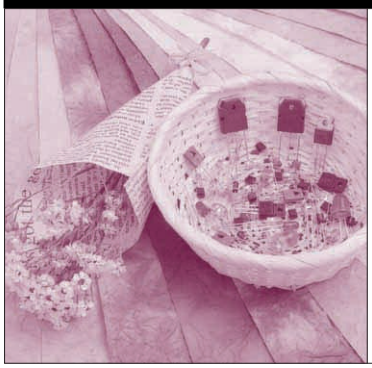
第2部　ディスクリート・デバイス応用回路の設計



第5章　定電圧回路，定電流回路，トラッキング電源，電子負荷など

電源回路の実用設計

渡辺 明禎
Akiyoshi Watanabe

3端子レギュレータなどの専用ICを使えば，手軽に定電圧化された電源が得られるようになりました．しかし，電源の仕様は非常に広範囲で，電圧，安定性，リプルなど，さまざまな仕様に対応するためには，電源回路を理解して，適切な設計を行う必要があります．この章では，基本的な回路を紹介し，その設計方法を説明します．

ツェナー・ダイオードによる定電圧回路

■ シンプルな定電圧回路

最も簡単な定電圧回路は**図5－1**に示すツェナー・ダイオード(定電圧ダイオード)を使ったものです．しかし，その動作を把握していないと，とても定電圧回路とは呼べないものになってしまいます．

定電圧素子としてツェナー・ダイオードを使った場合，その特性に注意する必要があります．**図5－2**に示すように，降伏領域特性はツェナー電圧によって大幅に異なります．特に4.7 V以下のツェナー・ダイオードは，ツェナー電流に応じてツェナー電圧が大きく異なります．したがって，設計にあたり入出力の条件を明確にする必要があります．

この設計例では，入力電圧は10～16 Vまで変動し，出力電流は0～10 mAまで変動するものとします．

■ 6 V 10 mA の定電圧電源

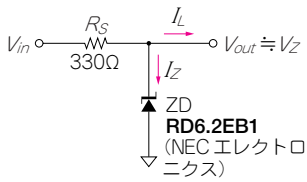
ツェナー・ダイオードとしてRD6.2EB1(NECエレクトロニクス)を使うことにします．RD××Eシリーズはツェナー電圧2.0～120 Vまでのラインナップがあり，最大許容電力0.5 Wのシリーズです．

● 直列抵抗 R_S の決定

R_Sの電圧降下 V_{RS}は入力電圧 V_{in} = 10～16 Vから V_Z = 6.2 Vを差し引いた3.8～9.8 Vとなります．負荷電流の最大値は10 mAなので，無負荷時のツェナー電流 I_Zは2 mAを加えて12 mAとします．したがって，

$$R_S = (V_{in\,(min)} - V_{RS}) / I_Z \quad \cdots\cdots (5-1)$$
$$= (10 - 6.2) / (12 \times 10^{-3}) \fallingdotseq 317\ \Omega$$

