

RH850/U2A

チップ動作温度の推定と算出

要旨

本アプリケーションノートはRH850/U2Aについて、チップ温度の推定と算出方法を記載するものです。

目次

1. LSI 全体の消費電力	2
1.1 ISOVDD の消費電力	3
1.2 VCC の消費電力	3
1.3 SYSVCC の消費電力	3
1.4 LVDVCC の消費電力	3
1.5 ADC の消費電力	4
1.6 I/O バッファの消費電力	4
1.7 I/O バッファの注入電力	4
1.8 I/O バッファの出力電力(AC 動作)	5
1.9 SVR CONVERTER の消費電力	5
1.10 EMUVCC の消費電力	5
1.11 DVCC の消費電力	5
1.12 ERAMVCC の消費電力	5
1.13 EMUVDD の消費電力	6
1.14 DVDD の消費電力	6
1.15 ERAMVDD の消費電力	6
1.16 Gigabit Ethernet の消費電力	6
2. チップ温度(Tj)推定 (熱設計ガイド)	7
2.1 初期検討	8
2.1.1 放熱機構が無い場合の Tj 推定	8
2.1.2 放熱機構が上面のみにある場合の Tj 推定	9
2.1.3 放熱機構が上下面/下面にある場合の Tj 推定	10
2.2 熱シミュレーション	12
2.3 実機検証 (試作機での Tj 評価)	12
2.3.1 放熱機構がない場合の Tj 推定	12
2.3.2 上面のみ放熱機構がある場合	13
2.3.3 上下面/下面のみに放熱機構がある場合	14
2.4 Tb/Tt 測定における注意事項	15
2.4.1 熱電対を使用した測定	15
2.4.2 測定ポイント	15
2.4.3 サーモグラフィ (サーモカメラ) を使用した測定	16
2.4.4 想定基板	16
3. 参考ページ	17

1. LSI 全体の消費電力

本 LSI の総消費電力 P_d は下の計算式 1.1 で算出できます。

$$P_d = P_{ISOVDD} + P_{VCC} + P_{SYSVCC} + P_{LVDVCC} + P_{ADC} + P_{IO} + P_{SVR} + P_{EMUVCC} + P_{DVCC} + P_{ERAMVCC} + \\ + P_{EMUVDD} + P_{DVDD} + P_{ERAMVDD} + P_{GBETH} \quad \dots \text{計算式 1.1}$$

P_{ISOVDD} : ISOVDD の消費電力

P_{VCC} : VCC の消費電力

P_{SYSVCC} : SYSVCC の消費電力

P_{LVDVCC} : LVDVCC の消費電力

P_{ADC} : AD コンバータの消費電力(A0VCC、A0VREFH、A1VCC、A1VREFH、A2VCC、
と A2VREFH の消費電力)

$P_{IO} = P_{IOCONST} + P_{IOINJ} + P_{IODO}$

$P_{IOCONST}$: I/O バッファ定消費電力(E0VCC、E1VCC と E2VCC の消費電力)

P_{IOINJ} : I/O バッファ注入電力

P_{IODO} : I/O バッファ出力電力 (AC 動作)

P_{SVR} : SVR(Switching Voltage Regulator) の消費電力

P_{EMUVCC} : EMUVCC の消費電力

P_{DVCC} : DVCC の消費電力

$P_{ERAMVCC}$: ERAMVCC の消費電力

P_{EMUVDD} : EMUVDD の消費電力

P_{DVDD} : DVDD の消費電力

$P_{ERAMVDD}$: ERAMVDD の消費電力

P_{GBETH} : Gigabit Ethernet の消費電力(GETH0BVCC、GETH0RVCC と GETH0PVCC
の消費電力)

1.1 ISOVDD の消費電力

ISOVDD の消費電力 P_{ISOVDD} は下の計算式 1.2 で算出できます。

I_{ISOVDD} についてはユーザーズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{ISOVDD}} = I_{\text{ISOVDD}} \times \text{ISOVDD} \quad \dots \text{計算式 1.2}$$

I_{ISOVDD} : ISOVDD 電流 (A)

ISOVDD : ISOVDD 電圧 (V)

1.2 VCC の消費電力

VCC の消費電力 P_{VCC} は下の計算式 1.3 で算出できます。

I_{VCC} についてはユーザーズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{VCC}} = I_{\text{VCC}} \times \text{VCC} \quad \dots \text{計算式 1.3}$$

1.3 SYSVCC の消費電力

SYSVCC の消費電力 P_{SYSVCC} は下の計算式 1.4 で算出できます。

I_{SYSVCC} についてはユーザーズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{SYSVCC}} = I_{\text{SYSVCC}} \times \text{SYSVCC} \quad \dots \text{計算式 1.4}$$

