

LEDの駆動方式・回路設計について

LEDは電流駆動型の発光デバイスであり、その特性値は順方向電流値をパラメータとして仕様化されております。したがってLEDを点灯させる回路には要求される光度を出力させるために必要な電流を流せることが最低限要求されることになります。一方、LEDは製造過程で特性分布(ばらつき)を持つため、電気特性においても最大、最小値を規定しております。すなわち同じ製品であっても順電圧-順電圧特性は仕様の範囲内で変化します。例えば、同じ製品に同じ電圧をかけたとしても、必ずしも同じだけ電流が流れるわけではありません。当然ながら電流値が異なれば製品の光度・色調も異なる特性を示すことが予想されます。

LEDの点灯方法にはこれから示す通り様々な駆動方式・回路構成があり、所望の特性を得る上で、それぞれにメリット・デメリットがあります。

本書ではこれらの駆動方式・回路構成における注意点について説明致します。

駆動方式・回路構成

LEDの駆動方式には連続して一定電流を流し続けるDC(スタティック)駆動方式と点滅を繰り返すパルス(ダイナミック)駆動方式があります。点灯方式は異なりますが、パルス駆動方式でも点滅間隔を短くすれば肉眼で見た限り、DC駆動方式で点灯したように見せることもできます。

DC駆動方式は一般的にインジケータなどで応用され、高輝度設計ができてチラツキが少ないといったメリットがあります。パルス駆動方式は主にマトリクス配線によるディスプレイや調光用光源で応用され、駆動用トランジスタ数を減らしコストを下げる事ができるといったメリットがあります。

DC(スタティック)駆動

定電圧駆動回路

一般的な制限抵抗による方法です。下記の図1および式1にて電流が決定されます。

電源電圧 V_{CC} 、電流 I_F を決め、LEDの順電圧 V_F を製品の仕様または技術資料から読み、制限抵抗 R を決定します。

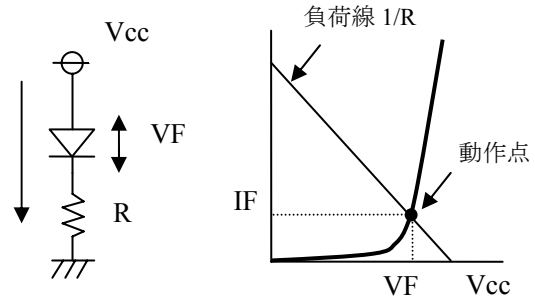


図1

$$V_{CC} = V_F + R \times I_F \quad (\text{式1})$$

また、 I_F - V_F 特性から求めることも出来ます。特性曲線上で決めた I_F の点が動作点になり、 V_{CC} から動作点に引いた線の延長が負荷線となりますので、その傾き $1/R$ を読めば求められます。この方法は逆に、設定した抵抗値 R から電流 I_F を求める場合にも有効です。

ここで、 V_F - I_F 特性のばらつきを抑える手段について考えてみます。

標準特性(Typ.)で動作点(I_F)を決めた場合、実際には規格内の特性ばらつきがありますので、電流値は I_{Fmax} ~ I_{Fmin} の間でばらつくことになります。この時に、図2のように電源電圧 V_{CC} を高めに設定するほど、または抵抗値 R を大きくするほど、負荷線の傾きが小さくなり、 I_{Fmax} ~ I_{Fmin} を抑えられることが分かります。

