

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容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。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

1. はじめに

近年スイッチング電源の小形化、軽量化、高効率化が急激に進みスイッチング周波数も 100 kHz 以上へと高速化してきました。このような高周波動作に対応してスイッチング素子はバイポーラトランジスタに代わってパワー MOS FET が使用されています。その理由としては、パワー MOS FET はその特徴として高利得、大破壊耐量、高速スイッチング特性、さらに低オン抵抗があげられ、スイッチング用パワーデバイスとしては最適の性能を有しているからです。

スイッチング電源でスイッチングデバイスとして、パワー MOS FET を使用することにより、スイッチング部分の効率の向上が達成されると、二次側の整流回路の損失が目立ってきます。二次側整流回路の整流ダイオードにはファースト・リカバリ・ダイオード (FRD) またはショットキ・バリア・ダイオード (SBD) が使用されていますが、順電圧降下の改善により低損失化を図るためパワー MOS FET の逆特性を利用した整流回路が考案されています。そこで本資料ではパワー MOS FET を使用した 2 次整流回路の特長と応用回路について紹介します。

2. パワー MOS FET の構造と内部ダイオード

図 1 にパワー MOS FET の基本セル構造を示します。パワー MOS FET は図 1 のような基本セルが数千～数万個 1 チップ上に並列に形成されたもので、現在では主に縦型二重拡散構造 (D MOS=Double Diffused MOS FET) が採用されています。図 1 からわかるように縦型構造のパワー MOS FET はその構造上寄生ダイオードが存在します。したがって図 2 に示す回路のようにドレイン・ソース間に逆バイアス (ソースに正、ドレインに負の電圧) を与えた場合の電流経路としては、図 1 のようにチャネル部を通る電流 ① と PN 接合を通る電流 ② が存在します。この内、チャネル部を通る電流 ① は当然ゲート・ソース間に与えられる電圧により変化します。したがってゲート・ソース間にバイアス電圧を与えた場合、チャネル抵抗成分が寄生ダイオードと並列に接続されます。そのためドレイン・ソース間の電流電圧逆特性がゲートバイアスによって変化することになります。

図 1 パワー MOS FET セル断面図

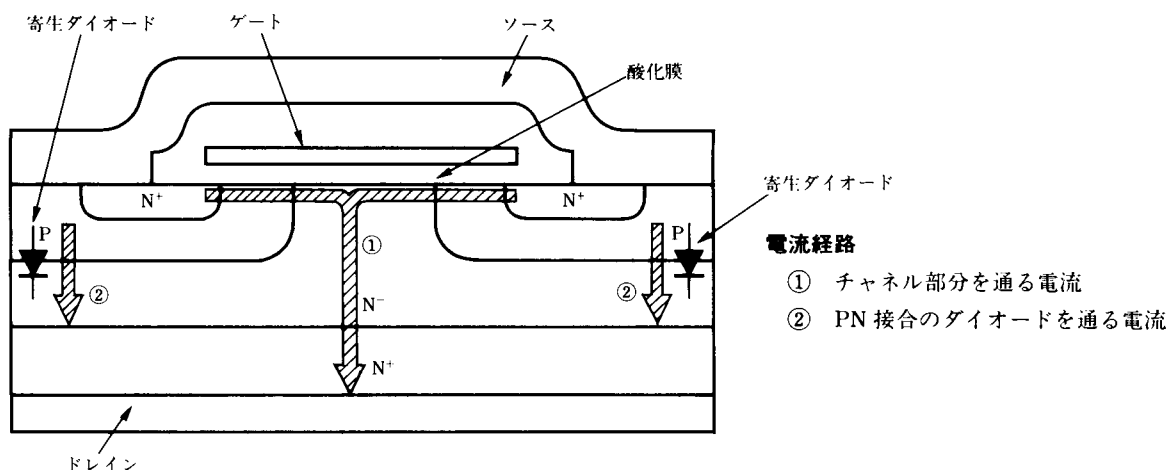
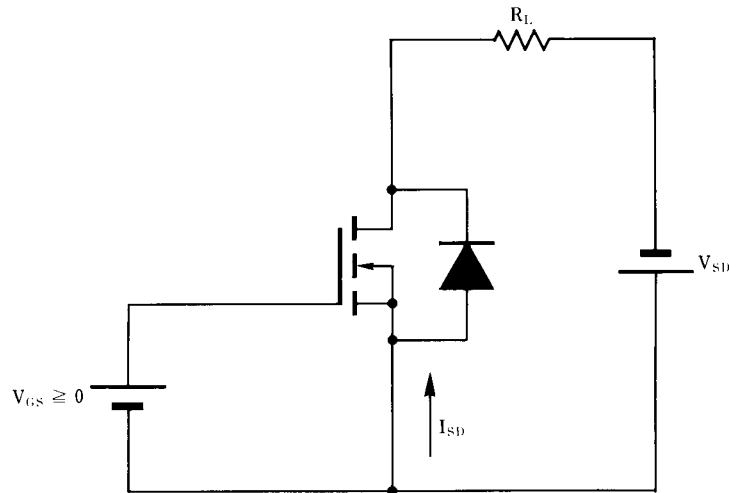