1.4 LVDVCC の消費電力

LVDVCC の消費電力 P_{LVDVCC} は下の計算式 1.5 で算出できます。

I_{LVDS} についてはユーザーズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{LVDVCC}} = I_{\text{LVDS}} \times \text{LVDVCC} \quad \dots \text{計算式 1.5}$$

1.5 ADC の消費電力

本 LSI の AD コンバータ消費電力 P_{ADC} は下の計算式 1.6 で算出できます。

I_{ADCn} , $I_{ADCnREF}$ についてはユーザーズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{ADC} = P_{ADCJ0} + P_{ADCJ1} + P_{ADCJ2} \dots \text{計算式 1.6}$$

$$P_{ADCJn} = I_{ADCn} \times A_{nVCC} + I_{ADCnREF} \times A_{nVREFH}(n=0\sim2) : \text{SAR-AD モジュールの消費電力}$$

1.6 I/O バッファの消費電力

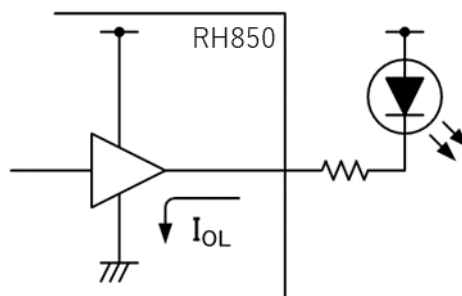
入力、出力、入出端子に直流電流が流れる場合は定消費電力を加算してください。

例 1 LED 駆動時(定常電流が流れる場合)

$$P_{IOCONST} = V_O \times I_{OL} \times A \times \text{Buffer}$$

A: LED が ON する割合

Buffer: 入力/出力/双方向バッファの出力数



1.7 I/O バッファの注入電力

本 LSI の I/O バッファ注入電力 P_{IOINJ} は下の計算式 1.7 で算出できます。

$$P_{IOINJ} = \{Pinjdp \times Ninjdp + Pinjdm \times Ninjdm + Pinjap \times Ninjap + Pinjam \times Ninjam\} \dots \text{計算式 1.7}$$

$Pinjdp$: 端子ごとの注入電力 (デジタル端子、正電流注入)

$Ninjdp$: 電流が注入される端子数 (デジタル端子、正電流注入)

$Pinjdm$: 端子ごとの注入電力 (デジタル端子、負電流注入)

$Ninjdm$: 電流が注入される端子数 (デジタル端子、負電流注入)

$Pinjap$: 端子ごとの注入電力 (アナログ端子、正電流注入)

$Ninjap$: 電流が注入される端子数 (アナログ端子、正電流注入)

$Pinjam$: 端子ごとの注入電力 (アナログ端子、負電流注入)

$Ninjam$: 電流が注入される端子数 (アナログ端子、負電流注入)

1.8 I/O バッファの出力電力(AC 動作)

本 LSI の I/O バッファ出力電力(AC 動作) P_{IODO} は下の計算式 1.8 で算出できます

$$P_{IODO} = \Sigma(f_o \times CL \times V^2) \dots \text{計算式 1.8}$$

CL : 負荷容量

f_o : 出力周波数

V : I/O バッファの電圧

1.9 SVR converter の消費電力

SVR converter の消費電力 P_{SVR} は下の計算式 1.9 で算出できます。

I_{SVR} 、 I_{SVRA} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{SVR} = I_{SVR} \times \text{SYSVCC} + I_{SVRA} \times \text{SVRAVCC} + P_{SVRDR} \dots \text{計算式 1.9}$$

$$P_{SVRDR} = f_{SVRSW} \times \text{SVRDRVCC}^2 \times (C_{iss_PMOSFET} + C_{iss_NMOSFET})$$

f_{SVRSW} : SVR スイッチング周波数

$C_{iss_PMOSFET}$: SVR 外付け Pch MOSFET の入力容量

$C_{iss_NMOSFET}$: SVR 外付け Nch MOSFET の入力容量

1.10 EMUVCC の消費電力

EMUVCC の消費電力 P_{EMUVCC} は下の計算式 1.10 で算出できます。

I_{EMUVCC} についてはユーザズマニュアルをご参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください

$$P_{EMUVCC} = I_{EMUVCC} \times \text{EMUVCC} \dots \text{計算式 1.10}$$

1.11 DVCC の消費電力

DVCC の消費電力 P_{DVCC} は下の計算式 1.11 で算出できます。

I_{DVCC} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{DVCC} = I_{DVCC} \times \text{DVCC} \dots \text{計算式 1.11}$$

