

第5章

【成功のかぎ5】

リニア・レギュレータを安定に動作させる

出力端子に付けるコンデンサが鍵を握る

直流定電圧電源の目的は、負荷となる電子回路に安定な直流電圧を供給することです。リニア・レギュレータICの場合、出力に付加するコンデンサによっては発振して不安定になる場合があります。ここでは、どのような場合に発振するのか、なぜ発振するのか、どうすれば安定な直流電圧を出力できるのかを実験しながら考察します。

5-1

レギュレータが発振するメカニズム

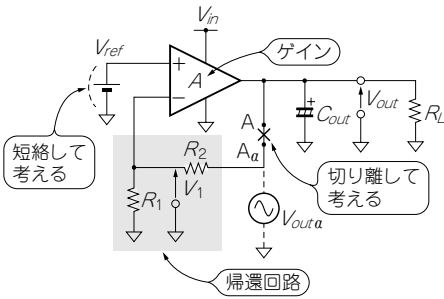
● 位相の回りすぎた信号が入力に戻ることで発振する

シリーズ・レギュレータは図5-1の簡略化等価回路で示されるように、負帰還によってゲインを適切に設定したパワー OP アンプと、基準電圧 V_{ref} で構成されています。発振の原因は一般の増幅回路と同じですが、出力に付加される大きな容量 C_{out} について考慮する必要があります。

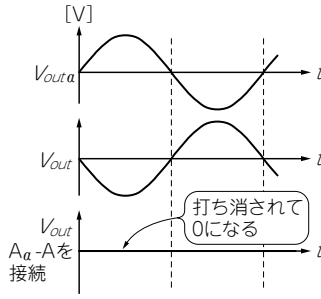
増幅回路の発振原因は、ループ・ゲイン (loop gain) と呼ぶ負帰還回路を一巡したゲインの周波数特性で考察します。増幅回路の発振は交流で起きますから、直流基準電圧 V_{ref} は交流では短絡されていると考えます。

図5-1(a)で、A-A間を切り離し、 A_a 点に出力信号 V_{out} の代わりに $V_{out a}$ を与えて、ループ・ゲイン $A\beta$ を計算します。図5-1(c)で示すように、帰還ループを一巡した出力信号 V_{out} が、元の信号 $V_{out a}$ とレベルが等しく位相が同じときに増幅回路は発振します。元の信号は帰還回路で分圧され、増幅回路の反転入力端子に戻されていますから、正常であれば出力信号は元の信号に対して位相が 180° 回っているはずですが、

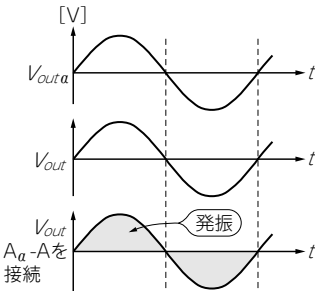
ところが、出力信号の位相がさらに 180° 余分に回り、元の信号と同じ位相、同じレベルになると発振します。そのとき帰還回路を切り離して外部から $V_{out a}$ を加えると、 V_{out} が出力されます。両者はレベルと位相が等しいので、切り離した帰還



(a) シリーズ・レギュレータの等価回路



(b) 正常なとき



(c) $A\beta = -1$ のとき

帰還率: $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ (5-1)

$V_1 = \beta V_{outa}$
 $V_{out} = -AV_1 = -A\beta V_{outa}$

よって、一巡ループ・ゲインは、
 $\frac{V_{out}}{V_{outa}} = -A\beta$ (5-2)

発振しているときは、 $V_{outa} = V_{out}$ から
 $A\beta = -1$ (5-3)

つまり、
 $|A\beta| = 1$ (5-4)

$\angle A\beta = -180^\circ \pm (n \times 360^\circ) (n = 0, 1, 2, \dots)$ (5-5)

(d) 発振の条件

[図5-1] シリーズ・レギュレータの発振条件

回路を再接続すれば、外部から V_{outa} を注入しなくても V_{out} は出力され続けます。これが発振です。

図5-1(d)の式では、

$$A\beta = -1 \text{(5-3)}$$

となります。式(5-3)は、ループ・ゲインの大きさ $|A\beta|$ が1 (=0dB)で、位相が -180° 回転したときに発振することを意味しています。

● 位相が 180° 回っても $|A\beta| < 1$ なら発振しない

負帰還とは、 $A\beta$ の位相の回転が -180° よりも小さいときの動作モードのことです。位相が -180° 回っているときの動作モードは負帰還ではなく、正帰還と呼ばれます。

このとき $|A\beta| < 1$ なら、正帰還された信号は徐々に減衰しますから、オーバーシュートやリングングなどにより一時的に出力は乱れますが、発振状態にはなり