

**LM3203,LM3204,LM3205**



Literature Number: JAJA403

# POWER | designer

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No.110

特集記事 ..... 1-7

RF パワーアンプ用の電源 IC ..... 2

超低ノイズ、100mA CMOS  
低ドロップアウト・  
レギュレータ ..... 4

RF パワー・ディテクタ製品 ..... 6

電源設計ツール ..... 8

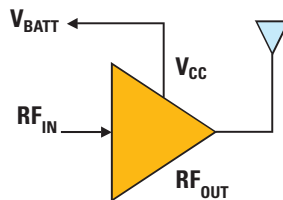
## RF パワーアンプ・システムの効率を DC/DC コンバータを使って最適化する

— Mathew Jacob, Applications Engineering Manager

### 旧方式

#### 標準

- 出力パワーはRF<sub>IN</sub>で制御
- バッテリーをV<sub>CC</sub>に直結



### 新しい方式

#### 電源レギュレータを使ったパワーアンプ

- 出力パワーはRF<sub>IN</sub>で制御
- DC/DCコンバータ出力をV<sub>CC</sub>に接続
- P<sub>OUT</sub>に応じてV<sub>OUT</sub>を最適化

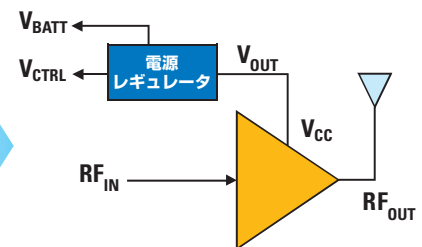


Figure 1. 旧方式と新方式の比較

携帯電話の CDMA/WCDMA スタンダードで使われる RF パワーアンプには、従来はバッテリーから直接電源を供給していました。この場合システムの実装は簡単ですが、前述のスタンダードが必要とするリニア・パワーアンプは送信パワー・スペクトルにわたって効率が低い性質を抱えています。

携帯電話のスタンダードは進化を続けており、CDMA 1 の 14.4kbps から始まって CDMA 2000/WCDMA の 2Mbps までが実用化されています。これとは別に携帯キャリア各社は、加入者あたりの平均単価を上げる目的で、3G 電話で利用できるサービスの多様化を進めています。同時にユーザーからは、同一かや大容量のバッテリーを用いたままで、通話時間とバッテリー動作時間を長くして欲しいという要望が寄せられています。以上のような要件によってシステム設計にはさまざまな課題が生まれます。システム設計者には、電話基板上の各部品に対し、十分な検討と消費電力の調査を行うことが求められます。バッテリーから直接電源を与える RF パワーアンプ(RF PA)は、電源バジェットの見点からは大きな課題のひとつになっていました。

次号予告  
電流モードのエミュレート制御

 National  
Semiconductor



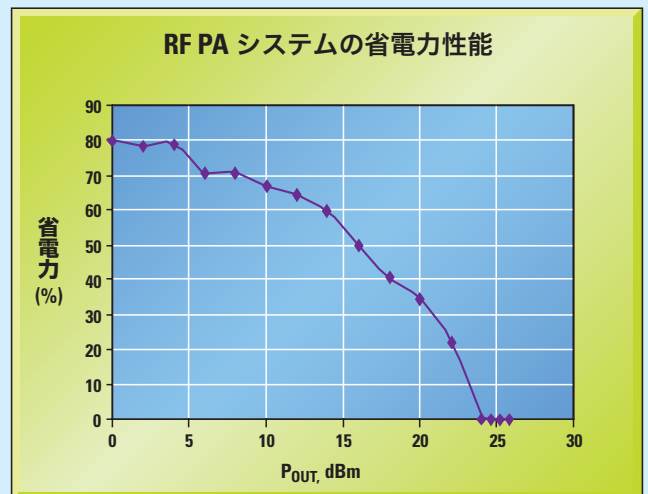
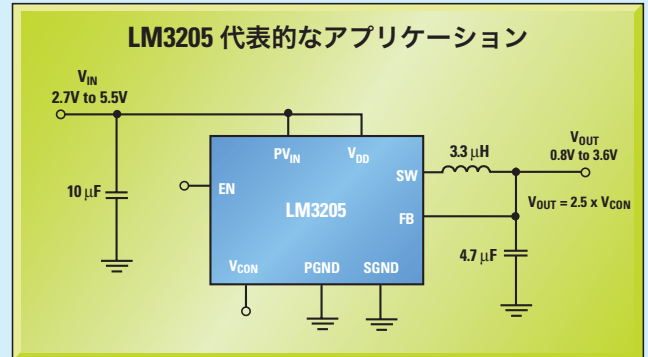
# RF パワーアンプ用の電源 IC

