

次世代車載用 IPD “SIP1 シリーズ” の開発

Development of Intelligent Power Device SIP1 Series

川口 広明*
Hiroaki Kawaguchi

概要 電動化や自動運転化、コネクテッド化など自動車は大きな変革期に入っており、これに伴って自動車のE/Eアーキテクチャも機能分散型からドメイン型、ゾーン型へと急激な変化が起きている。

ゾーン型のE/Eアーキテクチャでは、従来のメカリレーやヒューズを用いた配電システムからIPD等の半導体を用いた配電システムへの切り替えが見込まれている。次世代ゾーン型配電システムに必要な機能を盛り込んだ次世代車載用IPD “SIP1 シリーズ”を開発したので報告する。

次世代ゾーン型配電システムでは、各ボディードメインコントローラユニットに搭載されるIPDのチャンネル数が増加するため、制御用MCUの端子資源の増加や各IPDの保護・監視にかかる演算リソースの増大を招き、開発にかかる工数の増加並びにMCUの高機能化によるBOMコストの増加が課題となる。これら問題を解決するため以下の機能を搭載した

- ①. ヒューズ代替機能として、ハードウェアでのワイヤーハーネス発煙保護機能の内蔵
- ②. SPI通信を介してのIPD状態監視および各種機能設定・保持機能の搭載
- ③. MOSチップサイズの大きさを変えることで、オン抵抗シリーズラインナップの実現

1. まえがき

近年の自動車は電動化、自動運転、通信、AI等をはじめとした新たな技術を取り込むために、さまざまな試みがなされている。特に自動運転を実現するため、E/Eアーキテクチャの変革が模索されている。E/Eアーキテクチャとは、自動車に搭載されるECUやセンサー、アクチュエータなどの各種部品を接続するシステム構造である。E/Eは電気/電子 (Electrical/Electronics)、アーキテクチャはシステム構成・設計思想を意味する。

E/Eアーキテクチャの変革は、機能分散型からドメイン型へと機能集約する形で進化してきた。さらに、ゾーン型への移行は、自動運転を見据え、車載コンピュータが運転者の代わりに車を操作することを前提としたシステムへの転換点となる。従来型の配電システムではメカリレーやヒューズが用いられるが、接点部の故障率の高さや動作時の消費電流、ECUの配置上の制約などが課題となる。そこで、ゾーン型のE/Eアーキテクチャにおいてはメカリレーやヒューズの代わりに、IPDに代表

される半導体スイッチデバイスが多数使用されることが見込まれている。

IPDとはIntelligent Power Deviceの略であり、各種保護機能などの付加機能を内蔵した半導体スイッチデバイスである。今回開発した次世代車載用IPDはハードウェアによるハーネスの発煙保護機能を搭載しており、線径や線種ごとにパラメータ調整することで、さまざまな負荷に対応した半導体スイッチ機能を提供する。本製品はこの機能により、制御用MCUの端子・演算資源を抑制しつつ、多くのIPDチャンネルを制御することを可能とし、次世代ゾーン型E/Eアーキテクチャへの適用性を高めている。

2. 製品概要

本製品は当社ZeroMOSプロセスとBCDプロセスを活用し、低オン抵抗・高ロバスト性と高度な制御機能を実現したハイサイドスイッチIC (IPD) である。パッケージには小型高放熱面実装パッケージHSSOP24を採用し、1パッケージに出力素子と制御素子の2チップを搭載している。

本製品の機能ブロック図を図1に示す。また、標準接続回路図を図2に示す。

*技術開発本部 パワーデバイス開発統括部
車載IC開発部開発1課

出力素子は複数のオン抵抗ラインナップを設け、負荷に合わせたオン抵抗製品を選択することができる。また、温度検出素子を内蔵しており、発熱源に近い箇所での過熱状態を検出することを可能としている。

制御素子には、高精度電流検出回路、A/Dコンバータ、CMOSロジック制御回路、シリアル通信ポートを搭載している。さらに、ハーネス発煙保護機能を搭載しており、負荷電流からハーネス温度を推定し、発煙前に出力を遮断することができる。ハーネスパラメータは発煙特性に合わせて柔軟な設定を行うことができ、内部の不揮発性メモリ (EEPROM) に各種設定情報を保持できる。

また、本製品には過電圧/低電圧保護機能、過電流保護機能、過熱保護機能、逆接保護、SPI通信途絶保護 (Limp Home) など、車載用途として必要なインテリジェント保護機能を有している。これらの保護機能については、シリアル通信により各動作設定とステータスを確認することができる。

