

NEC

ユーザーズ・マニュアル

三端子レギュレータの使い方

資料番号 G12702JJ8V0UM00 (第8版)
(旧資料番号 IEP-578)
発行年月 June 1997 N

© NEC Corporation 1986

(x 屯)

目 次

1. はじめに	2
2. 電源用ICの基本構造	2
2.1 バイポーラICの構造	2
2.2 電源用ICの等価回路の見方	3
3. 電源用ICの基本回路	4
3.1 基本回路	4
3.2 可変出力タイプの動作原理	8
3.3 低飽和タイプの動作原理	9
4. 電源用ICの応用回路	10
4.1 標準回路接続	10
4.2 応用回路集	14
5. 応用上の注意事項	19
5.1 入力端子と接地端子のショート	19
5.2 接地端子のフローティング	19
5.3 入力端子への過渡電圧印加	19
5.4 出力端子-GND端子の逆バイアス	20
5.5 低飽和タイプに関する注意事項	21
5.6 各種保護回路に対する考え方	21
6. 電源用ICのデータ・シートの見方と設計方法	21
6.1 絶対最大定格	21
6.2 推奨動作条件	21
6.3 電気的特性	22
6.4 設計方法	25

1. はじめに

当社では、内蔵する機能やその用途の違いから種々の電源用ICを商品化しています。中でも三端子レギュレータは、わずかな外付け部品で簡単に安定化電源が構成できるため多量に使用されるようになりました。

しかしながら、簡単に電源をつくることができるためか思わぬ不具合が生じることも増えてきています。そこで本稿では、電源用ICで主に使われるバイポーラプロセスの基本構造から、実際の応用に当たっての注意事項をまとめました。

2. 電源用ICの基本構造

1章で記しました通り電源用ICは、主にバイポーラプロセスを使用しています。バイポーラプロセスを用いたICの構造を理解するのは、応用面でも役に立ちます。

2.1 バイポーラICの構造

一般的なバイポーラプロセスでICとして作り込むことが可能な素子は

NPNトランジスタ

PNPトランジスタ

抵抗

コンデンサ

です。それぞれの構造を図2-1から図2-3に示します。

図2-1 NPNトランジスタとPNPトランジスタの構造

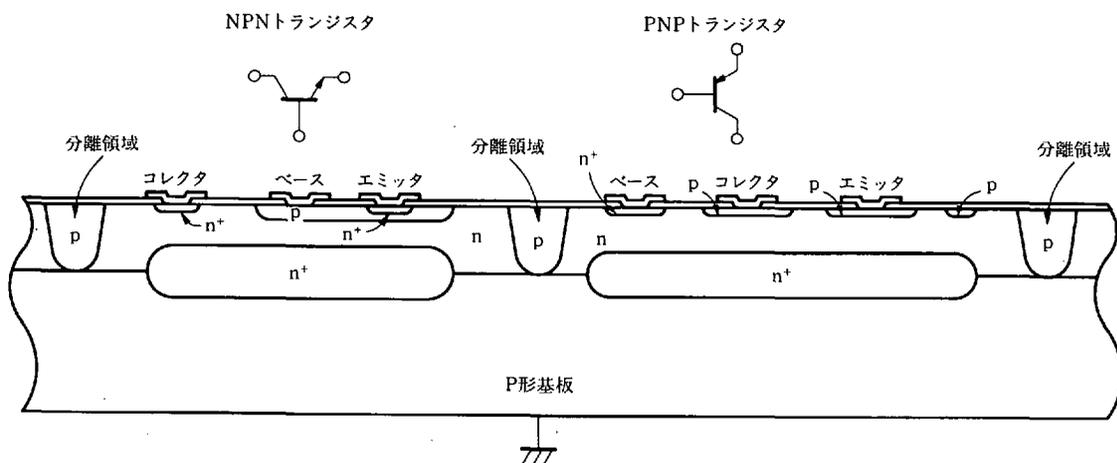


図 2-2 抵抗の構造

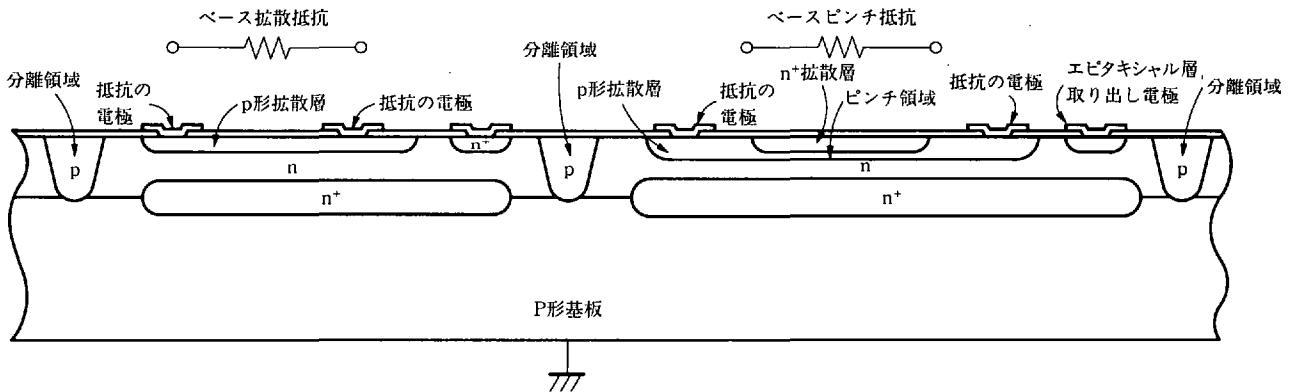
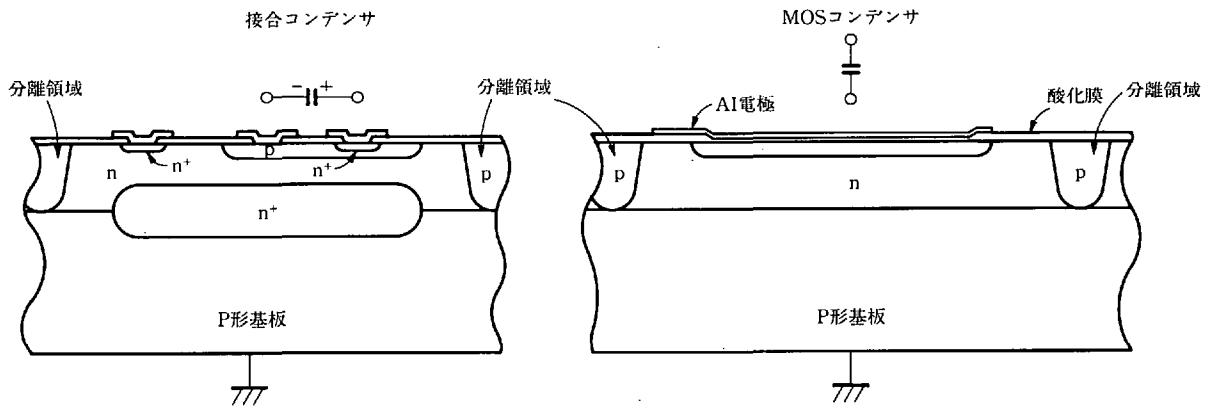


図 2-3 コンデンサの構造



電源用ICを応用するうえで留意するポイントがあります。それは、さきほどの素子をそれぞれ電氣的に分離する方法として、いわゆる「接合分離」という手法を用いていることです。分離領域は、P形半導体により形成され基板と同じ最低電位になるよう接続することで、素子領域と分離領域が(PN接合の)逆バイアス状態となり、電氣的に分離・絶縁されます。なんらかの原因でこの分離領域の電位が素子領域(たとえば図2-1のNPNトランジスタのコレクタ領域)より高電位になるとPN接合が順バイアス状態となり、もはや素子間の分離状態は維持できなくなり正常な動作は期待できなくなります。後で述べますように、たとえば正出力の三端子レギュレータを使用する際は、GND端子が必ず他の端子の電位より低電位になるようにしなければなりません。

2.2 電源用ICの等価回路の見方

データ・シートに等価回路が示されている場合がありますが、これは前節の前提(分離領域および基板を最低電位とすること)を仮定して書かれたものですから、この前提が破られたときにはまったく参考にならないということに注意する必要があります。

3. 電源用ICの基本回路

3.1 基本回路

電源用ICを構成する基本回路は品種により異なりますが、基本動作上

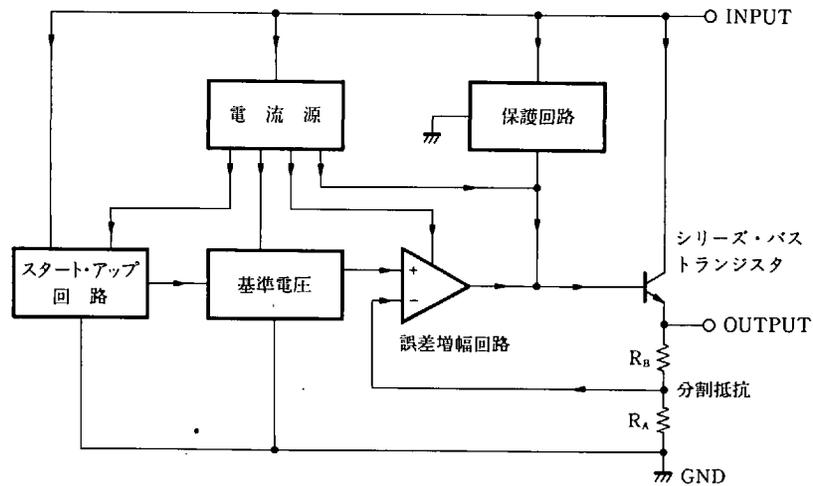
- ① 基準電圧回路
- ② 誤差増幅回路
- ③ アクティブロード（定電流回路）
- ④ 出力段パワートランジスタ
- ⑤ スタートアップ回路