1.12 ERAMVCC の消費電力

ERAMVCC の消費電力 $P_{ERAMVCC}$ は下の計算式 1.12 で算出できます。

$I_{ERAMVCC}$ についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{ERAMVCC} = I_{ERAMVCC} \times \text{ERAMVCC} \dots \text{計算式 1.12}$$

1.13 EMUVDD の消費電力

EMUVDD の消費電力 P_{EMUVDD} は下の計算式 1.13 で算出できます。

I_{EMUVDD} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください

$$P_{\text{EMUVDD}} = I_{\text{EMUVDD}} \times \text{EMUVDD} \quad \dots \text{計算式 1.13}$$

1.14 DVDD の消費電力

DVDD の消費電力 P_{DVDD} は下の計算式 1.14 で算出できます。

I_{DVDD} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{DVDD}} = I_{\text{DVDD}} \times \text{DVDD} \quad \dots \text{計算式 1.14}$$

1.15 ERAMVDD の消費電力

ERAMVDD の消費電力 P_{ERAMVDD} は下の計算式 1.15 で算出できます。

I_{ERAMVDD} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{ERAMVDD}} = I_{\text{ERAMVDD}} \times \text{ERAMVDD} \quad \dots \text{計算式 1.15}$$

1.16 Gigabit Ethernet の消費電力

Gigabit Ethernet の消費電力 P_{GBETH} は下の計算式 1.16 で算出できます。

I_{GBETH} , R_{in} についてはユーザズマニュアルを参照頂くか、お客様の使用条件での算出に関しては各営業部署へお問い合わせください。

$$P_{\text{GBETH}} = I_{\text{GBETH}} \times \text{GETH0BVCC} + \frac{|V_{\text{OD}}|^2}{R_{\text{IN}}} \quad \dots \text{計算式 1.16}$$

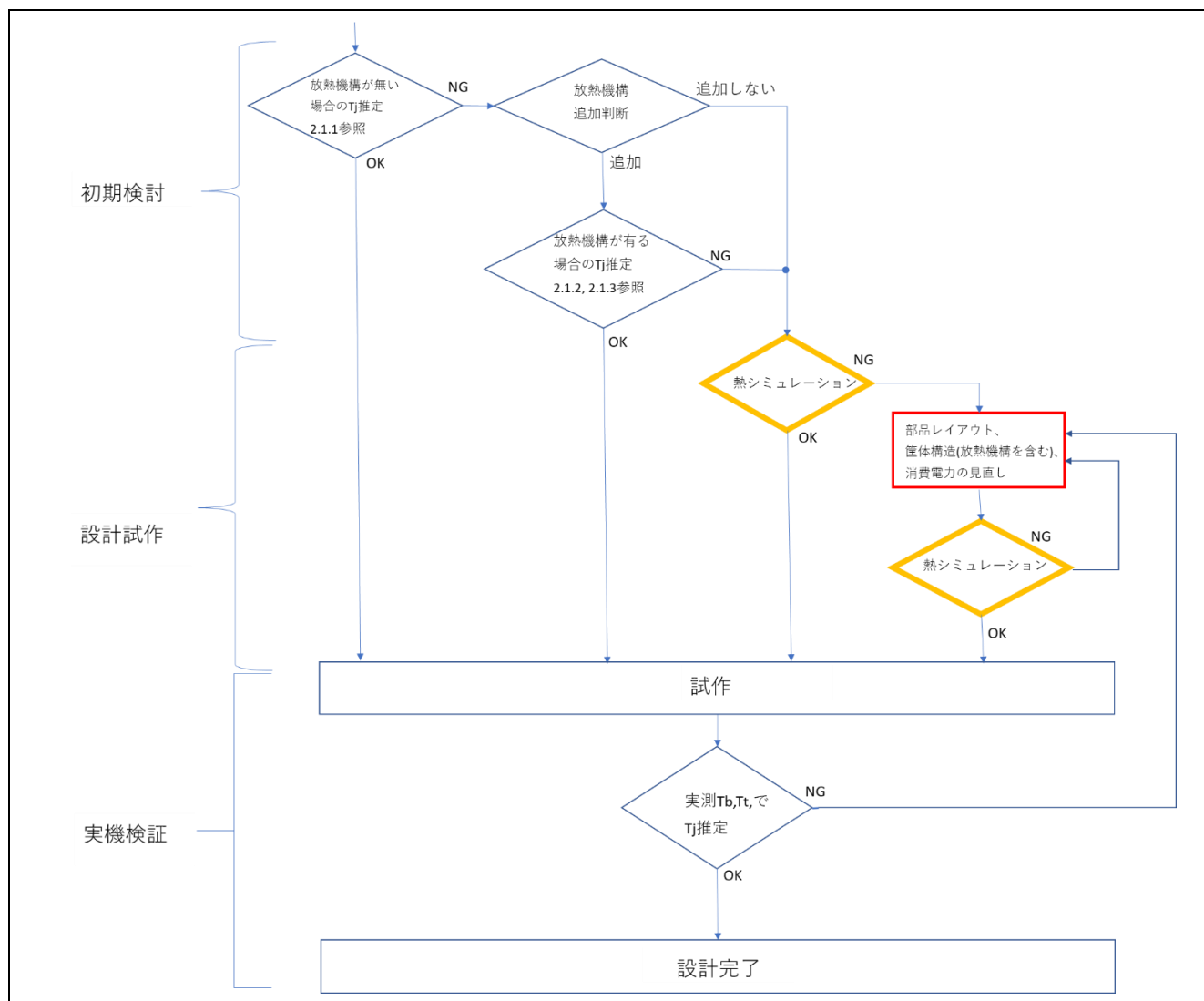
V_{OD} : 対向デバイスの Output Differential Voltage

