



なぜGaNのこのウェビナーでは、なぜGaNが、ロボットやドローンで使われる複数の用途に最適なソリューションになるのか、について説明します。

In this Why GaN webinar, we discuss why GaN makes a great solution for multiple applications used in robotics and drones.

- ロボットやドローンにおけるGaNの用途
 - モーター駆動回路
 - マシン・ビジョン：飛行時間ToF（Time of Flight）/Lidar
 - DC-DC電源回路
- なぜGaN？
- ロボットやドローン向けeGaNのポートフォリオ

きょうは、GaNがロボットやドローンのシステム内で大きな利点をもたらす複数の用途について説明します。これには、（ビルド1）モーター駆動回路、（ビルド2）マシン・ビジョン、（ビルド3）DC-DC電源回路があります。（ビルド4）次に、GaNがこれらのシステムにとって理想的なソリューションである理由を検討します。（ビルド5）そして最後に、これらのシステムをサポートするために利用できるディスクリート製品と集積化した製品のポートフォリオを紹介します。

Today we will discuss the multiple applications where GaN has a significant benefit within robotic and drone systems. These include (build 1) motor drives, (build 2) machine vision, and (build 3) the DC-DC power supplies. (build 4) We will then examine why GaN is such an ideal solution for these systems. (Build 5) and finally we will review the discrete and integrated product portfolio that is available to support these systems.

ロボットとドローン



GaNの用途



モーター駆動回路



ToF/Lidar



DC-DC電源回路



きょう、説明するロボットとドローンの内部には、主な用途が3つあります。
(ビルド1) モーター駆動回路、(ビルド2) マシン・ビジョン用の飛行時間
(ToF) /Lidarシステム、および(ビルド3) DC-DC電源回路です。

There are three major applications within robotics and drones that we will discuss today. (Build 1) motor drives (Build 2) time-of-flight/lidar systems for machine vision and (Build 3) the DC-DC power supply.

モーター駆動回路



まず、モーター駆動回路を見てみましょう

First, let's look at motor drives

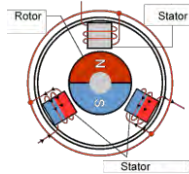
なぜBLDCモーター？

BLDCモーターは一般的：

- 高トルクで高電力密度
- 広い速度範囲能力
- 高効率
- ブラシレスは低EMI

アプリケーションの焦点：

- ロボット：精密な制御
- ドローン：軽量
- イーバイク：小型、軽量



出典：ルネサスエレクトロニクス



出典：<https://electricbikereport.com/>

モーター駆動回路におけるGaNの利点

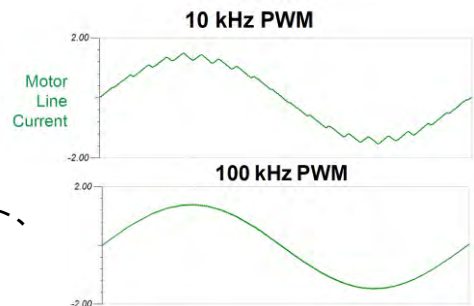


GaN FET/ICスイッチは、高速で逆回復電荷 $Q_{RR} = 0$

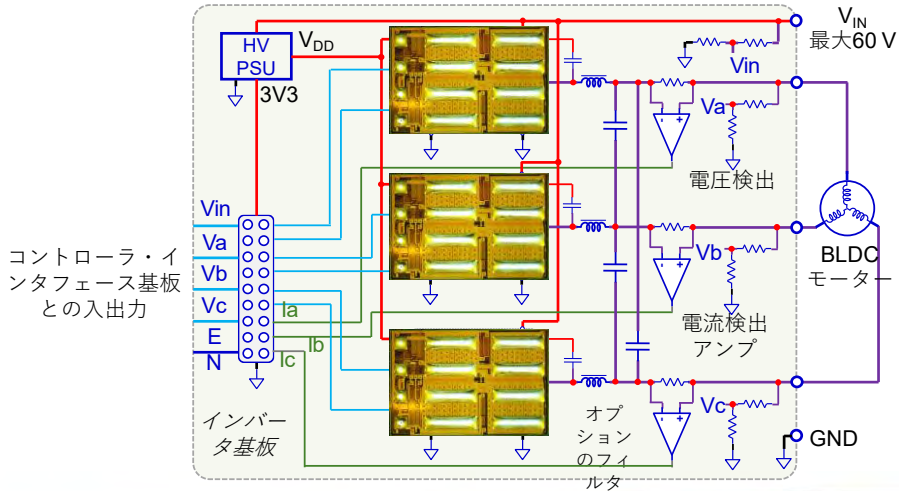
高いスイッチング周波数

短いデッドタイム

- 低歪み → 音響雑音が小さい
- 低電流リップル → 磁気損失の低減
- 低トルク・リップル → 精度の向上
- より小さい次数のフィルタリング → 低コスト、小型軽量
- 低インダクタンス・モーターをサポート



BLDCモーター駆動回路の概要



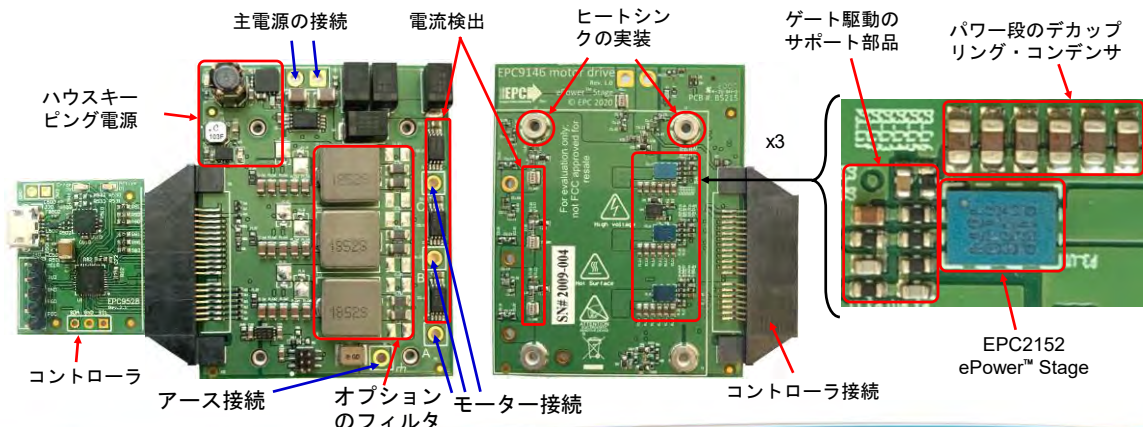
これは、EPCのデモ・システムとして入手可能な高性能BLDCモーター駆動回路のEPC2146です。(ビルド1) 各ハーフブリッジ・パワー段には、ePower Stage のEPC2152を1個を使っています。必要なサポート・コンデンサは、わずかです。

Here is the EPC2146 high-performance BLDC motor drive available as a demonstration system from EPC. (build 1) Each of the half-bridge power stages use one EPC2152 ePower Stage and requires only a few support capacitors.