を最低必要な要素として、また、

- ⑥ 過電流保護回路
- ⑦ 安全動作領域（SOAまたはASO）制限回路
- ⑧ 過熱保護回路

といった各種保護回路が内蔵されています。電源用ICの回路ブロックを図3-1に示します。

図3-1 電源用ICのブロック図



次に各ブロックの動作について簡単に説明します。

① 基準電圧回路

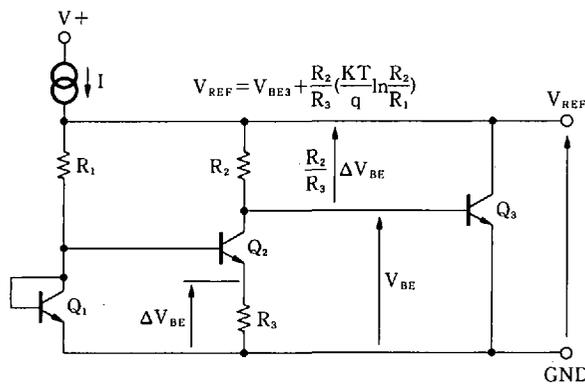
基準電圧回路は、電源用ICの出力電圧を決定するもので回路の中でもきわめて重要な部分です。回路の構成方式は次のようになっています。

○バンドギャップレファレンス方式：トランジスタのベース-エミッタ間の順方向特性を利用します。

この方式では2V以下の基準電圧も作る事ができるのが大きな特徴です。

図3-2はバンドギャップレファレンス方式の原理を示した図です。図3-3はμPC7800Aシリーズで採用したバンドギャップレファレンス基準電圧の簡易回路図です。

図3-2 バンドギャップレファレンス回路



基準電圧は

$$\begin{aligned}
 V_{REF} &= V_{BE3} + (I_{C2} + I_{B3}) \cdot R_2 \\
 &= V_{BE3} + \frac{R_2}{R_3} (\Delta V_{BE}) + I_{B3} \cdot R_2 \\
 &\approx V_{BE3} + \frac{R_2}{R_3} \left(\frac{KT}{q} \ln \frac{R_2}{R_1} \right) \dots\dots (3-3)
 \end{aligned}$$

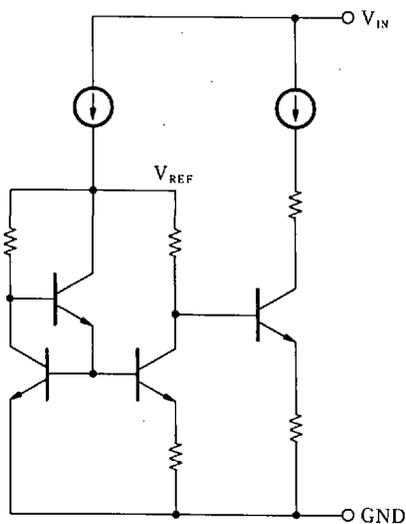
その温度係数は

$$\frac{\partial V_{REF}}{\partial T} = \frac{\partial V_{BE3}}{\partial T} + \frac{K}{q} \cdot \frac{R_2}{R_3} \ln \frac{R_2}{R_1} \dots\dots (3-4)$$

となります。

すなわち $\frac{R_2}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1}$ の比を適切に選ぶことにより温度補償された基準電圧が得られることがわかります。

図3-3 μ PC7800Aシリーズの(簡易)バンドギャップレファレンス回路



② 誤差増幅回路

この回路は、基準電圧回路でつくられた温度補償された基準電圧と抵抗分割された出力電圧を検出、比較し出力電圧を制御します。出力電圧を V_{OUT} 、基準電圧を V_{REF} とすると(図3-1を参照)、以下の関係式が成り立ちます。

$$V_{OUT} = \frac{A}{\beta(1+A)} V_{REF} \dots\dots\dots (3-1)$$

ここで、 A ：誤差増幅回路のオープンループゲイン、 $\beta = R_A / (R_A + R_B)$

③ アクティブロード(定電流回路)

(3-1)式で誤差増幅回路のオープンループゲイン A が1に比べて十分大きければ、

$$V_{OUT} \approx V_{REF} / \beta$$

となります。 A を60~80 dBとるため、誤差増幅器の負荷に定電流回路を使用することで小さなバイアス電流で高抵抗を実現しています。

④ 出力段パワートランジスタ

負荷に電流を供給します。通常NPNのダーリントン形ですが、低飽和タイプの電源用ICはPNPのシングルトランジスタを使用しています。

⑤ スタートアップ回路

電源用ICには、誤差増幅器の負荷あるいは基準電圧回路のバイアス用として定電流回路が内蔵されて

います。この回路はペアトランジスタで構成され、まずダイオード接続されたトランジスタが定常バイアス状態にならない限り、回路動作が始まりません。スタートアップ回路はそのために設けられているもので低温から高温にわたって電源投入と同時にアクティブロードをバイアスして正常動作を開始させるものです。

⑥ 過電流保護回路

負荷電流が、出力段パワートランジスタの電流容量を越えないための保護回路です。負荷電流ループに挿入した電流検出抵抗の電圧降下により電流制限トランジスタをより深くバイアスし、出力段パワートランジスタのベース電流を制限します。

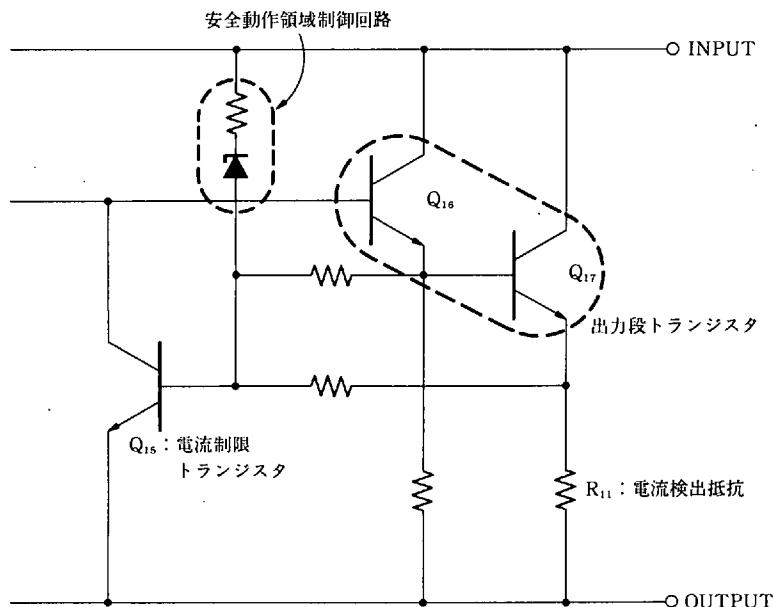
⑦ 安全動作領域 (SOAまたはASO) 制限回路

出力段パワートランジスタの安全動作領域を越えないよう、入出力間電圧 (出力段パワートランジスタのコレクタ-エミッタ間電圧) が大きくなると出力電流を絞るよう動作します。

入出力間電圧差が入力-出力間に接続されたツェナーダイオードのブレイクダウン電圧 (7~8 V) を越えると、そのブレイクダウン電流で電流制限トランジスタをより深くバイアスし、出力段パワートランジスタのベース電流を制限します。入出力間電圧差が大きいほど出力段パワートランジスタのベース電流は制限されますので、結果として負荷特性は「フの字」形の垂下特性となります。

図3-4は一般的な過電流保護回路と安全動作領域制限回路の部分を示します。

図3-4 過電流保護回路, 安全動作領域制限回路の例
(μ PC7800Aシリーズ)

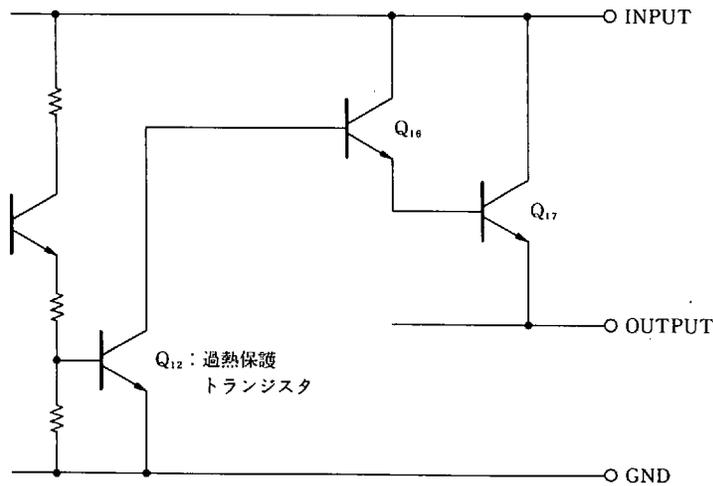


⑧ 過熱保護回路

チップ自体の温度が異常に上昇した場合に出力を遮断し、ICの破壊を防止します。

図3-5に過熱保護回路の部分を示します。 Q_{12} は正常な動作状態ではONしない程度にバイアスされており、チップの温度が上昇すると V_{BE} の減少に伴って $150^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ で完全にONします。 Q_{12} がONすると出力段パワートランジスタのベース電流を吸収して、出力電圧を遮断します。

