

パワーLED 基礎と定電流装置製作編

◎パワーLEDとは

近年のLEDは高輝度が主流になり、
駆動電流も数mAで十分明るいものになりました。
ただし、一般的なφ3、φ5サイズのLEDでは数個用いても
照明装置などでは明るさが不十分です。

これに対し、**照明用などに利用される「パワーLED」と呼ばれるものがあります。**
パワーLEDと一般的なLEDとの違いは**駆動電流の大きさ**です。

一般的なLEDは数mA～数10mA程度ですが、
パワーLEDは数100mAの駆動電流でさらに高輝度になっています。

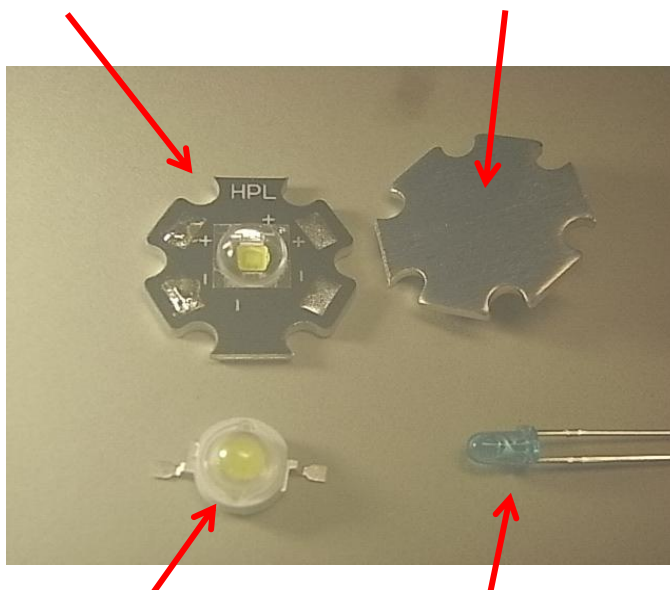
写真1に各種パワーLEDを示します。

大電流で駆動しますのでLED自身の発熱量も多くなり、形状が**放熱構造**になっているのも特徴の1つです。

写真1 パワーLEDの製品例

パワーLED(1Wタイプ)青
Linkman
HPL-H77FB1BA

HPL-H77FB1BAの裏側
放熱用アルミ板



パワーLED(3Wタイプ)青
EM-3W

一般的なLED(φ3)

写真1の1WタイプのLED「HPL-H77FB1BA」は「**スター型放熱板**」が実装されている構造で、この部分を放熱器に取り付けます。

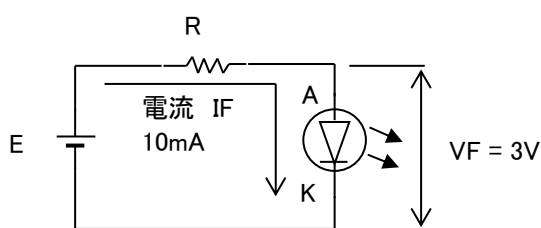
1Wタイプまたは3Wタイプとは許容されるLEDの電力を指します。

図1にLEDの消費電力の考え方を示します。

パワーLEDの場合、消費電力は数ワットの値になり、「1W-LED」、「3W-LED」などと呼びます。

図1 LEDの消費電力計算例

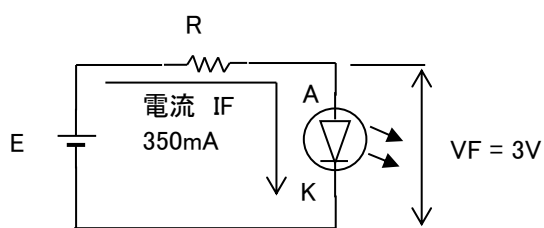
a) 一般的なLEDでの消費電力計算例



R 電流制限抵抗

$$\text{消費電力 } Pd = IF \times VF = 10mA \times 3V = 30mW$$

b) パワーLEDでの消費電力計算例



R 電流制限抵抗

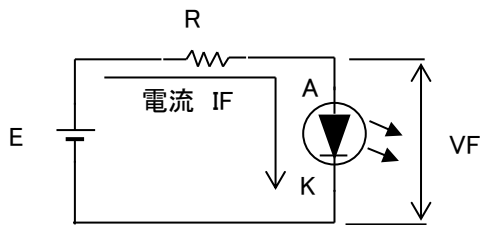
$$\text{消費電力 } Pd = IF \times VF = 350mA \times 3V = 1.05W$$

