

## ブラシレス DC モーター駆動



### 特徴

- ・各相 30A 連続出力電流、80A ピーク
- ・最大 400 kHz スイッチング周波数
- ・最大 650V 電源電圧
- ・内部ブートストラップ動作
- ・不足電圧ロックアウト
- ・アクティブミラークラムピング
- ・磁気(トランス)絶縁



### アプリケーション

- ・モーター制御
- ・可変周波数ドライブ
- ・DC/AC コンバーター
- ・パワーインバーター
- ・試験装置
- ・磁気共鳴画像 (MRI) 装置主コイル電源

### 説明

SA310 は、主にブラシレス DC (BLDC) 及び永久磁石同期 (PMSM) モーターまたは DC/AC コンバーターの駆動用に設計された、完全に統合された三相ドライバーです。このモジュールは、シリコンカーバイド MOSFET 技術を採用し、同クラスの他のデバイスよりも効率を高めています。3 つの独立したハーフブリッジは、マイクロコントローラーまたは DSC による直接制御の下で最大 80A のピーク出力電流を提供します。SA310 は、熱伝導性を持ちながら電氣的に絶縁された基板上に構築されており、放熱設計の多様性と容易さを実現しています。

アンプの保護機能としては、低電圧ロックアウト機能 (UVLO) とアクティブミラークラムピング機能を備えており、スイッチングノイズの低減と信頼性の向上を実現しています。また、各 MOSFET のボディ・ダイオードを保護するためのシリコンカーバイド製ショットキーバリア・還流ダイオードを搭載しています。外付けの出力保護ダイオードは必要ありません。SA310 の統合ゲートドライバーは、入力と高電圧出力の間でトランスによる絶縁を行っております。

Figure 1: 等価回路図

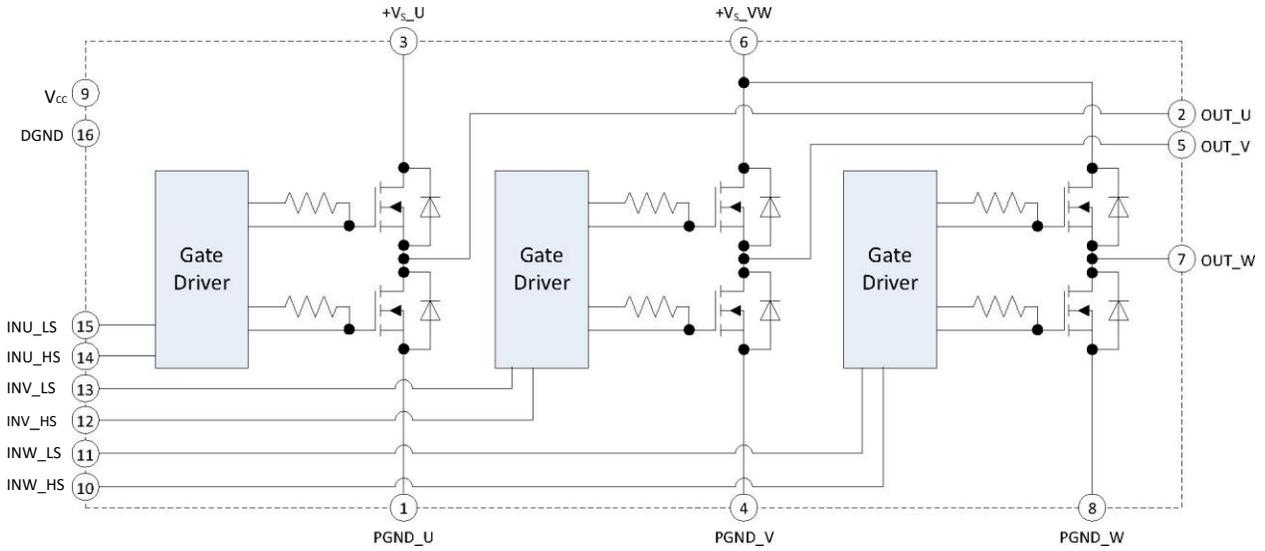
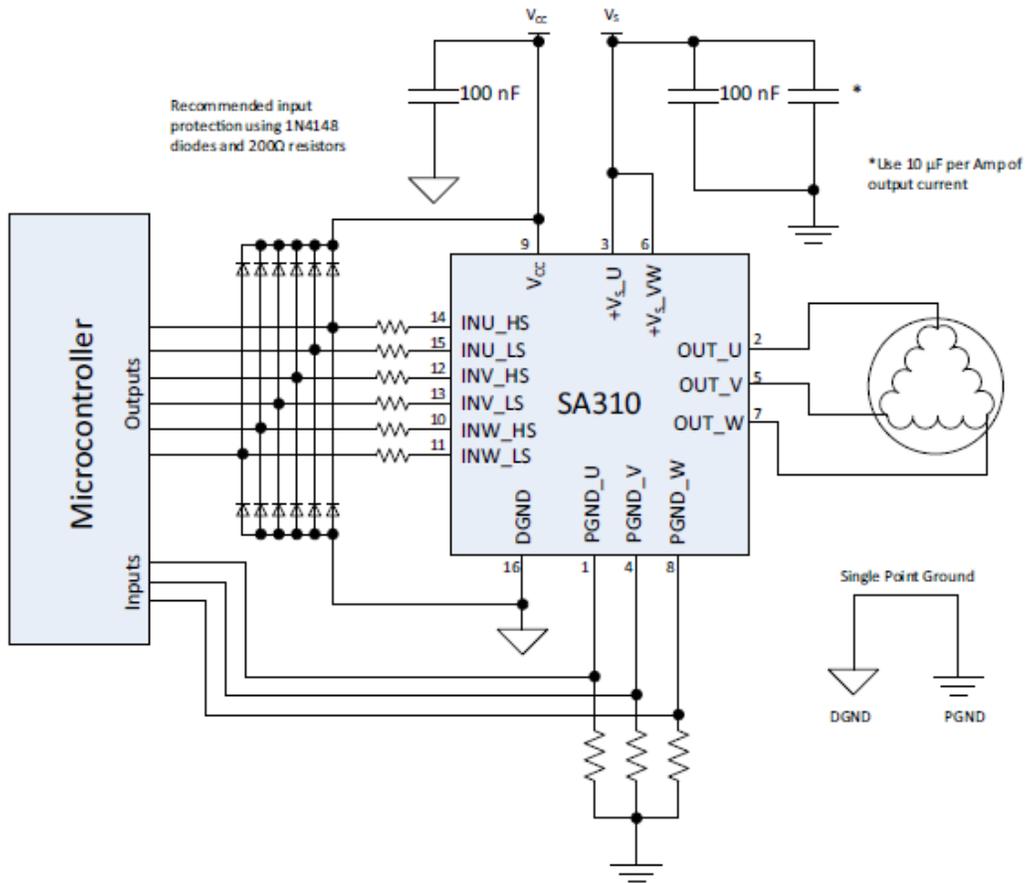
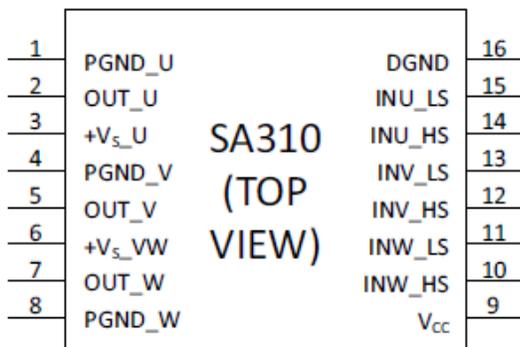