図3-5 過熱保護回路の例 ($\mu\text{PC7800A}$ シリーズ)



なお、過熱保護回路はこのように絶対最大定格(一般的に 150°C)を越えた温度で動作するように設計されています。したがって、過熱保護回路が動作したと考えられる場合は異常な状態にさらされたと考えべきで、積極的に過熱保護回路を利用するのは避けるべきです(電源の過熱保護を行うには別に回路が必要です)。

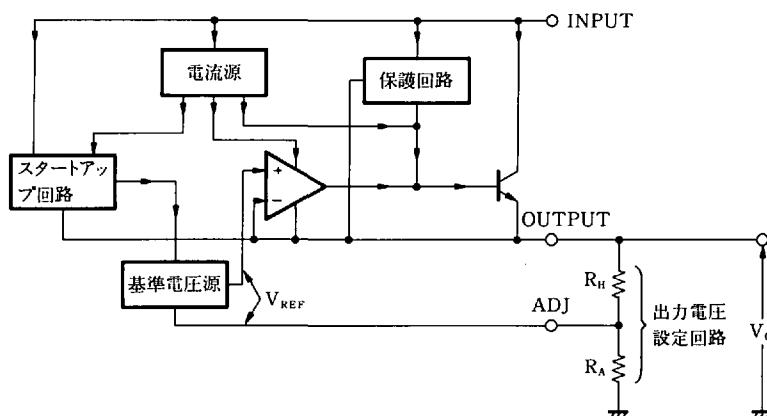
3.2 可変出力タイプの動作原理

可変出力タイプ(μPC317 , μPC337)は、外部で出力電圧を任意に設定できるよう、出力電圧設定電圧回路を外部で構成する方法を取っている点が固定出力電圧タイプと異なります。

図3-6は可変出力電圧タイプのブロック図です。外部抵抗 R_A と R_B の中間電圧と基準電圧 V_{REF} とを誤差増幅器で比較することで出力電圧を制御しています。

また、各ブロックはINPUT-OUTPUT間に接続され、各ブロックに必要な電流(回路動作電流)はOUTPUT端子から吐き出されます。このためADJ端子からの流出電流はわずかになり、出力電圧値への影響は無視できます。

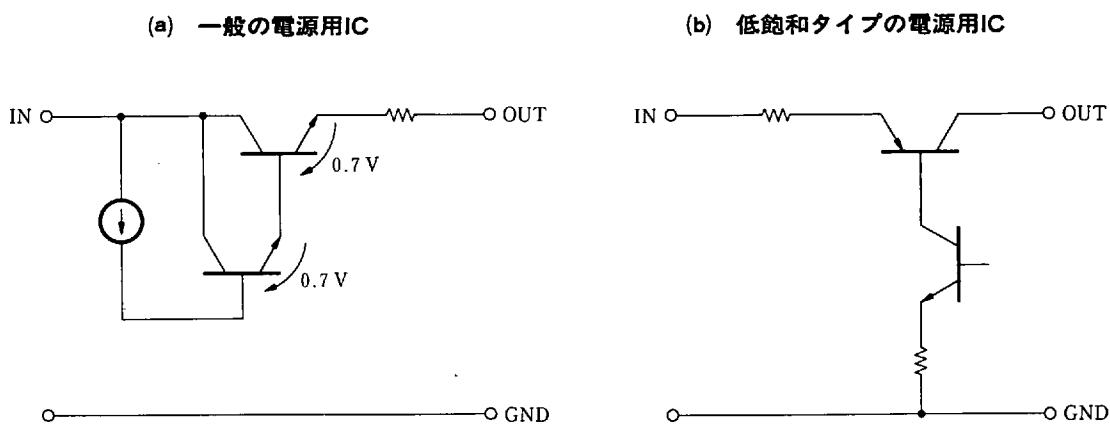
図3-6 可変出力タイプのブロック図



3.3 低飽和タイプの動作原理

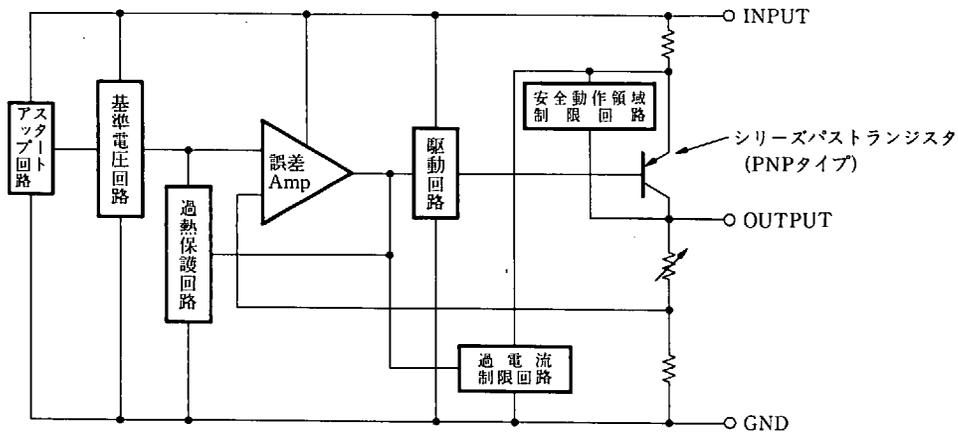
上記までの電源用ICはすべて出力段にNPN形のトランジスタをダーリントン接続して使用しています。このため、これらの電源用ICの動作に必要な入出力間電圧差はダーリントン接続された出力段トランジスタのベース・エミッタ間電圧 ($0.7\text{V} \times 2 = 1.4\text{V}$) より低くすることはできません。低飽和タイプの電源用ICでは、出力段トランジスタにPNPトランジスタを使用することで小さな入出力間電圧差で動作を可能にしています (図3-7参照)。

図3-7 一般の電源用ICと低飽和タイプの出力段構成の違い



そのほかの構成は一般の電源用ICとほとんど同じです。ブロック図を図3-8に示します。

図 3-8 低飽和タイプのブロック図



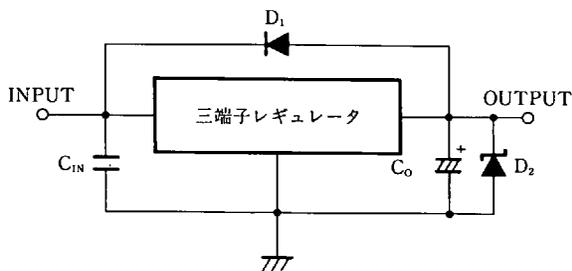
4. 電源用ICの応用回路

4.1 標準回路接続

① 固定出力電圧タイプ

図 4-1 に標準回路接続例を示します。入出力のコンデンサの値はそれぞれの品種のデータ・シートを確認してください。

図 4-1 標準回路接続例 (単電源出力)



C_{IN} : 平滑回路から三端子レギュレータに至る配線が長い場合には発振する場合がありますので、 $0.1 \sim 0.47 \mu F$ 程度のマイラコンデンサを入力端子の近くに付加してください。

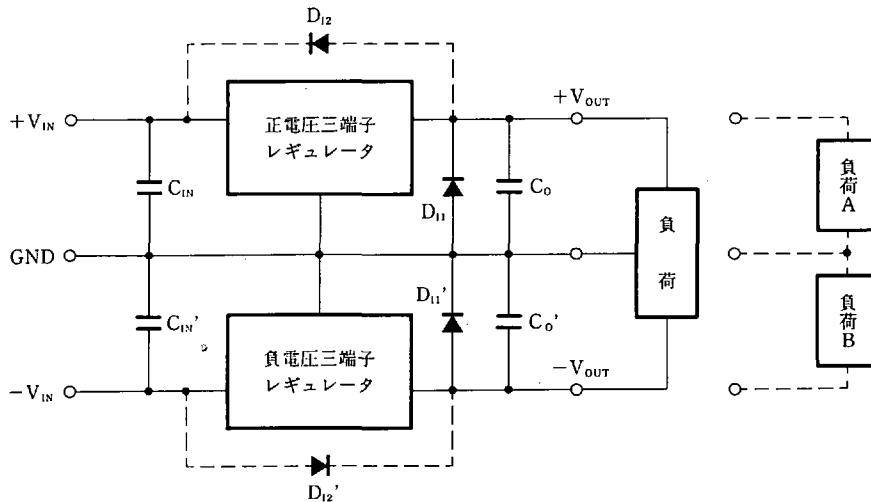
C_O : 負電圧三端子の場合は発振防止のために必ず付加する必要があります。また、負荷電流が急激に変化する応用では出力電圧の過渡応答改善のため $10 \sim 100 \mu F$ 程度の電解コンデンサを付加してください。

D_1 : 標準的な応用では不要ですが、負荷側の時定数が長く電源を切断した後もしばらく C_O に残留電圧があり、レギュレータICに逆電圧が印加される場合に必要となります。

D_2 : OUTPUTがGNDより低電位になる可能性があるときは必要です。

図4-2は、正負の電源を得るための標準的な接続例です。出力とGND間のダイオードは、起動時のラッチダウンを防止するためのもので、実線のような負荷の場合は絶対必要です。このダイオードがないと2章で述べたように素子間の分離領域に電流が流れ、出力電圧が立ち上がらなくなります(図4-3参照)。

図4-2 標準回路接続例(両電源出力)



