

モバイル機器の高機能化を実現する 高性能LDOレギュレーター

LDO Regulator ICs Enhancing Sophistication of Mobile Devices

新井 健太郎 小倉 暁生

■ ARAI Kentaro

■ OGURA Akio

携帯電話市場は、年間出荷台数が2017年度には18億台を突破すると予測され、スマートフォンは日常生活に欠かせない身近な機器となっている。その原動力は、従来のフィーチャーフォンでは実現し得なかった急速に進む高機能化である。

東芝デバイス&ストレージ(株)は、スマートフォンに代表されるモバイル機器の、高機能化の実現に貢献する高性能LDO (Low Drop Out) レギュレーターをはじめとするディスクリート半導体製品の開発を推進している。LDOレギュレーターでは、低消費電力だけでなく、優れたノイズ除去性能及び負荷過渡応答特性を実現している。

With the expansion of the mobile phone market in recent years, global annual shipments of mobile phone products will exceed 1.8 billion units in fiscal 2017. Smartphones have become an indispensable part of daily life due to their advanced functionality that cannot be realized with conventional feature phones.

To enhance the functionality of mobile devices typified by smartphones, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation is promoting the development of discrete semiconductor products, including low-dropout (LDO) regulator integrated circuits (ICs), featuring superior power supply ripple rejection characteristics and load transient response as well as low power consumption.

1 まえがき

携帯電話市場は、2017年度には年間出荷台数が18億台を突破すると予想されている。スマートフォンは、モバイル機器の代表として日常生活に欠かせない身近な機器になっており、その原動力は、従来のフィーチャーフォンでは実現し得なかった急速な高機能化である。世界のメーカーで、日々繰り広げられているモバイル機器の高機能化や高付加価値化に伴い、メインSoC (System on a Chip) やパワーマネジメントICではサポートしきれない機能を持つ半導体製品の需要が増えてきている。

東芝デバイス&ストレージ(株)は、これらの高機能化の技術トレンドに対応したディスクリート半導体製品を開発し、モバイル市場の更なる発展に貢献している。ここでは、特にそれらの中から、電源ICの一つであるLDOレギュレーターについて述べる。

2 モバイル機器の高機能化

まず、モバイル機器のシステム動向を図1に示す。

通信方式では、LTE (Long Term Evolution) -Advanced が普及し、従来の3G (第3世代) 通信に対して大容量の高速通信を可能としている。また、複数の周波数を組み合わせるデータ通信を多重化して高速化するキャリアアグリゲーション (CA) や、2020年に商用化が開始される5G (第5世代) 通信

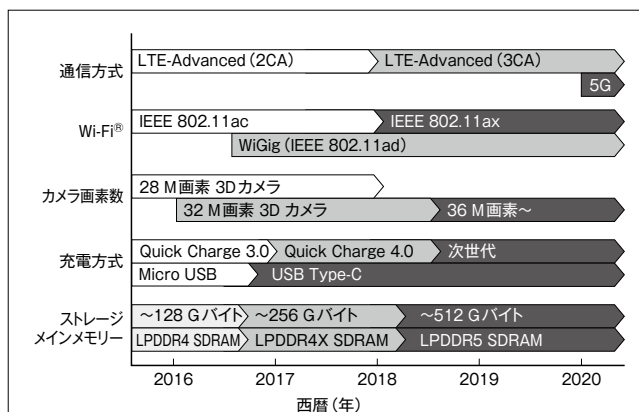


図1. モバイル機器のシステム動向 — モバイル機器のシステムは、それぞれのアプリケーションで高性能化が進んでいる。

Trends in mobile devices from perspective of advances in functionality

など、超高速通信の普及が進む。

LTEとともに、通信方式として重要なのがWi-Fi®に代表される2GHz以上の周波数を用いた高速データ通信である。IEEE 802.11ac (電気電子技術者協会規格802.11ac) では、5GHz帯を用いて6.9Gビット/sの高速通信を実現しており、2019年には、IEEE 802.11axでの10Gビット/sの超高速通信が普及する見込みである。

通信以外では、モバイルカメラのイメージセンサーの高画素化やデータスループットの高速化が進み、更にはイメージセンサーを複数搭載する3D (立体視) カメラ技術がハイエンドモデルを

皮切りに、ミドルモデル、ローエンドモデルへ拡大していくと予想される。

このほか、バッテリー容量の増加に伴う Micro USB (Universal Serial Bus) に代わる USB Type-C を用いた急速充電の普及、ストレージにおける 3 次元フラッシュメモリーやメインメモリーにおける LPDDR (Low Power Double Data Rate) SDRAM (Synchronous DRAM) の大容量化、データ転送の高速化などが進む。

3 モバイル向け電源デバイスのトレンド

2 章で述べたシステムの高機能化は、全てメリットのある技術であるが、課題となるのはモバイル機器という制約への対応である。例えば、モバイル機器では、限られたバッテリー容量で、できる限り長い動作時間が求められる。この対策として、バッテリー容量の増加と充電時間短縮に伴う大電流化とともに、省電力化として、システムを構築する IC の低電圧駆動 (1 V 以下) や大電流の電源デバイスが必要になっている。

