

車載システムを変える “スマートパワー SoC” 低コスト化の鍵としての可能性を探る

城間 真/マルニック タック オン・セミコンダクタ

インド Tata Motors社の低価格車「Nano」に代表されるように、自動車開発においては低コスト化が大きなポイントとなっている。筆者らは、この低コスト化の鍵を握るものとして、「スマートパワー SoC」という概念を提案したい。本稿では、このスマートパワー SoCのコスト面における優位性を明らかにするとともに、モーターやLED照明の制御に適用した事例を紹介する。

モーター/センサーを200個搭載

現在量産されている自動車は、多数のモーターとセンサーを搭載している。モーターであれば、一般的な乗用車1台につき40個程度、高級車では70～120個のモーターが搭載されている*¹⁾。また、加速度、圧力、電流などのさまざまな値を検知するセンサーは、トヨタ自動車の「プリウス」の場合で100個以上搭載していると言われている。つまり、自動車1台につき、モーターとセンサーが合計で150～200個搭載されているわけだ。そして、これらのモーターとセンサーを制御するには、同じ数のドライバICも必要になる。あるいは、ヘッドライトやルームランプなどの各種照明用途にLEDを利用する動きも加速しており、その場合にはLED用のドライバICも必要になる。

こうした各種ドライバICを代替するものとして、筆者らは「スマートパワー

SoC (System On Chip)」を提案したい(図1)。スマートパワー SoCとは、以下のような回路/機能を備えた半導体製品のことである。

- LIN (Local Interconnect Network) やセンサー信号などの入出力を行うインターフェース
- CMOSロジックプロセスで製造できるプロセッサコア、RAM、ROM、フラッシュメモリーなど
- 電源IC、OTP (ワンタイムプログラマブル)メモリー、A-Dコンバータなど、耐圧60VまでのアナログICの機能
- 数Aの電流を制御できるドライバICの機能

これらは、自動車システムの制御を行うコンピュータユニットであるECU (電子制御ユニット)に搭載されている機能とほぼ同じである。つまり、スマートパワー SoCを用いることにより、1個のICをECUとして機能させることが可能になるのだ。それが難しい場合でも、ECU

*¹⁾アスモ、製品紹介ページ、<http://www.asmo.co.jp/product/>

*²⁾BCDプロセスは、Bipolar、CMOS、DMOSを用いた、特に、車載用で使われるアナログミックスドシグナルプロセスの通称。半導体メーカー各社で名称が異なるが、オン・セミコンダクタの場合、スマートパワープロセスと呼んでいる。本稿では、国内で広く使われているBCDプロセスという名称を使用する。

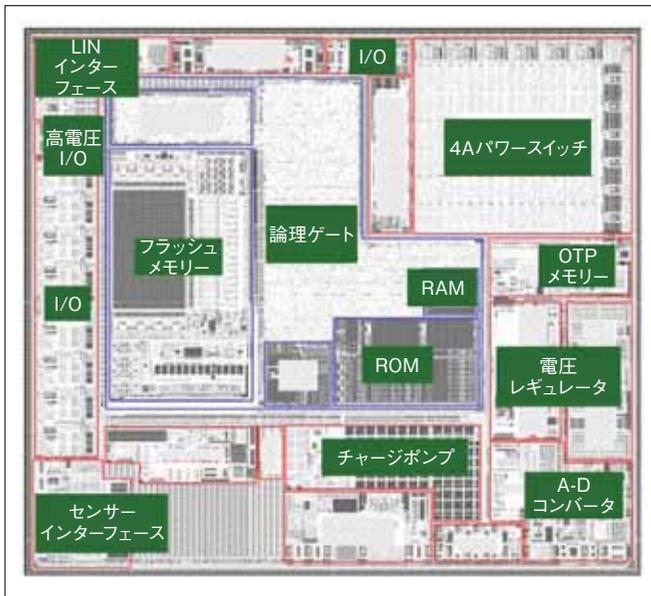


図1 スマートパワー SoCの回路ブロック図
米ON Semiconductor社の0.35 μm プロセス「I3T80」で製造されたIC。プロセッサコアを内蔵しており、オンチップのフラッシュメモリーによってプログラムを入れ替えることも可能。