C_{IN} , C_O : 単電源負荷の回路例と同様、回路条件 C_{IN}' , C_O' により必要な場合があります。

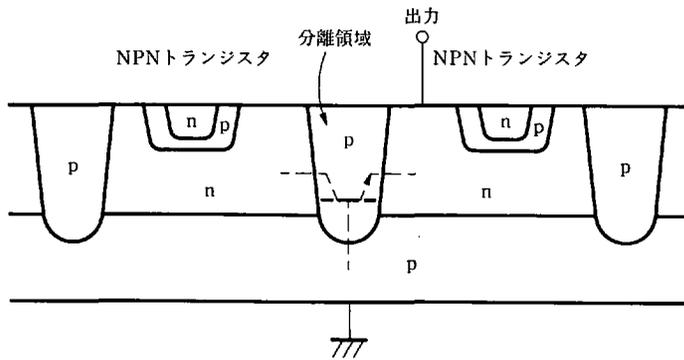
D_{11} , D_{11}' : 負荷電流が $+V_{OUT}$ から $-V_{OUT}$ に向けて流れる実線に示すような負荷の場合には絶対必要です。

これは平滑回路のコンデンサ容量差などでレギュレータの出力電圧の立ち上がりに差が生じ、片側のレギュレータ出力がラッチ・ダウンされることを防ぐためのものです。

ただし破線で示すような負荷のみの場合は特に必要ありません。

D_{12} , D_{12}' : 単電源負荷の回路例と同様、応用回路により必要となる場合があります。

図 4-3 電源用ICの断面図例 (ラッチダウン)



出力端子がGNDより、低電位になると、分離領域のP形と出力端子(NPNトランジスタ)のn形が順バイアス状態となり、破線のような「寄生トランジスタ」が形成されます。すると隣のトランジスタとつながってしまい、正常な動作をしません。

② 可変出力電圧タイプ

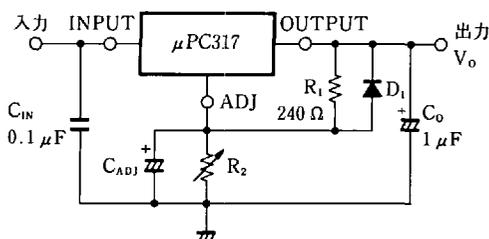
固定出力電圧タイプにない電圧が必要になる場合や、出力電圧を調整して使用したい場合は、後述のように固定出力電圧タイプでもGNDを浮せることで対応できますが、電圧精度やドリフトが問題になります。このような場合、可変出力電圧タイプが便利です。

標準接続例を図4-4に示します。なお、3.2項で述べたようにIC内部の各ブロックの動作のためのバイアス電流は、INPUTからOUTPUTに流れますので負荷電流に注意します。R₁として標準接続例のように240Ωを選ぶと無負荷のときでも、

$$1.25 \text{ V} / 240 \Omega = 5.2 \text{ mA}$$

の電流がOUTPUTに流れますので問題ありません。

図 4-4 標準接続回路例 (可変出力電源)



注 正電圧の場合の例を示します。
負電圧 (μPC337) の場合はD₁, コンデンサの極性が逆方向となります。

表 4-1 出力電圧設定用抵抗R₂の設定値

出力電圧V _o (V)	R ₂ 設定値* (Ω)
2.5	240
5.0	720
12	2064
24	4368
30	5520

*TYP. 値

③ 低飽和タイプ

標準的な使用方法は一般の固定出力電圧タイプと同様です (図 4-1 参照)。ただし, 出力に接続するコンデンサは一般の電源用ICより大容量のものがが必要です。また, 後述のGND端子に抵抗などを挿入し, 出力電圧を調整することはできませんので注意してください。

C_{IN}: 平滑回路から三端子レギュレータにいたる配線が長い場合 (15 cm以上) は発振する場合がありますので入力端子の近くにコンデンサを付加してください。

C_O: 負荷電流が急激に変化する応用では出力電圧の過渡応答改善のため10 μF以上のコンデンサを付加してください (同時にC_{ADJ}にも10 μFを付加してください)。

C_{ADJ}: R₂と並列に10 μF程度のコンデンサを接続することにより, リプル除去率が改善できる (約20 dB) と伴に発振安定度が向上します。

この場合, 出力短絡時の逆電圧印加を防止するためダイオードD₁が必要となります。

R₁, R₂: 出力電圧設定用抵抗です。

出力電圧V_oは下記によって決定されます。

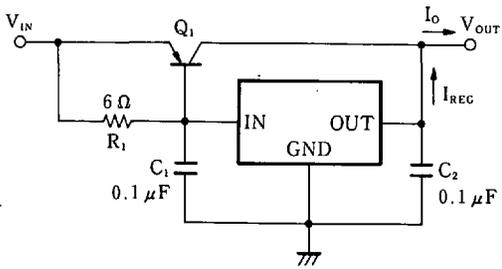
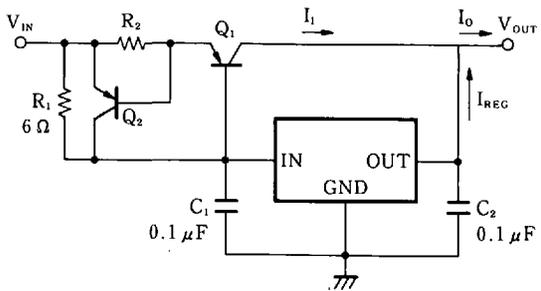
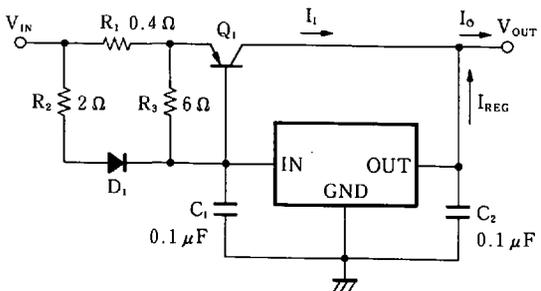
$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{REF} + I_{ADJ} \cdot R_2$$

$$\approx \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{REF}$$

なお代表的な出力電圧とR₂の関係を表 4-1 に示します。

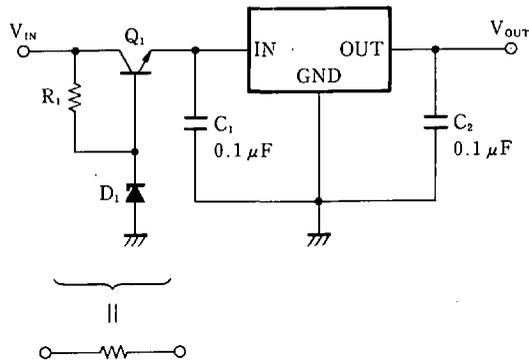
4.2 応用回路集

本回路集は、主に正出力電圧の三端子レギュレータについて記載されていますが、負電圧三端子レギュレータについても使用部品の極性変更などで適用できます。

<p>1. 高出力電流回路 (短絡保護なし)</p> 	<p>三端子レギュレータを用いて外付トランジスタのベースを駆動します。</p> <p>ここでR_1は以下のごとく決定します。</p> $R_1 = \frac{V_{BE1}}{I_{REG(MAX)} - \frac{I_{OUT}}{h_{FE1(MIN)}}} \dots (4.1)$ $I_O = h_{FE1(MIN)} \left(I_{REG(MAX)} - \frac{V_{BE1}}{R_1} \right) \dots (4.2)$ <p>本回路では出力電流は三端子レギュレータ定格の5~6倍程度が実用範囲です。</p>
<p>2. 高出力電流回路 (短絡保護付き)</p> 	<p>1の回路を発展させたもので電流検出はR_2で行います。</p> <p>したがってQ_1の電流は</p> $I_{1(MAX)} = \frac{V_{BE2}}{R_2}$ <p>で制限されるため、出力電流は次のようになります。</p> $I_{O(MAX)} = I_{1(MAX)} + I_{REG(MAX)}$ $= \frac{V_{BE2}}{R_2} + I_{REG(MAX)} \dots (4.3)$
<p>3. 高出力電流回路 (短絡保護付き)</p> 	<p>D_1はQ_1のV_{BE}をキャンセルします。</p> <p>R_1, R_2でQ_1および三端子の電流配分を決定します。</p> $\frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_{REG}} \dots (4.4)$ $I_{O(MAX)} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot I_{REG(MAX)} \dots (4.5)$

注 三端子レギュレータの電流容量を増すため出力端子を並列接続することは絶対にしないでください。出力電圧のアンバランスによりあるICは制限電流付近で動作し、あるICはほとんど電流が流れませんし、さらには電流が逆流しかねないからです。15.も参照してください。

4. 高入力電圧回路

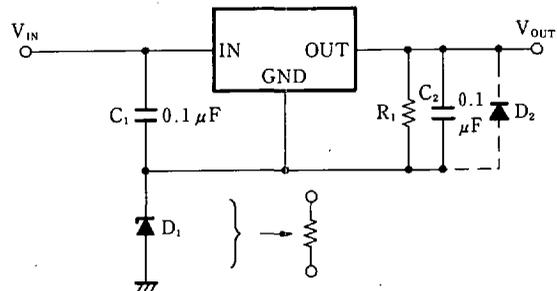


入力電圧が定格をオーバーするような場合には本回路が応用できます。

$$R_1 = \frac{V_{IN} - V_{ZD}}{I_{OUT(MAX)} / h_{FE1(MIN)}} \dots\dots\dots (4.6)$$

