



# 正と負の独立出力を備えた 2A/1.2A DC/DC スイッチング・レギュレータ

## データシート

## ADP5076

### 特長

- 入力電源の電圧範囲：2.85V~5.5V
- 適切に調整され、個別に抵抗をプログラム可能な  $V_{POS}$  および  $V_{NEG}$  出力を生成
- 昇圧レギュレータによって  $V_{POS}$  出力を生成
  - 正出力を 35V に調整可能
  - 内蔵 2.0A メイン・スイッチ
- 反転レギュレータによって  $V_{NEG}$  出力を生成
  - 負出力を -30V に調整可能
  - 内蔵 1.20A メイン・スイッチ
- 1.0MHz~2.6MHz の外付け周波数同期機能 (オプション) 付きの 1.2MHz または 2.4MHz スwitching 周波数
- 抵抗プログラム式のソフト・スタート・タイマー
- システム・ノイズ低減用のスルー・レート制御
- 精度を個別に有効化し起動シーケンスを柔軟に制御して、シンメトリックな開始 ( $V_{POS}$  優先または  $V_{NEG}$  優先) に対応
- 位相差動作
- UVLO、OCP、OVP、および TSD 保護
- 1.61mm × 2.18mm、20 ボール WLCSP
- ジャンクション温度範囲：-40°C~+125°C

### アプリケーション

- バイポーラ・アンプ、A/D コンバータ (ADC)、D/C コンバータ (DAC)、マルチプレクサ
- 電荷結合素子 (CCD) のバイアス電源
- 光モジュールの電源
- RF パワー・アンプのバイアス
- 飛行時間モジュールの電源

### 概要

ADP5076 は、調整された正側レールと負側レールを個別に生成するデュアル高性能 DC/DC レギュレータです。2.85V~5.5V の入力電圧範囲により、様々なアプリケーションをサポートできます。両方のレギュレータに内蔵されたメイン・スイッチにより、最大+35V の調整可能な正の出力電圧に加え、-30V までの負の出力電圧を生成できます。

ADP5076 は、ピン選択により 1.2MHz または 2.4MHz のスイッチング周波数で動作します。また、1.0MHz~2.6MHz の外部発振器に同期できるため、ノイズに敏感なアプリケーションにおけるノイズ・フィルタリングを容易にすることができます。両方のレギュレータには、MOSFET 駆動段にプログラマブルなスルー・レート制御回路が組み込まれており、電磁干渉 (EMI) を低減します。手動イネーブル、同時モード、正側 (供給) 電源の優先、負電源の優先により、柔軟な起動シーケンスが可能となっています。

ADP5076 には、起動時の突入電流を防ぐために、固定式または抵抗プログラム式のソフト・スタート・タイマーが組み込まれています。

ADP5076 の主要な安全機能には、過電流保護 (OCP)、過電圧保護 (OVP)、サーマル・シャットダウン (TSD)、および入力低電圧ロックアウト (UVLO) が含まれています。

ADP5076 は、20 ボールのウェーハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ (WLCSP) を採用しており、-40°C~+125°C のジャンクション温度範囲で仕様規定されています。

表 1. ファミリー・モデル

| Model   | Boost Switch (A) | Inverter Switch (A) | Package                                       |
|---------|------------------|---------------------|---|
| ADP5070 | 1.0              | 0.6                 | 20-lead LFCSP (4 mm × 4 mm) and 20-lead TSSOP |
| ADP5071 | 2.0              | 1.2                 | 20-lead LFCSP (4 mm × 4 mm) and 20-lead TSSOP |
| ADP5072 | 1.0              | 0.6                 | 20-ball WLCSP (1.61 mm × 2.18 mm)             |
| ADP5073 | N/A <sup>1</sup> | 1.2                 | 16-lead LFCSP (3 mm × 3 mm)                   |
| ADP5074 | N/A <sup>1</sup> | 2.4                 | 16-lead LFCSP (3 mm × 3 mm)                   |
| ADP5075 | N/A <sup>1</sup> | 0.8                 | 12-ball WLCSP (1.61 mm × 2.18 mm)             |
| ADP5076 | 2.0              | 1.2                 | 20-ball WLCSP (1.61 mm × 2.18 mm)             |

<sup>1</sup> N/A は該当なし。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

## 目次

|                        |    |                    |    |
|------------------------|----|--------------------|----|
| 特長 .....               | 1  | 高精度イネーブル .....     | 14 |
| アプリケーション .....         | 1  | ソフト・スタート .....     | 14 |
| 概要 .....               | 1  | スルー・レート制御 .....    | 14 |
| 改訂履歴 .....             | 2  | 電流制限保護 .....       | 15 |
| 機能ブロック図 .....          | 3  | 過電圧保護 .....        | 15 |
| 仕様 .....               | 4  | サーマル・シャットダウン ..... | 15 |
| 絶対最大定格 .....           | 6  | 起動シーケンス .....      | 15 |
| 熱抵抗 .....              | 6  | アプリケーション情報 .....   | 16 |
| ESD に関する注意 .....       | 6  | 部品の選択 .....        | 16 |
| ピン配置およびピン機能の説明 .....   | 7  | 出力コンデンサ .....      | 17 |
| 代表的な性能特性 .....         | 8  | ループ補償 .....        | 18 |
| 動作原理 .....             | 14 | 一般的アプリケーション .....  | 20 |
| パルス幅変調 (PWM) モード ..... | 14 | レイアウト時の考慮事項 .....  | 22 |
| パルス・スキップ変調モード .....    | 14 | 外形寸法 .....         | 23 |
| UVLO .....             | 14 | オーダー・ガイド .....     | 23 |
| 発振器と同期 .....           | 14 |                    |    |
| 内部レギュレータ .....         | 14 |                    |    |

## 改訂履歴

8/2019—Revision 0: Initial Version

機能ブロック図

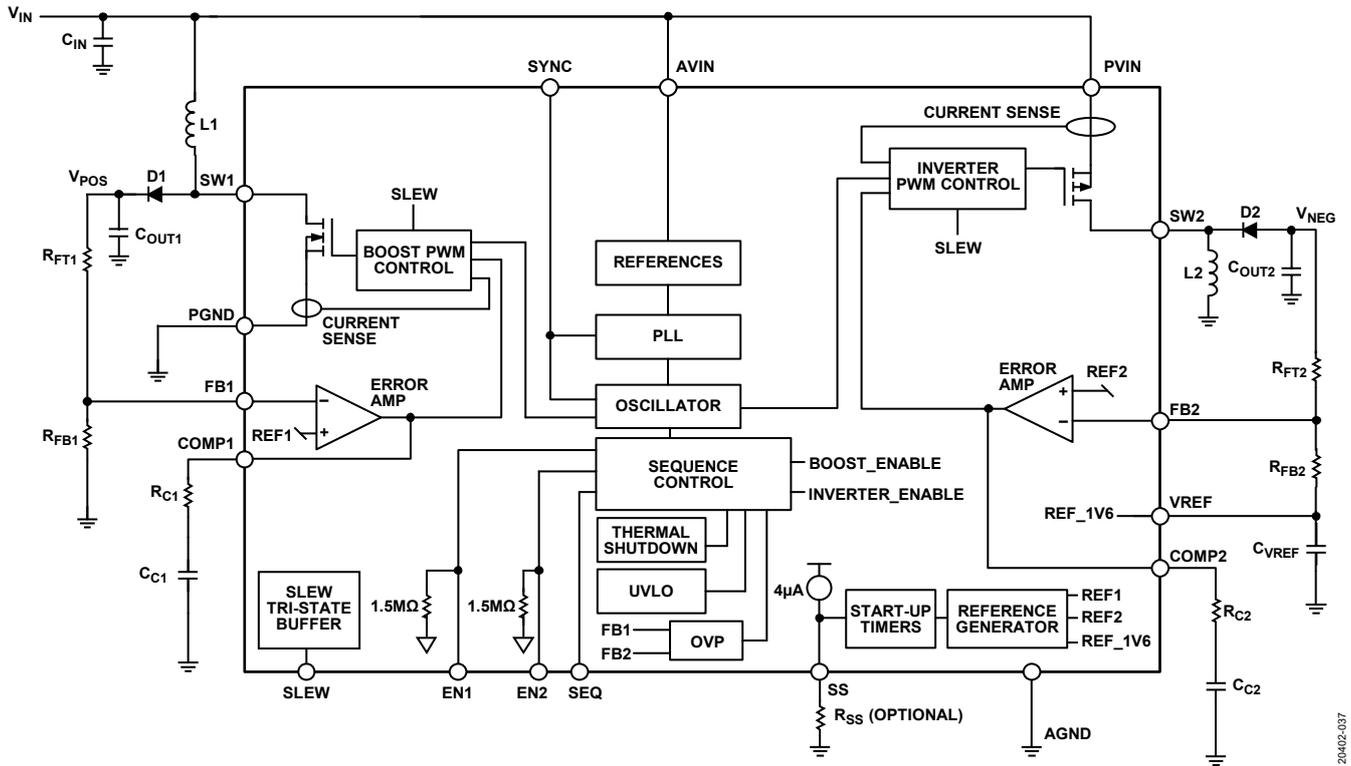


図 1.

204402-037

## 仕様

特に指定のない限り、PVIN = AVIN = +2.85V~+5.5V、正の出力電圧 (V<sub>POS</sub>) = +15V、負の出力電圧 (V<sub>NEG</sub>) = -15V、スイッチング周波数 (f<sub>sw</sub>) = 1200kHz、仕様の最小値/最大値についてはジャンクション温度 (T<sub>j</sub>) = -40°C~+125°C、仕様の代表値については周囲温度 (T<sub>A</sub>) = 25°C。

表 2.

| パラメータ   | 記号   | Min   | Typ    | Max   | 単位   | テスト条件/コメント                                  |
|---|--|-------|--------|-------|------|---|
| INPUT SUPPLY VOLTAGE                                | V <sub>IN</sub>  | 2.85  |        | 5.5   | V    | PVIN ピン、AVIN ピン                             |
| QUIESCENT CURRENT                                   |  |       |        |       |      |   |
| Operating Quiescent Current<br>Sum of PVIN and AVIN | I <sub>Q</sub>   |       | 3.5    | 4.0   | mA   | スイッチングなし、EN1 ピン = EN2 ピン = ハイ               |
| Standby Current                                     | I <sub>STNDBY</sub>  |       | 2.05   | 2.2   | mA   | スイッチングなし、EN1 ピン = EN2 ピン = ロー               |
| UVLO  |  |       |        |       |      |   |
| System UVLO Threshold                               |  |       |        |       |      | AVIN ピン                                     |
| Rising  | V <sub>UVLO_RISING</sub>                                   |       | 2.8    | 2.85  | V    |   |
| Falling   | V <sub>UVLO_FALLING</sub>                                  | 2.5   | 2.55   |       | V    |   |
| Hysteresis  | V <sub>HYS_1</sub>   |       | 0.25   |       | V    |   |
| OSCILLATOR CIRCUIT                                  |  |       |        |       |      |   |
| Switching Frequency                                 | f <sub>sw</sub>  | 1.130 | 1.200  | 1.270 | MHz  | SYNC ピン = ロー                                |
|   |  | 2.240 | 2.400  | 2.560 | MHz  | SYNC ピン = ハイ (AVIN ピンに接続)                   |
| SYNC Input  |  |       |        |       |      |   |
| Input Clock Range                                   | f <sub>SYNC</sub>  | 1.000 |        | 2.600 | MHz  |   |
| Input Clock Minimum On Pulse Width                  | t <sub>SYNC_MIN_ON</sub>                                   | 100   |        |       | ns   |   |
| Input Clock Minimum Off Pulse Width                 | t <sub>SYNC_MIN_OFF</sub>                                  | 100   |        |       | ns   |   |
| Input Clock High Logic                              | V <sub>H(SYNC)</sub>                                       |       |        | 1.3   | V    |   |
| Input Clock Low Logic                               | V <sub>L(SYNC)</sub>                                       | 0.4   |        |       | V    |   |
| PRECISION ENABLING (EN1, EN2)                       |  |       |        |       |      |   |
| High Level Threshold                                | V <sub>TH_H</sub>  | 1.125 | 1.15   | 1.175 | V    |   |
| Low Level Threshold                                 | V <sub>TH_L</sub>  | 1.025 | 1.05   | 1.075 | V    |   |
| Shutdown Mode                                       | V <sub>TH_S</sub>  | 0.4   |        |       | V    | I <sub>STNDBY</sub> を実現するために内部回路を無効化        |
| Pull-Down Resistance                                | R <sub>EN</sub>  |       | 1.48   |       | MΩ   |   |
| BOOST REGULATOR                                     |  |       |        |       |      |   |
| Adjustable Positive Output Voltage                  | V <sub>POS</sub>   |       |        | 35    | V    |   |
| Feedback Voltage                                    | V <sub>FBI</sub>   |       | 0.8    |       | V    |   |
| Feedback Voltage Accuracy                           |  | -0.5  |        | +0.5  | %    | T <sub>J</sub> = 25°C                       |
|   |  | -1.5  |        | +1.5  | %    | T <sub>J</sub> = -40°C~+125°C               |
| Feedback Bias Current                               | I <sub>FBI</sub>   |       |        | 0.1   | μA   |   |
| Overvoltage Protection Threshold                    | V <sub>OVI</sub>   |       | 0.86   |       | V    | FB1 ピンでの値                                   |
| Load Regulation                                     | (ΔV <sub>FBI</sub> /V <sub>FBI</sub> )/ΔI <sub>LOAD1</sub> |       | 0.0003 |       | %/mA | I <sub>LOAD1</sub> <sup>1</sup> = 5mA~150mA |
| Line Regulation                                     | (ΔV <sub>FBI</sub> /V <sub>FBI</sub> )/ΔV <sub>PVIN</sub>  |       | 0.002  |       | %/V  | I <sub>LOAD1</sub> = 50mA                   |
| Error Amplifier (EA) Transconductance               | G <sub>M1</sub>  | 260   | 300    | 340   | μA/V |   |
| Power Field Effect Transistor (FET) On Resistance   | R <sub>DS(ON) BOOST</sub>                                  |       | 175    |       | mΩ   |   |
| Power FET Maximum Drain Source Voltage              | V <sub>DS(MAX) BOOST</sub>                                 |       | 39     |       | V    |   |
| Current-Limit Threshold, Main Switch                | I <sub>LIM(BOOST)</sub>                                    | 2.0   | 2.2    | 2.4   | A    |   |
| Minimum On Time                                     |  |       | 50     |       | ns   |   |
| Minimum Off Time                                    |  |       | 25     |       | ns   |   |

