

モーター制御機能とパワーマネジメント機能を併せ持つ IC PMMCD

PMMCD Series ICs with Motor Control and Power Management Functions

佐々木 勝考 三浦 司 村上 学

■ SASAKI Katsunori ■ MIURA Tsukasa ■ MURAKAMI Manabu

OA 機器や、家電、車載機器など様々な機器に、モーターを制御するためのモーターコントロールドライバー (MCD) が使用されている。特にインクジェットプリンターなどのOA 機器に搭載されるMCDは、モーターの制御以外に、機器内のほかのデバイスに異なる電圧の電源を供給し消費電力を管理するパワーマネジメント機能も要求される。

東芝デバイス&ストレージ (株) は、モーター制御機能とパワーマネジメント機能を併せ持つパワーマネジメントモーターコントロールドライバー IC PMMCD を提供している。近年は機器の小型化や消費電力の抑制などの要望が強いため、PMMCD も省スペース化と低消費電力化に注力してきた。最新世代の製品は、PMMCD を基板に搭載する際に必要な周辺部品のサイズの縮小や個数の削減につながる機能を組み込み、機器全体のコスト削減にも寄与している。

Motor control driver (MCD) integrated circuits (ICs) are used for controlling various systems that utilize motors, such as office equipment, home appliances, and in-vehicle systems. Particularly in the case of MCD ICs for office equipment, including inkjet printers, there is a need for a power management function that can supply several different voltages to other devices in the equipment and manage their power consumption, in addition to the basic motor control function.

In response to these market needs, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation has been developing and supplying a lineup of multifunctional ICs called the PMMCD (Power Management Motor Control Driver) series incorporating motor control and power management functions in a single chip. We have recently been focusing on further enhancing the functions of the PMMCD series while paying close attention to customers' requirements for reductions in the size and power consumption of their equipment. The latest-generation PMMCD series ICs are expected to contribute to solutions realizing a more compact footprint and cost savings by reducing the size and number of peripheral parts.

1 まえがき

東芝デバイス&ストレージ (株) のMCDは30年以上の市場実績があり、OA 機器をはじめ、家電、車載機器など様々なアプリケーションのモーター制御に使用されている。

代表的なOA 機器の一つであるインクジェットプリンターに使われるICは、主に画像処理やシステムをコントロールするASIC (用途特定IC)、メモリー、及び紙送りのためのモーターなどをコントロールするMCDの三つである。これらは、必要な電源電圧が異なり、MCDは最も高い電源電圧を必要とする。電源システムの構成上、高い電圧が必要なMCDにまず電源を供給し、MCDから電源電圧の低いASICや、メモリーなどに供給することで、電源制御の簡略化や部品点数の削減ができるため、MCDにはモーター制御のほかに、機器全体で必要な数種類の電圧の電源を供給する機能も要求される。また、インクジェットプリンターは、情報機器の国際的な省エネ制度である国際エネルギースタープログラムへの対応が必要である。そこで当社は、モーター制御機能と、DC (直流) -DC コンバーターによる電源供給を含むパワーマネジメント機能とを併せ持つPMMCDを開発し、1998年にOA 機器向けに世界で初めて商品化した。