Figure 2: 一般的な接続



ピン配置と説明

Figure 3: ピン配置図



端子番号	名称	説明
1	PGND_U	チャンネル U の帰還パス。必要に応じて、この端子とパワーグラウンドの間に電流検出抵抗を接続してください。それ以外の場合は、電源グラウンドに直接接地してください。
2	OUT_U	チャンネル U の出力。
3	+Vs_U	チャンネル U の高電圧電源。
4	PGND_V	チャンネル V の帰還パス。必要に応じて、この端子とパワーグラウンドの間に電流検出抵抗を接続してください。それ以外の場合は、電源グラウンドに直接接地してください。
5	OUT_V	チャンネル V の出力。
6	+Vs_VW	チャンネル V およびチャンネル W の高電圧電源。
7	OUT_W	チャンネル W の出力端子。
8	PGND_W	チャンネル W の帰還パス。必要に応じて、この端子とパワーグラウンドの間に電流検出抵抗を接続してください。それ以外の場合は、電源グラウンドに直接接地してください。
9	Vcc	ロジック回路用の電圧供給端子。電源のグラウンド端子は必ず DGND に接続してください。
10	INW_HS	コマンドチャンネル W のハイサイド FET への入力信号。OUT_W に電流を流すために端子を HI にしてください。
11	INW_LS	コマンドチャンネル W のローサイド FET への入力信号。OUT_W に電流を流すために端子を HI にしてください。
12	INV_HS	コマンドチャンネル V のハイサイド FET への入力信号。OUT_V に電流を流すために端子を HI にしてください。
13	INV_LS	コマンドチャンネル V のローサイド FET への入力信号。OUT_V に電流を流すために端子を HI にしてください。
14	INU_HS	コマンドチャンネル U のハイサイド FET への入力信号。OUT_U に電流を流すために端子を HI にしてください。
15	INU_LS	コマンドチャンネル U のローサイド FET への入力信号。OUT_U に電流を流すために端子を HI にしてください。
16	DGND	デジタル回路の帰還パス。グラウンドループが発生しないように、一箇所ですべて電源グラウンドに接続してください。