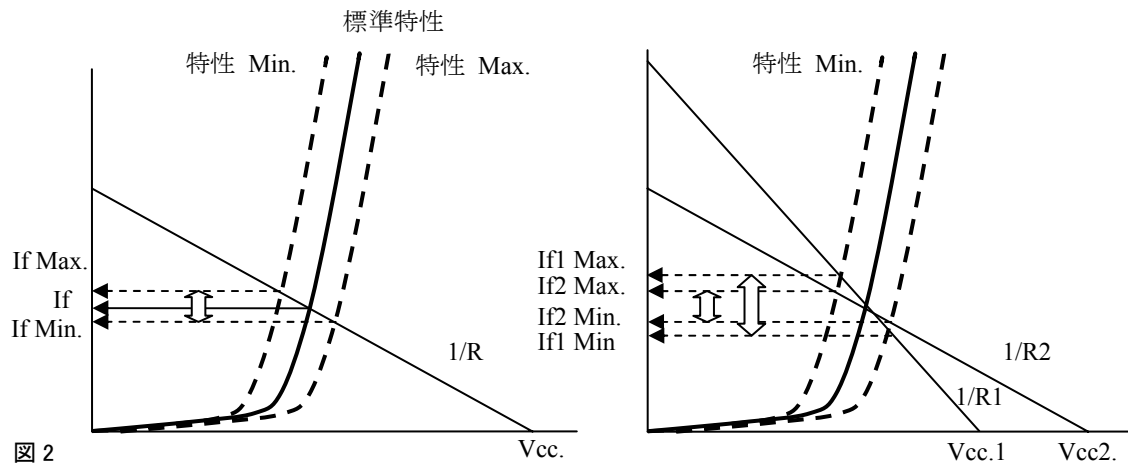


図 2

温度による電流変化でも同様のことがいえます。(図 3)

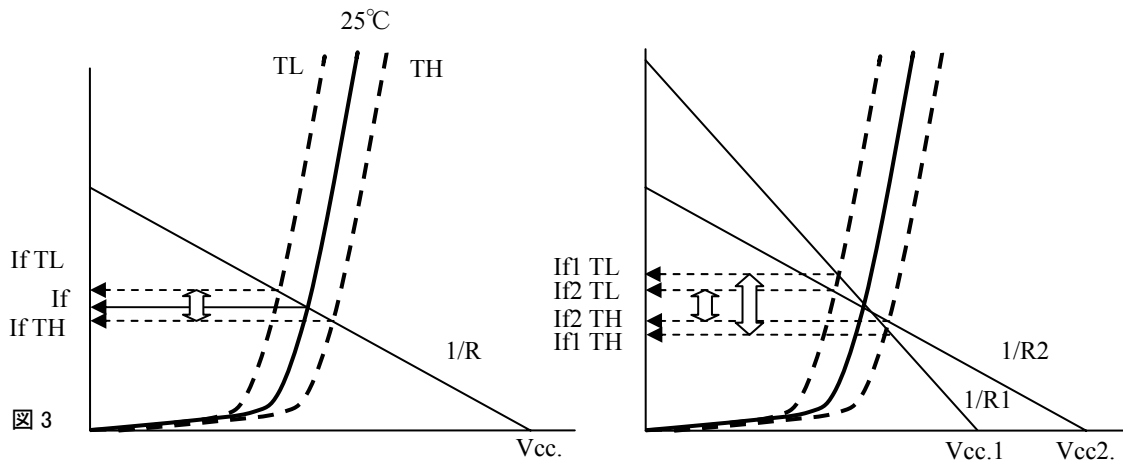


図 3

このように定電圧回路においては、電源電圧設定が高く出来ない場合、電源電圧に対して LED の直列接続数が多く抵抗値 R が大きく取れない場合に、VF ばらつきや温度変動で電流ばらつきが大きくなるので注意が必要です。

定電流駆動回路

VF ばらつきや温度変動に対して電流 I_F を安定供給するためには、定電流駆動回路が必要になります。この方式は電源電圧変動に対しても強くなるメリットがあります。

以下に例を示します。(図 4)