◎駆動方法と放熱に注意

★電流制限抵抗による方法

一般的なLEDで良く用いられる「**電流制限抵抗**」による**駆動方法**を図2に示します。

図2 電流制限抵抗によるLEDの駆動



R 電流制限抵抗

$$R = \frac{E - V_F}{I_F} \quad \text{--- ①}$$

この方法は**必要な順電流IFが流れるように電流制限抵抗Rの値を決めます。**

パワーLEDの場合も電流制限抵抗による駆動も可能ですが、この場合、注意が必要です。

図3のように、この回路は電源Eおよび電流制限抵抗Rの値は固定値です。

①式を変形して

$$I_F = \frac{E - V_F}{R} \quad \text{--- ②}$$

パワーLEDは発熱しますので、この発熱によりLEDの順電圧VFは低下します。
EとRは固定値ですから②式から順電流IFは増加します。

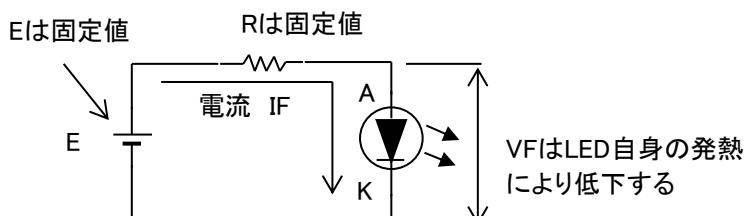
IFが増加することによりさらに発熱し、場合によってはこの過程が循環し、LEDのジャンクション温度の最大定格を超えてしまう恐れがあります。

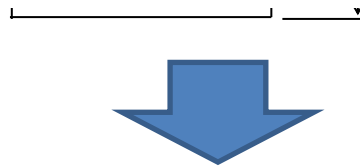
つまり、パワーLEDを電流制限抵抗で駆動する場合、このような悪循環に陥る危険性があり、なんらかの方法で**温度上昇(発熱)、電流制限する必要**があります。