## 仕様

特に指定のない限り  $T_c = 25^\circ\text{C}$ 。電源電圧は代表値です。

## 絶対最大定格

Parameter	Symbol	Min	Max	Units
Total Supply Voltage	+V <sub>s</sub> to PG ND		650	V
Logic Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		20	V
Output Current, source, sink, peak, within SOA	I <sub>OUT</sub>		80	A
Output Current, continuous, within SOA	I <sub>OUT</sub>		30	A
Power Dissipation, internal, continuous, total	P <sub>D</sub>		111	W
Switching frequency	f <sub>SW</sub>	0	400	kHz
Input Voltage, Logic Level	V <sub>IN</sub>	-0.3	V <sub>CC</sub> +0.3	V
Temperature, pin solder, 10s			350	°C
Temperature, junction <sup>1</sup>	T <sub>J</sub>		175	°C
Temperature, storage		-55	150	°C
Operating Temperature Range, case	T <sub>c</sub>	-40	125	°C

1. 最大接合部温度で長時間動作させると、製品寿命が短くなります。高い MTTF (平均故障時間) を実現するために、内部の電力消費を抑えてください。

### 入力ロジック

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Low		0		0.8	V
Input High		2.0		V <sub>CC</sub>	V
Isolation			650		V

### 出力

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Current, Continuous	25°C Case Temperature	30			A
Rise Time			45		ns
Fall Time			30		ns
ON Resistance (Each FET) <sup>1</sup>	27A Load, T <sub>J</sub> = 25 °C		30		mΩ
ON Resistance (Each FET) <sup>1</sup>	27A Load, T <sub>J</sub> = 125 °C		39.6		mΩ
Duty Cycle <sup>2</sup>	14V ≤ V <sub>CC</sub> ≤ 20			98	%
Duty Cycle <sup>2</sup>	V <sub>CC</sub> = 12V			95	%
Switching Frequency	50% duty cycle, 1A output current			400	kHz
Minimum Load, Resistive		100			Ω

1. 内部のワイヤボンドの寄生抵抗は含みません。
2. 100% Duty Cycle では、High 側は最大 1ms ON として下さい。

### 還流ダイオード

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Current, Peak <sup>1</sup>				80	A
Current, Continuous		30			A
Reverse Recovery Time, t <sub>RR</sub>			19		ns
Forward Voltage	I <sub>AC</sub> = 20A		1.35		V

1. 設計により保証。

### 電源

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage, +V <sub>S</sub>			300	600	V
Supply Voltage, V <sub>CC</sub>	f <sub>sw</sub> < 200 kHz	12	18	20	V
Supply Voltage, V <sub>CC</sub>	f <sub>sw</sub> < 400 kHz	14	18	20	V
Supply Current, V <sub>CC</sub>	All channels idle	5	8	14	mA

**温度特性**

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Resistance, Junction to Case, MOSFETs, AC	3-phase loading <sup>1</sup> , $f_{sw} > 60$ Hz			0.63	°C/W
Resistance, Junction to Case, MOSFETs, DC	$f_{sw} < 60$ Hz			1.35	°C/W
Resistance, Junction to Case, Free-wheeling Diodes, DC	3-phase loading <sup>2</sup> , $f_{sw} < 60$ Hz			0.48	°C/W
Resistance, Junction to Air, MOSFETs	3-phase loading <sup>1</sup>		13		°C/W
Resistance, Junction to Air, Free-wheeling Diodes	3-phase loading <sup>2</sup>		3		°C/W
Temperature Range, Case <sup>3</sup>		-40		125	°C

1. 3相すべてが典型的な6段階のシーケンスでアクティブになります。電力は6つのMOSFETデバイスすべてに均等に分配されます。
2. 電力は6つのダイオード素子すべてに均等に分配されます。
3. ケース温度は、スイッチング周波数でデレーティングする必要があります。図12参照。

