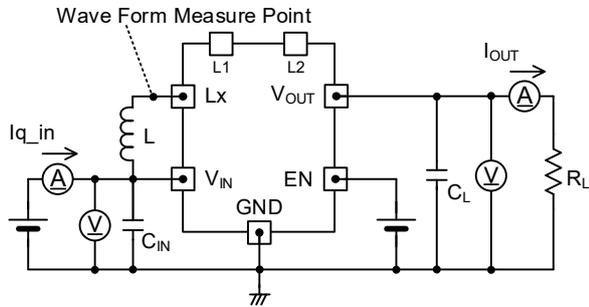
※External Components

C_{IN} : 10 μ F (ceramic)

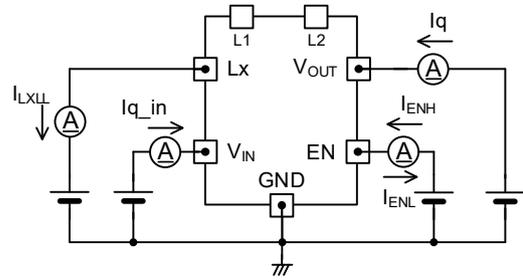
C_L : 10 μ F x 2 (ceramic)

L : 4.7 μ H

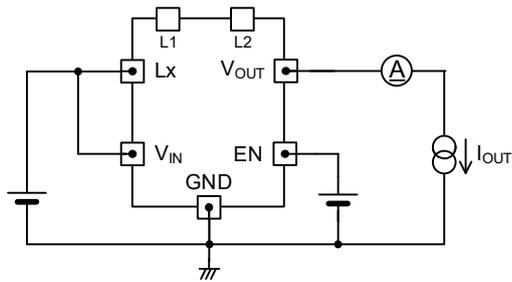
< Circuit No.① >



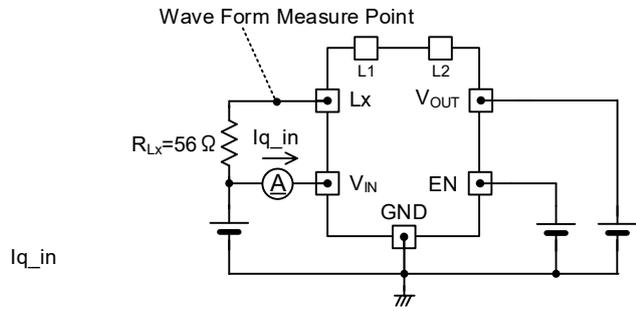
< Circuit No.② >



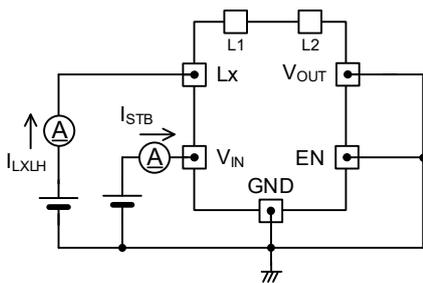
< Circuit No.③ >



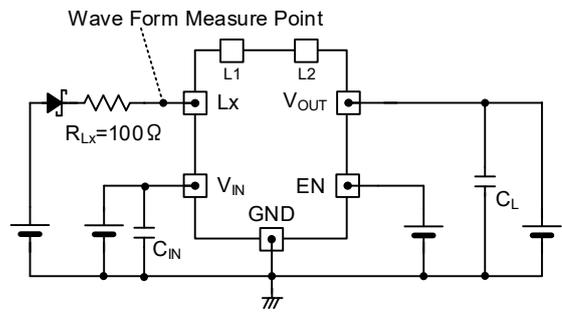
< Circuit No.④ >



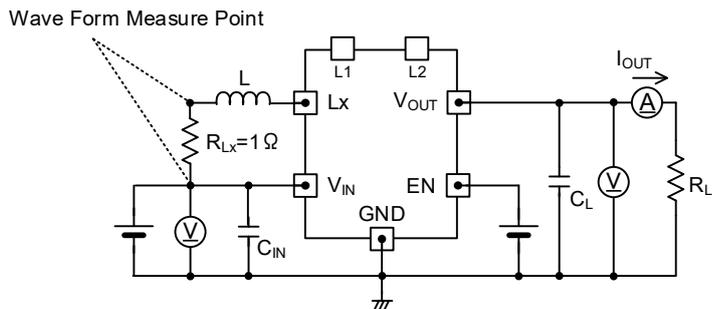
< Circuit No.⑤ >



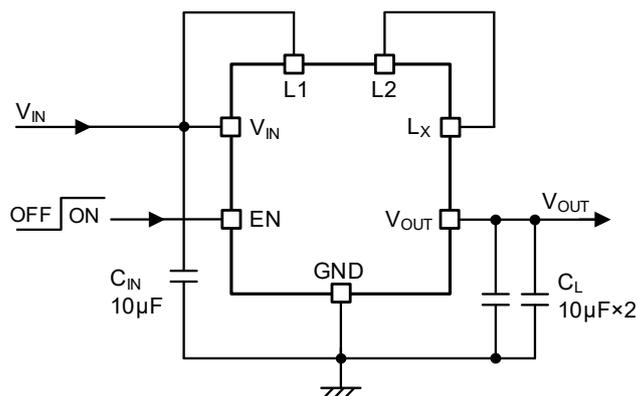
< Circuit No.⑥ >



< Circuit No.⑦ >



■標準回路例/部品選定方法



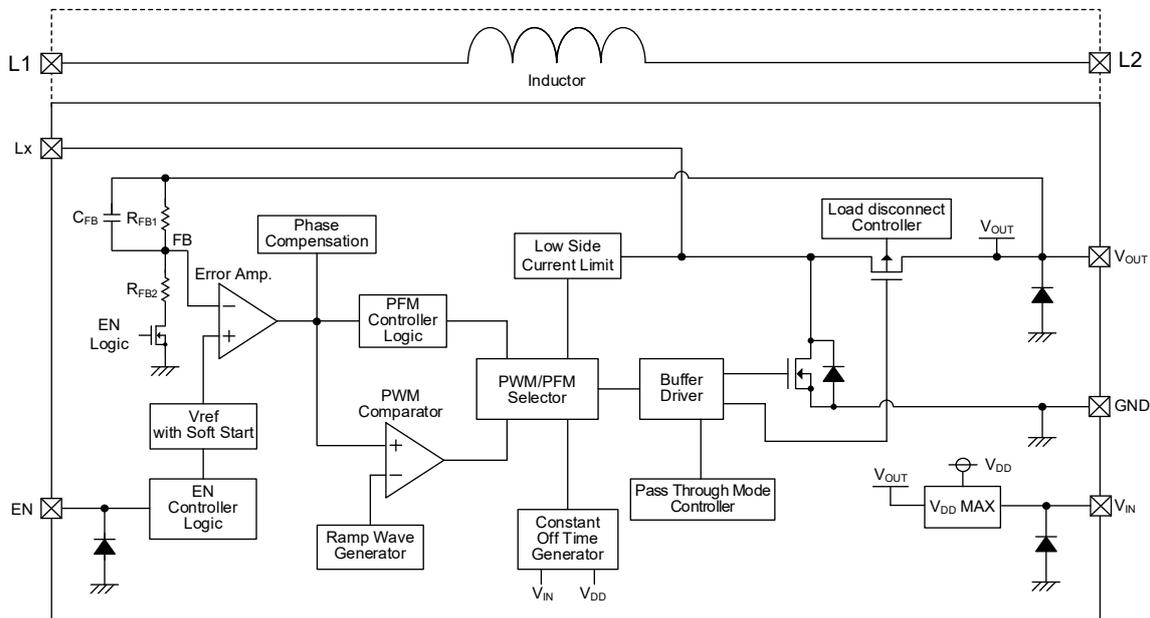
【Typical Examples】

| | CONDITIONS | MANUFACTURER | PRODUCT NUMBER | VALUE | SIZE(L×W×T) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|
| C _{IN} ^(*1,2) | V _{OUT(T)} ≤ 3.3V | Murata | GRM188R61C106MA73 | 10µF/16V | 1.6x0.8x0.8mm |
| | 3.3V < V _{OUT(T)} | Murata | GRM188R61C106MA73 | 10µF/16V x 2 | 1.6x0.8x0.8mm |
| C _L ^(*1,3,4) | - | Murata | GRM188R61C106MA73 | 10µF/16V x 2 | 1.6x0.8x0.8mm |