| パラメータ                                  | 記号   | Min  | Typ               | Max  | 単位                     | テスト条件/コメント  |
|--|--|------|-------------------|------|------------------------|---|
| <b>INVERTING REGULATOR</b>             |  |      |                   |      |                        |   |
| Adjustable Negative Output Voltage     | $V_{NEG}$  | -30  |                   |      | V                      |   |
| Reference Voltage                      | $V_{REF}$  |      | 1.60              |      | V                      |   |
| Reference Voltage Accuracy             |  | -0.5 |                   | +0.5 | %                      | $T_J = 25^\circ\text{C}$                          |
|  |  | -1.5 |                   | +1.5 | %                      | $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ |
| Feedback Voltage                       | $V_{REF} - V_{FB2}$  |      | 0.8               |      | V                      | $V_{FB2}$ は FB2 のリファレンス電圧                         |
| Feedback Voltage Accuracy              |  | -0.5 |                   | +0.5 | %                      | $T_J = 25^\circ\text{C}$                          |
|  |  | -1.5 |                   | +1.5 | %                      | $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ |
| Feedback Bias Current                  | $I_{FB2}$  |      |                   | 0.1  | $\mu\text{A}$          |   |
| Overvoltage Protection Threshold       | $V_{OV2}$  |      | 0.74              |      | V                      | ソフト・スタート完了後の FB2 ピンでの値                            |
| Load Regulation                        | $(\Delta(V_{REF} - V_{FB2}) / (V_{REF} - V_{FB2})) / \Delta I_{LOAD2}$ |      | 0.0004            |      | %/mA                   | $I_{LOAD2} = 5\text{mA} \sim 75\text{mA}$         |
| Line Regulation                        | $(\Delta(V_{REF} - V_{FB2}) / (V_{REF} - V_{FB2})) / \Delta V_{PVIN}$  |      | 0.003             |      | %/V                    | $I_{LOAD2} = 25\text{mA}$                         |
| EA Transconductance                    | $G_{M2}$   | 260  | 300               | 340  | $\mu\text{A}/\text{V}$ |   |
| Power FET On Resistance                | $R_{DS(ON) INVERTER}$  |      | 350               |      | $\text{m}\Omega$       |   |
| Power FET Maximum Drain Source Voltage | $V_{DS(MAX) INVERTER}$   |      | 39                |      | V                      |   |
| Current-Limit Threshold, Main Switch   | $I_{LIM (INVERTER)}$   | 1.20 | 1.32              | 1.44 | A                      |   |
| Minimum On Time                        |  |      | 60                |      | ns                     |   |
| Minimum Off Time                       |  |      | 50                |      | ns                     |   |
| <b>SOFT START</b>                      |  |      |                   |      |                        |   |
| Soft Start Timer for DC-DC Regulators  | $t_{SS}$   |      | 4                 |      | ms                     | SS ピン = オープン                                      |
|  |  |      | 32                |      | ms                     | SS 抵抗 = GND に対して 50k $\Omega$                     |
| Hiccup Time                            | $t_{HICCUP}$   |      | $8 \times t_{SS}$ |      | ms                     |   |
| <b>THERMAL SHUTDOWN</b>                |  |      |                   |      |                        |   |
| Threshold                              | $T_{SHDN}$   |      | 150               |      | $^\circ\text{C}$       |   |
| Hysteresis                             | $T_{HYS}$  |      | 15                |      | $^\circ\text{C}$       |   |

<sup>1</sup>  $I_{LOADx}$  は、出力コンデンサの両端に接続された抵抗性負荷を流れる電流（ここで、x は昇圧レギュレータ負荷の場合は 1、反転レギュレータ負荷の場合は 2）。

## 絶対最大定格

表 3.

| Parameter                            | Rating                      |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| PVIN, AVIN                           | -0.3 V to +6 V              |
| SW1                                  | -0.3 V to +40 V             |
| SW2                                  | PVIN - 40 V to PVIN + 0.3 V |
| PGND, AGND                           | -0.3 V to +0.3 V            |
| EN1, EN2, FB1, FB2, SYNC             | -0.3 V to +6 V              |
| COMP1, COMP2, SLEW, SS, SEQ, VREF    | -0.3 V to AVIN + 0.3 V      |
| Operating Junction Temperature Range | -40°C to +125°C             |
| Storage Temperature Range            | -65°C to +150°C             |
| Soldering Conditions                 | JEDEC J-STD-020             |

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

## 熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板 (PCB) の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には、細心の注意を払う必要があります。

$\theta_{JA}$  は、1 立方フィートの密閉容器内で測定された、自然体流での周囲とジャンクションの間の熱抵抗です。 $\theta_{JC}$  は、ジャンクションとケースの間の熱抵抗です。 $\Psi_{JT}$  は、ジャンクションからパッケージ上面への熱特性評価パラメータです。

$\theta_{JA}$  と  $\Psi_{JT}$  は 4 層プリント回路基板 (PCB) (2 つの信号プレーンと 2 つの電源プレーン) に基づいています。 $\theta_{JC}$  は、パッケージの上部で測定した値で、PCB に依存しません。アプリケーションのジャンクションからケースにかけての温度の計算には  $\Psi_{JT}$  の方が適しています。

表 4. 熱抵抗

| Package Type | $\theta_{JA}$ | $\theta_{JC}$ | $\Psi_{JT}$ | Unit |
|--------------|---------------|---------------|-------------|------|
| CB-20-14     | 50            | 0.54          | 0.13        | C/W  |

## ESD に関する注意



ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。

電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能の説明

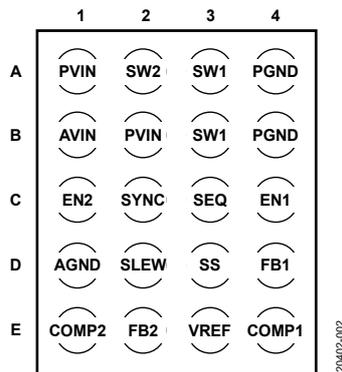


図 2. ピン配置（上面図）

表 5. ピン機能の説明

| ピン番号   | 記号    | 説明   |
|--------|-------|--|
| A1, B2 | PVIN  | 反転レギュレータ用の電源入力。  |
| A2     | SW2   | 反転レギュレータ用のスイッチング・ノード。  |
| A3, B3 | SW1   | 昇圧レギュレータ用のスイッチング・ノード。  |
| A4, B4 | PGND  | 昇圧レギュレータ用の電源グラウンド。   |
| B1     | AVIN  | ADP5076 のシステム電源。   |
| C1     | EN2   | 反転レギュレータの高精度イネーブル。EN2 ピンは、反転レギュレータ出力をイネーブルするために内部高精度リファレンスと比較されます。   |
| C2     | SYNC  | 周波数設定および同期入力。スイッチング周波数を 2.4MHz にするには、SYNC ピンをハイにします。スイッチング周波数を 1.2MHz にするには、SYNC ピンをローにします。スイッチング周波数を同期するには、SYNC ピンを外部クロックに接続します。  |
| C3     | SEQ   | 起動シーケンス・コントロール。個別の高精度イネーブル・ピンを使用して $V_{POS}/V_{NEG}$ を手動で起動するには、SEQ ピンをオープンのままにしておきます。EN2 ピンの電圧が上昇したときに $V_{POS}/V_{NEG}$ を同時に起動するには、SEQ ピンを AVIN ピンに接続します（必要な場合は、EN1 ピンを使用して内部リファレンスを先にイネーブルしてかまいません）。シーケンス制御によって起動する場合は、SEQ ピンをローにします。EN1 と EN2 のいずれを使用してもかまいません。対応する電源の方が先に起動します。もう一方のイネーブル・ピンはローのままにします。 |
| C4     | EN1   | 昇圧レギュレータの高精度イネーブル。EN1 ピンは、昇圧レギュレータ出力をイネーブルするために内部高精度リファレンスと比較されます。   |
| D1     | AGND  | アナログ・グラウンド。  |
| D2     | SLEW  | ドライバ段スルー・レート制御。SLEW ピンは、SW1 と SW2 のドライバのスルー・レートを設定します。最大スルー・レート（最大効率）を得るには、SLEW ピンをオープン状態のままにします。通常のスルー・レートにする場合は、SLEW ピンを AVIN ピンに接続します。最小スルー・レート（最良ノイズ性能）とするには、SLEW ピンを AGND ピンに接続します。   |
| D3     | SS    | ソフト・スタート・プログラミング。ソフト・スタート時間を最小にするには、SS ピンをオープン状態のままにします。ソフト・スタート時間を長くするには、SS ピンと AGND ピンの間に抵抗を接続します。   |
| D4     | FB1   | 昇圧レギュレータ用の帰還入力。出力電圧を設定するには、昇圧レギュレータの出力コンデンサの正側と AGND ピンの間に抵抗分圧器を接続します。   |
| E1     | COMP2 | 反転レギュレータ用の誤差アンプ補償。このピンと AGND ピンの間に補償回路を接続します。  |
| E2     | FB2   | 反転レギュレータの帰還入力。出力電圧を設定するには、反転レギュレータの出力コンデンサの負側と VREF ピンの間に抵抗分圧器を接続します。  |
| E3     | VREF  | 反転レギュレータのリファレンス出力。VREF ピンと AGND ピンの間に 1.0μF のセラミック・フィルタ・コンデンサを接続します。   |
| E4     | COMP1 | 昇圧レギュレータ用の誤差アンプ補償。このピンと AGND ピンの間に補償回路を接続します。  |

## 代表的な性能特性

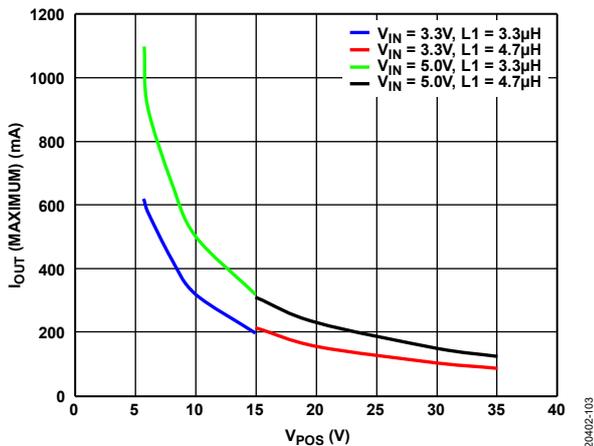


図 3. 昇圧レギュレータの最大出力電流。  $f_{SW} = 1.2\text{MHz}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、70%  $I_{LIM}(\text{BOOST})$  のターゲットに基づく

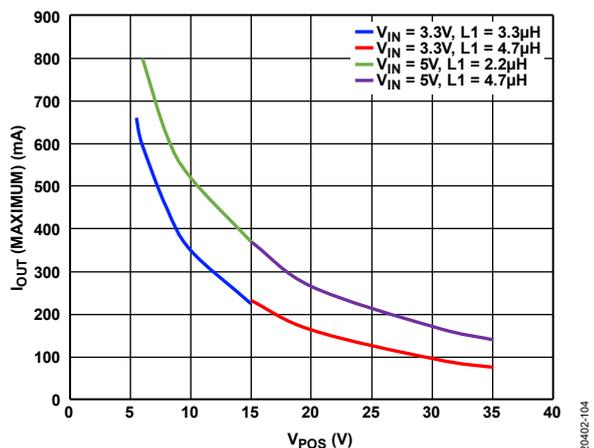


図 4. 昇圧レギュレータの最大出力電流。  $f_{SW} = 2.4\text{MHz}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、70%  $I_{LIM}(\text{BOOST})$  のターゲットに基づく

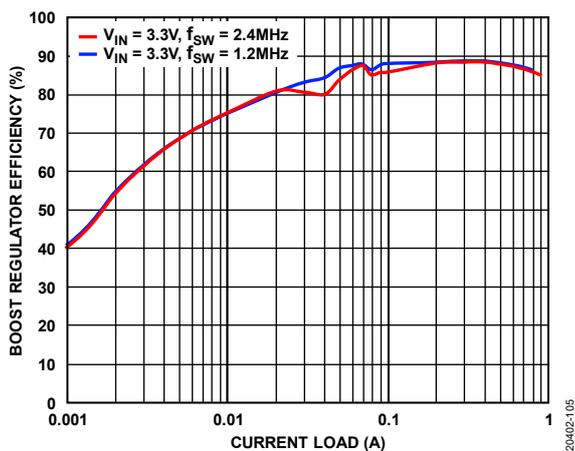


図 5. 昇圧レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{POS} = 5\text{V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

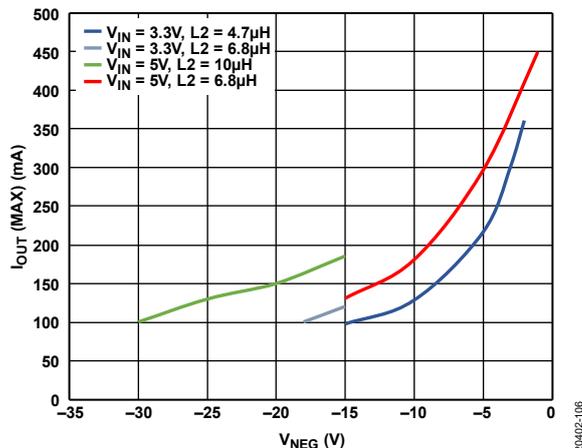


図 6. 反転レギュレータの最大出力電流。  $f_{SW} = 1.2\text{MHz}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、70%  $I_{LIM}(\text{INVERTER})$  のターゲットに基づく