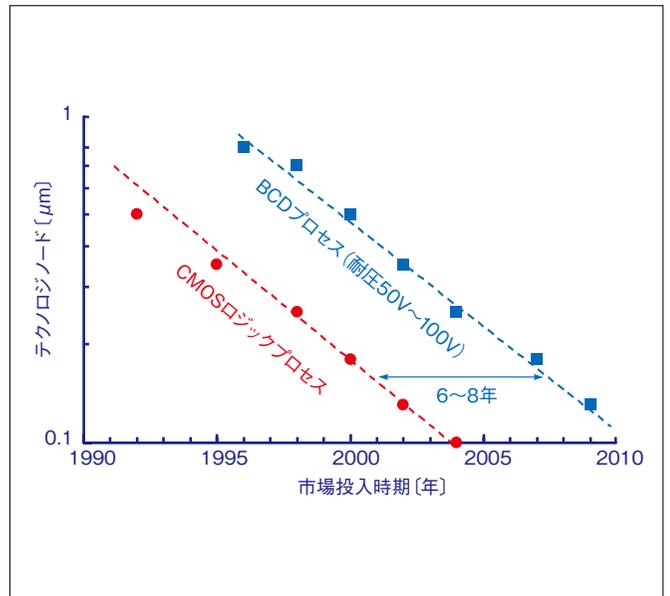


図2 CMOSロジックプロセスとBCDプロセスのロードマップ

の小型化、低コスト化や、生産ラインの簡略化を実現できるようになると考えられる。

BCDプロセスで製造

スマートパワー SoCは、マイクロプロセッサやロジックICの製造に用いられているCMOSロジックプロセスではなく、アナログ/パワー半導体の製造にも対応するBCD(Bipolar CMOS DMOS)プロセス*2)を利用して製造される。BCDプロセスは、CMOSロジックプロセスのマスクセットに、バイポーラプロセスやDMOSプロセスに対応する数枚のマスクを加えた形のものとなる。

また、BCDプロセスの微細化のロードマップは、最先端のCMOSロジックプロセスと比べて、3~4世代、つまり6~8年遅れている(図2)。車載向けに用いられるBCDプロセスであれば、さらに2

年遅れていると言われている。

このことは、BCDプロセスのベースとなるCMOSロジックプロセスの部分には、歩留りが安定していて、減価償却が完了した生産設備を再利用できるということの意味している。この場合、最先端のCMOSロジックプロセスを用いるのと比べて、製造コストは約1/2に抑えることが可能だ。

これに加えて、スマートパワー SoCの進化を語る上で欠かせないのが、バイポーラプロセスやDMOSプロセスの進展である。1990年代からさまざまな改良が加えられており、構造の堅牢さを維持しながら、微細化と低コスト化をともに実現している。例えば、ディーブトレンチアイソレーション(DTI)や、DMOSプロセスにおけるオン抵抗 $R_{ds(on)}$ の低減(p.34の図3)、動作温度範囲を規定するジャンクション温度 T_j の上限の

拡張などである。

スマートパワー SoCの車載要件

ここでは、車載用途のスマートパワー SoCに求められる要件について説明する。重視される要件は、電源と負荷に対する出力(以下、負荷出力)、通信インターフェースに対するノイズ耐性である(p.34の図4)。

■電源と負荷出力

自動車のECUにおいて、電源と負荷出力の端子に加わる代表的なノイズとして広く知られているのが、オルタネータ(発電機)から発生するロードダンプである。

一般的な自動車の内部で用いられる電力は、3相全波整流回路を用いたオルタネータから供給される(p.35の図5)。この車内唯一の電力源であるオルタネータが、ECUを破壊するレベルの大

車載システムを変える “スマートパワー SoC”

低コスト化の鍵としての可能性を探る

電流パルスが発生させることがある(図6)。これがロードダンブである。ロードダンブという名称は、一斉にロード(負荷)がダンブする(オフになる)際、オルタネータなどのインダクタンスにより発生することから付けられた。