## 携帯機器のバッテリー寿命を延長する多機能 LM320x ファミリー

### ファミリーの特長

- 2.7V から 5.5V の入力電圧を可変出力電圧に降圧、RF パワーアンプのパワー・レベルと効率を最適化。
- バッテリーの電圧に関係なく最大出力を保持するバイパス・モード。
- 2MHz のスイッチング周波数により小型の外付け部品の使用と、DC/DC コンバータの出力電圧のダイナミックな制御を実現

携帯電話、スマート PDA フォン、GPS システム、送受信兼用無線機、および携帯通信機器システムの RF パワーアンプの電源として最適です。



## RF パワーアンプ向け降圧型スイッチング・レギュレータ

製品名	特長	入力電圧		出力電圧	出力電流 (mA)	バイパス・モード	パッケージ
		最小	最大				
LM3200	出力電圧可変、2.2µH インダクタ	2.7	5.5	Adj (0.8 ~ 3.6V)	500	手動および自動	micro SMD-10
LM3202	超小型、出力電圧可変、降圧型 DC/DC コンバータ	2.7	5.5	Adj (1.3 ~ 3.16V)	650	なし	micro SMD-8
LM3203	超小型、出力電圧可変、降圧型 DC/DC コンバータ	2.7	5.5	Adj (0.8 ~ 3.6V)	500	手動	micro SMD-10
LM3204	超小型、出力電圧可変、降圧型 DC/DC コンバータ	2.7	5.5	Adj (0.8 ~ 3.6V)	355/500	手動および自動	micro SMD-10
LM3205	超小型、出力電圧可変、降圧型 DC/DC コンバータ	2.7	5.5	Adj (0.8 ~ 3.6V)	650	なし	micro SMD-8

## RF パワーアンプ・システムの効率を最適化する

CDMA や WCDMA が使用する変調方式によって振幅変調信号が生成されますが、その振幅エンベロープは一定ではありません。シグナル・インテグリティの維持やスペクトラル・リグロスへの対応を図るにはリニア・パワーアンプが必要です。ただし、パワーアンプはゲインを抑制した状態の方が効率的に動作するため、高い電力効率を得るにはトレードオフが必要です。要求されるリニアリティを満たすには、効率を全体的に低下させるパワーアンプの圧縮ポイントよりも動作送信パワーを下げなければなりません。携帯電話が送信モードで動作しているとき、RF パワーアンプが持つ非効率な性質によって、RF パワー・セクションは全体電力バジェットの高 65 % を消費してしまいます。

こうした理由もあって、インダクタを用いた降圧コンバータからリニア・パワーアンプに電源を与えることで、システム効率の劇的な向上を実現できる可能性が生まれます。

電力付加効率(PAE)はパワーアンプの重要な性能指標のひとつです。

$$PAE (\%) = (P_{OUT} - P_{IN}) / P_{dc}$$

DC/DC コンバータ(PA 電源レギュレータ)を使用する際のキーポイントは、分母にある係数 Pdc を抑えることです。PA をバッテリーに直接接続した場合は  $P_{dc} = V_{batt} \cdot I_{batt}$ 、PA 電源レギュレータから電力を与えた場合は  $P_{dc} = V_o \cdot I_o$  です。以上から、PAE を大きくするには、Vbatt と Ibatt よりも Vo と Io を抑えなければならないことがわかります。そのため、RF パワーレベルが低いときは PA 電源レギュレータの出力電圧を下げるよう制御します。結果として Io (PA が引き込む電流) が小さくなり、DC/DC コンバータが持つ効率の高さによって、バッテリーから直接引き込むよりもはるかに小さな入力電流で動作が実現されます。

