

LED の駆動方式・回路設計

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－順電流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う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。

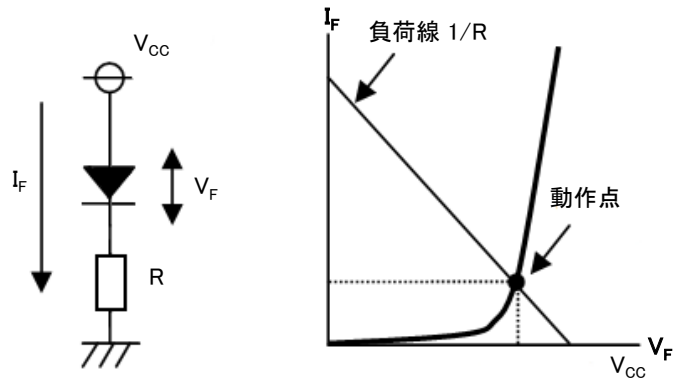


図1. 制限抵抗の関係性

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

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 $1/R$ を読めば求まります。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 $I_F \text{ Max.} \sim I_F \text{ Min.}$ の間でばらつくことになります。この時に、図 2 の様に電源電圧 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、 $I_F \text{ Max.} \sim I_F \text{ Min.}$ を抑えられることが分かります。(図2)

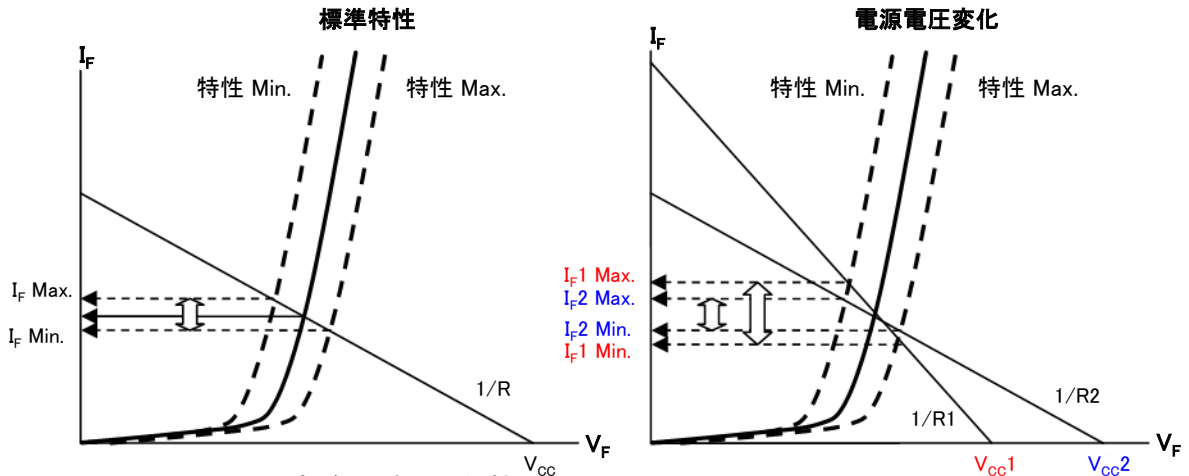


図2. 電源電圧と電流バラツキの関係性

温度による電流変化でも同様のことがいえます。(図3)