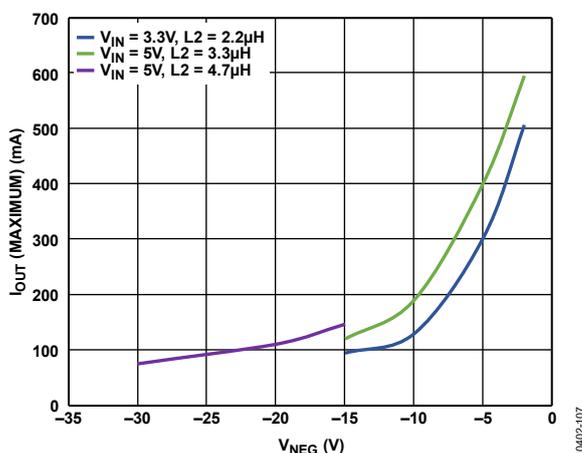


図 7. 反転レギュレータの最大出力電流。  $f_{SW} = 2.4\text{MHz}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、70%  $I_{LIM}(\text{INVERTER})$  のターゲットに基づく

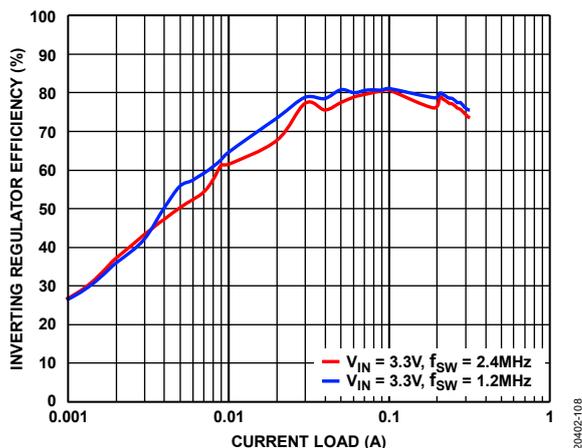


図 8. 反転レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{IN} = +3.3\text{V}$ 、 $V_{NEG} = -5\text{V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

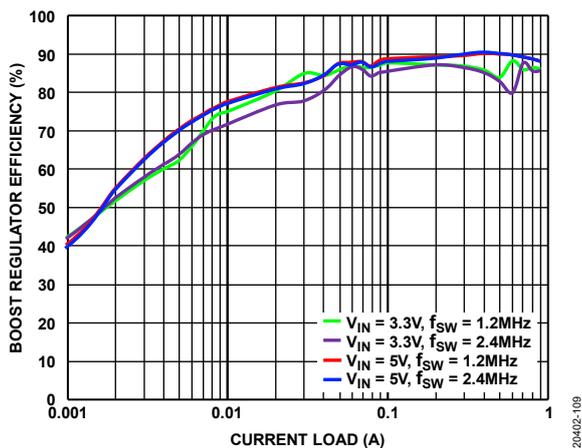


図 9. 昇圧レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{POS} = 9V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

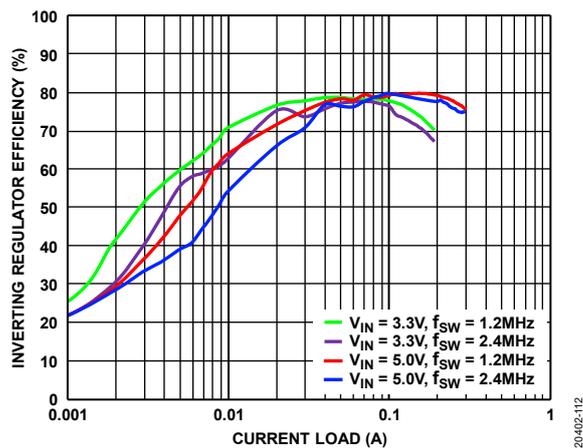


図 12. 反転レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{NEG} = -9V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

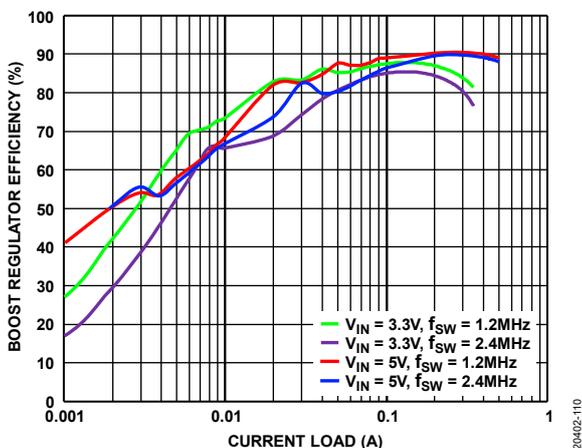


図 10. 昇圧レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{POS} = 15V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

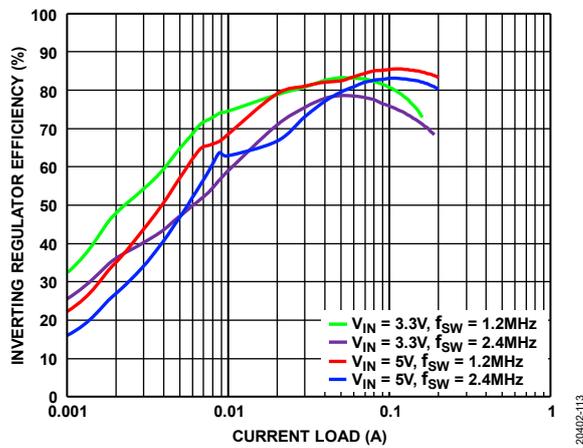


図 13. 反転レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

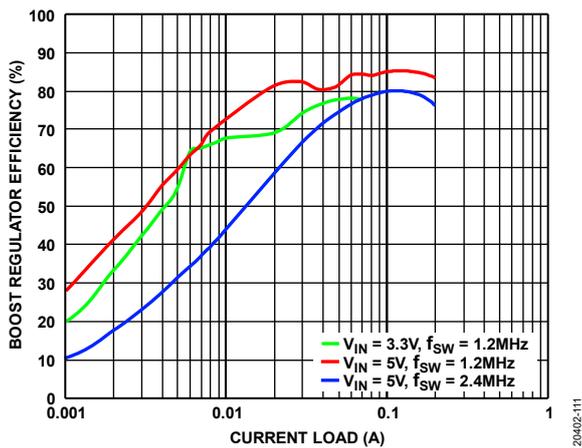


図 11. 昇圧レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{POS} = 35V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

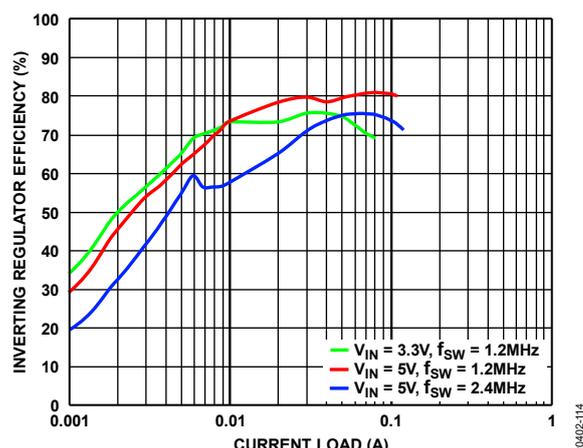


図 14. 反転レギュレータの効率と電流負荷の関係、 $V_{NEG} = -30V$ 、 $T_A = 25^\circ C$

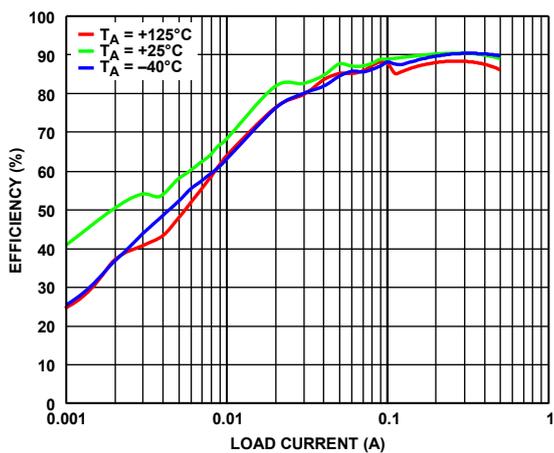


図 15. 全温度範囲での昇圧レギュレータの効率、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{POS} = 15V$ 、 $f_{SW} = 1.2MHz$

20402-115

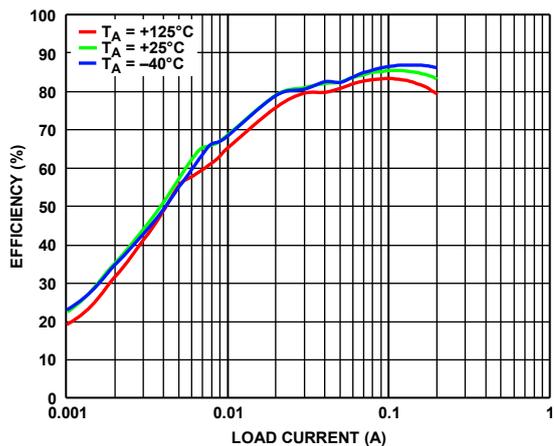


図 18. 全温度範囲での反転レギュレータの効率、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $f_{SW} = 1.2MHz$

20402-118

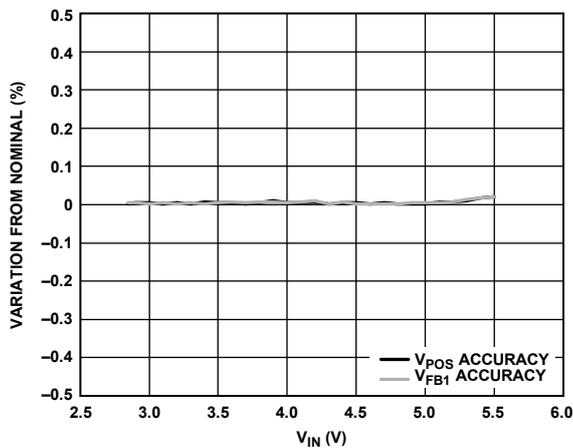


図 16. 昇圧レギュレータのライン・レギュレーション、 $V_{POS} = 15V$ 、 $f_{SW} = 1.2MHz$ 、15mA 負荷、 $T_A = 25^\circ C$

20402-015

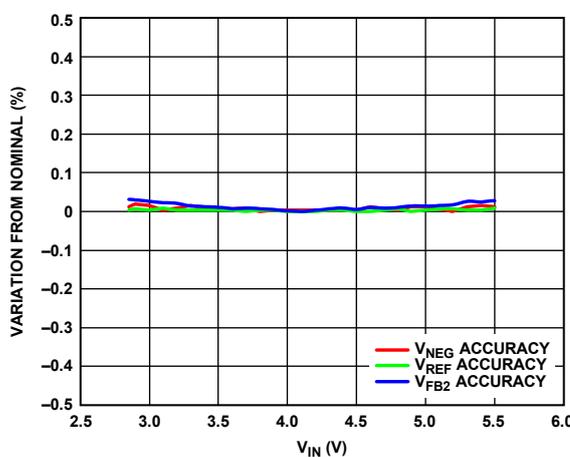


図 19. 反転レギュレータのライン・レギュレーション、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $f_{SW} = 1.2MHz$ 、15mA 負荷、 $T_A = 25^\circ C$

20402-018

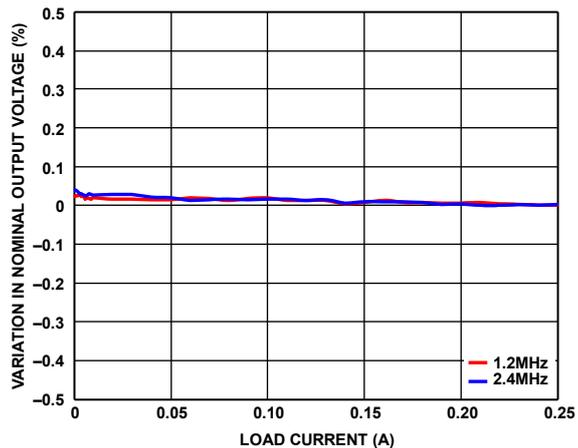


図 17. 昇圧レギュレータの負荷レギュレーション、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{POS} = 15V$

20402-117

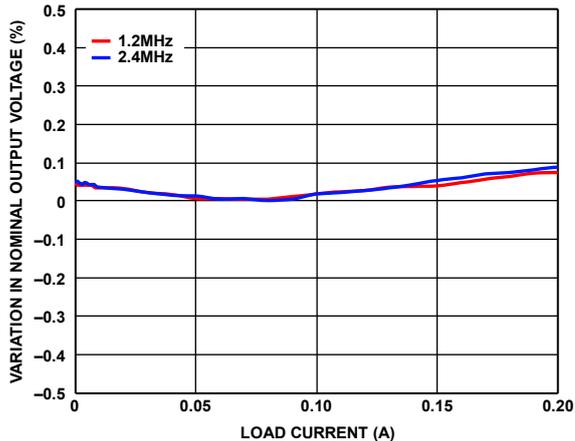


図 20. 反転レギュレータの負荷レギュレーション、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{NEG} = -15V$

