ADASカメラシステムの機能安全性を強化する電源・通信ソリューション

White Paper

・ADAS の市場動向とロームの取り組み

近年、自動車分野における ADAS（Advanced Driver-Assistance Systems：先進運転支援システム）は、自動車の安全に向けた世界的取り組みから、普及の流れを作った欧米を始め、中国や日本を含む東アジア、最近ではインドなどでも、搭載促進や義務化に向けた動きが加速している。それに伴い ADAS を構成するうえで必要となる車載のカメラシステム、Radar（レーダー）、LiDAR、そして複数のセンシング技術を融合させるセンサフュージョンシステムの開発もまた加速している。

中でもカメラシステムは、従来アラウンドビューシステムで多く用いられてきたこともあって、周辺環境のセンシングにおいて重要な役割を担っており、Radar と並んで車一台あたりの搭載数が多いセンシングシステムとなっている。カメラシステムは今後、さらなる市場成長が見込まれるなか、カメラ搭載数の増加、通信する情報量の増加、ノイズなど外的要因に対する安定動作、そして電力の限られた自動車で多くのシステムを扱うために、より低消費電力の動作をしなければならない等の課題が顕在化している。そして、より安全なシステムを構築するために、故障に対するリスクを明確にし、不具合の発生時に許容できるレベルの安全を確保する”機能安全”に対応することも求められている。

これらの課題を解決するために、ロームは従来から取り組んできた「低消費」「低ノイズ」といった性能面の強化に加えて、”機能安全”の考えを取り入れた製品開発を進めてきた。具体的には、機能安全を実現するための開発プロセスを標準化した規格、ISO 26262 の ASIL-B に準拠した、カメラモジュール向け PMIC（Power Management IC：パワーマネジメント IC）：BD868xxMUF-C をリリースしている。この製品は、安全機構として通知機能を搭載した PMIC としては業界最小パッケージ※1 で、小型化要求が強いカメラモジュールに最適な電源機能を提供可能である。

※1)2022 年 4 月 ローム調べ

・ロームの ADAS カメラシステム向けソリューション概要

カメラシステムは、車のあらゆる箇所に設置されるシステムであるが、細かくは映像を撮影するカメラモジュールと、カメラモジュールを制御し映像データを受け取る ECU(Electronic Control Unit：電子制御ユニット)で構成される。このブロック図を図 1 に示す。