(参考)
ダイオードなどのVFは周囲温度の変化に対して一般的に「-2mV/°C ~ -2.5mV/°C」の割合で変化します。

マイナスの符号が付いているので温度が上がるとVFが小さくなる。

図3 最大定格を超えてしまう可能性がある





LEDの発熱
↓
VFが低下
↓
EとRが固定値なのでIFが増加
↓
電流増加によりさらに発熱

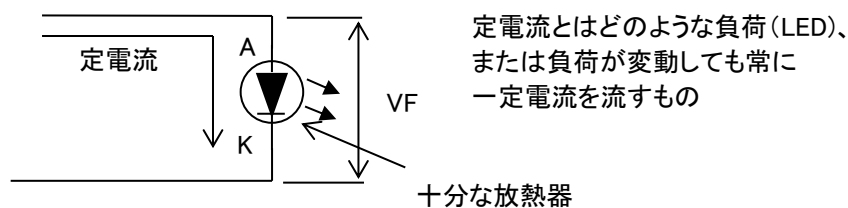
★定電流駆動と十分な放熱が必要

図3の電流制限抵抗による方法は電源電圧Eの変動、Rの誤差、VFのバラツキにより、順電流IFが変化し、これにより明るさも変化します。

パワーLEDを安定に動作させるためには「定電流駆動」と「十分な放熱対策」が必要です。

定電流とは図4のように常に一定電流を流す装置(回路、またはデバイス)です。

図4 定電流でLEDを駆動し、十分な放熱対策



◎パワーLED用定電流装置の製作

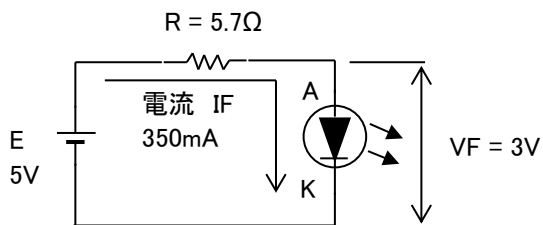
★定電流装置があると実験に便利

LEDの点灯、明るさチェックなどの実験時に駆動電流を可変(設定)出来る装置があれば便利です。

図5のように電流制限抵抗を用いた場合、電流値を変えるには電源電圧Eを可変するか、Rの値を変えることが考えられます。

この場合、用いる電流制限抵抗の許容消費電力の大きなものを用いる必要があり、抵抗値も何種類も用意しておくのは現実的ではありません。

図5 電流値を変えるには



Rには約0.8W消費される
2Wクラスの抵抗が必要

電流値の変更

(Eが固定値の場合)
Rの値を変更

(Rが固定値の場合)
Eの値を変えれば良いが、Rの消費
電力が大きくなる

★オペアンプを用いた定電流回路

図5の方式では抵抗を何種類も用意する必要がありますが、
図6にオペアンプを用いた定電流回路の原理図を示します。

この方式は電流制限抵抗が不要です。

オペアンプの出力はトランジスタを経由してマイナス端子に接続されています。
つまり、この経路は「負帰還」がかかりますので、オペアンプのプラスとマイナス
端子はバーチャルショートが成立し、常に同電位です。

これにより基準電圧Vrefと抵抗Rsの両端電圧は同じ値です。
トランジスタのコレクタ電流とエミッタ電流を同じとすれば、コレクタ電流Ioは

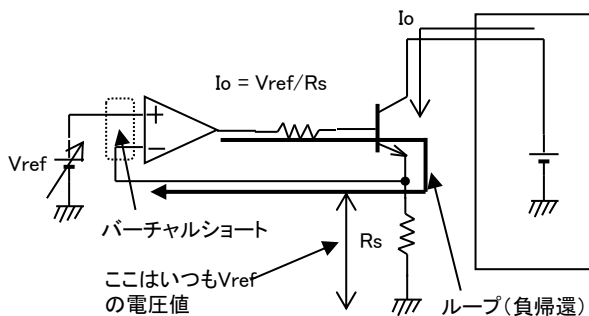
$$I_o = V_{ref} / R_s$$

となって、常に定電流になります。

また、基準電圧Vrefを可変とすれば、任意に定電流値を設定することが出来ます。

この方式を用いたパワーLED用定電流装置を製作しましたので、以下、紹介
します。

図6 オペアンプを用いた定電流回路(吸い込み型)



Vrefを可変することにより定電流値を任意に設定出来る

★回路

図7に製作した回路図を示します。

電源は外部からDC6V以上を供給し、LEDへの供給電源以外は内部にて5V動作です。

(定電流部)

D1が基準電圧(2.5V)です。
この電圧をVR1,VR2にて可変し、定電流値を可変します。

ボリュームは1個でも可ですが、設定値を細かく操作しやすいように、

VR1 → FINE
VR2 → MAIN

としています。

Vrefの可変範囲は0V~約1.2Vです。
R7 = 1Ω とすれば、定電流の設定範囲は 0A~1.2Aとなります。

定電流値の確認(測定)はR7の両端電圧を測定し、これを電流値に換算することにより行います。

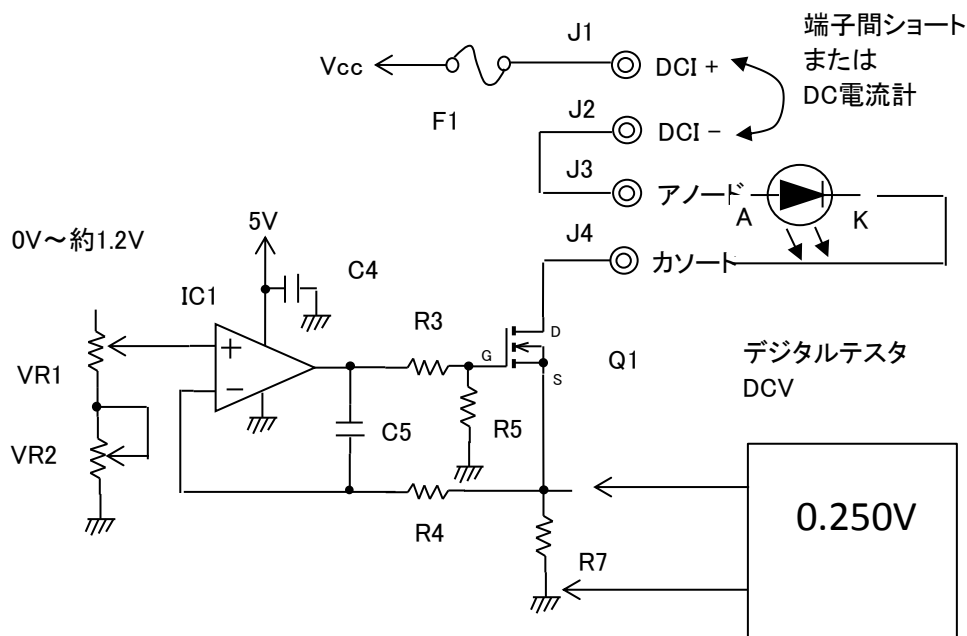
例えば

0.1V → 0.1A
0.3V → 0.3A

ただし、この方法は用いるR7の抵抗精度が誤差になります。
正確な電流値測定用としてJ1,J2を設けていますが、筆者の場合、J1,J2をショートし、R7両端電圧を測定する方法で用いています。

