

# 高機能マルチ出力パワーマネジメントIC MD6801の開発

## Development of High Performance Multi-output Power Management IC MD6801

中野利浩\*  
Toshihiro Nakano

中村勝\*\*  
Masaru Nakamura

概要 近年、車の先進運転支援システム (ADAS) や自動運転に関する技術開発が盛んにおこなわれている。ADASや自動運転システムは、カメラやLiDARなどのセンサ類や、ロケータ、ECUなど数多くの要素によって構成されており、そこで使用される電源には、要素ごとに様々な特性要求がある。

また、各要素も通信、制御マイコン、メモリ、センサなどの部品で構成されており、電圧の異なる複数の電源が必要となる。さらに、車の電子制御化にともない、機能安全規格 (ISO26262) への対応要求も増加傾向にある。そこで、プログラマブルなデジタル制御電源と、パワーMOS内蔵のアナログ制御電源を混載したパワーマネジメントIC MD6801を開発し、マルチ出力電源ボードによる動作評価をおこなったので報告する。

### 1. まえがき

近年、車の先進運転支援システム (ADAS) や自動運転に関する技術開発が盛んにおこなわれている。ADASや自動運転システムは、カメラやLiDARなどのセンサ類や、位置情報を得るためのロケータ、得られた情報から判断を行うECUなど数多くの要素によって構成されている。そのため、そこで使用される電源には、要素ごとに様々な特性が要求される。

また、各要素も通信、制御マイコン、メモリ、センサなどの部品で構成されており、電圧の異なる複数の電源が必要となる。

さらに、車の電子制御化にともない機能安全規格 (ISO26262) への対応要求も増加している。

それらの要求に対応する、プログラマブルで様々な電源トポロジーや特性要求に対応可能なデジタル制御電源と、出力段のパワーMOSFET内蔵でシンプルに電源が構成可能なアナログ制御電源を混載し、機能安全要求にも対応した高機能マルチ出力パワーマネジメントIC MD6801を開発した。

### 2. MD6801の機能と特徴

MD6801の主な特徴を以下に示す。

- ①アナログ制御6ch、デジタル制御4chのマルチ出力。
- ②60V耐圧のアナログ昇降圧コンバータ内蔵でバッテリー電圧による直接駆動が可能。
- ③アナログコンバータのスイッチング周波数は、AMラジオ帯を考慮した2MHz。
- ④デジタル制御部はプログラムにより様々な電源トポロジーに対応可能。
- ⑤CPUのデュアルコアロックステップ化や自己診断機能を搭載し、ASIL-C相当の故障検出率を実現。
- ⑥従来から大幅に強化したDSP・EPU (Event Processing Unit) を搭載し、より高度な電源制御がCPUを使わずに実現可能。
- ⑦CPUには浮動小数点对応のCortex-M4Fを採用。
- ⑧パッケージにPFBGA-225使用で小型・高機能。

#### 2.1 パッケージ

図1にMD6801の外形写真を示す。パッケージには多機能かつ小型が実現可能なPFBGA-225 (外形寸法: 13mm×13mm, 端子数: 15×15 = 225, 端子ピッチ: 0.8mm) を採用している。

製品構成はバッテリー電圧を直接入力可能な60V耐圧のアナログチップと、CPUやデジタル電源制御に必要な

\* デバイス事業本部 技術本部 電源IC事業部 開発1課

\*\* デバイス事業本部 技術本部 応用技術部 電源システム開発課

A/Dコンバータ、DSP、イベント処理用プロセッサEPU、PWMなどを搭載したマイコンチップの2チップ構成としている。

図2に端子配置図を示す。端子は高耐圧部と低耐圧部の間にはNC端子を設けるなど、オープン・ショートを考慮した配置とした。

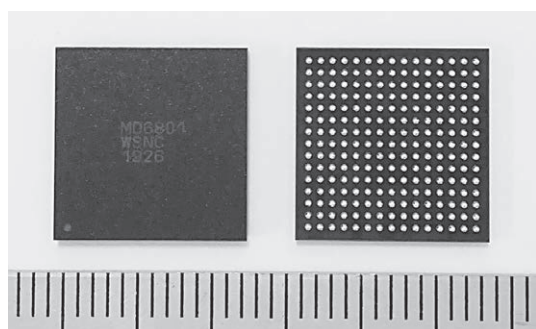


図1 製品外形写真  
(左：Top View, 右：Bottom View)