- (^{*1}) セラミックコンデンサは印加される DC バイアスおよび周囲温度等により、実効容量が公称値より大幅に低下する製品があります。本 IC の入出力容量は、推奨部品と同等以上の実効容量値になるよう、DC バイアス使用条件(周囲温度、入出力電圧)に応じた適切なセラミックコンデンサを使用してください。
- (^{*2}) 電解コンデンサやタンタルコンデンサ等の大容量コンデンサを入力容量として使用する場合でも、低 ESR のセラミックコンデンサを並列に配置して下さい。セラミックコンデンサを配置しない場合、高周波の電圧変動が大きくなり IC が誤動作する可能性があります。
- (^{*3}) 出力容量 C_L にタンタル、低 ESR の電解コンデンサ等を使用した場合リップル電圧が大きくなります。出力容量 C_L に電解コンデンサを使用する場合、セラミックコンデンサを並列に接続し、ご使用下さい。また、出力容量 C_L に大容量のセラミックコンデンサおよびタンタル、低 ESR の電解コンデンサ等を使用した場合、重負荷時に出力電圧が不安定になる場合があります。
- (^{*4}) 出力容量に大容量のコンデンサを使用した場合、ソフトスタート期間中に起動せずに起動中に電流制限機能が動作する場合があります。

■動作説明

本 IC は、基準電圧源、ランプ波回路、エラーアンプ、PFM コントローラ、PWM コンパレータ、位相補償回路、一定オフタイム発生回路、Nch ドライバ FET、Pch 同期整流スイッチ FET、電流制限回路等で構成されています。



位相補償回路は、エラーアンプの周波数特性の最適化と、Nch ドライバ FET のオン期間の電流をモニターしてランプ波回路の出力信号に変調をかけています。これにより、セラミックコンデンサなどの低 ESR コンデンサを使用しても安定した帰還系が得られ、出力電圧の安定化が図られています。

<ドライバ構成 / 負荷切断制御(寄生ダイオード制御)>

内蔵されているドライバ FET は High Side 側は Pch FET、Low Side 側は Nch FET となります。

一般的な Pch FET では、ソースをカソード、ドレインをアノードとする寄生ダイオードが存在しますが、XCL108 シリーズの High Side 側の Pch FET は寄生ダイオードの極性を制御します。

この寄生ダイオードの制御は、入力電圧と出力電圧を比較し、どちらか高い側の電圧を寄生ダイオードのカソードにするように制御します。この動作によりアクティブ時およびスタンバイ時に、寄生ダイオードを介して電流が流れることを防ぐことが可能です。

<V_{DD} MAX>

V_{IN} 端子電圧と V_{OUT} 端子電圧を比較し、どちらか高い電圧を IC の内部電源となるように動作します。

■動作説明

<通常動作>

内部基準電圧と出力電圧を R_{FB1} と R_{FB2} を通してフィードバックした電圧をエラーアンプで比較し、エラーアンプの出力信号に位相補償をかけ、PFM コントローラと PWM コンパレータに信号を入力します。

PFM コントローラと PWM コンパレータは Nch ドライバ FET のオン時間を下記のように決定します。

PFM コントローラ : コイル電流が PFM 電流 (I_{PFM}) に達するまでの時間を Nch ドライバ FET のオン時間とします。

PWM コンパレータ : エラーアンプの出力信号とランプ波を比較し、Nch ドライバ FET のオン時間を決定します。

PWM/PFM 選択回路にて、PFM コントローラと PWM コンパレータが出力したオン時間を比較し、オン時間が長くなるほうのパルスを出します。

実際の動作では、出力電流が軽負荷の場合は PFM 制御で動作します。

PFM 制御は、コイル電流が PFM 電流 (I_{PFM}) に達するまで Low side Nch ドライバ FET をオンすることで、PWM 制御と比べ軽負荷時のスイッチング周波数を低下させます。

この動作により軽負荷での損失を低減し、軽負荷から重負荷まで高効率を達成することが可能です。出力電流が増加すると、それに比例しスイッチング周波数を増加させます。

さらに出力電流が大きくなると、コイル電流のピーク電流が I_{PFM} より高くなり、PFM 制御から PWM 制御に移行します。

PWM 制御は、PWM コンパレータで、エラーアンプの出力信号とランプ波を比較し、Nch ドライバ FET のオン時間を決定します。

オフ時間 (t_{OFF}) は、入力電圧と出力電圧により決定し、一定時間 Nch ドライバ FET をオフします。この動作を連続的に行うことにより出力電圧を安定させています。

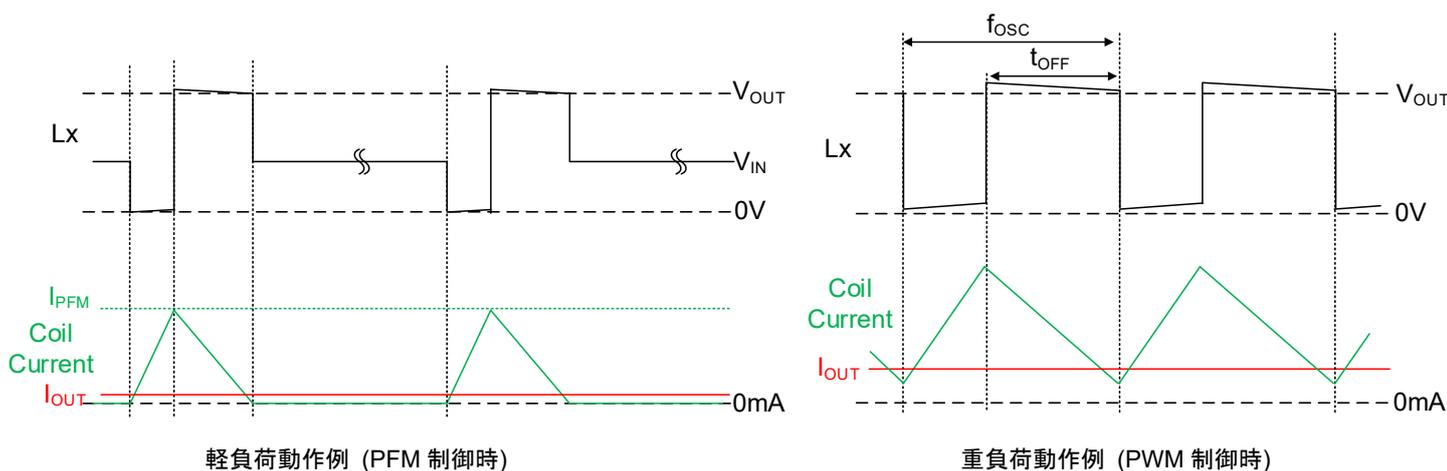
オフ時間は次式のように設定されます。

$$t_{OFF} = (V_{IN} / V_{OUT}) \times 833ns$$

PWM 制御では、連続モードでの動作となります。

連続モードでオフ時間が一定となることから、理想的な発振周波数は次式で求めることができます。しかしながら実際にはドライバ FET のオン抵抗や損失等の影響により、次式の発振周波数からズレが生じます。

$$f_{OSC} = (V_{IN} / V_{OUT}) \times (1 / t_{OFF})$$

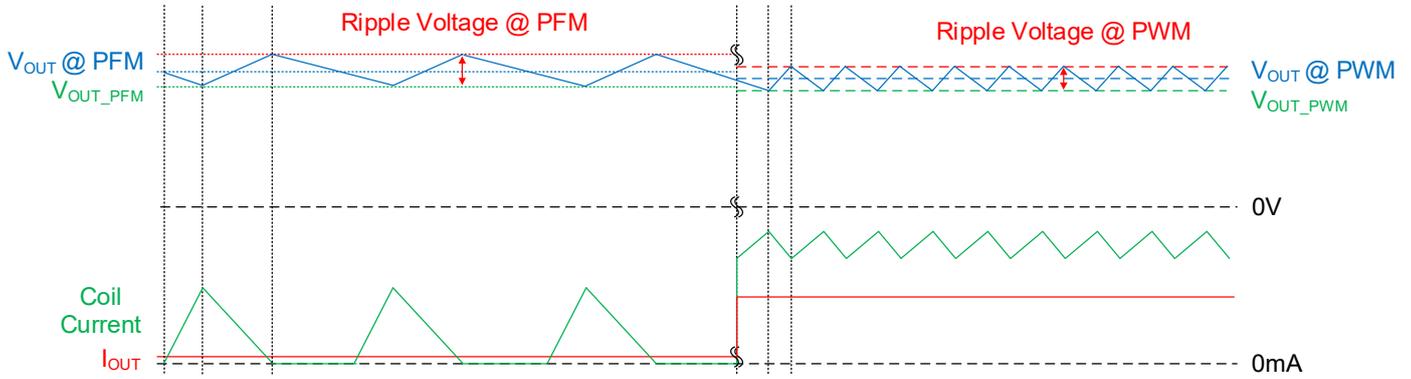


■動作説明

<通常動作 (続き)>

実動作での出力電圧の平均値 V_{OUT} は、 V_{OUT_PFM} および V_{OUT_PWM} と実動作でのリップル電圧に依存し、下記のように算出できます。そのため入力電圧、出力電圧、周辺部品等の影響によりリップル電圧が変動した場合、出力電圧の平均値が変動します。

PFM 制御時 : $V_{OUT} = V_{OUT_PFM} + \text{Ripple Voltage} \times 1/2$
 PWM 制御時 : $V_{OUT} = V_{OUT_PWM} + \text{Ripple Voltage} \times 1/2$