ロードダンブは、オルタネータの3相全波整流器において、ツェナーダイオードを使ってクランプすることで回避できる。クランプ電圧は、半波で17V、グラウンドに対しては34Vとなる。クランプしない場合には、65Vもの電圧による

ロードダンブがスマートパワー SoCの電源部に印加されることになる。

■通信インターフェース

車載ネットワークのプロトコルとして広く知られているのが、エンジンやトランスミッションなどのパワートレインシステムや、ステアリング、ブレーキなどのシャーシシステムを中心に用いられているCAN(Controller Area Network)と、窓の開閉や座席の動作などボディ制御系システムに用いられているLINである。

ノイズの多い環境下で用いられるこれらの車載ネットワークのプロトコルには、高い信頼性が要求される。特に、LINの仕様では、「26.5Vまたはグラウンドショートするとき、ECUにダメージなきこと」という仕様が存在する。そのため、LINのインターフェースにはパワー半導体と同レベルの耐性が求められる*3)。

製造コストが大幅に低減

自動車では、ECUを設置するスペースが限られている。もし、消費電力が大

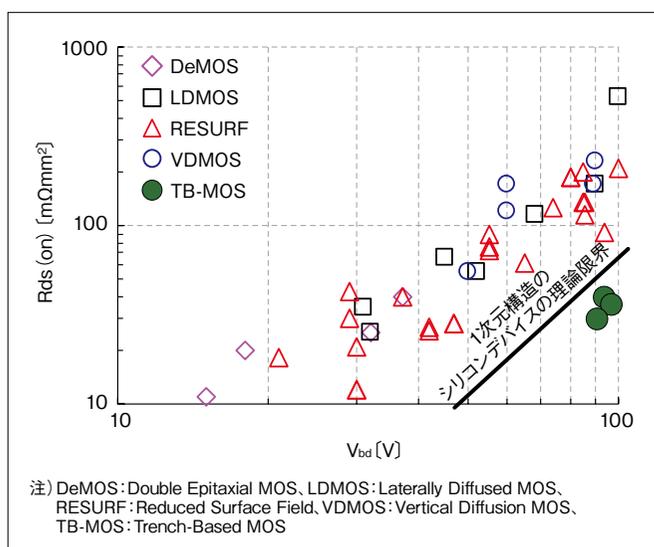


図3 各種DMOSプロセスの改良によって進んでいる面積当たりのRds(on)の減少傾向

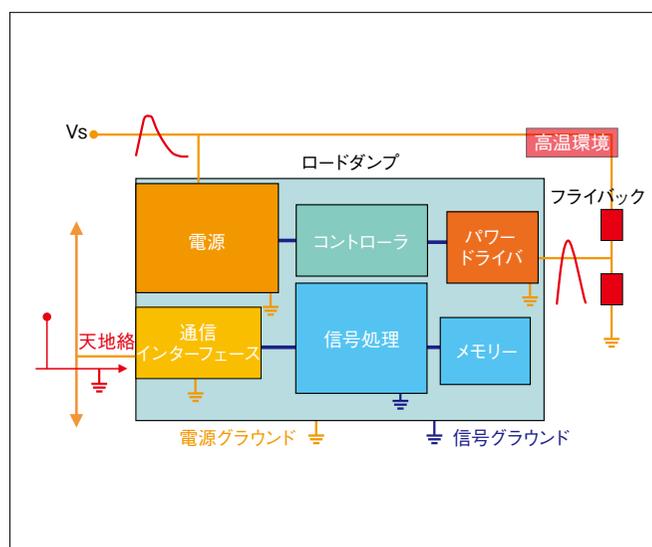


図4 ECUのノイズ環境
電源と通信インターフェースブロックの重要な機能は、ノイズからECUを保護することである。

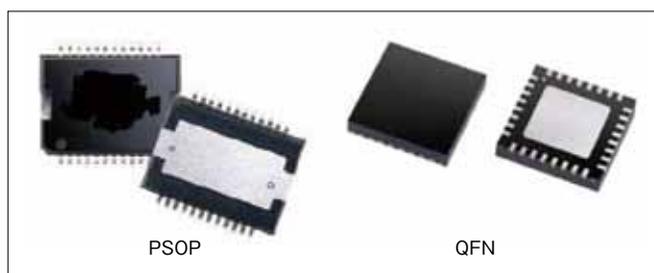


写真1 スマートパワー SoCに用いられるパッケージ