20402-120

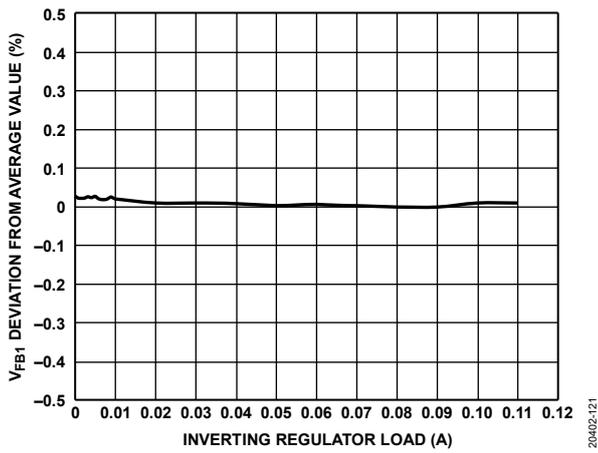


図 21. クロス・レギュレーション、昇圧レギュレータの  $V_{FB1}$  レギュレーションと反転レギュレータの電流負荷の関係、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{POS} = +15V$ 、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、昇圧レギュレータはテストのため連続導通モードと固定負荷で動作

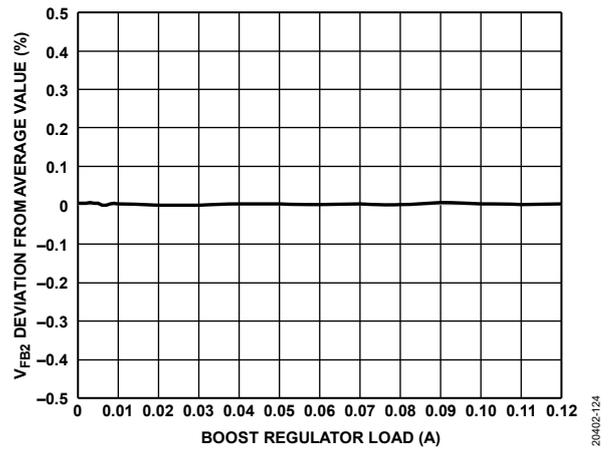


図 24. クロス・レギュレーション、反転レギュレータの  $V_{FB2}$  レギュレーションと昇圧レギュレータの電流負荷の関係、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{POS} = +15V$ 、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、反転レギュレータはテストのため連続導通モードと固定負荷で動作

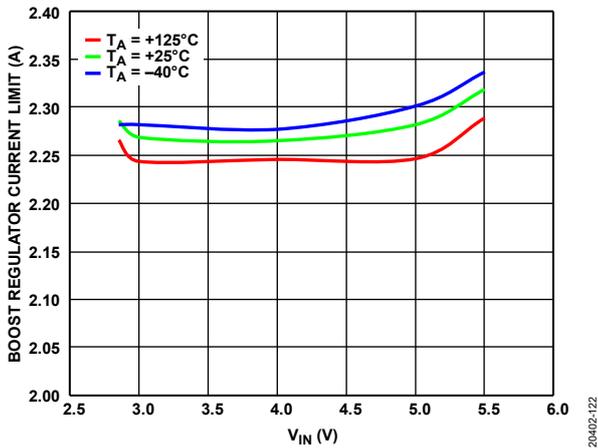


図 22. 全温度範囲での昇圧レギュレータの電流制限 ( $I_{LIMIT1}$ ) と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係

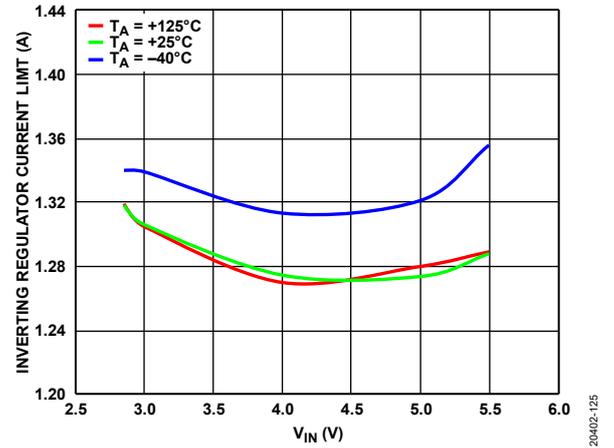


図 25. 全温度範囲での反転レギュレータの電流制限 ( $I_{LIMIT2}$ ) と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係

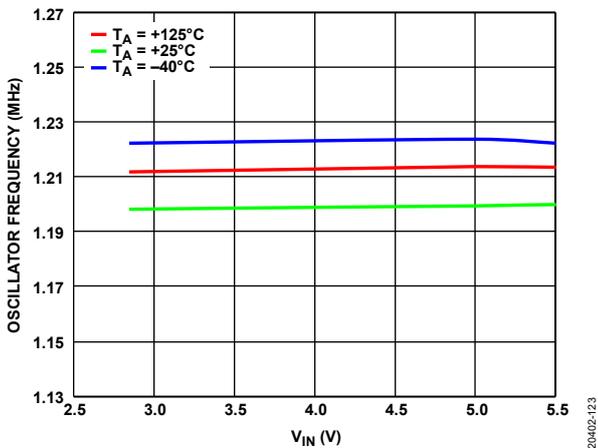


図 23. 全温度範囲での発振器周波数と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係。SYNC ピン = ハイ

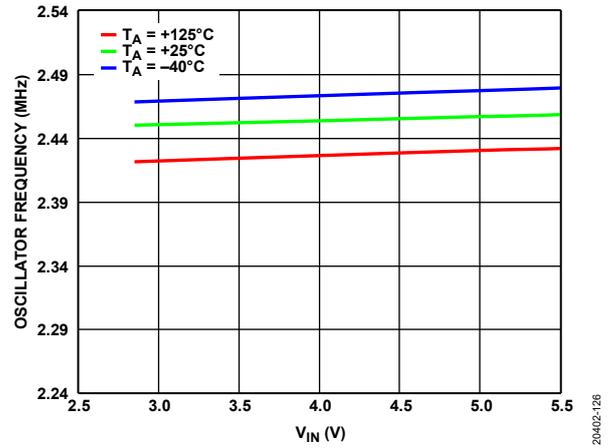


図 26. 全温度範囲での発振器周波数と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係。SYNC ピン = ロー

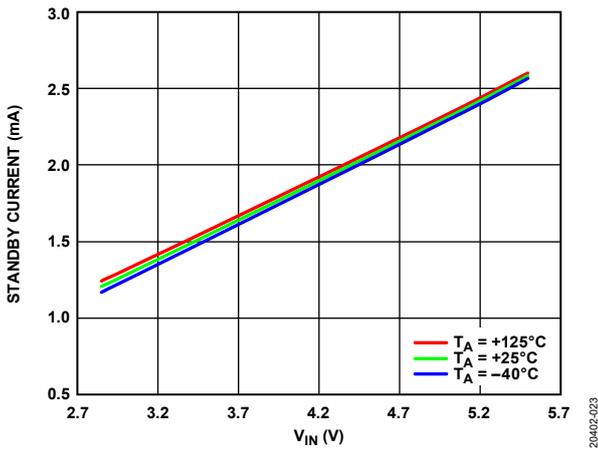


図 27. 全温度範囲でのスタンバイ電流と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係、ENx ピンはシャットダウン閾値未満

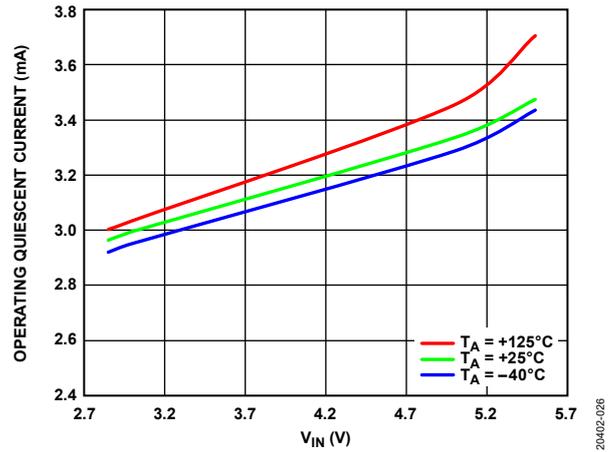


図 30. 全温度範囲での動作自己消費電流と入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の関係、ENx ピンは両方ともオン

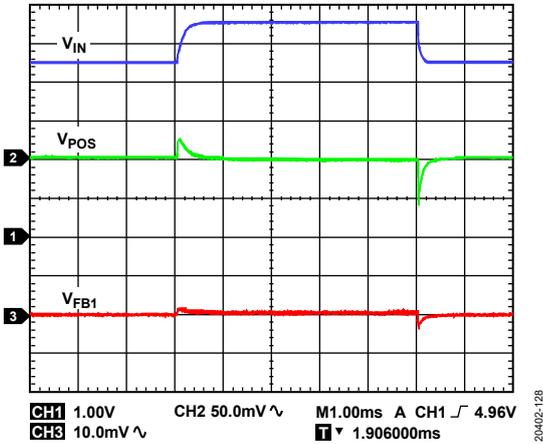


図 28. 昇圧レギュレータのライン・トランジエント、 $V_{IN} = 4.5V$  から  $5.5V$  へのステップ、 $V_{POS} = 15V$ 、昇圧レギュレータの抵抗負荷 ( $R_{LOAD1}$ ) =  $300\Omega$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

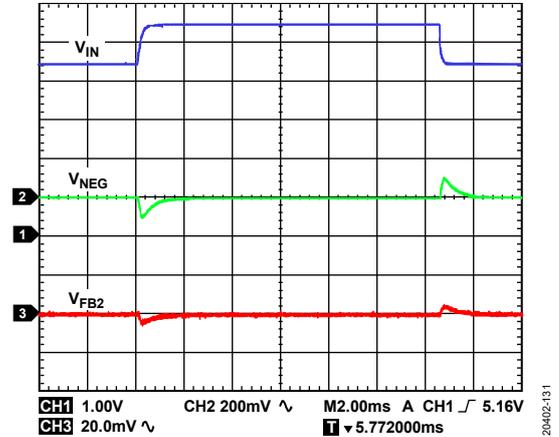


図 31. 反転レギュレータのライン・トランジエント、 $V_{IN} = +4.5V$  から  $+5.5V$  へのステップ、 $V_{NEG} = -15V$ 、反転レギュレータの抵抗負荷 ( $R_{LOAD2}$ ) =  $300\Omega$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

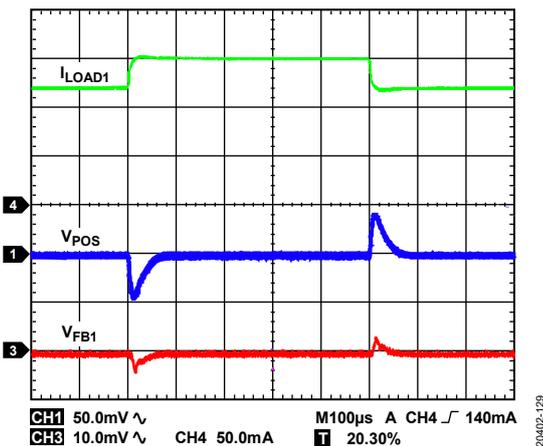


図 29. 昇圧レギュレータの負荷過渡応答、 $V_{IN} = 5V$  ステップ、 $V_{POS} = 15V$ 、 $I_{LOAD1} = 120mA$  から  $150mA$  へのステップ、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

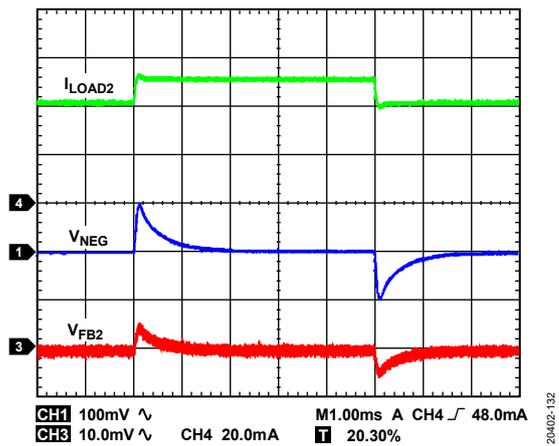


図 32. 反転レギュレータの負荷過渡応答、 $V_{IN} = +5V$  ステップ、 $V_{NEG} = -15V$ 、 $I_{LOAD2} = 35mA$  から  $45mA$  へのステップ、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

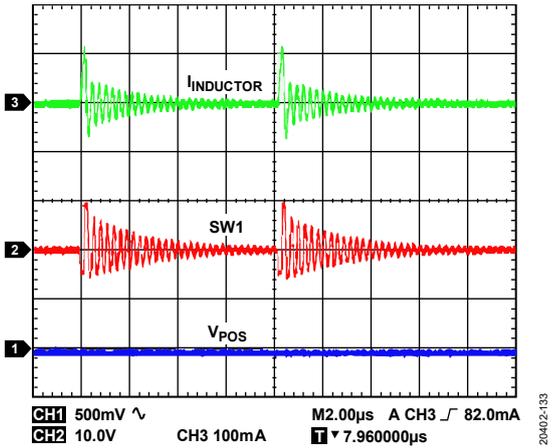


図 33. 昇圧レギュレータのスキップ・モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{POS} = 15V$ 、 $I_{LOAD1} = 4mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

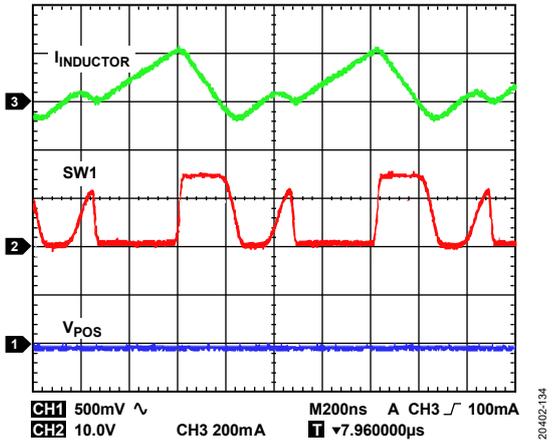


図 34. 昇圧レギュレータの不連続導通モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{POS} = 15V$ 、 $I_{LOAD1} = 6mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