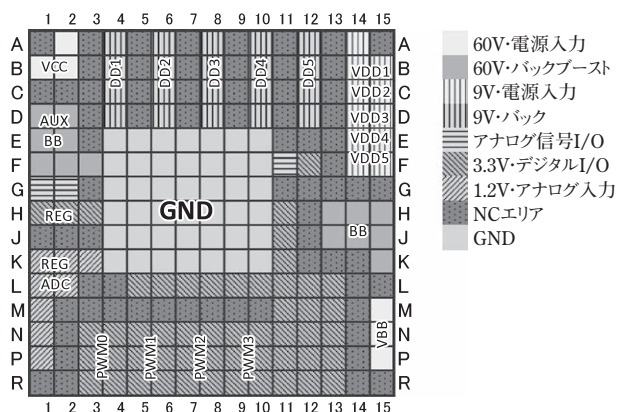


図2 MD6801の端子配置図 (Top View)

## 2.2 アナログチップ

MD6801は60V耐圧の昇降圧コンバータと9V耐圧の降圧コンバータからなるアナログチップを搭載している。各コンバータともにパワーMOSFETを内蔵しており、数少ない外付け部品で電源を構成できる。

また、コンバータの起動・停止、出力電圧・過電圧保護閾値・低電圧検出閾値などの設定は、マイコンから制御可能である。

スイッチング周波数は2MHz(typ)であるが、マイコンからのパルス信号に同期させる機能も有している。

## 2.3 マイコンチップ

マイコンチップのブロック構成を図3に示す。MD6801のマイコンチップには、アナログモジュールとして電源制御に必要な出力電圧の検出や監視用の高速A/Dコン

バータ (ADC) を19個と、基準電圧設定用D/Aコンバータ付き高速アナログコンパレータを16個搭載している。

ロジック部は、CPUには浮動小数点ユニット付き32bit CPU Cortex-M4Fを採用。デジタル電源制御の中心となるユニットとして浮動小数点演算対応DSP、マルチスレッドイベントプロセッサEPUおよび1ns分解能PWMをそれぞれ4個ずつ搭載している。DSP・EPUについては、32bit化や命令セットを拡充するなど、従来品 (MD6603 など) に対して大幅に強化した。

そのため、従来製品同様のCPUを使用しないセルフランニング方式で、より高度な電源制御を実現可能にしている。

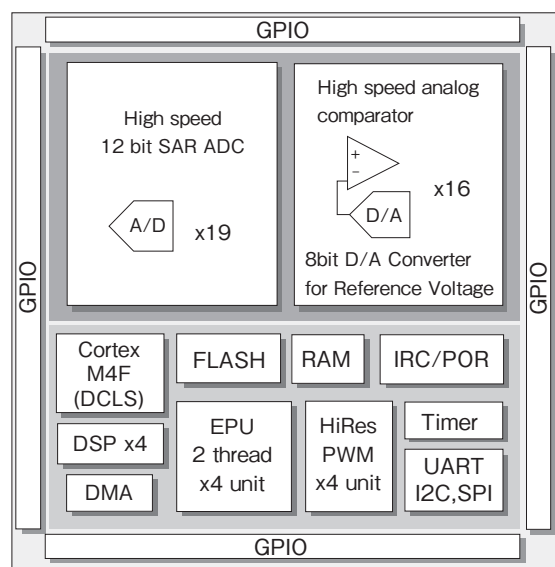


図3 マイコンチップのブロック構成

## 2.4 セルフランニング方式の制御

弊社のデジタル電源制御用マイコンMDシリーズの特徴として、CPUを使用しないセルフランニング方式による電源制御がある。

一般的にデジタル電源の制御は、出力電圧などの制御対象の値をA/Dコンバータで読み取り、その値と目標値からデジタルフィルタ演算をおこない、演算結果をもとにPWMのONデューティをコントロールすることで、フィードバック制御をおこなっている。