R_{in} : Receiver differential input impedance

2. チップ温度(Tj)推定（熱設計ガイド）

開発初期において、従来製品などからボード温度 T_b 、パッケージ表面の温度 T_t （定義は 2.4.2 参照）が想定できる場合、 Ψ_{jb} 、 Ψ_{jt} 等（数値はユーザーズマニュアル参照）の値を使ってチップ温度（ T_j ）を推定して下さい。初期検討として、この方法が最も T_j 推定の確度を高めることができます。 T_b や T_t が想定できない場合、 θ_{ja} （数値はユーザーズマニュアル参照）で T_j を推定して下さい。推定した T_j が T_{jmax} （数値はユーザーズマニュアル参照）に近い場合は、放熱機構の追加による T_j の推定を行うか、熱シミュレーションを実施して、より詳細に T_j を推定して下さい。

必要に応じて、ECU ボード上の部品レイアウト、筐体構造(放熱機構を含む)、消費電力（IO バッファの電力など）の見直しを行って下さい。熱シミュレーションで十分マージンありと判断される場合も、試作機で T_b や T_t 等を測定して下さい。測定した T_b 、 T_t と消費電力から Ψ_{jb} 、 Ψ_{jt} 等を使って T_j を推定し、 T_{jmax} 以下であることを確認して下さい。



2.1 初期検討

2.1.1 放熱機構が無い場合の Tj 推定

従来製品などから Tb が推定される場合は計算式 2.1、Tb が推定できない場合 Tt を使用した計算式 2.2 から Tj を推定してください。Tb, Tt が推定できない場合は Ta を使用した計算式 2.3 から Tj を推定して下さい。XY ψ jb, XY ψ jt, XY θ ja は、ユーザーマニュアルの記載データのうち想定ボードに最も近いものを適用して下さい。推定した Tj が Tjmax に近い場合は熱シミュレーションを行うか、放熱機構を追加し Tj 推定の検討を行って下さい。

(1) Tb から Tj を推定する場合

$$T_j = T_b + XY\psi_{jb} \times P_d \dots \text{計算式 2.1}$$

(2) Tt から Tj を推定する場合

$$T_j = T_t + XY\psi_{jt} \times P_d \dots \text{計算式 2.2}$$

(3) Ta から Tj を推定する場合

$$T_j = T_a + XY\theta_{ja} \times P_d \dots \text{計算式 2.3}$$

注意：各シンボルの定義については 2.1.3 をご参照ください。

Ta は測定ポイントをどこにするかで値が大きく変わります。Tj 推定誤差の要因にもなるため、できるだけ、Tb/Tt データの取得／Tb/Tt からの Tj 推定 をお勧めします。

2.1.2 放熱機構が上面のみにある場合の Tj 推定

上面のみに放熱機構がある場合は図 1.θja の熱抵抗網モデルを想定し Tj の推定を行います。ECU の周囲温度(Ta)を一様としジャンクションから上下方向の放熱をモデル化しています。図 1 より Ta と Tj の関係は計算式 2.4 で表す事ができます。θca が推定できる場合は Ta を用いて Tj の推定を行えます。θca が推定できない場合 Tt を推定し計算式 2.5 を用いて Tj の推定を行います。θca はご使用環境により変化するためお客様で算出する必要があります。

$$T_j = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times P_t + T_a = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times \left(1 - \frac{\psi_{jb}}{\theta_{jb}}\right) \times P_d + T_a \dots \text{計算式 2.4}$$

$$T_j = \theta_{jc} \times P_t + T_t = \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{\psi_{jb}}{\theta_{jb}}\right) \times P_d + T_t \dots \text{計算式 2.5}$$

