



CMOS ICアプリケーションノート

S-19682B/19683Bシリーズの並列動作

Rev.1.0_00

© ABLIC Inc., 2021

このアプリケーションノートは、S-19682B/19683Bシリーズ (ハイサイドスイッチ) の並列動作の応用について記載した参考資料です。
製品の詳細、仕様についてはデータシートにてご確認ください。

目次

1. 並列動作の目的.....	3
1.1 出力電流の拡張.....	3
1.2 発熱の抑制.....	3
2. 並列接続の方法.....	4
3. 並列動作の説明.....	5
3.1 電流バランス (スイッチ動作時).....	5
3.2 電流バランス (過電流リミット動作時).....	7
3.3 サーマルシャットダウン回路.....	8
3.4 電気的特性.....	8
3.5 接続診断機能.....	9
4. 並列接続時の基板レイアウト.....	10
5. 注意事項.....	11
6. 関連資料.....	11

1. 並列動作の目的

1.1 出力電流の拡張

ハイサイドスイッチを単独動作させるとき、リミット電流 (I_{LIM}) によって出力負荷の駆動能力が決まります。例えば、設定リミット電流 ($I_{LIM(S)} = 600 \text{ mA}$) のS-19683Bシリーズを単独動作させると、 600 mA typ. の出力電流が得られます。2つ以上のハイサイドスイッチを並列動作させると、ハイサイドスイッチを単独動作させるときよりも、全体としての出力負荷の駆動能力を大きくすることができます。例えば、 $I_{LIM(S)} = 600 \text{ mA}$ のS-19683Bシリーズを2つ並列動作させることで、 1200 mA typ. の出力電流が得られます。ハイサイドスイッチの単独動作では出力電流が不足する場合に、並列動作させることで出力電流を補うことが可能です。そのため、並列動作はより多くの負荷電流が流れるアプリケーションに適しています。

1.2 発熱の抑制

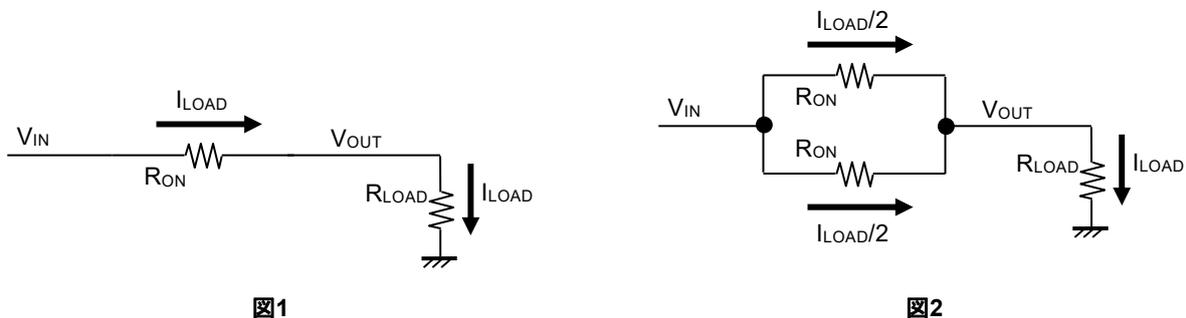
負荷に流れる電流を複数のハイサイドスイッチに分散して流すことにより、並列動作では内蔵スイッチのオン抵抗による電圧降下を抑えます。

電圧降下を抑えると、ICに発生する電力が小さくなり発熱量が抑えられます。そのため、発熱に伴うICや基板の温度上昇が抑制されます。環境温度が高いアプリケーションにおいて、実装条件により十分な放熱性が得られない場合があります。ICがジャンクション温度の最大値を越えることを防ぐ手段として、並列動作が有効です。

図1にハイサイドスイッチを単独動作させたとき、図2に2つのハイサイドスイッチを並列動作させたときの簡略的な等価回路図を示します。簡略化のため実装基板の配線抵抗を無視し、2つのハイサイドスイッチのオン抵抗は同一 (ともに R_{ON}) と仮定しています。

並列動作での全体としてのオン抵抗は $\frac{R_{ON}}{2}$ となります。単独動作時と比べて、並列動作では半分の負荷電流 ($\frac{I_{LOAD}}{2}$)

が各ICに流れ、電力は $P = \left(\frac{I_{LOAD}}{2}\right)^2 \times R_{ON}$ となるので、それぞれのICに発生する電力は1/4になります。並列動作での電力は単独動作時の1/2となるため、発熱量もほぼ半分となります。