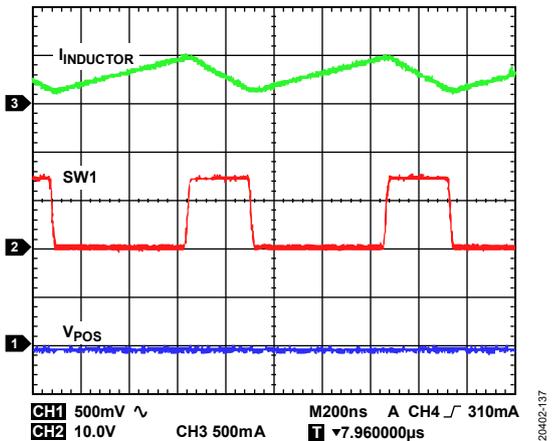


図 35. 昇圧レギュレータの連続導通モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{POS} = 15V$ 、 $I_{LOAD1} = 90mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

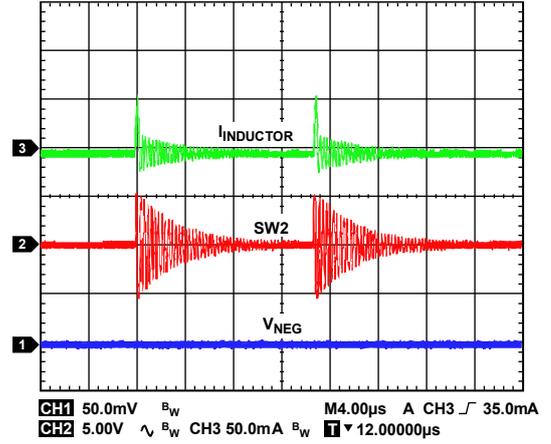


図 36. 反転レギュレータのスキップ・モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{NEG} = -5V$ 、 $I_{LOAD2} = 0mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

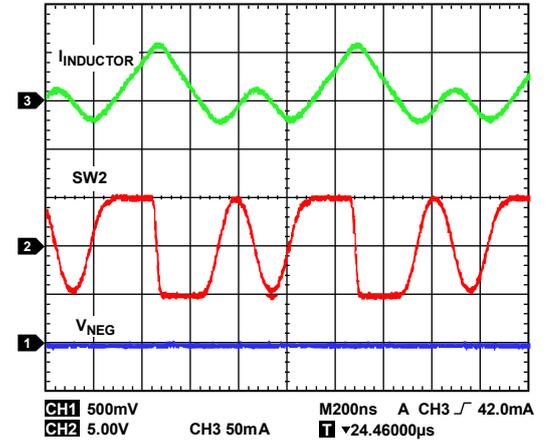


図 37. 反転レギュレータの不連続導通モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{NEG} = -5V$ 、 $I_{LOAD2} = 6mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

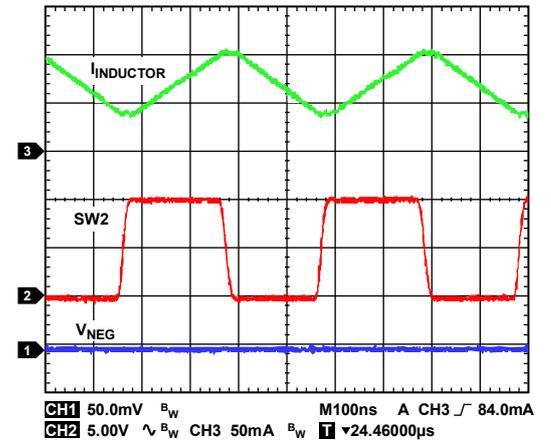


図 38. 反転レギュレータの連続導通モード動作  
(インダクタ電流 ( $I_{INDUCTOR}$ )、スイッチ・ノード電圧、出力リップルを表示)、 $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{NEG} = -5V$ 、 $I_{LOAD2} = 35mA$ 、 $f_{SW} = 2.4MHz$ 、 $T_A = 25^\circ C$

## 動作原理

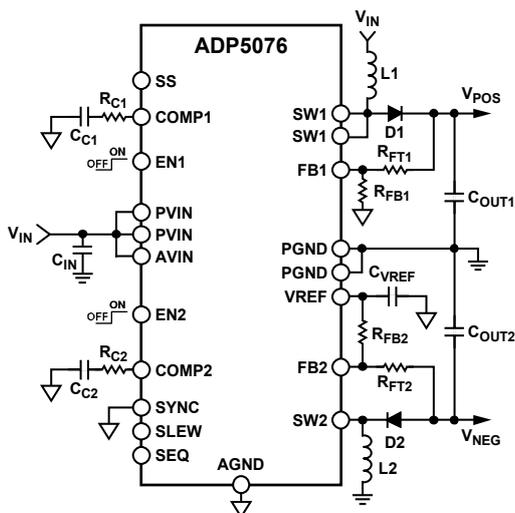


図 39. 代表的なアプリケーション回路

### パルス幅変調 (PWM) モード

PWMモードの場合、ADP5076の昇圧レギュレータと反転レギュレータは、内部発振器で設定された固定周波数で動作します。発振器の各サイクル開始時には MOSFET スイッチがオンになって、インダクタに正の電圧がかかります。インダクタ電流は、電流検出信号がピーク・インダクタ電流の閾値を超えるまで増加し、閾値を超えると MOSFET がオフになります。この閾値は、誤差アンプの出力によって設定されます。MOSFET がオフになっている間、インダクタ電流は、次の発振器クロック・パルスが新しいサイクルを開始するまで、外付けのダイオードを通じて減少します。ADP5076 は、ピーク・インダクタ電流閾値を調整することによって出力電圧を安定化します。

### パルス・スキップ変調モード

パルス・スキップ変調動作での軽負荷時に、レギュレータはパルスをスキップして出力電圧レギュレーションを維持できます。パルスをスキップすると、デバイスの効率が向上します。

### UVLO

低電圧ロックアウト回路は、AVIN ピンの電圧レベルを監視します。入力電圧が  $V_{UVLO\_FALLING}$  の閾値より低くなると、レギュレータは両方ともオフになります。AVIN ピン電圧が  $V_{UVLO\_RISING}$  の閾値を超えると、ソフト・スタート期間が始まり、レギュレータはイネーブルされます。

### 発振器と同期

ADP5076は、昇圧レギュレータの SW1 ピンと反転レギュレータの SW2 ピンの駆動を、位相を  $180^\circ$  ずらして開始し、消費電流とノイズのピーク値を低減します。

フェーズ・ロック・ループ (PLL) ベースの発振器は内部クロックを生成し、2 つの内部生成周波数オプションと、外部クロック同期のいずれかを選ぶことができます。スイッチング周波数は、表 6 に示す SYNC ピン・オプションを使用して設定します。

外部同期の場合は、SYNC ピンを適切なクロック源に接続します。PLL は、 $f_{SYNC}$  によって指定される範囲内の入力クロックにロックします。

表 6. SYNC ピン・オプション

| SYNC Pin       | Switching Frequency               |
|----------------|-----------------------------------|
| High           | 2.4 MHz                           |
| Low            | 1.2 MHz                           |
| External Clock | $1 \times \text{clock frequency}$ |

### 内部レギュレータ

VREF レギュレータは、反転レギュレータの帰還回路にリファレンス電圧を提供して、FB2 ピンへの正帰還電圧を確保します。VREF レギュレータには、偶発的な負荷から回路を保護するために、電流制限回路が組み込まれています。

### 高精度イネーブル

ADP5076 には、昇圧レギュレータと反転レギュレータに対して、個別のイネーブル・ピンである EN1 と EN2 があります。これらのイネーブル・ピンは、正確なリファレンス電圧を使用する高精度のイネーブル回路を備えています。このリファレンスにより、ADP5076 では、他の電源から容易にシーケンシングを行うことができます。また、抵抗分圧器を使用することにより、プログラマブル UVLO 入力として使用することも可能です。

イネーブル・ピンには内部プルダウン抵抗があります。この抵抗により、ピンをフロート状態にするとデフォルトでそれぞれのレギュレータがオフになります。

イネーブル・ピンの電圧が  $V_{TH\_H}$  リファレンス・レベルを超えると、レギュレータがイネーブルされます。

### ソフト・スタート

ADP5076 の各レギュレータは、スタートアップ時に出力電圧を制御しながらランプ上昇させて、突入電流を制限するソフト・スタート回路を搭載しています。SS ピンをオープン状態にすると、ソフト・スタート時間が内部で最短に設定されます。

SS ピンと AGND ピンの間に抵抗を接続すると、ソフト・スタート遅延を調整することができます。遅延の長さは両方のレギュレータに共通です。

### スルー・レート制御

ADP5076 は、プログラマブル出力ドライバ・スルー・レート制御回路を使用しています。この回路は、図 40 に示すようにスイッチング・ノードのスルー・レートを減少させて、リングングと EMI を減らします。スルー・レートのプログラムには SLEW ピンを使います。このピンを AVIN ピンに接続すると通常動作モード、AGND ピンに接続すると低速モード、オープン状態のままにすると高速モードになります。この設定を使用すれば、ノイズに敏感なデバイスからオープンドレイン出力を使用して、ADC サンプリング中にスルー・レートを高速から低速に切り替えることができます。

スルー・レート制御においては、効率と低 EMI のトレードオフが発生します。

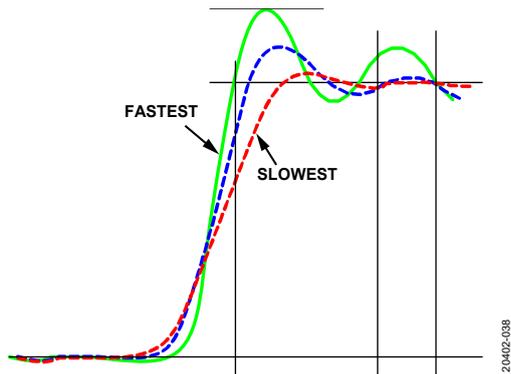


図 40. 異なるスルー・レート設定のスイッチング・ノード

電流制限保護

ADP5076 の昇圧レギュレータと反転レギュレータは、MOSFET スイッチを流れる順方向電流の量を制限する電流制限の保護回路を備えています。

過負荷または短絡状態のときに、一定のクロック・サイクル数にわたってピーク・インダクタ電流が電流制限の閾値を上回ると、レギュレータがヒックアップ・モードに移行します。レギュレータはスイッチングを停止して  $t_{HICCUP}$  経過後に新しいソフト・スタート・サイクルで再開し、過電流状態が解消されるまでこれを繰り返します。

過電圧保護

昇圧レギュレータと反転レギュレータの FB1 ピンおよび FB2 ピンは、過電圧保護の仕組みを備えています。

昇圧レギュレータでは、FB1 ピンの電圧が  $V_{OV1}$  の閾値を超えると、電圧が閾値より再び低くなるまで SW1 のスイッチングは停止します。このレギュレータでは、この機能が永続的に有効です。

反転レギュレータでは、FB2 ピンの電圧が  $V_{OV2}$  の閾値より低くなると、電圧が閾値より高くなるまでスイッチングは停止します。この機能は、ソフト・スタート時間が経過すると有効になります。

サーマル・シャットダウン

ADP5076 のジャンクション温度が  $T_{SHDN}$  を超えると、サーマル・シャットダウン回路が IC (集積回路) をオフにします。ジャンクション温度が非常に高くなってしまう原因としては、長時間にわたる大電流での動作、不適切な回路基板設計、高い周囲温度などが考えられます。サーマル・シャットダウン機能にはヒステリシスがあるので、シャットダウン後は、チップ温度が  $T_{SHDN} - T_{HYS}$  未満に低下するまで ADP5076 の動作は回復しません。サーマル・シャットダウンから回復するときは、イネーブルされたチャンネルごとにソフト・スタートが実行されます。

起動シーケンス

ADP5076 は、様々なシステム条件を満たす柔軟な起動シーケンスを実装しています。表 7 で説明しているように、3つの異なるイネーブル・モードを SEQ ピンを介して実装できます。

表 7. SEQ ピンの設定

| SEQ ピン | 説明          |
|--------|-------------|
| Open   | 手動イネーブル・モード |
| AVIN   | 同時イネーブル・モード |
| Low    | 順次イネーブル・モード |

手動イネーブル・モードを設定するには、SEQ ピンをオープンのままにします。昇圧レギュレータと反転レギュレータは、それぞれの高精度イネーブル・ピンから別々に制御されます。

同時イネーブル・モードを設定するには、SEQ ピンを AVIN ピンに接続します。EN2 ピンがハイになると、両方のレギュレータが同時に起動します。必要に応じて、EN1 ピンのイネーブル機能を使用して、内部リファレンスを先にイネーブルしてから出力をイネーブルしてもかまいません。同時イネーブル・モードのタイミングを図 41 に示します。

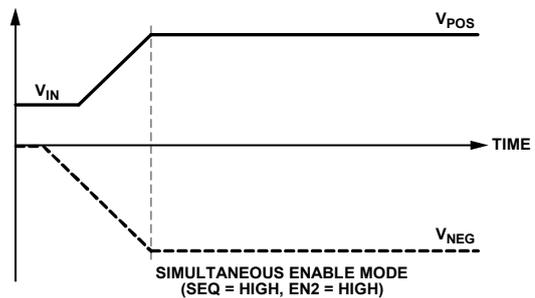


図 41. 同時イネーブル・モード

順次イネーブル・モードを設定するには、SEQ ピンをローにします。このモードでは、EN1 ピンまたは EN2 ピンを使用して、 $V_{POS}$  または  $V_{NEG}$  を先にイネーブルできます。他方のピンはローのままにします。1 次電源がソフト・スタートを完了して、その帰還電圧が目標値の約 85% に達すると、2 次電源がイネーブルされます。順次イネーブル・モードのタイミングを図 42 に示します。

