

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。

# スイッチング動作時における トランジスタの安全動作領域について

## 1. まえがき

近年、電源においては、直列制御方式に代って、効率が高く小形化の可能なスイッチング方式が広範囲の分野で用いられつつあり、トランジスタがトランス等の誘導負荷回路でのスイッチング素子として使用される機会が増大しています。

このような誘導負荷回路でのスイッチング動作においては、ターンオフ時にコレクタ・エミッタ間に大電流、高電圧が同時に印加されますが、このような状態における安全動作領域に関する定義および保証が明確になされていなかったために、トランジスタが破壊に到ることもしばしばありました。

ここでは、当社的高速スイッチングトランジスタ2SC3631, 2SC2751を例にスイッチング動作における安全動作領域の考え方を、またスイッチングレギュレータを例に応用上での注意事項について説明します。

## 2. スwitching動作における安全動作領域の考え方について

### 2-1 従来の安全動作領域の問題点

当社における従来の安全動作領域は、図1に示すように、パルス幅を変化した時のトランジスタの許容しうる最大電力印加条件で表示されていますが、これは図2に示された過渡熱抵抗法により測定され、ベースはエミッタに対して常に高電位（NPNトランジスタ）にあり、エミッタ・ベースジャンクションは順方向にバイアスされています。この意味において従来の安全動作領域は順バイアス安全動作領域と称されます。言いかえると順バイアス安全動作領域はエミッタ・ベースジャンクションが順方向にバイアスされている時の安全動作の目安としかならないことになります。

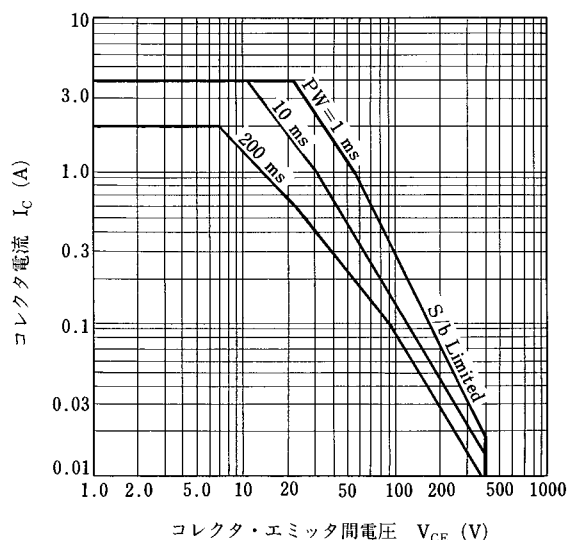


図1 順バイアス安全動作領域 (2SC3631)

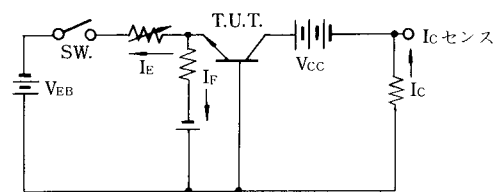


図2 順バイアス安全動作領域測定回路  
(NPNトランジスタ)

なお、この順方向にバイアスされる状態は、スイッチング動作においてはターンオン時とオン時に相当します。

## 2-2 逆バイアス安全動作領域について

一方、スイッチング動作におけるターンオフ時は、エミッタ・ベースジャンクションはコレクタがしゃ断領域となるような無バイアスを含む逆バイアスが印加されます。

当然、この状態に対しては先の順バイアス安全動作領域は適用できず、新たにベース逆方向バイアスでの安全動作領域…逆バイアス安全動作領域（図3参照）に対する規定と保証が必要となります。

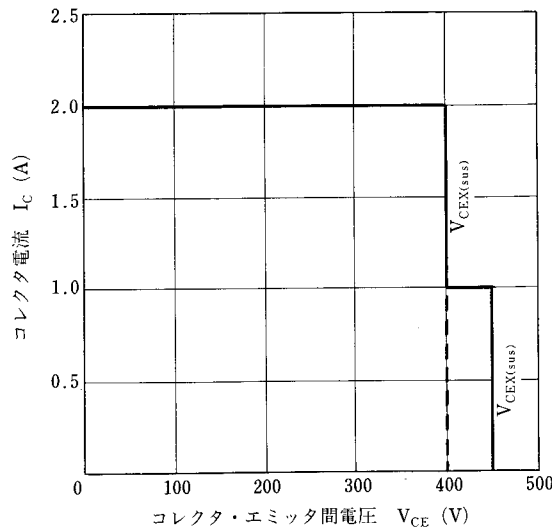


図3 逆バイアス安全動作領域 (2SC3631)