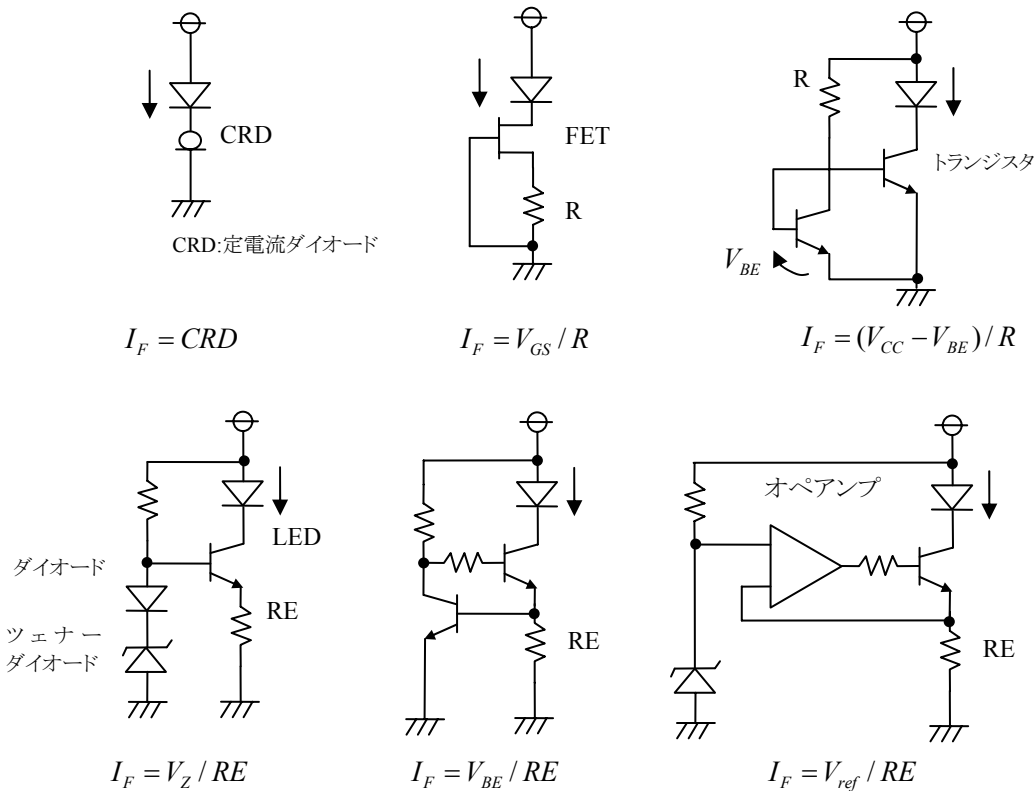


図 4

定電流駆動回路は品質的には非常に良いものですが、価格面やスペース面がデメリットとなります。また、トランジスタを動作させるために VCE に最低 2~3V、抵抗の電圧降下分 (RE に 1~2V) が必要で、電力の利用効率としても不利となります。

LEDを多数個接続する場合は、図5に示す様に直列回路毎に定電流回路を設けることが考えられます。スペースや価格面で余裕があれば採用することも考えられます。

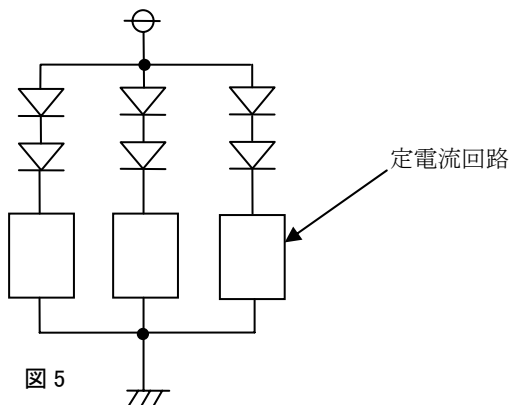


図 5

更に回路を工夫して、可変抵抗を搭載、または複数の抵抗値を実装して製品の光度・VF ランク別にディップ・スイッチやジャンパーで切り替えて電流を調整できるようにすれば各種ばらつきを調整してゼロに近づけられる可能性もあ

ります。

定電流駆動回路での VF ばらつきや温度変動での対処は、ご使用のセットの品質や価格面などを総合的に考慮し設計下さい。

多数個使い(直列・並列・マトリクス回路)

LEDを多数個使用する場合、図6の様な回路構成が一般的です。

直列の場合(回路 a)は次式の通りです。

$$V_{CC} = N \times V_F + R \times I_F \quad (\text{式 2})$$

(N: 直列 LED の個数)

