

## 1. 保護回路

### (1) 正電圧三端子レギュレータ (図1)

#### (1-1) サーマルシャットダウン回路

サーマルシャットダウン回路は、チップの接合温度が異常に上昇 ( $T_j=150\sim 200^\circ\text{C}$ ) した時、出力電圧を遮断し温度を安全なレベルまで下げる回路です。

$Q_4$ は常温ではONしない程度にバイアスされており、温度上昇による  $V_{BE}$ の減少により高温時に  $Q_4$ がONし  $Q_6$ のベース電流を抜き去り、出力パストランジスタ ( $Q_6$ 、 $Q_7$ )を遮断します。

#### (1-2) 過電流保護回路

過電流保護回路は、出力パストランジスタを過電流 (出力短絡電流、過負荷電流) から保護する為、電流を制限する回路です。出力電流が増えると  $R_{10}$ の両端の電圧降下が増え、 $Q_5$ のベースエミッタ間電圧が増加し  $Q_5$ がONする。そして  $Q_6$ のベース電流及び  $Q_7$ のコレクタ電流 (出力電流) を制限します。

#### (1-3) 安全動作領域制御回路

安全動作領域制御回路は、入出力間電圧差が増加した時出力電流を低減し出力パストランジスタが安全動作領域を越えないようにする回路です。入出力間電圧差が、ツェナーダイオード  $D_2$ のブレークダウン電圧 ( $BV_z$ ) を越えると、 $V_{IN}\rightarrow R_7\rightarrow D_2\rightarrow R_9\rightarrow R_{10}\rightarrow V_{OUT}$ の経路で電流が流れます。その為  $V_{IN}-V_{OUT}$ 間の電位差が増すと  $Q_5$ のバイアスが深くなり ( $Q_5$ の  $V_{BE}$ が増加)、出力パストランジスタ  $Q_6$ のベース電流及び出力電流 ( $Q_7$ のコレクタ電流) が制限され、 $Q_7$ の消費電力が抑えられ、安全動作領域内の動作を確保します。

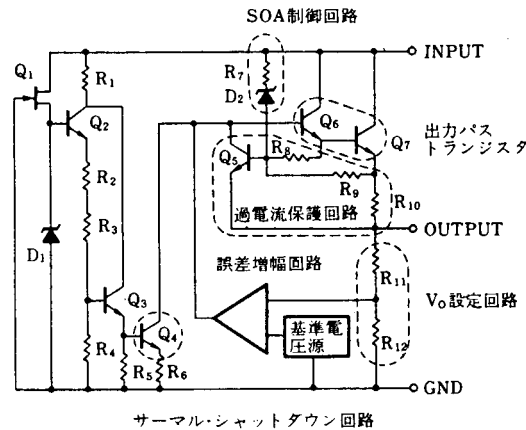


図1 NJM7800/78M00/78L00 シリーズ回路図

### (2) 負電圧三端子レギュレータ (図2)

#### (2-1) サーマルシャットダウン回路

サーマルシャットダウン回路は、チップの接合温度が異常に上昇 ( $T_j=150\sim 200^\circ\text{C}$ ) した時、出力電圧を遮断し温度を安全なレベルまで下げる回路です。

温度上昇により、 $Q_3$ の  $V_{BE}$ が減少し  $Q_5$ のベース電圧が上昇すると  $Q_5$ がONします。そして  $Q_5$ が  $Q_9$ のベース電流を抜き去り、出力パストランジスタ ( $Q_9$ 、 $Q_{11}$ 、 $Q_{12}$ )を遮断します。

#### (2-2) 過電流保護回路

過電流保護回路は、出力パストランジスタを過電流 (出力短絡電流、過負荷電流) から保護する為、電流を制御する回路です。出力電流が増えると  $R_{16}$ 両端の電圧降下が増え、 $Q_8$ のベースエミッタ間電圧が増加し  $Q_8$ 、 $Q_7$ がONします。そして  $Q_7$ が  $Q_9$ のベース電流及び  $Q_{12}$ のコレクタ電流 (出力電流) を制限します。