従来の制御方式 (図4) では、A/Dコンバータの変換データの転送やデジタルフィルタ演算、演算結果のPWMへの転送などの処理にCPUが使用されている。そのため、CPUで複数のデジタル電源を制御する場合や、他のシステム制御などにも使用する場合、タイミング設計が非常に困難となる上、ディスタર્ブが発生するため、あまり複雑な処理はできない。

一方、MDシリーズで採用しているセルフランニング方式(図5)では、A/Dコンバータ・DSP・EPU・PWMなどの各ユニットがイベントの発行や、イベントを受けて動作を開始することができる。そのため、CPUを使用することなく各ユニット間の連携で電源制御が可能であり、タイミング設計が容易になる上、CPUはシステム制御に専念できる。

さらに、MD6801ではDSP・EPUを各4ユニットずつ搭載しており、ユニットごとに独立して動作可能なため、複数のデジタル電源制御を同時におこなうことが可能である。

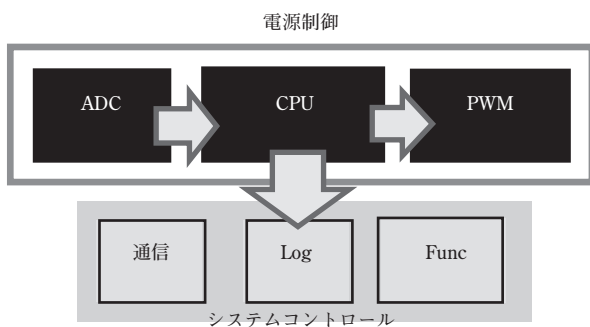


図4 従来の制御方式

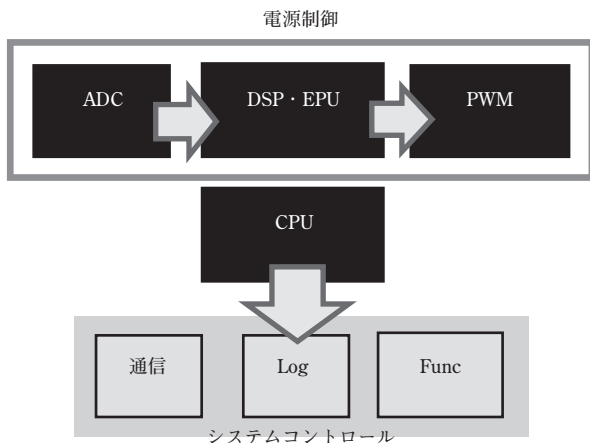


図5 セルフランニング方式

### 2.5 機能安全

機能安全規格(ISO26262)に対応するためには、規格に適合した開発フローでの開発はもとより、安全侵害につながる故障に対して、規格で定められた以上の検出率が求められる。

そのため、MD6801にはアナログチップ・マイコンチップとともに様々な安全機構を入れることで、故障検出率を高め、ASIL-C対応を想定したハードウェア構成としている。MD6801に搭載している安全機構の一例を表1に示す。

表1 MD6801の安全機構(一例)

| 機能   | 項目         | 方法                  |
|------|------------|---------------------|
| 電源動作 | 電圧異常       | コンパレータで監視           |
|      | 電流異常       | A/Dコンバータで監視         |
| 故障検出 | CPUコア      | Dual Core Lockstep  |
|      | FLASH/SRAM | ECCによるエラー検出と訂正      |
|      | 設定レジスタ     | 重要レジスタの冗長化          |
|      | クロック       | 周波数異常監視、冗長発振器       |
|      | ロジック回路     | LBIST/MBISTによる自己診断  |
|      | PKG内結線     | 専用BIST回路/CRCデータチェック |
| その他  | 異常通知       | ERROR信号出力端子         |