出力電圧 動作波形例

$V_{OUT(T)} < V_{IN}$ 時の動作

入力電圧が設定出力電圧より高い条件($V_{OUT(T)} < V_{IN}$)で使用する場合、Pch 同期整流スイッチ FET がオンになります。出力電圧は入力電圧から Pch 同期整流スイッチ FET のオン抵抗と出力電流による電圧降下を減算した電圧となります

また、この時の消費電流は $6.5\mu\text{A}$ (TYP.)となります。

■動作説明

<EN 機能 / 負荷切断機能>

EN 端子に"H"電圧(V_{ENH})を入力すると、起動モードにより出力電圧を立ち上げた後、通常動作となります。

EN 端子に"L"電圧(V_{ENL})を入力するとスタンバイ状態となり、消費電流をスタンバイ電流 I_{STB} (TYP. $0.0\mu A$)に抑え、Nch ドライバ FET と Pch 同期整流スイッチ FET をオフします。

スタンバイ状態では負荷切断機能が動作します。負荷切断機能は入力電圧 V_{IN} と出力電圧 V_{OUT} を比較し Pch 同期整流スイッチ FET の寄生ダイオードの極性を最適に制御します。

この制御により Pch 同期整流スイッチ FET の寄生ダイオードに電流が流れることを防ぎ、Lx 端子と V_{OUT} 端子間の導通を切断します。

<起動モード / ソフトスタート>

V_{OUT} 端子電圧を設定出力電圧まで緩やかに昇圧させ、入力突入電流を抑制するための機能です。EN 端子に"H"電圧を入力し、IC をスタンバイ状態からアクティブ状態にすると起動モードを開始します。

起動モードの詳細動作は下記の通りです。

① $V_{OUT} \leq V_{IN}$

Pch 同期整流スイッチ FET を介して出力側に電流供給を行います。

Pch 同期整流スイッチ FET は電流制限を行いながら出力側に電流供給するため、 V_{OUT} 端子電圧を緩やかに V_{IN} まで上昇していきます。

② $V_{OUT} < V_{OUT(T)} \times 0.9$

V_{OUT} 端子電圧が V_{IN} まで達した後、IC 内部の基準電圧を緩やかに立ち上げていきます。

V_{OUT} 端子電圧を R_{FB1} と R_{FB2} で分圧した FB 電圧が、IC 内部の基準電圧より低くなるとスイッチング動作を開始します。

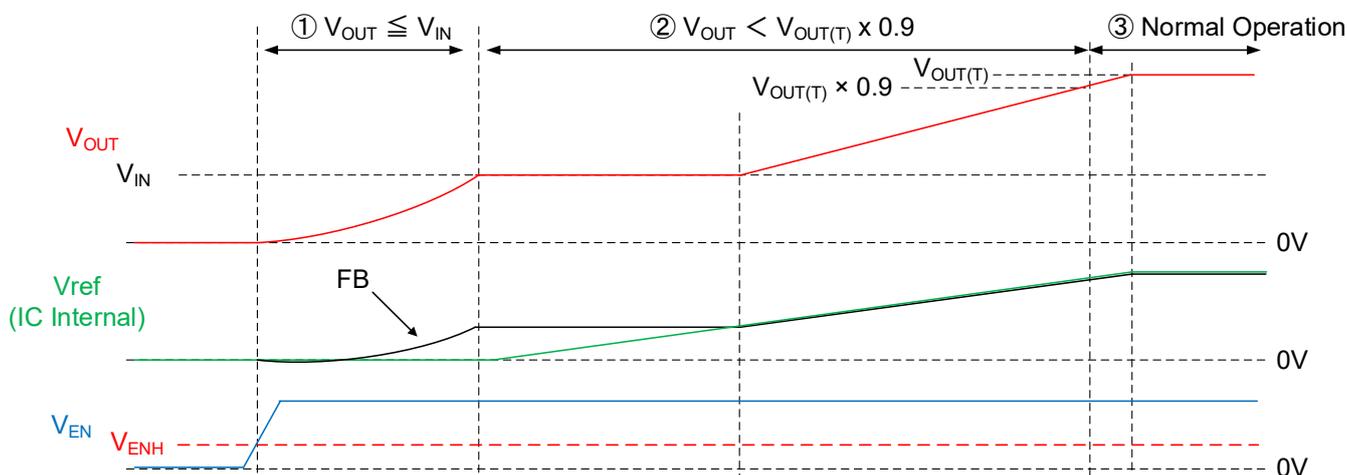
V_{OUT} 端子電圧の上昇傾きは、IC 内部の基準電圧の傾きと比例します。

③ 通常動作

V_{OUT} 端子電圧が $V_{OUT(T)} \times 0.9$ に達すると起動モードを終了し、通常動作に移行します。

ただし、重負荷および出力容量が大きい条件では、基準電圧の立ち上げ期間内に $V_{OUT(T)} \times 0.9$ まで上昇できない場合があります。

この場合は、 $V_{OUT(T)} \times 0.9$ に達しない状態でも基準電圧の立ち上げ完了後に、起動モードから通常動作に移行します。



起動モード 動作波形例

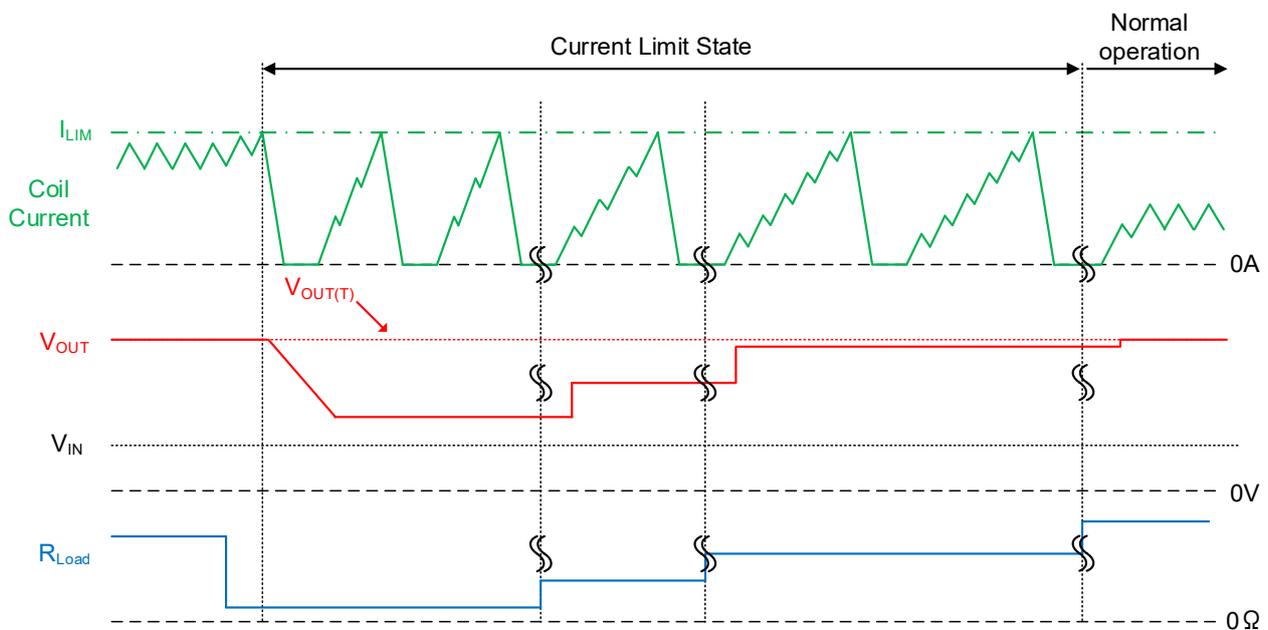
■動作説明

<電流制限>

本 IC の電流制限機能は、スイッチングサイクル毎に Nch ドライバ FET に流れる電流(=コイル電流)を監視しており、Nch ドライバ FET に流れる電流が電流制限値 I_{LIM} (TYP. 1.3A) に達すると過電流検出状態となります。

過電流検出状態および過電流検出後の動作は下記のようになります。

- ① Nch ドライバ FET に流れる電流が電流制限値 I_{LIM} に達すると過電流検出状態となり、Nch ドライバ FET をオフして、エラーアンプの出力信号を低下させます。
- ② エラーアンプの出力信号を低下させたことにより、Nch ドライバ FET のオフが継続されます。オフ時間(t_{OFF})経過後、且つ、エラーアンプの出力信号が上昇し、再び昇圧動作を開始するまでコイル電流は低下します。
- ③ エラーアンプの出力信号が上昇して昇圧動作が再開され、コイル電流が再び電流制限値に達すると、再度 Nch ドライバ FET をオフして、エラーアンプの出力信号を低下させます。
- ④ 過負荷状態が継続する期間、①~③を繰り返します。