S-19682B/19683Bシリーズの並列動作

2. 並列接続の方法

ハイサイドスイッチを適切に並列動作させるための並列接続の方法を説明します。

図3のように並列接続することで、2つのハイサイドスイッチは並列動作します。さらに3つ以上のハイサイドスイッチを並列動作させるときは、図3と同様に3つめ以降のICの端子を相互に接続して並列接続してください。

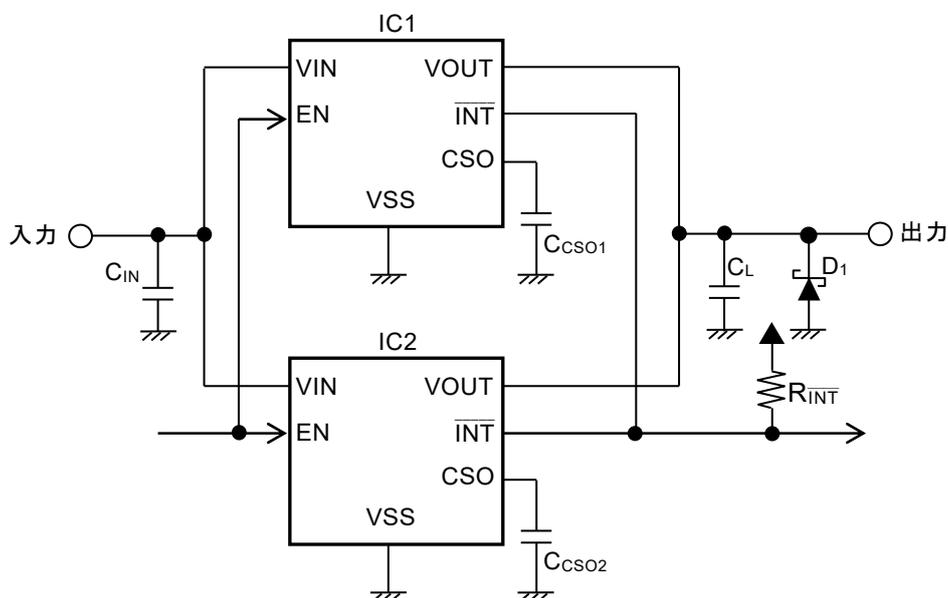


図3 2つのICを並列動作させる場合の接続例

- 注意 1. 各IC間の電流バランスを安定させるため、各ICのCSO端子同士は互いに接続しないでください。また、CSO端子出力安定用コンデンサは各ICのCSO端子にそれぞれ接続してください。
2. 入力安定用コンデンサ (C_{IN})、出力安定用コンデンサ (C_L)、保護ショットキーバリアダイオード (D_1) は図3のようにそれぞれ共有できますが、各ICを互いに近くに配置し、 C_{IN} 、 C_L 、 D_1 は各ICの接続端子のなるべく直近に配置してください。
3. 上記接続図は、動作を保証するものではありません。実際のアプリケーションで十分な評価をおこなってください。

3. 並列動作の説明

3.1 電流バランス (スイッチ動作時)

並列動作する各ICがスイッチ動作しているときの電流バランスについて説明します。

"1. 並列動作の目的"、図2では実装基板の配線抵抗を無視し、2つのハイサイドスイッチのオン抵抗を同一と仮定しましたが、実際には実装基板の配線抵抗が存在し、個体差によってオン抵抗にばらつきがあります。IC1、IC2の2つのハイサイドスイッチを並列動作させたときの、それらを考慮した等価回路図を図4に示します。

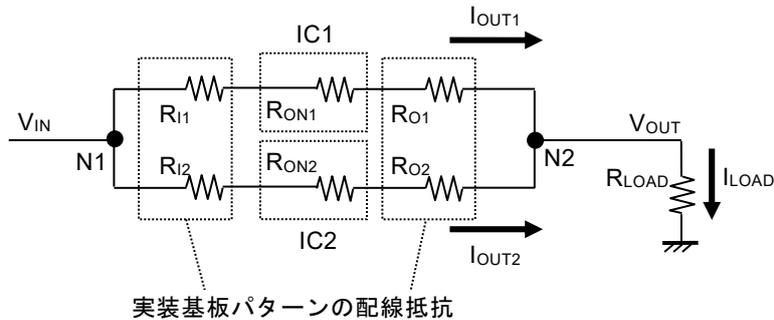


図4

VIN端子側の配線は接点N1で合流し、VOUT端子側の配線は接点N2で合流しているため、N1とN2の間の経路のIC1側の合成抵抗値 (R₁) およびIC2側の合成抵抗値 (R₂) はそれぞれ式 (1) と式 (2) のようになります。

