

# ディスクリート半導体の 温度算出方法

## 概要

本資料はディスクリート半導体の温度の算出方法について述べたものです。

## 目次

概要 .....	1
目次 .....	2
1. はじめに .....	3
2. 動作波形の取得 .....	3
3. 一定のデューティ比で動作をしている波形のチャンネル温度の算出 .....	4
3.1. チャンネル温度算出方法 .....	4
3.2. 導通損失期間の温度上昇の算出 .....	5
3.2.1. オン抵抗の算出 .....	5
3.2.2. 損失の算出 .....	6
3.2.3. 電流導通時の温度上昇の算出 .....	7
3.3. ターンオン時の温度上昇の算出 .....	8
3.4. ターンオフ時の温度上昇の算出 .....	10
3.5. 最大チャンネル温度の算出 .....	11
4. 断続的に規則的な連続繰り返し動作波形のチャンネル温度の算出 .....	11
5. 動作波形の取得 .....	12
5.1. 電圧プローブの使用方法 .....	12
5.2. 電流プローブ、カレントトランスの使用方法 .....	13
6. 補足 .....	15
製品取り扱い上のお願い .....	16

### 1. はじめに

ディスクリート半導体はさまざまな条件や環境で使用されます。とくに、パワー半導体においては扱う電力が大きく、素子の発熱によって破壊や短寿命を招く恐れがあるため、温度は最も重要なパラメータです。本資料では MOSFET を例に挙げ、実測した動作波形からチャンネル温度の算出方法を説明します。なお、同様の手法にて MOSFET 以外のディスクリート半導体の温度算出も可能です。

### 2. 動作波形の取得

本資料では、例として図 2.1 のようなバックコンバータのハイサイド MOSFET の動作波形からチャンネル温度の求め方を説明します。損失を求めるために図 2.2 から図 2.5 のような MOSFET のドレイン・ソース間電圧 ( $V_{DS}$ ) とドレイン電流 ( $I_D$ ) の波形を取得します。この時、図 2.2 のように MOSFET の動作周期を確認するため、オシロスコープの画面には 1 ~ 2 周期の波形が表示されるように時間軸を調整します。図 2.3 では MOSFET の導通損失を算出するためにドレイン電流波形を拡大して取得しています。また、MOSFET のスイッチングロスを求めるため、図 2.4 と図 2.5 のように損失が発生する期間 ( $V_{DS}$  と  $I_D$  が重なり合う期間) をできるだけ拡大して波形を取得するようにします。また、同時に周囲温度 ( $T_a$ ) も測定しておきます。

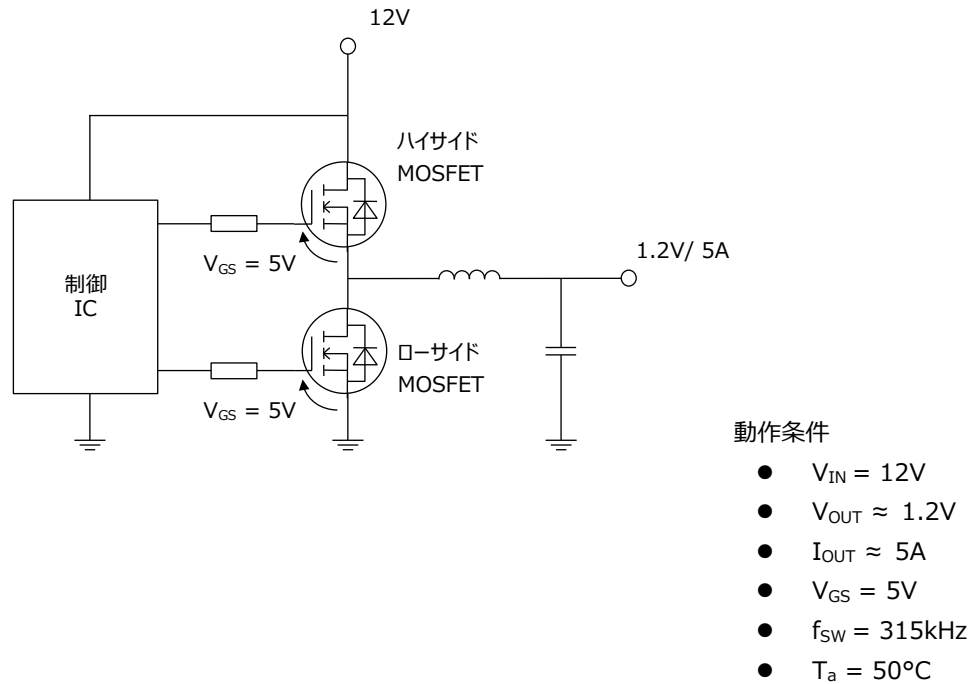


図 2.1 バックコンバータ回路例

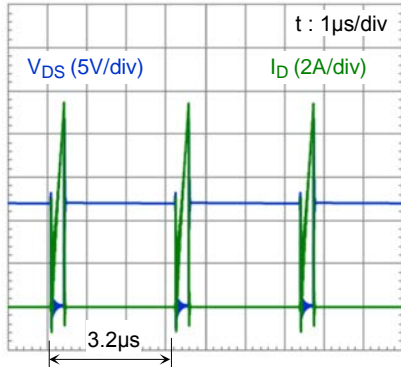


図 2.2 全体スイッチング波形 (波形 1)

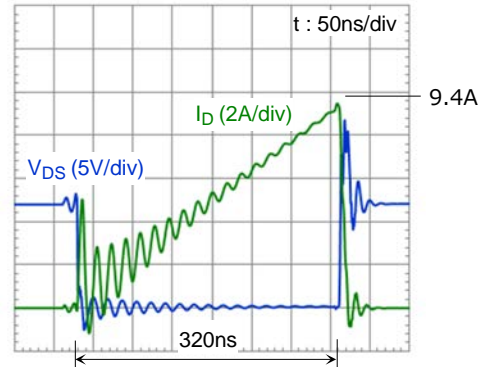


図 2.3 ドレイン電流波形 (波形 2)

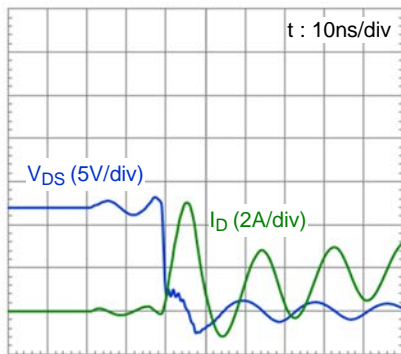


図 2.4 ターンオン波形 (波形 3)