### 3. 試作ボードの評価結果

MD6801を使ってマルチ出力の電源ボードを試作し評価をおこなった。今回試作した評価ボードの写真を図6に示す。

電源構成は、アナログ制御方式の降圧コンバータならびにデジタル制御方式の降圧、昇圧、昇降圧、負電圧出力の各種コンバータの動作確認が行える構成とした。

各コンバータの出力電圧波形を図7~11に示す。

各コンバータともに所定電圧通りの良好な出力電圧特性を示しており、MD6801は多種多様な電源トポロジーに対応可能かつ、同時に制御できる能力があることを確認した。

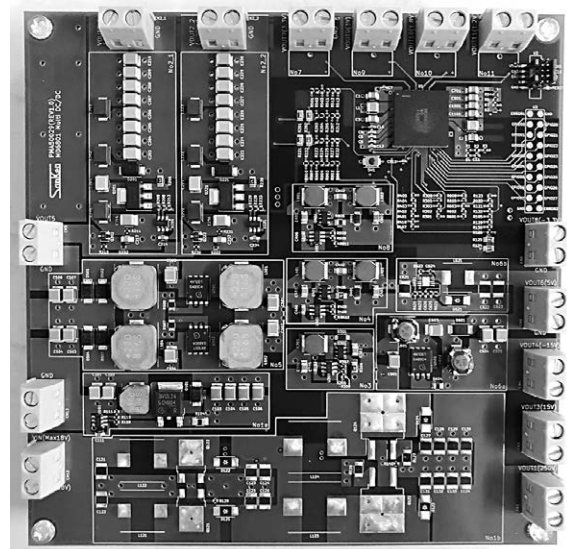


図6 評価ボードの写真

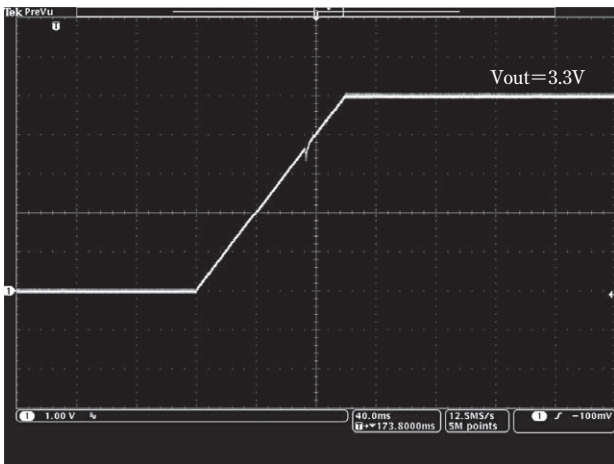


図7 アナログ降圧コンバータ出力電圧波形  
(Vout=3.3V, V: 500mV/div, T: 200 $\mu$ s/div)

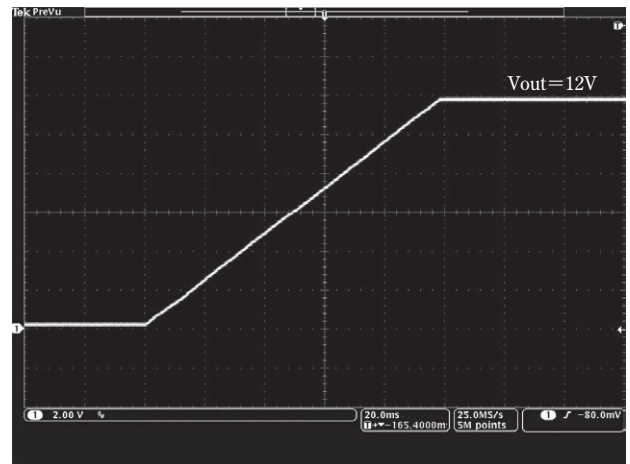


図10 デジタル昇降圧コンバータの出力電圧波形  
(Vout=12V, V: 2V/div, T: 20ms/div)