#### (2-3) 安全動作領域制御回路

安全動作領域制御回路は、入出力間電圧差が増加した時出力電流を低減し出力パストランジスタが安全動作領域を越えないようにする回路です。入出力間電圧差が、ツェナーダイオード  $D_3$ のブレークダウン電圧 ( $BV_z$ ) を越えると、 $COM\rightarrow Q_{10}\rightarrow D_3\rightarrow R_{12}\rightarrow R_{17}\rightarrow R_{16}\rightarrow V_{IN}$ の経路で電流が流れます。その為  $V_{OUT}-V_{IN}$ 間の電位差が増すと、 $Q_8$ のバイアスが深くなり ( $Q_8$ の  $V_{BE}$ が増加)、出力パストランジスタ  $Q_9$ のベース電流及び出力電流 ( $Q_{12}$ のコレクタ電流) が制限され、 $Q_{12}$ の消費電力が抑えられ、安全動作領域内の動作を確保します。

(注) 本説明は NJM7900/79M00 シリーズにのみ適用されます。NJM79L00 シリーズは図3になります。保護回路の構成や動作は NJM78L00 シリーズと同等とお考え下さい。

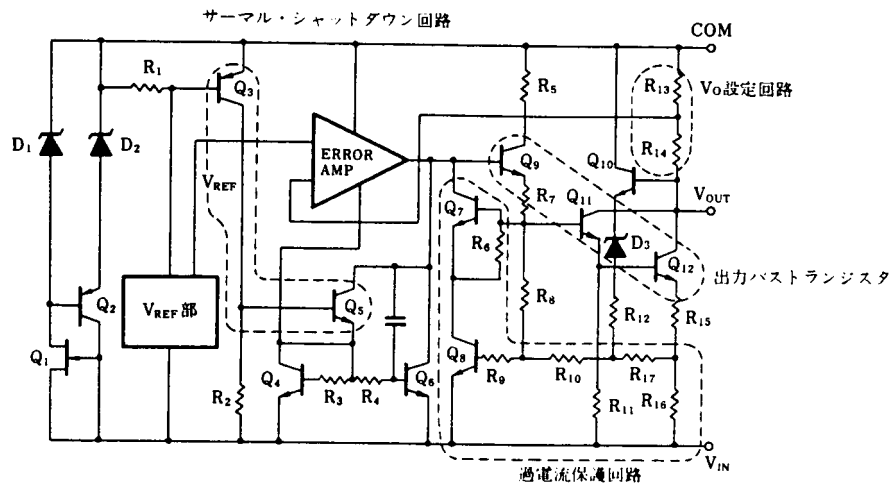


図2 NJM7900/79M00 シリーズ回路図

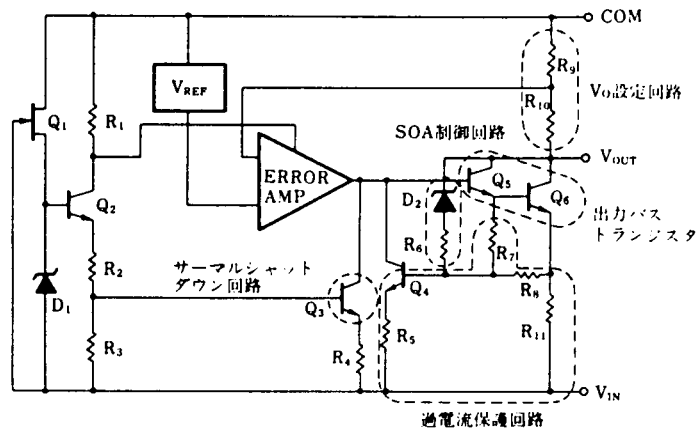
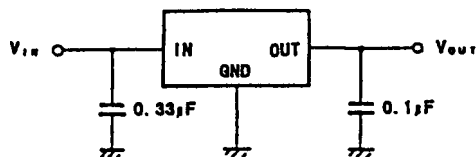