400 Wのモーター駆動ソリューション



- 電源電圧15 V~60 V_{DC}
- 1相当たり15 A_{peak}
- 電力400 WのNEMA 34モーター
- 面積 55 mm × 45 mm



電力変換のリーダー epc-co.com/epc/jp

9

3相BLDCモーター駆動回路のEPC2146は、直流15 V~60 Vの主電源で動作し、モーターの各相に15 Aのピーク電流を供給するように設計され、構成されています。この駆動回路は、400 WのNEMA 34サイズのBLDCモーターに電力を供給でき、面積は、わずか55 × 45 mmです。この駆動回路には、次の機能が含まれています

(ビルド1)

直流の主電源接続と、主電源がオフで動作するハウスキューピング電源が、ePower stageに12 V、コントローラに3.3Vを供給します。

(ビルド2)

アースを含むモーター接続

(ビルド3)

各相の電流検出

(ビルド4)

モーター巻線のdv / dtを低減するオプションのフィルタ

(ビルド5)

ヒートシンク取り付けオプション

(ビルド6)

相の1つを拡大したePower stageで、20kHz～1MHzのスイッチング周波数で動作可能なePower stageのEPC2152です

(ビルド7)

パワー段のデカップリング・コンデンサとゲート駆動のサポート部品

(ビルド8)

そして最後に、コントローラとコントローラ接続です

The EPC2146 3-phase BLDC motor drive was designed and built to operate from a 15 V through 60 V main DC supply and deliver a peak current of 15 A into each phase of the motor. The drive can power a 400 W NEMA 34 size BLDC motor and measures just 55 by 45 mm. The drive includes the following features

(Build 1)

A main DC supply connection and a housekeeping power supply that operates off the main supply to provide 12 V for the ePower stage and 3.3 V for the controller

(Build 2)

A motor connection including an earth

(Build 3)

A current sense for each of the phases

(Build 4)

An optional Filter to reduce dv/dt on the motor windings

(Build 5)

A heatsink mounting option

(Build 6)

The ePower stages showing the zoomed in portion for one of the phases and The EPC2152 ePower stage that can operate from 20 kHz through 1 MHz switching frequency

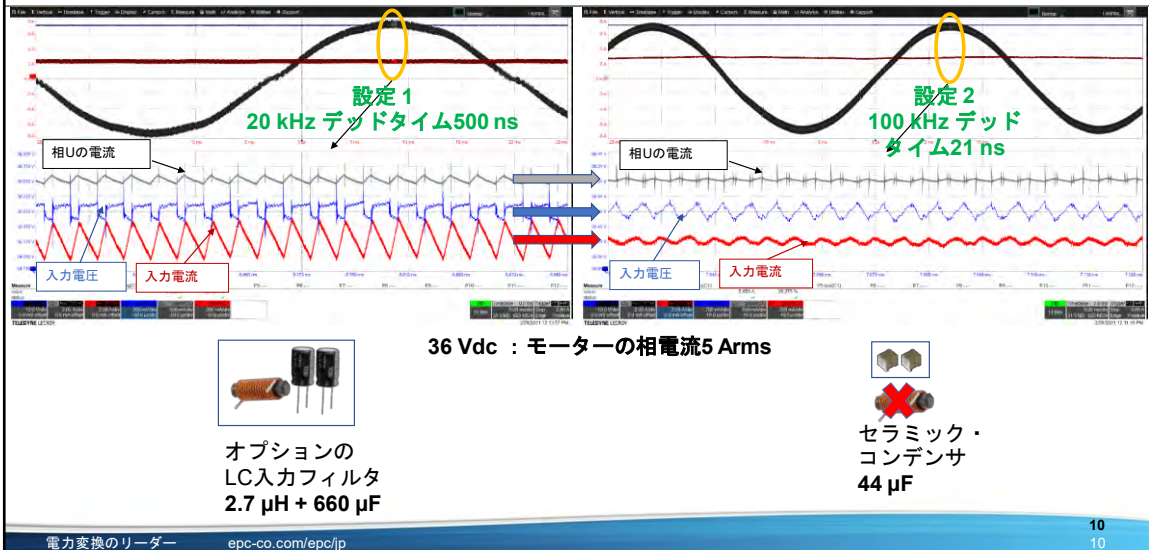
(Build 7)

The power stage decoupling capacitors and the gate driver support components

(Build 8)

And finally the controller and controller connection

20 kHz と 100 kHz



これは、PWM周波数と入力フィルタを除いて、同じ条件での2つの設定間の比較の実験結果です。

(ビルド1) 左側のシステムは20 kHz用に設計されており、それに応じて入力フィルタが設計されています。この場合、2.7 μ Hのコイルと660 μ Fの電解コンデンサを使います。36 Vdcにおいてモーター相電流5 Armsで動作しています。オシログラムには、モーター相電流の正のピークのズーム画像が重ねられています。PWM周波数の2倍のリップルを示す青い曲線は、200 mVのピーク・ツー・ピークの入力電圧リップルです。赤い曲線は、500 mAのピーク・ツー・ピークの入力電流リップルです。灰色の曲線は、100 mAのピーク・ツー・ピークでのモーターの相電流リップルです。

(ビルド2) 右側のシステムは、100 kHz動作用に設計されており、入力フィルタは、44 μ Fのセラミック・コンデンサを使って、入力コイルを使わないサイズになっています。20 kHzのシステムと100 kHzのシステムを比べると、入力電圧、入力電流、出力電流のリップルが、いずれも、100 kHzのシステムのリップルよりも小さいことが分かります。

(ビルド3) 入力フィルタの改善によって、大幅に小型軽量化されていることを除けば、設定1がLC入力フィルタを使ってEMIテストに合格した場合、設定2は、わずか44 μ Fのセラミック・コンデンサで同じテストに合格する可能性があります。

Here are the experimental results of the comparison between two setups in the same conditions other than PWM frequency and input filters.

(Build 1) The system on the left is designed for 20 kHz and has the input filter designed accordingly. In this case with a 2.7 uH inductor and 660 uF electrolytic capacitors. It is running at 36Vdc 5Arms motor phase current.

On the oscillogram is superimposed a zoom image at the positive peak of the motor phase current. The blue curve that shows a ripple at double of the PWM frequency is the input voltage ripple of 200mV peak to peak. The red curve is the input current ripple of 500mA peak to peak. The grey curve is the motor phase current ripple at 100mA peak to peak.