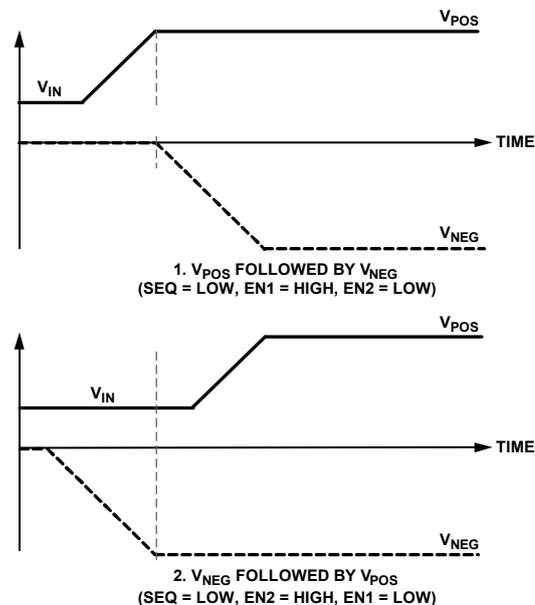


図 42. 順次イネーブル・モード

## アプリケーション情報

### 部品の選択

#### 帰還抵抗

ADP5076 は、昇圧レギュレータと反転レギュレータの両方で調整可能な出力電圧を供給します。出力電圧は外付け抵抗分圧器によって設定しますが、この分圧器出力は、該当する帰還リファレンス電圧 ( $V_{FB1}$  または  $V_{FB2}$ ) と等しくする必要があります。帰還バイアス電流による出力電圧の精度低下を制限するために、分圧器を流れる電流は  $I_{FB1}$  または  $I_{FB2}$  の 10 倍以上にしてください。

昇圧レギュレータの正出力は次式により設定します。

$$V_{POS} = V_{FB1} \times \left( 1 + \frac{R_{FT1}}{R_{FB1}} \right)$$

ここで、  
 $V_{POS}$  は正の出力電圧、

$V_{FB1}$  は FB1 リファレンス電圧、  
 $R_{FT1}$  は  $V_{POS}$  と FB1 間の帰還抵抗、  
 $R_{FB1}$  は FB1 と AGND 間の帰還抵抗です。

反転レギュレータの負出力は次式により設定します。

$$V_{NEG} = V_{FB2} - \frac{R_{FT2}}{R_{FB2}} (V_{REF} - V_{FB2})$$

ここで、  
 $V_{NEG}$  は負の出力電圧。  
 $V_{FB2}$  は FB2 リファレンス電圧、  
 $R_{FT2}$  は  $V_{NEG}$  と FB2 間の帰還抵抗、  
 $R_{FB2}$  は FB2 と VREF 間の帰還抵抗、  
 $V_{REF}$  は VREF ピンのリファレンス電圧です。

表 8. 昇圧レギュレータの推奨帰還抵抗値

| Desired Output Voltage (V) | Boost Regulator         |                         |                               |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|                            | $R_{FT1}$ (M $\Omega$ ) | $R_{FB1}$ (k $\Omega$ ) | Calculated Output Voltage (V) |
| +4.2                       | 0.432                   | 102                     | 4.188                         |
| +5                         | 0.604                   | 115                     | 5.002                         |
| +9                         | 1.24                    | 121                     | 8.998                         |
| +12                        | 1.4                     | 100                     | 12.000                        |
| +13                        | 2.1                     | 137                     | 13.063                        |
| +15                        | 2.43                    | 137                     | 14.990                        |
| +18                        | 2.15                    | 100                     | 18.000                        |
| +20                        | 2.55                    | 107                     | 19.865                        |
| +24                        | 3.09                    | 107                     | 23.903                        |
| +30                        | 3.65                    | 100                     | 30.000                        |

表 9. 反転レギュレータの推奨帰還抵抗値

| Desired Output Voltage (V) | Inverting Regulator     |                         |                               |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|                            | $R_{FT2}$ (M $\Omega$ ) | $R_{FB2}$ (k $\Omega$ ) | Calculated Output Voltage (V) |
| -1.8                       | 0.332                   | 102                     | -1.804                        |
| -3                         | 0.475                   | 100                     | -3.000                        |
| -3.3                       | 0.523                   | 102                     | -3.302                        |
| -4.2                       | 0.715                   | 115                     | -4.174                        |
| -5                         | 1.15                    | 158                     | -5.023                        |
| -9                         | 1.62                    | 133                     | -8.944                        |
| -12                        | 1.15                    | 71.5                    | -12.067                       |
| -13                        | 2.8                     | 162                     | -13.027                       |
| -15                        | 2.32                    | 118                     | -14.929                       |
| -18                        | 2.67                    | 113                     | -18.103                       |
| -20                        | 2.94                    | 113                     | -20.014                       |
| -24                        | 3.16                    | 102                     | -23.984                       |
| -30                        | 4.12                    | 107                     | -30.004                       |

## 出力コンデンサ

出力コンデンサの値を大きくすると、出力電圧リップルが減少して負荷過渡応答が改善されます。この値を選ぶ時は、出力電圧の DC バイアスによる容量損失を考慮することも重要です。

セラミック・コンデンサは、温度や印加する電圧に対して異なる動作を示す、様々な誘電体で製造されています。必要な温度範囲と DC バイアス条件に対して最小容量を確保するため、適切な誘電体を使用したコンデンサを選ぶ必要があります。最大限の性能を得るには、電圧定格が 25V または 50V (出力に応じて選択) の X5R または X7R 誘電体を推奨します。Y5V および Z5U 誘電体は温度特性と DC バイアス特性に劣るので、DC/DC コンバータに使用することは推奨できません。

温度、部品公差、電圧による容量の変動を考慮に入れ、以下の式を使って最も厳しい条件の容量を計算します。

$$C_{\text{EFFECTIVE}} = C_{\text{NOMINAL}} \times (1 - \text{TEMPCO}) \times (1 - \text{DCBIASCO}) \times (1 - \text{Tolerance})$$

ここで、

$C_{\text{EFFECTIVE}}$  は動作電圧における実効容量、  
 $C_{\text{NOMINAL}}$  はデータシートに示された公称容量、  
 $\text{TEMPCO}$  は最も厳しい条件のコンデンサ温度係数、  
 $\text{DCBIASCO}$  は出力電圧における DC バイアス・ディレーティング、  
 $\text{Tolerance}$  は最も厳しい条件の部品公差です。

デバイスの性能を確保するには、DC バイアス、温度、誤差がコンデンサの動作に及ぼす影響をアプリケーションごとに評価することが不可欠です。

出力電圧リップルを最小限に抑えるには、等価直列抵抗 (ESR) と等価直列インダクタンス (ESL) の小さいものが適しています。

大きい出力コンデンサを使用すると、起動時に電流制限値に到達しないように、ソフト・スタート時間を長くすることが必要になる場合があります。性能とサイズのバランスがとれた 10 $\mu$ F のコンデンサを推奨します。

## 入力コンデンサ

入力コンデンサは、値が大きい方が、入力電圧リップルを減らし過渡応答を改善する上で有効です。

電源ノイズを最小限に抑えるために、AVIN ピンと PVIN ピンのできるだけ近くに入力コンデンサを配置してください。低 ESR コンデンサの使用を推奨します。

安定性を実現するのに必要な実効容量は 10 $\mu$ F です。電源ピンを個別にデカップリングする場合は、PVIN ピンに実効容量 5.6 $\mu$ F 以上のコンデンサ、AVIN ピンに実効容量 3.3 $\mu$ F 以上のコンデンサを使用することが推奨されます。ここに示す最小値では、アプリケーションに依存し、考慮する必要がある DC バイアス、温度、許容誤差の影響は除外されています。

## VREF コンデンサ

VREF ピンと AGND ピンの間に 1.0 $\mu$ F のセラミック・コンデンサ ( $C_{\text{VREF}}$ ) が必要です。

## ソフト・スタート抵抗

SS ピンと AGND ピンの間に抵抗を接続すれば、ソフト・スタート時間を長くすることができます。ソフト・スタート時間は、この抵抗によって 4ms (268k $\Omega$ ) ~ 32ms (50k $\Omega$ ) の範囲に設定できます。SS ピンをオープン状態のままにすると最短の 4ms になります。この動作を図 43 に示します。次式を使用して、ソフト・スタート時間を計算します。

$$t_{\text{SS}} = 38.4 \times 10^{-3} - 1.28 \times 10^{-7} \times R_{\text{SS}} (\Omega)$$

ここで、50k $\Omega \leq R_{\text{SS}} \leq 268\text{k}\Omega$  です。

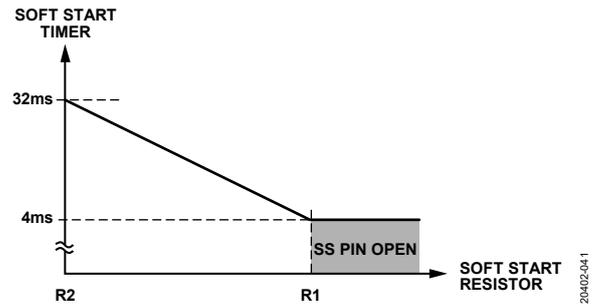


図 43. ソフト・スタート動作

## ダイオード

ダイオード 1 (D1) およびダイオード 2 (D2) には、接合容量の小さいショットキー・ダイオードを使用します。出力電圧やスイッチング周波数が高い場合は接合容量が効率に大きく影響しますが、特に高スイッチング周波数ではその傾向が顕著です。また、容量の大きいダイオードはスイッチング・ノイズも大きくなります。出力電圧が 5V よりも大きい場合は、40pF 未満の接合容量のダイオードを使用することを推奨します。

## 昇圧レギュレータ用のインダクタの選択

インダクタはパワー・スイッチがオンの時はエネルギーを蓄積し、オフの時は出力整流器を通じてそのエネルギーを出力に転送します。小さいインダクタ電流リップルと効率の間でトレードオフのバランスをとるには、インダクタンス値を 1 $\mu$ H~22 $\mu$ H の範囲にすることを推奨します。一般に、物理的サイズが同じであれば、インダクタンス値が小さいほど飽和電流が大きく、直列抵抗が小さくなります。しかし、インダクタンスを小さくするとピーク電流が大きくなります。これは効率を低下させ、入力または出力リップル、もしくはその両方を増大させる結果となります。インダクタのリップル電流のピーク to ピーク値がアプリケーションでの最大 DC 入力電流の 30% に近いと、通常は最適なバランスが得られます。

連続導通モード (CCM) 動作でのインダクタ・リップル電流の場合、スイッチのデューティ・サイクル ( $DUTY_1$ ) は、入力電圧 ( $V_{\text{IN}}$ ) と出力電圧 ( $V_{\text{POS}}$ ) から次式を使用して求めます。

$$DUTY_1 = \left( \frac{V_{\text{POS}} - V_{\text{IN}} + V_{\text{DIODE1}}}{V_{\text{POS}} + V_{\text{DIODE1}}} \right)$$

ここで、 $V_{\text{DIODE1}}$  は D1 の順方向電圧降下です。

CCM でのインダクタの DC 電流 ( $I_{IN}$ ) は、次式を使用して求めることができます。

$$I_{IN} = \frac{I_{OUT1}}{(1 - DUTY1)}$$

更に、 $DUTY1$  と  $f_{SW}$  を使用して、次式によってオン時間 ( $t_{ON1}$ ) を求めます。

$$t_{ON1} = \frac{DUTY1}{f_{SW}}$$

定常状態におけるインダクタ・リップル電流 ( $\Delta I_{L1}$ ) は次式で得られます。

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_{IN} \times t_{ON1}}{L1}$$

インダクタンス値 ( $L1$ ) は次式で求めます。

$$L1 = \frac{V_{IN} \times t_{ON1}}{\Delta I_{L1}}$$

インダクタ・リップル電流を最大 DC 入力電流の 30% と仮定すると、次式で得られます。

$$L1 = \frac{V_{IN} \times t_{ON1} \times (1 - DUTY1)}{0.3 \times I_{OUT1}}$$

ピーク・インダクタ電流 (最大入力電流 + インダクタ・リップル電流の 1/2) は、インダクタの定格飽和電流より小さくなるようにしてください。同様に、インダクタの最大定格 rms 電流は、レギュレータへの最大 DC 入力電流より大きくなるようにしてください。

ADP5076 の反転レギュレータを 50% より高いデューティ・サイクルにして CCM で動作させた場合、電流モード・ループを安定させるためにスロープ補償が必要です。このスロープ補償は ADP5076 に組み込まれています。安定した電流モード動作を実現するため、次式により、選択したインダクタンスがアプリケーション・パラメータの計算上の最小インダクタンス ( $L_{MIN1}$ ) 以上であることを確認してください。

$$L1 > L_{MIN1} = V_{IN} \times \left( \frac{0.13}{(1 - DUTY1)} - 0.16 \right) (\mu H)$$

ADP5076 の昇圧レギュレータでの使用に適したインダクタを表 11 に示します。

## 反転レギュレータ用のインダクタの選択

インダクタはパワー・スイッチがオンの時はエネルギーを蓄積し、オフの時は出力整流器を通じてそのエネルギーを出力に転送します。小さいインダクタ電流リップルと効率の間でトレードオフのバランスをとるには、インダクタンス値を  $1\mu H \sim 22\mu H$  の範囲にすることを推奨します。一般に、物理的サイズが同じであれば、インダクタンス値が小さいほど飽和電流が大きく、直列抵抗が小さくなります。しかし、インダクタンスを小さくするとピーク電流が大きくなります。これは効率を低下させ、入力または出力リップル、もしくはその両方を増大させる結果となります。インダクタのリップル電流のピーク to ピーク値がインダクタ内における最大 DC 入力電流の 30% に近いと、通常は最適なバランスが得られます。