図3 NJM79L00 シリーズ回路図

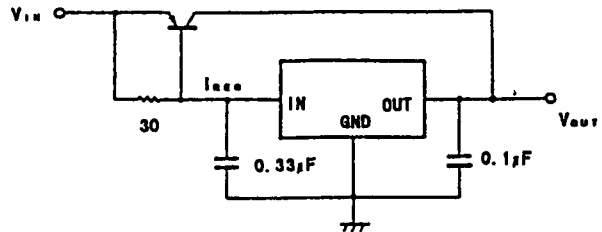
## 2. 応用回路 (78/78M/78L, 79/79M/79L)

下図の応用回路例は特に明記していない場合は、正電圧レギュレータについて記載しています。  
負電圧レギュレータについては簡単な変更で適用できます。

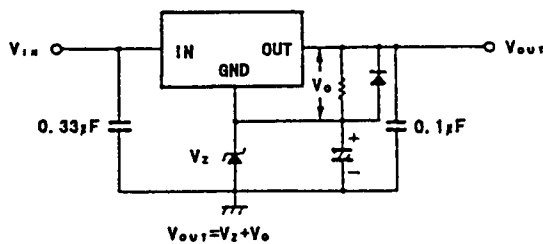
標準応用回路例



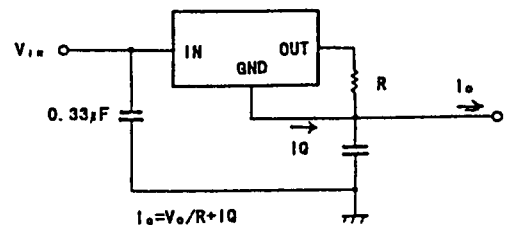
電流ブースト回路例 (短絡保護なし)



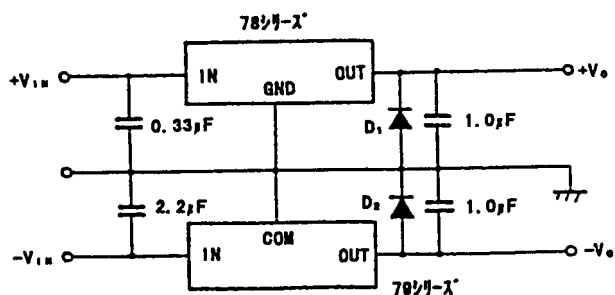
出力電圧ブースト回路例



定電流回路例



正・負電源

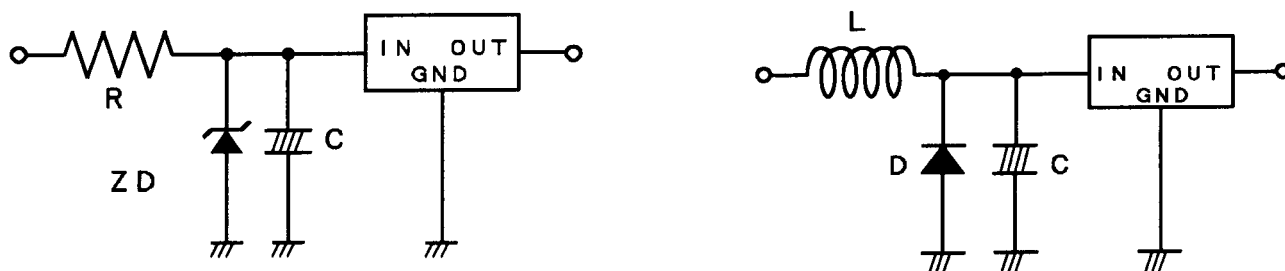


(注) 正・負電源でご使用の場合は、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>を必ず挿入して下さい。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>はV<sub>F</sub>の低いもの(ショットキーダイオード等)を御使用下さい。挿入しない場合、電源立ち上がり時ラッチダウン(片電源の出力が立ち上がらない)が発生する可能性があります。