(Build 2) The system on the right is designed for 100 kHz operation and the input filter has been sized accordingly with on 44 uF ceramic capacitors and no input inductor.

When comparing the 20 kHz system to the 100 kHz system, it is clear that the ripple from input voltage, input current and output current are each smaller than the ripple in the 100 kHz system.

(Build 3) Aside from being much smaller and lighter due to the input filter improvements, and if the setup 1 passes EMI tests with LC input filter, then setup 2 is likely to pass the same tests with just 44uF ceramic capacitors.

マシン・ビジョン： 飛行時間（ToF：Time of Flight）／Lidar

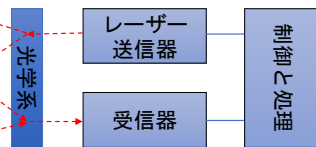


ロボットにおけるeGaN技術の次の用途は、マシン・ビジョンです・・・

The next application for eGaN technology in robotics is machine vision...

マシン・ビジョン：

Lidar、飛行時間（ToF : Time of Flight）、カメラ



見る・・・
より遠くを
より速く
より鮮明に

Lidarと飛行時間（ToF : Time of Flight）は、ロボットに視覚を与えます。
eGaNデバイスは、この用途を牽引しており、ナビゲーション用のLidarと衝突回避用の飛行時間ToFの両方をサポートしています。
eGaNデバイスを使うと、ドローンは、
（ビルド1）より遠くを、より速く、より鮮明に見ることができます。

Lidar and Time of Flight (or ToF), give vision to robotics
eGaN devices are leading this application and support both Lidar for navigation and Time of Flight for collision avoidance.
With eGaN devices drones can (build 1) see farther, faster and better.

マシン・ビジョンにおけるeGaNの利点



・長距離Lidar

- ・非常に大きなピーク電流で非常に小型
 - ・大電力、長距離、広範囲
- ・非常に高速
 - ・狭パルス = 高解像度

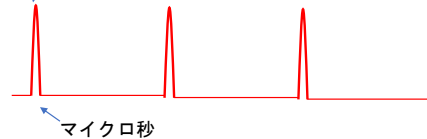
・ToFカメラ（短距離Lidar）

- ・非常に小型
- ・高周波能力

・GaNの集積化

- ・サイズの縮小
- ・fswの高速化
- ・コストの削減

数10から数100アンペア



数アンペアから数10アンペア



GaNデバイスは、長距離ソリューションと短距離ソリューションの両方にメリットがあります。

（ビルド1）長距離Lidarはナビゲーションに使われ、数100メートルまでの対象物を見ることができます。これらのシステムは、ナノ秒レベルの非常に短いパルスが必要とし、ピーク電流は非常に大きく、最大数100アンペアです。これによって、長距離、広範囲、高解像度が可能になります。最後に、サイズは非常に小型です。

（ビルド2）eGaNデバイスは、Lidarの短いパルスを可能にします。これは、立ち上がり時間と降下時間の合計がSi MOSFETのほぼ1/100だからです。さらに、超小型のeGaN FETは、非常に大きなパルス電流を供給できます。これによって、eGaN FETは、すべての主要なプレーヤーによって、Lidar用途で優位に立つことが証明されているように、素晴らしいLidarソリューションになります。

（ビルド3）飛行時間（ToF）カメラ、または短距離Lidarは、非常に小型でなければなりません。さらに、小さなToFモジュールは、距離と精度が優れています。パルス電流は、長距離Lidarよりも小さく、通常は10 A未満です。

（ビルド4）ただし、短距離での高分解能を保证するには、パルス周波数を数10または数100 MHzと非常に高くしなければなりません。

（ビルド5）eGaNデバイスは、非常に小さく、モノリシック集積化によって、サイズをさらに縮小し、周波数を上げ、コストを削減できます。

GaN devices have benefits for both long range and short-range solutions.

(build 1) Long range lidar is used for navigation and can see targets up to hundreds of meters. These systems require very short pulses, in the nanosecond range, with very high peak currents, up to hundreds of amps. This allows long and wide range and high resolution. Finally, size is very small.

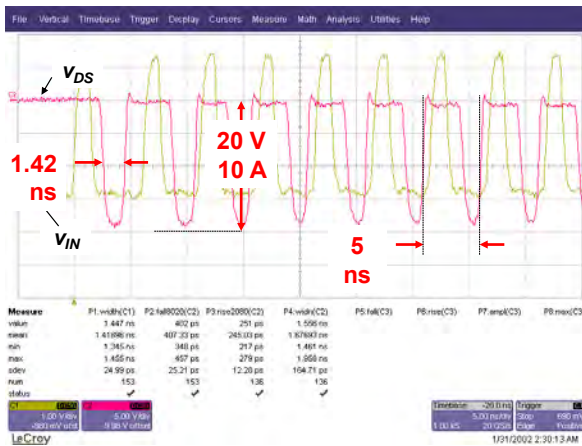
(build 2) eGaN devices enable Lidar shorter pulses, because the rise time plus the fall time is almost 100 times smaller than Si MOSFETs. Additionally, tiny eGaN FETs deliver very high pulsed current. This makes eGaN FETs THE Lidar solution, as proven by their dominance in Lidar applications at all the major players.

(build 3) Time of flight (TOF) cameras, or short range lidar, need to be very small, and tiny TOF modules have excellent range and accuracy. Pulse currents are smaller than long range lidar, typically less than 10 A,

(build 4) but the pulse frequency needs to be very high, tens or hundreds of MHz, to guarantee high resolution at short distances.

(build 5) eGaN devices are very small and monolithic integration (build 5) can further reduce size, increase frequency, and reduce cost.

短距離：eToF™ レーザー・ドライバIC



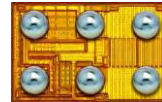
IC EPC21601
2 Ω 抵抗性負荷
 $V_{bus} = 20\text{ V}$

$I_{LOAD,peak} = 9.3\text{ A}$

$v_{DS} t_{ON} = 407\text{ ps}$

$v_{DS} t_{OFF} = 245\text{ ps}$

200 MHz



ここで、非常に高い周波数を見てみましょう。ここでは、短距離システム向けに10アンペアのパルスを提供しています。ただし、この場合、パルス幅は1.4ナノ秒と短くなります。それでも10アンペアを提供しますが、それは200メガヘルツ、つまり5ナノ秒の繰り返しなので、現在のどの製品よりも優れた短距離での高解像度が得られます。

Now let's go to very high frequency. So here we're delivering ten ampere pulses for a short range system. But in this case, the pulse width is down to 1.4 nanoseconds. Still delivering 10 amperes but it's a five-nanosecond repetition which is 200 megahertz, so this will give you a high resolution in short distances, better than anything out there today.