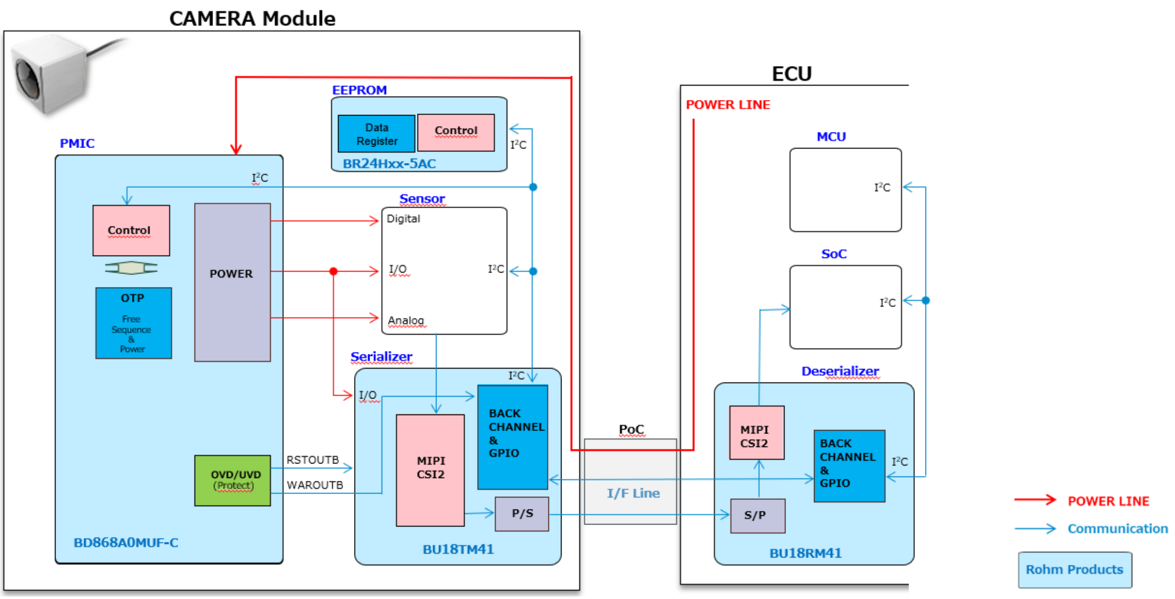


図 1　カメラシステムのブロック図とロームの製品

図 1 では、カメラモジュールと ECU は対の存在となっており、これら 2 つの間の電力の流れやデータラインについても詳細に記載している。このカメラシステムは、カメラモジュールで撮影された映像データを ECU へ伝達する役割を持つ通信 IC（Serializer & Deserializer、以降 SerDes）「BU18xMxx-M シリーズ」と、カメラモジュールの CMOS イメージセンサや SerDes に電源を供給する PMIC「BD868xxMUF-C」を中心とした構成となっている。また、イメージセンサの画像補正データを保持する EEPROM「BR24Hxx-5AC」も揃えており、ロームのカメラシステム用ソリューションは、CMOS イメージセンサ以外の周辺に必要な機能をすべて提供できる。

・PMIC「BD868xxMUF-C」と SerDes「BU18xMxx-C シリーズ」の仕様

PMIC「BD868xxMUF-C」は、車載カメラモジュール向けに開発された PMIC であり、3 つの DCDC コンバータと 1 つの LDO を内蔵する。製品ラインアップとしては、ASIL-B 対応/非対応、また、寒冷地仕様のカメラモジュールに向けて、イメージセンサの曇り止め防止 Heater 用の Driver 端子を設けた機種も展開した。それぞれの機種において、製品出荷時に各出力電圧値や起動シーケンスを OTP(OTP: One time programmable)により変更可能なため、各種カメラセンサの電源仕様に対応することができる。

Part Number	Supply Voltage [V]	Switching Frequency [MHz]	Operating Temperature [°C]	Output Voltage Accuracy [%]	Output								Function				Package
					DC/DC1 buck		DC/DC2 buck		DC/DC3 buck		LDO		I²C	Spread Spectrum for EMC	Safety	Heater Driver	
BD868xxMUF-C シリーズ	4.0V to 18.0V	2.25MHz	-40°C to 125°C	2	3.0V to 5.0V	2.0A Max	0.95 to 1.5V or 1.8V	1.2A Max	0.95 to 1.5V or 1.8V	1A Max	2.7V to 3.5V	0.3A Max	✓	✓	ASIL-B	-	VQFN20FV3535 3.5 mm x 3.5 mm x 1.0 mm
						2.0A Max		1.2A Max		1A Max		0.3A Max			-	-	
						2.0A Max		1.2A Max		0.4A Max		0.3A Max			ASIL-B	✓	

表 1 PMIC「BD868xxMUF-C」の特性

SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」は、Serializer「BU18TM41-M」と Deserializer「BU18RM41-M」を対にしてカメラシステム用 SerDes を構築する。また、4ch の Deserializer「BU18RM84-M」もラインアップしているため、ECU 側で複数の通信を受ける際に、よりコンパクトに SerDes を構築することもできる。通信速度は最大 3.6Gbps を備えており、通信ケーブルも STP、Coax、POC のすべてに対応しているため、幅広い ADAS カメラシステムに採用することができる。