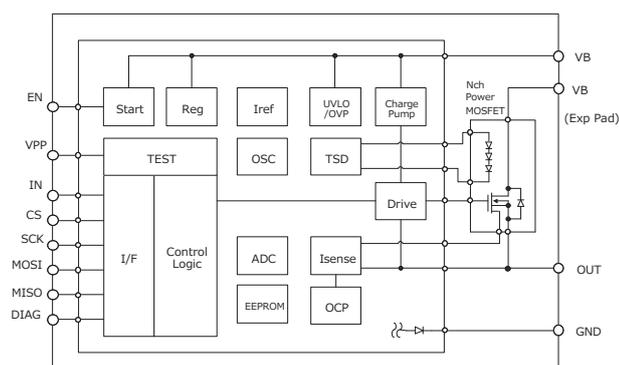


図1 機能ブロック図

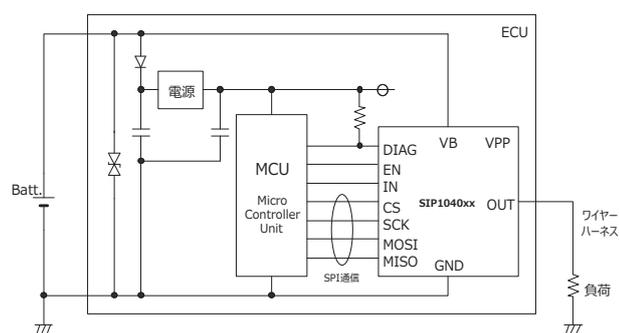


図2 標準接続回路図

3. 特長

3.1. ワイヤハーネス保護機能

本製品ではハードウェアでのハーネス温度推定によるハーネス保護発煙機能を差別化機能として内蔵した。本機能は、デジタル回路に高精度な演算回路を搭載するこ

とにより、負荷電流およびハーネスの情報からハーネスの温度推定を適宜行い、予め設定された保護温度に到達すると保護動作を行う。

ハーネスの情報および保護動作の設定は顧客にておこなうことができる。これらの設定はEEPROMに保持することができるため、一度設定することで簡単に保護機能を活用することができる。ハーネスの情報としては、さまざまな種類のハーネスに対応するため、ハーネスの物理特性に合わせたパラメータを設定可能とした。また、保護動作に関して、設定可能なパラメータの内、主なものを以下に示す。

- ・ INEN：SPI通信によるON/OFF制御切替
- ・ SR：出力スルーレート設定
- ・ LHAct：SPI通信途絶保護 (Limp Home) 動作設定

3.2. EEPROM (不揮発性メモリ)

各種設定情報を保持するためにEEPROMを搭載した。EEPROMはSPI通信を介して、書き込みおよび読み込みをユーザ自身で行うことができる。あらかじめ書き込まれた各種設定情報は、電源投入後に自動的にEEPROMから読み込まれるため、SPI通信による各種情報の初期設定が不要となる。これにより、システム全体のセットアップ時間の短縮およびECUの負荷軽減が期待できる。

EEPROMに書き込むデータには、ECC (Error-Correction Code) としてハミング符号を付加している。本符号により、送受信データの誤り検出と1ビットのデータ訂正が可能であり、システム全体のロバスト性向上が見込める。

3.3. 動作検証用評価環境

SIP1シリーズの特性評価をサポートするため、標準評価環境を構築した。

- (1) 当社IPDを3ch搭載の評価ボード
- (2) 通信およびIC制御用のマイコンボード・プログラム
- (3) ICの制御およびモニタ用のGUIプログラム

図3にSIP1シリーズ評価ボードを示す。本評価ボードとマイコンボードを組み合わせ、PCとUSBで接続することでIPDのパラメータ設定と動作モニタが可能となる。

GUIにてワイヤーハーネスの各種パラメータ、各種動作オプションの設定後、On/Offボタンで出力を制御可能となる。IPDは負荷電流とハーネスパラメータから、ハーネス推定温度を逐次演算しており、SPI通信経由で負荷電流およびハーネス推定温度、IPDのステータス情報をモニタすることができる。図4にGUIモニタ波形例を示す。