写真2 ドイツAudi社のLEDヘッドライト
アイラインを想起させる特徴的な設計により、差別化を図っている。

*3) LIN Specification package revision 2.1, <http://www.lin-subbus.org/>

きい高性能のICをECUに搭載しようとしても、そのICが発する熱を十分に冷却できない可能性がある。このため、一般的に、ECUに搭載するICに許容される消費電力は数W、消費電流は数Aまでとなる。

一方、ECUを含めた自動車の各システムの定格電圧は12Vである。この12Vのシステムで必要となる耐圧性能は、先に述べたロードダンプの要件から60V～80V程度になる。スマートパワー SoCに用いられるBCDプロセスは、消費電力、消費電流、耐圧性能に対するこれらの要件を満足しており、車載用途で用いるのに最適だと言えよう。

BCDプロセスを用いたICの導入が始まったのは1990年代からである。プロセスルールは2.5 μm で、当初はアナログ/パワー半導体の機能のみを集積していた。つまり、スマートパワー SoCではなく、「スマートパワー IC」にすぎなかった。

例えば、当時のABS（アンチロックブレーキシステム）のBOM（部品表）コストで見ると、スマートパワー ICと車載マイコンのコストはほぼ同額だった。逆に言えば、ECUに搭載するマイコンの値段に応じて、それと同等のコストがスマートパワー ICに充てられていたとも言える。

しかし、現在では、BCDプロセスの主流は0.35 μm ～0.25 μm にまで進化している。プロセスの微細化によってチップに集積できる機能が増え、スマートパワー SoCと呼べるものが中核を成すようになったのである。