## 3. 実使用回路での順バイアス、逆バイアス安全動作領域の適用法について

### 3-1 基本的な考え方

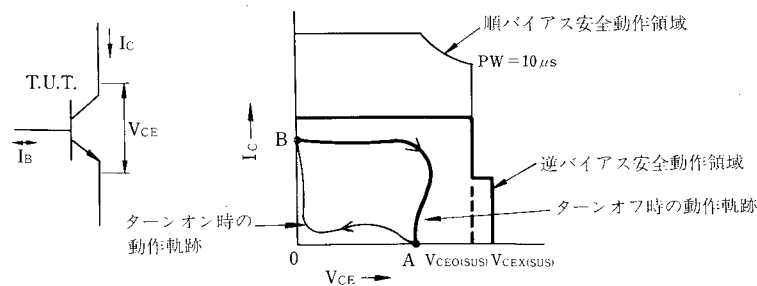


図4 スwitching動作時の安全動作領域

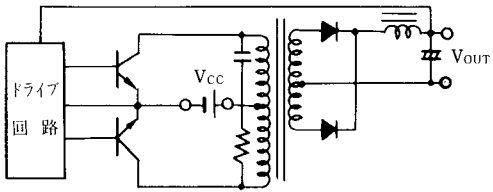
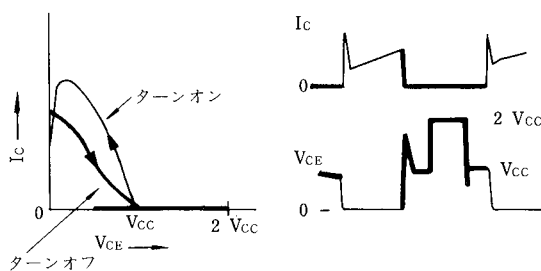
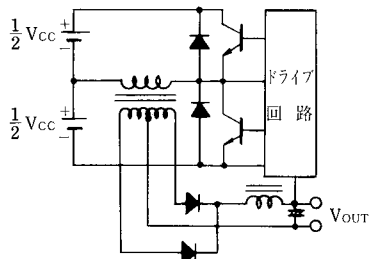
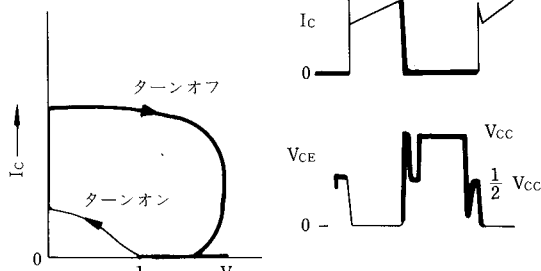
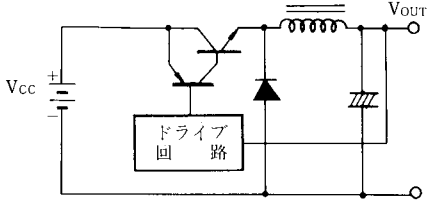
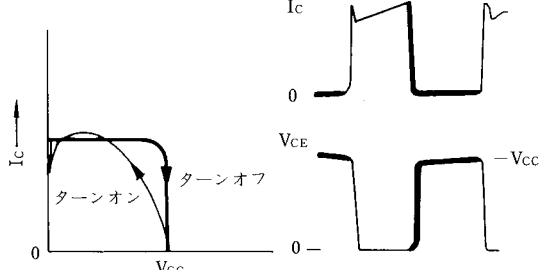
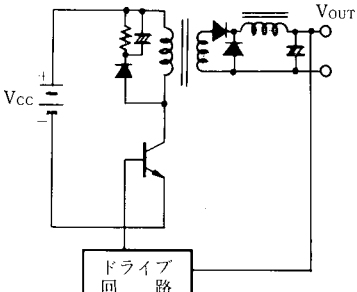
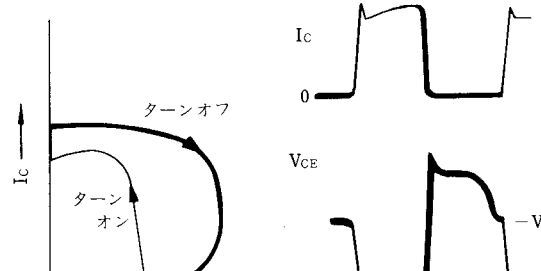
一般にトランジスタを誘導性負荷にてスイッチング動作させた場合は図4に示したようにしゃ断領域〔A〕と飽和領域〔B〕の間をターンオン時には〔A〕→〔B〕にターンオフ時には〔B〕→〔A〕におおのこの動作軌跡を描いて能動領域を移動します。