ToFレーザー・ドライバ



EPC9150
200 V、200 A以上



EPC9126 と EPC9126HC
100 V、70 A と 135 A (HC版)



EPC9154
40 V、10 A、200 MHz

回路図、ガーバー、アプリケーション・ノートは、EPCのウェブサイトですぐ入手可能

ToF / Lidarの設計をサポートするデモ・ボードもあります。前に示したEPC9150は、220アンペアのパルスを供給できます。200 VのデバイスのEPC2034Cを使います。EPC9126と大電流用のEPC9126HCもあり、最大135アンペアを供給できます。新しい基板のEPC9154は、新しいeToFレーザー・ドライバ集積回路を使っており、最大200メガヘルツで動作し、10アンペア、40ボルトを供給できます。

もちろん、すべてのEPC製品と同様に、回路図、ガーバー、およびアプリケーション・ノートは、当社のウェブサイトですぐ入手できます。

We also have demonstration boards to support ToF/lidar designs. The EPC9150 is the one that I showed you earlier with the 220-ampere pulse. It uses the EPC2034C, 200 V device. We also have the EPC9126 and 9126HC for high current, which can go up to 135 amperes. And our new board, the EPC9154, which uses the new eToF laser driver integrated circuit and it can run up to 200 Megahertz, delivering 10 amps and 40 volts.

Of course, like all EPC products, schematics, gerbers, and app notes are available on our website.

DC-DC電源回路



ロボットとドローンの最後の用途は、DC-DC電源回路です・・・

The final application for robotics and drones are the DC-DC power supplies...

ロボットにおけるDC-DC用eGaNの利点



- より高い電力密度
- より小型軽量
 - ソリューションのサイズと重さが半分で、Si MOSFETと同じ電力を供給します
- より高い周波数を可能にし、サイズをさらに縮小できます
- 高効率

(ビルド1) 48 VのDC-DCの場合、100 VのeGaN FETがハード・スイッチングの用途で最高の性能指数 (FOM: Figure of Merit) なので、Si MOSFETよりも高い電力密度と高効率が得られます。このDC-DCは、(ビルド2) 小型軽量、(ビルド3) ソリューションのサイズと重さが半分で、Si MOSFETと同じ電力を供給します。これは、同じ形状でオン抵抗 R_{DSon} が1/5になり、100 VでのFOMが向上するためです。

(ビルド4) eGaNデバイスのスイッチング損失が小さいため、周波数を高くして、サイズをさらに小さくすることができます。そして最後に、(ビルド5) eGaNデバイスは、より高いバッテリー効率を可能にし、より長いバッテリー寿命と自律性をもたらします。

(Build 1) For the 48V DCDC, the fact that eGaN 100V FETs have the Best Figure of Merit for hard switching applications results in higher power density & efficiency vs Si MOSFET.

The DCDC is (build 2) smaller & lighter, (build 3) half of the solution size and weight to deliver the same power vs Si MOSFETs. This is due to 5 times smaller R_{DSon} form factor & better FOM at 100 V.

(build 4) The lower switching losses of eGaN devices enable higher frequency to further reduce size. And finally, (build 5) eGaN devices allow higher battery efficiency

that results in longer battery life and autonomy.

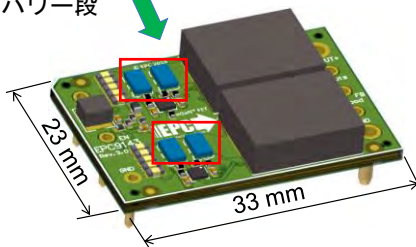
1/16ブリックの48 V入力、12 V出力の双方向



EPC2053

スケラブルな
2相パワー段

EPC9143



- 300 W @ 25 A
- 95%以上の効率 @ 25 A
- $V_{IN} = 7.5 \text{ V} \sim 64 \text{ V}$
- $V_{OUT} = 5 \text{ V} \sim 20 \text{ V}$

小型のロボットやドローンのDC-DCは通常、48 V、つまり4×12 Vの直列バッテリー・パックで動作します。出力電圧 V_{out} は通常、12 Vです。サイズは、非常に重要で、通常は1000 mm²以下に制限されています。双方向の降圧（バック）-昇圧（ブースト）の設計は、自律性を高めるために、バッテリーの再充電に必要なことがよくあります。双方向の48 V入力、12 V出力の300 Wのコンバータのリファレンス・デザインが利用可能で、型番はEPC9143です。アプリケーション・ノートを用意しています。

この設計は、96%の効率で25 A、電力300 Wを供給します。効率は、シリコン・ソリューションと比べて、33%高くなっています。

この設計は、ユーザーが300 Wの降圧用に設計を構成したり、300 Wの昇圧または双方向の降圧-昇圧用に変更したりできるようにする拡張マイクロコントローラを備えています。デフォルト設定は、降圧300 Wで、12 Vの安定化出力です。ただし、出力電圧 V_{out} は、5 V~20 Vに設定でき、入力電圧 V_{in} は7.5 V~64 Vに変更できます。

スイッチング周波数は500 kHzで、わずか33×23 mm²の非常に小さい1/16ブリック・フォーマットで300 Wが実現可能です。これによって、610 W/立方インチを超える電力密度が得られます。

この設計はスケラブルであり、より多くの相を追加して、より大きな電力を得ることができます。

DC-DC in smaller robotics and drones generally operate from 48V, that is 4x 12V battery packs in series. Vout is generally 12V. Size is very critical and generally limited to < 1000mm². Bi- directional buck – boost design is often required to recharge the battery for more autonomy.

A reference design for a bi-directional 48V to 12V 300W converter is available, the PN is EPC9143 and the application note is available.

The design delivers 25A and 300 W power with 96% efficiency. This represents 33% higher efficiency compared to silicon solutions.

The design features an enhanced microcontroller that will enable users to configure the design for a 300W buck, or modify for a 300W boost or a bidirectional buck boost.

The default setting is a buck 300W to 12V regulated output. However, Vout could be set from 5V to 20V and Vin could vary from 7.5V to 64V.