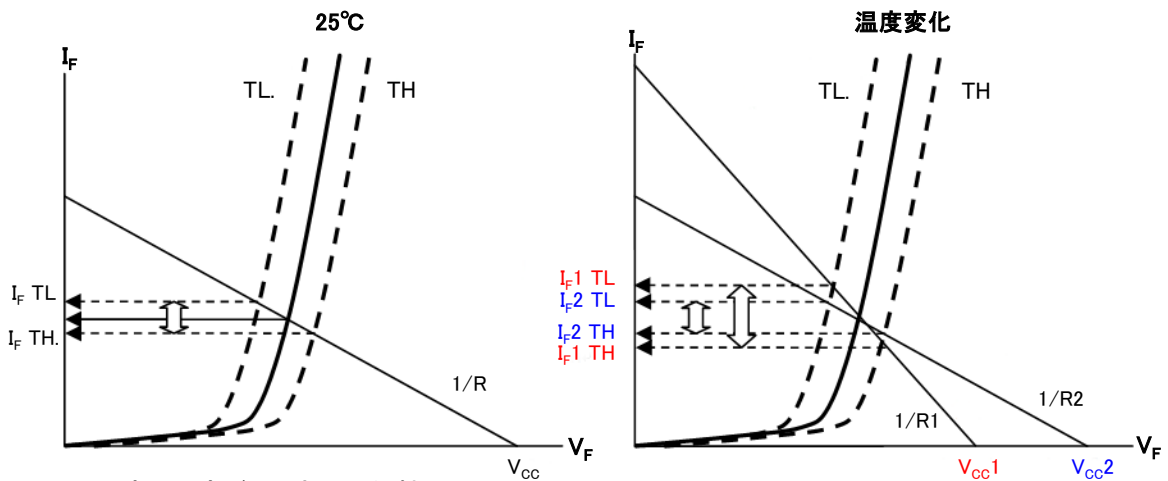


図3. 温度と電流バラツキの関係性

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が大きく取れない回路において、 V_F 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

V_F 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)

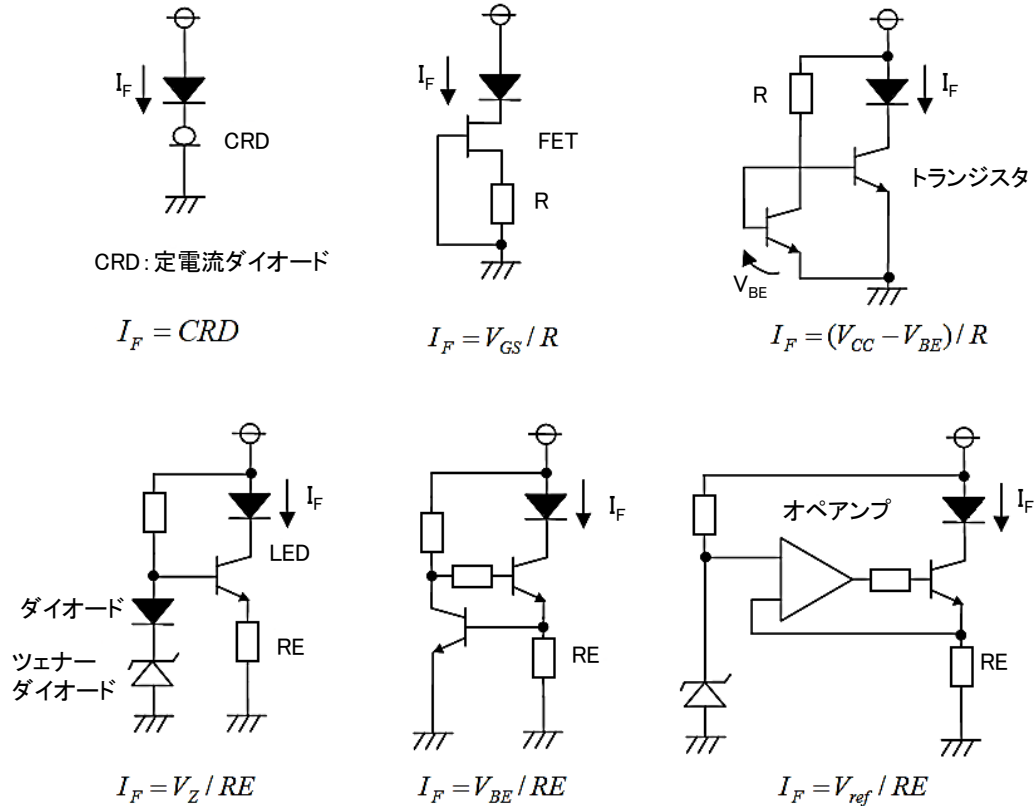


図4. 定電流駆動回路例

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 V_{CE} 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。

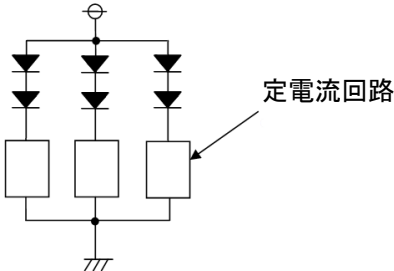


図5. 直列回路毎に定電流回路を設定

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・ V_F 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があります。