$$R_1 = R_{I1} + R_{ON1} + R_{O1} \dots \dots \dots (1)$$

$$R_2 = R_{I2} + R_{ON2} + R_{O2} \dots \dots \dots (2)$$

- 備考**
- R_{ON1} : IC1のオン抵抗
 - R_{ON2} : IC2のオン抵抗
 - R_{I1} : IC1のVIN端子側の配線抵抗
 - R_{I2} : IC2のVIN端子側の配線抵抗
 - R_{O1} : IC1のVOUT端子側の配線抵抗
 - R_{O2} : IC2のVOUT端子側の配線抵抗

このとき、IC1側の出力電流 (I_{OUT1}) とIC2側の出力電流 (I_{OUT2}) の比率は、式 (3) で表されます。

$$\frac{I_{OUT1}}{I_{OUT2}} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \dots \dots \dots (3)$$

$\frac{I_{OUT1}}{I_{OUT2}} = 1$ のとき、各ICの出力電流は一致しています。式 (3) より、R₁とR₂の差が小さいほど $\frac{I_{OUT1}}{I_{OUT2}}$ が1に近付き、電流バランスが良くなることがわかります。電流バランスの計算例を以下に示します。

R_{ON1} = 610 mΩ, R_{ON2} = 620 mΩ, R_{I1} = R_{I2} = R_{O1} = R_{O2} = 2 mΩとしたとき、
 R₁ = 614 mΩ, R₂ = 624 mΩ
 $\frac{I_{OUT1}}{I_{OUT2}} = 1.0163$

このとき、IC2の経路に対するIC1の経路の電流の差の割合は+1.63%となります。

S-19682B/19683Bシリーズの並列動作

実際のアプリケーションで電流バランスを計算する場合は、基板パターンから実装基板の配線抵抗を算出してください。また、S-19682B/19683Bシリーズのオン抵抗のばらつきについては、**図5**を参考にしてください。

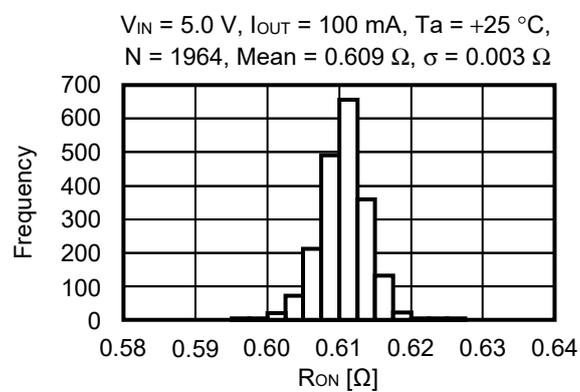


図5

備考 N: サンプル数

3.2 電流バランス (過電流リミット動作時)

並列動作する各ICが過電流リミット動作しているときの電流バランスについて説明します。
IC1、IC2の2つのハイサイドスイッチを並列動作させた場合の、過電流リミット動作時の等価回路図を図6に示します。

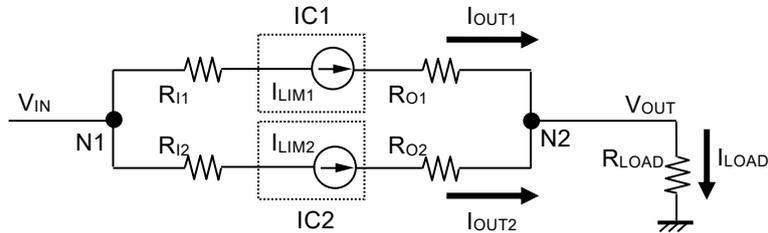


図6

各ICが過電流リミット動作しているとき、IC1側の出力電流 (I_{OUT1}) はIC1の内部で決まるリミット電流 (I_{LIM1}) となり、IC2側の出力電流 (I_{OUT2}) はIC2の内部で決まるリミット電流 (I_{LIM2}) となります。よって、過電流リミット動作時の電流バランスは式 (4) で表されます。

$$\frac{I_{OUT1}}{I_{OUT2}} = \frac{I_{LIM1}}{I_{LIM2}} \dots\dots\dots(4)$$

なお、単独動作か並列動作かに関わらず、各ICのリミット電流はデータシートの "■ 電気的特性" に記載した値となります。S-19682B/19683Bシリーズのリミット電流のばらつきについては、図7、図8を参考にしてください。並列動作時の全体のリミット電流は、並列接続されたICそれぞれのリミット電流の総和で決まります。図6においては、 $I_{LIM1} + I_{LIM2}$ となります。