さらに負荷電流の変動が少ない場合には抵抗を用いることができます。

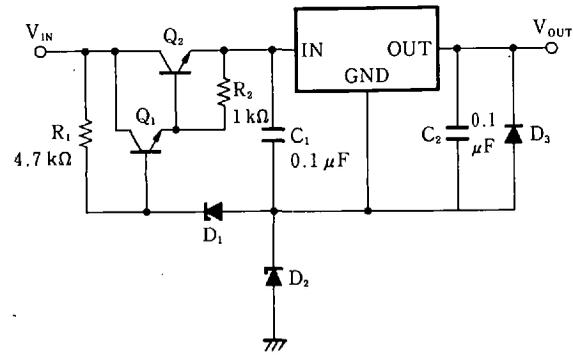
5. 高入力、高出力電圧回路（短絡保護なし）



三端子レギュレータのGND端子から流出する電流がほぼ一定であることを用いてGND端子にツェナーDiを付加してツェナー電圧分だけ持ち上げてあります。R1はツェナーにアイドリングを供給します。またツェナーより安定度の面で劣りますが抵抗を用いることも可能です。

負荷短絡の保護としてはD2が必要です。さらに、短絡時でも入力-出力間電圧差を定格に保てる範囲で入力電圧を設定しなければなりません。

6. 高入力、高出力電圧回路（短絡保護付き^注）



4および5の回路を組み合わせたものです。Q1, Q2, D1からなる回路がプリレギュレータです。

出力電圧は

$$V_{OUT} = V_{O(REG)} + V_{ZD} \dots\dots\dots (4.7)$$

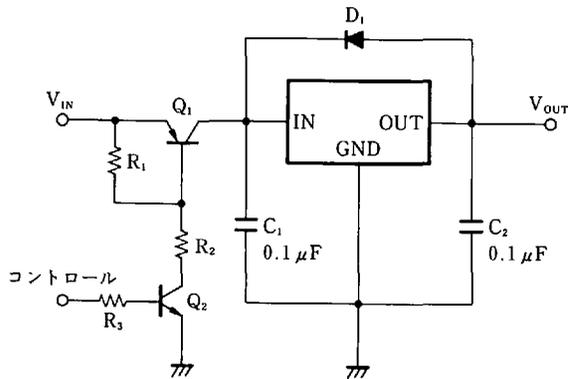
となります。

負荷短絡時のGND-OUT端子の逆バイアスに対してはD3が保護をします。

(注) 負荷短絡時でも三端子レギュレータの入出力間電圧差を定格内に保つようにD1, D2を選ぶ必要があります。

またD3は順電圧の低い必要があります。

7. リモート・シャットダウン回路



三端子レギュレータの前に設けたプリ・レギュレータで出力電圧を制御します。

コントロール入力か

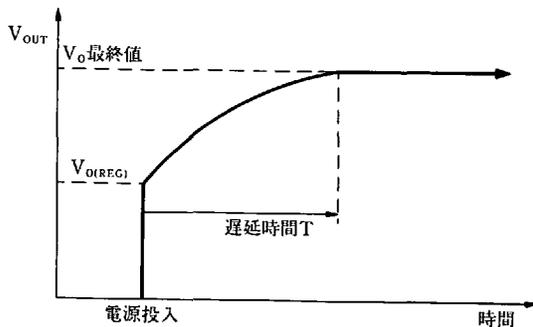
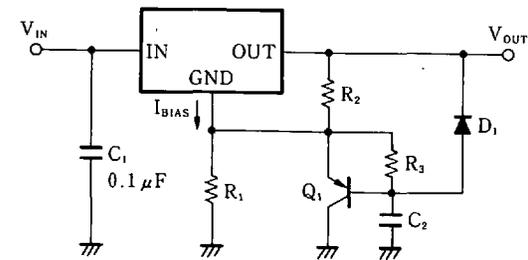
“H” レベルで 正常出力

“L” レベルで 出力シャ断

となります。

また、三端子レギュレータの入-出力端子間の逆バイアスを防止するためD₁を追加します。

8. スロー・スタートアップ回路 (短絡保護なし)



出力電圧の立ち上がり時間をゆるやかにする回路です。

電源投入時には三端子レギュレータ固有の出力電圧となりそれ以降、徐々に立ち上がり最終値となります。

初期の出力電圧は

$$V_{O1} = V_{O(REG)} \dots\dots\dots (4.8)$$

安定後の出力電圧は

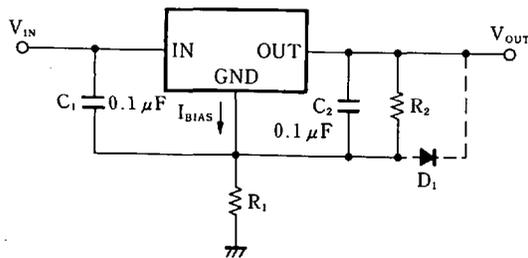
$$V_{O2} = V_{O(REG)} + R_1 \left(I_{BIAS} + \frac{V_{O(REG)}}{R_2} \right) \dots (4.9)$$

となります。

また遅延時間は最終値の99%までを見込むと以下のように表せます。

$$T \approx -CR \ln 0.01 \text{ [s]} \dots\dots\dots (4.10)$$

9. 出力電圧可変回路 (負荷短絡保護なし)



ただし出力電圧精度や安定度の点で可変出力三端子レギュレータμPC317による応用の方がすぐれています。

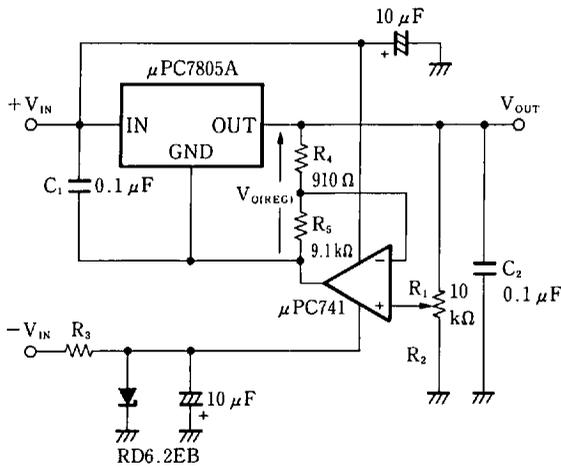
5に示した回路のツェナーダイオードを抵抗に置換したものです。

$$V_{OUT} = V_{O(REG)} + R_1 \left(I_{BIAS} + \frac{V_{O(REG)}}{R_2} \right) \dots\dots (4.11)$$

入-出力間電圧差は三端子レギュレータの定格内で使用してください。

負荷短絡あるいは容量負荷の場合は破線で示したダイオードが必要で、特に順電圧の低い必要があります。

10. 出力電圧可変回路 (0.5~10 V, 短絡保護なし)



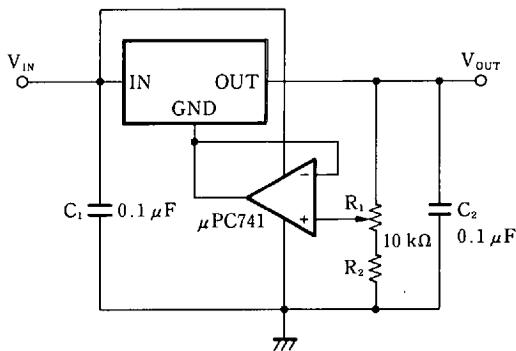
三端子レギュレータの固定出力電圧 $V_{O(REG)}$ を R_4, R_5 で分割し、出力電圧 V_{OUT} の R_1, R_2 による分割値と比較制御を行います。

出力電圧は

$$V_{OUT} = \frac{R_4}{R_4 + R_5} \times V_{O(REG)} \times \frac{R_1 + R_2}{R_1} \dots (4.12)$$

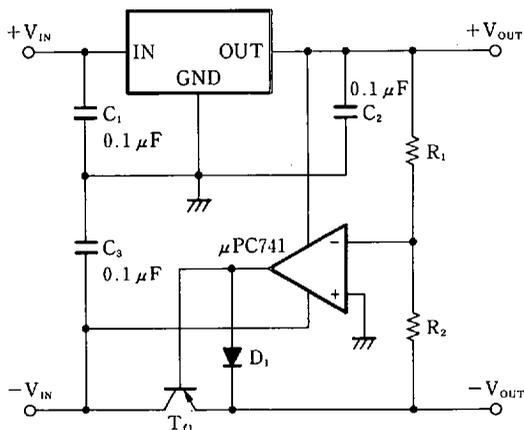
と表せます。

11. 出力電圧可変回路 (7~30 V)



5 および 8 に示した回路の類似列です。オペアンプ $\mu PC741$ を単電源で使用するため出力電圧の最低値は $\mu PC741$ の出力飽和電圧と、三端子レギュレータの出力電圧の合計より低くはできません。