並列の場合(回路 b)は次式の通りです。

$$V_{CC} = V_F + R \times I_F \quad (\text{式 1 と同じ})$$

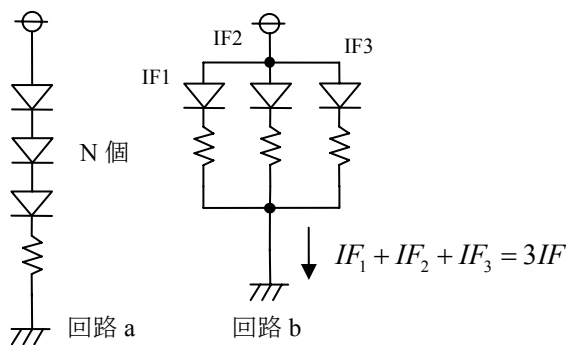


図 6

回路の特徴は下記表の通りです。

	メリット	デメリット
直列回路	<ul style="list-style-type: none"> 電流が少なくて済む。(トランジスタでの駆動は高電圧より低電流が有利) 	<ul style="list-style-type: none"> 高い電圧が必要。
並列回路	<ul style="list-style-type: none"> 電圧は低くて良い。 断線に対してフェイルセーフが効く。 	<ul style="list-style-type: none"> 多くの電流が必要。

ここで、LED 並列接続は同じであるが個々の LED に制限抵抗を入れず、まとめた集中抵抗とした場合 (図 7) について述べます。

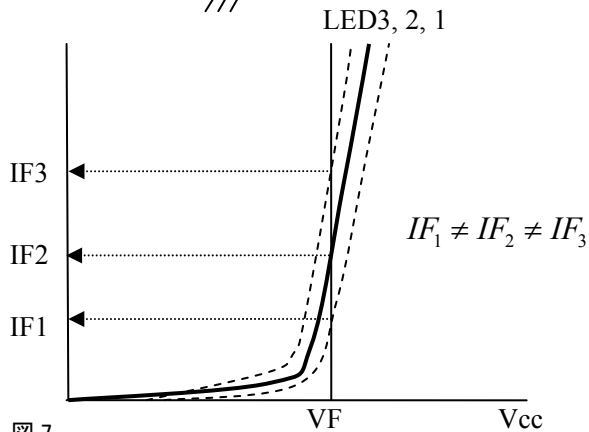
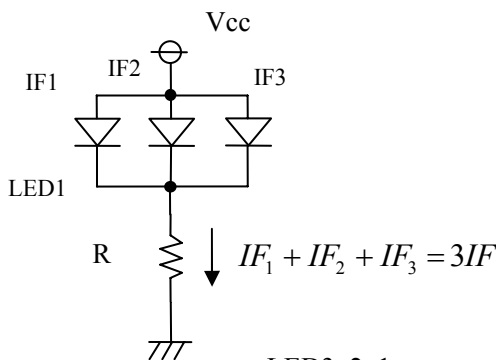


図 7

電流値 I_F を決めると V_F が決まり、

$V_{CC} = 3 \times I_F \times R + V_F$ より R が求められます。この場合の I_F は平均的なもので、実際は特性の異なる LED が並列に接続されることで、個々の LED の電流値は I_{F1} 、 I_{F2} 、 I_{F3} のように大きく異なります。この状態では最大定格を超える電流が流れる可能性や温度特性によって更に個々の電流差が生じる可能性もあります。このような電流ばらつきは点灯品位を低下するだけでなく、寿命のばらつきも大きくするため、これらを考慮した設計が必要です。

なお、上記対処法としては V_F のそろったものを選別して使う方法があります。弊社ではある程度の幅に V_F を分割する特殊仕様でのサービスも行っております。(要求仕様により対応可否を判断しております。)しかしながら、仕様を限定するほど歩留まりが悪化し、コスト高を招く可能性があるため、所望する特性を得る上では回路設計を含めた検討がたいへん重要です。

次の回路は、図 6 回路 b を少し緩和したもので、各 LED に入れた電流バランスを持たせるための抵抗 ($R_1 \sim R_3$) と全体の電流を制限する抵抗 (R_{123}) で構成されております。(図 8) 安定性は個々の抵抗での設定の方が勝りますが、抵抗の定格を個々に落とすことができます。