Q1には放熱器が必要です。

図8 定電流出力部



R7を1Ωにすれば 0A~1.2Aの設定
R7の両端電圧を測定し、電流値に換算

1Vの両端電圧を測定し、電流値に換算

0.1V → 0.1A

0.3V → 0.3A

(Q1の温度監視)

D2,IC2,IC3,LED1部はQ1の温度監視回路です。

定電流は1.2Aまで設定可能ですが、LEDの数、電源電圧値によりQ1はかなり熱くなります。

そこで、温度センサを用いて放熱器の表面温度を測定し、監視設定温度を超えた場合、LEDを点滅動作させる機能を設けました。

図9 Q1(放熱器)の温度監視ブロック図

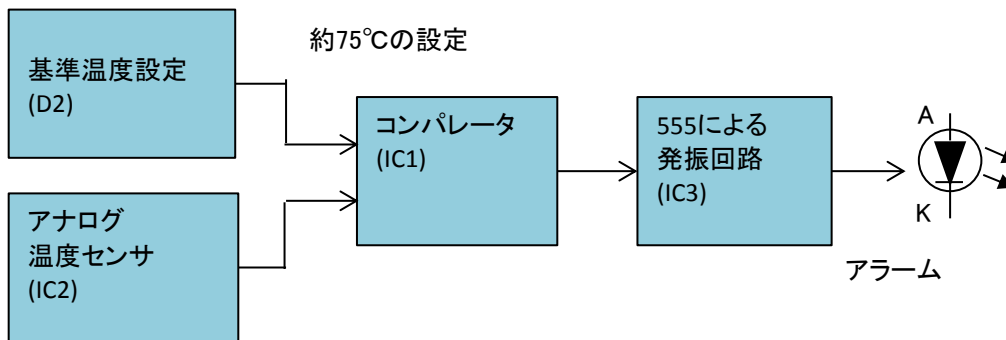
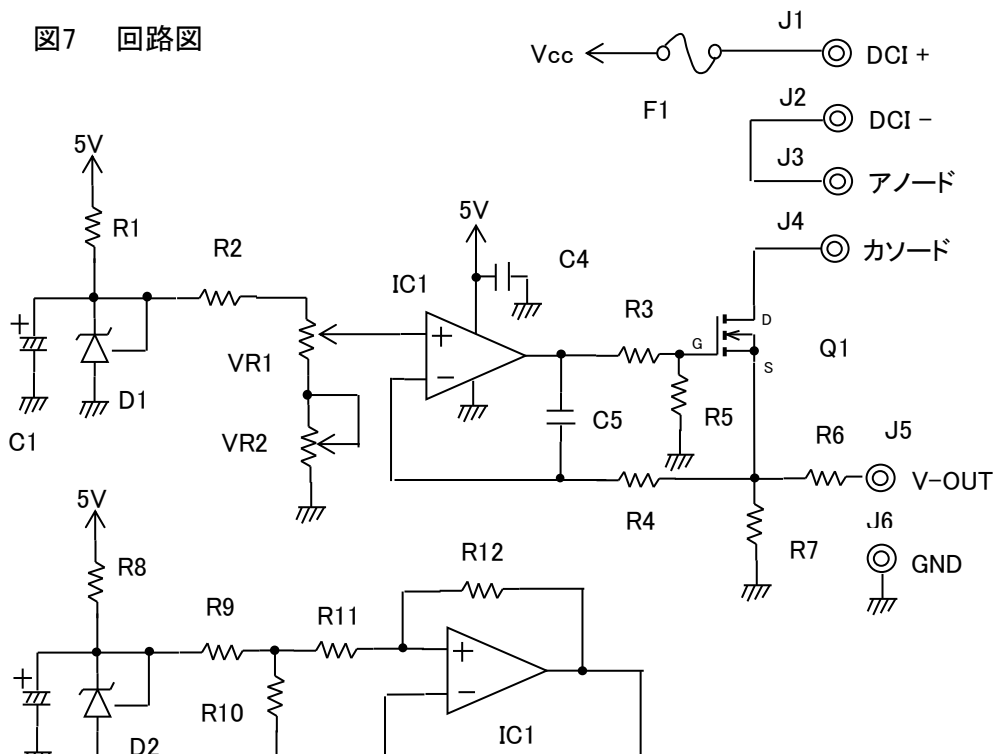
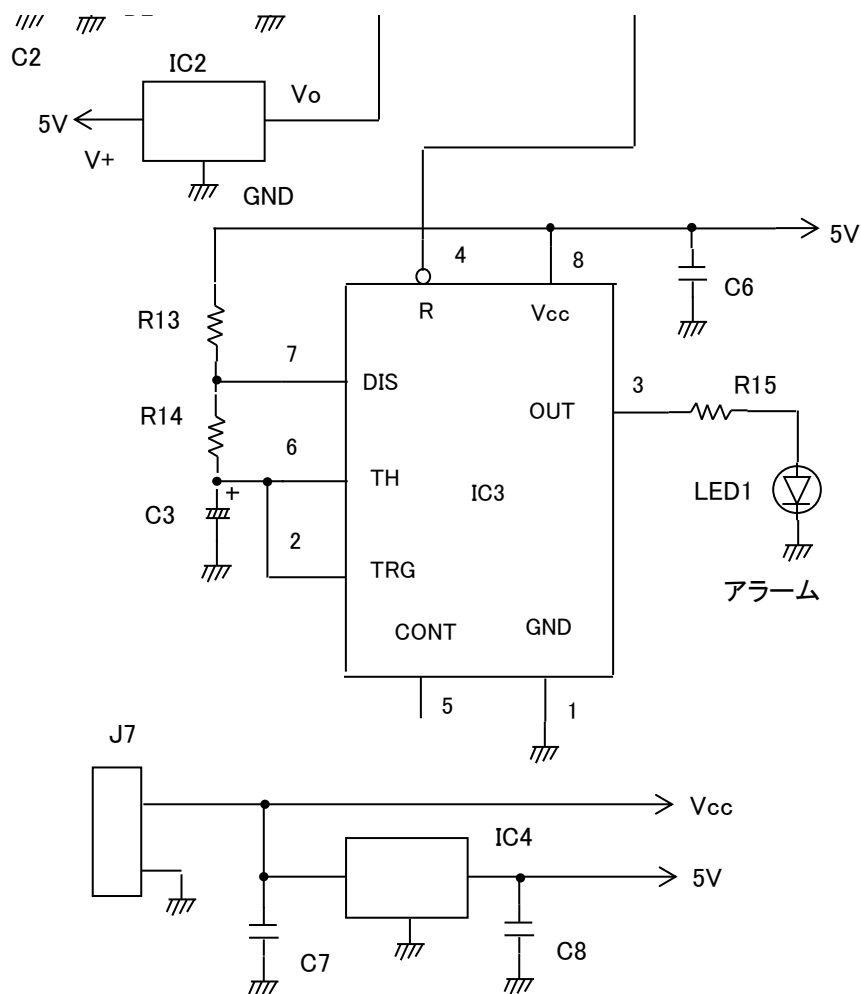