PA の電源を電源レギュレータから供給したときの電力抑制の

効果を理解するには、変調方式に関してパワー確率分布のプロファイル(Figure 2 参照)を考えることが重要です。なお、プロファイルは都心と郊外とで異なります。

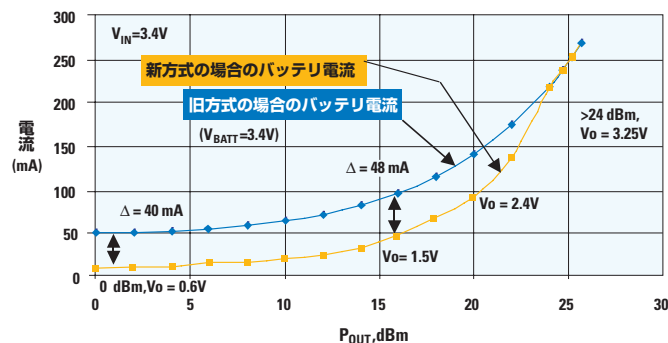


Figure 3. DC/DC コンバータを使用して PA の電源を供給した場合のバッテリー電流の節減効果

Figure 3 に示すように、パワーレベルの変化に追従して DC/DC コンバータの出力電圧を変化させて、隣接チャネル漏洩電力比(ACPR/ACLRL)仕様を維持しなければなりません。バッテリー電流の節減はパワーレベルが 0dBm ~ 20dBm の範囲で最大 50mA にも達します。Figure 2 から、動作時間のほとんどはこのパワーレベル帯で動作することがわかります。

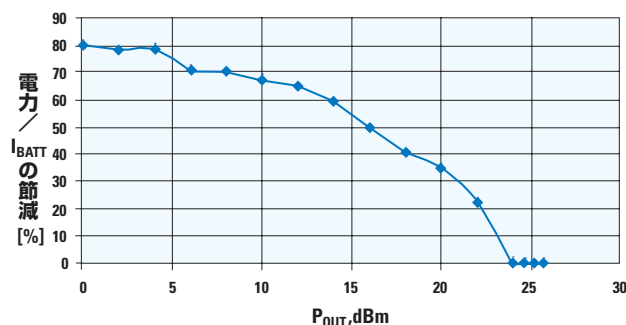


Figure 4. PA を PA 電源レギュレータで駆動した場合の電力節減

ところで、送信パワーレベルが大きいほど DC/DC コンバータの電圧を上げなければならない理由はなぜなのでしょう。その答えは、ACPR を維持するためには電圧の変化が必要だからです。ACPR は隣接無線のチャネルまたはシステムに対して干渉を発生させる傾向を見ることを目的として、パワーアンプと他のサブシステムの歪み特性を表した指標です。ACPR はメイン・チャネルのパワー・スペクトラル密度(PSD) と複数のオフセット周波数にて測定される PSD との比として規定されます。

