

モータドライバ IC SCM1200MA シリーズの開発

Development of the Motor Driver IC SCM1200MA Series

小倉 康平*
Kohei Ogura

世良 穂高**
Hotaka Sera

概要 近年、白物家電市場では省エネ規制が強化され、特に中国エアコン市場ではインバータ化が加速している。エアコンのコンプレッサ駆動向け IPM (Intelligent Power Module) のうち、15A 定格製品はルームエアコン用途であり最も市場規模が大きい領域である。当社では SCM1200MF シリーズ製品をおよそ 10 年前に市場投入し数多く販売している。SCM1200MF シリーズは多くの市場実績がある一方、製品仕様としては過剰スペックの部分もあり、市場ニーズに合った仕様への刷新をおこなった。今回開発した SCM1200MA シリーズは、従来製品の製品仕様を見直した上で温度モニタ機能の高精度化を図るとともに、従来製品とピンコンパチブルとし、基板の設計変更を不要とする等、使い易さにこだわり開発したので報告する。

1. まえがき

近年、白物家電市場では、世界的に省エネ規制が強化されており、特に海外エアコン市場ではインバータ化が加速している。エアコン用途向けモータドライバ製品として、コンプレッサ駆動向け製品 (10~30A 定格) と FAN モータ駆動向け製品 (5A 定格以下) があるが、中でもコンプレッサ駆動向けの 15A 定格製品はルームエアコン用途であり市場規模が拡大している。当社では SCM1200MF シリーズ製品をエアコン向けに 10 年ほど前から販売しているが、昨今の市場ニーズに対して現行製品の熱抵抗仕様は過剰といえるスペックとなっており、市場ニーズにあった製品仕様への刷新が必要であった。

また、エアコンメーカーにおいてセットのコストダウンのため各種マージンを見直す動きがある。その一つとして、熱的なマージンの見直しがある。あわせて同一モータドライバ IC でより大きなパワーで駆動できるようにするために、モータドライバ IC に内蔵されている温度モニタ機能に対して、高精度化の要求が高まっている。

その他に、世界的な省エネ規制を受け、これまでイン

バータ化白物家電が普及していなかった国や地域にもインバータ化が導入されることとなるため、電源事情などを含む使用環境が変わったことで発生するようなアブノーマル時にも破壊しない等の品質改善も重要である。

2. 市場要求を満たす開発製品

前項で述べた市場要求項目のうち、過剰な熱抵抗仕様の見直しにおいては、従来品とピンコンパチブルとするために、従来品 SCM1200MF シリーズをベースに、製品裏面の放熱フィンを取り外すことで、市場ニーズに合わせた熱抵抗を実現した。図 1 に従来品 SCM1200MF と新製品 SCM1200MA の外形写真を示す。SCM1200MF シリーズは 10~30A 定格を賄うパッケージであり、放熱フィンが備わっている。SCM1200MA シリーズでは定格ラインアップを最大 15A までと限定することで、元々 20~30A 定格製品の高放熱性の確保のために必須であった放熱フィンを取り外すことができた。その結果、従

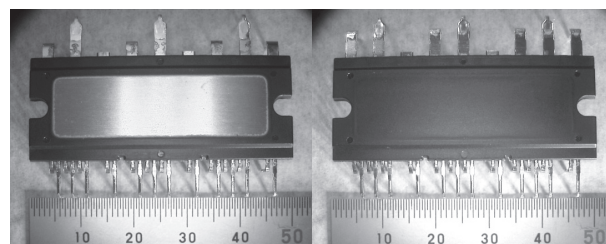


図 1 従来品 (左) と新製品 (右) の外形写真

* デバイス事業本部 技術本部 IPM 事業部 開発 2 課

** デバイス事業本部 技術本部 プロセス技術統括部

IC 設計部 IC 設計課

来品からの材料費の削減も実現している。また、MIC (Monolithic Integrated Circuit) プロセスを最新の微細化プロセスへ置き換えることで、チップサイズをシュリンクすると共に安定供給を実現している。

市場要求2つ目の高精度温度モニタ機能を実現するため、MICに内蔵する温度モニタ機能を従来技術から改良し構成する。これにより、チップサーミスタの削除が可能となり、低コストかつ製造工数削減が図れるようになった。

品質改善として、従来品では温度モニタ機能搭載を優先するためV相の過電流保護機能が搭載されていなかったが、短絡保護機能を搭載すると共に、短絡/過電流保護保持時間を拡大する等保護機能を強化した。