図7 回路図





★部品表

部品番号	品名	型番	メーカー	数量
C1,C2,C3	ケミコン 10μ F/25V	25YK10	Ruby-con	3
C4,C5,C6	セキセラ 0.1μ F/50V	CT4-0805B104K*10	Linkman	3
C7	セキセラ 0.47μ F/50V	CT4-0805Y474M*10	Linkman	1
C8	セキセラ 0.1μ F/50V	CT4-0805B104K*10	Linkman	1
D1,D2	基準電圧IC	TL431CLPE3	TI	2
F1	ヒューズ 1.5A(20mm)	FGMB125V1.5A	富士端子	1
IC1	オペアンプ	LMC6482AINNOPB	NS	1
IC2	アナログ温度センサ	LM19CIZNOPB	NS	1
IC3	タイマIC	LMC555CN-N	NS	1
IC4	3端子レギュレータ5V			1
J1	絶縁ターミナル	TM505アカ	MSK	1
J2,J3	絶縁ターミナル	TM505シロ	MSK	2
J4	絶縁ターミナル	TM505ミドリ	MSK	1
J5	絶縁ターミナル	TM505キ	MSK	1
J6	絶縁ターミナル	TM505クロ	MSK	1
J7	DCジャック	MJ14ROHS	マル信	1
LED1	Φ 3LED(赤)			1
Q1	FET	2SK2232(F)	東芝	1
R1,R8	カーボン抵抗 2.4K			2
R2	カーボン抵抗 22K			1