定電流駆動回路での V_F 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。

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

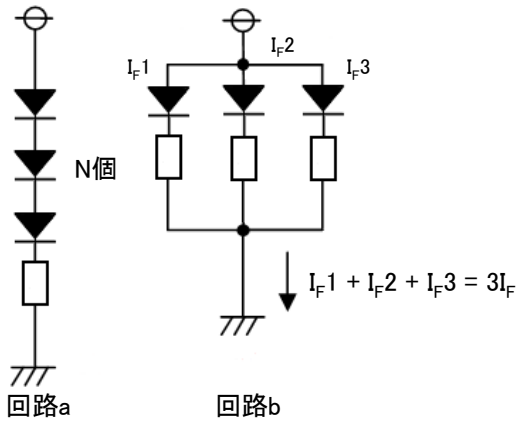


図6. 多数個使いの回路

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	・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)	・高い電圧が必要。
並列回路	・電圧は低くて良い。 ・断線に対してフェイルセーフが効く。	・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について述べます。(図7)

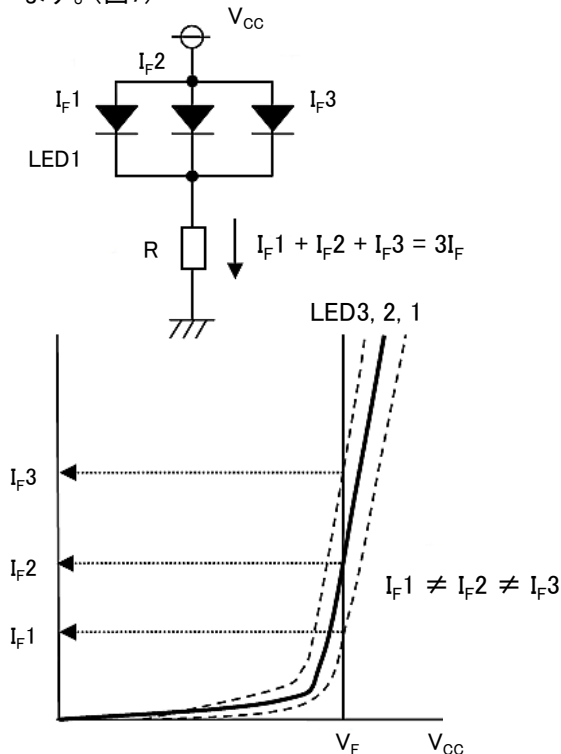


図7. 並列回路に集中抵抗だけを設定

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 が求まります。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非常に重要です。

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 ($R1 \sim R3$) と全体の電流を制限する抵抗 ($R1,2,3$) 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。

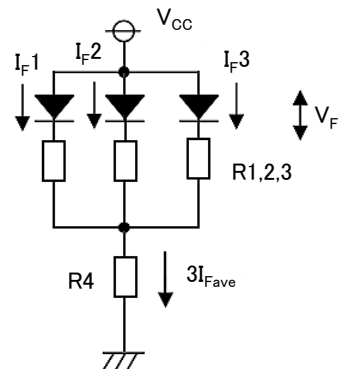


図8. 並列回路に個別抵抗と集中抵抗を設定

$$V_{CC} = (I_{F1} + I_{F2} + I_{F3}) \times R4 + I_{F1, 2, 3} \times R1, 2, 3 + V_F$$