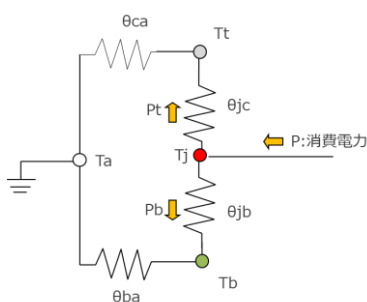


図 1. θja の熱抵抗網モデル

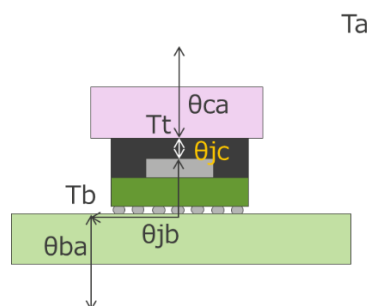


図 2. 熱抵抗網の断面イメージ

従来製品などから Tt が推定できる場合計算式 2.6, θca が推定できる場合は計算式 2.7 から Tj を推定してください。XYψjb、XYθjb は、ユーザーマニュアルの記載データのうち想定ボードに最も近いものを適用して下さい。推定した Tj が Tjmax に近い場合は熱シミュレーションを行うか、放熱機構を追加し Tj の推定の検討を行って下さい。

(1) Tt が推定できる場合

$$T_j = \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{XY\psi_{jb}}{XY\theta_{jb}}\right) \times P_d + T_t \dots \text{計算式 2.6}$$

(2) θca が推定できる場合

$$T_j = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times \left(1 - \frac{XY\psi_{jb}}{XY\theta_{jb}}\right) \times P_d + T_a \dots \text{計算式 2.7}$$

注意：各シンボルの定義については 2.1.3 をご参照ください。

2.1.3 放熱機構が上下面/下面にある場合の Tj 推定

上下面/下面のみに放熱機構がある場合は図 3.θja の熱抵抗網モデルを想定し Tj の推定を行います。ECU の周囲温度(Ta)を一様としジャンクションから上下方向の放熱をモデル化しています。図 3 より Ta と Tj の関係は式 2.8 で表す事ができます。θca が推測できる場合は Ta を用いて Tj の推定を行います。θca が推測できない場合 Tt を推測し計算式 2.9 で Tj の推定を行います。θca はご使用環境により変化するためお客様で算出する必要があります。

$$T_j = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times P_t + T_a = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times \left(1 - \frac{\psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times P_d + T_a \dots \text{計算式 2.8}$$

$$T_j = \theta_{jc} \times P_t + T_t = \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{\psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times P_d + T_t \dots \text{計算式 2.9}$$

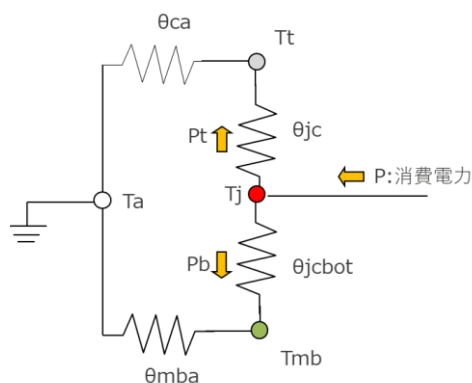


図 3. θja の熱抵抗網モデル

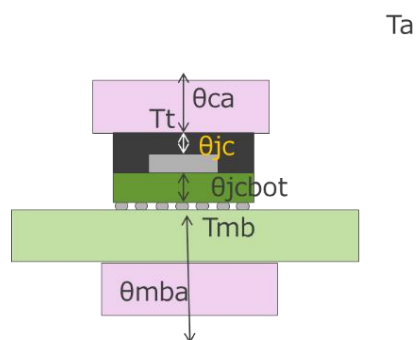


図 4. 熱抵抗網の断面イメージ

従来製品などから Tt が推定できる場合は計算式 2.10、θca が推定できる場合は計算式 2.11 から Tj を推定してください。XYψjmb は、ユーザーマニュアルの記載データのうち想定ボードに最も近いものを適用して下さい。推定した Tj が Tjmax に近い場合は熱シミュレーションを行い Tj の推定の検討を行って下さい。