ここで安全動作の目安は、ターンオン時、ターンオフ時の動作軌跡が、それぞれ順バイアス安全動作領域、逆バイアス安全動作領域で規定された領域内であることです。

### 3-2 スwitchングレギュレータ等の実使用回路への適用法と注意事項について

表1はスイッチングレギュレータの代表的な4回路方式（プッシュプル、ハーフブリッジ、チョッパ、および一石方式）を例に、トランジスタの動作波形および動作軌跡を示したものです。

表1 代表的スイッチングレギュレータ回路とその動作波形

回 路 方 式	代 表 的 負 荷 曲 線 , 波 形
<p>1. プッシュプルタイプ</p> 	
<p>2. ハーフブリッジタイプ</p> 	
<p>3. チョップパタイプ</p> 	
<p>4. 一石式</p> 	

安全動作の確認方法については前項で述べましたが、順バイアス、および逆バイアス安全動作領域を実際の使用回路に適用するためには、それぞれ下記のことに注意が必要です。

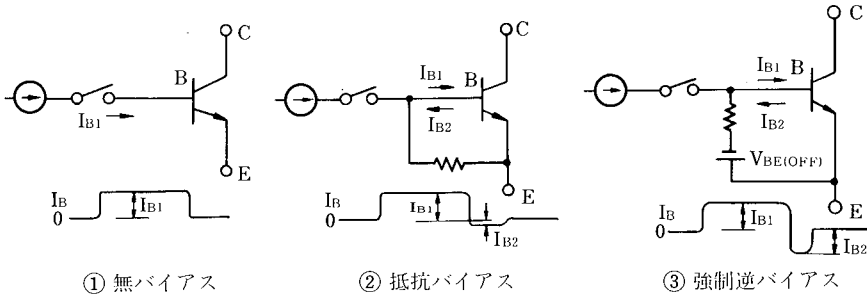
1) 順バイアス安全動作領域について

ターンオン時間  $t_{on}$  は通常  $10 \mu s$  以下であることから、 $PW=10 \mu s$  における安全動作領域が安全動作の目安となります。もちろんターンオン時間が  $10 \mu s$  以上におよぶ場合はそのパルス幅における安全動作領域が目安となります。

また、ジャンクション温度による安全動作領域のディレーティングはカタログに表示されているディレーティングカーブを用いて実施します。

2) 逆バイアス安全動作領域について

逆バイアス安全動作領域はエミッタ・ベースジャンクションの逆バイアスドライブ条件によって変化することに注意を要します。



① 無バイアス                      ② 抵抗バイアス                      ③ 強制逆バイアス

図5 エミッタ・ベースジャンクションのターンオフ時のバイアス方法

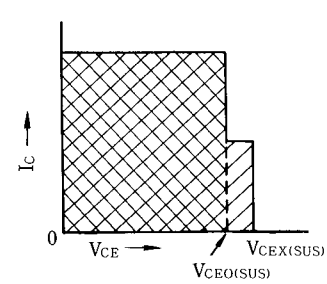


図6 逆バイアス安全動作領域

図5における①~③のそれぞれに相当するコレクタ・エミッタ間の耐圧はそれぞれ  $V_{CE0(SUS)}$ ,  $V_{CER(SUS)}$ ,  $V_{CEX(SUS)}$  でこれが逆バイアス安全動作領域を形成します。