2.1 微細化プロセスによるMICチップシュリンク

図2にSCM1272MFの互換製品である新製品SCM1272MAのMICチップサイズ比較を示す。SCM1200MAシリーズでは、MICを最新の微細化プロセスへ置き換えたことにより、過電流保護保持時間の拡大を含めた高品質化や、次項に述べる温度モニタ機能の高精度化をおこないながらもMICチップトータル面積を従来品より40%シュリンクすることができた。

最新の微細化プロセスでは、酸化膜厚の薄厚化によりコンデンサ素子やMOS素子のサイズシュリンクをしていることや、プロセスルールの微細化が可能になったことから、素子集積度が向上している。

微細化プロセスによる素子集積度の向上を活かし、今後さらなるMICの高機能化を目指し、優位性のある差別化をおこなう。

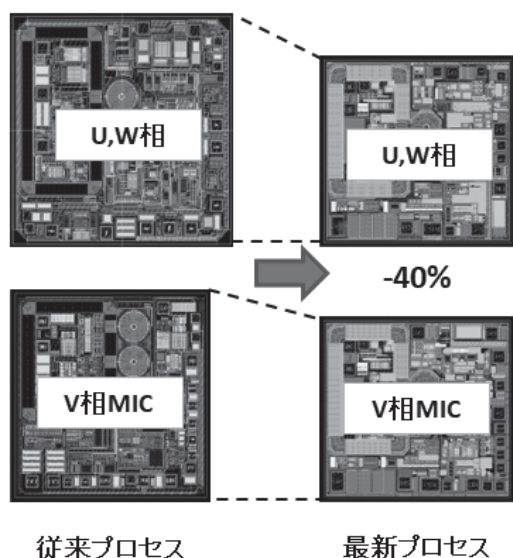


図2 従来品と新製品の搭載MICチップサイズ比較

2.2 MIC内温度モニタ機能の高精度化

パッケージ温度を検出する方法として、チップサーミスタを用いる方法や従来技術であるMIC内に搭載した温度モニタ機能を用いる方法がある。

図3に温度モニタ機能の等価回路を示す。基準電圧回路は温度変化により出力電圧が変動する回路である。

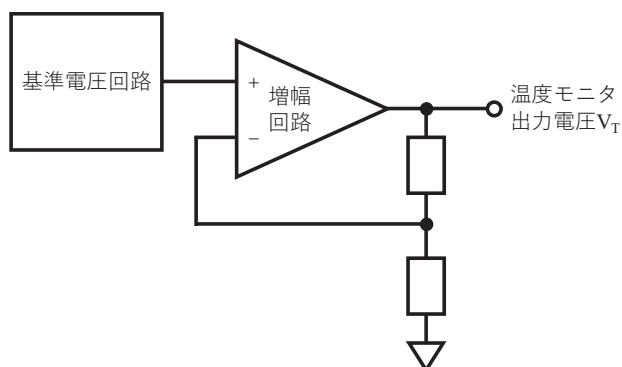


図3 温度モニタ機能 等価回路

チップサーミスタと比較すると温度モニタ機能は、MICの製造バラツキによる影響を受けやすい。この影響から温度モニタ出力電圧 V_T の変動が大きくなり、その結果、セットメーカのマイコンで検出する温度精度が劣ることになる。

一方、温度モニタ機能の利点として、出力電圧の温度特性が線形のため温度制御が容易、部品点数削減によるコスト低減、製造工数の削減が挙げられる。

SCM1272MAでは、既存製品であるSCM1272MFの温度検出精度を改良し、高精度な温度モニタ機能を実現した。改良方法として、温度モニタ出力電圧 V_T の温度特性の傾きを上げた。

図4に温度モニタ出力電圧 V_T の温度特性傾きを上げたことによる温度検出精度の改良方法を示す。

SCM1272MAにおける温度検出精度は既存製品SCM1272MFの $\pm 7^\circ\text{C}$ から $\pm 3^\circ\text{C}$ まで改善し、チップサーミスタと同等の精度をMIC内に搭載することを実現した。図5にSCM1272MAとSCM1272MFの温度モニタ出力電圧 V_T の比較を示す。