電流制限 動作波形例

■使用上の注意

- 1) 一時的、過渡的な電圧降下および電圧上昇等の現象について、絶対最大定格を超える場合には、劣化または破壊する可能性があります。また推奨動作範囲外の条件で使用した場合は、IC が正常動作を行わない場合や、劣化を引き起こす可能性があります。
- 2) DC/DC コンバータのようなスイッチングレギュレータはスパイクノイズやリップル電圧が生じます。これらは周辺部品(コイルのインダクタンス値、コンデンサ、周辺部品の基板レイアウト)によって大きく影響されます。設計される際は十分に実機にてご確認下さい。
- 3) DC/DC コンバータの特性は本 IC の特性のみならず外付け部品に大きく依存しますので、各部品の仕様書及び標準回路例を参考の上、部品選定を行って下さい。特にコンデンサについては、実使用条件にて推奨部品と同等および同等以上の実効容量となるよう、DC バイアス特性や温度特性等に注意して選定して下さい。
- 4) 本 IC では、非連続モード動作時の Lx 端子電圧のリングングを抑制する制御回路を搭載しており、伝導ノイズや放射ノイズの低減を図っています。
しかしながら、入力電圧が 1V 以下の条件では、Lx 端子電圧のリングングを抑制する回路が動作せず Lx 端子電圧のリングングが増加する可能性があります。
本条件で使用される場合は、ノイズによる誤動作等がないことを十分にご確認の上ご使用ください。
- 5) PFM 動作時に昇圧動作状態から、昇圧動作が停止し Pch 同期整流スイッチ FET が常時オンする $V_{OUT(T)} < V_{IN}$ の条件に移行する場合、動作がスムーズに移行せず出力のリップル電圧が 500mV 以上になる場合があります。
本条件で使用される場合は、動作がスムーズに移行できるよう、出力コンデンサに"GRM188R61C106MA73" x 3 以上の実効容量を持つセラミックコンデンサを使用して下さい。
- 6) 入力電圧と設定出力電圧の入出力電位差が 0.3V 以下の場合、出力のリップル電圧が上昇します。
本条件でリップル電圧を抑制したい場合は、出力コンデンサに"GRM188R61C106MA73" x 3 以上の実効容量を持つセラミックコンデンサを使用して下さい。さらにリップル電圧を抑制したい場合は、出力容量を増やし対策を行って下さい。
- 7) 電流制限回路の伝搬遅延により、電流制限値 I_{LIM} 以上のコイル電流が流れる場合があります。
- 8) 下記の条件では、電流制限機能が動作しない場合があります。

昇圧比が小さい条件

昇圧比が小さい条件は所要のデューティが低く、Low Side 側の Nch ドライバ FET のオン時間が短くなります。
このオン時間が電流制限回路の伝搬遅延より短くなると、電流制限機能が動作しない場合があります。

昇圧比が高い条件

昇圧比が高い条件では、最大デューティ比およびオン抵抗やコイルの DCR により電流制限値以下でコイル電流が制限される場合があります、電流制限機能が動作しない場合があります。

- 9) 電流制限機能は Nch ドライバ FET に流れる電流を制限する機能であり、Pch 同期整流スイッチ FET に流れる電流は制限していません。
そのため、Pch 同期整流スイッチ FET および Pch 同期整流スイッチ FET の寄生ダイオードに過電流が流れ IC が破壊する可能性があります。特に過負荷および短絡状態では IC が破壊する可能性が高いため、周辺回路等で IC を過電流から保護することを推奨します。

■使用上の注意

10) 出力に外部から電源電圧印加を行った場合、IC が破壊する可能性があります。各動作条件での出力側への外部電圧印可可否は下表を参照してください。

| Condition | | Availability of applied voltage at V_{OUT} pin (Condition : $V_{OUT(T)} < \text{Applied voltage}$) |
|----------------------------------|----|--|
| V_{IN} | EN | |
| $V_{IN} < 0.65V$ | L | Unusable |
| | H | |
| $0.65V \leq V_{IN} < V_{OUT(T)}$ | L | Available |
| | H | |
| $V_{OUT(T)} \leq V_{IN}$ | L | Unusable |
| | H | Unusable (Reverse Flow toward the input) |

11) 本 IC はコイル一体型製品であるため、磁石の近傍などの強磁界の環境に配置しないで下さい。
強磁界の影響により、インダクタンス値の低下、効率の悪化および IC の異常動作を引き起こす可能性があります。

12) 当社では製品の改善、信頼性の向上に努めております。しかしながら、万が一のためにフェールセーフとなる設計およびエージング処理など、装置やシステム上で十分な安全設計をお願いします。

■使用上の注意

●基板レイアウト上の注意

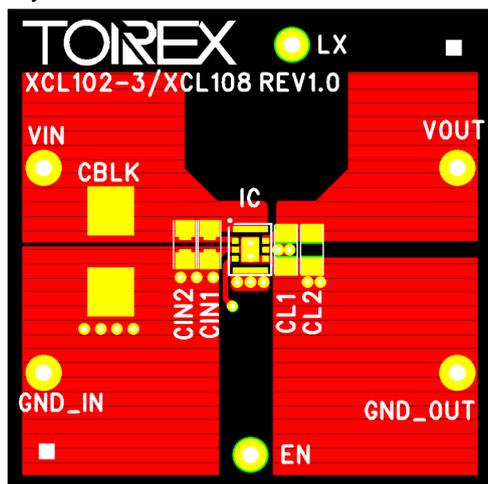
基板レイアウトで特に注意すべき項目としては、下記の通りです。

具体的な基板レイアウトは次ページの参考レイアウトを参考にしてください。

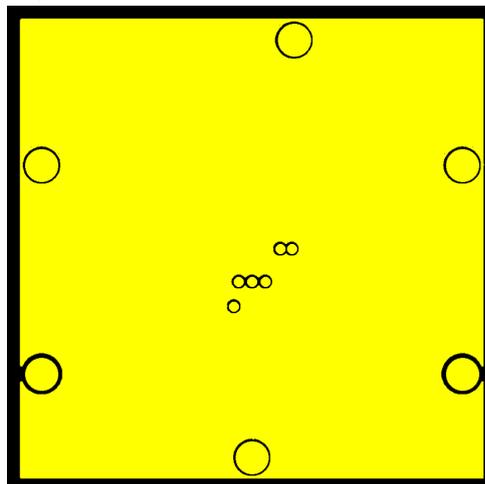
- (a) 大電流ラインの配線を太く短く配線して下さい。
これにより配線インピーダンスを小さくすることができ、ノイズ低減および放熱性の改善が見込めます
大電流ラインの配線インピーダンスが大きい場合は、ノイズ発生や IC が正常に動作しない原因となります。
- (b) 大電流が流れる主要部品である、入力容量 C_{IN} 、出力容量 C_L および IC は同一面上に配置を行って下さい。
両面に配置した場合、大電流がインピーダンスの高い Via を流れるため、ノイズ発生や IC が正常に動作しない原因となります。
- (c) 周辺部品は IC 近傍に配置して下さい。
特に出力容量 C_L は IC 直近に配置を行い、極力低インピーダンスで接続を行って下さい。
出力容量 C_L と IC の距離が遠い場合、ノイズ発生や IC が正常に動作しない原因となります。