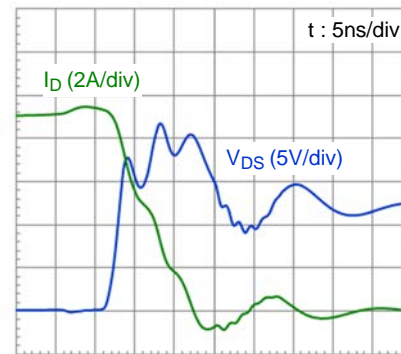


図 2.5 ターンオフ波形 (波形 4)

\*上記波形をはじめ、本資料で使用している図はイメージ図です。

### 3. 一定のデューティ比で動作をしている波形のチャネル温度の算出

#### 3.1. チャネル温度算出方法

図 3.1 のような周期  $T$  の連続パルスの損失が印加された場合、熱的安定状態において  $T_{ch(max)}$  は (3-1) 式で与えられます。

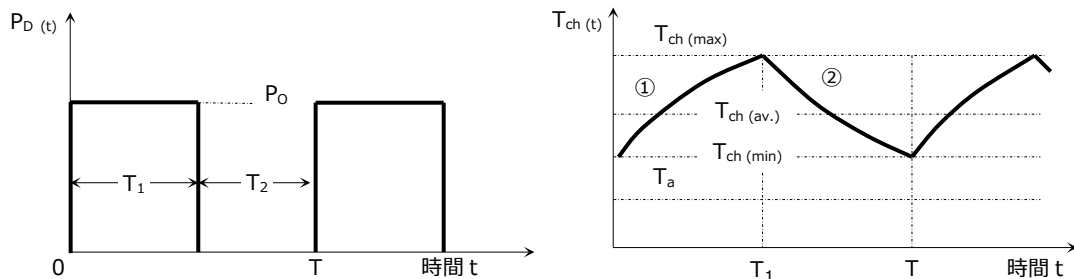


図 3.1 パルスが印加された場合の温度変化

$$T_{ch(max)} = P_O \cdot \left[ \frac{T_1}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left( 1 - \frac{T_1}{T} \right) \cdot r_{th}(T + T_1) - r_{th}(T) + r_{th}(T_1) \right] + T_a \quad \dots (3-1)$$

しかしながら、通常の損失波形は方形波になることはまれであり、損失波形を図 3.2 のように方形波に近似して、( 3-1 ) 式により  $T_{ch(max)}$  を算出することができます。

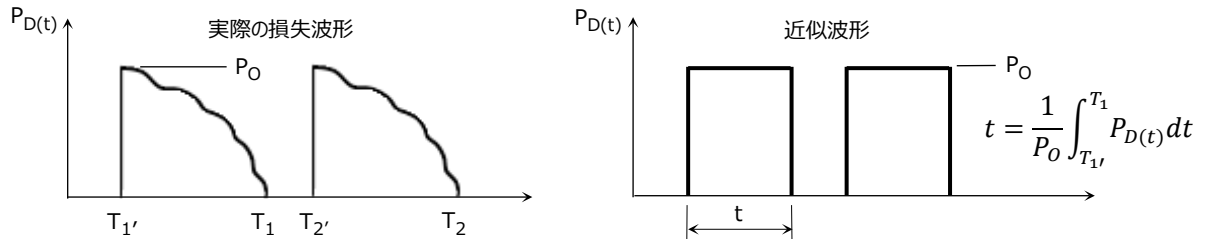


図 3.2 損失波形の近似

取得した動作波形を方形波に変換する場合、正確には積分しなければなりません、変換元の波形が正弦波や三角波の場合は下記のように近似する場合があります。

図 3.3 における ( a )、( b ) は波高値を  $0.7P_D$  としてパルス幅を  $0.91t$ 、 $0.71t$  とします。(面積が同一)  
( c )、( d ) の場合はピーク損失を同一としてパルス幅を  $0.63t$ 、 $t / 2$  で近似した例です。(面積が同一)

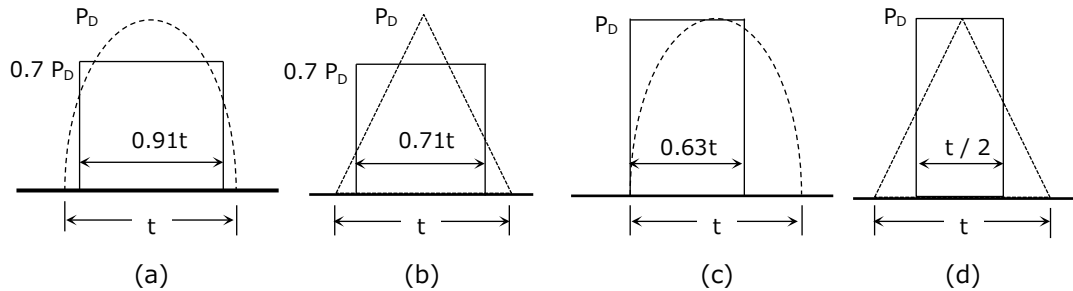


図 3.3 近似波形

### 3.2. 導通損失期間の温度上昇の算出

#### 3.2.1. オン抵抗の算出

オン抵抗は正の温度係数を有しているため温度算出の際には、データシートに記載された値を用いて  $T_{ch} = 150^\circ\text{C}$  (絶対最大定格) 時のオン抵抗の最大値を ( 3-2 ) 式から求めます。

$$R_{DS(ON)(max)} = R_{DS(ON)max@25^\circ\text{C}} \cdot \frac{R_{DS(ON)typ.@150^\circ\text{C}}}{R_{DS(ON)typ.@25^\circ\text{C}}} \cdot Margin \quad \dots (3-2)$$