図 2 逆特性測定回路

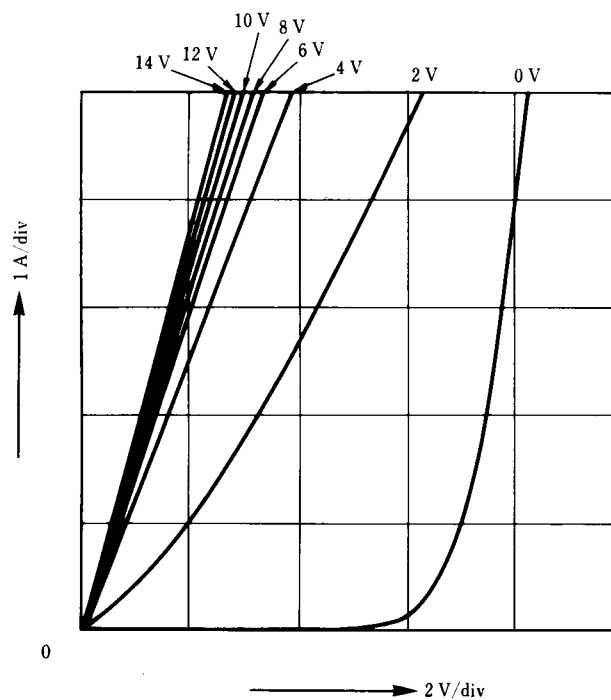


3. パワー MOS FET の電流電圧逆特性

図 3 は 2SK659 を図 2 に示す測定回路にて、ゲート・ソース間電圧 V_{GS} を可変したときのドレイン・ソース間逆特性です。

図 3 からゲート・ソース間に電圧が加わらないとき ($V_{GS} = 0$) は、寄生ダイオードそのものの順電圧 - 電流特性となることがわかります。次にゲート・ソース間に順バイアスを与えると寄生ダイオードと並列の MOS FET が動作し、順方向のオン抵抗と同じ値の抵抗特性となります。パワー MOS FET 整流回路はこの逆方向特性をうまく利用したものです。