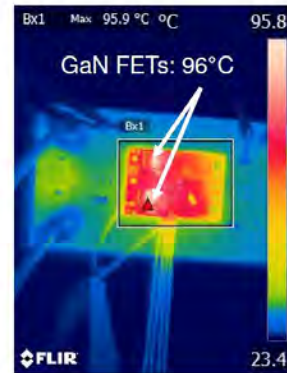
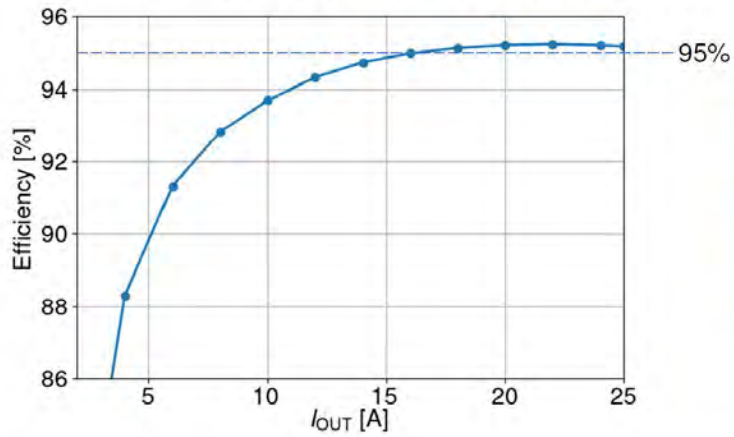
The switching frequency is 500 KHz that allows 300 W in the very small 1/16th brick format, which is just 33x23 mm². This results in a power density greater than 610 W/in³.

The design is scalable and more phases can be added for higher power.

特性の結果

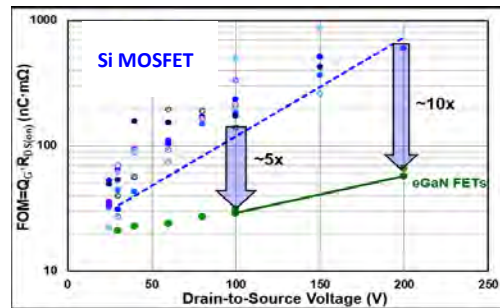
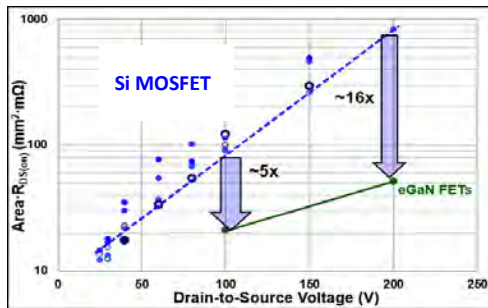


48 V input, 12 V output, 1700 LFM airflow



なぜGaN？

より優れた電気的特性



シリコンMOSFETと比べて、eGaNトランジスタは、重要な性能指数、つまり、面積 \times オン抵抗を100Vで5倍改善します。その改善によって、面積を小さくでき、同じ面積ならコストを下げられるか、オン抵抗を小さくできます。さらに、性能指数のオン抵抗 R_{DSon} \times ゲート電荷 Q_g も、シリコンの5倍優れているため、損失が小さくなります。最後に、逆回復がゼロで、スイッチング損失が小さいため、電力密度を高めるために周波数を上げられます。

In comparison to silicon MOSFETs, eGaN transistors improve the key figure of merit, area \times r_{DSon} , by 5 times at 100V. That improvement results in smaller size and lower cost or lower R_{DSon} in the same size.

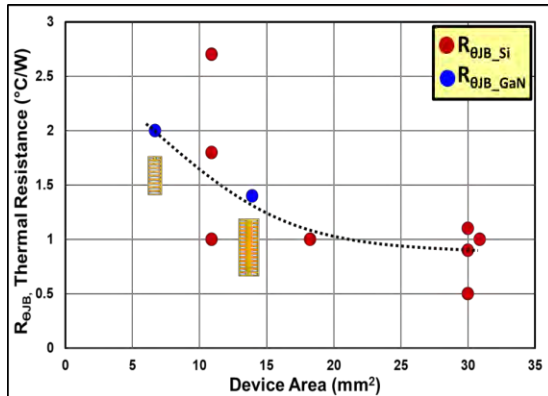
Additionally, the Figure of merit, $R_{DSon} \times Q_g$, is also 5 times better than silicon, resulting in lower losses.

Finally, zero reverse recovery and less switching losses allow an increase in frequency for higher power density.

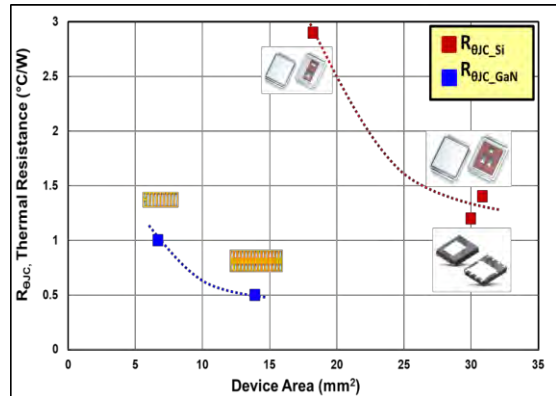
より優れた熱特性



プリント回路基板への熱伝達 $R_{\theta JB}$



表面Si基板への熱伝達 $R_{\theta JC}$



当社のデバイスは非常に小さいですが、eGaNチップの優れた熱特性によって、熱は問題になりません。左図では、プリント回路基板に対する熱抵抗がFETに類似していることが分かります。

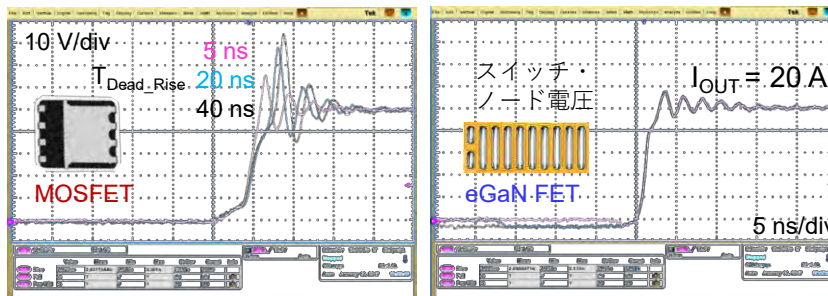
ただし、右図では、パッケージに対する熱抵抗を、MOSFETで利用可能な絶対に最良の熱特性のパッケージであるダイレクトFETと比べています。eGaNデバイスは、最高クラスのダイレクトFETよりも6倍優れています。これは、eGaNチップがプリント回路基板、表面、および側面から放熱できるためです。

Even though our devices are very small, thermal is not a concern due to the excellent thermal properties of our eGaN dies. On the left you can see that the thermal resistance to pcb is similar to FETs.

However, on the right we are comparing thermal resistance to case against the absolute best thermal package available for MOSFETs – the Direct FET. The eGaN devices are 6 times better than the best-in-class DirectFET because eGaN dies can dissipate heat through the pcb, top, AND the lateral sides.