$$= 3 \times I_{F \text{ ave.}} \times R4 + I_{F1, 2, 3} \times R1, 2, 3 + V_F$$

多数のLEDの場合、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。

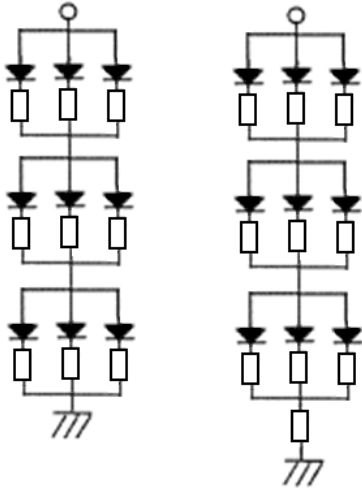


図9. 直列と並列の複合回路

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。

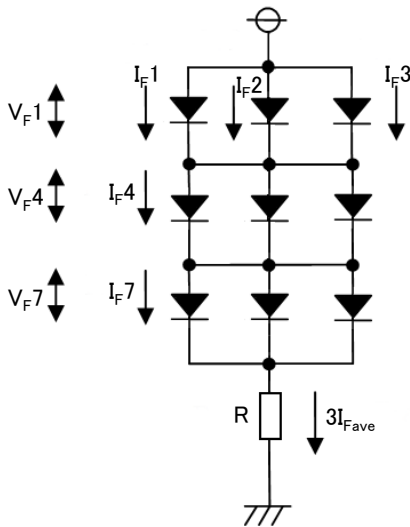


図10. マトリクス回路

$$V_{CC} = (I_{F1} + I_{F2} + I_{F3}) \times R + (V_{F1} + V_{F4} + V_{F7})$$

$$= 3 \times I_{Fave} \times R + 3 \times V_{Fave}$$

$$I_{F1} \neq I_{F2} \neq I_{F3} \quad I_{F1} \neq I_{F4} \neq I_{F7}$$

$$(V_F \text{ を選別した場合は } I_{F1} \cong I_{F2} \cong I_{F3} \quad I_{F1} \cong I_{F4} \cong I_{F7})$$

その他多数個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。

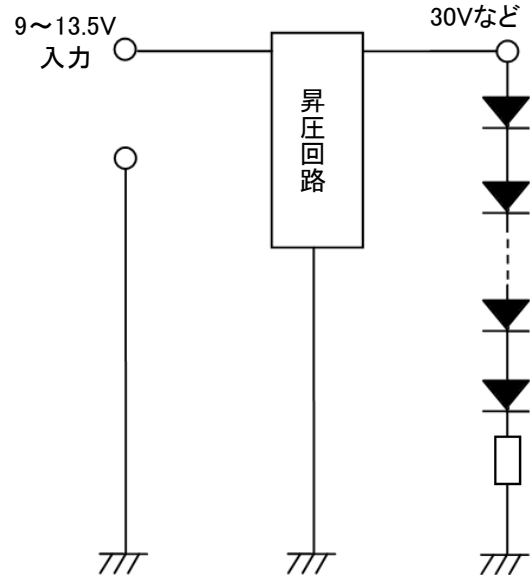


図11. 昇圧回路方式

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) V_F 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
制限抵抗が大きくでき、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(V_F)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。

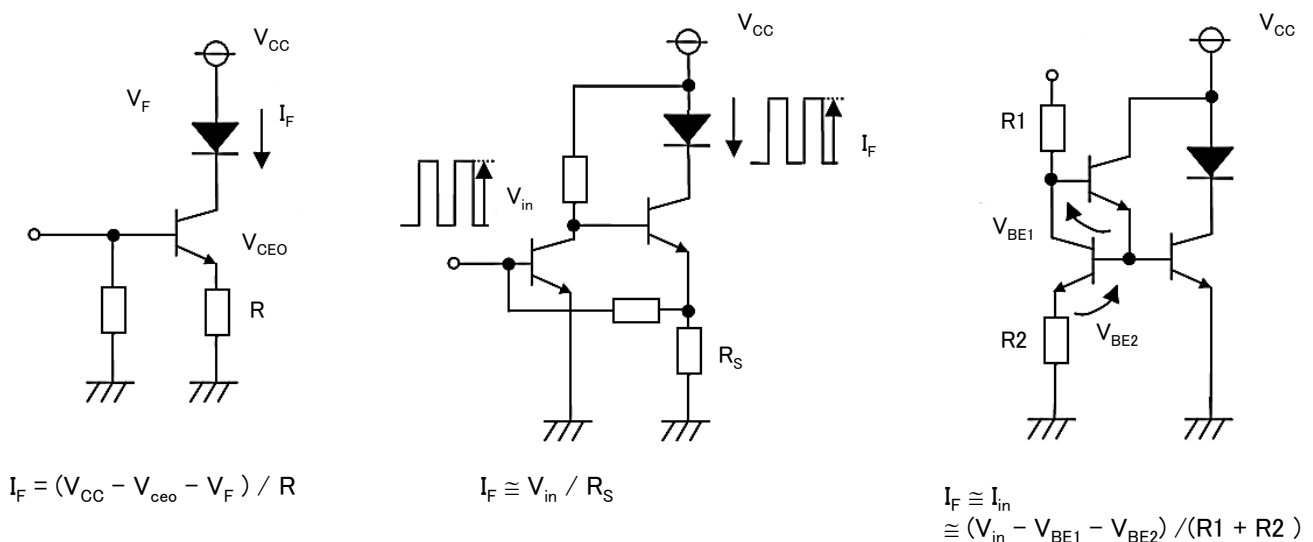


図12. パルス駆動回路例と算出式

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、ご使用下さいますようお願い致します。