Figure 4: Power Derating

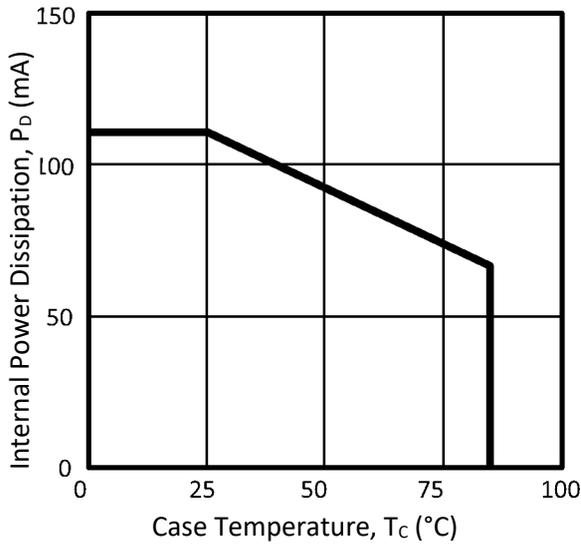


Figure 5:  $I_{CC}$  vs. Switching Frequency

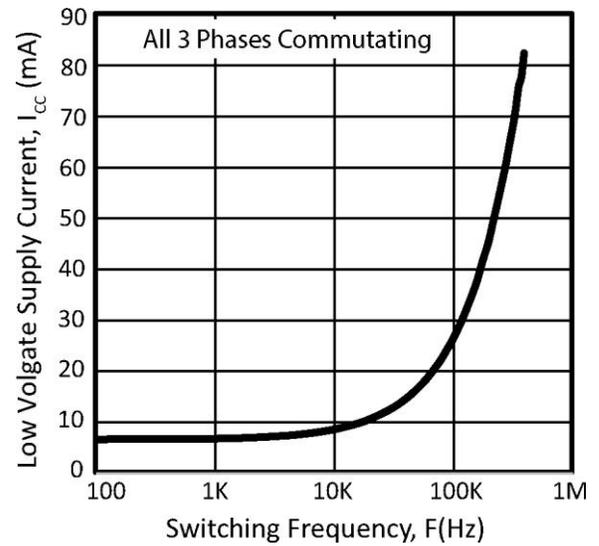


Figure 6: ON Resistance vs.  $I_{OUT}$

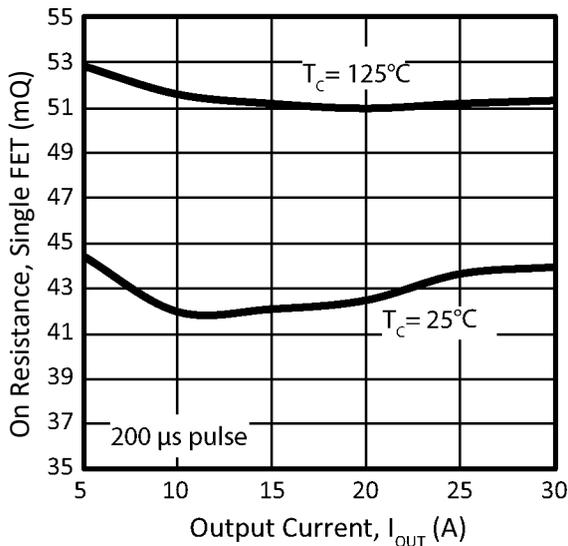


Figure 7: Diode Forward Voltages vs.  $I_{SD}$

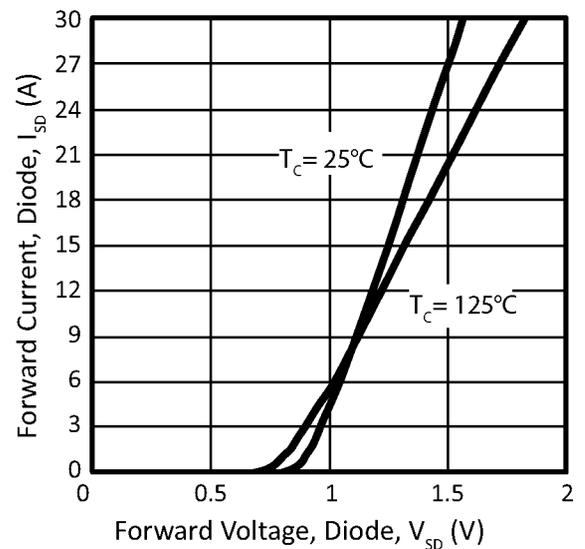


Figure 8: Diode Leakage Current vs.  $V_s$