<参考パターンレイアウト>

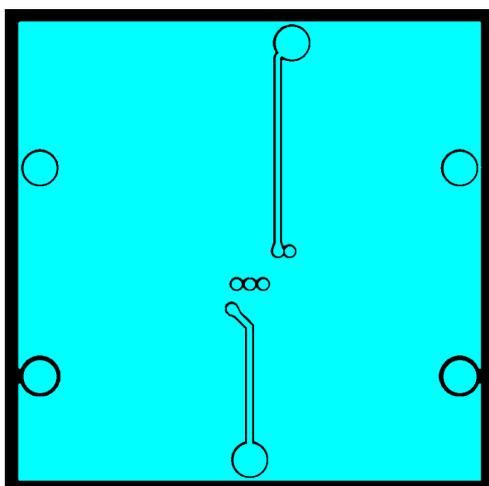
Layer 1



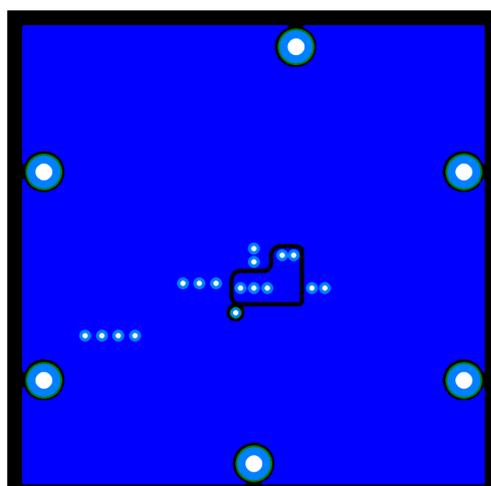
Layer 2



Layer 3



Layer 4



■本製品の取扱いについて

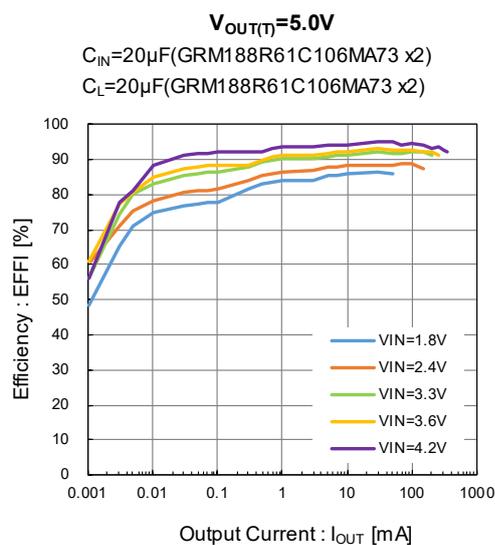
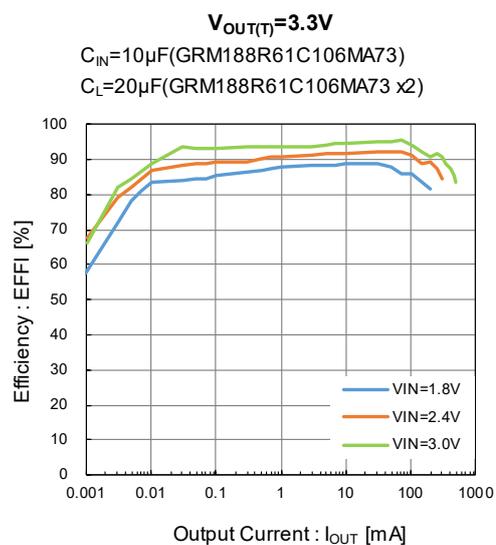
- (1) 本製品に実装されているコイルは、一般的な面実装タイプのチップインダクタ仕様に準拠しており、キズ、フラックスの汚れ等がある場合があります。
- (2) 本製品を以下の環境で使用しないでください。
水または塩水のかかる箇所、結露状態になる箇所、有毒ガス(硫化水素、亜鉛酸、塩素、アンモニア等)が存在する箇所。
- (3) 本製品の溶剤洗浄は行わないようお願い致します。

■実装について

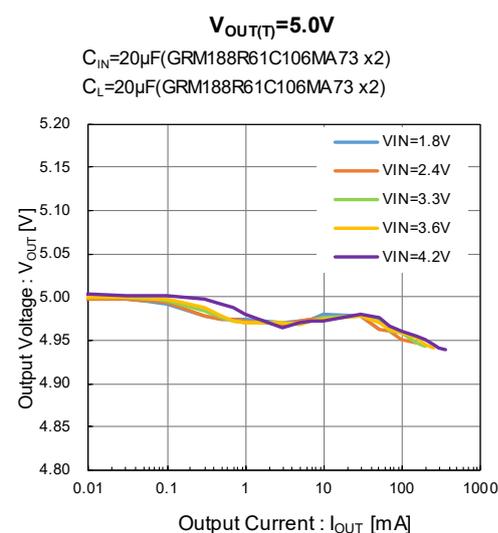
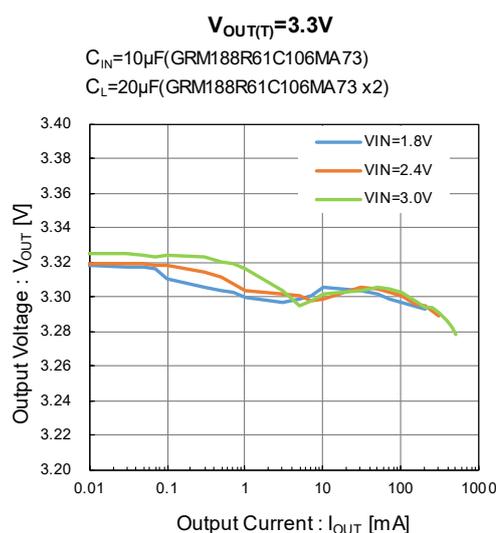
- (1) 実装精度 0.05mm 以内を推奨します。
- (2) 実装はコイル端子を基準として実装をお願いします。

■ 特性例

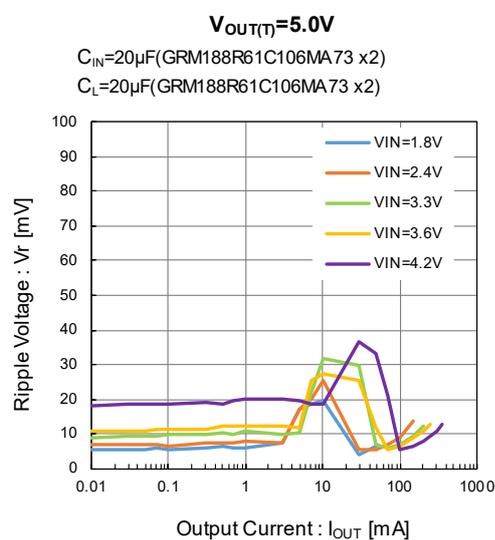
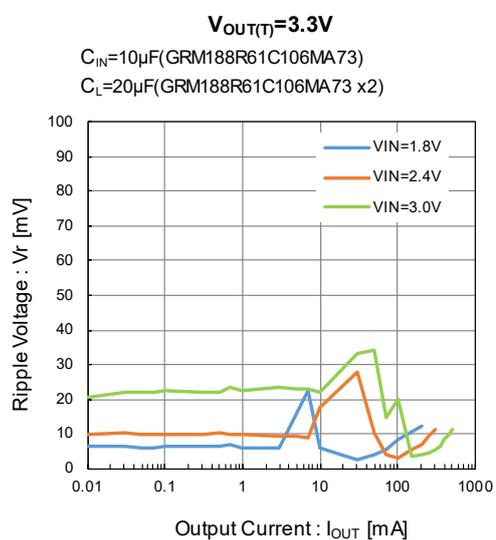
(1) Efficiency vs. Output Current



(2) Output Voltage vs. Output Current

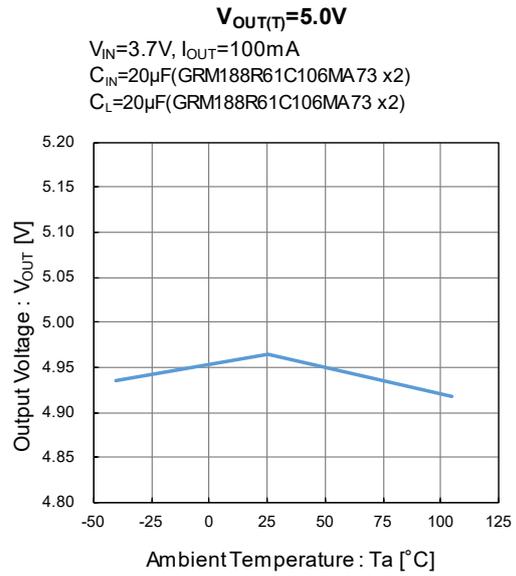
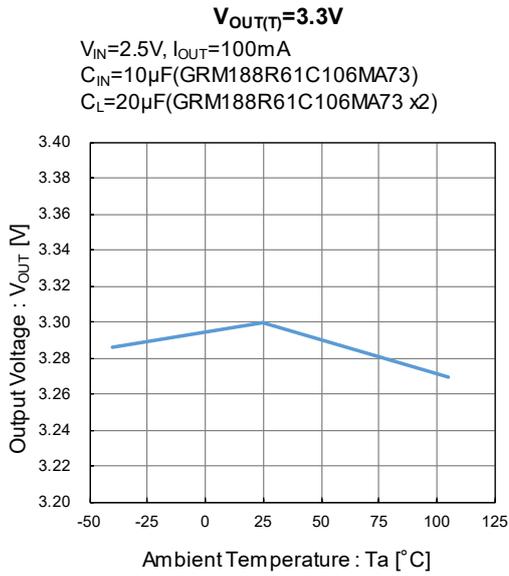


(3) Ripple Voltage vs. Output Current

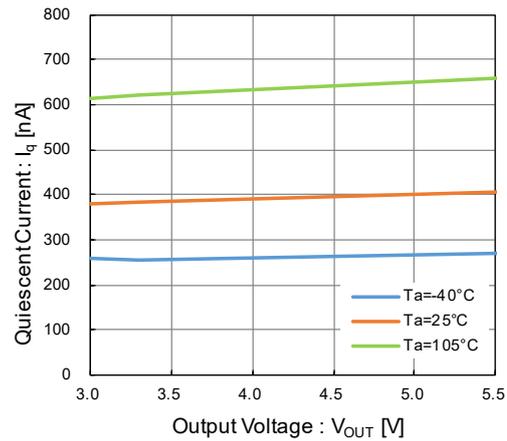


■ 特性例

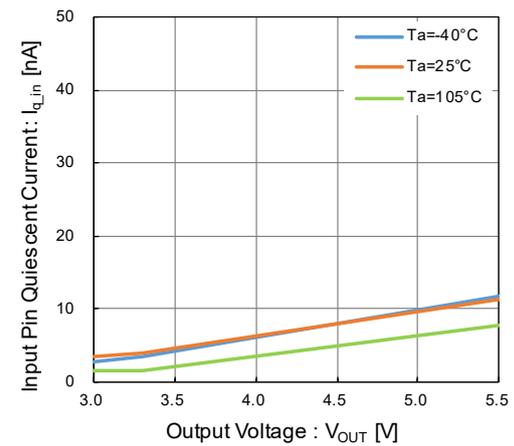
(4) Output Voltage vs. Ambient Temperature



