

第3章 やってはいけない！アナログ回路設計

やってはいけない①

テレビに機器を近づけると映像に縞模様が出る

エミッタ・フォロワは数百MHzで簡単に発振する



- エミッタ・フォロワの発振は周波数が高いため発見が遅れる

ビデオ信号は、低いインピーダンス(75Ω)を駆動できるアンプで増幅してから出力するのが一般的です。

図1に示すのは、実際のビデオ回路の終段にあるアンプです。この回路をエミッタ・フォロワと呼びます。

フォロワと呼ぶ理由は、ベースの振幅がそのままエミッタに出てくるからで、電圧ゲインは1倍ですが、電流ゲインは約 h_{FE} (数十～数百)倍と大きい回路です。

このエミッタ・フォロワは簡単に発振します。図2に示すように、図1のエミッタ・フォロワに小さな容量とインダクタンスのコンデンサとコイルを付け加えると、発振波形が出てきます。

図3に示すのは、実際に発振してしまったエミッタ・フォロワ回路の例です。ベースにはコンデンサやダイオードが追加されています。

出力のスペクトラムは図4に示すような分布でした。基本波、つまり発振周波数は239MHzで、残りのスペクトラムは高調波です。2次高調波($239 \times 2 = 478$ MHz)が基本波とほとんど変わらないレベルで出ており、3次もそんなに減衰していません。

VHFとUHFは、地上波テレビ放送のチャンネルが割り当てられている帯域ですから、VHF12チャンネルと、UHF14チャンネル、54チャンネルに妨害を与えます。

ビデオ帯域内(4.5 MHz 以下)の発振なら、テレビの

画面にビート妨害が出るので発振を発見できるのですが、図1や図3の回路は、10 MHz 以下で発振することはまずありません。スペクトラム・アナライザを使用して、不要な周波数成分が出ていないか確認してから出荷する必要があります。

● 対策

図5に示します。つまり、

- ①ベースに抵抗を入れる
- ②コレクタにデカップリングを入れる
- ③グラウンド・パターンを広くする
- ④トランジスタの電流増幅率を小さくする

などです。対策の効果はスペクトラム・アナライザで確認します。ビートがなくなっても、発振周波数が移動しただけの可能性が強いからです。〈漆谷 正義〉

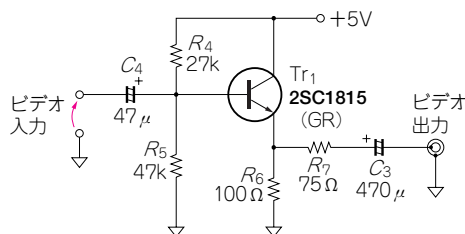


図1 ビデオ信号の出力段によく利用されている低出力インピーダンスのアンプ

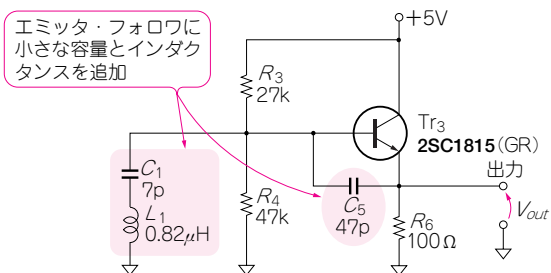


図2 エミッタ・フォロワは簡単に発振する

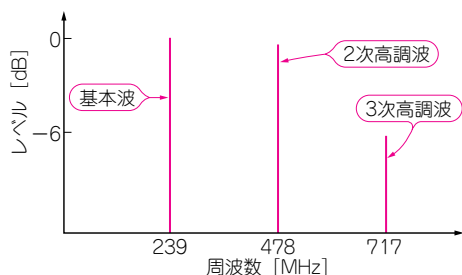


図4 図3の回路の出力スペクトラム

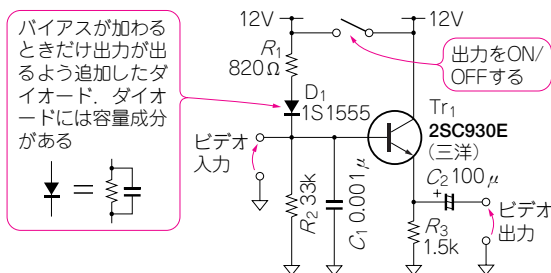


図3 実際に発振したビデオ・アンプ

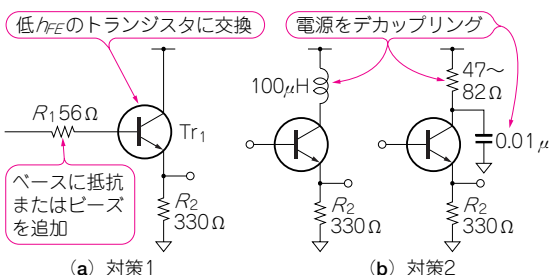


図5 エミッタ・フォロワの発振対策

やってはいけない②

ちりも積もれば山となる。10年後にふたを開けたら基板が焼けていた！
抵抗の密集地帯ではトータルの消費電力を確認する

● 1/2 W 抵抗で0.2 W消費なのに基板が変色

図1に示すのは、ごく普通のDC入力フォト・カプラ・インターフェース回路です。

DC24 V/10 mA という入力回路の仕様を満足させるため、電流制限抵抗 R_2 に 2.4 k Ω (1/2 W) を使用しました。 R_1 はスイッチがOFFしているとき、入力を安定させるためのプルアップ抵抗です。