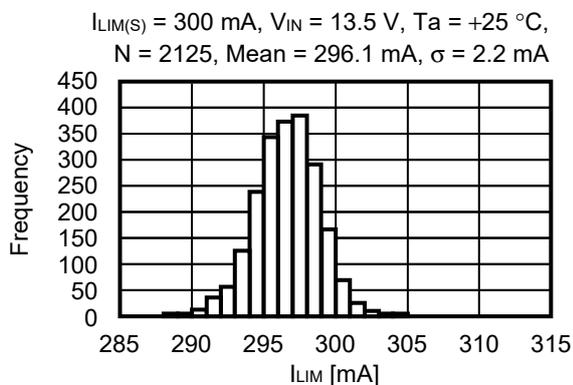


図7 S-19682Bシリーズ

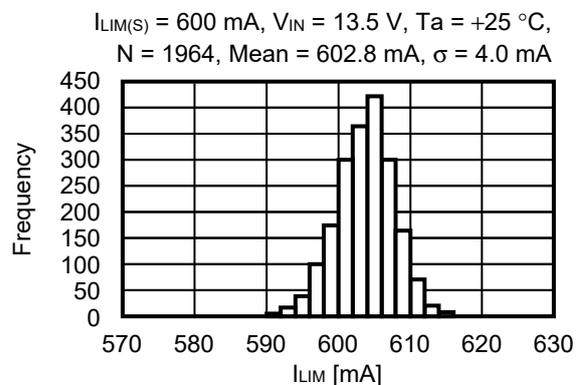


図8 S-19683Bシリーズ

備考 N: サンプル数

図7、図8に示したようなばらつきを考慮し、スイッチ動作から過電流リミット動作への切り換わりを説明します。下記は、 $I_{LIM1} > I_{LIM2}$ の場合を例に説明します。

負荷電流 (I_{LOAD}) が増加し、 I_{OUT2} が I_{LIM2} に達したとき、IC2は先に過電流リミット動作となり、IC1はスイッチ動作のままとなります。このとき、出力電圧 (V_{OUT}) = $V_{IN} - R_1 \times I_{OUT1}$ となります。負荷電流がさらに増加し、 I_{OUT1} が I_{LIM1} に達したとき、IC1も過電流リミット動作となります。IC1、IC2の両方が過電流リミット動作になると、 $V_{OUT} = R_{LOAD} \times (I_{LIM1} + I_{LIM2})$ となります。

S-19682B/19683Bシリーズの並列動作

3.3 サーマルシャットダウン回路

並列動作時のサーマルシャットダウン回路の動作について説明します。

IC1、IC2の2つのハイサイドスイッチが並列動作しているとき、各ICのサーマルシャットダウン回路はそれぞれ独立して動作します。例えばIC1が発熱して先にサーマルシャットダウン回路が検出状態になると、IC1の出力がオフし、出力オンしているIC2にのみ負荷電流が流れます。そのため、全体としての出力負荷の駆動能力はIC2の1つ分になります。負荷電流がIC2のリミット電流を越えると、過電流リミット動作となります。過電流リミット動作時はV_{OUT}が低下して発熱が大きくなりますので、IC2のサーマルシャットダウン回路も検出状態になりやすくなります。IC1、IC2の両方ともサーマルシャットダウン回路が検出状態になると、IC1、IC2の出力がオフして発熱が制限されます。

3.4 電気的特性

並列動作しているとき、各ICの電気的特性はデータシートに従った特性となります。S-19683Bシリーズを単独動作させたときの電気的特性、および同じ設定リミット電流 (I_{LIM(S)}) のS-19683Bシリーズをn^{*}個並列動作させたときの全体としての電気的特性を、表1に示します。