より優れたEMI特性

- より小さい寄生インダクタンス
- 立ち上がり／降下時間が速いと、雑音がより高い周波数に移動し、フィルタリングが容易になります
- 逆回復はゼロ



さて、この次のトピックは、eGaNデバイスの超高速スイッチング速度のために、私たちがいつも受ける質問です・・・つまり、EMI（電磁干渉）はどうですか、です。

GaNデバイスは、EMIを改善します。それには、いくつかの理由があります・・・

(1) 寄生インダクタンスが小さいとリングングのエネルギーが減少します。シンプルなレイアウト手法を採用することで、EMIの発生を確実に大幅に削減し、EMI軽減コストをゼロにできます。

(2) 立ち上がり時間／降下時間が速いと、雑音スペクトルがより高い周波数に移動し、フィルタリングが容易になります。より高い周波数では、EMI低減技術が、より効果的であり、実装コストを削減できます。

(3) 最後に、eGaN FETとICは、逆回復がゼロなので、ハード・スイッチングのコンバータで発生するEMIエネルギーは本質的に小さくなります。

EMIの詳細については、このトピックに関する「GaNの利用法」のビデオを参照してください。要約すると、eGaN FETとICは、EMIと両立できます。

Now this next topic is a question we get all the time due to the super fast switching speed of eGaN devices...what about EMI?

GaN Devices **improve** EMI and there are several reasons for that...

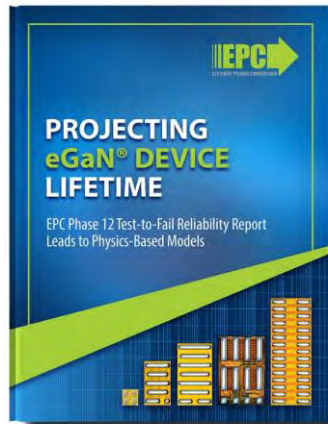
(1) Lower parasitic inductance reduces ringing energy. By adopting simple layout techniques, one can ensure significant reduction in EMI generation that adds zero cost to EMI mitigation.

(2) Fast Rise/ Fall Time moves noise spectrum to higher frequency for easier filtering. At higher frequencies, EMI reduction techniques are more effective ensuring lower cost to implement.

(3) Finally, eGaN FETs and ICs have zero reverse recovery and thus inherently generate less EMI energy in hard-switching converters.

For more information on EMI view the How to GaN video on this topic. \\In summary, eGaN FETs and ICs are EMI compatible.

前例のない耐久性



JEDECを超えた耐久性（故障するまでのテスト）

もう1つの重要な機能は、eGaNデバイスの前例のない耐久性です。信頼性テストへの「故障するまでのテスト」のアプローチによって、EPCは、世代ごとに耐久性を改善するために、JEDECをはるかに超えてデバイスをテストしています。故障するまでのテストのレポートであるフェーズ12は、EPCのウェブサイトで入手できます。

このレポートでは、故障するまでのテストという方法論を採用することによって、固有の故障メカニズムを特定して、より一般的な一連の動作条件にわたって、製品の安全な動作寿命を正確に予測するための物理ベースのモデルを開発するために使う方法について詳しく説明しています。この方法論は、電力変換用途向けに、より丈夫で高性能、低コストの製品を一貫して製造するためにも採用されています。







Another important feature is the unprecedented robustness of eGaN devices. With a “test to Fail” approach to reliability testing, EPC tests devices well beyond JEDEC to improve robustness generation after generation. The test to fail report, Phase 12, is available on the EPC website.

This report details how by employing a test to fail methodology, intrinsic failure mechanisms can be identified and used to develop physics-based models to accurately project the safe operating life of a product over a more general set of

operating conditions. This methodology is also employed to consistently produce more robust, higher performance, and lower cost products for power conversion applications.

ロボットやドローン向け eGaN[®]のポートフォリオ

100 Vの製品

	1.3 x 0.85 mm 	1.5 x 1.5 mm 	1.5 x 2.5 mm 	1.5 x 2.5 mm 	2 x 3.5 mm 	2 x 3.5 mm 
パラメータ	EPC2051 (@ 5 V _{GS})	EPC2052 (@ 5 V _{GS})	EPC2045 (@ 5 V _{GS})	EPC2204 (@ 5 V _{GS})	EPC2053 (@ 5 V _{GS})	EPC2218 (@ 5 V _{GS})
R _{DS(on)} 標準値	20 mΩ	10 mΩ	5.6 mΩ	4.5 mΩ	3.2 mΩ	2.5 mΩ
R _{DS(on)} 最大値	25 mΩ	12.5 mΩ	7 mΩ	5.6 mΩ	3.8 mΩ	3.2 mΩ
Q _G 標準値	1.7 nC	3.7 nC	5.9 nC	6.4 nC	12 nC	11.8 nC
Q _{GD} 標準値 (1)	0.3 nC	0.5 nC	0.8 nC	0.9 nC	1.5 nC	1.6 nC
Q _{OSS} 標準値(1)	7.3 nC	13 nC	25 nC	25 nC	45 nC	46 nC
Q _{RR} 標準値	0 nC	0 nC	0 nC	0 nC	0 nC	0 nC
面積	1.11 mm ²	2.25 mm ²	3.75 mm ²	3.75 mm ²	7 mm ²	7 mm ²

(1) V_{DS} = 50 Vのとき

ここでは、20 mΩから2.5 mΩの範囲のオン抵抗 R_{DS(on)}を備えたEPCの100 VのFET全体を示しています。
 (ビルド1) ゲート電荷Q_Gは非常に小さく、(ビルド2) 1.7 nCから11.8 nCです。ゲート-ドレイン間電荷Q_{gd}も非常に小さいので、スイッチング損失が非常に小さく、逆回復電荷Q_{rr}はゼロです。デバイス面積は非常に小さく、(ビルド3) 1 mm²から7 mm²の範囲です。

Here you see a full range of 100 V FETs from EPC with R_{DS(on)} ranging from 20 mΩ to 2.5 mΩ (build 1). Gate charge is very small, (build 2) from 1.7 nC to 11.8

nC, Q_{gd} is also very small, for very low switching losses, and Q_{rr} is 0. The device area is ultra-small (build 3), from 1mm^2 to 7mm^2 .