微細化による最大の変化は、CMOSロジックプロセスによる部分のコストが劇的に減少したことだ。これによって、ハードウェアロジックの機能の多くを

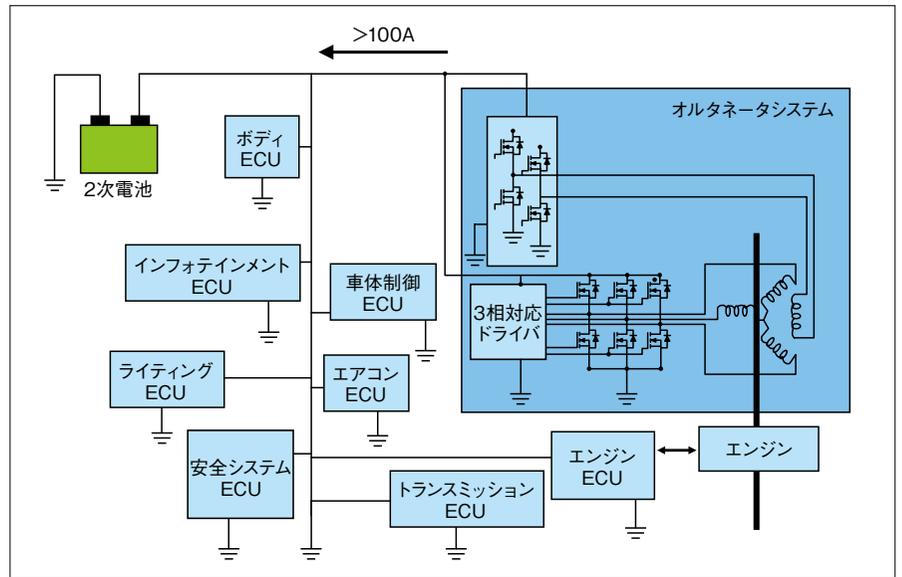


図5 車載システムの電源供給ライン
自動車の各種システムには、オルタネータから電力が供給される。

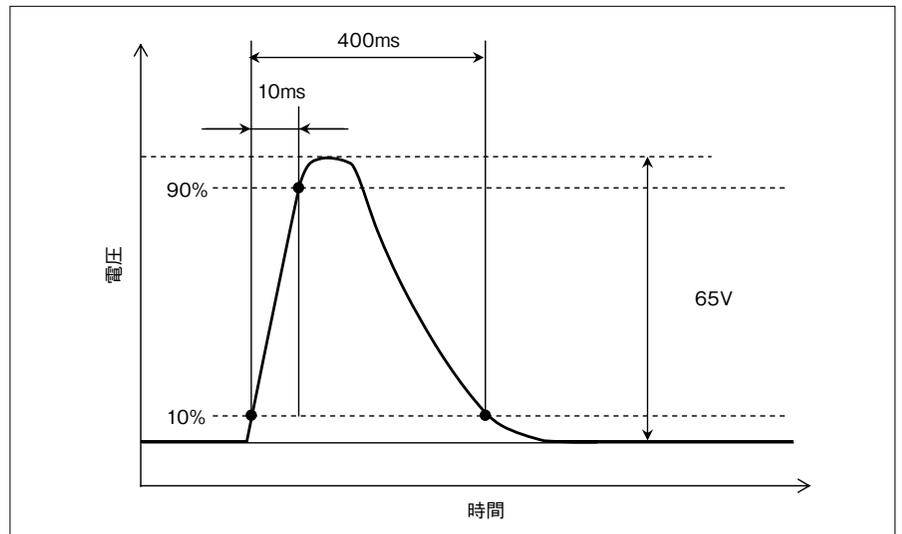


図6 ロードダンプの波形の例

チップ上に搭載できるようになった。16ビットのプロセッサコアのゲート数は約2万個で、チップ面積の1/10を占める程度にすぎない。そういう意味では、プロセッサやロジック回路の機能は、アナログ/パワー半導体に付加された“おまけ”

のようにも考えられる。しかし、機能面では、ICに大きな差異化をもたらしてくれる。

現在のスマートパワー SoCは、以前と比べてパッケージコストも激減した。1990年代に広く用いられていた大型の

車載システムを変える “スマートパワー SoC”

低コスト化の鍵としての可能性を探る

パワー半導体のパッケージに代わって、2000年代に入ってから、車載用途でもリードフレームが外に露出しているEP (Exposed Package) デザインのSOP/QFNパッケージが主流となってい

る(p.34の写真1)。パッケージコストは、50米セントから10米セントへと、約1/5に低減された。一方で、パッケージのサイズが著しく小さくなったにもかかわらず、放熱性能も保たれている。

1チップでECUの機能を実現

続いて、スマートパワー SoCの適用事例を紹介する。

図7は、ヘッドライトの配光制御を行うAFS (Adapting Front Lighting System)用のモーターを1チップで駆動することができる、スマートパワー SoCの周辺回路図である。このICは、2006年ごろから量産されている。外部への結線は、Vs(電源電圧)、GND(グラウンド)、そして自動車内のほかのECUと通信するために用いられるLINインターフェースだけだ。LINを用いることによって、動作時の条件などを設定したり、故障診断情報を出力したりすることができる。スマートパワー SoCを用いることで、ほとんどのECUの機能を1チップで実現できることから、ノイズ対策も容易である。

■LED照明での利用

次に、LEDヘッドライトの制御への適用例を紹介する。

LED照明は、消費電力が少ない“環境に優しいテクノロジー”として着実に自動車への採用が増加している*4)。また、LED照明は、白熱電球や蛍光灯などと異なり、点光源であるLEDデバイスを用いることで、形状と光束(明るさ)を自由に調整できる。このため、自動車のエクステリア(外形)のデザイン性に優れていると言われている(p.34の写真2)。さらに、瞬時に照度を変化させられるLEDがもたらす幻想美は、流線型の車体を持つ機能美とは異なる新しい次元の魅力を自動車にもたらすことができる。