ハイサイド MOSFET のデータシートに記載されている表 3.1 から、もっとも動作条件に近い値を読み取り ( 3-2 ) 式に代入します。ここで、図 2.1 の回路では  $V_{GS} = 5\text{V}$  にてゲート駆動をしており、図 2.3 でピークドレイン電流は  $9.4\text{A}$  となっていますが、図 3.4 の  $V_{DS} - V_{GS}$  特性から  $V_{GS} = 4.5\text{V}$  に対して  $5\text{V}$  では  $R_{DS(ON)}$  は約  $1\text{m}\Omega$  小さくなるため、図 3.5 の特性グラフで  $V_{GS} = 4.5\text{V} / I_D = 10\text{A}$  のラインから読み取った値に、この  $R_{DS(ON)}$  の差分を考慮してオン抵抗を算出します。なお、( 3-3 ) 式では読み取ったオン抵抗に 10% のマージンを考慮しています。

$$R_{DS(ON)max} = \left( 0.016 \times \frac{0.018}{0.0126} - 0.001 \right) \times 1.1 \quad \dots (3-3)$$

$$\approx 0.0240 (\Omega)$$

表 3.1 ハイサイド MOSFET のオン抵抗規格

( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

Characteristics	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Drain-source on-resistance	$R_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 4.5\text{V}, I_D = 5\text{A}$	—	12.6	16	m $\Omega$
		$V_{GS} = 10\text{V}, I_D = 5.5\text{A}$	—	9.4	11	

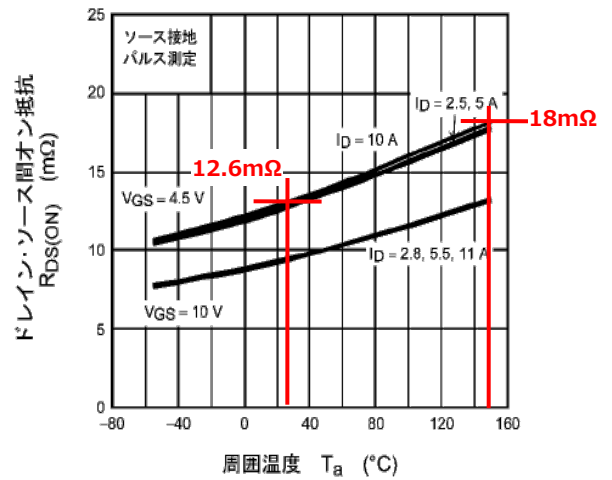
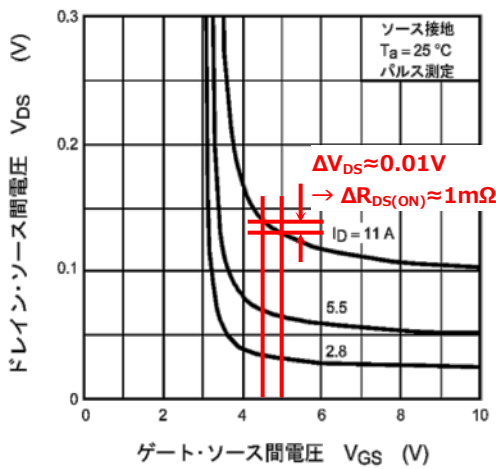


図 3.4 ハイサイド MOSFET の  $V_{DS} - V_{GS}$  特性

図 3.5 ハイサイド MOSFET の  $R_{DS(ON)} - T_a$  特性

### 3.2.2. 損失の算出

図 2.3 の波形と (3-3) 式で求めたオン抵抗から導通期間のピーク損失は、(3-4) 式で求められます。

$$P_{o\ peak} = I_D^2 \cdot R_{DS(ON)\ (max)}$$

$$= 9.4^2 \times 0.0240$$

$$\approx 2.12\ (W) \quad \dots (3-4)$$

この損失波形を三角波と仮定し、図 3.3 (b) の近似方法を用いて方形波に近似します。

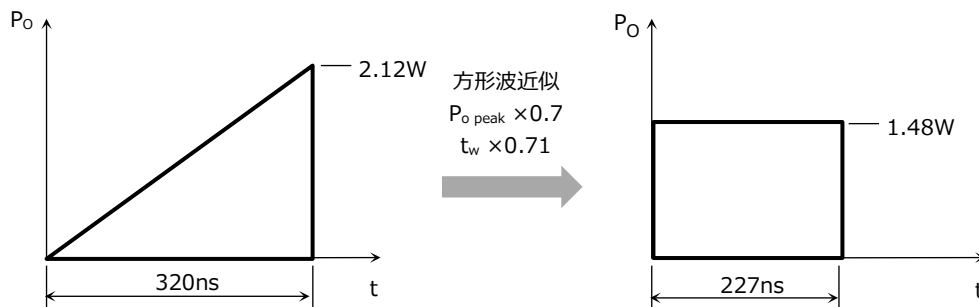


図 3.6 導通期間損失の方形波近似

### 3.2.3. 電流導通時の温度上昇の算出

図 3.7 のデータシートに記載されている過渡熱インピーダンスデータより、周期とパルス幅での値を読み取ります。通常、 $t_w = 100\mu s$  より短いパルス幅の過渡熱インピーダンスは両対数グラフ上で直線近似を行って求めますが、本製品のデータシートには  $t_w = 100\mu s$  までの値しか記載されていないため、これより短いパルス幅の過渡熱インピーダンスは ( 3-5 ) 式を用いて近似します。

$$r_{th}(t_{w1}) = r_{th}(t_{w2}) \cdot \sqrt{\frac{t_{w1}}{t_{w2}}} \quad \dots (3-5)$$

- $t_{w1}$  : 過渡熱インピーダンスを求めたいパルス幅
- $t_{w2}$  : データシート記載の最小パルス幅
- $r_{th}(t_{w1})$  : 求めたいパルス幅  $t_{w1}$  での過渡熱インピーダンス
- $r_{th}(t_{w2})$  : データシート記載の最小パルス幅  $t_{w2}$  での過渡熱インピーダンス