12. トラッキング・レギュレータ回路



正電圧三端子レギュレータ1個とパワートランジスタを用い、トラッキングレギュレータを構成します。

正電圧は三端子レギュレータの固定電圧です。負電圧は R_1, R_2 の分割比で任意に変更できます。

すなわち負電圧出力は

$$-V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{OUT} \dots (4.13)$$

となります。

D_1 は電源投入時のトランジスタのベース・エミッタ間逆バイアスを保護します。

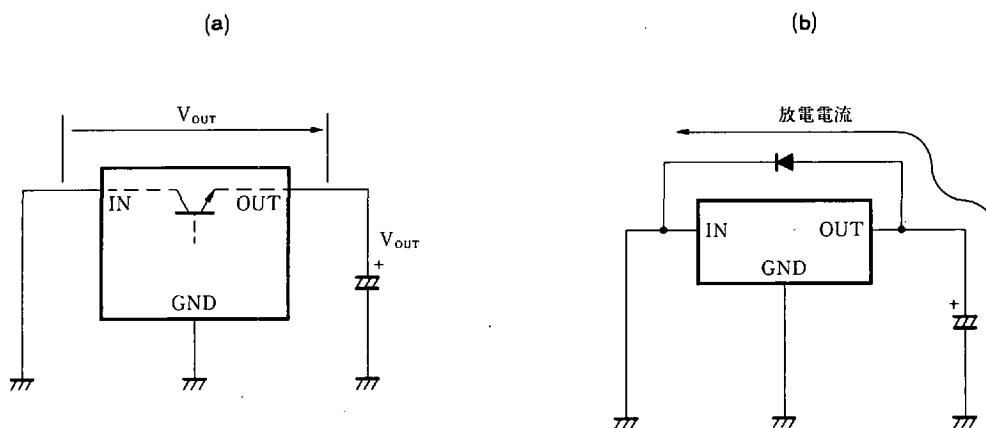
5. 応用上の注意事項

三端子レギュレータを定格をオーバーする温度条件、電圧条件下で使用するのはもちろんの事ですが、その他に三端子レギュレータに特有ないくつかの応用上での注意事項を以下に示します。

5.1 入力端子と接地端子のショート

三端子レギュレータの負荷に容量の大きなコンデンサが接続されている場合に、もし入力端子がGNDにショートされたり、あるいは電源がOFFとなった場合には、出力端子に接続されているコンデンサの電圧が三端子レギュレータの出力-入力端子間に印加されます。

図 5-1



三端子レギュレータの出力、入力端子間耐圧は出力トランジスタのベース・エミッタ電圧で低電流の場合は約0.7Vです。

そのため、入力-出力端子の逆バイアスに対しては図5-1(b)のようなダイオードが有効です。

図5-1(b)は正電圧レギュレータの場合で負電圧の場合はダイオードの向きが逆となります。

5.2 接地端子のフローティング

三端子レギュレータのGND端子を動作状態でフローティングしますと出力には安定化されない入力電圧がそのまま出力されます。これは出力段パワートランジスタが過電圧保護用ツェナーあるいはカレントミラートランジスタのリーク電流でバイアスされるためです。この場合IC内部の過熱保護等は正常に動作していませんので負荷が短絡された場合、あるいは過負荷の場合に破壊する可能性があります。

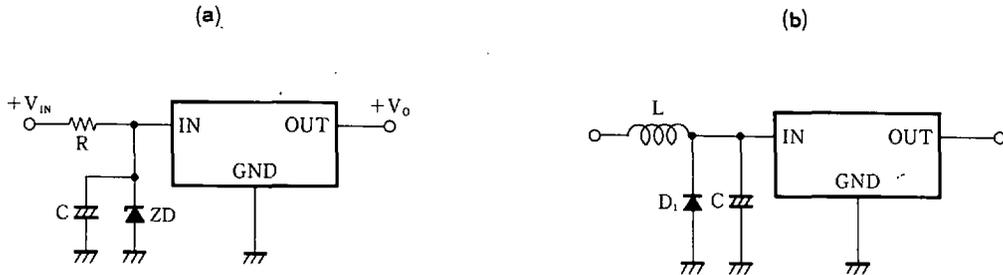
ソケットを用いる場合には特にご注意ください。

5.3 入力端子への過渡電圧印加

入力ラインに定格を越えるような高い電圧あるいはGND端子よりも0.5V以上低い電圧が印加されると、

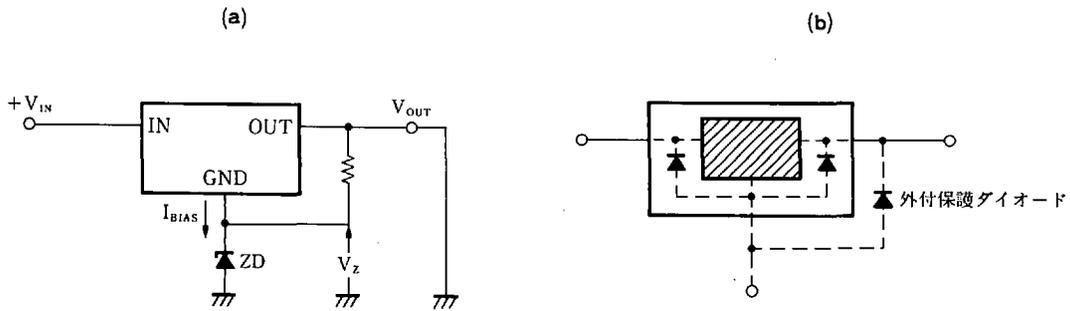
三端子レギュレータが破壊されます。ラインにこのような電圧が重畳されるような場合にはツェナー・ダイオード等によるサージサプレッサを付加してください。

図 5-2



5.4 出力端子-GND端子の逆バイアス

図 5-3



図に示すような応用例で負荷を短絡しますと三端子レギュレータの出力、GND端子間にはツェナーダイオードの電圧が印加されます。

三端子レギュレータの内部には見かけ上図 5-3 (b) のようなダイオードが形成されていますがこの部分に電流が流れますと、破壊する場合があります。そのため図 5-3 (a) に示すようなGNDをフローティング状態を使用する場合には三端子レギュレータのGND端子から出力端子に向けて順電圧の低いダイオードを付加することが必要です。

5.5 低飽和タイプに関する注意事項

低飽和タイプの電源用ICは出力段にPNPトランジスタを使用しているため、特に注意することがあります。まず、出力電圧がレギュレーション状態に入る以前の低入力の状態（起動時など）では出力段トランジスタが飽和しているため大きな回路電流が流れます。製品によっては突入電流防止回路を内蔵し、起動時の回路電流を低減していますが、この場合でも通常動作時に比べて比較的大きな回路電流が流れます（詳しくは各製品の「起動時回路動作電流 $I_{BIAS(s)}$ 」の規格を参照してください）。このため、次の事項に注意する必要があります。

○起動時は、負荷電流に重畳して回路動作電流が入力に流れ込みますので入力側の電源の出力容量や出力インピーダンスには注意します。

○GNDに抵抗などを挿入して出力電圧を調整することはできません。これは起動時に回路動作電流が増加するためです。

その他、異常発振に対する安定度を高めるため出力には必ず低インピーダンスタイプのコンデンサを接続してください。

5.6 各種保護回路に対する考え方

当社の電源用ICには、過電流保護回路、安全動作領域制限回路、過熱保護回路が内蔵されており、通常の使用状態では非常に破壊しにくくなっています。

しかしながら、これら保護回路を過信した回路設計はするべきではありません。あくまで、これらの保護回路は突発的な事故のための保護が目的で、長時間にわたる保護回路の動作は極力避けてください。特に、過熱保護回路は、絶対最大定格を越えた温度で動作するようになっていますので注意してください。

6. 電源用ICのデータ・シートの見方と設計方法

6.1 絶対最大定格

この項目は、あらゆる使用条件、または試験条件であっても瞬時たりとも越えてはならない値です。また、絶対最大定格まで使用できると考えるのは、誤った考えです。考えられる機器の異常状態においても絶対最大定格に対して余裕のある設計を行うべきです。

また、正出力電源の場合はGNDが、負出力電源の場合はINPUTが最も低い電位にあることが前提条件になります（2章参照）。

6.2 推奨動作条件

この条件内で使用すれば、ほぼ期待通りの出力電圧精度を得ることができます。電源用ICを選定するときの目安と考えてください。

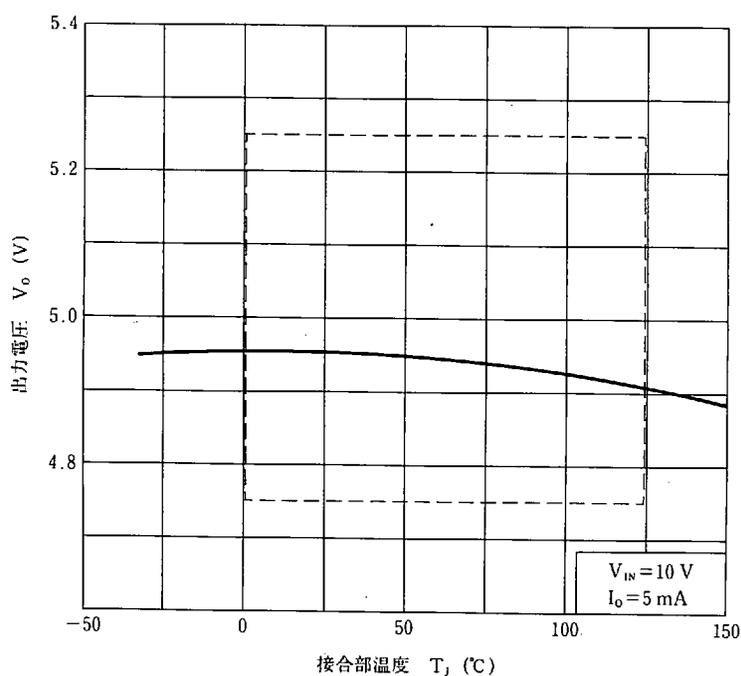
6.3 電気的特性

当社では、電気的特性の最小値、最大値を出荷時に保証しています。したがって、設計しようとする電源の仕様を満足できるかどうかは、電気的特性の各項目における規格と条件をそれぞれ十分吟味する必要があります。電気的特性の各項目について以下に説明します（以下の説明は主に正出力電源ICについてのものですので、負出力電源ICについては逆極正に読み直してください）。