Part Number	Function	Transmission Standard	Supply Voltage [V]	Input Signal Type	Output Signal Type	Operating Temperature [°C]	Applicable communication cable			Package
							STP (Shielded Twisted Pair Cable)	Coax (Coaxial Cable)	POC (Power Over Coaxial)	
BU18TM41-M	Serializer	CLL-BD***	1.8	MIPI-CSI2 (1.5Gbps×4)	CLL-BD*** (3.6Gbps×1)	-40°C to 105°C	✓	✓	✓	VQFN32FBV050 5.0 mm x 5.0 mm x 1.0 mm
BU18RM41-M	Deserializer	CLL-BD***	1.8	CLL-BD*** (3.6Gbps×1)	MIPI-CSI2 (1.5Gbps×4)					VQFN32FBV050 5.0 mm x 5.0 mm x 1.0 mm
BU18RM84-M	Deserializer (4in1**)	CLL-BD***	1.2/1.8	CLL-BD*** (3.6Gbps× 4)	MIPI-CSI2 (1.7Gbps×8)					HTQFP64BV 12.0mm x 12.0 mm x 1.0 mm

**BU18RM84-M can convert 4 camera imaeg into MIPI signals and output them.

***CLL-BD = Clockless Link™-BD. Clockless Link™ is a trademark or registered trademark of ROHM Co.,Ltd.

表 2 SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」の特性

・ロームのソリューションが提供する多数のメリット

利用者は、ロームの PMIC「BD868xxMUF-C」および SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」をカメラシステムに搭載することで、「安全性」「汎用性」「低消費」「低ノイズ」など、多数のメリットを得ることができる（図 2）。

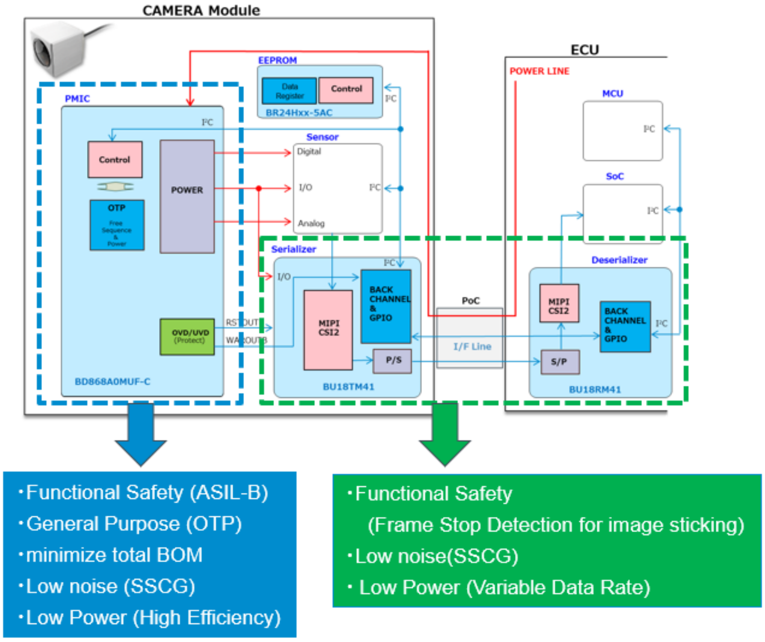


図 2 ローム、ADAS カメラシステム向けソリューションの貢献

① 安全性

自動車の安全性を実現する ADAS システムの中で、その安全性要求にこたえるための対策は、ソフトウェアやハードウェアの冗長設計だけでなく、IC レベルにおいても求められる。

ロームは、自動車向けの機能安全に関する国際標準規格「ISO 26262」の開発プロセス認証を取得しており、2021 年に機能安全をサポートする製品により、ユーザーやシステムの安全・安心・快適に貢献するためのブランド「ComfySIL™」を立ち上げた。なお、先述したカメラモジュール向け PMIC「BD868xxMUF-C」は、ComfySIL™において機能安全カテゴリの最上位となる「FS process compliant」に属しており、FMEDA や Safety Manual など、ISO 26262 関連のドキュメントなどを提供可能である（図 3）。さらに、「電圧監視」、「BIST(自己診断)」、「基準電圧分離」などの安全機能を IC 内部に有することで ASIL-B に準拠している。