注記： 過渡熱インピーダンス記号は  $Z_{th}$  で表すこともあります

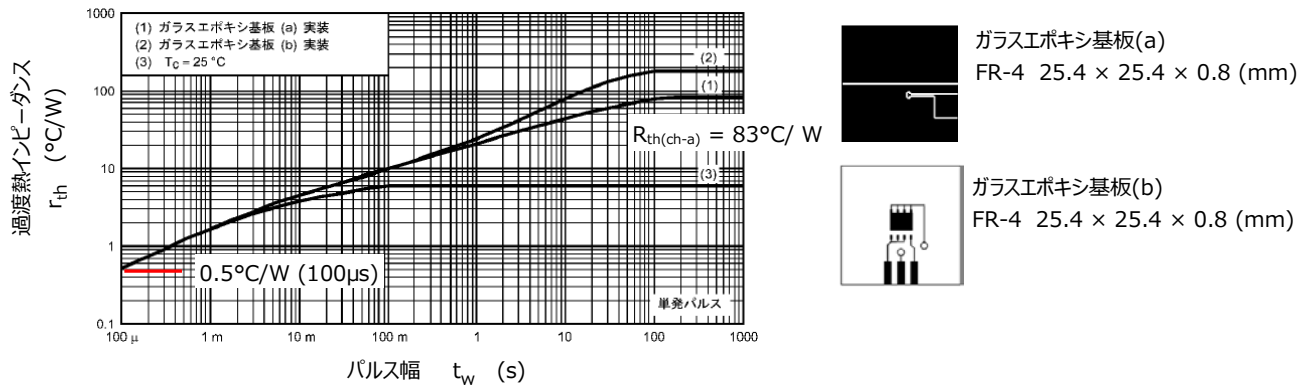


図 3.7 ハイサイド MOSFET の過渡熱インピーダンス特性

周期  $3.2\mu s$  の過渡熱インピーダンスは ( 3-6 ) 式のように求められます。同様に、図 3.6 で近似した導通期間のパルス幅の過渡熱インピーダンスを算出してまとめると、表 2 のようになります。

$$\begin{aligned} r_{th}(3.2\mu s) &= r_{th}(100\mu s) \cdot \sqrt{\frac{3.2 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-6}}} \\ &= 0.5 \times \sqrt{\frac{3.2 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-6}}} \\ &\approx 0.089 (\text{°C/W}) \quad \dots (3-6) \end{aligned}$$

表 3.2 導通期間の過渡熱インピーダンス

	パルス幅	過渡熱インピーダンス(°C/W)
$r_{th}(100\mu s)$	100 $\mu s$	0.5
$r_{th}(T)$	3.2 $\mu s$	0.089
$r_{th}(T_1)$	227ns	0.024
$r_{th}(T+T_1)$	3.427 $\mu s$	0.093

ここで、MOSFETが図 3.7 のガラスエポキシ基板(a)基板に実装されていると仮定し、以上のデータを( 3-1 )式に代入することで導通期間のチャンネル温度上昇が求められます。

$$\begin{aligned} \Delta T_{ch(cond.)} &= P_{o_{peak}} \cdot \left[ \frac{T_1}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left( 1 - \frac{T_1}{T} \right) \cdot r_{th}(T + T_1) - r_{th}(T) + r_{th}(T_1) \right] \\ &= 1.48 \times \left[ \frac{227 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \times 83 + \left( 1 - \frac{227 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \right) \times 0.093 - 0.089 + 0.024 \right] \\ &\approx 8.7 \text{ (}^\circ\text{C)} \end{aligned} \quad \dots (3-7)$$

### 3.3. ターンオン時の温度上昇の算出

図 2.4 で  $V_{DS}$  と  $I_D$  が重なりあう部分( 図 3.8 の黄色の部分 )の損失をグラフ画像の数値化ソフトやオシロスコープのデータ取得ソフトなどを使い、図 3.9 のようにターンオン時の損失波形を作成します。