低電圧化や大電流化に伴い、電源デバイスには図 2 に示すような特性が要求されるなど、高品質かつ小型の電源デバイスの重要性が高い。

当社は、このような要求に対し、消費電力を極限まで抑えつつ優れたノイズ除去性能と負荷過渡応答性能を実現した、出力電流 1.5 A で世界最小^(注1)の LDO レギュレーター TCR15AG や、出力電流 1.3 A の TCR13AG、0.34 μ A の低消費電流の LDO レギュレーター TCR3UG シリーズなどの電源デバイスに加え、電源ライン、信号ラインへの静電気を吸収し、保護品質を向上させる ESD (Electrostatic Discharge) 保護ダイオードなどを開発し、モバイル機器の高機能化に貢献している。

3.1 電源ラインのノイズ除去性能

モバイル機器は、持ち歩いて使用することが前提なので、限られたバッテリー容量を効率的に利用するため、バッテリー

は、DC (直流) -DC コンバーターに代表されるスイッチング電源に接続されるのが一般的である。

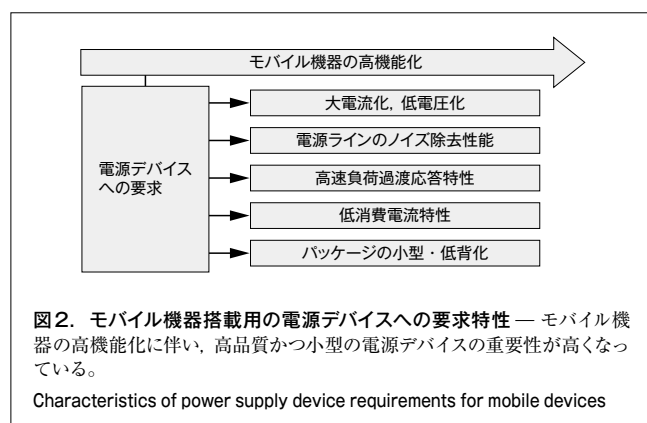
スイッチング電源は、効率良く電圧を変えられるが、オン/オフ動作を繰り返して電力変換するため、出力電圧波形にスイッチングノイズを伴う。イメージセンサーや、RF (高周波) パワーアンプ、オーディオアンプなどは、画質向上や通信品質向上を実現するため、電源のノイズを嫌う。そのため、スイッチング電源とセンサーやアンプとの間にリニア動作で電圧供給する LDO レギュレーターを入れ、ノイズを除去する。一般に、出力電流 1 A 以上の能力を持つ LDO レギュレーターのノイズ除去性能は、1 kHz のノイズに対し 70 dB 程度となっている。

当社の TCR15AG では、開放利得の向上とレイアウト引き回しの工夫で、寄生素子を通じて電源から回路内部に漏れるノイズ経路を極力遮断した。これにより、業界最高レベル^(注1)の 95 dB まで電源ノイズ除去能力を高め、一般的な LDO レギュレーターの約 20 倍のノイズ除去能力を実現している (図 3)。

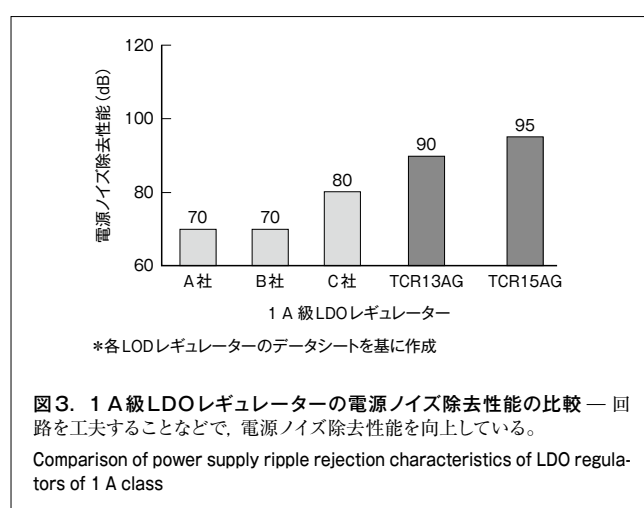
3.2 高速負荷過渡応答特性

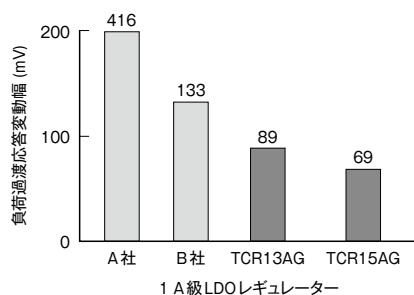
LDO レギュレーターの負荷電流は、接続するセンサーやアンプの消費電流であり、大きく変動することがある。例えば、イメージセンサーは、暗い被写体から明るい被写体へ変わったときに消費電流が急増する。また、近年のスマートフォンに多く搭載されているスローモーションビデオ撮影機能は、フレームレートを通常の例えば 30 倍にすることで実現しており、その際に消費電流が増加する。更に、画素数の増加に伴い、最大電流も増加している。

