

LIN通信機能付き汎用オルタネータ用レギュレータIC：AR3004

Alternator Regulator IC with LIN Interface: AR3004

松 本 行*
Kou Matsumoto

概要 近年、CAN、LIN、FlexRayなど、自動車の高機能化を支える車載ネットワークは、自動車に搭載される様々な装置から、部品レベルにまで広く浸透している。当社で製造する車載用パワーICでは主にカスタムIC対応として車載ネットワークへの対応を行ってきたが、今回、汎用ICとしてLIN 2.2A仕様に準拠したオルタネータレギュレータIC：AR3004を開発したので報告する。本ICを用いることで様々な仕様のオルタネータを自由に制御することが可能となる。

1. まえがき

自動運転への対応など、自動車における利便性と安全性の向上要求はさらに厳しくなり、各種センサとその情報をもとに制御を行うECU (Electronic Control Unit) は増加し、車内配線の複雑化をもたらしている。そのため、車内多重通信プロトコルの重要性は高まり、装置間通信から更に部品間通信へと要求が広まっている。

代表的な車内多重通信プロトコルとしてはCAN通信 (Controller Area Network) やLIN通信 (Local Interconnect Network)、などがある。CAN通信は高速、高信頼性が求められるエンジンやABSなどのECUで採用されている。一方、低コストでシステムを構築できるLIN通信はセンサやアクチュエータなどの低速通信の制御に広く採用されており、コスト削減の要求から今後もLIN通信が使用されるケースは更に増えると考えられる。

そのような中で、当社ではLIN通信機能付きオルタネータ用レギュレータIC：AR3004の開発を行った。本ICは緻密な発電制御を行うための様々な出力制御機能とモニター機能を有しており、これらとLIN通信を組み合わせることで様々な仕様のオルタネータを自由に制御することが可能となる。本稿ではその詳細について報告する。

2. 製品の概要

今回開発したAR3004のLIN通信はLIN 2.2A仕様に準拠している。

ICプロセスには当社独自の第6.5世代BCDプロセスを採用し、パワー MOSFETとフライホイールダイオード、LIN通信を含む制御回路を1チップに集積化している。パワー MOSFETとフライホイールダイオードはCu配線の採用により低損失設計となっている。

パッケージは放熱性が良く、汎用性の高いパッケージであるTO220-5を採用した。チップ接合にはAgペーストを使用し、完全Pbフリー化を実現した。パッケージとチップの詳細については次節にて説明する。

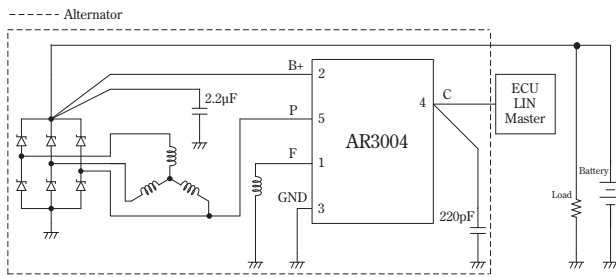
本製品はLIN通信により制御電圧、フィールドコイル電流上限値、LRC (Load Response Control) 時間、LRC解除回転数などの特性調節が可能になっている。制御電圧は10.625V～16.000Vの間で25mV単位で設定可能となっている。フィールドコイル電流上限値は0.1A～12.7Aの間で0.1A単位で設定可能となっている。LRC時間は0～15sの間で16通りの選択が可能となっている。LRC解除回転数は2400rpm～8010rpmの間で16通りの選択が可能となっている。また、LIN通信により、オルタネータ出力電圧 (B+電圧)、フィールドコイル電流、出力Duty、チップ温度、オルタネータ回転数などのモニターと、過電圧、低電圧、過熱、無回転、通信エラーなどの異常検知が可能になっている。さらにID設定やPole設定、LIN通信が途絶えた際のデフォルト動作設定などをヒューズROMに書き込む機能を搭載している。