〈図5－1〉ツェナー・ダイオードによる定電圧回路と出力特性

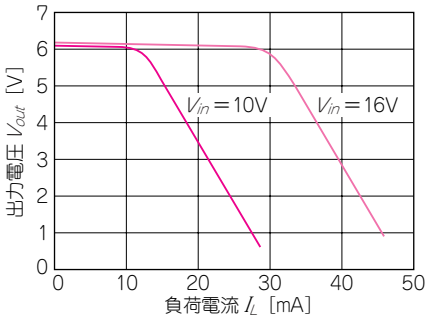


(a) 回路図

入力電圧 V_{in}	ツェナー電流 I_Z	
	I_L＝0mA	I_L＝10mA
10V	11.5mA	1.5mA
16V	29.7mA	19.7mA

▶R_S＝330Ω

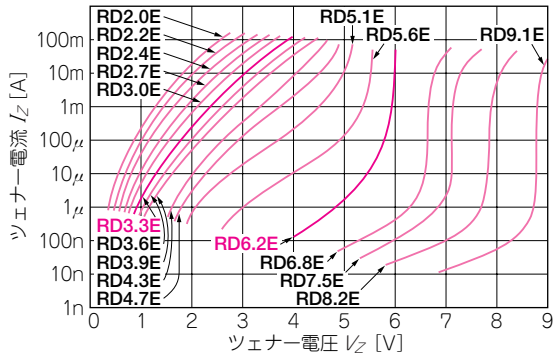
(b) ツェナー電流



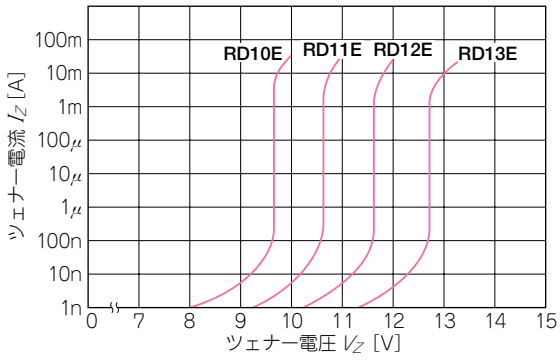
(c) 実測出力特性

Keywords
ツェナー・ダイオード，定電圧ダイオード，定電圧回路，定電流ダイオード，CRD，電流ブースタ，電圧ブースタ，リプル電圧，過電流保護回路，カレント・リミッタ，フォールド・バック型，フの字形保護回路，ダーリントン接続，ツイン・トランジスタ，CVCC電源，定電圧定電流電源，電流検出抵抗，カレント・ホギング，トラッキング・レギュレータ，アクティブ・リプル・フィルタ，電子負荷．

〈図5－2〉定電圧ダイオードRDシリーズの降伏領域特性［NECエレクトロニクス㈱］



（a）ツェナー電圧2.1～9.1Vの品種



（b）ツェナー電圧10～13Vの品種

なので330 Ωとします．

次にこの抵抗値でツェナー・ダイオードの定格を越えないか検証します．I_Zがもっとも大きくなるのは無負荷で入力電圧が最大の16 Vのときですから，その値は，

$$I_{Z(\max)} = (V_{in(\max)} - V_Z)/R_S \quad \cdots\cdots (5-2)$$
$$= (16 - 6.2)/330 \fallingdotseq 29.7 \text{ mA}$$

となります．したがって，負荷電流I_Lが0～10 mAの場合，I_Zは29.7 m～19.7 mAとなります．ほかのケースも含めて**図5－1**(b)にまとめました．このようにI_Z = 1.5～29.7 mAとなります．

図5－2(a)のRD6.2EB1の特性からV_Zは0.1 Vくらい変動することがわかります．**図5－1**(c)に示す実測特性でもその程度の電圧変動でした．

■ 3.3 Vの定電圧電源

ツェナー・ダイオードにはRD3.3EB1を使います．

6 Vの場合と同じように計算した結果を**表5－1**に示します．R_Sは330 Ωとしました．ツェナー電流は10.3 m～38.5 mAとなります．これを**図5－2**(a)で確認すると，V_Z = 3～3.6 Vまで変動します．これでOKという用途はそれほどないでしょう．

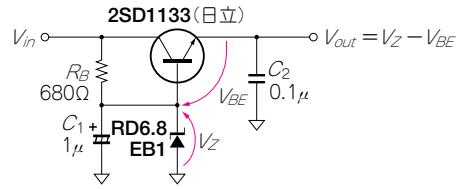
では，どこに問題があるのでしょうか．これはツェナー電圧がツェナー電流に応じて大幅に変化するという認識がなかったためです．特にツェナー電圧5 V以下のダイオードでは変動が顕著です．

このような単純な回路で5 V以下の定電圧回路を構成した場合，ツェナー電流の変化が少ないような条件でしか使用できません．入力電圧の変動や負荷電流の変動が小さい用途で使用してください．

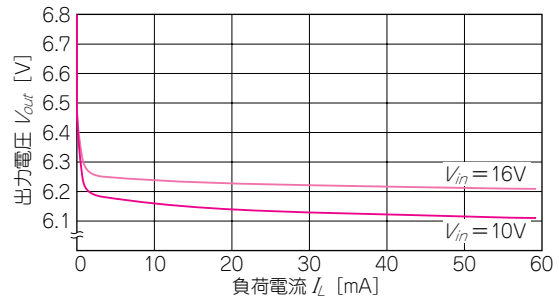
電流ブースタ付き ツェナー・ダイオード定電圧回路

ツェナー・ダイオードだけの回路は，負荷電流の変動が大きいとか，負荷電流が大きい場合に性能的な限界があることを説明しました．そこで，トランジスタによる電流ブースタを追加することにより，これらの欠点を改善できます．

〈図5－3〉トランジスタによる電流ブースタ付き定電圧回路



（a）回路図



（b）実測出力特性

■ 出力6 V，50 mAの定電圧回路

回路は**図5－3**(a)です．V_{in}は10～16 Vとします．

● ツェナー・ダイオードの決定

この場合V_{out}は$V_Z - V_{BE}$で，V_{BE}はほぼ一定で0.65 Vなので，ツェナー電圧は6 + 0.65 = 6.65 Vとなります．そこでRD6.8EB1を使います．

● トランジスタの決定

トランジスタには最大50 mAの負荷電流が流れるので，最大コレクタ損失P_Cは，

$$P_C = (V_{in(\max)} - V_{out})\, I_{out(\max)} \quad \cdots\cdots (5-3)$$
$$= (16 - 6) \times 0.05 = 0.5 \text{ W}$$

となります．この程度ならTO－220型パッケージのパワー・トランジスタを放熱器なしで使うことができ