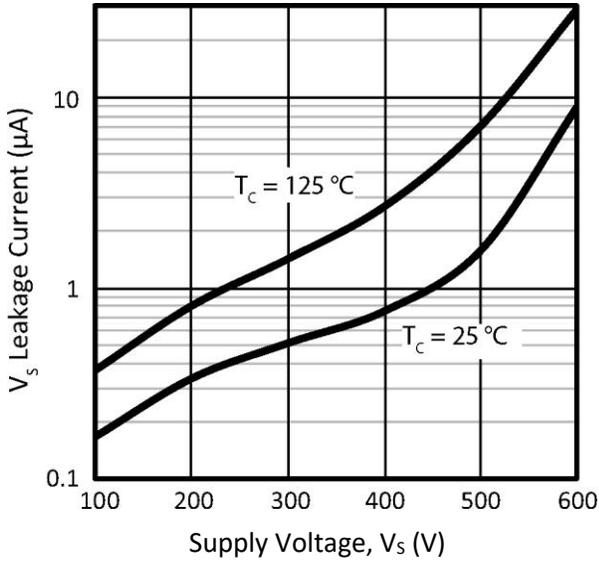


Figure 9: Safe Operating Area, No Heat-sink, Free Air

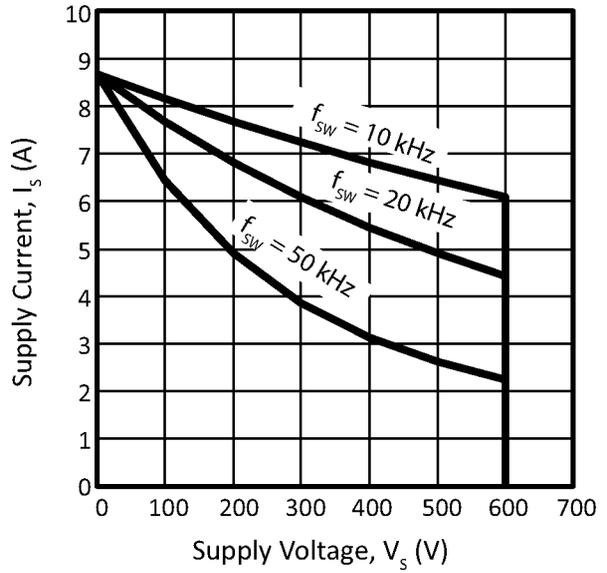


Figure 10: Safe Operating Area, HS39 Heat-sink, Free Air

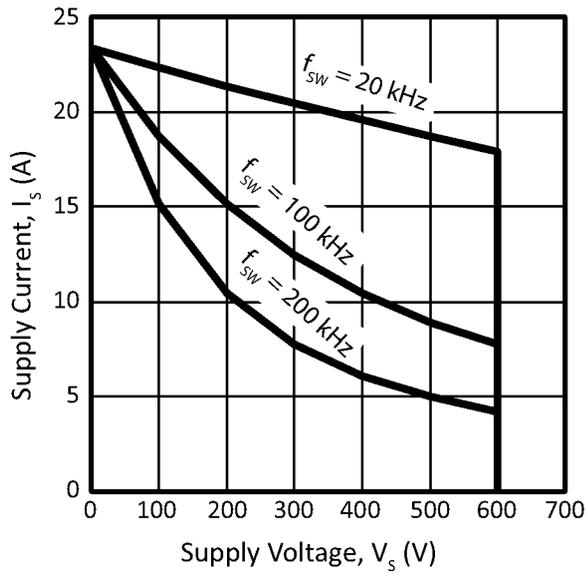


Figure 11: Safe Operating Area, HS39 Heat-sink, 600 LFM Forced Air

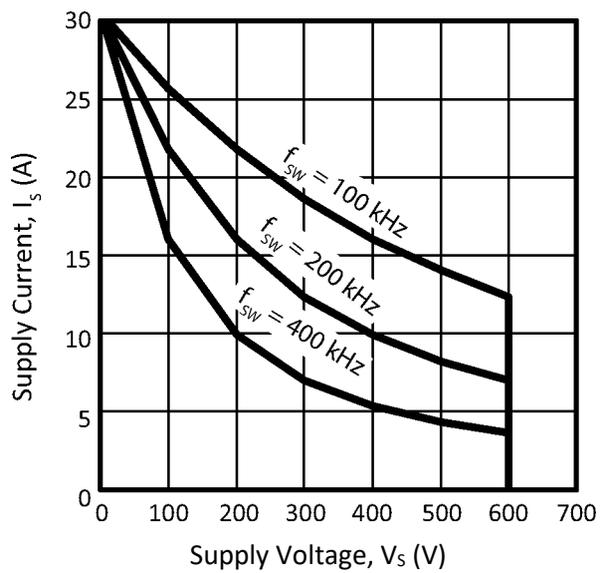
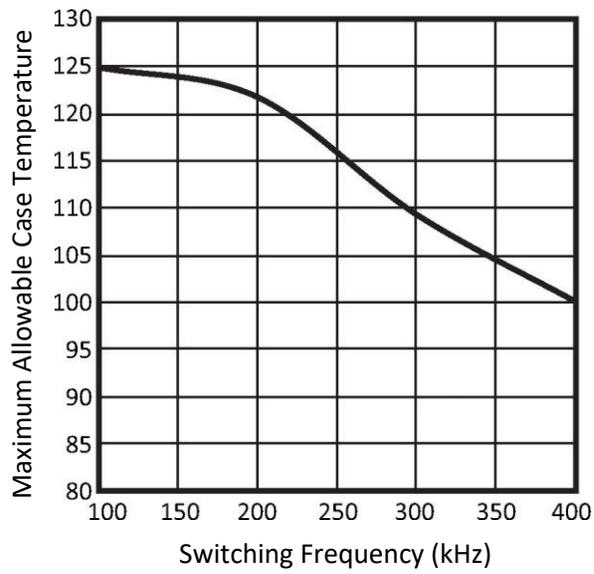