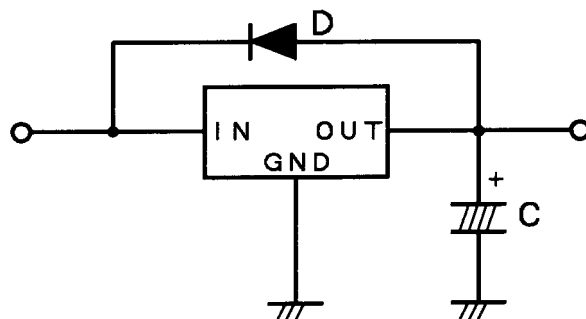
# 三端子レギュレータについて

## 3. 注意事項

- (1) 入力端子に定格を越える高い電圧、あるいは GND 端子よりも 0.5V 以上低い電圧が印加されると、素子を破壊する恐れがあります。下図の様にツェナーダイオード等による、サージサプレッサを回路に付加して下さい。



- (2) 出力端子に入力端子の印加電圧以上の電圧が印加されると、素子破壊する恐れがあります。出力端子に大容量のコンデンサを接続した回路構成の場合、入力端子の GND へのショートまたは、電源 OFF によりコンデンサ電圧の出力端子への印加を防ぐ為、下図の様に SBD を付加して下さい。



\* 負電源の場合は、SBD の向きが逆となります。

## 4. パッケージ

### (1) SOT-89 パッケージ

SOT-89 は、小電力三端子レギュレータ用パッケージで面実装に適しています。

#### (1-1) 特徴

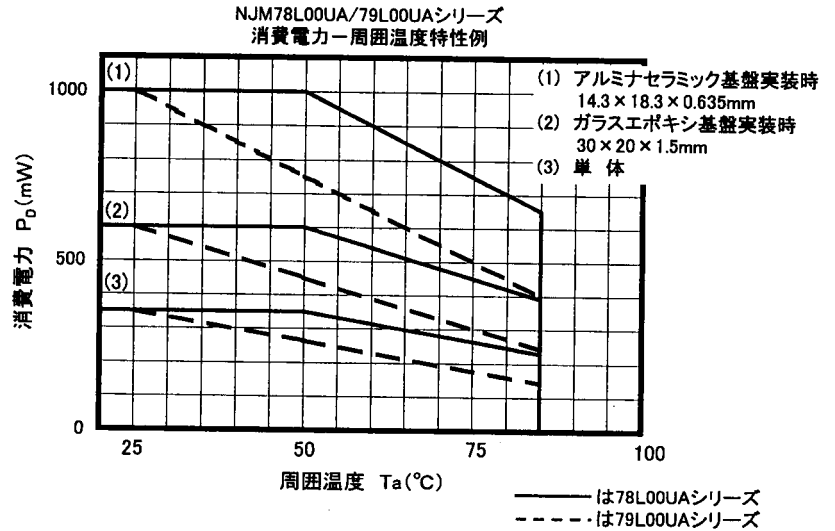
- ①超小型
- ②表面実装ができる。
- ③自動搭載機で使用できる。

#### (1-2) 構造

別冊「IC パッケージ」データブックを参照願います。

#### (1-3) 製品群

- ・ NJM78L00UA/79L00UA シリーズ
- ・ NJM431U
- ・ NJU7201/7221U シリーズ
- ・ NJU7202U/7222U シリーズ
- ・ NJU7211U シリーズ
- ・ NJU7212U シリーズ



### (2) TO-220F パッケージ

TO-220F は TO-220 の素子放熱フィンを高熱伝導度のエポキシ樹脂で被覆した全面被覆型の中、高電力三端子レギュレータ用パッケージです。

#### (2-1) 特徴

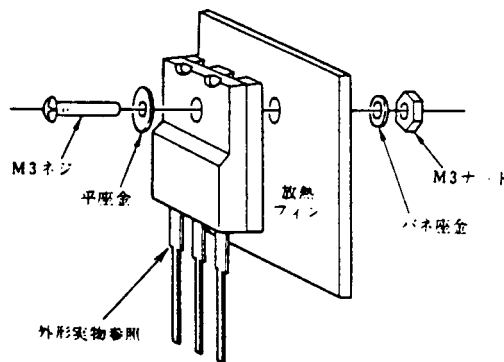
- ①絶縁板が不要となる。
- ②TO-220 パッケージより単独使用時の許容損失が向上する。
- ③高密度実装が可能