(1) Tt が推定できる場合

$$T_j = \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{XY\psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times P_d + T_t \dots \text{計算式 2.10}$$

(2) θca が推定できる場合

$$T_j = (\theta_{ca} + \theta_{jc}) \times \left(1 - \frac{XY\psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times P_d + T_a \dots \text{計算式 2.11}$$

T_j : LSI チップのジャンクション温度

T_a : LSI PKG の周囲温度

T_b : “2.4.2 測定ポイント”に記載の温度

T_t : “2.4.2 測定ポイント”に記載の温度

T_{mb} : 実装基板 L1 表面で PKG 中心の温度

P_d : 計算式 1.1 で求めた LSI 全体の消費電力

P_t : PKG 上面方向に流れる電力

P_b : PKG 下面方向に流れる電力

θ_{ca} : T_t と T_a の熱抵抗 (お客様にてご算出する値。)

θ_{ba} : T_b と T_a の熱抵抗 (お客様にてご算出する値。)

θ_{jb} : LSI パッケージの熱抵抗 (熱見積もりでは使用いたしません。お客様のボードに近い $XY\theta_{jb}$ をご使用ください)

θ_{mba} : T_{mb} と T_a の熱抵抗 (お客様にてご算出する値。)

Ψ_{jb} : LSI パッケージの熱特性 (熱見積もりでは使用いたしません。お客様のボードに近い $XY\Psi_{jb}$ をご使用ください)

Ψ_{jmb} : LSI パッケージの熱特性 (熱見積もりでは使用いたしません。お客様のボードに近い $XY\Psi_{jmb}$ をご使用ください)

θ_{jc} : LSI パッケージの熱抵抗 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

θ_{jcbot} : LSI パッケージの熱抵抗 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

$XY\theta_{ja}$: LSI パッケージの熱抵抗 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

$XY\theta_{jb}$: LSI パッケージの熱抵抗 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

$XY\Psi_{jb}$: LSI パッケージの熱特性 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

$XY\Psi_{jt}$: LSI パッケージの熱特性 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

$XY\Psi_{jmb}$: LSI パッケージの熱特性 (ユーザーズマニュアル※をご参照ください)

※参照先 : RH850/U2A User's Manual: Hardware の Thermal Characteristics Parameter

X : ボード層の数

Y : ボードサイズ

想定する基板サイズは“2.4.4 想定基板”をご参照ください。

2.2 熱シミュレーション

より正確な温度予測を行うため、熱流体シミュレーション(Computational fluid dynamics: CFD)を行って下さい。当社はFloTHERM用のパッケージモデルを提供します（DELPHIモデル）。各営業部署へお問い合わせください

2.3 実機検証（試作機でのTj評価）

2.3.1 放熱機構がない場合のTj推定

Tbと消費電力を実測し、計算式2.12でTjを推定するか、Ttと消費電力を実測し、計算式2.13でTjを推定して下さい。XYψjt、XYψjbとXYTb_incは、ユーザーマニュアルの記載条件のうち試作機に最も近いものを適用して下さい。（計算式には測定誤差が含まれていません。測定誤差を加味した推定をお願いします）

- (1) TbからTjを推定する場合

$$Tj = Tb_{typ} + XY\psi_{jb} \times Pdtype + (XY\psi_{jb} + XYTb_{inc}) \times (Pd_{offset} + Pd_{voters}) \dots \text{計算式 2.12}$$

- (2) TtからTjを推定する場合

$$Tj = Tt_{typ} + XY\psi_{jt} \times (Pdtype + Pd_{offset} + Pd_{voters}) \dots \text{計算式 2.13}$$

$$Pd_{offset} = Vm \times Id_{offset} + I0 \times (Vm - V0) + Vm \times (dI/dV) \times (Vm - V0) \dots \text{計算式 2.14}$$

※電力算出ツールからワースト電力を見積もる場合Pd_offsetは下記になります。

$$Pd_{offset} = Pd_{max} - Pdtype$$

注意：各シンボルの定義については2.3.3をご参照ください。

2.3.2 上面のみ放熱機構がある場合

パッケージ上面のみに放熱機構がある場合。（想定条件: PKG 上面をモールドレジンと同サイズのサーマルシート（1mm 厚、1W/mK）を介して、ボードと同サイズの金属板（電気亜鉛めっき鋼、1mm 厚）に接触）

Tb と消費電力を実測し計算式 2.15 で Tj を推定するか、Tt と消費電力を実測し計算式 2.16 で Tj を推定して下さい。XYΨjb, XYTb_inc と XYθjb は、記載条件のうち試作機に最も近いものを適用して下さい。（計算式には測定誤差が含まれていません。測定誤差を加味した推定をお願いします）