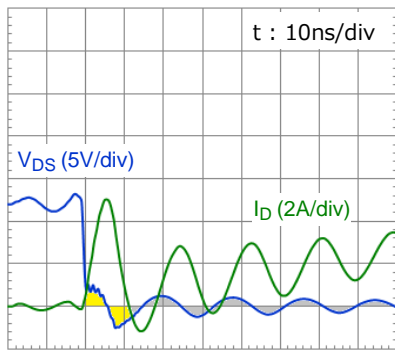


図 3.8 ターンオン波形

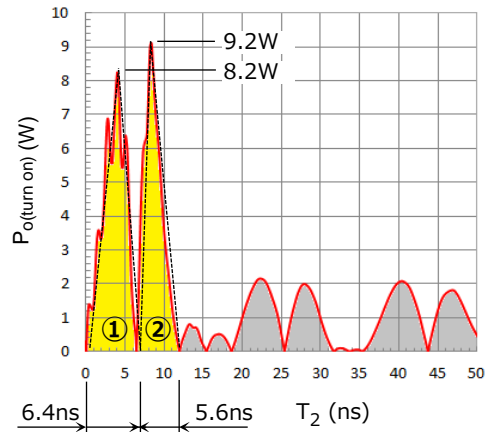


図 3.9 ターンオン時の損失波形

※ : グレーで囲まれた部分も損失が発生していますが、黄色で囲まれた部分に比べて損失が小さいために今回の算出では、この部分の損失は無視します。

①、②の損失波形も三角波として方形波に近似し、それぞれの過渡熱インピーダンスを求め、( 3-8 )( 3-9 )式よりターンオン期間の温度上昇を算出します。

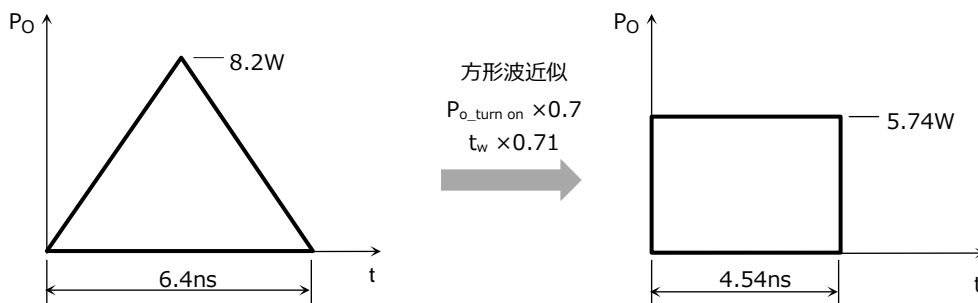


図 3.10 ターンオン期間損失(①)の方形波近似



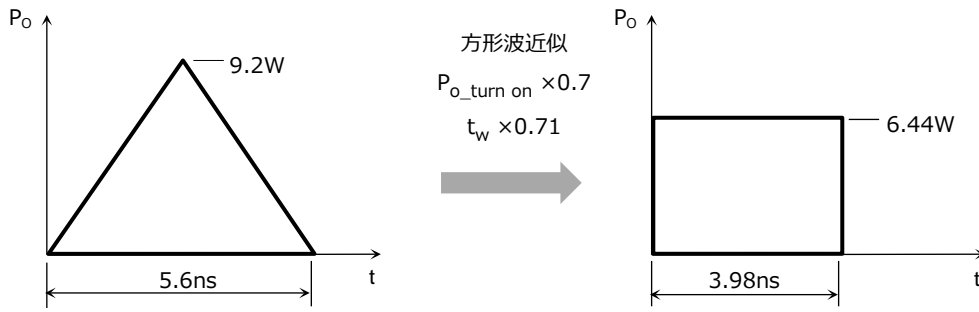


図 3.11 ターンオン期間損失(②)の方形波近似

表 3.3 ターンオン期間の過渡熱インピーダンス

		パルス幅	過渡熱インピーダンス(°C/W)
①	$r_{th}(T)$	3.2μs	0.089
	$r_{th}(T_2')$	4.54ns	0.003
	$r_{th}(T+T_2')$	3.204μs	0.090
②	$r_{th}(T)$	3.2μs	0.089
	$r_{th}(T_2'')$	3.98ns	0.003
	$r_{th}(T+T_2'')$	3.204μs	0.089

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{ch(turn\ on\ ①)} &= P_{o(turn\ on\ ①)} \cdot \left[ \frac{T_2'}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left( 1 - \frac{T_2'}{T} \right) \cdot r_{th}(T + T_2') - r_{th}(T) + r_{th}(T_2') \right] \\
 &= 5.74 \times \left[ \frac{4.54 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \times 83 + \left( 1 - \frac{4.54 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \right) \times 0.090 - 0.089 + 0.003 \right] \\
 &\approx 0.7\ (^{\circ}\text{C}) \qquad \dots (3-8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{ch(turn\ on\ ②)} &= P_{o(turn\ on\ ②)} \cdot \left[ \frac{T_2''}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left( 1 - \frac{T_2''}{T} \right) \cdot r_{th}(T + T_2'') - r_{th}(T) + r_{th}(T_2'') \right] \\
 &= 6.44 \times \left[ \frac{3.98 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \times 83 + \left( 1 - \frac{3.98 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \right) \times 0.089 - 0.089 + 0.003 \right] \\
 &\approx 0.7\ (^{\circ}\text{C}) \qquad \dots (3-9)
 \end{aligned}$$

### 3.4. ターンオフ時の温度上昇の算出

ターンオン時と同様に図 3.12 の波形から、図 3.13 のようにターンオフ時の損失波形を作成し方形波に近似後、それぞれのパルス幅での過渡熱インピーダンスを求めて温度上昇を算出します。

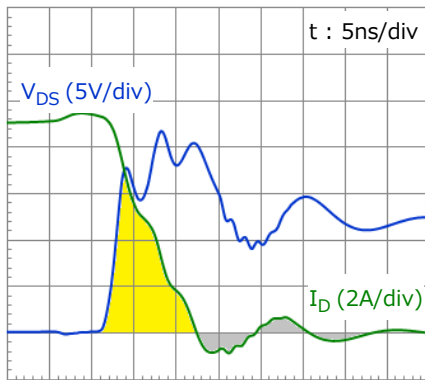


図 3.12 ターンオフ波形

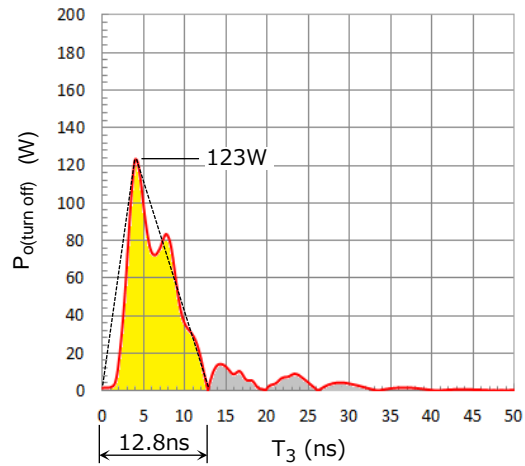


図 3.13 ターンオフ期間の損失波形

※ : グレーで囲まれた部分も損失が発生していますが、黄色で囲まれた部分に比べて損失が小さいために今回の算出では、この部分の損失は無視します。

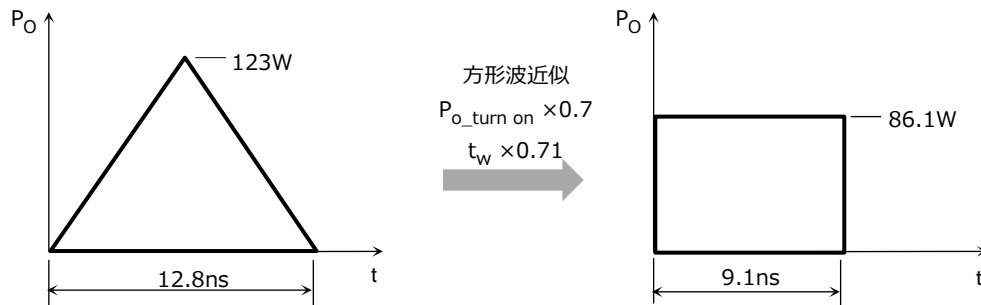


図 3.14 ターンオフ期間損失の方形波近似

表 3.4 ターンオフ期間の過渡熱インピーダンス

	パルス幅	過渡熱インピーダンス(°C/W)
$r_{th}(100\mu s)$	100 $\mu s$	0.5
$r_{th}(T)$	3.2 $\mu s$	0.089
$r_{th}(T_3)$	9.1ns	0.005
$r_{th}(T+T_3)$	3.209 $\mu s$	0.090

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{ch(turn\ off)} &= P_{O(turn\ off)} \cdot \left[ \frac{T_3}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left( 1 - \frac{T_3}{T} \right) \cdot r_{th}(T + T_3) - r_{th}(T) + r_{th}(T_3) \right] \\
 &= 86.1 \times \left[ \frac{9.1 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \times 83 + \left( 1 - \frac{9.1 \times 10^{-9}}{3.2 \times 10^{-6}} \right) \times 0.090 - 0.089 + 0.005 \right] \\
 &\approx 20.7 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \dots (3-10)
 \end{aligned}$$