R3,R4	カーボン抵抗 1K			2
R5	カーボン抵抗 47K			1
R6	カーボン抵抗 10K			1
R7	2W 抵抗 1Ω	2WMOS(X)キンピR 1オーム	KOA	1
R9	カーボン抵抗 15K			1
R10,R11	カーボン抵抗 10K			2
R12	カーボン抵抗 470K			1
R13,R14	カーボン抵抗 47K			2
R15	カーボン抵抗 1K			1
VR1	φ 16ボリューム 1K,B	R1610N-QB1-B102	Linkman	1
VR2	φ 16ボリューム 20K,B	R1610N-QB1-B203	Linkman	1
XIC1	ICソケット丸ピン8P	21218NE	Linkman	1
XIC3	ICソケット丸ピン8P	21218NE	Linkman	1
XQ1	放熱器	T220N(55)-25ツイカコウ	水谷	1
XF1	ヒューズホルダ	MF525	マル信	1
	ユニバーサル基板	LUPCB-7247-NS	Linkman	1
	ケース	MB3	タカチ	1
	つまみ φ 16 黒	K10016RLB	サトー	1
	つまみ φ 22 黒	K10022RLB	サトー	1
	つまみキャップ緑	K10016CLG	サトー	1
	つまみキャップ青	K10022CLBL	サトー	1
	ゴム足	BP42	タカチ	4
	金属スペーサ、ビス類			1式

セキセラ、ゴム足の数量に注意

3端子レギュレータ(5V)はLDOタイプ。電流容量は100mAで可。

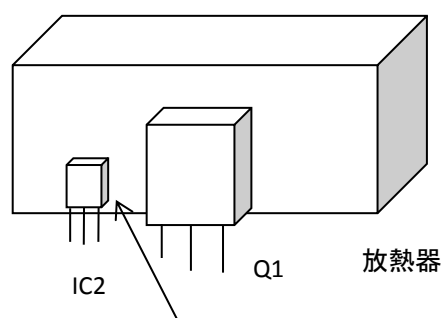
1Ω の抵抗は2Wタイプを用いたが、3Wタイプ以上が望ましい。

★製作

特に難しい部分はありませんが、IC2(温度センサ)は図10のように「固まる放熱用シリコーン」を用いて放熱器に固定します。この放熱用シリコーンは「ペースト状」ですが、時間経過により硬化し、部品固定されます。

サンハヤト
SCV22

図10 IC2の固定

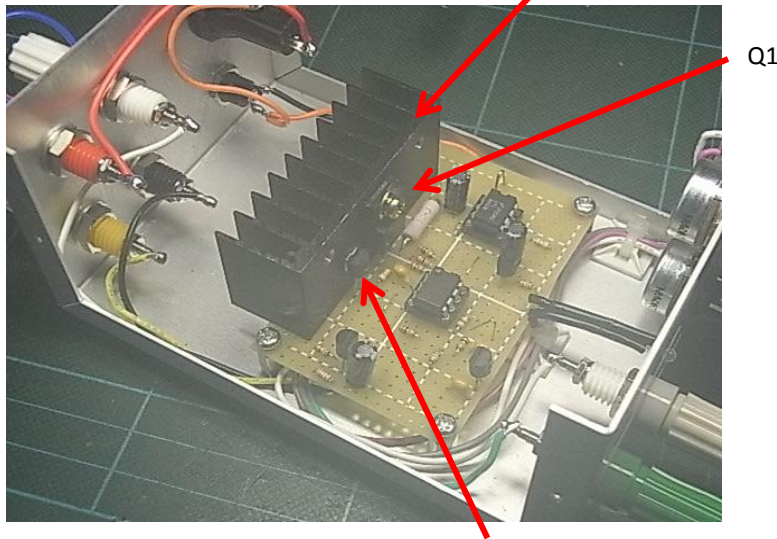


IC2は「固まる放熱用シリコーン」
を用いて放熱器に固定

写真2にケース内部の様子を示します。
ケースのカバーには放熱穴(通気穴)が必要です。

写真2 ケース内部の様子

放熱器



IC2
(温度センサ)