連続導通モード (CCM) 動作でのインダクタ・リップル電流の場合、スイッチのデューティ・サイクル ( $DUTY2$ ) は、入力電圧 ( $V_{IN}$ ) と出力電圧 ( $V_{NEG}$ ) から次式を使用して求めます。

$$DUTY2 = \left( \frac{|V_{NEG}| + V_{DIODE2}}{V_{IN} + |V_{NEG}| + V_{DIODE2}} \right)$$

ここで、 $V_{DIODE2}$  は D2 の順方向電圧降下です。

CCM ( $I_{L2}$ ) のインダクタの DC 電流は、次式を使用して求めることができます。

$$I_{L2} = \frac{I_{OUT2}}{(1 - DUTY2)}$$

更に、 $DUTY2$  と  $f_{SW}$  を使用して、次式によってオン時間 ( $t_{ON2}$ ) を求めます。

$$t_{ON2} = \frac{DUTY2}{f_{SW}}$$

定常状態におけるインダクタ・リップル電流 ( $\Delta I_{L2}$ ) は次式で得られます。

$$\Delta I_{L2} = \frac{V_{IN} \times t_{ON2}}{L2}$$

インダクタンス値 ( $L2$ ) は次式で求めます。

$$L2 = \frac{V_{IN} \times t_{ON2}}{\Delta I_{L2}}$$

インダクタ・リップル電流をインダクタ内における最大 DC 電流の 30% と仮定すると、次式で得られます。

$$L2 = \frac{V_{IN} \times t_{ON2} \times (1 - DUTY2)}{0.3 \times I_{OUT2}}$$

ピーク・インダクタ電流 (最大入力電流 + インダクタ・リップル電流の 1/2) は、インダクタの定格飽和電流より小さくなるようにしてください。同様に、インダクタの最大定格 rms 電流は、レギュレータへの最大 DC 入力電流より大きくなるようにしてください。

ADP5076 反転レギュレータを CCM で 50% を超えるデューティ・サイクルで動作させた場合、電流モード・ループを安定させるためにスロープ補償が必要です。安定した電流モード動作を実現するため、次式により、選択したインダクタンスがアプリケーション・パラメータの計算上の最小インダクタンス ( $L_{MIN2}$ ) 以上であることを確認してください。

$$L2 > L_{MIN2} = V_{IN} \times \left( \frac{0.13}{(1 - DUTY2)} - 0.16 \right) (\mu H)$$

ADP5076 の反転レギュレータでの使用に適したインダクタを表 12 に示します。

## ループ補償

ADP5076 では、外付け部品を使用してレギュレータ・ループを補償し、特定アプリケーションのためにループ動作を最適化することができます。

## 昇圧レギュレータ

昇圧コンバータは、レギュレーション帰還ループに好ましくない右半平面 (RHP) ゼロを生成します。この帰還ループでは、クロスオーバー周波数が RHP ゼロ周波数よりも低くなるようにレギュレータを補償する必要があります。RHP ゼロ周波数は次式で得られます。

$$f_{Z1}(RHP) = \frac{R_{LOAD1}(1 - DUTY1)^2}{2\pi \times L1}$$

ここで、

$f_{Z1}(RHP)$  は RHP ゼロ周波数、  
 $R_{LOAD1}$  は昇圧レギュレータの等価負荷抵抗、つまり出力電圧を  
負荷電流で割った値です。

レギュレータを安定させるには、レギュレータのクロスオーバー周波数が RHP ゼロ周波数の 1/10 以下となるようにしてください。

昇圧レギュレータのループ・ゲインは次式で表されます。

$$A_{VLI} = \frac{V_{FB1}}{V_{POS}} \times \frac{V_{IN}}{V_{POS}} \times G_{M1} \times |R_{OUT1} || Z_{COMP1}| \times G_{CSI} \times |Z_{OUT1}|$$

ここで、

$A_{VLI}$  はループ・ゲイン、  
 $V_{FB1}$  は帰還レギュレーション電圧、  
 $V_{POS}$  は、レギュレーションされた正出力電圧、  
 $V_{IN}$  は入力電圧、

$G_{M1}$  は誤差アンプのトランスコンダクタンス・ゲイン、  
 $R_{OUT1}$  は誤差アンプの出力インピーダンスで値は 33MΩ、  
 $Z_{COMP1}$  は COMP1 ピンと AGND ピン間の直列 RC 回路のインピーダンス、  
 $G_{CSI}$  は、電流検出トランスコンダクタンス・ゲイン (インダクタ電流を COMP1 ピンの電圧で割った値) で、ADP5076 によって内部で 12.5A/V に設定されています。  
 $Z_{OUT1}$  は出力コンデンサと並列に接続された負荷のインピーダンスです。

クロスオーバー周波数 ( $f_{c1}$ ) では、 $Z_{COMP1}$  は主に抵抗 ( $R_{C1}$ ) によって決まり、 $Z_{OUT1}$  は主に出力コンデンサ ( $C_{OUT1}$ ) のインピーダンスによって決まります。したがって、 $f_{c1}$  を求める場合、(クロスオーバー周波数の定義による) 式は次のように簡略化されます。

$$\left| A_{VLI} \right| = \frac{V_{FB1}}{V_{POS}} \times \frac{V_{IN}}{V_{POS}} \times G_{M1} \times R_{C1} \times G_{CSI} \times \frac{1}{2\pi \times f_{c1} \times C_{OUT1}} = 1$$

$R_{C1}$  を求めるには次式を使います。

$$R_{C1} = \frac{2\pi \times f_{c1} \times C_{OUT1} \times (V_{POS})^2}{V_{FB1} \times V_{IN} \times G_{M1} \times G_{CSI}}$$

ここで、 $G_{CSI} = 12.5A/V$  です。

$V_{FB1}$  と  $G_{M1}$  に代表値を使用すると (仕様のセクションを参照)、次の結果が得られます。

$$R_{C1} = \frac{2094 \times f_{c1} \times C_{OUT1} \times (V_{POS})^2}{V_{IN}}$$

精度を向上させるには、 $R_{C1}$  を計算するときに、 $C_{OUT1}$  値が動作する DC バイアス条件下で想定される出力容量の値  $C_{OUT1}$  を使用することを推奨します。

補償抵抗を算出したら、補償コンデンサおよび抵抗によって形成されるゼロを、クロスオーバー周波数の 1/4 に設定します。つまり、次のような関係が成り立ちます。

$$C_{C1} = \frac{2}{\pi \times f_{c1} \times R_{C1}}$$

ここで、 $C_{C1}$  は補償コンデンサの値です。

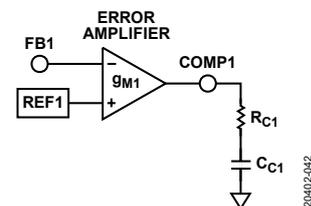


図 44. 補償部品

## 反転レギュレータ

反転コンバータは、昇圧コンバータと同様に、好ましくない右半平面 (RHP) ゼロをレギュレーション帰還ループで生成します。この帰還ループでは、クロスオーバー周波数が RHP ゼロ周波数よりも低くなるようにレギュレータを補償する必要があります。RHP ゼロ周波数は次式で得られます。

$$f_{Z2}(RHP) = \frac{R_{LOAD2}(1 - DUTY2)^2}{2\pi \times L2 \times DUTY2}$$

ここで、

$f_{Z2}(RHP)$  は RHP ゼロ周波数、  
 $R_{LOAD2}$  は反転レギュレータの等価負荷抵抗、つまり出力電圧を  
負荷電流で割った値です。

レギュレータを安定させるには、レギュレータのクロスオーバー周波数が RHP ゼロ周波数の 1/10 以下となるようにしてください。

反転レギュレータのループ・ゲインは次式で表されます。

$$A_{VLI} = \frac{V_{FB2}}{|V_{NEG}|} \times \frac{V_{IN}}{(V_{IN} + 2 \times |V_{NEG}|)} \times G_{M2} \times |R_{OUT2} || Z_{COMP2}| \times G_{CS2} \times |Z_{OUT2}|$$

ここで、

$A_{VLI}$  はループ・ゲイン、  
 $V_{FB2}$  は FB2 リファレンス電圧、  
 $V_{NEG}$  は、レギュレーションされた負出力電圧、  
 $V_{IN}$  は入力電圧、  
 $G_{M2}$  は誤差アンプのトランスコンダクタンス・ゲイン、  
 $R_{OUT2}$  は誤差アンプの出力インピーダンスで値は 33MΩ、

$Z_{COMP2}$ はCOMP2ピンとAGNDピン間の直列RC回路のインピーダンス、

$G_{CS2}$ は、電流検出トランスコンダクタンス・ゲイン（インダクタ電流をCOMP2ピンの電圧で割った値）で、ADP5076によって内部で12.5A/Vに設定されています。

$Z_{OUT2}$ は出力コンデンサと並列に接続された負荷のインピーダンスです。

クロスオーバー周波数 ( $f_{c2}$ ) では、 $Z_{COMP2}$  は主に抵抗 ( $R_{C2}$ ) によって決まり、 $Z_{OUT2}$  は主に出力コンデンサ ( $C_{OUT2}$ ) のインピーダンスによって決まります。したがって、 $f_{c2}$  を求める場合、（クロスオーバー周波数の定義による）式は次のように簡略化されます。

$$|A_{VL2}| = \frac{V_{FB2}}{|V_{NEG}|} \times \frac{V_{IN}}{(V_{IN} + 2 \times |V_{NEG}|)} \times G_{M2} \times R_{C2} \times G_{CS2} \times \frac{1}{2\pi \times f_{c2} \times C_{OUT2}} = 1$$

$R_{C2}$  を求めるには次式を使います。

$$R_{C2} = \frac{2\pi \times f_{c2} \times C_{OUT2} \times |V_{NEG}| \times (V_{IN} + (2 \times |V_{NEG}|))}{V_{FB2} \times V_{IN} \times G_{M2} \times G_{CS2}}$$

ここで、 $G_{CS2} = 12.5A/V$  です。

$V_{FB2}$  と  $G_{M2}$  に代表値を使用すると、次の結果が得られます。

$$R_{C2} = \frac{2094 \times f_{c2} \times C_{OUT2} \times |V_{NEG}| \times (V_{IN} + (2 \times |V_{NEG}|))}{V_{IN}}$$

$V_{FB2}$  と  $G_{M2}$  の代表値については、仕様のセクションを参照してください。 $V_{FB2}$  の代表値は、 $V_{REF}$  から ( $V_{REF} - V_{FB2}$ ) を引くことで得られます。

精度を向上させるには、 $R_{C2}$  を計算するとき、 $C_{OUT2}$  値が動作するDCバイアス条件下で想定される出力容量の値  $C_{OUT2}$  を使用することを推奨します。

補償抵抗を算出したら、 $C_{C2}$  および  $R_{C2}$  によって形成されるゼロを、クロスオーバー周波数の1/4に設定します。つまり、次のような関係が成り立ちます。

$$C_{C2} = \frac{2}{\pi \times f_{c2} \times R_{C2}}$$

ここで、 $C_{C2}$  は補償コンデンサです。

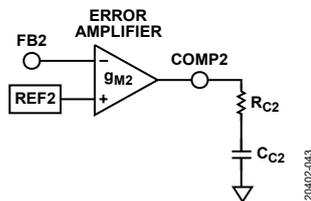


図 45. 補償部品

## 一般的アプリケーション

代表的な  $V_{IN}$  および  $V_{OUT}$  条件に対する一般的な部品選択の例を表 10～表 12 に示します。これらはベンチ・テストが行われており、すぐに使用可能なソリューションを提供します。昇圧レギュレータと反転レギュレータの部品表を組み合わせる場合には、 $V_{IN}$  と  $f_{sw}$  に同じ値を選択してください

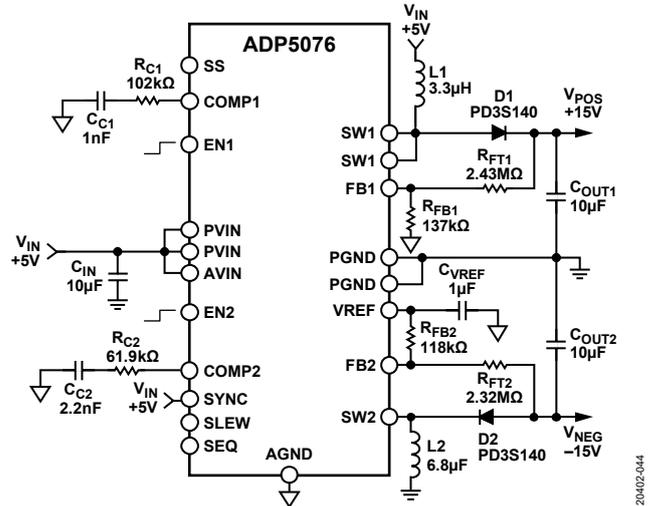


図 46. 代表的な+5V入力、±15V出力アプリケーション

図 46 に示す回路図は、表 10～表 12 が参照表になっており、5V の入力電圧から ±15V の出力電圧を生成する場合の部品の値の例を付記しています。表 10 には、 $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  のすべての条件に共通する部品を示しています。

表 10. 推奨共通部品

| Reference       | Value | Part Number        | Manufacturer |
|-----------------|-------|--------------------|--------------|
| Input Capacitor | 10 μF | GRM21BZ71C106KE15L | Murata       |
| $C_{VREF}$      | 1 μF  | GRM188R71C105KA12C | Murata       |

図 47 には、表 10～表 12 に記載されている推奨の小型部品を使用した昇圧レギュレータと反転レギュレータの効率曲線を示します ( $V_{IN} = +5V$ 、 $V_{POS} = +15V$ 、および  $V_{NEG} = -15V$ )。