ComfySIL™特設サイト：https://www.rohm.co.jp/functional-safety

ロームの機能安全カテゴリ（2021年10月現在、自動車分野のみに対応）

- **FS process compliant**　：ASILレベルに準拠したISO 26262対応プロセスで開発したICであることを示します。
- **FS mechanism implemented**　：ASILレベルに必要な安全機構を搭載したICであることを示します。
- **FS supportive**　：車載向けに開発したICで、機能安全に関する安全分析のサポートをすることが可能であることを示します。

カテゴリ別提供資料一覧

BD868xxMUF-C対応カテゴリ

	FS process compliant	FS mechanism implemented	FS supportive
IATF16949 プロセス対応	✓	✓	✓
ISO 26262 プロセス対応	✓	–	–
FMEA	✓	✓	✓
FIT	✓	✓	✓
FMEDA	✓	✓	✓ ハードウェアアーキテクチャメトリック等の分析は含みません
Safety manual	✓	✓	–

図 3 ロームの ComfySIL™機能安全カテゴリと提出可能ドキュメント

Serializer「BU18TM41-M」には、カメラシステムの安全性を高めるために Frame CRC（Cyclic Redundancy Check）と呼ばれる画像フリーズを検出する機能が搭載されている。CRC とは画像の色データに対して一定の計算を行い、その結果を数 bit のデータとして出力したものであり、この計算結果は画像フレームごとに与えられる”符号”の様なものとなる。送信側と受信側で同じ画像について同様の計算を行い、その結果出力された CRC 値を比較することで、画像が送受信される前後で映像データに欠損などが生じていないかという整合性の確認が可能になる。ここまでが CRC の一般的な仕組みであるが、BU18TM41-M の Frame CRC は、通常の CRC に加えて ADAS カメラシステムで要求される画像フリーズの検出を実現する。例えば、走行中の自動車周辺を撮影しているカメラシステムから送られてくる画像データは、常に変化しているため、一定時間同じ画像にはならない。言い換えれば、一定時間以上同じ CRC 値が検出されるということは、何かしらの問題で映像がフリーズしていることを意味する。BU18TM41-M は送受信される映像における前後数フレームごとの CRC 値を比較することで画像フリーズを検出する（図 4）。なお、SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」は、ComfySIL™において ASIL に必要な安全機構を搭載していることを示す「FS mechanism implemented」に属しており、Frame CRC 機能と合わせてカメラシステムへの機能安全導入をサポートする。