◎まとめ

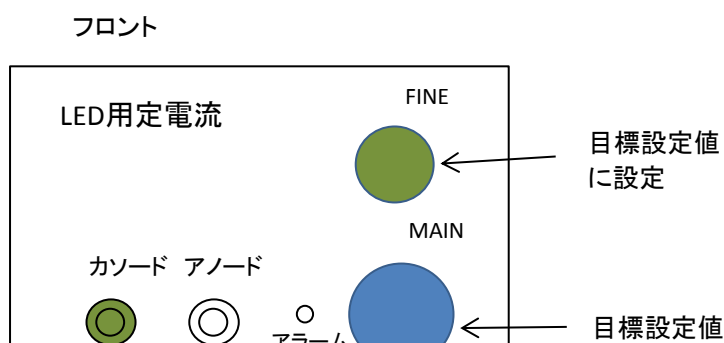
★操作方法

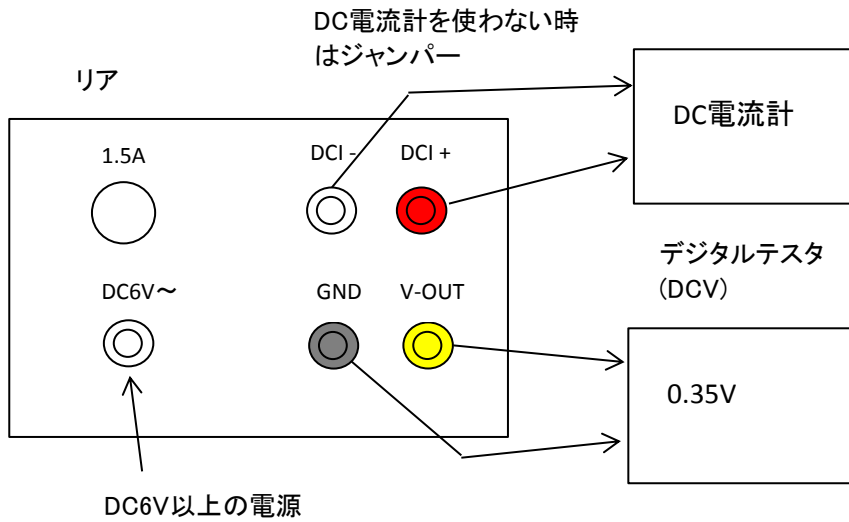
図11のようにMAINボリュームにて目標設定近くまで調整し、FINEボリュームにて目標値に設定します。

通常、電流値の測定(確認)はV-OUTのDC電圧を電流に換算することで十分です。

正確に測定したい場合は、「DCI-/DCI+」にDC電流計を接続します。

図11 操作方法





★FETの消費電力

FET(Q1)の消費電力は用いる電源電圧で異なり、
図12に各電源電圧における消費電力の計算例を示します。

この計算ではLEDの順電圧を3Vとしましたが、用いるパワーLEDおよび発光色で異なります。

今回の製作では小型の放熱器を用いましたので、この計算例のように電源電圧はなるべく必要最小電圧を用います。

参考としてFET表面の温度上昇値の実測結果を以下に示します。

$P_d = 3W \rightarrow \Delta 30^\circ C$
 $P_d = 4W \rightarrow \Delta 40^\circ C$
 $P_d = 5W \rightarrow \Delta 50^\circ C$

条件
 ケースカバーを外した状態

ケースカバーを取り付けた状態ではこの値よりさらに上昇しますが、4Wの消費までであればアラーム動作しないで使用できると思います。

アラームはFETの表面温度が80°C前後で動作しました。

大きな放熱器を用いれば、さらにFETで消費出来る電力は大きくなり、用いる電源電圧の範囲が広がりますので、電源電圧を気にしないで使い勝手の良いものになります。

最近のデジタルテスタは「熱電対による温度測定機能」があるものがありますので、温度測定にはこのようなテスタを用いると良いです。

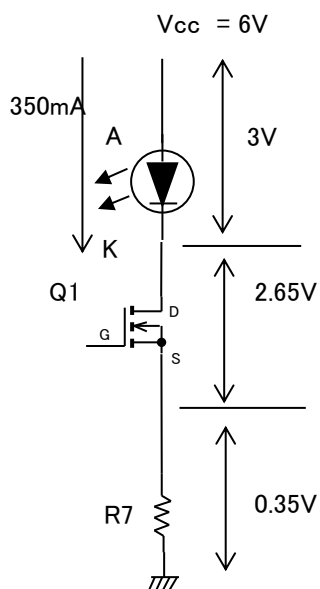
ちなみに、今回の温度測定には以下のデジタルテスタを用いました。

メーカー: Linkman

型番: [LDM-81D](#)