Figure 12: Case Temperature Derating



### 一般的注意事項

安定性、電源、放熱設計、実装、電流制限、安全動作領域の解釈、仕様の解釈については、アプリケーションノート 1 「General Operating Considerations (一般的な使用上の注意)」をお読みください。

Apex Microtechnology の完全なアプリケーション ノート ライブラリ、テクニカル セミナー ワークブック、および評価キットについては、[www.apexanalog.com](http://www.apexanalog.com) にアクセスしてください。

### 電力消費量の計算

SA310 内部の電力損失は主に 2 つの要素で構成されており、以下のように計算することができます。

#### 1. 伝導損失

$$P_{CONDUCTION} = (I_S)^2 \times X \times R_{DS(ON)} [W]$$

$$X = 1.5 \text{ for Wye or Delta loads}$$

$$X = 2 \text{ for Single Ended loads having sinking AND sourcing current}$$

$$X = 1 \text{ for Single Ended loads having sinking OR sourcing current}$$

#### 2. スイッチングロス

$$P_{SWITCHING} = \frac{3}{2} \times V_S \times I_S \times f_{SWITCHING} \times (t_{RISE} + t_{FALL}) [W]$$

上記の仕様表および性能グラフに記載されている記号は下記を示します。

$R_{DS(ON)}$  = ON Resistance (each FET) [Q]

$t_{RISE}$  = Rise Time [s]

$t_{FALL}$  = Fall Time [s]

アプリケーションに関しては、

$I_S$  = Average Supply Current from VS Power Supply [A]

$V_S$  = Supply Voltage [V]

$f_{SWITCHING}$  = Switching Frequency of Input Signal [Hz]

これらの電力値を計算した後、ヒートシンクが必要かどうか、あるいはどれくらいの大きさのヒートシンクが必要かどうかの計算が必要な場合がしばしばあります。

まず、ヒートシンクがないと仮定して、ケース温度と接合部温度を決定します。

$$T_{JUNCTION,FET} = T_{AMBIENT} + (P_{CONDUCTION} + P_{SWITCHING}) \times \theta_{JA,FET} [^{\circ}C]$$

$$T_{CASE} = T_{JUNCTION,FET} - (P_{CONDUCTION} + P_{SWITCHING}) \times \theta_{JC,FET} [^{\circ}C]$$

ここで

$\theta_{JAFET}$  = Thermal Resistance, Junction to Air, MOSFETs [ $^{\circ}C/W$ ]

$\theta_{JCFET}$  = Thermal Resistance junction to Case, MOSFETs [ $^{\circ}C/W$ ]

これらの温度が絶対最大定格の範囲内であり、設計要件を満たしていれば、ヒートシンクは必要ありません。それ以外の場合は、以下の計算式を用いてヒートシンクの最大熱定格を決定してください。

$$\theta_{SA} = \frac{T_{CASE, DESIRED} - T_{AMBIENT}}{P_{CONDUCTION} + P_{SWITCHING}} - \theta_{CS} \left[ \frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$\theta_{SA} = \frac{T_{JUNCTION, FET, DESIRED} - (P_{CONDUCTION} + P_{SWITCHING}) \times \theta_{JC, FET} - T_{AMBIENT}}{P_{CONDUCTION} + P_{SWITCHING}} - \theta_{CS} \left[ \frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

ここで

$\theta_{SA}$  = Heatsink Thermal Rating [ $^{\circ}C/W$ ]

$\theta_{CS}$  = Thermal Interface Rating [ $^{\circ}C/W$ ]

2つの式のうち、大きいほうのヒートシンク(最も低い熱定格)を選択してください。

### 低電圧ロックアウト機能

SA310は、低電圧ロックアウト機能を内蔵しています。 $V_{CC}$ が約9V以下になると、出力は高インピーダンスになります。 $V_{CC}$ が約10V以上になると、出力は通常の動作モードに戻ります。また、ノイズによる誤動作を防ぐため、 $V_{CC}$ には約2.5 $\mu$ sのマスキングが設定されています。