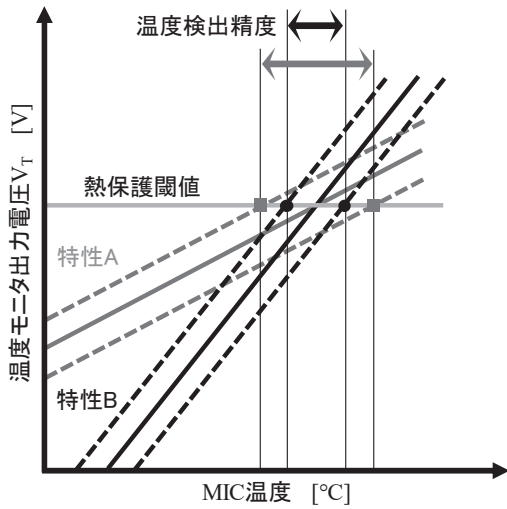


図4 温度検出精度の改善方法

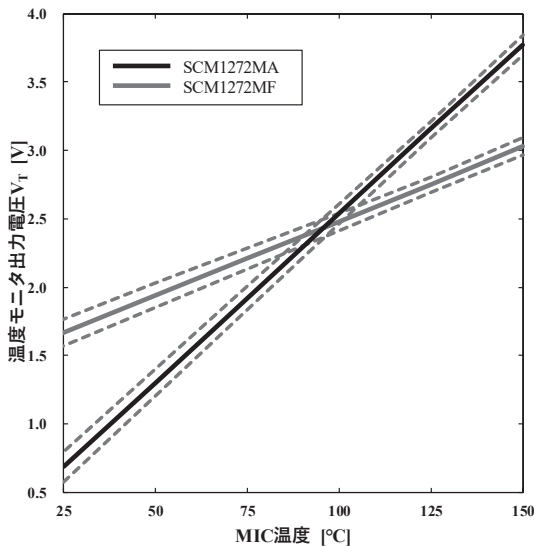


図5 温度モニタ出力電圧 V_T の比較結果

3. 製品概要

本製品の構造は、下記に示す4種のチップをリードフレーム上へマウントし、高熱伝導樹脂でモールドしている。

- ① IGBT
- ② IGBTと逆並列接続されたファースト・リカバリー特性をもつ還流ダイオード
- ③ IGBTのON/OFFの制御や各種保護を担うMIC
- ④ 高電圧側の電源電圧生成用の制限抵抗付きブートストラップダイオード

IGBT、還流ダイオード部は太線ワイヤーを、それ以外は細線ワイヤーの2種類を使用し、電気的な接続をおこなっている。

パッケージサイズは、従来品から引き続き、縦19.0mm×横47.0mm×厚み4.4mmとなる。

図6、図7にSCM1200MAシリーズ2品種の内部ブロック図を示す。図6のSCM1242MAでは、保護機能は従来品と同様に制御電源電圧低下保護機能(UVLO: Under voltage lock out)、過電流保護(OCP: Over current protection)、サーマルシャットダウン(TSD: Thermal shutdown)、同時オン防止機能を搭載している。図7のSCM1272MAでは、SCM1242MAと同様のUVLO、OCP、TSD、同時オン防止機能に加え、V相MICに温度モニタ機能(Thermal Monitor)を搭載しており、高精度のパッケージ温度検出を可能としている。

また、従来品ではThermal Monitorを搭載するV相には端子数の制約からIGBTの短絡保護も担うOCP機能が搭載されていなかったが、新製品SCM1272MAでは、外部端子を使わず製品内部で検出する方法を用いることで、短絡電流保護機能(SCP: Short circuit current protection)を実現している。これにより全相において短絡保護が可能となり、市場にて起こりえるアブノーマル状態での破壊リスク低減を図っている。