並列動作をご検討の際は、並列動作時の全体としての電気的特性がアプリケーションで許容できるかご確認ください。

表1

項目*2	記号	単独動作		並列動作 (n個)		単位
		Min.	Max.	Min.	Max.	
動作時消費電流	I _{SS1}	–	95	–	95 × n	μA
パワーオフ時消費電流	I _{SS2}	–	2.0	–	2.0 × n	μA
オン抵抗	R _{ON}	–	1.0	–	$\frac{1.0}{n}$	Ω
出力オフリーク電流	I _{LEAK,VOUT}	–	2.0	–	2.0 × n	μA
リミット電流	I _{LIM}	I _{LIM(S)} × 0.9	I _{LIM(S)} × 1.1	I _{LIM(S)} × 0.9 × n	I _{LIM(S)} × 1.1 × n	mA
割り込み出力リーク電流	I _{LEAK,INT}	–	1.0	–	1.0 × n	μA
EN端子入力電流 "H"	I _{SH}	–	1.0	–	1.0 × n	μA
EN端子入力電流 "L"	I _{SL}	–0.2	0.2	–0.2 × n	0.2 × n	μA

*1. n: 2以上の整数

*2. 各項目の測定条件についてはデータシートを参照してください。

3.5 接続診断機能

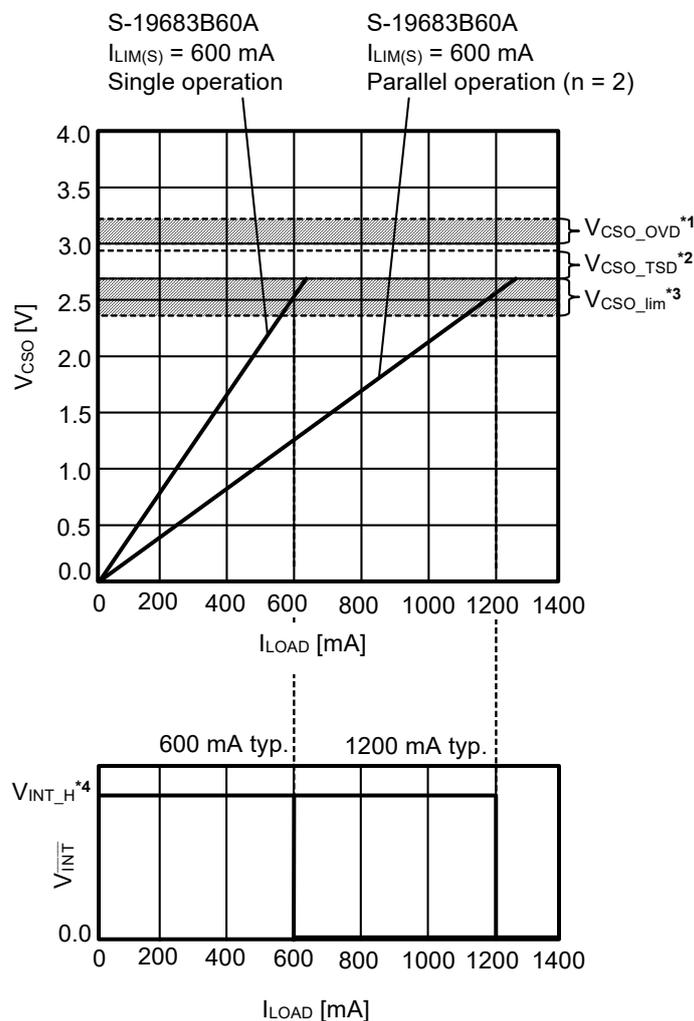
S-19682B/19683BシリーズはCSO端子、 $\overline{\text{INT}}$ 端子を用いて電流モニタおよび、動作状態の判断が可能です。ここでは、並列動作時の各機能について説明します。

設定リミット電流 ($I_{\text{LIM(S)}} = 600 \text{ mA}$)のS-19683Bシリーズを単独動作させたときと、2つ並列動作させたときのCSO端子と $\overline{\text{INT}}$ 端子の出力例を図9に示します。

CSO端子電圧 (V_{CSO}) は負荷電流 (I_{LOAD}) に比例しているため、各ICがスイッチ動作しているときは、並列動作での V_{CSO} は、単独動作での V_{CSO} の1/2になります。このとき、"3.1 電流バランス (スイッチ動作時)" で説明した各ICの電流の差が V_{CSO} に含まれます。 V_{CSO} がCSO端子電流リミット電圧 ($V_{\text{CSO_lim}}$) に達すると、ICは電流リミット動作状態になります。