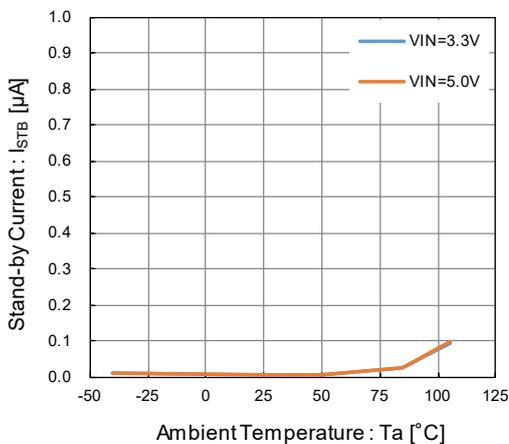
(5) Quiescent Current vs. Output Voltage



(6) Input Pin Quiescent Current vs. Output Voltage

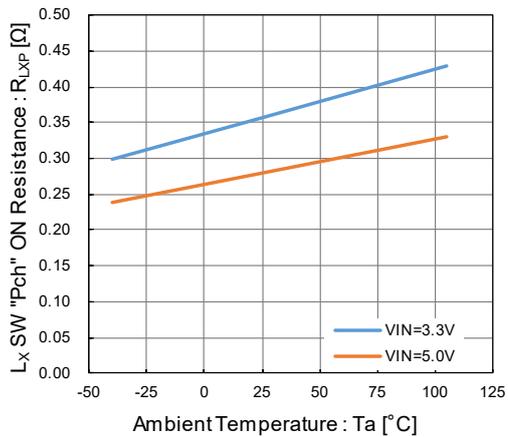


(7) Stand-by Current vs. Ambient Temperature

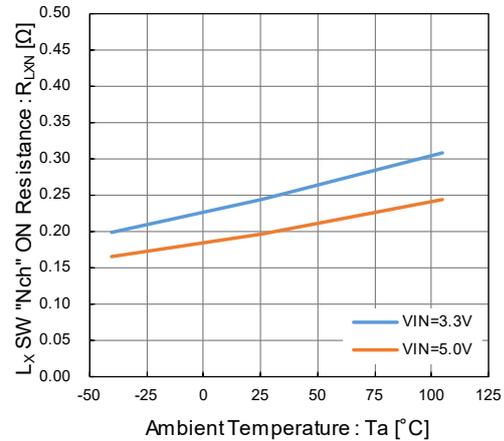


■ 特性例

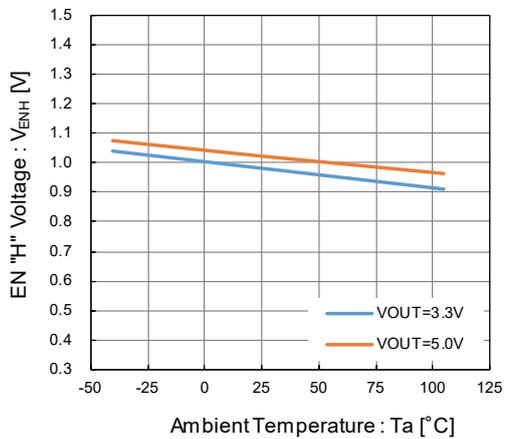
(8) L_X SW "Pch" ON Resistance vs. Ambient Temperature



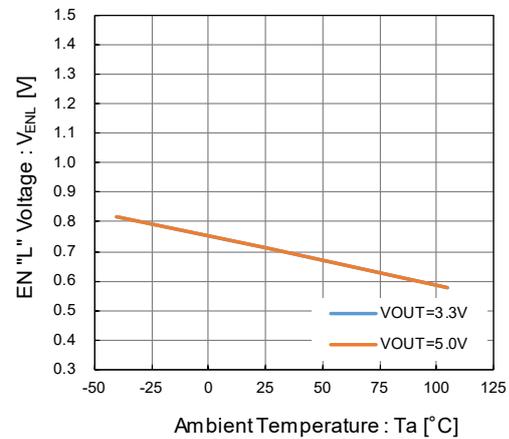
(9) L_X SW "Nch" ON Resistance vs. Ambient Temperature



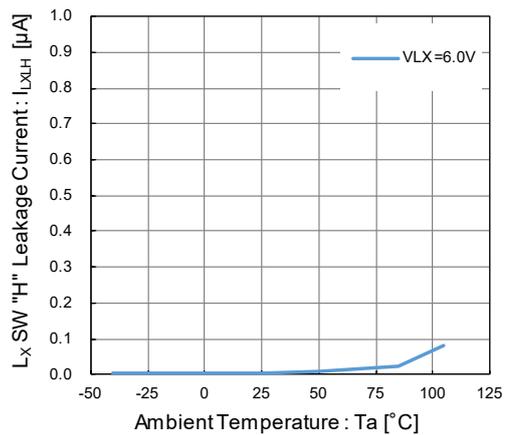
(10) EN "H" Voltage vs. Ambient Temperature



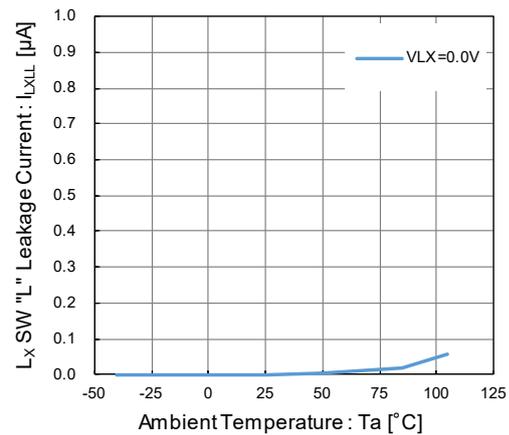
(11) EN "L" Voltage vs. Ambient Temperature



(12) L_X SW "H" Leakage Current vs. Ambient Temperature

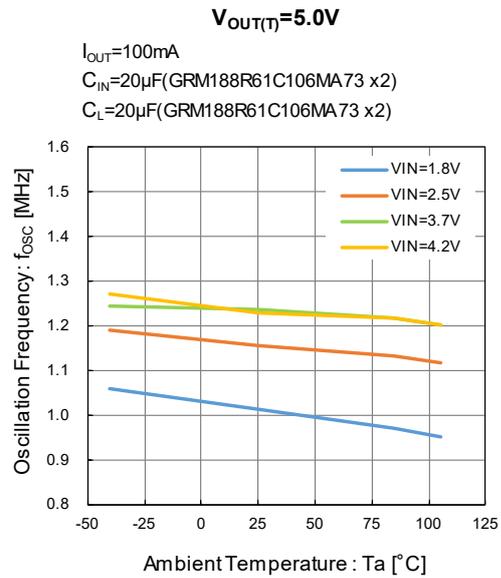
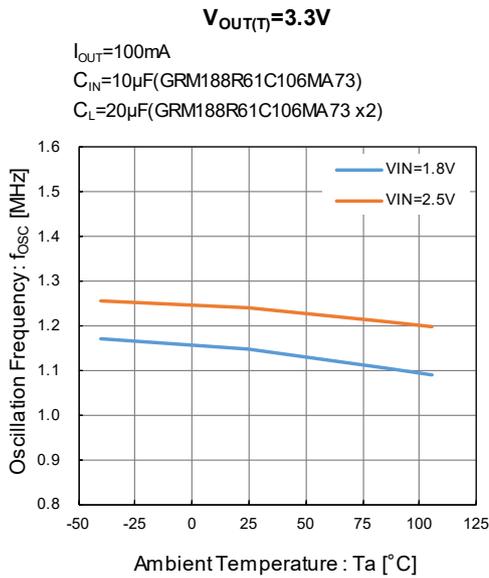