図6において\\\\\\\\\\\\\\\\で示された部分は  $V_{CE0(SUS)}$  からなる安全動作領域で、これは図5における①無バイアス時の安全動作の目安となります。また/////で示された部分は  $V_{CEX(SUS)}$  からなる安全動作領域で、これは図5における③強制逆バイアス時の安全動作の目安となります。一般に  $V_{CE0(SUS)} < V_{CER(SUS)} < V_{CEX(SUS)}$  の関係が有りますが、 $V_{CER(SUS)}$  の値は抵抗の値およびコレクタ電流の値によっては  $V_{CE0(SUS)} \leq V_{CER(SUS)}$  となるため、図5における②抵抗バイアス時は、①無バイアス時と同じく、図6において\\\\\\\\\\\\\\\\で示された  $V_{CE0(SUS)}$  からなる安全動作領域が安全動作の目安となります。

スイッチングレギュレータにおいては、蓄積時間  $t_{stg}$ , 下降時間  $t_f$  を短くする必要があるため、エミッタ・ベースジャンクションを図5の③のように強制的に逆バイアスするのが普通で、この意味において  $V_{CEX(SUS)}$  からなる安全動作領域が一番重要です。ここで逆バイアスが強いほどスイッチングタイムは短縮されますが、エミッタの中央部に順バイアスが片よってそこにコレクタ電流の集中する図7に示したピンチ・イン効果によって破壊しやすくなるため、逆バイアスの条件は、カタログの  $V_{CEX(SUS)}$  測定条件以下であることが必要です。

( $V_{BE(OFF)} < -5 \text{ V}$ ,  $I_{B2} < \text{カタログの } I_{B2} \text{ 条件}$ )

またジャンクション温度によるディレーティングは  $V_{CEX(SUS)}$  の保証が  $T_a = 125 \text{ }^\circ\text{C}$  という高温で実施されており、逆バイアス安全動作領域に関しては必要ありません。

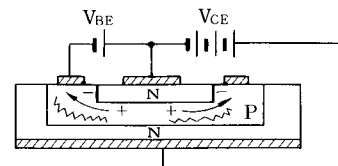


図7 ピンチ・イン効果

### 3) その他の注意事項

これらのスイッチングレギュレータへの使用において、一番安全動作の確認が必要となるのは、電源投入時、負荷急変および短絡時で、トランジスタの破壊の多くはこの時発生しています。

特に電源投入時においては、負荷側のコンデンサの初期充電電流が流れるため、定常状態の2~4倍ものコレクタ電流が流れ、ターンオフ時のスパイク電圧も上昇します。一方トランジスタの逆バイアス安全動作領域( $V_{CE0(SUS)}$ )はコレクタ電流の増大と反比例して減少しますので、ソフトスタート回路を用いて、コレクタ電流を制限されることを推奨します。

注) 表1に示した動作波形、軌跡はあくまでも一事例であって、負荷条件等によって大幅に異なる場合があります。

## 4. 当社における逆バイアス安全動作領域の保証法について

(本項は 2SC2751 を例に説明致します)

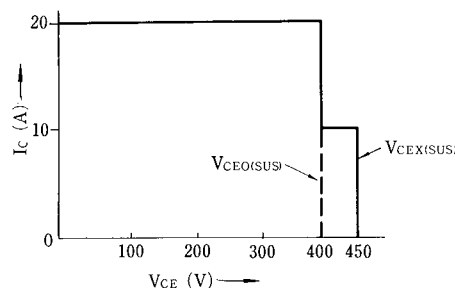


図8 2SC2751の逆バイアス安全動作領域

図8に示したように逆バイアス安全動作領域は、 $V_{CE0(SUS)}$ と $V_{CEX(SUS)}$ によって構成されます。

以下 $V_{CE0(SUS)}$ 、 $V_{CEX(SUS)}$ について個々に定義と保証法を説明します。

#### 4-1 $V_{CE0(SUS)}$

これはエミッタ・ベースジャンクションを無バイアスとしてターンオフさせ、負荷のインダクタンスに蓄積されたエネルギーによってコレクタ・エミッタ間をブレイクダウンさせた時の電圧の最大値をもって定義し、この値が $V_{CE0(SUS)}$ 規格を越えていることをもって保証します。