① 出力電圧 V_o

この項目は電源用ICを使用するうえで最も大切な規格です。測定条件に注目してください。電源の仕様がこの条件の範囲内であれば所望の精度（たとえば $\pm 5\%$ ）が得られます（図6-1参照）。

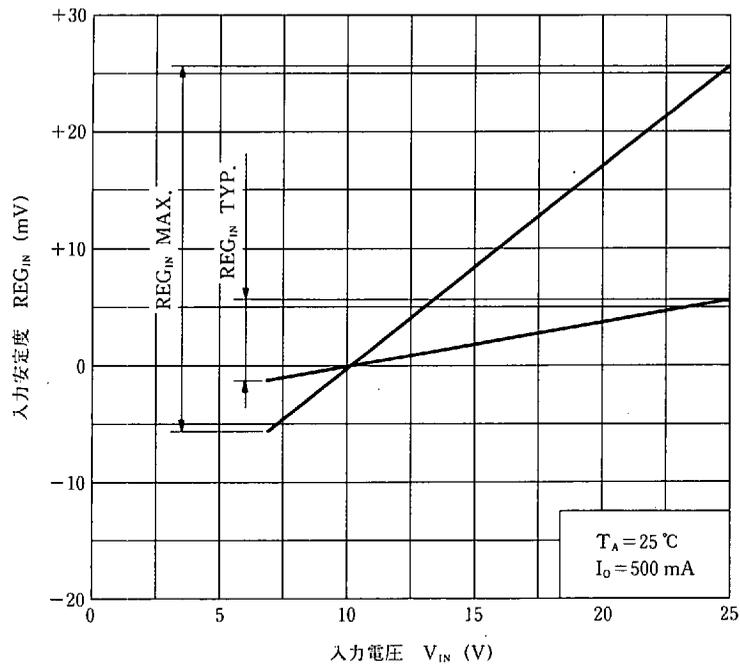
図6-1 出力電圧の考え方（ μ PC7805AHFの場合）点線内が保証範囲



② 入力安定度 REG_{IN}

入力電圧が増加すると出力電圧も増加します。入力電圧 V_{IN} が測定条件内で変動したとき、出力電圧がどれほど変化するかを示す項目です。図6-2に示すように入力電圧に対してほぼリニアに出力電圧が変化しますので、初期の入力電圧に対してある入力電圧に変化したとき、出力電圧が初期に対してどれくらい変化するか推定できます。

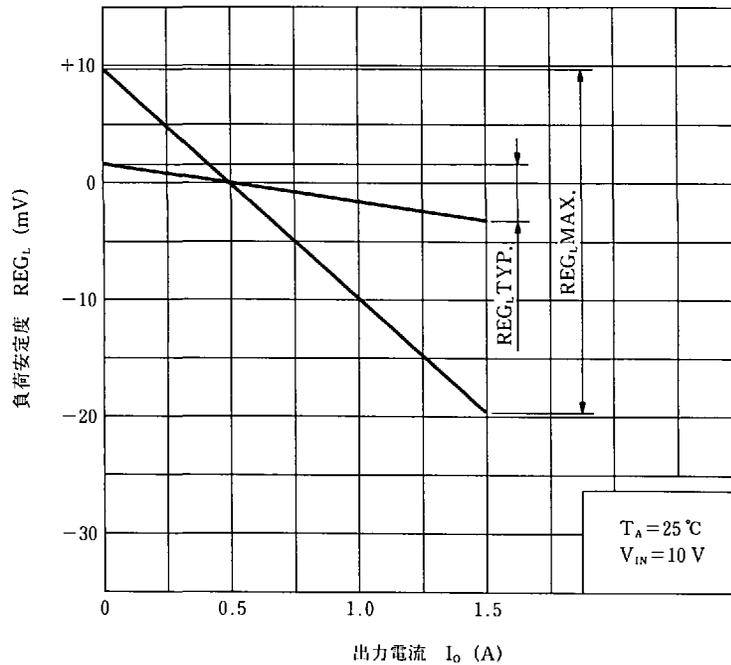
図 6-2 入力安定度 REG_{IN} の考え方 ($\mu PC7805AHF$ の場合, $V_{IN}=10V$ を基準)



③ 負荷安定度 REG_L

REG_{IN} が入力電圧に対する出力電圧の変化であるのに対して負荷安定度 REG_L は負荷電流（出力電流）に対する出力電圧の変化を表します。負荷電流が増加すると、出力電圧はほぼニアに減少します。 REG_{IN} と同様に任意の負荷電流について出力電圧を推定できます（図 6-3 参照）。

図 6-3 負荷安定度の考え方 ($\mu\text{PC7805AHF}$ の場合, $I_0=500\text{ mA}$)



④ 回路動作電流 I_{BIAS}

電源用ICの内部の各ブロックが動作するのに必要なバイアス電流です。入力からGNDに向かって流れます。GNDに抵抗を挿入して出力電圧を調整する応用ではこの項目を考慮します。

⑤ 回路動作電流変化量 ΔI_{BIAS}

入力電圧あるいは負荷電流を変化させたときの I_{BIAS} の変化を示します。

⑥ リップル除去率 $R \cdot R$

入りに120 Hzの正弦波（測定条件には正弦波の最小値と最大値を記載しています）を入力したときに出力に現れるリップル電圧を次の式で示しています。

$$R \cdot R = 20 \log (V_{\text{IN}} / V_{\text{Oripple}}) \text{ [dB]}$$

周波数が増加すると、主にIC内部の誤差増幅器の周波数特性により $R \cdot R$ は低下します。

⑦ 出力雑音電圧 V_n

電源用IC内部で発生する雑音を表します（主に熱雑音であると思われます）。

⑧ ピーク出力電流 I_{Opeak}

過電流保護回路が動作する電流です。出力電圧が初期の値から2%低下したときの出力電流で定義します。

過電流保護回路は、3章で述べたように安全動作領域と連動して動作します。また、温度上昇に伴って I_{Opeak} は減少(負の温度特性)しますので注意が必要です。図6-4に $\mu PC7800A$ シリーズの $I_{Opeak}-V_{IN}-V_O$ 特性を示します。モータや電球などの非線形負荷の場合は十分余裕をもって(通常特性グラフの50%以下)電源用ICを選定します。

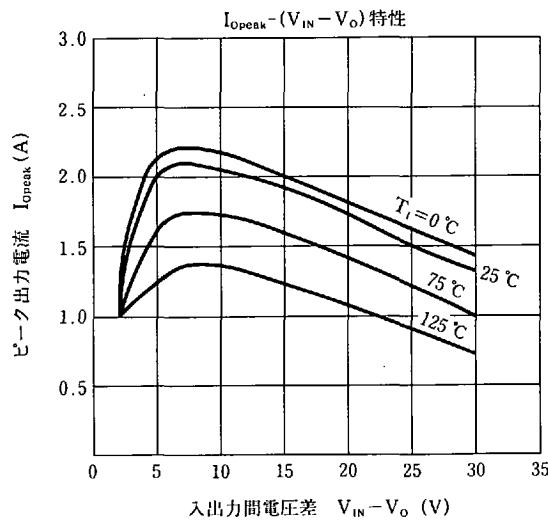
⑨ 出力短絡電流 I_{Oshort}

出力を短絡したときに出力に流れる電流です。当社のほとんどの電源用ICには安全動作領域制限回路が内蔵されていますので、

$$I_{Oshort} < I_{Opeak}$$

となります。 I_{Opeak} と同様に負の温度特性を示します。出力短絡電流の温度特性および入力電圧に対する変化は、前述の図6-4のようなグラフを参考にしてください。

図6-4 I_{Opeak} 特性例 ($\mu PC7800A$ シリーズ)



6.4 設計方法

(A) 入力回路の設計

入力電圧の最小値が出力電圧の測定条件より低くならないようO. H. Shadeのグラフやシミュレータなどを用いて入力回路の平滑コンデンサの容量を決定します。

このとき、平滑コンデンサとは別に電源用ICの入力-GND間にフィルムコンデンサを接続してください(異常発振防止のため。コンデンサの値は各品種のデータ・シートを参照)。

(B) 出力回路の設計

使用する負荷電流がピーク出力電流以下の電流であるか確認します。

電源用ICの出力-GND間に異常発振防止用コンデンサを接続します。過渡負荷安定度が問題になるときは、さらにコンデンサを並列に接続するようにします。

(C) 放熱設計

接合部温度は次の式で計算できます。

$$T_J = (R_{th(J-C)} + \theta_{c-HS} + \theta_{HS}) \cdot P_D + T_A \dots\dots\dots (6.1)$$

ここで

$R_{th(J-C)}$: 接合-ケース間熱抵抗

θ_{c-HS} : 接触熱抵抗 (絶縁シート使用の場合は絶縁シートの熱抵抗を含む)

θ_{HS} : 放熱器の熱抵抗

P_D : IC内部の消費電力 ($P_D = (V_{IN} - V_O) \cdot I_O + V_{IN} \cdot I_{BIAS}$)