#### (2-2) 構造

別冊「IC パッケージ」データブックを参照願います。

#### (2-3) 実装方法

下図を御参照下さい。



#### (2-4) 締め付けトルク推奨値

締め付けトルク推奨値  $\leq 0.6\text{N}\cdot\text{m}$

# 三端子レギュレータについて

## (3-1) 製品群

製品名	出力電圧 [V]	正負	出力電流 [A]
NJM78M00FA シリーズ	5,6,8,9,12 15,18,20,24	正	0.5
NJM7800FA シリーズ	5,6,8,9,12 15,18,20,24	正	1
NJM79M00FA シリーズ	5,6,8,9,12 15,18,24	負	0.5
NJM7900FA シリーズ	5,6,8,9,12 15,18,24	負	1

## 5. 放熱設計

IC は、IC 自身の消費電力（内部損失）によって発熱し、その発熱量が許容値を超えると破壊されます。そこで発熱を抑えるか、効率のよい放熱を考えること（放熱設計）が必要となります。

放熱設計では、適切な外部放熱器、入力電圧、出力電流を決定する必要があります。

### (1) 発熱

三端子レギュレータの発熱には次の2つ ( $P_{LOSS-1}$ 、 $P_{LOSS-2}$ ) があり、その合計が IC 全体の発熱 ( $P_{LOSS}$ ) となります。

#### (1-1) $P_{LOSS-1}$ : IC 固有の発熱

入力電圧と無効電流によって発生する熱で、次式で表されます。

$$P_{LOSS-1} = V_{IN} \times I_Q \text{ (W)}$$

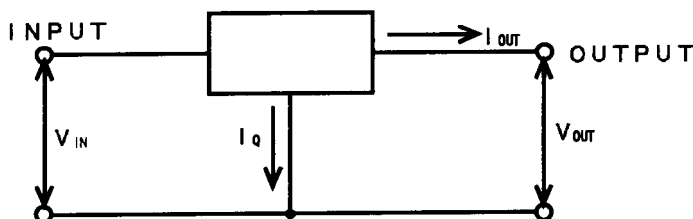


図 1

#### (1-2) $P_{LOSS-2}$ : 出力電流と入出力間電位差により発生する熱

三端子レギュレータの内部パワートランジスタ部で発生する熱で、次式で表されます。

$$P_{LOSS-2} = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \text{ (W)}$$

従って、三端子レギュレータ全体の発熱  $P_{LOSS}$  は

$$P_{LOSS} = P_{LOSS-1} + P_{LOSS-2} \\ = V_{IN} \times I_Q + (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \text{ (W)} \text{ となります。}$$

### (2) 熱抵抗について

#### (2-1) 熱抵抗 : $\theta$

熱抵抗は放熱のしやすさを表す度合いで次式で表されます。

$$\theta = (T_1 - T_2) / P \text{ (}^\circ\text{C/W)}$$

熱源の発熱量 :  $P$  (W)

周囲温度 :  $T_2$  ( $^\circ\text{C}$ )

熱源温度 :  $T_1$  ( $^\circ\text{C}$ )

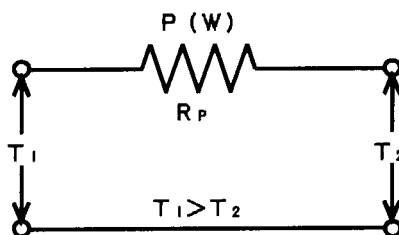


図 2

## (2-2) TO-220 型パッケージの熱抵抗

外部放熱器を使用する場合 ( $\theta_{jc}$ ) と使用しない場合 ( $\theta_{ja}$ ) の2種類の熱抵抗があり使い分けます。

- $\theta_{jc}$  : IC 接合部 - パッケージ裏面 (外部放熱器接触面) 間熱抵抗
- $\theta_{ja}$  : IC 接合部 - 外部雰囲気間熱抵抗