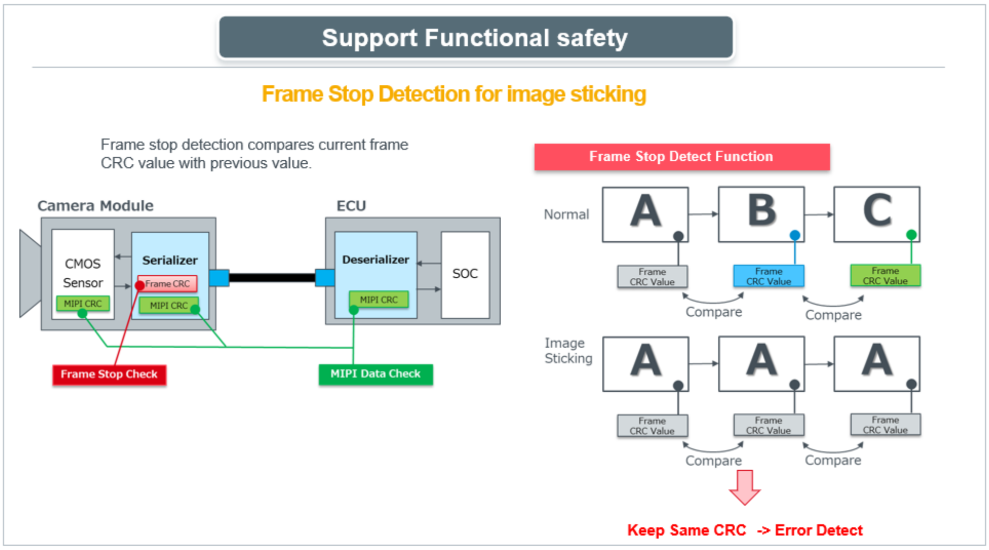


図 4 SerDes の Frame CRC による画像フリーズ検出

② 汎用性

PMIC「BD868xxMUF-C」には、利用者の設計を容易にする様々な機能が盛り込まれている。最も特徴的な機能として、上述の通り、OTP により各種 CMOS イメージセンサの要求仕様にカスタマイズできることだ。一言に CMOS イメージセンサと言っても、メーカーや品番によって要求される電圧値や各電源チャンネルの起動/停止の順番が異なるため、通常は CMOS イメージセンサが変わると、電力を供給する電源回路周辺部品や制御プログラムも変更しなければならない。一方、BD868xxMUF-C は、製品出荷時の OTP により各出力電圧値や起動シーケンスなど変更できる(図 5)。これにより、利用者は CMOS イメージセンサに変更が発生した時でも、基板レイアウトの変更なく対応することができる。

また BD868xxMUF-C は、小型パッケージの採用及び高周波スイッチング動作による周辺部品の小型化により、従来製品と比較して実装面積を 25%削減しつつ、後述する高効率な電力変換を実現しているため、発熱もおさえられており(図 6)、今後ますます小型化が求められる次世代のカメラモジュールにも対応可能である。

Output	OTP setting①	OTP setting②	OTP setting③
VO1	3.7V	3.7V	3.3V
VO2	1.1V	1.1V	1.2V
VO3	1.8V	1.8V	1.8V
VO4	3.3V	3.3V	2.8V
Startup sequence	VO1->VO2-> VO3->VO4	VO1->VO4-> VO3->VO2	VO1->VO4-> VO3->VO2
Sensor type	Sensor [A]	Sensor [B]	Sensor [C]