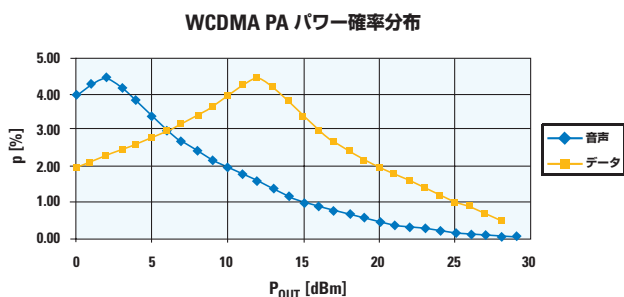


Figure 2. 一般的な携帯電話で PA はほとんどの時間を低パワーレベルで送信しており、PA 電源レギュレータの使用で実現される電力低減効果をさらに高める

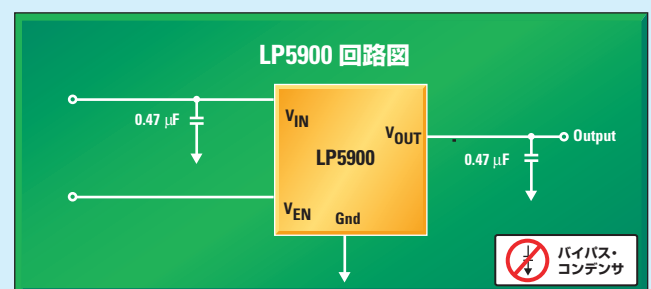
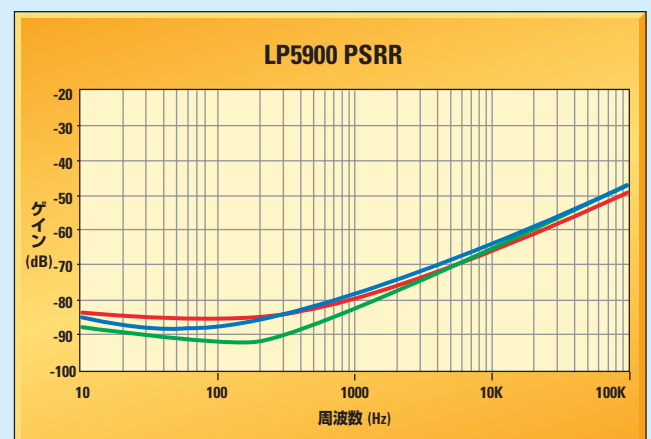
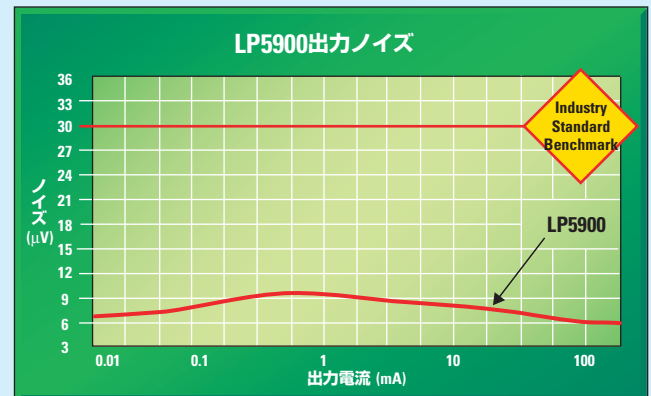
# 超低ノイズ、100mA CMOS 低ドロップアウト・レギュレータ

## LP5900 バイパス・コンデンサ不要の低ドロップアウト・レギュレータ

### 特長

- $6.5 \mu\text{V}_{\text{RMS}}$  の低ノイズと 85dB の高 PSRR を兼ね備え、より高い信頼性を実現
- $25 \mu\text{A}$  の動作時消費電流（無負荷時）によりスタンバイ時のバッテリー寿命を延長
- バイパス・コンデンサ不要、2つのセラミック・コンデンサの使用によりサイズと部材費の低減を実現
- 低ドロップアウト電圧：80mV(代表値)
- 実質ゼロ( $<1\mu\text{A}$ )の待機時消費電流
- micro SMD-4 パッケージで供給
- LLP<sup>®</sup> パッケージも発売予定