## (2-3) TO-92 型パッケージの熱抵抗

TO-92 は放熱器を取り付けない為、放熱設計時の熱抵抗は上記  $\theta_{ja}$  を使用し、その測定方法は下記の2種類があります。

### ① 周囲温度-消費電力特性データより求める。

周囲温度-消費電力特性データにおいて周囲温度の変化量 ( $\Delta T_a$ ) と消費電力の変化量 ( $\Delta P_D$ ) の比で計算され、この傾きを熱低減カーブと呼びます。

熱低減カーブの始まる温度は通常 25°C ですが、50°C のものもあります。

$$\theta_{ja} = \Delta T_a / \Delta P_D \text{ (}^\circ\text{C/W)}$$

### ② 最大定格の項目から求める。

消費電力  $P_D$  ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ ) の値と最大ジャンクション温度  $T_{jmax}$  (保存温度の最高値 125°C を使う) を用いて次式で計算します。

$$\theta_{ja} = (T_{jmax} - T_a) / P_D \text{ (}^\circ\text{C/W)} \quad T_a = 25^\circ\text{C}$$

注) 本項目は、 $T_a = 25^\circ\text{C}$  より熱低減されている仕様のものにものみ適応できる。

代表的な標準抵抗値

熱抵抗	TO-220	TO-220F	TO-92	単位
$\theta_{ja}$	70	60	200	$^\circ\text{C/W}$
$\theta_{jc}$	5	5	-	$^\circ\text{C/W}$

## (3) 放熱バランス

IC チップで発熱した熱量は、パッケージ及び外部放熱器を通して外部に放熱されます。放熱量は発熱部温度と外部温度と熱抵抗で決まります (放熱バランス)。

### (3-1) TO-220+外部放熱器

TO-220 パッケージに外部放熱器を取り付けた時の、放熱状態モデルを下図に示します。

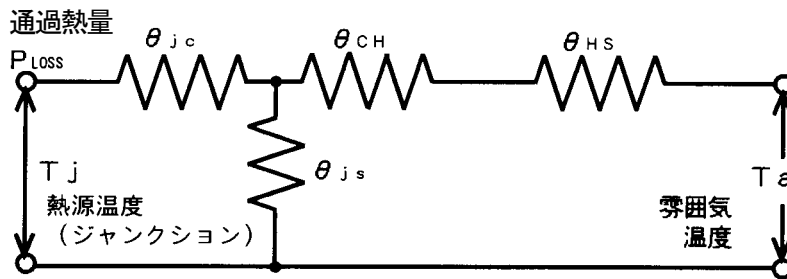


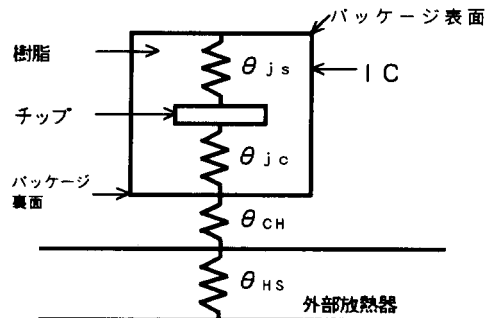
図3

ここで  $\theta_{jc}$  : IC 接合部-パッケージ裏面 (外部放熱器接触面) 間熱抵抗

$\theta_{js}$  : IC 接合部-パッケージ裏面間熱抵抗

$\theta_{ch}$  : IC-外部放熱器間熱抵抗 (絶縁板・シリコングリスの有無・締め付けトルクの条件を含む)