* デバイス事業本部 技術本部 IC事業部 開発1課

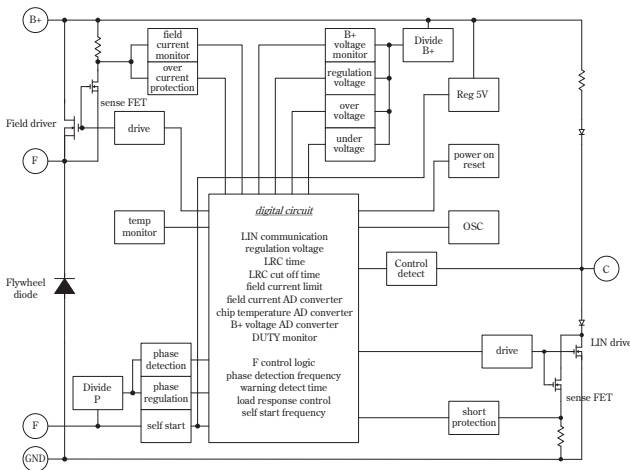
3. 設計

3.1 回路構成および動作

図1に今回開発したAR3004のブロック構成図を示す。オルタネータの界磁電流を制御するためのフィールドドライバとフライホイールダイオードで構成されるF端子出力回路、LIN通信を行う為のLINドライバーを含むC端子通信回路、各回路を保護するための各種保護回路、ICの動作状態をLIN通信で出力するための各種モニター回路および各回路を制御するCMOS制御回路を内蔵している。各種モニター回路ではモニター精度を向上するためにレイアウト配置や回路構成に当社独自の工夫を行っている。



(a) 標準接続図
Standard connection



(b) 機能ブロック図
Functional block diagram

図1 ブロック構成図
Block diagram

図2にタイミングチャートを示す。LIN通信前の待機状態では、待機電流抑制回路が動作し、バッテリー漏れ電流を低減している。待機電流は80µA以下を達成している。LIN通信の信号がC端子に入力されると、待機電流抑制回路が解除され、発振回路 (OSC) およびチャージ・ポンプ回路が動作し、F端子出力が一定のDutyで界磁電流を通電する初期励磁状態となる。その後、エンジ

ンが始動し、オルタネータが回転すると発電が開始しP端子電圧が上昇、始動応答状態 (LRC動作) となる。始動応答が終了しB端子電圧が制御電圧に達すると定電圧制御状態となる。

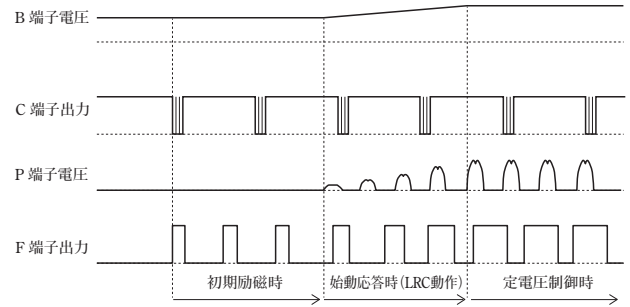


図2 タイミングチャート
Operation timing chart

3.2 チップ外観および適用したプロセス

図3にICのチップ表面写真図を示す。今回開発したAR3004には、第6.5世代BCDプロセスに加えてCu配線を適用している。第6.5世代BCDプロセスとは、バイポーラトランジスタ、CMOS、DMOS (Double diffused MOS) を1チップ上に集積することができる0.22µmルールの新プロセスである。Cu配線はICプロセス完了後、Cuを電解メッキにて堆積することで形成する。Cu配線によりパワーDMOSのオン抵抗低減、大電流化、Active Padでのチップサイズ低減を可能にしている。