負荷電流が急変したときの、出力電圧の過渡的な電圧変動をどれだけ抑制し、どれだけ早く定常状態に戻せるかという指標が負荷過渡応答特性であり、その向上が求められている。この特性は、出力トランジスタの前段駆動能力に大きく依存するが、当社は、十分な前段駆動能力を確保することで、一般的な LDO レギュレーターの 1/2 以下の電圧変動と高速応答を実現している (図 4)。



(注1) 2017年9月現在、出力電流 1.5 A の LDO レギュレーターにおいて、当社調べ。





*東芝デバイス&ストレージ(株)による評価結果を基に作成

図4. 1 A級LDOレギュレーターの負荷過渡応答特性の比較 — 負荷が急激に変化した際の出力電圧の変動幅は、小さいほど良いが、消費電流とのトレードオフになることが多い。

Comparison of load transient responses of LDO regulators of 1 A class

3.3 低消費電流特性

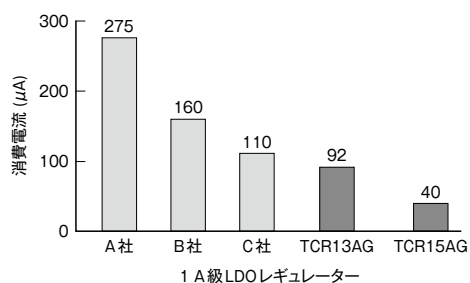
LDOレギュレーター自身の消費電流は、通常、数十 μ Aから数百 μ Aである。モバイル機器では、イメージセンサー（カメラ機能）やRFパワーアンプ（Wi-Fi[®]やBluetooth[®]などの通信機能）は常時動作しているわけではなく、通常はほとんど待機状態である。待機時には、センサーやアンプでの電流消費はないので、LDOレギュレーター自身の消費電流がモバイル機器の長時間駆動、いわゆるバッテリーの“持ち”を左右する。

一般に、消費電流を下げると電源ラインのノイズ除去特性や高速負荷過渡応答特性が顕著に悪化するため、これらはトレードオフの関係にある。

当社は、負荷があるときには十分な駆動電流を確保しながら優れたノイズ除去特性や負荷過渡応答特性を実現し、負荷がないときには自動的に駆動電流を下げて消費電流を抑制している。これにより、一般的なLDOレギュレーターの1/2程度の低消費電流特性を実現している（図5）。

3.4 高密度実装によるパッケージの小型・低背化

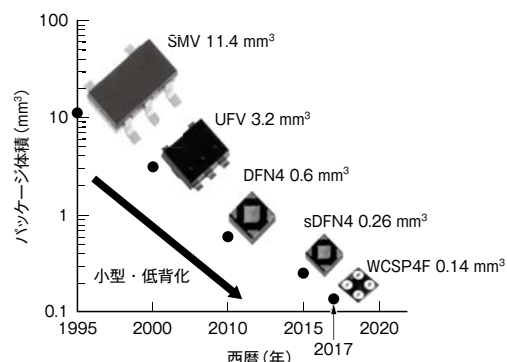
モバイル機器向けのバッテリー容量の増加や端末自身の薄型化に伴い、限られたサイズの基板に電子部品を高密度実装



*各LDOレギュレーターのデータシートを基に作成

図5. 1 A級LDOレギュレーターの消費電流の比較 — TCR15AGは、自動モード切り替えにより、無負荷時の消費電流を抑えている。

Comparison of no-load current consumption of LDO regulators of 1 A class



*SMV, UFV, DFN4, sDFN4, 及びWCSP4Fはパッケージ名

図6. モバイル機器向けのLDOレギュレーターパッケージのトレンド — 高性能化に伴い急速に小型・低背化が進んでいる。

Trends in LDO regulator packages for mobile devices

するため、使用される電子部品の小型化と低背化も急速に進んでいる（図6）。

モバイル機器向けの小型LDOレギュレーターは、1990年代には2.9（幅）×2.8（長さ）×1.4（高さ）mmのパッケージが主流であったが、2010年頃から1.0（幅）×1.0（長さ）×0.65（高さ）mmのリードレスパッケージが主流になっている。

このような小型化要求に対して、当社は世界最小クラス^(注1)の0.645（幅）×0.645（長さ）×0.33（高さ）mmサイズのWCSP4Fパッケージを開発している。

4 あとがき

高性能なモバイル機器の実現に必要な高性能なLDOレギュレーターについて、当社が持つ技術を中心に述べた。

今後も、モバイル機器の市場トレンドに合致する、最適なディスクリート半導体製品の開発を行うことで、モバイル機器の更なる発展に貢献していく。

- Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標。
- Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。



新井 健太郎 ARAI Kentaro

東芝デバイス&ストレージ(株)
ディスクリート半導体事業部
ディスクリート応用技術センター
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.



小倉 暁生 OGURA Akio

東芝デバイス&ストレージ(株)
ディスクリート半導体事業部
先端集積デバイス開発部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.