低ノイズ・アンプ、電圧制御オシレータ、および RF レシーバなどを含むアナログおよび RF シグナルパス IC の電源に最適です。



## RF パワーアンプ・システムの効率を最適化する

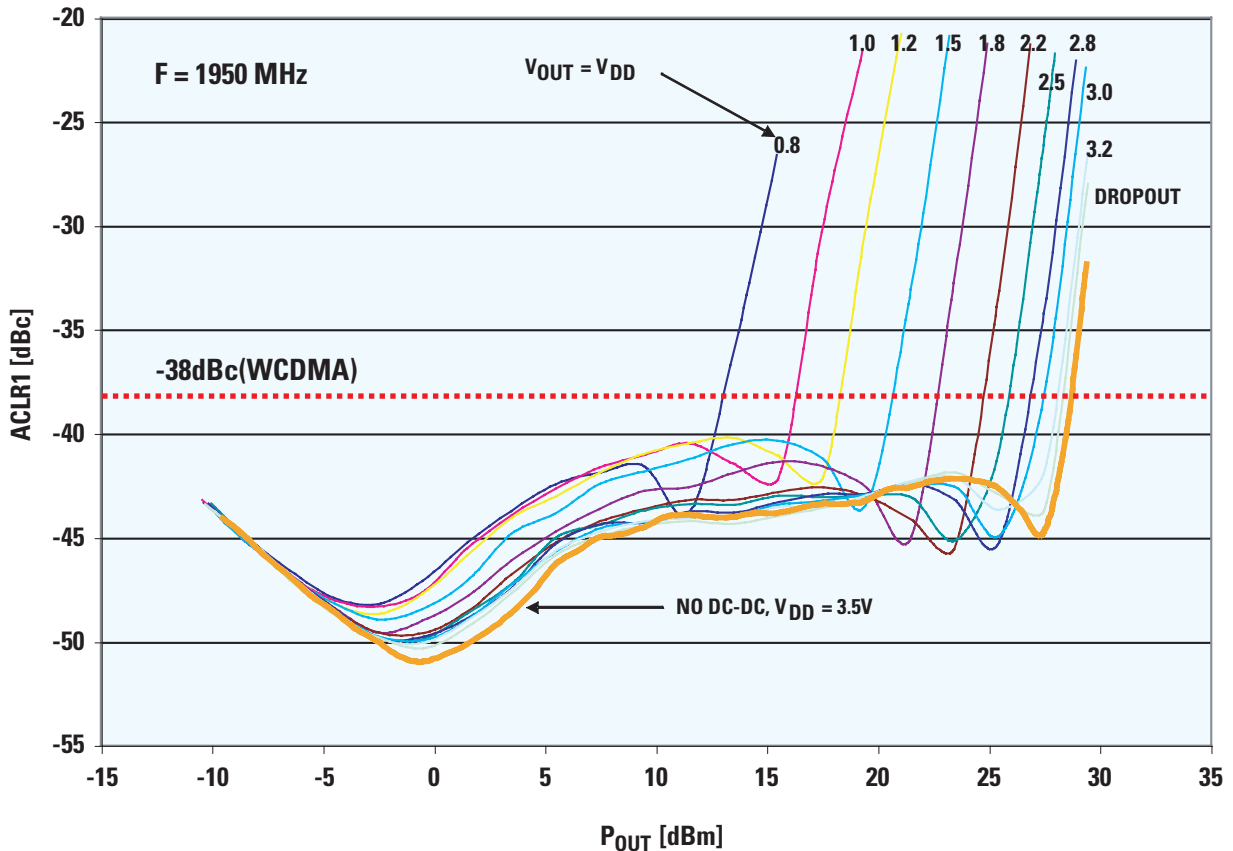


Figure 5. PA の電圧と  $P_{OUT}$  に対して ACLR が与える影響

Figure 5 から、 $P_{OUT}$  が大きいときに PA の電源電圧を高めないと ACLR 仕様を満たせないことがわかります。

WCDMA のシステム・レベル仕様(3GPP)は  $-34\text{dBc}$  ですが、温度とデバイスのばらつきに対して十分なマージンを確保するために、 $-38\text{dBc}$  の ACLR 値が使用されます。