図9、図10に測定回路と各部波形を示してあります。

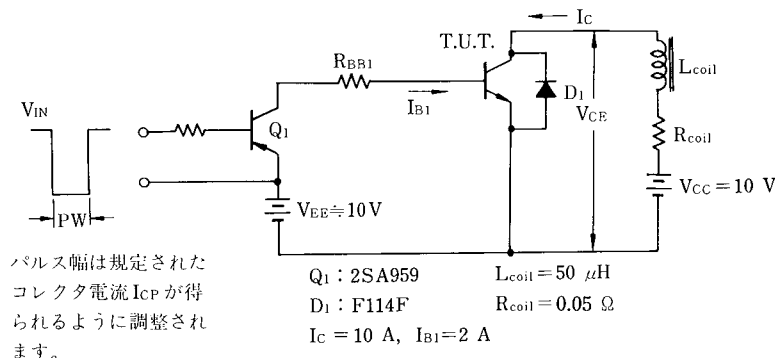


図9  $V_{CE0(SUS)}$ 測定回路

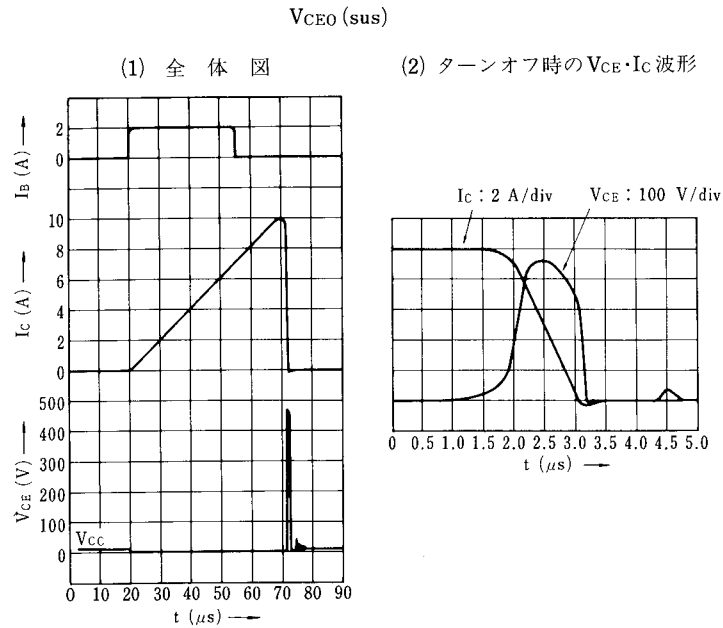


図10 各部波形

#### 4-2 V<sub>CEX(SUS)</sub>

これはエミッタ・ベースジャンクションを強制的に逆バイアスしてターンオフさせ、負荷のインダクタンスに蓄積されたエネルギーをV<sub>CEX(SUS)</sub>規格にクランプして、コレクタ・エミッタ間に印加することをもって定義とし、破壊もしくは特性劣化が生じないことをもって保証します。