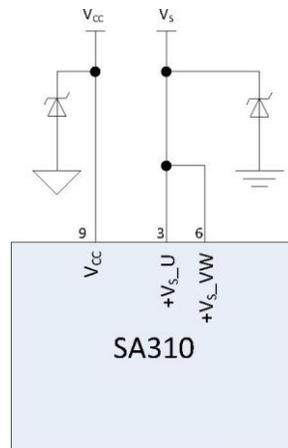
### バイパス

正しく動作させるためには、電源の適切なバイパスが必要です。バイパスを行わないと、動作が不安定になったり、効率の低い動作や、出力の過剰なリングングの原因となります。 $V_S$ 電源は、少なくとも1 $\mu$ Fのセラミックコンデンサと、出力電流1Aあたり10 $\mu$ F以上の低ESR(等価直列抵抗)コンデンサを並列に配置してバイパスする必要があります。コンデンサの種類で考慮すべきなのは、スイッチングアプリケーション用に定格された種類だけです。1 $\mu$ Fのセラミックコンデンサは、 $+V_S$ およびPGNDノードに物理的に直接接続する必要があります。リード線の長さが1インチでも、出力のリングングが過度になります。これは、非常に速いスイッチング時間と、リード接続のインダクタンスによるものです。 $V_{CC}$ 電源のバイパス要件はそれほど厳しくありませんが、それでも必要です。0.1 $\mu$ F~0.47 $\mu$ Fのセラミックコンデンサを $V_{CC}$ 端子からSA310の近くのDGNDに直接接続すれば十分です。

### 電源保護

図13に示すように、電源端子の保護には単方向過渡電圧サプレッサを推奨します。TVSダイオードは、過渡現象を電源定格内の電圧にクランプし、電源の反転をグラウンドにクランプします。TVSダイオードを使用するかどうかにかかわらず、システム電源は、電源投入時のオーバーシュートや電源切断時の極性反転、ラインレギュレーションなどの過渡現象の性能を評価する必要があります。いずれかの電源レールで開回路や極性反転を引き起こす可能性のある条件は、回避または保護する必要があります。単方向TVSダイオードはこれを防ぎ、電氣的にも物理的にも可能な限りアンプに近づけることが望ましいです。

Figure 13: TVS Diodes



### 入力保護

一般的な接続図に示すように、SA310 の外部保護のために、各入力信号に 2 つの小信号ダイオードを接続することをお勧めします。各入力からグラウンドに 100pF のコンデンサを接続して、同軸ケーブルやその他の静電気放電 (ESD) 源からの ESD 保護ができます。端子に流れる過剰な電流を制限するために、入力端子に直列に抵抗 (約 200Ω) を追加することができます。これらの保護機能がないと、SA310 は入力段での永続的な故障の影響を受けやすくなります。INX\_LS と INX\_HS のそれぞれは、標準 50kΩ の DGND への内部プルダウン抵抗を持っています。

### デッドタイム

デッドタイムはユーザーが自由に選択可能で、入力信号を生成する際に考慮する必要があります。一般的にはデッドタイムは、システムコントローラからのクロックサイクルの倍数として選択されます。これにより、\_HS 入力と\_LS 入力の調整が容易になります。デッドタイムの最小推奨値は 60ns です。

### 出力ロジック

SA310 は、各相において以下の真理値表に従います。

INX_LS	INX_HS	OUT_X
L	L	High-Impedance
L	H	H
H	L	L
H	H	High-Impedance

### 電源シーケンス

SA310 の電源投入時には、以下の順序で電源を投入します。

1. VCC
2. +VS

SA310 の電源オフ時には、逆の順序で電源をオフにしてください。

# SA310



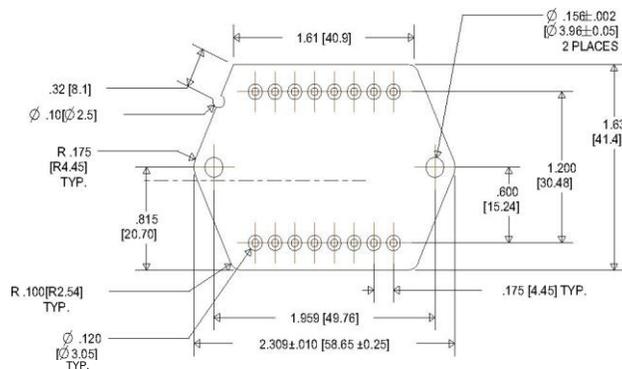
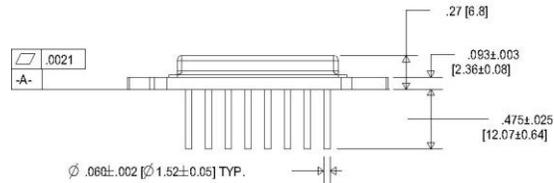
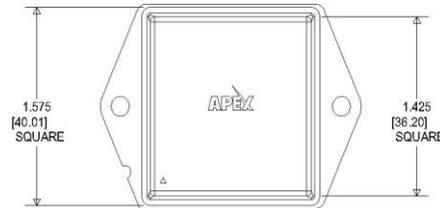
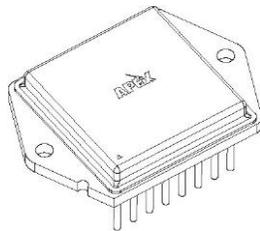
## パッケージオプション