### 3.5. 最大チャネル温度の算出

ハイサイド MOSFET が図 2.2( 波形 1 )の動作をした際の最大チャネル温度は、先に算出したそれぞれの期間の温度上昇の合計に周囲温度を加えた( 3-11 )式にて求められます。

$$\begin{aligned}
 T_{ch(max)} &= \Delta T_{ch(cond.)} + \Delta T_{ch(turn\ on①)} + \Delta T_{ch(turn\ on②)} + \Delta T_{ch(turn\ off)} + T_a \\
 &= 8.7 + 0.7 + 0.7 + 20.7 + 50 \\
 &\approx 80.8\ (^{\circ}\text{C})
 \end{aligned}
 \quad \dots (3-11)$$

以上の結果から、最大チャネル温度は定格の 150°C を満足していることが確認できました。なお、チャネル温度を算出する場合には、実機で想定される最悪使用条件を考慮した上で評価を行い、温度のみならず、全ての定格に対して十分なマージンを確保できていることを確認することが必要です。

なお、TO-220 等の自立型パッケージで放熱板に取り付けられケース温度が既知の場合には、( 3-1 )式の  $R_{th(ch-a)}$  と  $T_a$  を  $R_{th(ch-c)}$  および  $T_c$  に置き換えることにより、同様の方法で最大チャネル温度が算出できます。

### 4. 断続的に規則的な連続繰り返し動作波形のチャネル温度の算出

図 4.1 のような損失が印加されている場合のチャネル温度は、図 4.2 の模式図から( 4-1 )式で求められます。

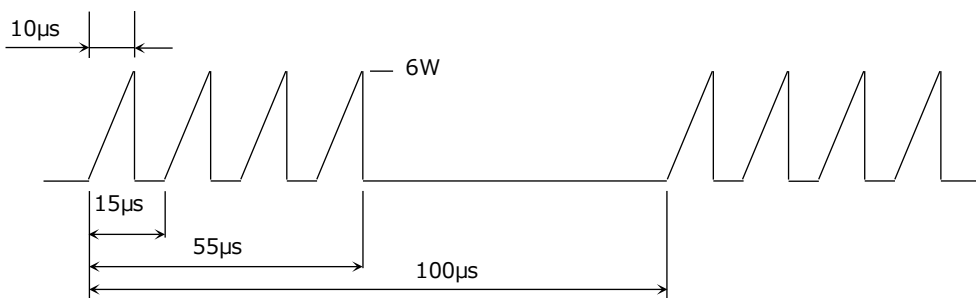


図 4.1 断続的に規則的な連続繰り返し損失波形

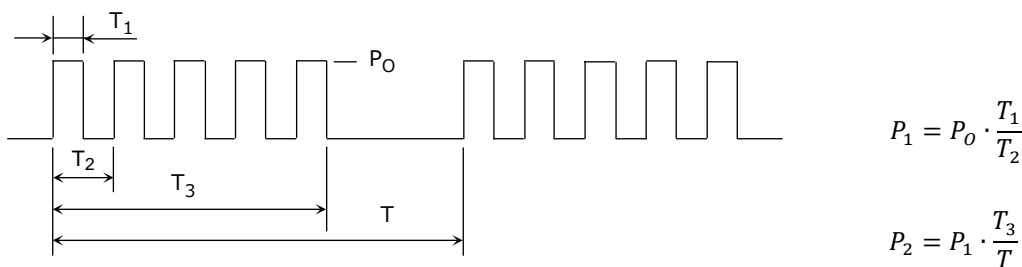


図 4.2 断続的に規則的な連続繰り返し損失波形の模式図

$$T_{ch(max)} = P_2 \cdot [R_{th(ch-a)} - r_{th}(T_3)] + P_1 \cdot [r_{th}(T_3) - r_{th}(T_1 + T_2)] + P_0 \cdot [r_{th}(T_1 + T_2) - r_{th}(T_2) + r_{th}(T_1)] + T_a$$

... ( 4-1 )

図 4.1 の損失波形を図 4.3 のように方形波近似し、図 3.7 の過渡熱インピーダンス特性と先のチャネル温度算出の際に仮定した  $R_{th(ch-a)}$ ( 83°C/W )と  $T_a$ ( 50°C )を用いて、チャネル温度を求めます。

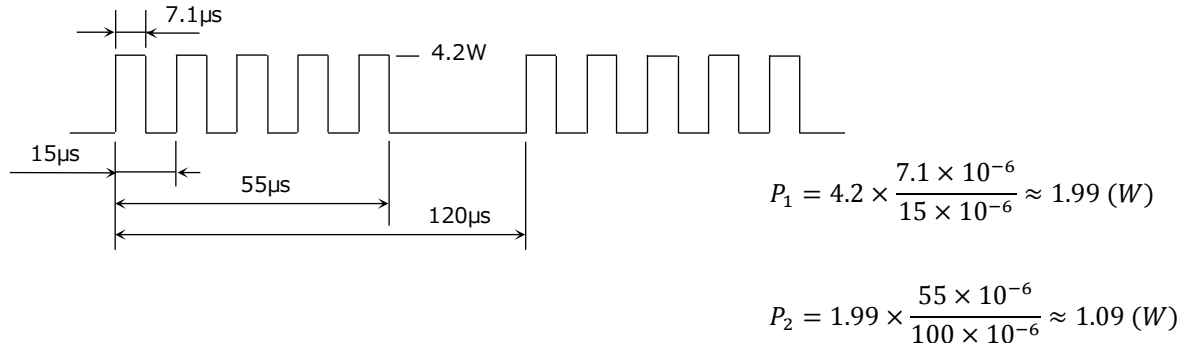


図 4.3 方形波近似した損失波形

$$T_{ch(max)} = 1.09 \times (83 - 0.371) + 1.99 \times (0.371 - 0.235) + 4.2 \times (0.235 - 0.194 + 0.133) + 50 \approx 141.1 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \dots (4-2)$$

表 4.1 各期間の過渡熱インピーダンス

	パルス幅	過渡熱インピーダンス(°C/W)
$r_{th}(T_1)$	7.1 μs	0.133
$r_{th}(T_2)$	15 μs	0.194
$r_{th}(T_1+T_2)$	22.1 μs	0.235
$r_{th}(T_3)$	55 μs	0.371