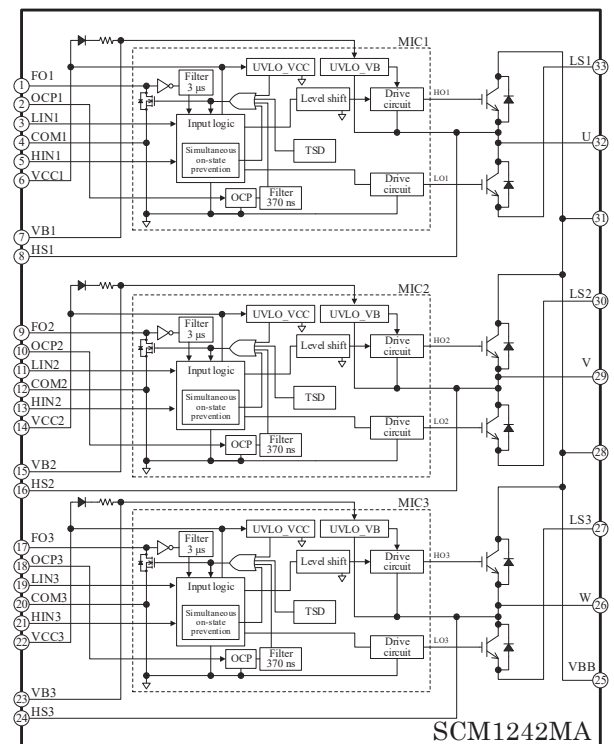


図6 SCM1200MA (SCM1242MA) シリーズのブロックダイアグラム

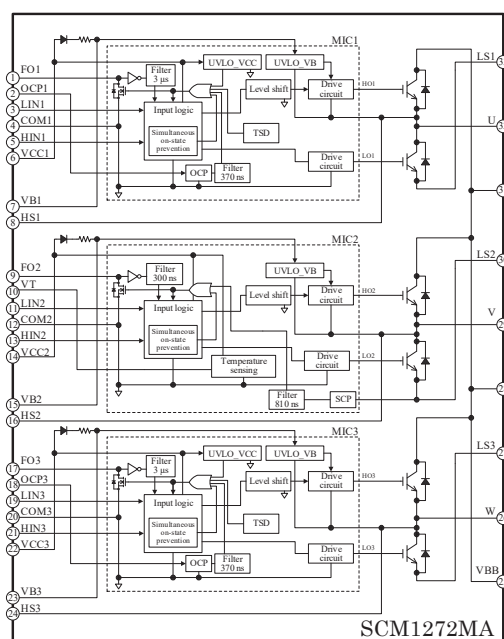


図7 SCM1200MA (SCM1272MA) シリーズのブロックダイアグラム

4. むすび

今回開発したSCM1200MAシリーズは、過剰な熱抵抗仕様の最適化を図った。放熱フィンを外すことにより、従来品からの材料費削減を実現している。また、最新MICプロセスを用いることでチップサイズのシュリンクが可能となり、温度モニタ機能の高性能化を実現する一方、コストダウンも可能となった。また、安全性をより高めるための優位性ある品質改善機能も実現した。以上より、SCM1200MAシリーズは市場ボリュームが益々拡大してく15A定格製品として、従来品よりもより一層安全であり、様々な地域で用いられやすい製品へと生まれ変わることができた。

今後、中長期的な市場要求である小型化パッケージ製品を開発し、ラインアップの拡充をおこなうことで選択肢を広げ、より使い易い製品を提供し、コストダウンや小型化に貢献していく。

表1にSCM1200MAシリーズの主な仕様を示す。V相への短絡保護機能搭載の他に過電流保護保持時間を従来品20us (min) から5.0ms (min) へと伸ばし、品質改善をおこなっている。これにより、過電流発生時にOCPアラーム信号を出力しているにも関わらずセットが停止動作にならない状況となっても、二次破壊に至るリスクの低減を図っている。

表1 SCM1200MAシリーズの主な仕様

| 項目 | 記号 | 仕様値 | | 単位 | 条件 |
|----------------------------|----------|------------|------------|------|---------------------|
| | | SCM1242MA | SCM1272MA | | |
| 絶縁耐圧 (MIN) | Viso | 2000 | | Vrms | 裏面FIN-リード端子間AC1分間 |
| 熱抵抗 (接合-ケース間) | R(J-C)Q | 3.8 | | °C/W | IGBT 1素子当り |
| | R(J-C)F | 5.0 | | °C/W | FRD 1素子当り |
| 定格出力耐圧 | VCES | 600 | | V | |
| 定格出力電流 | Io | 15 | | A | |
| IGBT出力飽和電圧 TYP/MAX | VCE(SAT) | 1.7/2.2 | | V | Ic = 15A |
| FRD順電圧降下 TYP/MAX | Vf | 1.75/2.2 | | V | If = 15A |
| ブートストラップ電源及び 制御電源低下保護電圧 | VUV*L | 11.0 ± 1.0 | | V | |
| | VUV*H | 11.5 ± 1.0 | | V | |
| 過熱保護動作 および解除温度(※1)(※2) | TDH | 150 ± 15 | | °C | |
| | TDL | 120 ± 15 | | °C | |
| 過電流保護トリップ電圧 | Vtrip | 0.5 ± 8% | | V | |
| 短絡保護トリップ電圧 | Vscpt | — | 2.0 | V | V相 |
| 過電流/短絡保護保持時間 MIN/TYP | Tocp | 5.0/10.0 | | ms | |
| 温度モニタ出力電圧(※1) | Vt | — | 3.155 ± 5% | V | V相, Tj(MIC) = 125°C |

※1 MICの温度であり、パワーチップの温度ではありません。

※2 過渡状態ではLow side MICとパワーチップの温度差が大きくなるので、この機能で熱破壊防止を保証するものではありません。