(1) Tb から Tj を推測する場合

$$T_j = T_{b_typ} + XY\Psi_{jb} \times P_{dtyp} + (XY\Psi_{jb} + XYT_{b_inc}) \times (P_{d_offset} + P_{d_vothers}) \dots \text{計算式 2.15}$$

(2) Tt から Tj を推測する場合

$$T_j = T_{t_typ} + \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{XY\Psi_{jb}}{XY\theta_{jb}}\right) \times (P_{dtyp} + P_{d_offset} + P_{d_vothers}) \dots \text{計算式 2.16}$$

$$P_{d_offset} = V_m \times I_{d_offset} + I_0 \times (V_m - V_0) + V_m \times (dI/dV) \times (V_m - V_0) \dots \text{計算式 2.17}$$

※電力算出ツールからワースト電力を見積もる場合 Pd_offset は下記になります。

$$P_{d_offset} = P_{d_max} - P_{dtyp}$$

注意：各シンボルの定義については 2.3.3 をご参照ください。

2.3.3 上下面/下面のみに放熱機構がある場合

パッケージ上下面か下面のみに放熱対策をする場合（想定条件: PKG 上下面をモールドレジンと同サイズのサーマルシート（1mm 厚、1W/mK）を介して、ボードと同サイズの金属板（電気亜鉛めっき鋼、1mm 厚）に接触）。Tt と消費電力を実測し、計算式 2.18 で Tj を推定して下さい。XYΨjmb は、記載条件のうち試作機に最も近いものを適用して下さい。（計算式には測定誤差が含まれていません。測定誤差を加味した推定をお願いします）

$$T_j = T_{t_typ} + \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{XY\Psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times P_{dtyp} + \theta_{jc} \times \left(1 - \frac{XY\Psi_{jmb}}{\theta_{jcbot}}\right) \times (P_{d_offset} + P_{d_voters}) \dots \text{式 2.18}$$

$$P_{d_offset} = V_m \times I_{d_offset} + I_0 \times (V_m - V_0) + V_m \times (dI/dV) \times (V_m - V_0) \dots \text{計算式 2.19}$$