(13) L_X SW "L" Leakage Current vs. Ambient Temperature



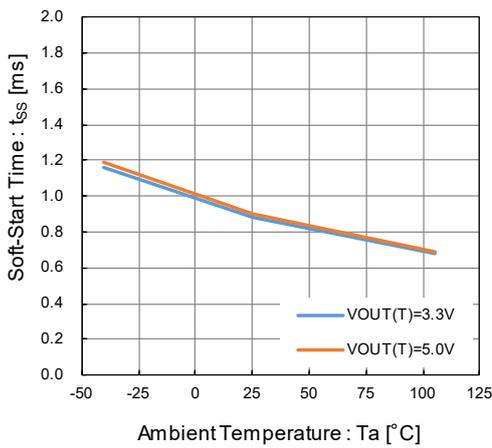
■ 特性例

(14) Oscillation Frequency vs. Ambient Temperature

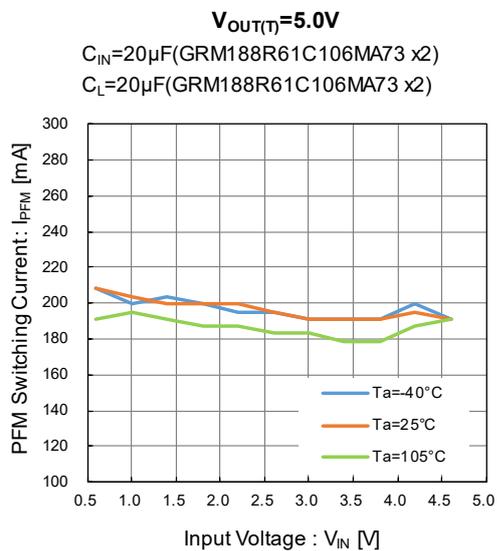
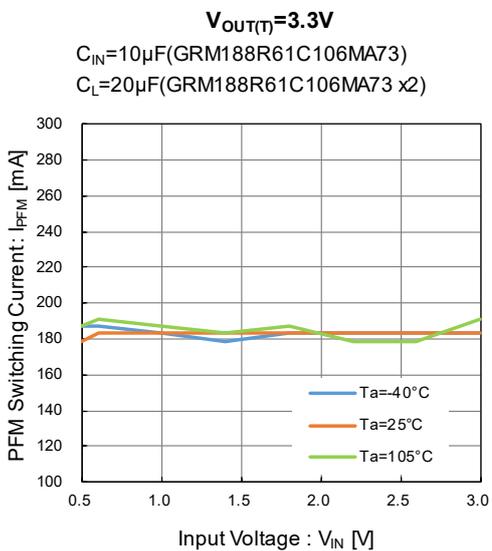


(15) Soft-Start Time vs. Ambient Temperature

$$V_{IN}=V_{OUT(T)} \times 0.6$$



(16) PFM Switching Current vs. Input Voltage



■ 特性例

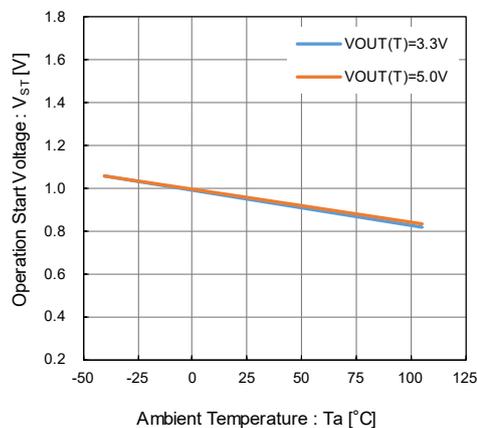
(17) Operation Start Voltage vs. Ambient Temperature

No Load

$V_{OUT}=3.3V / C_{IN}=10\mu F(\text{GRM188R61C106MA73})$

$V_{OUT}=5.0V / C_{IN}=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$

$C_L=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$



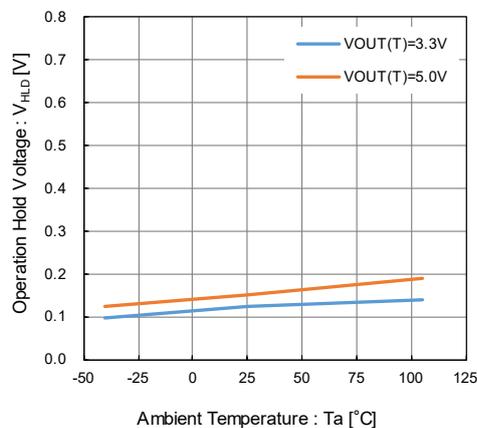
(18) Operation Hold Voltage vs. Ambient Temperature

$I_{OUT}=1mA$

$V_{OUT}=3.3V / C_{IN}=10\mu F(\text{GRM188R61C106MA73})$

$V_{OUT}=5.0V / C_{IN}=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$

$C_L=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$

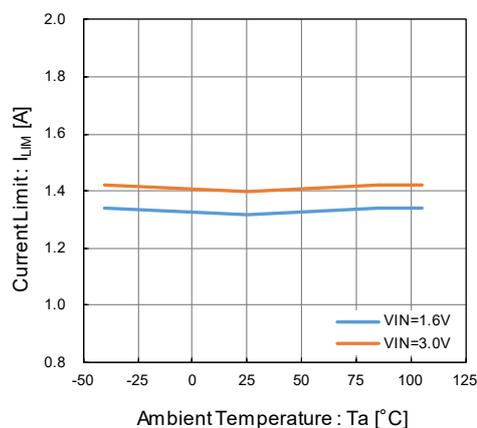


(19) Current Limit vs. Ambient Temperature

$V_{OUT(\eta)}=3.3V$

$C_{IN}=10\mu F(\text{GRM188R61C106MA73})$

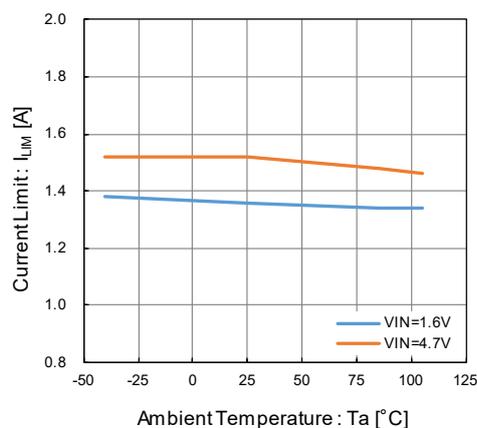
$C_L=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$



$V_{OUT(\eta)}=5.0V$

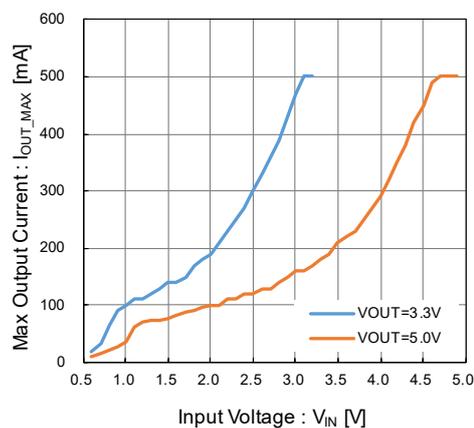
$C_{IN}=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$

$C_L=20\mu F(\text{GRM188R61C106MA73} \times 2)$

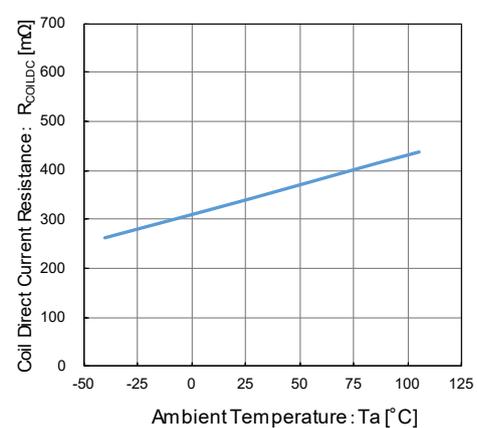


(20) Max Output Current vs. Input Voltage

$T_a=25^\circ C$

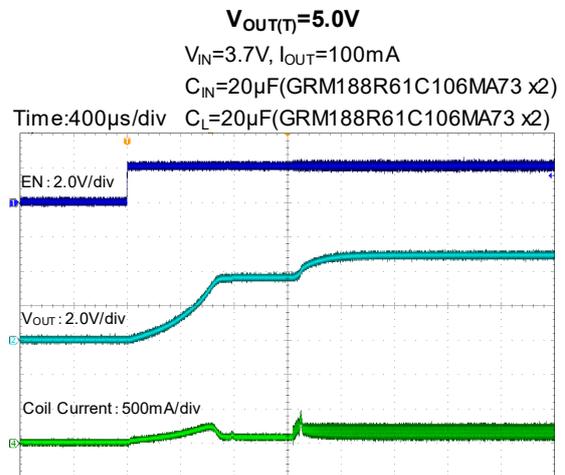
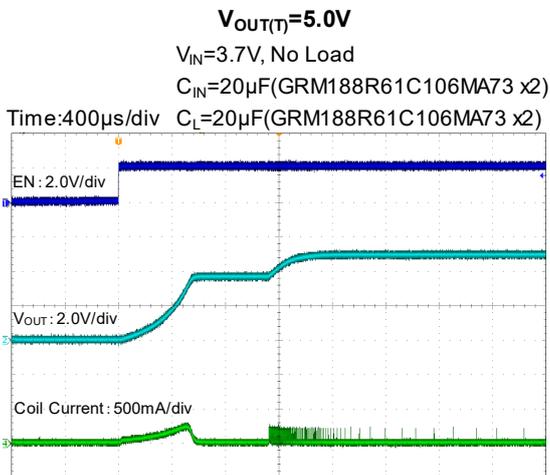
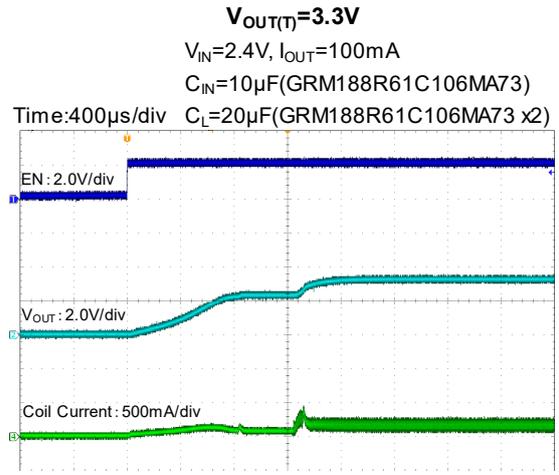
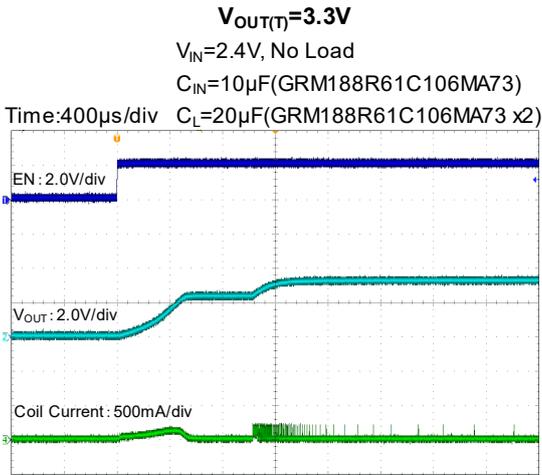