EPCの100 VとSiの80 Vのデバイスの比較



パラメータ	BSZ070N08LS5 10 V _{GS}	EPC2204 5 V _{GS}	EPCのGaN FET の改善度
R _{DS(on)} 標準値	7.2 mΩ	4.5 mΩ	38%
R _{DS(on)} 最大値	9.2 mΩ	5.6 mΩ	64%
Q _G 標準値	15 nC	6.4 nC	57%
Q _{GD} 標準値	5 nC @ 40 V _{DS}	0.9 nC @ 50 V _{DS}	82%
Q _{OSS} 標準値	29 nC @ 40 V _{DS}	25 nC @ 50 V _{DS}	14%
Q _{RR} 標準値	29 nC @ 40V Vr	0 nC	無限大
デバイス面積	10.9 mm ²	3.75 mm ²	66%

1/3と小型、損失が小さい、逆回復がない、 f_{SW} を高くできる

eGaN FETと、ベンチマークのシリコンMOSFETの性能を比較すると、eGaNデバイスの定格電圧が高いにもかかわらず、（ビルド1）GaNデバイスのオン抵抗R_{DS(on)}は38%小さく、（ビルド2）ゲート電荷Q_gは57%小さく、ゲート-ドレイン間電荷Q_{gd}は82%小さく、（ビルド3）逆回復電荷Q_{rr}はゼロです。さらに、eGaN FETは、（ビルド4）面積が1/3です。全体として、eGaNデバイスは、面積が1/3と小型で、損失が小さく、逆回復がなく、より高いスイッチング周波数にできます。

If we compare the performance of eGaN FET vs the

benchmark silicon MOSFET, the (build 1) R_{DSon} of the GaN device is 38% smaller despite the higher voltage rating of the eGaN device, (build 2) Q_g is 57% smaller, Q_{gd} 82% smaller, and (build 3) Q_{rr} is 0. Additionally, the eGaN FET (build 4) is 1/3 of the size. Overall, eGaN devices are 3 times smaller, have less losses and no reverse recovery and enable higher switching frequency.

200 Vの製品



パラメータ	EPC2019 (@ 5V Vgs)	EPC2010C (@ 5V Vgs)	EPC2207 (@ 5V Vgs)	EPC2034C (@ 5V Vgs)	EPC2215 (@ 5V Vgs)
R _{DS(on)} 標準値	36 mΩ	18 mΩ	16 mΩ	6 mΩ	6 mΩ
R _{DS(on)} 最大値	50 mΩ	25 mΩ	22 mΩ	8 mΩ	8 mΩ
Q _G 標準値	1.8nC	3.7 nC	2.9 nC	11.1 nC	10 nC
Q _{GD} 標準値 (1)	0.4nC	0.7 nC	0.6 nC	2 nC	1.6 nC
Q _{OSS} 標準値(1)	18nC	40 nC	22 nC	96 nC	68 nC
Q _{RR} 標準値	0nC	0 nC	0 nC	0nC	0 nC
デバイス面積	2.6mm ²	5.8mm ²	2.6 mm ²	12mm ²	7.36 mm ²

(1) V_{DS} = 100 Vのとき

ここでは、（ビルド1）36 mΩから6 mΩの範囲のオン抵抗R_{DSon}を備えたEPCの200 VのFETの全体を示しています。ゲート電荷は非常に小さく、（ビルド2）1.8 nCから10 nC、ゲート-ドレイン間電荷Q_{gd}も非常に小さく、スイッチング損失が非常に低く、逆回復電荷Q_{rr}はゼロです。デバイス面積は非常に小さく、（ビルド3）2.6 mm²から 7.4 mm²です。

Here you see a full range of 200 V FETs from EPC with R_{DSon} ranging from 36 mΩ to 6 mΩ (build 1). Gate charge is very small, (build 2) from 1.8 nC to 10 nC, Q_{gd} is also very small, for very low switching losses, and Q_{rr} is 0. The device area is ultra-small (build 3), from 2.6mm² to 7.4mm².

EPCの200 VとSiのデバイスの比較

Si MOSFET
ベンチマーク



9.9 mm x 11.7 mm

eGaN FET



4.6 mm x 1.6 mm

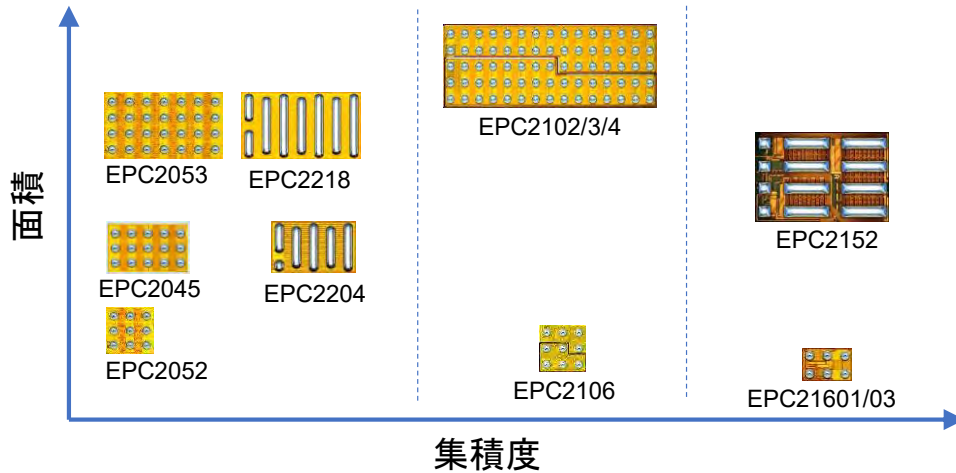
パラメータ	IPT111N20NFD (@ 10 V _{GS})	EPC2215 (@ 5 V _{GS})	EPCのGaN FET の改善度
R _{DS(on)} 標準値	9 mΩ	6 mΩ	33%小さい
R _{DS(on)} 最大値	11.1 mΩ	8 mΩ	28%小さい
Q _G 標準値	65 nC	10 nC	1/6と小さい
Q _{GD} 標準値	8 nC @100V V _{ds}	1.6 nC	80%小さい
Q _{OSS} 標準値	162 nC @ 100V V _{ds}	68 nC	58%小さい
Q _{RR} 標準値	309 nC	0 nC	無限に小さい
デバイス面積	115.83 mm ²	7.36 mm ²	1/15と小型

1/5と小型、損失が小さい、逆回復がない、 f_{SW} を高くできる

eGaN FETと、ベンチマークのシリコンMOSFETの性能を比較すると、GaNデバイスのオン抵抗R_{DS(on)}は、(ビルド1) 33%小さく、(ビルド2) ゲート電荷Q_gは1/6と小さく、ドレイン電荷Q_dは80%小さく、(ビルド3) 逆回復電荷Q_{rr}はゼロです。さらに、eGaN FETは、(ビルド4) 面積が1/15です。全体として、eGaNデバイスは、面積が1/15と小型で、損失が小さく、逆回復がなく、より高いスイッチング周波数にできます。

If we compare the performance of eGaN FET vs the benchmark silicon mosfet, the (build 1) R_{DS(on)} of the GaN device is 33% smaller, (build 2) Q_g is 6 times lower, Q_d 80% lower, and (build 3) Q_{rr} is 0. Additionally, the eGaN FET (build 4) is 15 times smaller. Overall, eGaN devices are 15 times smaller, have less losses and no reverse recovery, and enable higher switching frequency