"2. 並列接続の方法"、図3のように並列接続した場合、IC1とIC2どちらの V_{CSO} をモニタすることも可能です。両方の V_{CSO} をモニタすることで、並列動作するICそれぞれの電流をモニタすることも可能です。

S-19682B/19683Bシリーズの $\overline{\text{INT}}$ 端子はNchオープンドレイン出力のため、図3のようにワイヤードオア接続が可能です。並列接続したICが過電流状態、過熱状態、過電圧状態のいずれかになった場合、 $\overline{\text{INT}}$ 端子 = "L" となります。



- *1. CSO端子過電圧検出時出力電圧
- *2. CSO端子サーマルシャットダウン検出時出力電圧
- *3. CSO端子電流リミット電圧
- *4. プルアップ電圧

図9

注意 CSO端子を用いて電流モニタする場合、並列接続する各ICのCSO端子同士は互いに接続しないでください。

S-19682B/19683Bシリーズの並列動作

4. 並列接続時の基板レイアウト

S-19682B/19683Bシリーズを並列接続するときは、特定のICの経路に電流が集中しないように、各IC間の電流バランスを良くする必要があります ("3.1 電流バランス (スイッチ動作時)" 参照)。

そのため、各ICのVIN端子とVOUT端子がつながる配線の抵抗値が一致するように基板パターンを設計してください。具体的には、各ICのVIN端子同士とVOUT端子同士はなるべく近くで接続してください。また、配線抵抗の差による電流バランスへの影響を抑えるため、VIN端子とVOUT端子がつながる配線の幅を太くして配線抵抗値を小さくしてください。並列接続する基板レイアウトにおけるVIN端子、VOUT端子の配線の良い例を図10に示します。良い例では、電流バランスを考慮してIC1側とIC2側の配線抵抗が揃うよう配線されています。また、悪い例を図11に示します。悪い例ではIC1側の配線抵抗が小さく、IC2側の配線抵抗が大きいため、電流バランスが図10より劣ります。

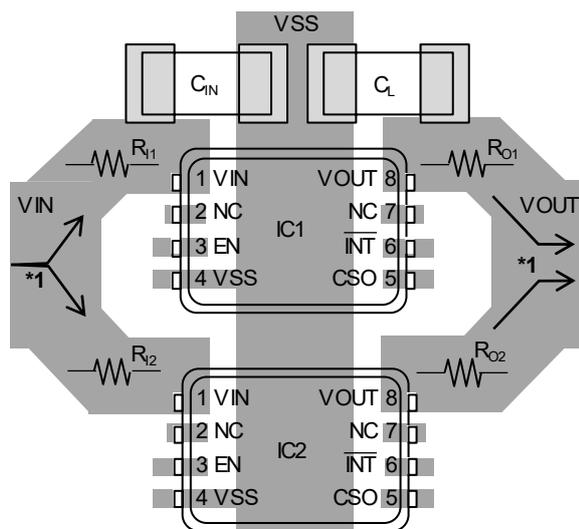


図10 良い例

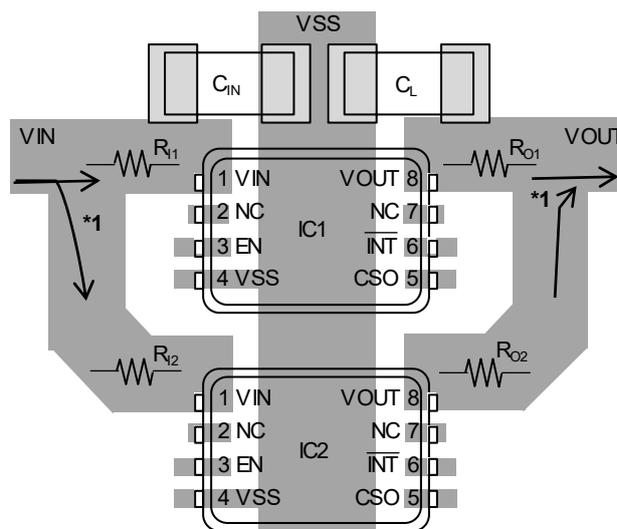


図11 悪い例

*1. 矢印は電流の向きを示します。

5. 注意事項

- ・ 本資料に掲載のアプリケーション例は、弊社ICを使用した代表的な応用例を説明したものです。ご使用の際は、十分な評価を行ってください。
- ・ 本ICは静電気に対する保護回路が内蔵されていますが、保護回路の性能を越える過大静電気がICに印加されないようにしてください。
- ・ 弊社ICを使用して製品を作る場合には、その製品での当ICの使い方や製品の仕様、出荷先の国などによって当ICを含めた製品が特許に抵触した場合、その責任は負いかねます。