このような特徴を持つLED照明を制御するのにスマートパワー SoCを活用することができる。図8は、LEDヘッドライト向けスマートパワー SoCの周辺

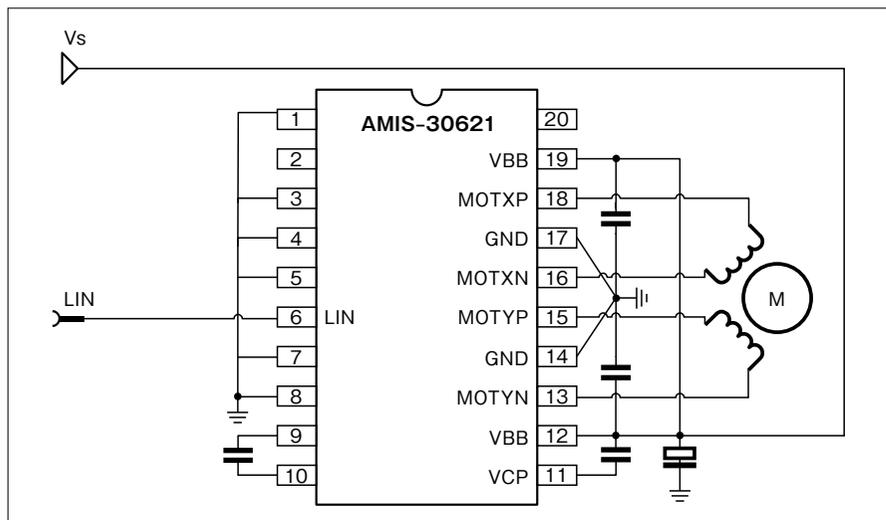


図7 AFS向けスマートパワー SoCの周辺回路図
端子数は20本。マイコンを内蔵しており、LINのノードとしてモーターを制御する。

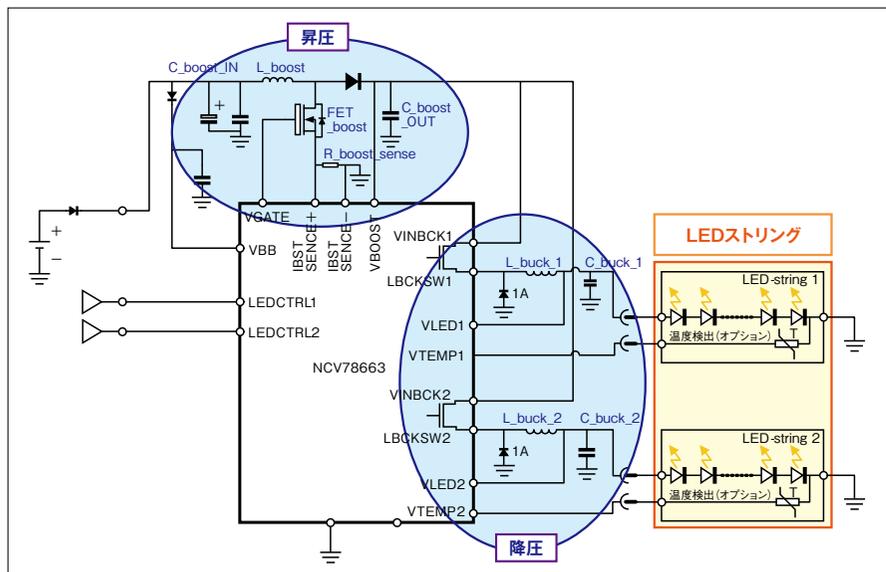


図8 LEDヘッドライト向けスマートパワー SoCの周辺回路図
2本の独立したLEDストリングを駆動することが可能である。電源、制御ロジック、ROMを内蔵する。OTPメモリーにより組み立て工程でトリミングし、目的に応じた特性に合わせ込む。

*4) 『輝き放つ車載LED』(Automotive Electronics 2010年春号、p.18)

回路図である。このICは、昇圧回路と降圧回路を両方備えているので、1本のLEDストリングに必要な入力電圧が、電源電圧より低い場合でも高い場合でも、LEDを駆動することができる。ここで重要なのは、1本のLEDストリングを駆動するのに必要な入力電圧が、LEDストリングに直列で接続されるLEDの個数に比例することと、LEDヘッドライトのデザイン性が、使用するLEDの個数に左右されることである。つまり、このICを使用することで、LEDの個数を気にすることなく、ヘッドライトをデザインすることが可能になるのだ。また、スマートパワー SoCでは、OTPメモリーによるパラメータの最適化が可能である。すなわち、LEDの個数にある程度、プログラマブルに対応できる。照度と点灯方法の変更に必要なPWM(パルス幅変調)駆動方式におけるデューティと