(21) Coil Direct Current Resistance vs. Ambient Temperature



■ 特性例

(22) Start-up Operation



■ 特性例

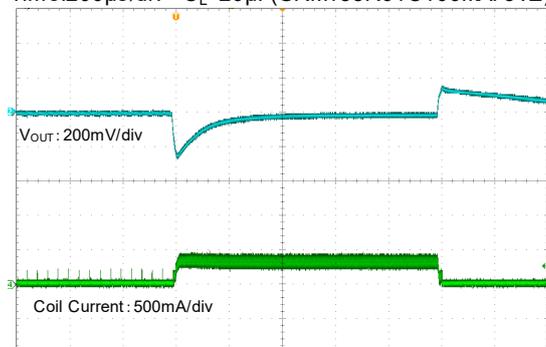
(23) Load Transient Response

$V_{OUT(\tau)}=3.3V$

$V_{IN}=2.4V$, $I_{OUT}=1mA \leftrightarrow 200mA$ ($t_r, t_f = 250mA/\mu s$)

$C_{IN}=10\mu F$ (GRM188R61C106MA73)

Time:200 μs /div $C_L=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)

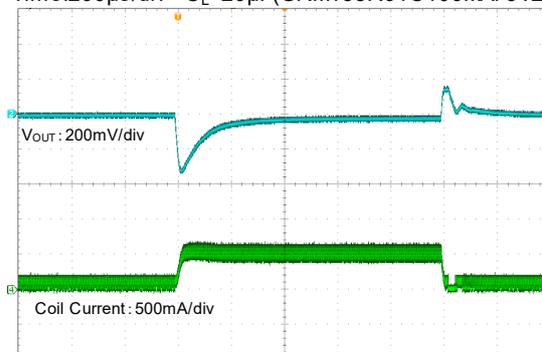


$V_{OUT(\tau)}=3.3V$

$V_{IN}=2.4V$, $I_{OUT}=50mA \leftrightarrow 300mA$ ($t_r, t_f = 250mA/\mu s$)

$C_{IN}=10\mu F$ (GRM188R61C106MA73)

Time:200 μs /div $C_L=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)

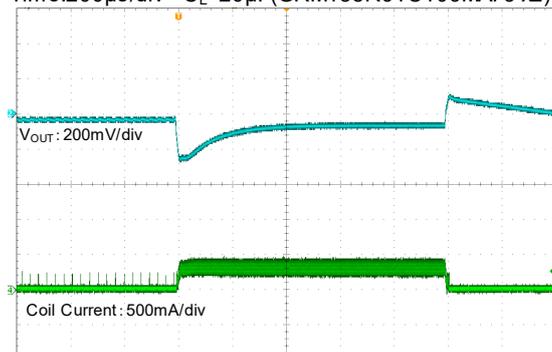


$V_{OUT(\tau)}=5.0V$

$V_{IN}=3.7V$, $I_{OUT}=1mA \leftrightarrow 200mA$ ($t_r, t_f = 250mA/\mu s$)

$C_{IN}=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)

Time:200 μs /div $C_L=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)

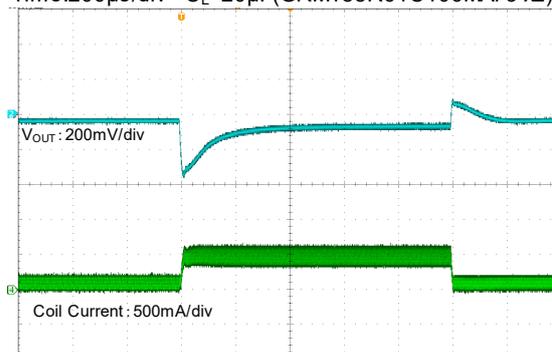


$V_{OUT(\tau)}=5.0V$

$V_{IN}=3.7V$, $I_{OUT}=50mA \leftrightarrow 300mA$ ($t_r, t_f = 250mA/\mu s$)

$C_{IN}=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)

Time:200 μs /div $C_L=20\mu F$ (GRM188R61C106MA73 x2)



■ パッケージインフォメーション

最新のパッケージ情報については www.torex.co.jp/technical-support/packages/ をご覧ください。

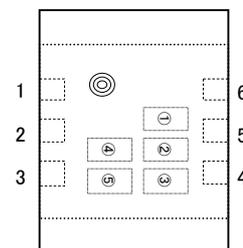
| PACKAGE | OUTLINE / LAND PATTERN | THERMAL CHARACTERISTICS |
|------------|--------------------------------|--|
| CL-2025-02 | CL-2025-02 PKG | CL-2025-02 Power Dissipation |

■マーキング

マーク① 製品番号を表す。

| シンボル | 品名表記例 |
|------|---------------|
| 2 | XCL108*****-G |

CL-2025-02



マーク② 製品タイプ・発振周波数を表す。

| シンボル | 製品タイプ | Oscillation Frequency | 品名表記例 |
|------|-------|-----------------------|----------------|
| 0 | B | 1.2MHz | XCL108B**1**-G |

マーク③ 出力電圧を表す。

| シンボル | 出力電圧(V) | シンボル | 出力電圧(V) | シンボル | 出力電圧(V) | シンボル | 出力電圧(V) |
|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 0 | 3.0 | 7 | 3.7 | E | 4.4 | P | 5.1 |
| 1 | 3.1 | 8 | 3.8 | F | 4.5 | R | 5.2 |
| 2 | 3.2 | 9 | 3.9 | H | 4.6 | S | 5.3 |
| 3 | 3.3 | A | 4.0 | K | 4.7 | T | 5.4 |
| 4 | 3.4 | B | 4.1 | L | 4.8 | U | 5.5 |
| 5 | 3.5 | C | 4.2 | M | 4.9 | | |
| 6 | 3.6 | D | 4.3 | N | 5.0 | | |

マーク④,⑤ 製造ロットを表す。01~09, 0A~0Z, 11~9Z, A1~A9, AA~AZ, B1~ZZ を繰り返す。
(但し、G, I, J, O, Q, Wは除く。反転文字は使用しない。)

1. 本データシートに記載された内容(製品仕様、特性、データ等)は、改善のために予告なしに変更することがあります。製品のご使用にあたっては、その最新情報を当社または当社代理店へお問い合わせ下さい。
2. 本データシートに記載された内容は、製品の代表的動作及び特性を説明するものでありそれらの使用に関連して発生した第三者の知的財産権の侵害などに関し当社は一切その責任を負いません。又その使用に際して当社及び第三者の知的財産権の実施許諾を行うものではありません。
3. 本データシートに記載された製品或いは内容の情報を海外へ持ち出される際には、「外国為替及び外国貿易法」その他適用がある輸出関連法令を遵守し、必要な手続きを行って下さい。
4. 本製品は、1)原子力制御機器、2)航空宇宙機器、3)医療機器、4)車両・その他輸送機器、5)各種安全装置及び燃焼制御装置等々のように、その機器が生命、身体、財産等へ重大な損害を及ぼす可能性があるような非常に高い信頼性を要求される用途に使用されることを意図しておりません。これらの用途への使用は当社の事前の書面による承諾なしに使用しないで下さい。
5. 当社は製品の品質及び信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生します。故障のために生じる人身事故、財産への損害を防ぐためにも設計上のフェールセーフ、冗長設計及び延焼対策にご留意をお願いします。
6. 本データシートに記載された製品には耐放射線設計はなされておりません。
7. 保証値を超えた使用、誤った使用、不適切な使用等に起因する損害については、当社では責任を負いかねますので、ご了承下さい。
8. 本データシートに記載された内容を当社の事前の書面による承諾なしに転載、複製することは、固くお断りします。

トレックス・セミコンダクター株式会社