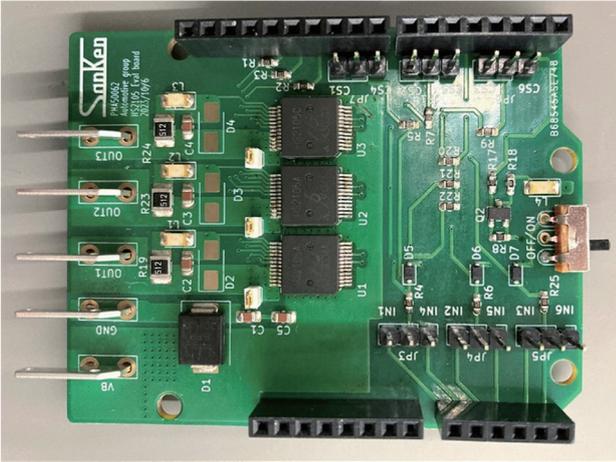


図3 SIP1シリーズ評価ボード

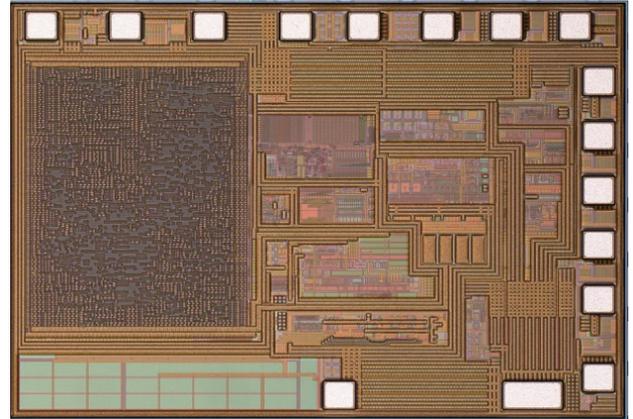


図5 モノリシックICチップ表面写真図

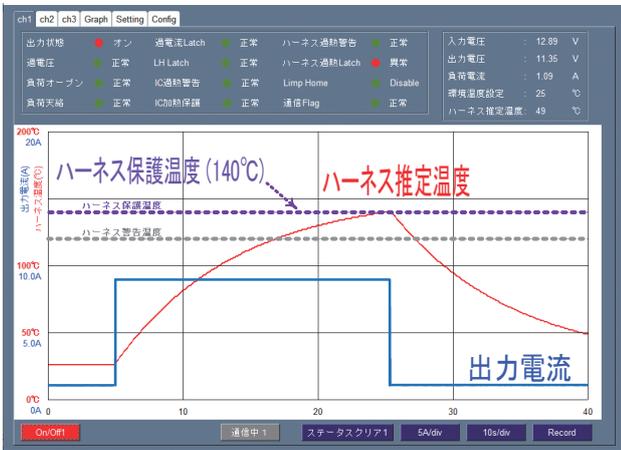


図4 GUIモニタ波形例

4. 設計

4.1. モノリシックICチップ

図5にモノリシックICのチップ表面写真図を示す。適用したプロセスは当社第8世代モノリシックICプロセスで、180nmの微細CMOSと100V耐圧の高圧DMOSを組み合わせたBCDプロセスである。BCDプロセスとは、バイポーラトランジスタ、CMOS、および低オン抵抗DMOS FETを1チップ上に集積することができるプロセスである。

CMOSロジック制御回路は、言語設計 (Verilog-HDL) を用いて効率的に設計されている。また、車載の高品質および高信頼性を確保するために、CMOSロジック制御回路の故障検出率を向上させなければならない。本製品では、ATPG (Automatic Test Pattern Generator) やIDDQテストをチップテストに導入することにより、高い故障検出率を実現している。

4.2. MOS FET

図6にMOS FETの表面写真図を示す。MOS FETは40V耐圧の当社ZeroMOSプロセスを採用している。ZeroMOSプロセスは業界トップレベルのFOM (Figure of Merit) 性能を持つプロセスとなっており、これにより小型かつ低オン抵抗を実現している。

またオン抵抗の低減にはMOS FETのウエハ厚を薄くすることが有効であるが、その場合搬送リスクや反りによる破損のリスクが発生する。その対策としてウエハを研削する際、ウエハ最外周のリム部分を残し、その内周のみを研削して薄化するプロセスを採用している。