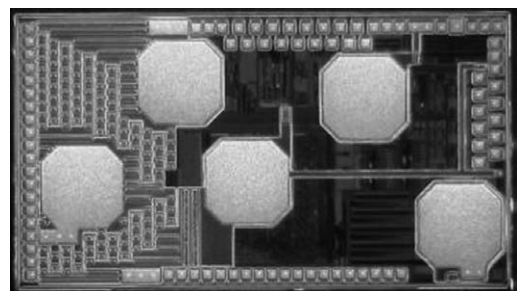


図3 制御用ICの表面写真図
Controller IC front surface photograph

3.3 構造および外形

AR3004の内部構造図を図4に、外形図を図5に示す。AR3004は1チップ構成となる。構造上のポイントを以下に示す。

①MICの接着

完全Pbフリー化に対応するため、ICの接着にはAgペースト接着剤を用いた。Agペースト接着剤の厚

みをコントロールすることで熱抵抗は3.25°C /W以内を達成した。

②内部配線

最大出力電流13Aに対応する為、線径200 μ mのAlワイヤーを採用した。

③モールド樹脂

モールド樹脂には低吸湿・高接着樹脂を採用し、信頼性を向上させた。

④外形

放熱性が良く汎用性の高いTO220-5パッケージを採用した。

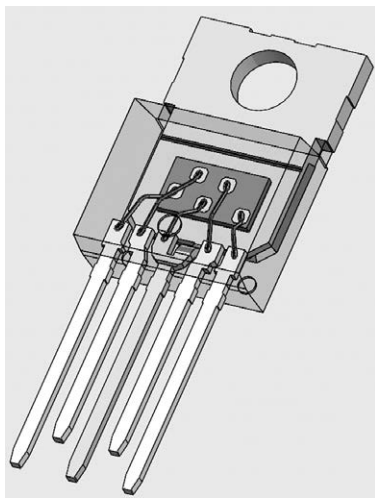


図4 内部構造図
Internal structure

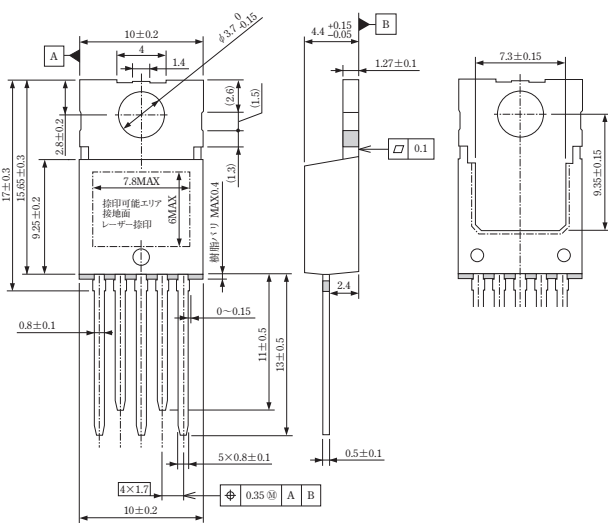


図5 外形図
Outer shape drawing

4. 製品仕様と製品特性

本ICの電気的特性を表1に示す。低損失と高精度を両立した仕様となっている。本ICの代表特性を図6～図8に示す。

表1 電気的特性 (Ta=25°C)
Electrical characteristics (Ta=25°C)

項目	記号	規格値			Unit
		min	typ	max	
デフォルト制御電圧	Vreg_def	13.8	14.0	14.2	V
LIN通信時制御電圧	Vreg	Vset-0.2	Vset	Vset+0.2	V
温度特性	VregT_def	-2	0	2	mV/°C
過電圧保護	VBH	17.0	17.5	18.0	V
低電圧警報	VBL	9.5	10.0	10.5	V
待機電流	IB	—	—	80	μ A
出力飽和電圧	VBF	—	—	0.5	V
Di順方向電圧降下	VEF	—	—	1.2	V
発振周波数	F	138	150	162	Hz
初期励磁時デューティサイクル	DF	15	20	25	%
LIN通信時界磁電流制限	IF lim	Iset-0.2	Iset(>2A)	Iset+0.2	A
		Iset \times 92.5%	Iset(\leq 2A)	Iset \times 107.5%	
C端子過電流保護	Cocp	40	—	200	mA
過熱保護	TSD	—	165	—	°C