6. 関連資料

S-19682B/19683Bシリーズの詳細については、下記のデータシートを参照してください。

S-19682Bシリーズ データシート

S-19683Bシリーズ データシート

このアプリケーションノートおよびデータシートの内容は、予告なく変更することがあります。

詳細は、販売窓口までお問い合わせください。

データシートの最新版は弊社Webサイトにて製品カテゴリと製品名をお選びいただき、PDFファイルをダウンロードしてください。

www.ablic.com エイブリック株式会社Webサイト

免責事項 (取り扱い上の注意)

1. 本資料に記載のすべての情報 (製品データ、仕様、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等) は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。
2. 本資料に記載の回路例および使用方法は参考情報であり、量産設計を保証するものではありません。本資料に記載の情報を使用したことによる、本資料に記載の製品 (以下、本製品といいます) に起因しない損害や第三者の知的財産権等の権利に対する侵害に関し、弊社はその責任を負いません。
3. 本資料の記載に誤りがあり、それに起因する損害が生じた場合において、弊社はその責任を負いません。
4. 本資料に記載の範囲内の条件、特に絶対最大定格、動作電圧範囲、電気的特性等に注意して製品を使用してください。本資料に記載の範囲外の条件での使用による故障や事故等に関する損害等について、弊社はその責任を負いません。
5. 本製品の使用にあたっては、用途および使用する地域、国に対応する法規制、および用途への適合性、安全性等を確認、試験してください。
6. 本製品を輸出する場合は、外国為替および外国貿易法、その他輸出関連法令を遵守し、関連する必要な手続きを行ってください。
7. 本製品を大量破壊兵器の開発や軍事利用の目的で使用および、提供 (輸出) することは固くお断りします。核兵器、生物兵器、化学兵器およびミサイルの開発、製造、使用もしくは貯蔵、またはその他の軍事用途を目的とする者へ提供 (輸出) した場合、弊社はその責任を負いません。
8. 本製品は、生命・身体に影響を与えるおそれのある機器または装置の部品および財産に損害を及ぼすおそれのある機器または装置の部品 (医療機器、防災機器、防犯機器、燃焼制御機器、インフラ制御機器、車両機器、交通機器、車載機器、航空機器、宇宙機器、および原子力機器等) として設計されたものではありません。上記の機器および装置には使用しないでください。ただし、弊社が車載用等の用途を事前に明示している場合を除きます。上記機器または装置の部品として本製品を使用された場合または弊社が事前明示した用途以外に本製品を使用された場合、これらにより発生した損害等について、弊社はその責任を負いません。
9. 半導体製品はある確率で故障、誤動作する場合があります。本製品の故障や誤動作が生じた場合でも人身事故、火災、社会的損害等発生しないように、お客様の責任において冗長設計、延焼対策、誤動作防止等の安全設計をしてください。また、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
10. 本製品は、耐放射線設計しておりません。お客様の用途に応じて、お客様の製品設計において放射線対策を行ってください。
11. 本製品は、通常使用における健康への影響はありませんが、化学物質、重金属を含有しているため、口中には入れないようにしてください。また、ウエハ、チップの破断面は鋭利な場合がありますので、素手で接触の際は怪我等に注意してください。
12. 本製品を廃棄する場合には、使用する地域、国に対応する法令を遵守し、適切に処理してください。
13. 本資料は、弊社の著作権、ノウハウに係わる内容も含まれております。本資料中の記載内容について、弊社または第三者の知的財産権、その他の権利の実施、使用を許諾または保証するものではありません。本資料の一部または全部を弊社の許可なく転載、複製し、第三者に開示することは固くお断りします。
14. 本資料の内容の詳細その他ご不明な点については、販売窓口までお問い合わせください。
15. この免責事項は、日本語を正本として示します。英語や中国語で翻訳したものがあっても、日本語の正本が優越します。

2.4-2019.07



ABLIC

エイブリック株式会社
www.ablic.com