周波数の増減も、スマートパワー SoCでは自由に設定することが可能である。

さらに、LEDは、ほかの光源に比べて低電圧/低電流で動作するので、スマートパワー SoCを用いた駆動に特に適している。白色LEDは、1個当たりの順電圧が4V弱である。ヘッドライトなどに用いるLED照明は、何個かの白色LEDを直列につないだLEDストリングによって構成されている。例えば、10個の白色LEDを接続したLEDストリングには約40Vの入力電圧が必要になる。そして、これらのLEDストリングに流れる電流は1A~2Aである。これらの電圧/電流の値は、前述したように、スマートパワー SoCの製造に用いるBCDプロセスの条件と一致する。

パラメータ変更による最適化

次に、LED照明を例にとり、スマート

パワー SoCを用いて制御可能なパラメータについて触れる。

ドライバーの視覚を助ける役目をするヘッドライトでは、安全性と機能性の観点から、光束とカラーバランスを調整する必要がある。しかし、LEDにかかる電圧と電流の関係は直線的ではなく、さらにLEDの色度は流れる電流値によって変化してしまう。ここで、内部のレギュレーションループを最適化して所望の電圧と電流の値を得られるようにすれば、適切な光束と色度の明るさを持つLEDヘッドライトを構成できる。スマートパワー SoCを利用すれば、このようなことを容易に実現可能である。

スマートパワー SoCのパラメータを、パソコンなどを用いて設定できるよう形で提供されることが一般的となるだろう。p.38の画面1のように、スマートパワー SoCやLEDを基板に実装する際、

EDN
Japan

CD-ROM版がお求めやすくなりました!

Part 1

アナログ機能回路

Part 2

パワー関連と電源

Part 3

ディスプレイと
ドライバ

Part 4

計測とテスト

Part 5

信号源とパルス処理

世界のエンジニアが生み出した

珠玉の電気回路 200 選

好評
発売中!!



EDN Japanの人気連載『DesignIdeas』を1冊の本にまとめました!

過去7年間に掲載された記事の中から200本をセレクトし、5パート構成で収録しています。

数量
限定

CD-ROM版 (PDF形式)

特別価格 3,675円 (本体 3,500円)、送料別

書籍版(約300ページ)の内容をそのままCD-ROMで。PDFの検索機能を利用できます。

お買い求めは、http://www.reedbusiness.jp/online_shop/ から。

※書籍版は、只今、品切れ中です。

CANON COMMUNICATIONS

〒107-0051 東京都港区元赤坂1-7-10元赤坂ビル8F TEL 03-3402-0425 FAX 0120-852313

車載システムを変える “スマートパワー SoC”