### RF パワーアンプに電力を供給する 降圧コンバータの主な要件

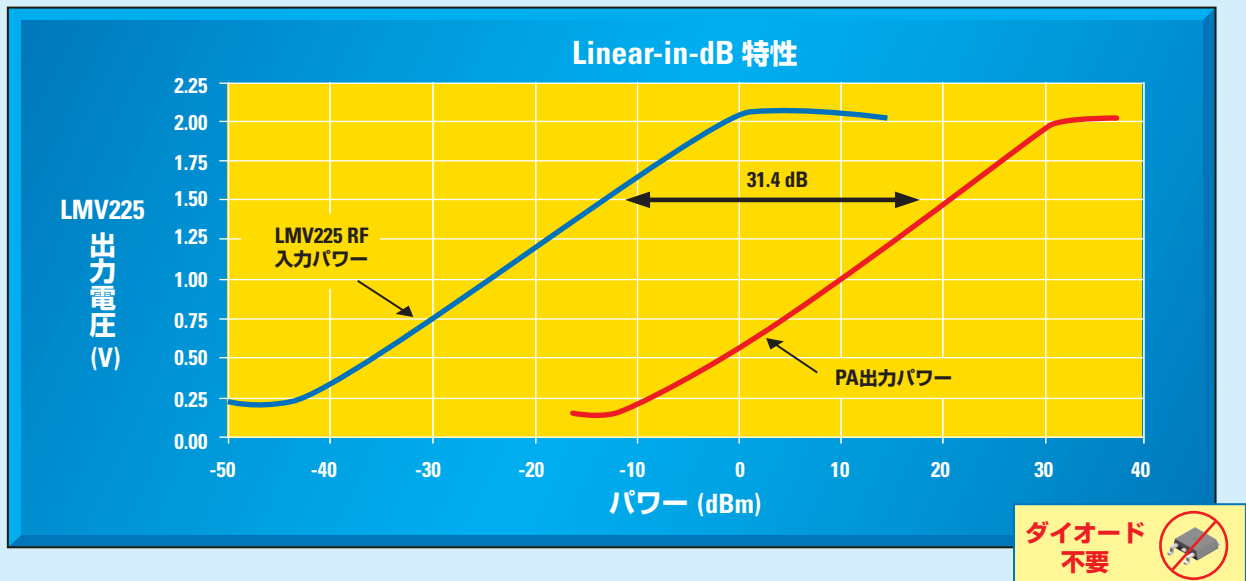
RF PA に電力を供給する降圧コンバータはデジタル・コア・プロセッサに電源を与える降圧コンバータとは異なる特長を必要とします。この違いは、スイッチング FET の ON 抵抗、電流制限、過渡応答、PFM/PWM などの動作モード、ス

タートアップ時間、待機時電流、ドロップアウト挙動など、動作特性やパラメータに起因します。以下にこれらのポイントをまとめます。

- 広い出力電圧範囲と負荷範囲にわたって効率が低いこと  
例：LM3205 は、 $V_{IN} = 4.2\text{V}$ 、 $V_o = 3.4\text{V}$ 、 $I_o = 400\text{mA}$  (高 RF パワー)で効率 96%、 $V_{IN} = 3.9\text{V}$ 、 $V_o = 1.5\text{V}$ 、 $I_o = 100\text{mA}$  (低 RF パワー)で効率 87% を示します。
- 出力電圧を動的に調整できること  
例：LM3205 は  $V_{con}$  ピンを使って出力電圧を  $0.8\text{V} \sim 3.6\text{V}$  の範囲で調整可能です。 $V_{con}$  から  $V_o$  への電圧ゲインは 2.5 です。

# RF 検波器を使ってシステム較正を簡単に！

## 高周波数/広い検波範囲を必要とするワイヤレス・アプリケーション向けの RF パワー・ディテクタ製品ファミリ



### ファミリの特長

- 100% RF 精度試験済み(LMV227)
- 30dB Linear-in-dB RF 検波範囲
- 450MHz から 2GHz の幅広い周波数に対応
- 温度による出力誤差が少ない
- 世界最小の RF 対数(ログ)アンプ/平均二乗論理型ディテクタ

携帯電話、基地局ワイヤレス LAN、WiFi、PC および PDA モジュール・カードや GPS ナビゲーション・モジュールなどに最適です。

製品名	アプリケーション	検波方式	チャンネル	周波数範囲	パッケージ
LMV227	CDMA 2000, WCDMA, UMTS	ログアンプ	1	40 dB, 2.1 GHz	Micro SMD, LLP®
LMV225/226/228	CDMA, WCDMA, UMTS	ログアンプ	1	40 dB, 2.1 GHz	Micro SMD, LLP
LMV232	3G モバイル通信	平均二乗論理型	2	20 dB, 2.2 GHz	Micro SMD