スイッチがONしたときに1次側に流れる電流 I_{on} は、

$$I_{on} = \frac{V_{DC}}{R_1} + \frac{V_{DC} - V_F}{R_2}$$

$V_F = 1.4$ V とすると、 I_{on} は約 10 mA (= 0.5 + 9.4) となります。 R_2 の消費電力を計算すると約 0.2 W になるので、定格 1/2 W の抵抗を使いました。

部品単体(この場合は抵抗)での電力定格には注目しましたが、発熱部品が密集するとどうなるかということまで気が回りませんでした。

この装置は24時間連続運転の生産ラインで使われ、通電しっぱなしの状態が続きます。定常状態では特定の入力ONになったままです。今回運が悪いことに、隣り合う四つの信号がONして電流が流れ続けたのです。

実際の基板では5.08 mm ピッチで抵抗が並んでおり(写真1)、この抵抗の密集部分から約 1 W の熱が出ていたことになります。

● 10年運転してふたを開けてびっくり

運転開始から10年もすると、電源部などのコンデンサが傷みだし、点検修理の依頼が回ってきます。ブ

リント基板の異変に気がついたのでこのときです。

長年の発熱により、抵抗と基板が焼けて変色していました。炭化するほどの熱ではありませんし、抵抗値が変わってしまうほどの熱でもありません。

しかしよく見ると、白色のフォト・カプラが褐色になっており、熱が出ていたようすが見とれます。回路そのものは正常に動作していましたが、このままでは絶縁不良のきっかけになる可能性があります。

● 電流を減らして対策

DC24Vで使うとき、フォト・カプラに10 mAも流す必要があるかということが問題になります。

変換効率の劣化をカバーするために余裕をもってLEDに電流を流していたわけです。それが原因で発熱し、プリント基板の変色に至りました。

対策方法は一つだけです。電流を少なくして消費電力を下げるしかありません。 R_2 を 3.3 k Ω ~ 4.7 k Ω (6.8 mA ~ 4.8 mA/0.15 W ~ 0.11 W) にして、発熱を減らしました。

電流を減らす場合、2次側の負荷抵抗 (R_3) にも注意が必要です。 R_3 の値が小さいと、ONしたとき“L”に引っ張れなくなるかもしれません。逆に R_3 を大きくするとスイッチング速度が低下します。

定格 1/2 W と呼ばれる抵抗でも、昔の 1/4 W 抵抗の大きさしかありません。このあたりが放熱性能の差につながると思います。

<下間 憲行>

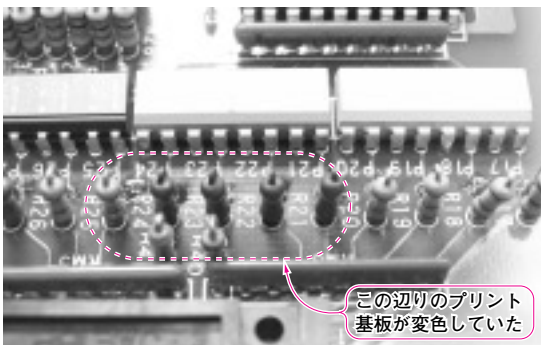


写真1 プリント基板上では R_2 (図1) が近接して実装されている抵抗間の間隔は 5.08 mm。常時 4 本の抵抗が 0.2 W を消費し続けた結果、10年で基板が変色した

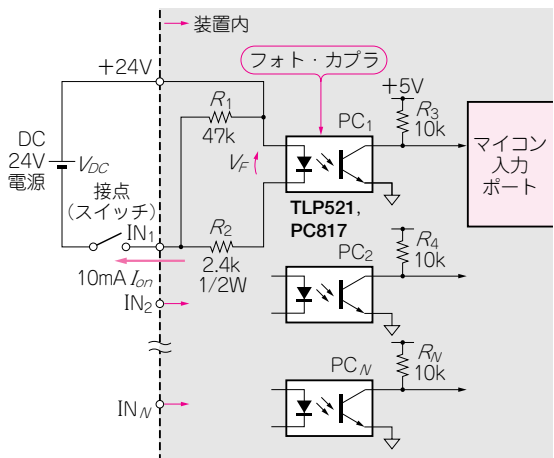
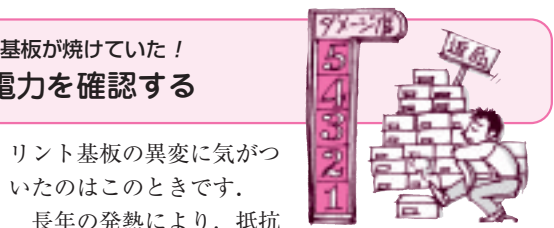


図1 DC入力のフォト・カプラ・インターフェース回路