図 4.1 の損失波形が印加された場合でも  $T_{ch(max)} < 150^\circ\text{C}$  であることが確認できましたが、定格チャネル温度にマージンが無い場合、このような場合には放熱条件の見直しや素子の再選定を検討する必要があります。

## 5. 動作波形の取得

素子の動作波形を取得する際には、電圧プローブ、電流プローブやカレントトランスの使用方法に注意が必要です。

### 5.1. 電圧プローブの使用方法

通常、電圧プローブで測定を行う場合には、図 5.1 のようにプローブに付属された GND リードを使用しますが、この GND リードは大きな寄生インダクタンスが存在するため、高周波で動作する素子を測定する際にはこの寄生インダクタンスの影響によってリングングが観測されたり、GND リードがアンテナとなってノイズの影響を受けることがあります。このため、素子の端子間電圧を測定する際にはプローブのアクセサリであるボードコネクタアクセサリを使用したり、図 5.2 のように電圧プローブのフックチップを外してプローブのヘッド部分にめっき線などを巻き付け GND リード長が最短となるようにして測定してください。

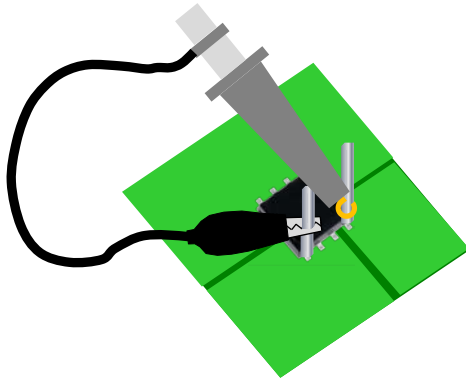


図 5.1 プローブの GND リードを使用した電圧測定

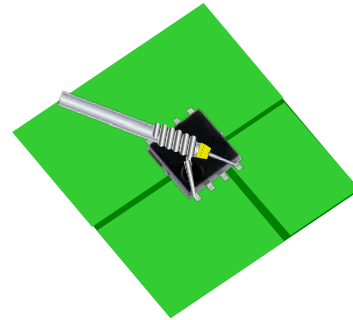


図 5.2 GND リード長を最短にした電圧測定

**5.2. 電流プローブ、カレントトランスの使用方法**

図 5.3 のような回路にて電流プローブもしくはカレントトランスを使用して電流を測定する場合に、基板配線の一部を切断して電流測定用のリード線を接続しますが、リード線を接続する位置に注意が必要です。図 5.4 から図 5.9 に電流測定用に直径 2mm で約 60mm のリード線をドレイン側およびソース側に接続した場合のドレイン・ソース間電圧(  $V_{DS}$  ) とドレイン電流波形(  $I_D$  ) を示します。ドレイン側にリード線を接続したときにはリード線を接続しないときと、ほぼ同一の波形になります。しかしながら、ソース側にリード線を接続するとリード線のインダクタンスによって  $V_{DS}$  と  $I_D$  に大きな遅れ時間が発生し正確な波形を観測することができません。電流波形を測定する際には、必ずドレイン側に電流測定用のリード線を接続するように配慮が必要です。

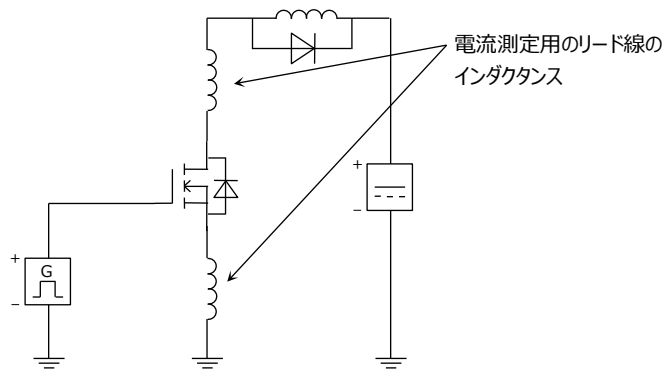


図 5.3 インダクタンス負荷回路

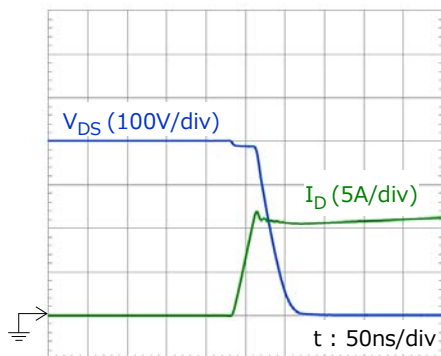


図 5.4 電流測定用リード線なし時波形(オン時)

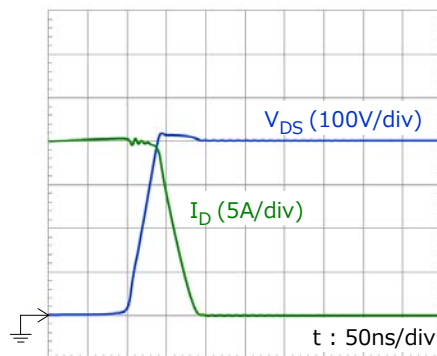


図 5.5 電流測定用リード線なし時波形(オフ時)

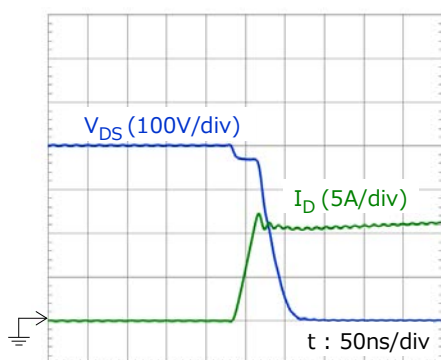


図 5.6 電流測定用リード線接続時波形(オン時)  
(測定用リード線をドレインに接続)

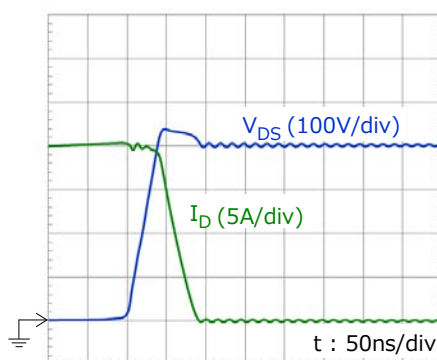


図 5.7 電流測定用リード線接続時波形(オフ時)  
(測定用リード線をドレインに接続)