ここでは、当社製PMMCDの特徴や、最新の第6世代の製品に向けて開発した技術などについて述べる。

2 PMMCDの特徴と第5世代までの技術

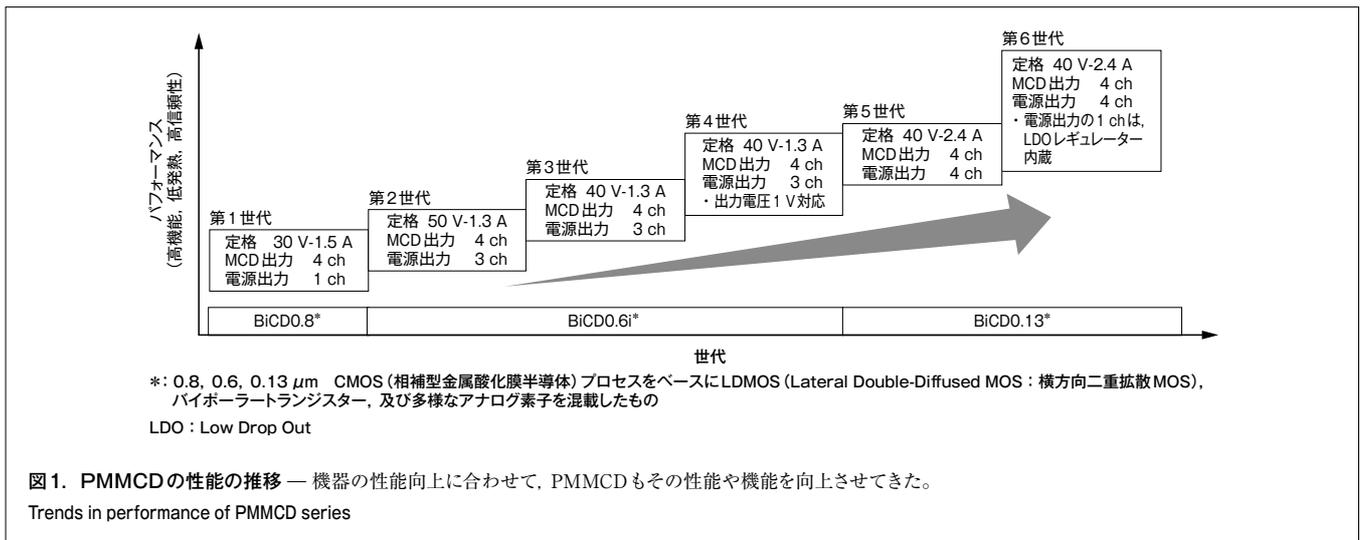
図1に、第1世代から第6世代までのPMMCDを示す。

PMMCDが搭載されるインクジェットプリンターは、高機能・高速化に伴い、モーター数 (プリンターヘッド制御、ペーパーフィード制御、スキャナー光源制御などにモーターを使用) や電源供給先 (ASIC、メモリー、及びUSB (Universal Serial Bus) やI/O (Input/Output) などに使われる素子) が年々増加している。これに対応するため、PMMCDは、世代が進むに従って、定格電圧と定格電流が増え、モーターを制御するチャンネル (ch) 数及び電源のch数も増加傾向にある。

また近年は、機器のサイズを小さくし消費電力を抑えたいという要求が高まり、その構成部品に対しても、更なる小型化や消費電力削減が求められている。

このような状況の中で、PMMCDの製品開発には、次の三つの課題がある。

- (1) 熱対策 モーター制御及び電源電圧管理というともに熱源となる機能を集積したことによる発熱集中の回避



と放熱効率の向上

- (2) パッケージの小型化 小型パッケージの採用と小型化に伴う出力抵抗増加の抑制
- (3) 待機電力の削減 インクジェットプリンター製品に必須の国際エネルギープログラム準拠のための待機電力削減

第5世代までの課題解決について、以下に述べる。

2.1 熱対策

PMMCDは複数の機能ブロックを一つのチップに集積しているため、各機能が同時に動作すると発熱が集中するという問題があり、発熱量の低減と放熱効率の向上が重要になる。

2.1.1 発熱量の低減 発熱は主に、モーター制御部やDC-DCコンバーターの出力DMOS (二重拡散型金属酸化膜半導体) がオン状態の際に発生する定常損失と、出力DMOSがオンからオフ、又はオフからオンに切り替わる際に発生するスイッチング損失により生じる。

定常損失による発熱の低減策として、DMOSのオン抵抗を下げるのが有効である。第5世代では、0.13 μm プロセスの採用やDMOSのサイズの調整などを実施し、モーター制御部とDC-DCコンバーターのオン抵抗を小さくした。