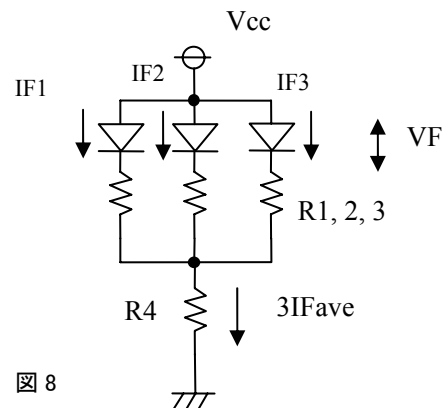


図 8

$$V_{CC} = (I_{F1} + I_{F2} + I_{F3}) \times R_4 + I_{F_{1,2,3}} \times R_{1,2,3} + V_F$$

$$= 3 \times I_{F_{ave}} \times R_4 + I_{F_{1,2,3}} \times R_{1,2,3} + V_F$$

多数の LED の場合は、直列と並列回路の複合にすることが一般的です。(図 9) これは供給電流や電圧が大きくなり過ぎないようにするために、故障時のフェイルセーフとしても有効です。

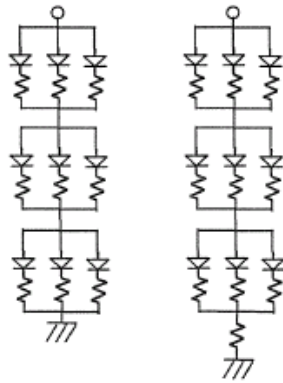
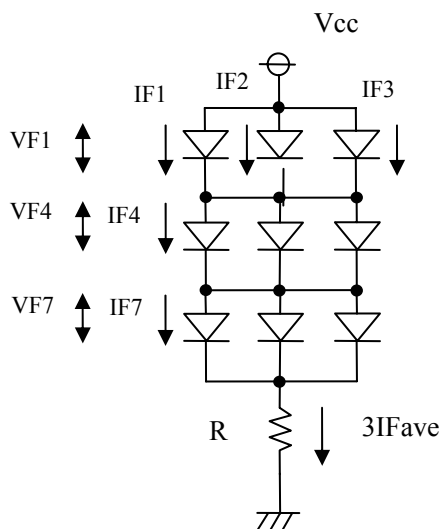


図 9

図 10 は前述の個別抵抗なし回路の発展形のため、同様にばらつきや変動に弱いことがいえます。この回路のメリットは、断線時のフェイルセーフが効くこと、抵抗による電力ロスが少なく、熱的にも有利、また、部品点数が少なくなることにより基板設計がしやすくなり、スペースや価格面でも



有利なことなどが挙げられます。

図 10

$$V_{CC} = (IF_1 + IF_2 + IF_3) \times R + (VF_1 + VF_4 + VF_7)$$

$$= 3 \times IF_{ave} \times R + 3 \times VF_{ave}$$

$$IF_1 \neq IF_2 \neq IF_3 \quad IF_1 \neq IF_4 \neq IF_7$$

(VF を選別した場合は

$$IF_1 \cong IF_2 \cong IF_3 \quad IF_1 \cong IF_4 \cong IF_7)$$

その他多数使いでの方式として、次のような場合に図 11 に示す様な昇圧回路方式も考えられます。

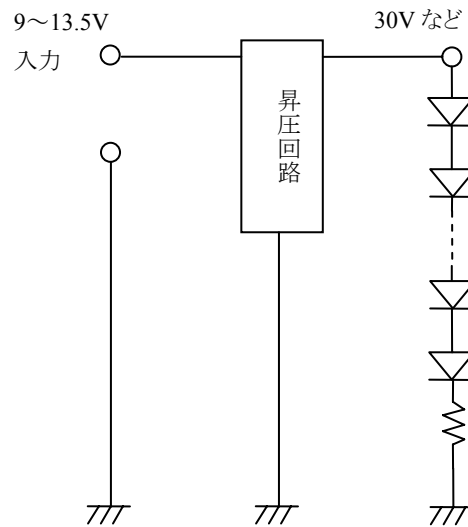


図 11

以下のような使用条件の際に有利です。

- (a) 直列接続数が多い場合 (並列では駆動電流が多すぎる場合など)
- (b) 全て直列接続にしたい場合 (但し、一箇所が断線すると、全ての LED が不点灯になります。)
- (c) VF が高い場合 (電流が多い時、白色や青・緑色など InGaN 系素子を搭載した LED は電圧変動、温度変動、過電圧の故障に非常に弱くなります。)
- (d) 駆動電流に安定を求める場合 (制限抵抗が大きすぎて、電流ばらつきを抑えることができます。)