図11, 図12に測定回路と各部波形を示してあります。

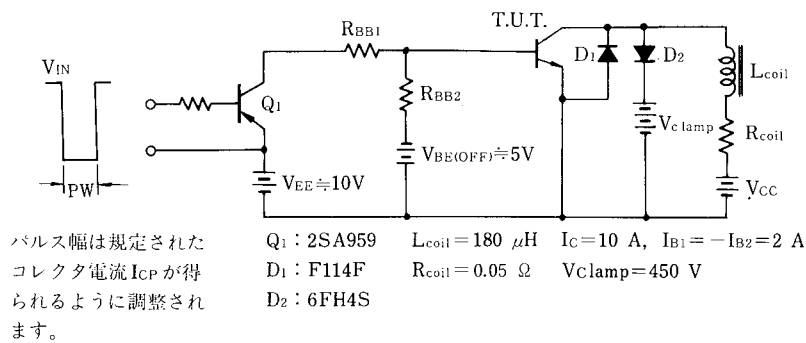


図11 V<sub>CEX(SUS)</sub>測定回路



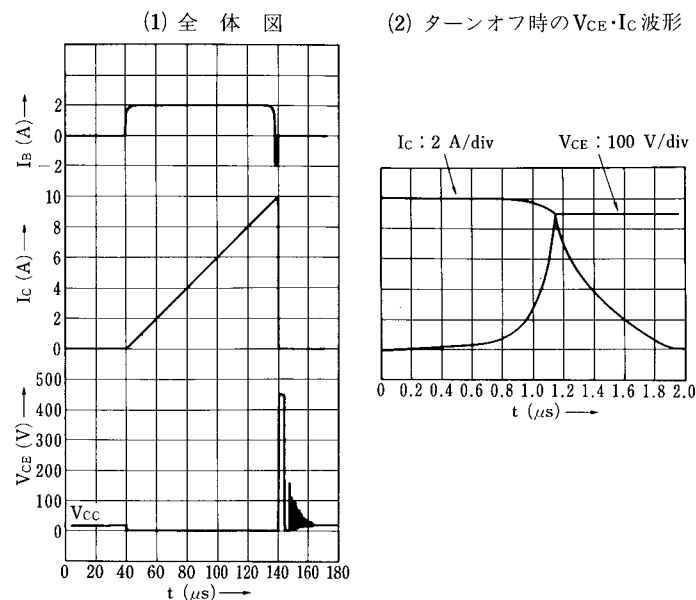


図12 各部波形

この保証法の特長は以下の2点にあります。

- 1)  $T_a = 125$  °Cとして高温で保証されています。
- 2) コレクタ・エミッタ間電圧は  $V_{CEX(SUS)}$  値でクランプされるため、ブレイクダウンしないので、信頼度の高い保証となります。

## 5. 結 び

以上スイッチング動作時における安全動作領域について、その考え方、および保証法について説明致しましたが、逆バイアス安全動作領域は、安全動作確認のためには必要不可欠な項目であり、この項目の保証されていないトランジスタをスイッチングに用いる場合は、安全動作上注意を要します。

本資料に掲載の応用回路および回路定数は、部品の偏差や温度特性を考慮した量産設計を対象とするものではありません。  
また、掲載回路に関する特許につきましては、弊社ではその責を負いかねますのでご了承ください。

# NEC 日本電気株式会社

本 社 東京都港区芝五丁目33番1号(日本電気本社ビル) 〒108 東 京(03)454-1111  
半 導 体 第一、第二 東京都港区芝五丁目29番11号(日本電気住生ビル) 〒108 東 京(03)456-6111  
販 売 事 業 部  
關 西 支 社 大阪市北区堂島浜一丁目2番6号(新大阪ビル) 〒530 大 阪(06)348-1461  
半 導 体 販 売 部 大 阪(06)348-1466  
中 部 支 社 名古屋市中区栄四丁目15番32号(日建住生ビル) 〒460 名古屋(052)262-3611  
電 子 デ バ イ ス 販 売 部

北 海 道 支 社 札幌(011)231-0161  
東 北 支 社 仙台(022)261-5511  
部 支 社 山形(0249)23-5511  
い わ き 支 社 いわき(0246)21-5511  
新 潟 支 社 新潟(025)247-6101  
水 戸 支 社 水戸(0292)26-1717  
土 浦 支 社 土浦(0298)23-6161  
神 奈 川 支 社 横浜(045)324-5511  
群 馬 支 社 高崎(0273)26-1255  
太 田 支 社 太田(0276)46-4011  
宇 都 宮 支 社 宇都宮(0286)21-2281  
野 長 野 支 社 長野(0262)35-1444  
本 支 社 本松(0263)35-1666  
上 支 社 諏訪(0266)53-5350  
甲 府 支 社 甲府(0552)24-4141  
那 支 社 那覇(0988)66-5611  
立 支 社 立川(0425)26-0911  
千 支 社 千葉(0472)27-5441  
静 支 社 静岡(0542)55-2211  
浜 支 社 浜松(0534)52-2711  
金 支 社 金沢(0762)23-1621  
富 支 社 富山(0764)31-8461  
中 支 社 中野(082)247-4111  
岡 支 社 岡山(0862)25-4455  
山 支 社 山形(0878)22-4141  
州 支 社 山州(0899)45-4111  
北 支 社 北九州(092)271-7700  
九 支 社 九州(093)541-2887

(技術お問い合わせ先)

半導体応用技術本部	川崎市幸区塚越三丁目484番地(川崎技術センター)	〒210 川 崎(044)533-1111
半導体市場開発本部第一応用技術部	東京都港区芝五丁目29番11号(日本電気住生ビル)	〒108 東 京 (03)456-6111
半導体市場開発本部第二応用技術部	大阪市北区堂島浜一丁目2番6号(新大阪ビル)	〒530 大 阪 (06)348-1477