スイッチング損失による発熱低減策としては、DC-DCコンバーターの出力DMOSのターンオン時間とターンオフ時間を短くするのが有効である。オン抵抗と同様に、プロセスの進化やDMOSサイズの変更で、高速化を実現した。

2.1.2 放熱効率の向上 第5世代以降のPMMCDのパッケージでは、裏面の中央部分から金属パッド (E-PAD) が露出したQFN (Quad Flat Non-Lead Package) を採用している。このE-PADをプリント基板にはんだ付けすると、E-PADがプリント基板上に設けたサーマルビア (基板を貫通させた穴) を介してプリント基板内層や裏面の銅プレーンに熱的に接続され、熱を拡散させる経路になる。また、パッケージ裏面の

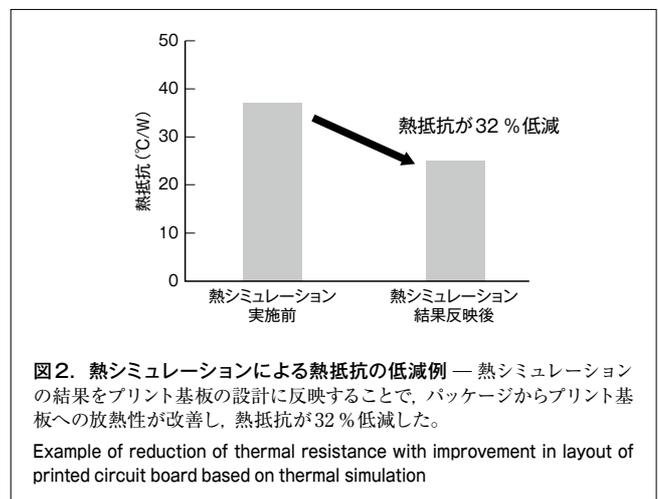
四隅にもE-PADを設けてはんだ付けし、プリント基板の表面からも放熱している。

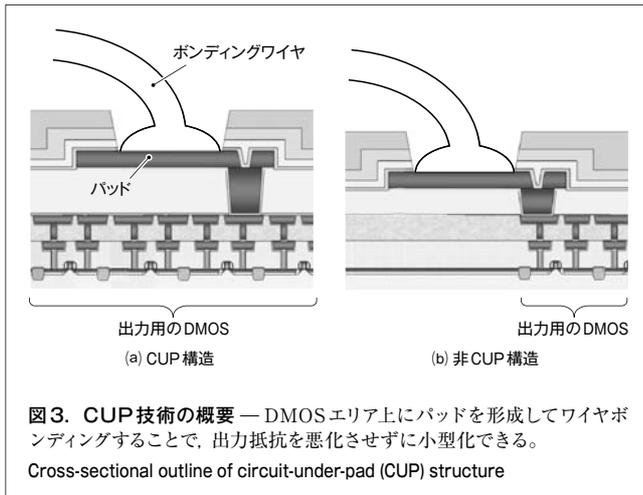
また第5世代からは、プリント基板を含めた熱シミュレーションツールを用意して、E-PADのはんだぬれ性や、基板上のサーマルビアの個数、配置、及びビア径による放熱性能への影響の検証を実施している。この結果を顧客に情報提供することで、放熱性能の向上を目的としたプリント基板の最適設計を支援する。熱シミュレーションを活用したプリント基板設計により、パッケージからプリント基板への放熱性が改善し、熱抵抗が32%低減した例を図2に示す。

2.2 パッケージの小型化

第4世代までのPMMCDのパッケージには、リードがパッケージの4側面から出ている実装が比較的容易なQFP (Quad Flat Package) が採用されていた。しかし近年、実装技術の進歩によりパッケージの4側面及び底面に端子だけが配置されたQFNが主流となっている。

ともに64ピンのQFP64とQFN64を比較すると、実装面積





はQFN64の方が約56%小さく、取り付け高さもQFN64の方が約0.3 mm低いいため、高密度実装化に貢献できる。

パッケージの小型化には、チップサイズを小さくすることが重要である。当社は、出力用のDMOSエリアの真上にもパッドを形成できるCUP (Circuit Under Pad) 技術(図3)を採用している。これにより、十分なサイズのパッドを形成し、出力抵抗を悪化させずにチップサイズの小型化を実現している。