図 3 2SK659 $V_{SD}-I_{SD}$ 特性



4. パワー MOS FET を用いた整流回路

4.1 動作原理

図3はパワー MOS FET 2SK659 を 2 次側の整流素子として用いた整流回路の一例です。

この回路では Q_0 でトランスの一次側を駆動し二次側の整流を Q_1 で行いチョークコイル L の回生を Q_2 で行っています。

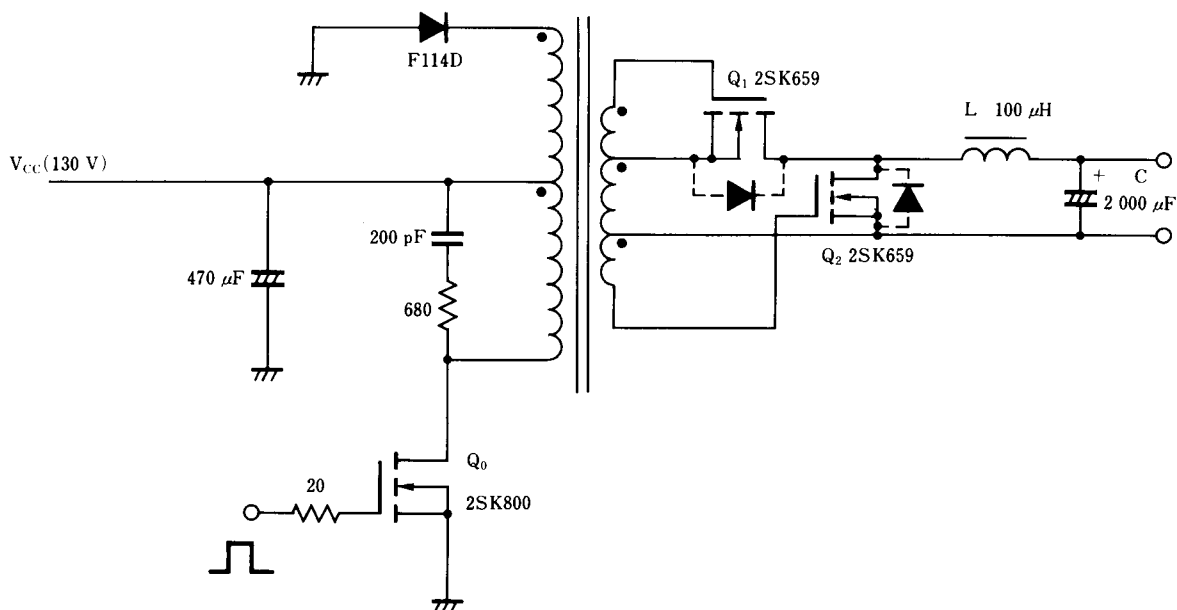
次に図4の具体的な動作について説明します。 Q_0 がオンの時、図4の●印(コイルの巻きはじめ)に正の電圧が加わり、パワー MOS FET Q_1 のゲートが順バイアスされ、 Q_1 のソース・ドレイン間は低オン抵抗となり、ソースからドレインに電流が流れます。

また Q_2 はドレインに正、ソースに負の電圧が加わっていますがゲート・ソース間は逆バイアスのためオフ状態です。したがって、この時コンデンサの充電電流はトランスの二次巻線の巻きはじめ端子 → Q_1 のソース (→ 寄生ダイオード) → ドレイン → チョークコイル → コンデンサ → トランスの二次巻線の巻きおわりのルートで流れます。

次に Q_0 がオフの時、図4の各巻線の巻きおわり側に正の電圧が加わるため、 Q_1 はドレインに正、ソースに負の電圧が加わります。しかしゲート・ソース間は逆バイアス電圧が与えられるので、オフ状態つまり整流ダイオードが阻止状態になっています。また、チョークコイルに生じた逆起電力は、ゲート・ソース間が順バイアスされたパワー MOS FET Q_2 のソース → 寄生ダイオード → ドレイン → チョークコイルというルートで流れ、コンデンサ充電電流として回生されます。

このような動作の繰り返しで整流回路が構成されます。

図4 パワー MOS FET を用いた高効率の整流回路



4.2 ファースト・リカバリ・ダイオード、ショットキ・バリア・ダイオードとの比較

ファースト・リカバリ・ダイオードとショットキ・バリア・ダイオードの性能比較を表1に示します。また出力電圧別にファースト・リカバリ・ダイオードとショットキ・バリア・ダイオードの使い分けの例を表2に示します。

それぞれの性能を比較するとショットキ・バリア・ダイオードが逆回復時間順電圧降下面ですぐれていますが、もれ電流が大きいこと、高耐圧品が得にくいことから、整流回路の出力電圧の高い場合はファースト・リカバリ・ダイオード、出力電圧の低い場合は順電圧降下の低いショットキ・バリア・ダイオードが使用されています。

次に図4の回路で二次整流素子にパワー MOS FET を使用した場合の損失面での優位性についてショットキ・バリア・ダイオードと比較してみます。

パワー MOS FET のゲート・ソース間を順バイアスした時のオン抵抗による電圧降下は寄生ダイオードより十分小さいため、寄生ダイオードは働かず、したがって寄生ダイオードのもつ逆回復時間もきわめて小さいものです。また4V駆動低オン抵抗パワー MOS FET 2SK659 $R_{DS(on)} = 50\text{ m}\Omega / 80\text{ m}\Omega$ 条件 $V_{GS} = 10\text{ V} / 4\text{ V}$) では $I_D = 5\text{ A}$ で約0.3Vの電圧降下しかなく電圧降下の小さいショットキ・バリア・ダイオード (電圧降下約0.5V) よりさらに低損失化が可能です。

このようにパワー MOS FET は順電圧降下を極めて低くできますが、高周波で使う場合、端子間に見られる入力容量 C_{iss} 、帰還容量 C_{rss} 、出力容量 C_{oss} によりオフ時の高周波インピーダンスが低下するため全損失は順電圧降下の低減分を多少割り引いて考えなければなりません。