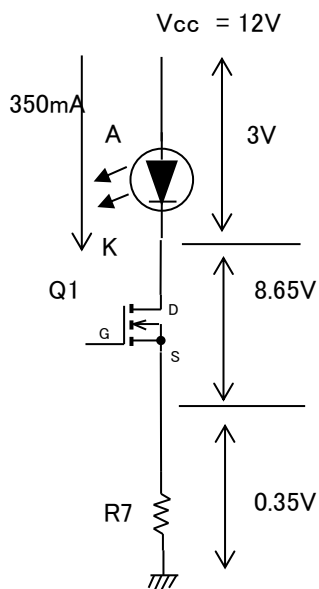
図12 FETの消費電力

a) LED1個 $V_{cc}=6V$



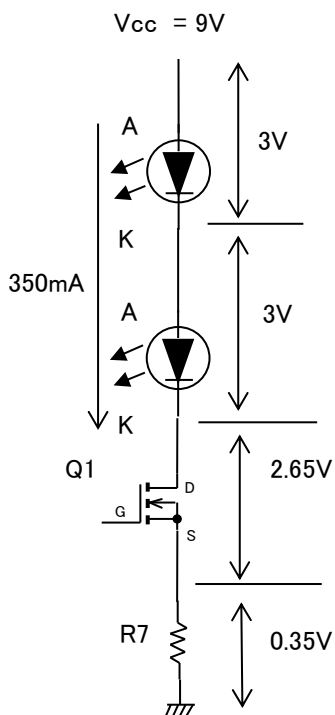
FETの消費電力
 $P_d = 2.65V \times 350mA = 0.9275W$

b) LED1個 $V_{cc}=12V$



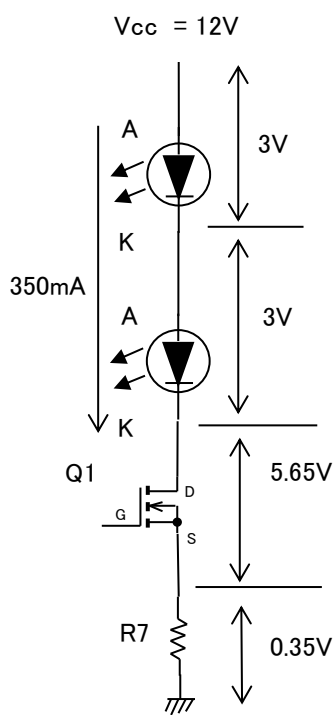
FETの消費電力
 $P_d = 8.65V \times 350mA = 3.0275W$

c) LED2個 $V_{cc}=9V$



FETの消費電力

c) LED2個 $V_{cc}=12V$



FETの消費電力

LEDの消費電力
 $P_d = 2.65V \times 350mA = 0.9275W$

LEDの消費電力
 $P_d = 5.65V \times 350mA = 1.9775W$

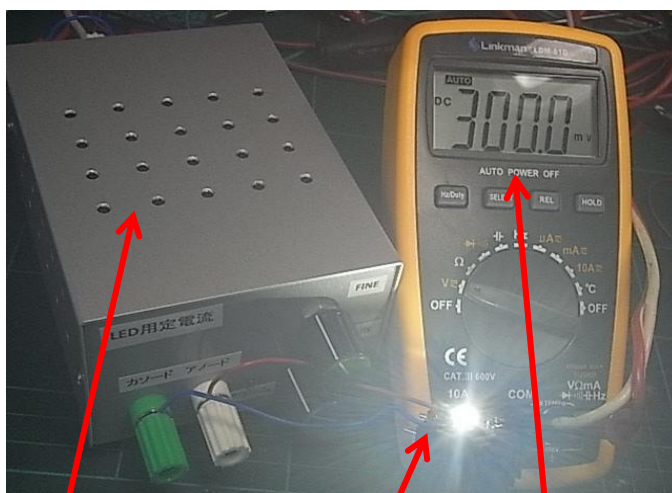
★使用感

MAINとFINEの2つのボリュームしたのは操作性が良く、FINEを用いれば10mA以下の設定も容易です。

電流値が大きいパワーLEDだけではなく、一般のLEDでの明るさチェックにも使えます。

これで、パワーLEDの実験に必要な環境(道具)が少し整いましたので、実際の応用に活用したいと思います。

写真3 使用風景



ケースカバーの上、左右には出来る限りの穴をあける

パワーLED

R7両端電圧(V-OUT)

300.0mVと表示つまり、300mA