## RF パワーアンプ・システムの効率を最適化する

- 出力スルーレートとセトリングが 30 $\mu$ s 以下であること(各送信サイクル 667 $\mu$ s の開始 50 $\mu$ s ウィンドウ内に Vcon 調整が完了すること)WCDMA アーキテクチャでは、基地局からの要求にもとづいて、各 667 $\mu$ s ごとに送信パワーを  $\pm$  1dB で調整します。

- デューティ・サイクルが 100 % に近い状態でもドロップアウトとリップルが小さいこと

例：低 R<sub>DS(on)</sub> の PFET 140m  $\Omega$  (LM3205) とバイパス FET (LM3204) は、デューティ・サイクルが 100% に近い状態で、低ドロップアウト電圧とパルススキップ方式による低リップルを実現しています。

- 低出力電圧動作が得られる低デューティ・サイクル動作が可能なこと

例：50ns の短い最小オン時間によって、V<sub>IN</sub> の範囲にもよりますが、出力電圧 0.8V 以下を達成するデューティ・サイクル 10% を実現します。

- スイッチング周波数が高いこと

例：スイッチング周波数が 2MHz と高いため、小型の外付け部品が使用できるとともに、スペクトラル放射要件を満たします。

- ターンオンが高速で送信 ON/OFF のタイムマスクを満たすこと

例：LM3203 は EN が Low から High に遷移したときに V<sub>o</sub> = 3.4V でターンオン時間 50 $\mu$ s を達成しています。

### 100% デューティ・サイクルとバイパス・モード

降圧コンバータがデューティ・サイクル 100% で動作すると、ドロップアウト電圧は、

$$\text{ドロップアウト電圧} = (R_{ON,P} + R_L) \cdot I_o$$

R<sub>ON,P</sub> は PFET の R<sub>DS(on)</sub>、R<sub>L</sub> はインダクタの DC 抵抗(DCR) です。バイパス FET を備えた PA 電源レギュレータの場合、バイパス・モードでのドロップアウト電圧は、

$$\text{ドロップアウト電圧} = (R_{ON,BYP}) \cdot I_o$$

R<sub>ON,BYP</sub> はバイパス FET の R<sub>DS(on)</sub> です。バイパス FET は自動または手動でターンオン可能です。バイパス・モードの主な利点は、式に示したとおりドロップアウト電圧を下げられる点であり、携帯電話の通話時間延長とバッテリー低下時のシャットダウン・ポイントを下げられるメリットが得られます。バイパス・モードがない場合は低 DCR インダクタと低 R<sub>DS(on)</sub> PFET を使用します。