図6にLIN通信制御電圧特性を示す。LIN通信制御電圧特性とはLIN通信からの指示値 (set voltage) に対する実制御電圧値であり、10.625～16.000Vの範囲で高い直線性と精度を実現することができた。

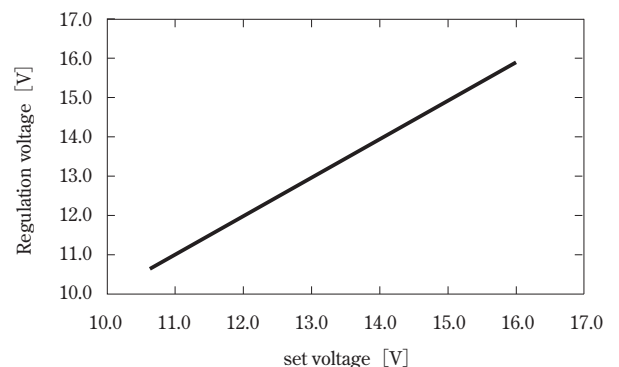


図6 LIN通信時制御電圧特性
Control voltage characteristics during LIN communication

図7にフィールドコイル電流検出特性を示す。フィールドコイル電流検出特性とはフィールドコイル電流に対するモニター電流値である。フィールドコイル電流検出特性は0A～10Aの範囲で高い直線性と精度を実現することができた。

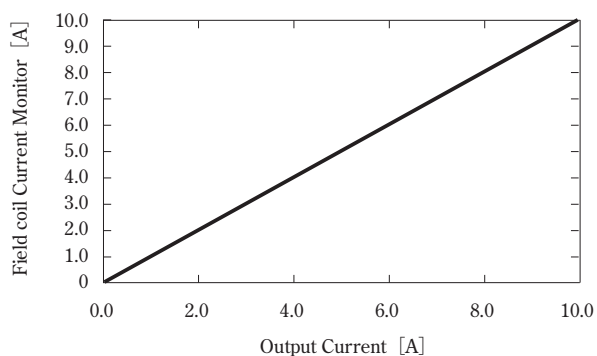


図7 フィールドコイル電流検出特性
Field Coil Current Monitor characteristics

図8に出力負荷特性を示す。出力負荷特性とはオルタネータの出力電流に対する制御電圧特性である。独自の制御論理を搭載することで安定性に優れた制御を行う製品となっている。

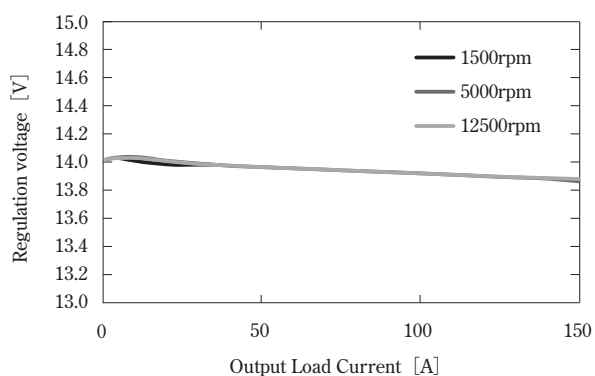


図8 出力負荷特性
Control voltage vs output load current characteristics

5. むすび

今回、LIN通信機能付きオルタネータ用レギュレータICの開発を行った。第6.5世代BCDプロセスに加えてCu配線を採用し、小型で低損失、高精度な製品とすることができた。また、特性に優れているのみでは無く、完全Pbフリー製品として2019年のヨーロッパのRoHS指令にも対応できる、環境に配慮した製品とすることができた。

今回の開発で確立したLIN通信の技術は今後の製品開発に活用していく予定である。