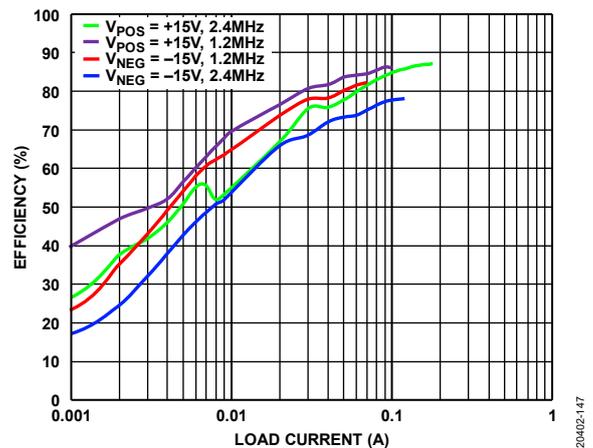


図 47. 昇圧レギュレータおよび反転レギュレータの効率と負荷電流の関係、 $T_A = 25^\circ C$

表 11 および表 12 は、最小サイズの部品をベースにしています。最大出力電流は、2mm×2mm インダクタの飽和電流 ( $I_{SAT}$ ) 定格により制限されます。インダクタのピーク電流が適切な電流制限規格値より低い値に維持されている条件下で、 $I_{SAT}$  定格の大きな大型のインダクタを使用すれば、出力電流を増やすことができます。

周辺温度が高いときに実際のアプリケーションで小型インダクタの熱性能を検証することが重要です。

表 11. 推奨の昇圧レギュレータ用小型部品

| $V_{IN}$ (V) | $V_{POS}$ (V) | $I_{LOAD1}$ (MAX) (mA) | Frequency (MHz) | L1 ( $\mu$ H) | L1 Manufacturer Part No. (Coilcraft) | $C_{OUT1}$ , Murata Part No. <sup>1</sup> | D1           | $R_{FT1}$ (M $\Omega$ ) | $R_{FB1}$ (k $\Omega$ ) | $C_{C1}$ (nF) | $R_{C1}$ (k $\Omega$ ) |
|--------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|---|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|------------------------|
| 3.3          | 5             | 370                    | 1.2             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM21BR71A106KA73L                        | PMEG2005AELD | 0.604                   | 115                     | 0.47          | 21                     |
| 3.3          | 5             | 500                    | 2.4             | 1             | EPL2014-102ML_                       | GRM21BR71A106KA73L                        | PMEG2005AELD | 0.604                   | 115                     | 0.39          | 22.1                   |
| 3.3          | 9             | 170                    | 1.2             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.24                    | 121                     | 0.82          | 16.5                   |
| 3.3          | 9             | 270                    | 2.4             | 1.5           | EPL2014-152ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.24                    | 121                     | 0.68          | 6.81                   |
| 3.3          | 15            | 90                     | 1.2             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.43                    | 137                     | 2.2           | 12.1                   |
| 3.3          | 15            | 150                    | 2.4             | 1.5           | EPL2014-152ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.43                    | 137                     | 1.2           | 9.53                   |
| 3.3          | 24            | 50                     | 1.2             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.09                    | 107                     | 1.8           | 28                     |
| 3.3          | 24            | 70                     | 2.4             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.09                    | 107                     | 1.8           | 12.7                   |
| 5            | 9             | 230                    | 1.2             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.24                    | 121                     | 0.56          | 15.8                   |
| 5            | 9             | 390                    | 2.4             | 1.5           | EPL2014-152ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.24                    | 121                     | 0.47          | 13.3                   |
| 5            | 15            | 100                    | 1.2             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.43                    | 137                     | 1             | 16.2                   |
| 5            | 15            | 180                    | 2.4             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.43                    | 137                     | 0.82          | 11.5                   |
| 5            | 24            | 50                     | 1.2             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.09                    | 107                     | 1.5           | 19.1                   |
| 5            | 24            | 100                    | 2.4             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.09                    | 107                     | 1.2           | 12.4                   |
| 5            | 34            | 30                     | 1.2             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER71H106KA12L                        | PD3S140      | 4.22                    | 102                     | 0.56          | 118                    |
| 5            | 34            | 60                     | 2.4             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER71H106KA12L                        | PD3S140      | 4.22                    | 102                     | 1.5           | 13.3                   |

<sup>1</sup>  $C_{OUT1} = 10 \mu$ F

表 12. 推奨の反転レギュレータ用小型部品

| $V_{IN}$ (V) | $V_{NEG}$ (V) | $I_{LOAD2}$ (MAX) (mA) | Frequency (MHz) | L2 ( $\mu$ H) | L2 Manufacturer Part No. (Coilcraft) | $C_{OUT2}$ , Murata Part No. <sup>1</sup> | D2           | $R_{FT2}$ (M $\Omega$ ) | $R_{FB2}$ (k $\Omega$ ) | $C_{C2}$ (nF) | $R_{C2}$ (k $\Omega$ ) |
|--------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|---|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|------------------------|
| 3.3          | -5            | 190                    | 1.2             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM21BR71A106KA73L                        | PMEG2005AELD | 1.15                    | 158                     | 5.6           | 6.65                   |
| 3.3          | -5            | 230                    | 2.4             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM21BR71A106KA73L                        | PMEG2005AELD | 1.15                    | 158                     | 2.2           | 8.66                   |
| 3.3          | -9            | 100                    | 1.2             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.62                    | 133                     | 4.7           | 6.81                   |
| 3.3          | -9            | 150                    | 2.4             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.62                    | 133                     | 2.7           | 6.04                   |
| 3.3          | -15           | 60                     | 1.2             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.32                    | 118                     | 4.7           | 6.04                   |
| 3.3          | -15           | 100                    | 2.4             | 2.2           | EPL2014-222ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.32                    | 118                     | 2.2           | 7.15                   |
| 3.3          | -24           | 40                     | 1.2             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.16                    | 102                     | 6.8           | 9.09                   |
| 3.3          | -24           | 60                     | 2.4             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.16                    | 102                     | 2.7           | 10                     |
| 5            | -9            | 120                    | 1.2             | 6.8           | EPL2014-682ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.62                    | 133                     | 12            | 6.81                   |
| 5            | -9            | 190                    | 2.4             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM21BZ71C106KE15L                        | PMEG2005AELD | 1.62                    | 133                     | 2.2           | 4.64                   |
| 5            | -15           | 70                     | 1.2             | 6.8           | EPL2014-682ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.32                    | 118                     | 2.7           | 6.81                   |
| 5            | -15           | 120                    | 2.4             | 3.3           | EPL2014-332ML_                       | GRM31CR71E106MA12L                        | PD3S140      | 2.32                    | 118                     | 2.2           | 5.36                   |
| 5            | -24           | 40                     | 1.2             | 10            | EPL2014-103ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.16                    | 102                     | 4.7           | 10                     |
| 5            | -24           | 70                     | 2.4             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER7YA106MA12L                        | PD3S140      | 3.16                    | 102                     | 4.7           | 5.74                   |
| 5            | -30           | 30                     | 1.2             | 10            | EPL2014-103ML_                       | GRM32ER71H106KA12L                        | PD3S140      | 4.99                    | 75                      | 3.9           | 15.8                   |
| 5            | -30           | 50                     | 2.4             | 4.7           | EPL2014-472ML_                       | GRM32ER71H106KA12L                        | PD3S140      | 4.99                    | 75                      | 2.2           | 8.87                   |

<sup>1</sup>  $C_{OUT2} = 10 \mu$ F

## レイアウト時の考慮事項

レイアウトはすべてのスイッチング・レギュレータで重要ですが、スイッチング周波数が高いレギュレータでは特に重要です。高効率、良好なレギュレーション、優れた安定性、そして低ノイズを実現するには、PCB レイアウトを適切に行う必要があります。PCB の設計時は以下のガイドラインに従ってください。

- 入力バイパス・コンデンサ ( $C_{IN}$ ) は、 $PVIN$  ピンと  $AVIN$  ピンの近くに配置します。
- 大電流経路はできるだけ短くします。これらの経路には、昇圧レギュレータにおける  $C_{IN}$ 、 $L1$ 、 $D1$ 、 $C_{OUT1}$  と  $PGND$  ピンの間の接続、反転レギュレータにおける  $L2$ 、 $D2$ 、 $C_{OUT2}$  と  $PGND$  ピンの間の接続、およびこれらの接続箇所から ADP5076 までの間が含まれます。
- 基板の最上層では、 $AGND$  ピンと  $PGND$  ピンを分離します。この分離により、スイッチング・ノイズによる  $AGND$  の汚染を防止できます。 $AGND$  ピンと  $PGND$  ピンの両方をビアを介して基板のグラウンド・プレーンに接続します。理想的には、入力コンデンサと出力コンデンサの間の 1 点で  $PGND$  ピンをグラウンド・プレーンに接続します。
- 大電流パターンは、スパイクや EMI を発生させる寄生直列インダクタンスを最小限に抑えるために、できるだけ短く、幅を広くしてください。
- $SW1$  ピンと  $SW2$  ピンに接続するノードの近くや、インダクタ  $L1$  および  $L2$  の近くには高インピーダンスのパターンを通さないようにして、放射スイッチング・ノイズの混入を防ぎます。
- 帰還抵抗 ( $R_{FT1}$ 、 $R_{FB1}$ 、 $R_{FT2}$ 、 $R_{FB2}$ ) は  $FB1$  ピンと  $FB2$  ピンのできるだけ近くに配置して、高周波スイッチング・ノイズの混入を防ぎます。

- 出力電圧の検出を最適化するため、上側の帰還抵抗 ( $R_{FT1}$  および  $R_{FT2}$ ) の上端を  $C_{OUT1}$  と  $C_{OUT2}$  の上端にできるだけ近づけて配置するか、抵抗  $R_{FT1}$  および  $R_{FT2}$  までのパターンを  $C_{OUT1}$  と  $C_{OUT2}$  の上端にできるだけ近づけて配線します。
- 補償部品 ( $R_{C1}$ 、 $C_{C1}$ 、 $R_{C2}$ 、 $C_{C2}$ ) は、 $COMP1$  ピンと  $COMP2$  ピンのできるだけ近くに配置します。敏感な  $COMP1$  ピンと  $COMP2$  ピンへの高周波ノイズ結合を避けるために、グラウンド・プレーンへのビアを帰還抵抗と共有することはしないでください。
- $C_{VREF}$  コンデンサは  $VREF$  ピンのできるだけ近くに配置します。 $VREF$  ピンと  $R_{FB2}$  間のパターンはできるだけ短くしてください。

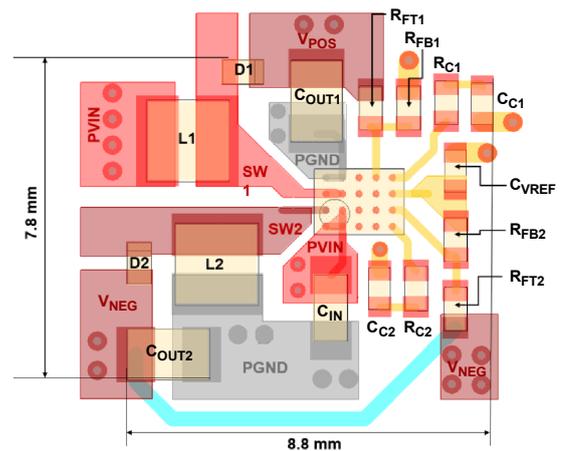


図 48.  $V_{IN} = +3.3V$ 、 $V_{POS} = +15V$ 、 $I_{LOAD1} = 90mA$  および  $V_{NEG} = -15V$ 、 $I_{LOAD2} = 60mA$  の場合の推奨レイアウト、実寸ではありません

20402-045

外形寸法

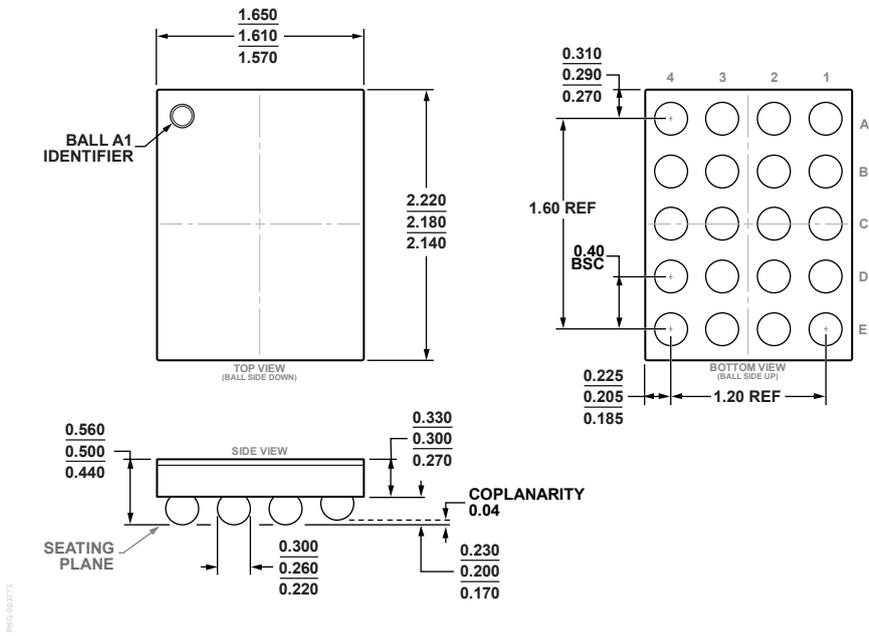


図 49. 20 ボール、ウェーハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ [WLCSP] (CB-20-14)  
寸法単位：mm

オーダー・ガイド

| Model <sup>1</sup> | Temperature Range | Package Description                            | Package Option |
|--------------------|-------------------|--|----------------|
| ADP5076ACBZ-R7     | -40°C to +125°C   | 20-Ball Wafer Level Chip Scale Package [WLCSP] | CB-20-14       |
| ADP5076CB-EVALZ    |                   | Evaluation Board                               |                |

<sup>1</sup> Z = RoHS 準拠製品