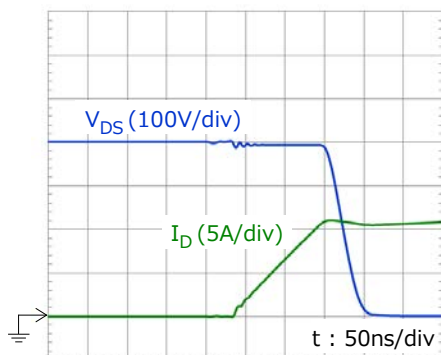


図 5.8 電流測定用リード線接続時波形(オン時)  
(測定用リード線をソースに接続)

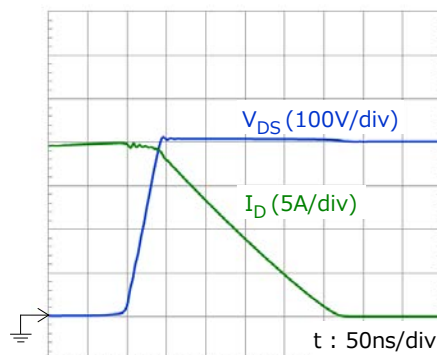


図 5.9 電流測定用リード線接続時波形(オフ時)  
(測定用リード線をソースに接続)

### 6. 補足

( 3-1 )式は図 6.1 のように導かれます。( a )のように一定の損失(  $P_0$  )が定期的に繰り返し印加される場合には、全期間の損失平均に 2 周期の損失パルスが印加されたとしてチャンネル温度上昇を算出します。( b )は( a )を近似した図で、( c )は( b )を重ね合わせの理を用いて表した図です。 $T_4$ から $T_5$ の損失パルスが印加されることにより損失の変化分(  $P_0 - P_{av.}$  )を加算し、 $T_5$ から $T_6$ の期間は損失が印加されないため  $P_0$  を減算します。 $T_6$ から $T_7$ の間では再び  $P_0$  が印加されるため、 $P_0$  を加算して  $T_7$  の時点で求めた温度上昇を最大チャンネル温度として求めます。

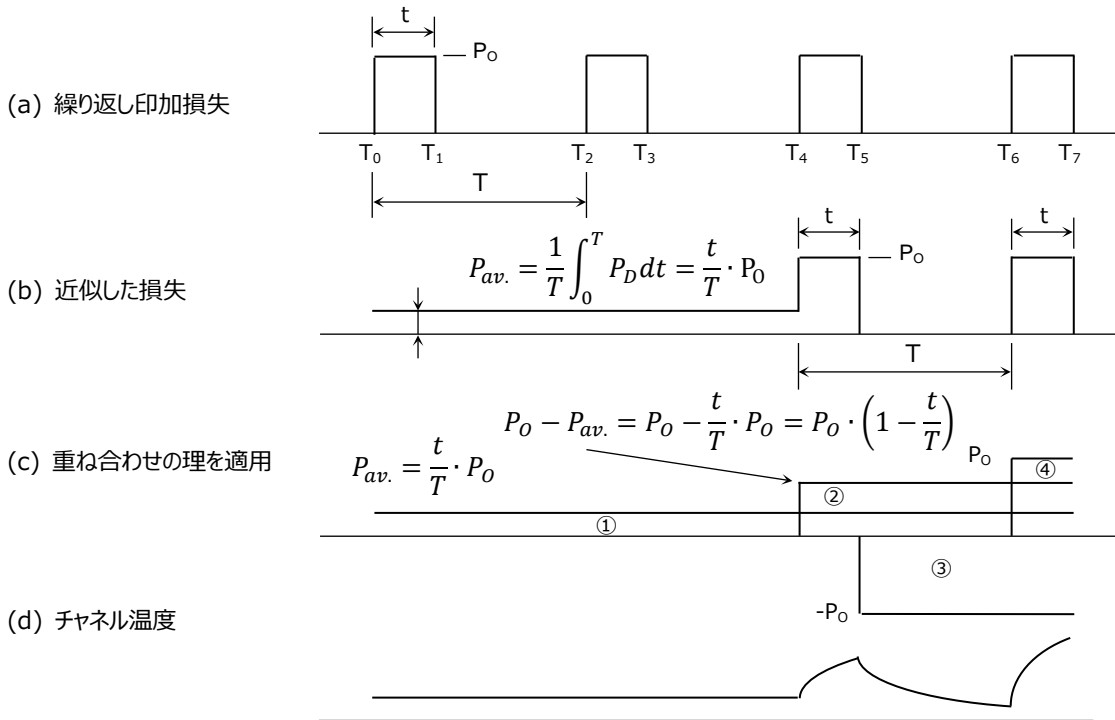


図 6.1 定期的に繰り返し印加された時のチャンネル温度算出方法

( c )波形にて①から④のそれぞれの温度上昇は( 6-1 )式から( 6-4 )式で求められます。

$$\Delta T_{ch①} = P_0 \cdot \frac{t}{T} \cdot R_{th(ch-a)} \quad \dots (6-1)$$

$$\Delta T_{ch②} = P_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cdot r_{th}(T + t) \quad \dots (6-2)$$

$$\Delta T_{ch③} = -P_0 \cdot r_{th}(T) \quad \dots (6-3)$$

$$\Delta T_{ch④} = P_0 \cdot r_{th}(t) \quad \dots (6-4)$$

以上から、全体のチャンネル温度上昇は( 6-5 )式となり、周囲温度(  $T_a$  )を加算することにより最大チャンネル温度 [( 3-1 )式]が算出できます。

$$\begin{aligned} \Delta T_{ch} &= P_0 \cdot \frac{t}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + P_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cdot r_{th}(T + t) - P_0 \cdot r_{th}(T) + P_0 \cdot r_{th}(t) \\ &= P_0 \cdot \left[ \frac{t}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cdot r_{th}(T + t) - r_{th}(T) + r_{th}(t) \right] \quad \dots (6-5) \end{aligned}$$

$$T_{ch(max)} = P_0 \cdot \left[ \frac{t}{T} \cdot R_{th(ch-a)} + \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cdot r_{th}(T + t) - r_{th}(T) + r_{th}(t) \right] + T_a \quad \dots (6-6) [* (3-1)]$$

## 製品取り扱い上のお願ひ

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。  
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いいたします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などを確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、電力機器、金融関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口までお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようにご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。