以上のようにパワー MOS FET による二次整流回路は、低損失化が期待でき、特に出力電圧2V~3Vという低出力電圧回路で有効な整流回路といえます。

表1 FRD・SBD 特性比較

項目 \ ダイオード	FRD	SBD
順方向電圧 (V_F)	0.9V ~ 1.2V	0.6V 以下
逆方向電圧 (V_R)	200V ~ 400V	40V ~ 90V
逆回復時間 (t_{rr})	速い 30ns	速い 20ns 以下
逆方向電流 (I_R)	小さい 2 μ A	大きい 200 μ A
逆電力サージ破壊耐量	高速化すると弱い	高耐圧化すると弱い

表2 出力電圧別使用区分

ダイオード 周波数 出力電圧	FRD		SBD	
	~100kHz	100kHz ~	~100kHz	100kHz ~
~ 5V	—	—	○	○
~ 12V	—	—	*○	*○
~ 24V	○	○	—	—
~ 48V	○	○	—	—

○：主に使用されるデバイス *：耐圧90V

本製品は外国為替および外国貿易管理法の規定により戦略物資等（または役務）に該当しますので、日本国外に輸出する場合には、同法に基づき日本国政府の輸出許可が必要です。

○文書による当社の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。
○この製品を使用したことにより、第三者の工業所有権等にかかわる問題が発生した場合、当社製品の構造製法に直接かかわるもの以外につきましては、当社はその責を負いませんのでご了承ください。

NEC 日本電気株式会社

本 社	〒108 東京都港区芝五丁目33番1号(日本電気本社ビル)
半 導 体 第 一、第 二 販 売 専 業 部	〒108 東京都港区芝五丁目29番11号(日本電気住生ビル) 東 京(03)456-6111
關 西 支 社 半 導 体 販 売 部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号(日本電気関西ビル) 大 阪(06)945-3178 大 阪(06)945-3200
中 部 支 社 半 導 体 販 売 部	〒460 名古屋市中区栄四丁目15番32号(日建住生ビル) 名 古 屋(052)262-3611

北 海 道 支 社	札幌(011)231-0161	沖 縄 支 社	那 覇(0988)66-5611
東 北 支 社	仙台(022)261-5511	福 井 支 社	富 山(077)221-1411
岩 手 支 社	盛 岡(0196)51-4344	山 梨 支 社	山 梨(0425)26-0911
宮 城 支 社	盛 岡(0249)23-5511	静 岡 支 社	静 岡(0472)27-5441
秋 田 支 社	秋 田(0246)21-5511	愛 知 支 社	愛 知(0534)52-2711
山 形 支 社	山 形(025)247-6101	石 川 支 社	石 川(0762)23-1621
新 潟 支 社	新 潟(0292)26-1717	富 山 支 社	富 山(0764)31-8461
水 戸 支 社	水 戸(0298)23-6161	山 梨 支 社	山 梨(075)221-8511
茨 城 支 社	水 戸(045)324-5511	神 奈 川 支 社	神 奈 川(078)332-3311
群 馬 支 社	高 崎(0273)26-1255	東 京 支 社	東 京(082)247-4111
山 梨 支 社	高 崎(0276)46-4011	神 戸 支 社	神 戸(0862)25-4455
群 馬 支 社	高 崎(0286)21-2281	京 都 支 社	京 都(0878)22-4141
山 梨 支 社	高 崎(0285)24-5011	大 阪 支 社	大 阪(0899)45-4111
山 梨 支 社	高 崎(0262)35-1444	神 戸 支 社	神 戸(092)271-7700
山 梨 支 社	高 崎(0263)35-1666	北 九 州 支 社	北 九 州(093)541-2887
山 梨 支 社	高 崎(0266)53-5350		
山 梨 支 社	高 崎(0552)24-4141		

(技術お問い合わせ先)

半 導 体 応 用 技 術 本 部	〒210 川 崎 市 幸 区 塚 越 三 丁 目 484 番 地(川 崎 技 術 セ ン タ ー)	川 崎(044)533-1111
半 導 体 市 場 開 発 本 部 第 一 応 用 技 術 部	〒108 東 京 都 港 区 芝 五 丁 目 29 番 11 号(日 本 電 気 住 生 ビ ル)	東 京(03)456-6111
半 導 体 市 場 開 発 本 部 第 二 応 用 技 術 部	〒540 大 阪 市 中 央 区 城 見 一 丁 目 4 番 24 号(日 本 電 気 関 西 ビ ル)	大 阪(06)945-3383