図 5 OTP による電圧/起動シーケンスの設定の一例

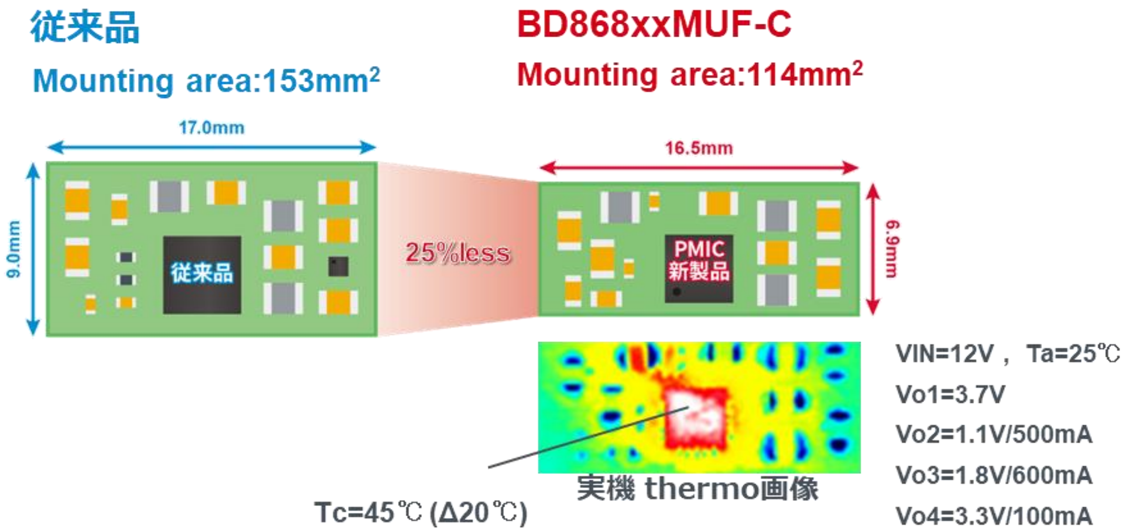


図 6 PMIC の実装面積と発熱

③ 低ノイズ

車載アプリケーションのノイズ対策として重要な低 EMI（Electromagnetic Interference）に関しても、PMIC「BD868xxMUF-C」、SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」にはいくつかの対策が盛り込まれている。両製品共通の対策として、IC の通信クロックやスイッチング電源のスイッチング周波数に対して、意図的に揺らぎ（ジッタ）を持たせることで、特定のスペクトラムにおけるノイズ強度を下げる SSCG（Spread Spectrum Clock Generator）機能を搭載している。BU18xMxx-M シリーズには Serializer、 Deserializer 双方に SSCG 機能を搭載しており、-10dB の低 EMI 化を実現するなど、低 EMI 化に向けた様々な機能により、SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」、PMIC「BD868xxMUF-C」はともに国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格のうち「車載受信機保護のための妨害波の推奨限度値および測定法（CISPR25）」の class5 規格をクリアした。加えて BU18xMxx-M シリーズは、図 3 で紹介した伝送レート可変機能を応用し、複数の通信レーンが存在する場合にそれぞれの通信伝送レートを意図的に少しずつ（0.1% step）変更することが可能になっており、SSCG と同様に-10dB の低 EMI 化を実現することができる（図 7,図 8）。

■Reduce EMI: Variable Data Rate (Minor Adjustment) and Spread Spectrum Function (SS Clock Generator)