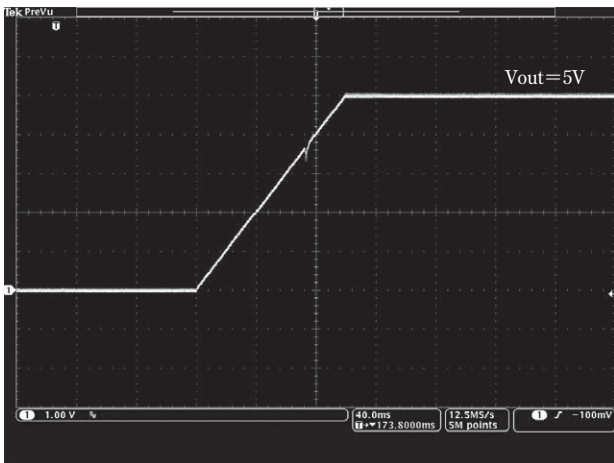


図8 デジタル降圧コンバータ出力電圧波形  
(Vout=5V, V: 1V/div, T: 40ms/div)

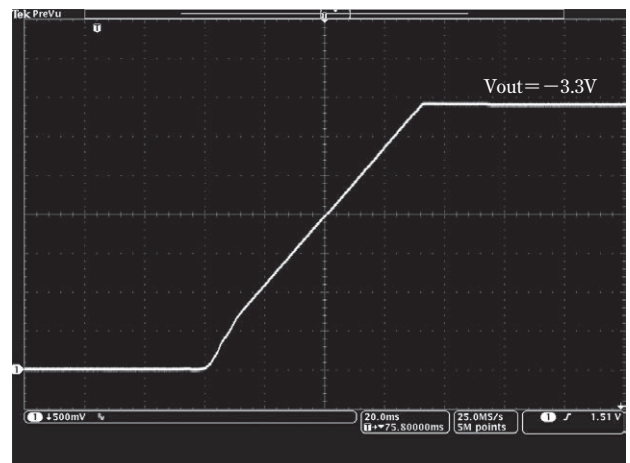


図11 デジタル負電圧出力コンバータ出力電圧波形  
(Vout=-3.3V, V: -500mV/div, T: 20ms/div)

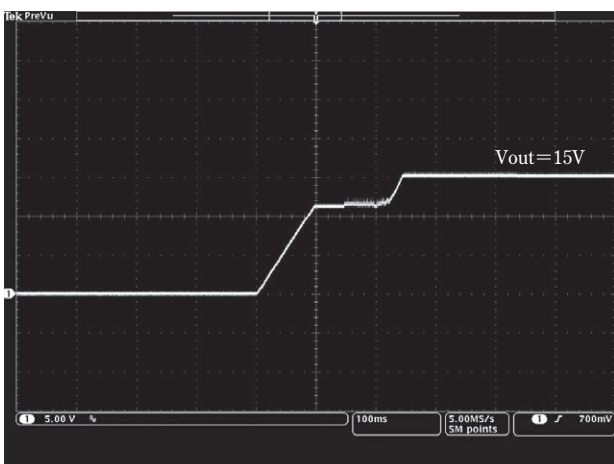


図9 デジタル昇圧コンバータ出力電圧波形  
(Vout=15V, V: 5V/div, T: 100ms/div)

#### 4. むすび

今回開発したMD6801を使って、デジタル制御方式による降圧、昇圧、昇降圧の各種コンバータおよびアナログ降圧コンバータを作成し動作確認をおこなった。結果は良好でありMD6801は様々な電源トポロジーに対応できることが確認された。

今後は、カメラモジュール、LiDAR、ECUなどのADASや自動運転のシステムに必要な負荷に対して最適な電源の構築を行っていき、適応できるアプリケーションの拡充をおこなう予定である。