2.3 待機電力の削減

国際エネルギースタープログラムのインクジェットプリンターの待機消費電力は、2009年に1 W、2014年に0.5 Wを超えてはならないと、年々基準が厳しくなっており、待機時のパワーマネジメントは大きな課題である。機器の待機時はモーターは動作しておらず、PMMCDは電源供給だけ行っている。動作していないモーター制御部は回路を完全に遮断しているので、待機消費電力を更に小さくするにはDC-DCコンバーターでの消費電流を削減することが重要になる。

通常動作時、DC-DCコンバーターは、1.5 ~ 2.0 A程度の高負荷で動作するために、400 ~ 420 kHzでスイッチングしている。これに対して待機時は、PMMCD以外のICはスタンバイ状態なので、数mAの負荷電流に下がるため、高速スイッチングは必要ない。そこで、第5世代のPMMCDは、機器が待機状態のときに、DC-DCコンバーターのスイッチング周波数を下げる機能を導入し、消費電力を削減した。

機器の待機時は、スイッチング周波数を通常動作時の約1/2に下げることによって、従来約20 mAだったDC-DCコンバーターでの消費電流を約15 mAにし約25%削減した。

3 第6世代のPMMCD

インクジェットプリンターなどのOA機器には、コスト競争力が強く求められる。機器メーカーが総コストを削減できるよう、PMMCDを基板に搭載する際に必要な周辺部品のサ

イズを小さくしたり、個数を減らしたりできる機能を組み込んで第6世代の製品を開発した。

まず、DC-DCコンバーターのスイッチング周波数を高くすることで、出力に接続する必要があるコイルのインダクタンスを小さくした。また、4 chの電源出力のうち1 chにLDO (Low Drop Out) レギュレーターを採用し、コイルを不要にした。これらにより、基板面積の縮小と部品コストの削減に貢献できる。

しかし、LDOレギュレーターを搭載すると発熱量が増えるという問題があるため、2.1.1項で説明した二つの発熱量の低減策を更に進めて、これを解決した。

0.13 μm プロセスの採用やDMOSのサイズの調整などにより、第4世代の従来製品におけるモーター制御部のオン抵抗1.2 Ω 、DC-DCコンバーターのオン抵抗0.7 Ω を、第6世代ではそれぞれ0.5 Ω 、0.1 Ω に抑えた。これにより、定常損失による発熱を約65%低減した。また、スイッチング時間を第4世代の100 nsから第6世代では12 nsに短縮し、スイッチング損失を抑えるとともに、高周波数化に対応した。

一方、スイッチング時間を短くすると、EMI (電磁干渉) ノイズが増えるという問題がある。この対策としてシーケンシャルスイッチング機能を搭載した。これは、出力DMOSのゲート電圧を段階的に変化させながらオン/オフする機能で、出力オーバーシュートやアンダーシュートを抑制する働きがあり、EMIノイズ低減に効果的である。

4 あとがき

機器の小型・軽量化などのデザイン性や省エネ化の要求に応じて、PMMCDは進化を遂げてきた。今後も市場動向に応じて、機器には高速化や静音性などの差異化要素が求められていくと予想される。当社は、それらの要求を満たすため、今後もPMMCDに必要なコア技術開発や、最先端の技術を導入した製品開発を推進していく。



佐々木 勝考 SASAKI Katsunori

東芝デバイス&ストレージ(株)
ミックスドシグナルIC事業部
ミックスドシグナルIC応用技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.



三浦 司 MIURA Tsukasa

東芝デバイス&ストレージ(株)
ミックスドシグナルIC事業部
ミックスドシグナルIC応用技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.



村上 学 MURAKAMI Manabu

東芝デバイス&ストレージ(株)
ミックスドシグナルIC事業部
ミックスドシグナルIC応用技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.