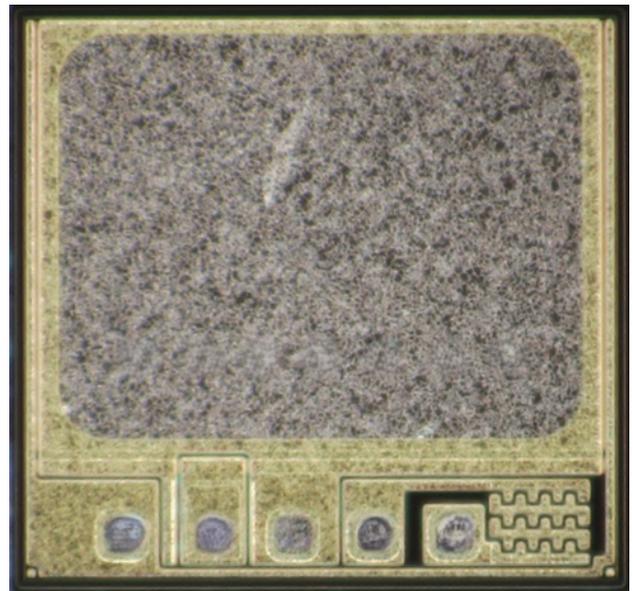


図6 MOS FET 表面写真図

4.3. パッケージ

図7にSIP1シリーズの内部構造図を示す。また外形図を図8に示す。

本製品は、放熱フィンとなる金属フレーム上に2つのチップを搭載した構造としている。本製品は、MOS FETチップサイズを変えることで、以下のオン抵抗シリーズラインナップを予定している。

9.5mΩ, 7.5mΩ, 5.0mΩ, 4.0mΩ, 3.0mΩ, 2.0mΩ,
1.6mΩ, 1.3mΩ, 1.0mΩ

モノリシックICチップと金属フレームの接続には絶縁を確保するためDAF (Die Attach Film) テープを使用し、MOS FETチップと金属フレームの接続には高熱伝導・高信頼性確保のため焼結銀を使用している。チップと外部端子の接続はワイヤーボンディングにより行っている。

5. むすび

次世代の車載用IPDとして、ゾーン型のE/Eアーキテクチャに合わせ、以下の機能を有する、次世代IPD, “SIP1”シリーズを開発した。

- ①. ヒューズ代替機能として、ハードウェアでのワイヤーハーネス発煙保護機能の内蔵
- ②. SPI通信を介してのIPD状態監視および各種機能設定・保持機能の搭載
- ③. MOSチップサイズの大きさをえることで、オン抵抗シリーズラインナップの実現

今後、オン抵抗ラインナップの拡充、さらなる機能拡張を検討し、ユーザのニーズに応える開発を行う所存である。

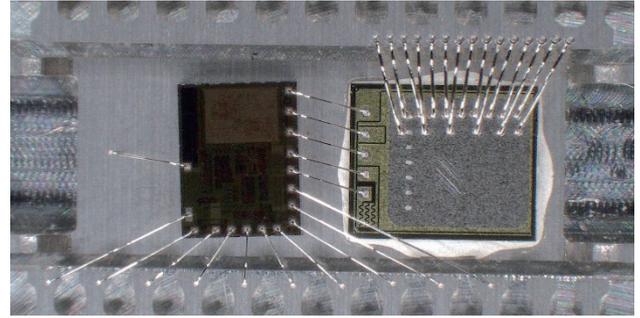


図7 内部構造図

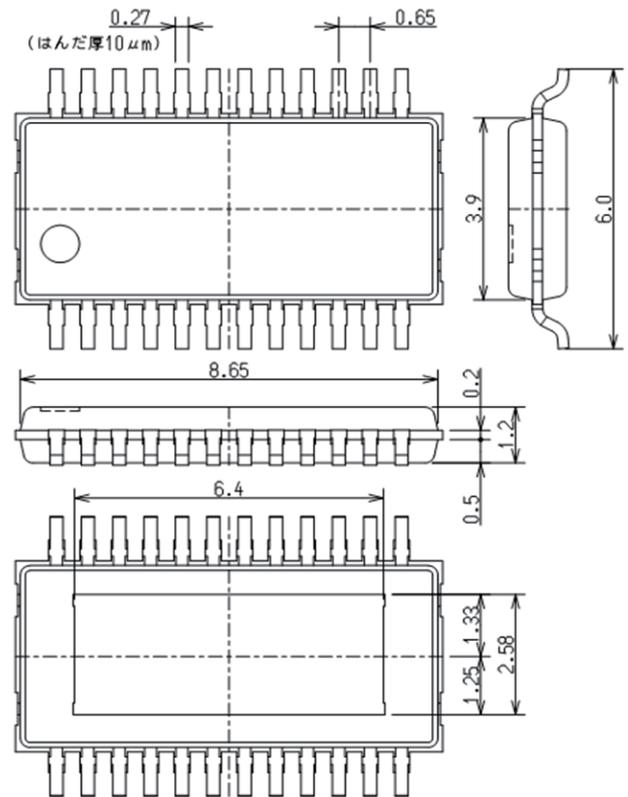


図8 外形図