### アプリケーション回路例

この回路例では必要な出力パワーレベルに応じた出力電圧をベースバンドが設定する部分にルックアップ・テーブル方式を採用しています。

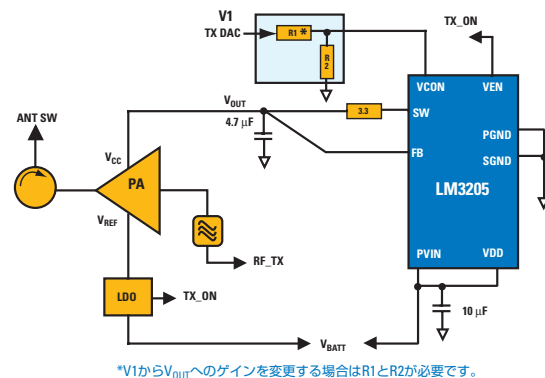


Figure 6. ベースバンドによる直接的な Vo 制御

この回路例では閉ループの一部を構成するパワー・ディテクタが出力電圧を設定します。

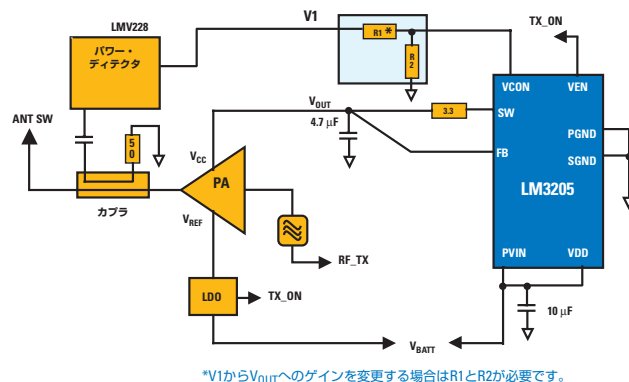


Figure 7. パワー・ディテクタを使った Vo 制御

### まとめ

DC/DC コンバータは、小型コミュニケーション・デバイス内の RF PA システムの効率を高め、合わせてバッテリー動作時間を改善してより多くの機能追加の搭載を支えます。■

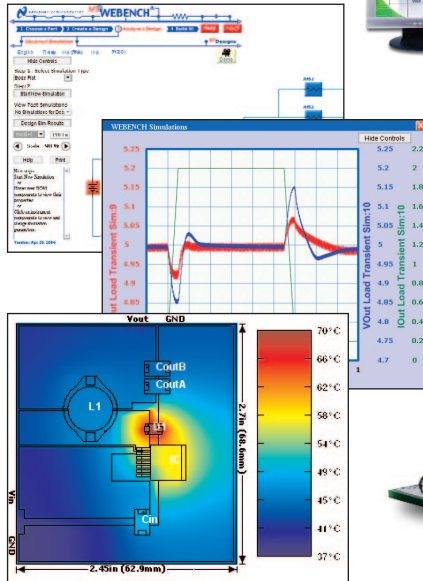


# 電源設計ツール



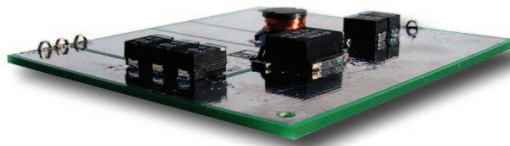
## WEBENCH® オンライン設計支援ツール

回路設計からプロトタイプ入手までがオンラインで完了。  
設計時間を大幅に短縮できます。



1. 選ぶ
2. 設計する
3. 電源回路を分析する
  - 電気特性シミュレーション
  - 熱特性シミュレーション
4. 製作する
  - カスタム・プロトタイプを注文

[webench.national.com/jpn](http://webench.national.com/jpn)



## News@National

新製品、設計ツール、プレスリリース、新着資料など  
回路設計に役立つ最新情報を満載して日本語でお届けする  
月刊Eメール・ニュースレターです。

[www.national.com/JPN/newsletter](http://www.national.com/JPN/newsletter)

## どの号もお見逃しなく！

ナショナルの  
パワー製品サイト：  
[power.national.com/jpn](http://power.national.com/jpn)

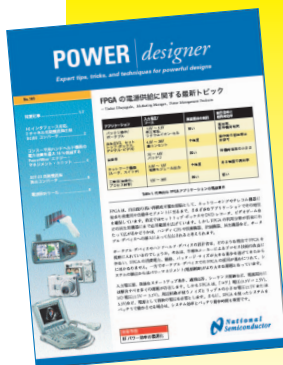
お問い合わせ：  
[JPN.feedback@nsc.com](mailto:JPN.feedback@nsc.com)

Power Designer のバックナンバーは  
ナショナルのサイトでご覧いただけます。

[power.national.com/jpndesigner](http://power.national.com/jpndesigner)

新しい Signal Path Designer もぜひお読み  
ください。オンラインで提供しています。

[signalpath.national.com/jpndesigner](http://signalpath.national.com/jpndesigner)



ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社  
〒135-0042 東京都江東区木場 2-17-16  
TEL 03-5639-7300 (大代表) [www.national.com/jpn/](http://www.national.com/jpn/)



# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上