T_A : 動作周囲温度

です。

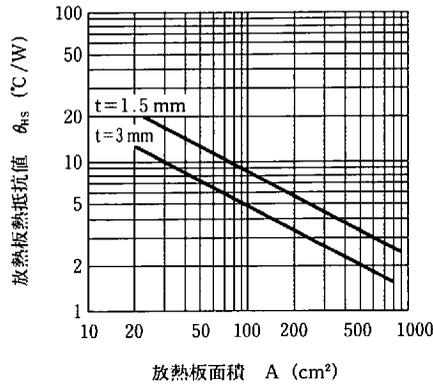
なお、(6.1)式は放熱器を使用する場合の計算式ですが μ PC78L00シリーズなどで放熱器を使用しない場合は次式を使用します。

$$T_J = R_{th(J-A)} \cdot P_D + T_A \dots\dots\dots (6.2)$$

(6.1), (6.2) 式の $R_{th(J-C)}$ と $R_{th(J-A)}$ はデータシートの値を使用します。

T_J , $R_{th(J-C)}$, P_D , T_A が与えられますのでこれから(1)式を用いて放熱器の熱抵抗 θ_{HS} を求めます。アルミの平板の熱抵抗を図6-5に示します。また、放熱器メーカーでは電源用ICに適した放熱器を製品化していますので放熱器メーカーにお問い合わせください。

図 6-5 アルミ平板の熱抵抗



T_J が設計値内におさまらない場合は、(A)あるいは(B)に戻って再度計算します。次に放熱器の設計例を示します。

① 設計目標

μ PC7805AHFを使用した正電源

最大出力電流 $I_{O \text{ max.}} = 0.6 \text{ (A)}$

最大入出力間電圧差 $V_{DIF \text{ max.}} = 6 \text{ (V)}$

最大動作周囲温度 $T_{A \text{ max.}} = 60 \text{ (}^\circ\text{C)}$

最大ジャンクション温度 $T_J \text{ max.} = 100 \text{ (}^\circ\text{C)}$

② 放熱板熱抵抗算出

実用状態でのジャンクション温度 T_J は

$$T_J = (R_{th(J-C)} + \theta_{c-HS} + \theta_{HS}) \cdot P_D + T_A \quad (6.3)$$

ここで

$R_{th(J-C)}$: 接合-ケース間熱抵抗値

θ_{c-HS} : ケース-放熱器間熱抵抗値

θ_{HS} : 放熱器の熱抵抗値

P_D : 消費電力

ここで、 $T_J \text{ max.} = 100 \text{ (}^\circ\text{C)}$ 、 $T_{A \text{ max.}} = 60 \text{ (}^\circ\text{C)}$ 、 $\theta_{c-HS} \ll 1 \text{ (}^\circ\text{C/W)}$ 、 $R_{th(J-C)} = 5.0 \text{ (}^\circ\text{C/W)}$

$P_{D \text{ max.}} = V_{DIF \text{ max.}} \times I_{O \text{ max.}} = 3.6 \text{ (W)}$ を (6.3) 式に代入して、放熱器に必要な熱抵抗値 θ_{HS} を求めます。

$$\begin{aligned} \theta_{HS} &= \frac{T_J - T_A}{P_D} - R_{th(J-C)} - \theta_{c-HS} \\ &= 6.1 \text{ (}^\circ\text{C/W)} \quad (6.4) \end{aligned}$$

③ 放熱板の大きさの決定

式 (6.4) より6.1 (°C/W) の放熱器を使用すれば設計目標を満足できます。

図 6-5 にアルミ板の厚さ、面積と熱抵抗の関係を示します。

ここで 3 mm厚の場合で60 cm²のアルミ板を使用すれば必要な熱抵抗値をもった放熱板になることがわかります。

(放熱器なしでの使用例)

放熱板を取り付けない場合の実用状態でのジャンクション温度 T_J は

$$T_J = R_{th(J-A)} \cdot P_D + T_A \dots\dots\dots (6.5)$$

ここで

$R_{th(J-A)}$: 接合～周囲空気間熱抵抗値 (静止空気……自然対流)

P_D : 消費電力

T_A : 動作周囲温度

T_J は実用状態では100°C以下に設定すべきでしょう。

※放熱器に取り付ける場合の注意事項

- 放熱器の部品取り付け面の凹凸は0.05 mm以下にしてください。
- 放熱器と部品間には均一な厚さでシリコン・グリースを塗布してください。
グリースの種類決定についてはメーカーと用途をご相談のうえご決定ください。
- 放熱器は黒色塗布することにより放熱効果が上がります。しかし発熱源に接近している場合は逆効果で熱を吸収します。
- 絶縁板ブッシングは表 6-2 に示す物をご使用ください。
- 放熱器にネジを切らずに、セルフタッピングネジを用いることは絶対に行わないでください。

放熱器への取り付けの際、ネジの締付けトルクが大きすぎますと、フィンがひずみICにダメージを与えます。ネジの締付けは締付けトルクの管理できるトルクドライバで行ってください。

表 6-1 三端子レギュレータの締付けトルク

外形	締付けトルク (kg・cm)
TO-126	2 ~ 4
TO-220	3 ~ 5
MP-45G	3 ~ 5

図 6-6 放熱板絶縁時の標準取り付け方法

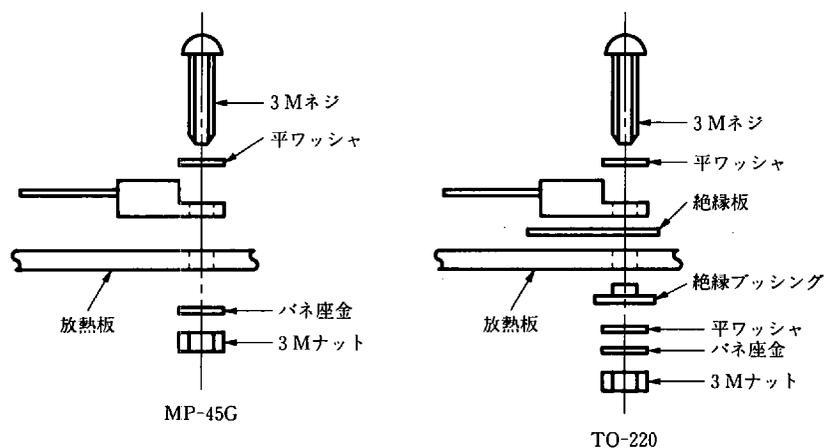


表 6-2 推奨絶縁ブッシングおよび絶縁板

	コード No.	品 名	材 質		難燃性グレード
			材 料	色	
絶縁ブッシング	B-24	25 KブッシングU	ジェラネックス3310	うす茶	UL 94V-0
絶 縁 板	S-7	MP-25絶縁板A	ポリエステル	無色透明	—

本資料に掲載の応用回路および回路定数は、例示的に示したものであり、量産設計を対象とするものではありません。

- 本資料の内容は、後日変更する場合があります。
- 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。
- 本資料に記載された製品の使用もしくは本資料に記載の情報の使用に際して、当社は当社もしくは第三者の知的財産その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。上記使用に起因する第三者所有の権利にかかわる問題が発生した場合、当社はその責を負うものではありませんのでご了承ください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生します。当社半導体製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害等を生じさせない冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等安全設計に十分ご注意願います。
- 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定して頂く「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の上ご使用願います。
 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
 特別水準：輸送機器（自動車、列車、船舶等）、交通用信号機器、防災／防犯装置、各種安全装置、生命維持を直接の目的としない医療機器
 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、生命維持のための装置またはシステム等
 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。当社製品を上記の「標準水準」の用途以外でご使用をお考えのお客様は、必ず事前に当社販売窓口までご相談頂きますようお願い致します。
- この製品は耐放射線設計をしておりません。

M7 94.11

— お問い合わせは、最寄りのNECへ —

【営業関係お問い合わせ先】

半導体第一販売事業部 半導体第二販売事業部 半導体第三販売事業部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3454-1111 (大代表)
中部支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2170 名古屋 (052)222-2190
関西支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部 半導体第三販売部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3178 大阪 (06) 945-3200 大阪 (06) 945-3208
北海道支社 東北支社 東岩手支店 山形支店 郡山支店 いわき支店 長岡支店 土浦支店 水戸支店 神奈川支店 群馬支店	札幌 (011)231-0161 仙台 (022)267-8740 盛岡 (019)651-4344 山形 (0236)23-5511 郡山 (0249)23-5511 いわき (0246)21-5511 長岡 (0258)36-2155 土浦 (0298)23-6161 水戸 (029)226-1717 神奈川 (045)324-5524 高崎 (0273)26-1255	太田支店 (0276)46-4011 宇都宮支店 (028)621-2281 小山支店 (0285)24-5011 長野支店 (0263)35-1662 甲府支店 (0552)24-4141 埼玉支店 (048)641-1411 立川支店 (0425)26-5981 千葉支店 (043)238-8116 静岡支店 (054)255-2211 北陸支店 (0762)23-1621 福井支店 (0776)22-1866
富山支店 三重支店 京都支店 神戸支店 中国支店 鳥取支店 岡山支店 四国支店 新居浜支店 松山支店 九州支店	富山 (0764)31-8461 津 (0592)25-7341 京都 (075)344-7824 神戸 (078)333-3854 広島 (082)242-5504 鳥取 (0857)27-5311 岡山 (086)225-4455 高松 (0878)36-1200 新居浜 (0897)32-5001 松山 (089)945-4149 福岡 (092)271-7700	

【本資料に関する技術お問い合わせ先】

半導体ソリューション技術本部 システムマイクロ技術部	〒210 川崎市幸区塚越三丁目484番地	川崎 (044)548-8856	半導体 インフォメーションセンター FAX(044)548-7900 (FAXにてお願い致します)
半導体販売技術本部 東日本販売技術部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3798-9619	
半導体販売技術本部 中部販売技術部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2125	
半導体販売技術本部 西日本販売技術部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3383	