$\theta_{hs}$  : 外部放熱器の熱抵抗



# 三端子レギュレータについて

$\theta_{js}$  が他の熱抵抗に比べて十分大きい場合には、 $\theta_{js}$  を省略でき放熱状態モデルは下図となり通過熱量と温度との関係は  $T_j = P_{LOSS} \times (\theta_{jc} + \theta_{CH} + \theta_{HS}) + T_a$  でバランスします。

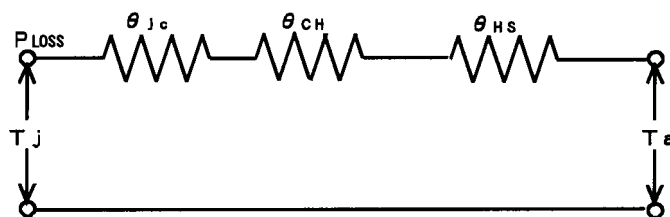


図 4

## (3-2) TO-92

TO-92 パッケージを使用した場合の放熱状態モデルを、下図に示します。通過熱量と温度との関係は  $T_j = P_{LOSS} \times \theta_{ja} + T_a$  でバランスします。

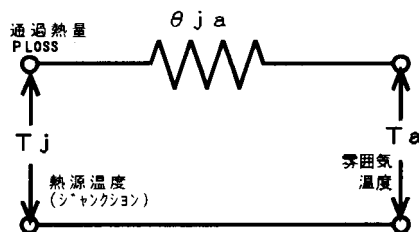


図 5

## (4) 放熱設計

TO-220 型パッケージに外部放熱器を取り付けた場合を例に、放熱設計を考えてみます。

放熱状態バランス

$$T_j = P_{LOSS} \times (\theta_{jc} + \theta_{CH} + \theta_{HS}) + T_a \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (4-1)$$

$$P_{LOSS} = V_{IN} \times I_Q + (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \text{ (W)} \quad (4-2)$$

(4-1)式に(4-2)式を代入すると

$$T_j = [V_{IN} \times I_Q + (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT}] \times (\theta_{jc} + \theta_{CH} + \theta_{HS}) + T_a \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (4-3)$$

となります。

この中で使用条件で決まる項は  $V_{IN}$ 、 $I_{OUT}$ 、 $\theta_{CH}$ 、 $\theta_{HS}$ 、 $T_a$

IC の規格で決まる項は  $T_j$ 、 $I_Q$ 、 $I_Q$ 、 $V_{OUT}$ 、 $\theta_{jc}$  です。

$\theta_{CH}$  は、IC と外部放熱器間の熱抵抗で、絶縁用マイカ (0.1t) と熱伝導性シリコングリスを用いた場合には 0.3~0.4 ( $^\circ\text{C}/\text{W}$ ) 程度になります。(取り付けネジの締め付けトルクは、4 kg·cm·min)

$T_j$  は、最大定格の 125 $^\circ\text{C}$  を用い、 $I_Q$  は 5~6 mA (max) を用いると

$$125 = [5 \times V_{IN} + (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT}] \times (5 + 0.3 + \theta_{HS}) + T_a \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (4-4)$$

となり、 $V_{OUT}$  を固定すると

(4-4)式は  $V_{IN}$ 、 $I_{OUT}$ 、 $\theta_{HS}$  と  $T_a$  の関数となります。

このことは、発熱を抑えるには、 $V_{IN}$  と  $I_{OUT}$  を低くする。

放熱効果をよくするには、 $\theta_{HS}$  を小さくする (外部放熱器を大きくする等) との結論になります。

回路条件から  $V_{IN}$  と  $I_{OUT}$  が定めれば、周囲温度  $T_a$  に対する適切な  $\theta_{HS}$ 、則ち外部放熱器を選定することが放熱設計の最大のポイントとなります。

## (5) 外部放熱器について

外部放熱器の放熱設計には、その材質、表面積/体積、厚み、表面処理、放熱フィン構造、水平取り付けか垂直取り付けか等を考慮する必要があります。

詳しくは、ヒートシンク製造メーカーの発表している、熱抵抗値を参考にしてください。