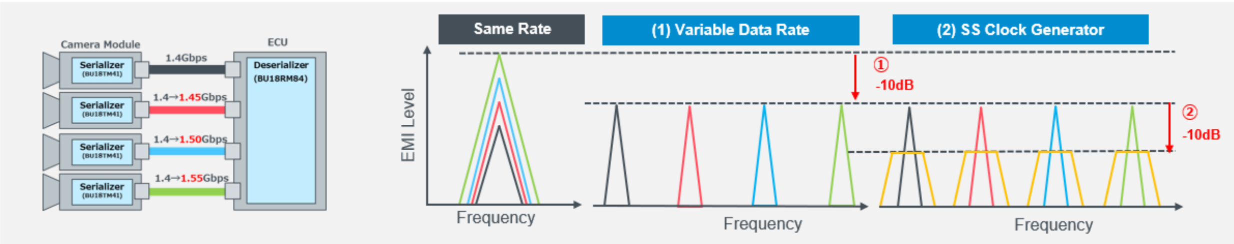


図 7　SerDes の SSCG 機能と伝送レート可変機能によるノイズレベル低減

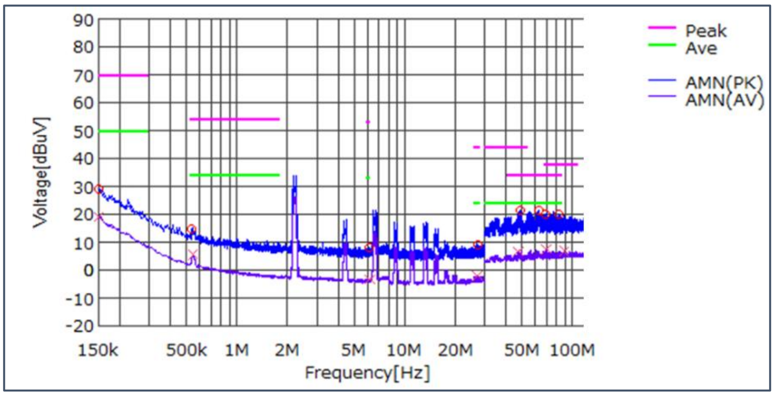


図 8　PMIC の Conducted Emission 測定結果

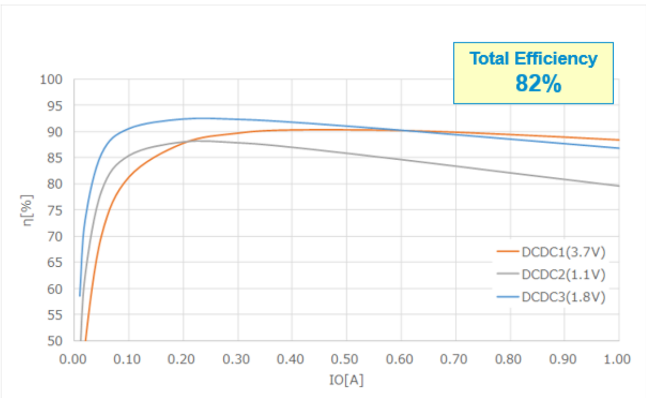
④　低消費

PMIC「BD868xxMUF-C」は、車載カメラモジュールに求められる負荷領域において PMIC トータルの電力変換効率が、82%※2 という高効率を実現しており、消費電力の低減に貢献することはもちろん、車室内、車外の温度環境に問題なく対応できる（図 9）。

また、SerDes「BU18xMxx-M シリーズ」には、伝送レートを可変できる機能を持たせており、アプリケーションに応じて伝送レートを最適化することで、一般品と比較して 27%程度消費電力を削減できるなど、必要最低限の電力で通信システムを構築することができる（図 10）。

※2) ロームの試験環境下による結果である。

Efficiency



Condition : VIN : 6V Frequency : 2.25MHz

		Voltage	Current	Efficiency
VO1	Primary DCDC	3.7V	*1(373mA)	90.2%
VO2	Secondary DCDC	1.1V	500mA	85.9%
VO3	Secondary DCDC	1.8V	200mA	92.3%
VO4	Secondary LDO	3.3V	100mA	-

*1:No external load current.
373mA is the inflow current to Secondary DCDC and LDO

図 9　PMIC の電力変換効率

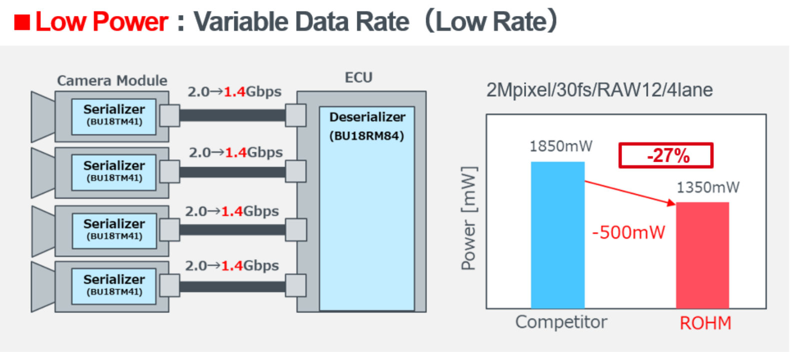


図 10　SerDes の伝送レート可変機能

・まとめと今後の展開

ロームは自動車分野を注力分野と位置付け、今回紹介した PMIC、SerDes をはじめとして、ADAS 市場に向けて多くの製品を開発してきた。

今後、高度な ADAS や自動運転に向けて、解像度の向上が求められるイメージセンサに対応すべく、低電圧出力を可能にする PMIC や、さらなる高速化を実現する SerDes の開発を検討しており、お客様の課題解決に貢献できるソリューションを提供することで、自動車の安全・安心に貢献していく。

※「ComfySIL™」は、ローム株式会社の商標または登録商標です。

ローム株式会社
〒615-8585　京都市右京区西院溝崎町21
TEL: (075)311-2121
www.rohm.co.jp

Catalog No. **63WP041J Rev.002**