Part Number	Apex Package Style	Description
SA310	KR	16-pin Power DIP

## パッケージスタイル KR

### NOTES:

1. Dimensions are in inches & [mm].
2. Triangle on lid and notch in header denote pin 1.
3. Header material: Nickel-plated CRS
4. Lid material: Solid nickel
5. Pin material: Solderable nickel-plated Alloy 52
6. Welded hermetic package seal
7. Isolation: 1000 VDC any pin to case



## NEED TECHNICAL HELP? CONTACT APEX SUPPORT!

For all Apex Microtechnology product questions and inquiries, call toll free 800-546-2739 in North America. For inquiries via email, please contact [apex.support@apexanalog.com](mailto:apex.support@apexanalog.com). International customers can also request support by contacting their local Apex Microtechnology Sales Representative. To find the one nearest to you, go to [www.apexanalog.com](http://www.apexanalog.com)

### IMPORTANT NOTICE

Apex Microtechnology, Inc. has made every effort to insure the accuracy of the content contained in this document. However, the information is subject to change without notice and is provided "AS IS" without warranty of any kind (expressed or implied). Apex Microtechnology reserves the right to make changes without further notice to any specifications or products mentioned herein to improve reliability. This document is the property of Apex Microtechnology and by furnishing this information, Apex Microtechnology grants no license, expressed or implied under any patents, mask work rights, copyrights, trademarks, trade secrets or other intellectual property rights. Apex Microtechnology owns the copyrights associated with the information contained herein and gives consent for copies to be made of the information only for use within your organization with respect to Apex Microtechnology integrated circuits or other products of Apex Microtechnology. This consent does not extend to other copying such as copying for general distribution, advertising or promotional purposes, or for creating any work for resale.

APEX MICROTECHNOLOGY PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN PRODUCTS USED FOR LIFE SUPPORT, AUTOMOTIVE SAFETY, SECURITY DEVICES, OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS ARE UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER OR THE CUSTOMER'S RISK.

Apex Microtechnology, Apex and Apex Precision Power are trademarks of Apex Microtechnology, Inc. All other corporate names noted herein may be trademarks of their respective holders.

## 重要なお知らせ

このドキュメントは、第三者の翻訳者によって翻訳・作成されています。明確かつ正確な翻訳を提供するために合理的な努力をしていますが、Apex Microtechnology は、翻訳された情報の誤りや不正確さの可能性を完全に排除することはできません。Apex Microtechnology は、翻訳された文書の誤り、脱落、または曖昧さについて一切の責任を負いません。翻訳されたコンテンツに依拠する個人または団体は、自らの責任にてご使用ください。そのため、翻訳された資料は、Apex Microtechnology の公式文書として参照することはできません。Apex Microtechnology のすべての公式文書については、[www.apexanalog.com](http://www.apexanalog.com) に記載されております。

---

## 技術的な支援が必要な場合は、エイペックスサポートにお問い合わせください！

Apex Microtechnology 製品に関するご質問やお問い合わせは、北米のフリーダイヤル 800-546-2739 までお願いします。メールでのお問い合わせは、[apex.support@apexanalog.com](mailto:apex.support@apexanalog.com)。海外のお客様は、お近くの Apex Microtechnology 社の販売代理店に連絡してサポートを依頼することもできます。お近くのお店を探すには、[www.apexanalog.com](http://www.apexanalog.com)。

---

## 重要なお知らせ

Apex Microtechnology, Inc. は、この文書に含まれる内容の正確さを保証するためにあらゆる努力をしています。しかし、これらの情報は予告なしに変更されることがあります。また、これらの情報は、いかなる種類の保証（明示的または黙示的）もなく、「現状のまま」提供されます。Apex Microtechnology は、信頼性向上のため、本書に記載されている仕様や製品を予告なく変更する権利を有しています。本資料は、Apex Microtechnology の所有物であり、本情報を提供することにより、Apex Microtechnology は、特許権、マスクワーク権、著作権、商標権、企業秘密、その他の知的財産権に基づくライセンスを明示的にも黙示的にも許諾するものではありません。Apex Microtechnology は、ここに記載されている情報の著作権を有しており、Apex Microtechnology の集積回路またはその他の Apex Microtechnology の製品に関して、お客様の組織内で使用する場合に限り、この情報のコピーを作成することを承諾します。この同意は、一般的な配布、広告またはプロモーション目的のためのコピー、または再販目的の作品を作成するためのコピーなど、その他のコピーには適用されません。

apex microtechnology の製品は、生命維持装置、自動車の安全性、セキュリティ装置、その他の重要な用途に使用される製品に適しているように設計、認可、保証されていません。このような用途における製品は、すべてお客様またはお客様のリスクであると理解されています。

Apex Microtechnology, Apex, Apex Precision Power は、Apex Microtechnology, Inc. の商標です。ここに記載されているその他の企業名は、それぞれの所有者の商標である可能性があります。