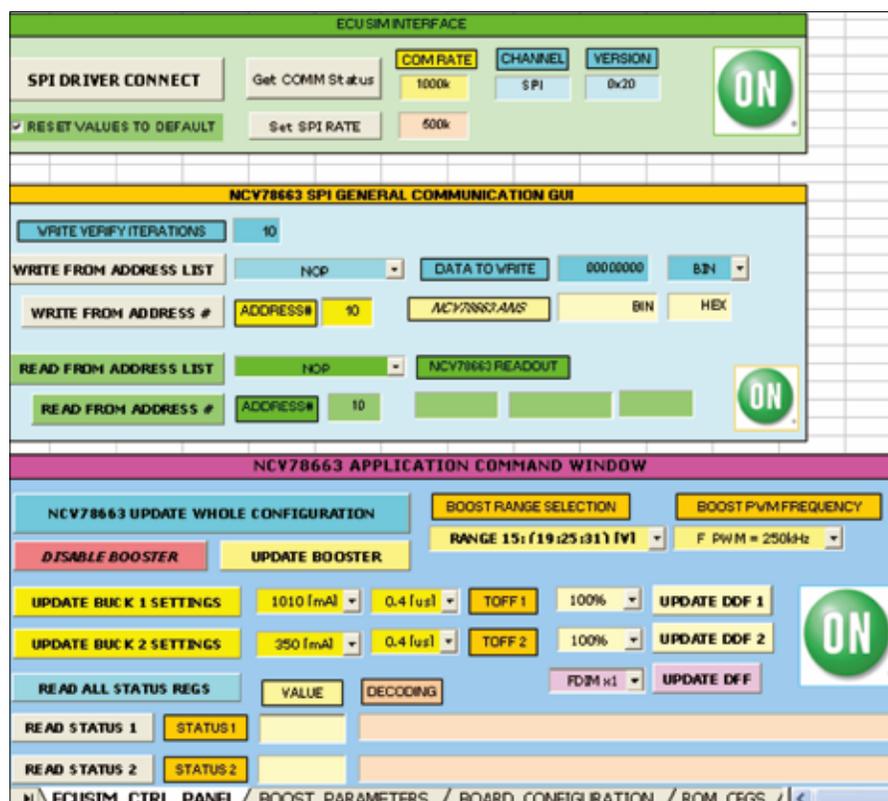
低コスト化の鍵としての可能性を探る

OTPメモリーを用いてパラメータのトリミングが行える。これにより、LEDデバイスの特性の個体ばらつきを吸収できるので、特性値の低いLEDデバイスも無駄にすることなく利用可能だし、システム全体としてのコスト低減にも貢献できる。さらに、スマートパワー SoCは、フラッシュメモリーの書き換えによって制御ループを最適化することができるので、性能が向上した新たなLEDを用いる製品を開発する際にも、設計の大幅な変更を行う必要がない。

設計コストの低減

今後、0.35 μm ～0.25 μm のBCDプロセスで製造されたスマートパワー SoCが、自動車のセンサー、モーター、LEDなどを制御する用途に広く適用されるようになるだろう。そこで重要なのは、スマートパワー SoCを製品化する際に、最終的な採用を目指す自動車システムにおいて利用されるときモデルを明確化し、システム全体として所望の精度を実現できるようにパラメータを調整することである。スマートパワー SoCは、バイポーラ、CMOS、DMOSを1チップに集積したものとなるが、それらを1つのモデルによって取り扱うことで、システム全体を最適化することが容易になる。つまり、BCDプロセスを採用したICの特徴である抵抗分割比の正確さ、あるいはICを用いることによる配線の短さといったメリットを生かし、それらを表現したモデルを利用することにより、ECUが必要とする制御の精度を容易に得ることが可能なのだ。このとき、個別部品によってECUの機能を構成する際に用いていた方法論は捨てることになる。

スマートパワー SoCを用いたECUの場合、その製造工程も大幅に簡素化さ



画面1 スマートパワー SoCのパラメータ設定画面

れるだろう。個別部品を用いる場合、部品の誤差が累積されるため、所望の最終精度を得るために誤差の少ない部品を選別し、実装する必要がある。これに対して、スマートパワー SoCを使う場合は、1つのICのパラメータを調節するだけでよい。

また、スマートパワー SoCは、1チップでシステムのさまざまなバリエーションに対応できることも大きな特徴とする。例えば、LEDヘッドライトなどであれば、車種によって使用するLEDストリングの本数が異なることがある。さらに、点灯パターンが異なることもある。こうした場合、従来であれば新たにLEDコントローラのシステムを作り直す必要があった。スマートパワー SoCは、このよ

うなさまざまな要件変更にも、パラメータの設定変更だけで対応できるのである。

今、この瞬間にも、スマートパワー SoCの製造に用いるBCDプロセスは進化を続けており、車載用途への適合性を高めている。現在、AUTOSAR (Automotive Open System Architecture)やJasPar (Japan Automotive Software Platform and Architecture)によりECUのソフトウェアの標準化が進められているが、ソフトウェアのみならず、ハードウェアも含めて業界全体にわたる標準化を推進することが、大幅なコストダウンの鍵になるだろう。スマートパワー SoCは、ハードウェア領域での標準化を進める上で鍵となるデバイスに位置付けられる可能性もある。 □