集積化ソリューション



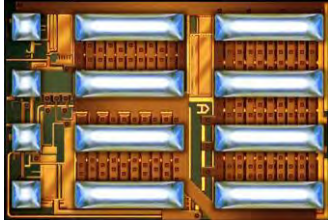
EPCは、モーター駆動用途向けの柔軟なポートフォリオも提供しています。ユーザーは、（ビルド1）ディスクリートFET、（ビルド2）集積化したハーフブリッジ、（ビルド3）新しい集積化ソリューションから選択できます。

EPC also offers a flexible portfolio for motor drives application. Customers can select (build 1) discrete FETs, (build 2) integrated half bridges, or (build 3) our new integrated solutions

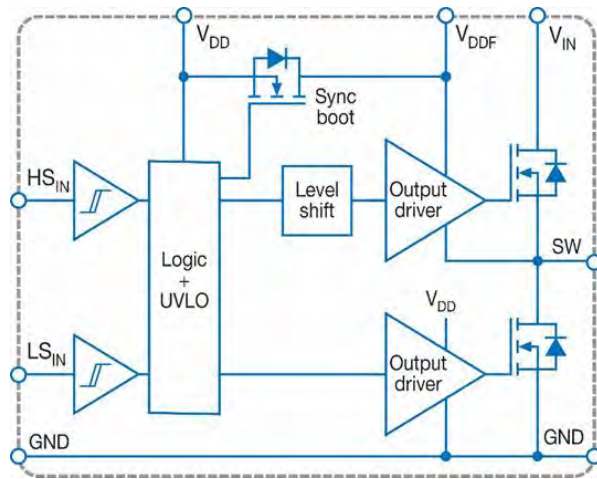
集積化したパワー一段



EPC2152



- 80 V_{IN} 最大値
- 15 A @ 100 kHz
- 10 mΩ
- 10 mm²



ePower Stageのデジタル入力および電力出力のファミリーは、設計を簡素化し、サイズを一段と縮小できます。このデバイスは、非常に小さく、わずか10 mm²で、ドライバ、レベル・シフト回路、ハーフブリッジFET、ブートストラップを集積しています。最大入力電圧は80 V、100 kHzでの最大電流は15 Aです。

The ePower Stage digital In and Power Out family simplifies design and will further reduce size. The devices is very small, only 10 mm², and integrates drivers, level shifter, half bridge FETs and bootstrap. The maximum input voltage is 80V and the maximum current at 100 kHz is 15A.

eToF™ レーザー・ドライバIC

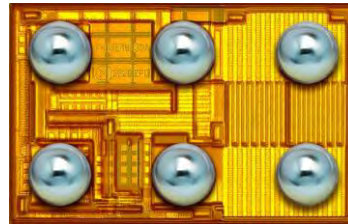


集積化

- 共通ソース・インダクタンスを数pHに低減
- 複数の部品を1個の部品に置き換え可能
- 信頼性の向上
- ドライバ面積の削減
- コストの削減

レーザー・ドライバIC

- 40 V、10 A FET、ゲート・ドライバ内蔵
- EPC21601 : 3.3 Vの入力論理レベル
- EPC21603 : LVDSの入力論理レベル



1.0 mm × 1.5 mm

新しいレーザー・ドライバICのファミリーには、同じチップ内にドライバと集積回路の両方が搭載されています。2個の部品を組み合わせることで1個にまとめているので、ゲート・ループのインダクタンスを実質的にすべて排除できる集積回路です。共通ソース・インダクタンスは、わずか数ピコ・ヘンリーに削減されます。複数の部品を1個の部品に置き換えることができます。もちろん、多数の部品ではなく、ワン・チップなので、信頼性が向上します。はるかに小さな面積のこのチップは、50万個購入時で1米ドル以下で販売されています。論理レベル入力は3.3ボルト。1 mm × 1.5 mmと小さな面積で10アンペアを出力できます。

A new laser driver IC family includes both the driver and the integrated circuit in the same chip. It's an integrated circuit that takes those two components and combines it into one eliminating virtually all of the inductance in the gate loop. The common source inductance is reduced to just a few picohenries. You could replace several parts with a single part. Of course, it's enhanced in reliability because it's just one chip instead of many. You have much smaller area and this chip it's selling for less than \$1 in quantities of half a million or more. It is a 3.3 volt logic level input and is capable of outputting 10 amperes in teeny tiny 1 mm by 1.5 milliliter format.

まとめ



- EPCのデバイスは、より小さく、より軽く、より高精度のロボットとドローンを可能にします
 - モーター駆動回路：より小さく、より軽く、より精密になります
 - マシン・ビジョン：より遠くを、より速く、よりきれいに見えます
 - DC-DC電源回路：より小さく、より高効率になります
- 同じオン抵抗 $R_{DS(on)}$ のとき、EPCのeGaNデバイスは
 - 小型
 - 低スイッチング損失
 - 逆回復ゼロ
 - シリコンよりも丈夫
- GaNの集積化ソリューションは、設計を簡素化し、サイズとコストをさらに削減します

以上をまとめると、（ビルド1）EPCのデバイスは、より小さく、より軽く、より高精度のロボットとドローンを可能にします。モーター駆動回路は、より小さく、より軽く、より精密になります。Lidarシステムは、より遠くを、より速く、よりきれいに見えるようになり、電源回路は、より小さく、より高効率になり、バッテリーの寿命が長くなります。

（ビルド2）同じオン抵抗のとき、EPCのeGaNデバイスは、より小さく、スイッチング損失が小さく、逆回復がなく、シリコンMOSFETよりも丈夫です。最後に、（ビルド3）GaNの集積化ソリューションは、設計を簡素化し、これらすべてのアプリケーションのサイズとコストをさらに削減します。

In summary, (build 1) EPC devices enable smaller, lighter, and higher precision robotics and drones. The motor drivers are smaller, lighter and more accurate. The lidar systems see farther, faster, and better and the power supplies are smaller and more efficient for longer battery life and range.

(Build 2) Given the same on-resistance, EPC eGaN devices are smaller, have lower switching dissipation, do not have no reverse recovery, and are more robust than silicon MOSFETs.

Lastly, (build 3) GaN integrated solutions simplify design and further reduce size and cost for all of these applications.



How To GaN Video Series



3rd Edition Textbook



eGaN[®] FETs and ICs



Evaluation Kits

epc-co.com

GaN FETとICの詳細については、書籍GaN Transistors for Efficient Power Conversionの第3版を参照するか、How2GaNシリーズのビデオをご覧ください。eGaN FETとICの製品と評価キットの詳細については、epc-co.comにアクセスしてください。

For more detailed information about GaN FETs and ICs, please see the 3rd edition textbook, GaN Transistors for Efficient Power Conversion or view more videos in the How2GaN series.

And for more information on eGaN FETs and IC products and evaluation kits, go to epc-co.com