最近では昇圧回路を搭載した LED 駆動専用 IC も見られます。コストの検討および回路まで含めた信頼性試験などによるご確認を実施下さい。

パルス(ダイナミック)駆動

LED をパルス駆動させるには、一般的にバイポーラトランジスタ、FET による単純なスイッチング回路、LED の順電圧 (VF) 変動に対応した定電流回路があります。また、最近では LED 点灯専用のドライバーIC も見かけられます。

DC 点灯のように見せるため高い周波数で点滅させる場合 (人物静止時) は問題ありませんが、点滅周波数がある程度低くなると肉眼でチラツキが確認されます。一般に周波数は 50Hz より低いとチラツキが認識されてしまうため、通常、点滅周波数は 100Hz 以上必要です。ただし、人物が静止していない場合や機械的なセンサーによる観察では高い周波数であってもチラツキが確認されてしまう場合があります。用途に合わせた周波数設定が必要となります。

以下(図 12)に回路、算出式の参考例を示します。詳細は回路専門書を参照するなどして乗数決定し、回路まで含めた信頼性試験などによるご確認を実施下さい。

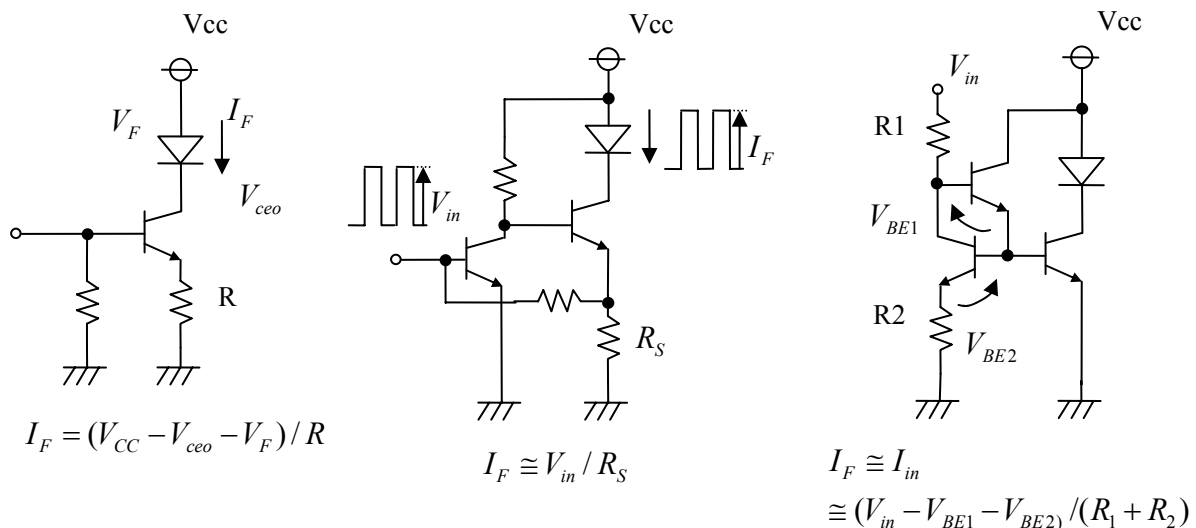


図 12

LED は製品個々に規格内でのばらつきを持ちます。所望の特性を得る上で、この特性ばらつきを考慮した回路設計は重要なポイントとなります。今回、駆動方式、回路構成の一般例をご紹介いたしましたが、設計マージンがない場合などは特に本書の内容にご注意の上、ご使用下さいませようお願い致します。