※電力算出ツールからワースト電力を見積もる場合 Pd_offset は下記になります。

$$P_{d_offset} = P_{d_max} - P_{dtyp}$$

Tj : LSI チップのジャンクション温度

Tb_typ : 実 ECU でアプリを動作させた時の Tb 実測値

Tt_typ : 実 ECU でアプリを動作させた時の Tt 実測値。

Pdtyp : 実 ECU でアプリを動作させた時の VDD 電力の実測値を考慮した LSI の消費電力

Pd_max : 電力算出ツールから見積もったワーストの VDD 電力

Pd_offset : Pdtyp とコーナーサンプルの消費電力の差分

Pd_voters : VDD 以外の電源(AnVCC,LVDVCC 等)での消費電力

Id_offset : I0 と電力算出ツールで見積もったワーストの VDD 電流との差分

dI/dV : IDD の VDD 依存係数

Vm : VDD の最大電圧（お客様の使用条件での最大電圧）

V0 : 測定時の VDD 電圧

I0 : 測定した VDD 電流

θjc : LSI パッケージの熱抵抗（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

θjcbot : LSI パッケージの熱特性（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

XYθjb : LSI パッケージの熱抵抗（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

XYΨjb : LSI パッケージの熱特性（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

XYΨjt : LSI パッケージの熱特性（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

XYΨjmb : LSI パッケージの熱特性（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

XYTb_inc : Tb の消費電力依存性（ユーザーズマニュアル※をご参照ください）

※参照先 : RH850/U2A User's Manual: Hardware の Thermal Characteristics Parameter

MCU の発熱 0W とした場合の Tb を Tb_0、1W とした場合の Tb を Tb_1 とし

$$XYTb_inc = Tb_1 - Tb_0$$

X : ボード層の数

Y : ボードサイズ

想定する基板サイズは“2.4.4 想定基板”をご参照ください。

2.4 Tb/Tt 測定における注意事項

2.4.1 熱電対を使用した測定

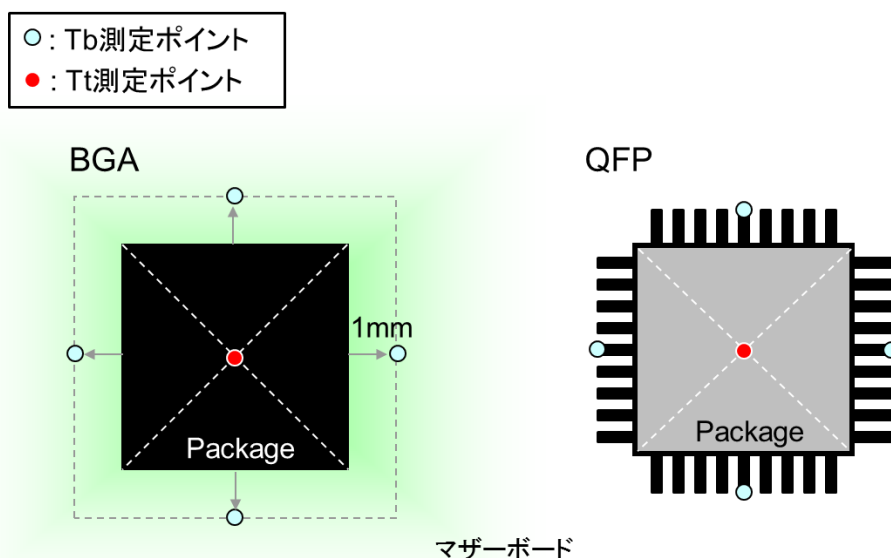
温度を正確に測定するため、使用する熱電対および測定対象への熱電対の取り付け方にご注意下さい。注意点と推奨は下記です。

- 熱電対はできるだけ線径の細いものを使用して下さい（熱引き抑制のため。推奨：直径 100 μ m 以下）
- 熱電対は K 型を推奨します（T 型は熱電対での放熱が大きく、温度を低く測定する可能性があります）
- 熱電対の固定には耐熱樹脂テープもしくは耐熱樹脂材を推奨します
- 熱電対は測定対象にしっかりと固定して下さい（“浮き”があると測定誤差を生じます）

2.4.2 測定ポイント

BGA：温度が飽和状態に達していることを確認して、パッケージ各辺の中間点から 1mm 外側のボード配線上で Tb を測定して下さい。周辺部品の影響などで温度分布があるときは、測定ポイント 4 か所の平均値を Tb として下さい。Tt はパッケージ上面中央温度です。

QFP：温度が飽和状態に達していることを確認して、パッケージ各辺の中間点のリードのフットパターン上で Tb を測定してください。周辺部品の影響などで温度分布があるときは測定ポイント 4 か所の平均値を Tb として下さい。Tt はパッケージ上面中央温度です。



2.4.3 サーマグラフィ（サーモカメラ）を使用した測定

温度を正確に測定するため、サーモグラフィに測定対象の放射率を設定して下さい。ボード表面の放射率はおおよそ 0.8~0.9 ですが、金属表面は一般に小さな値になります。（金属表面を 0.8~0.9 設定で測定すると実際の温度より低く測定することになります）。放射率が不明の場合は、黒体スプレーなどで表面処理を行い、黒体スプレーの放射率を設定すると温度を正しく測定することができるようになります。

また、サーモグラフィと測定対象の間に物があると（透明のアクリル板であっても）正しい測定結果が得られないのでご注意下さい。（この場合、サーモグラフィはアクリル板の温度を測定します）

サーモグラフィによる温度測定は、測定対象の配置状況により難しい場合がありますが、温度分布を知るには有効な手段ですので、熱電対と併用することをお薦めします。

2.4.4 想定基板

JESD51-9 準拠(4layers)

	基板サイズ(mm)		面積(mm ²)
	X	Y	
基板	101.5	114.5	11621.75
残銅率	導体厚		
50-95-95-50%	70-35-35-70μm		

L 基板(4layers)

	基板サイズ(mm)		面積(mm ²)
	X	Y	
基板	90	160	14400
残銅率	導体厚		
30-80-80-30%	35-35-35-35μm		

3. 参考ページ

パッケージの熱特性、電気特性の概要については、以下を参照してください。

<https://www.renesas.com/ja-jp/support/technical-resources/package/characteristic.html>

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
0.70	2020.4.20	-	初版発行
1.00	2020.9.30	6	1.16 Gigabit Ethernet の消費電力計算式の誤記訂正。
		8-14	計算式番号の誤記訂正
		8	熱抵抗の誤記訂正(XY 追加、 $XY\psi_{jb}$, $XY\psi_{jt}$, $XY\theta_{ja}$)
		9	熱抵抗の誤記訂正(θ_{ba} を θ_{ca} , XY 追加 $XY\psi_{jb}$, $XY\theta_{jb}$)
		10	誤記訂正。(XY θ_{jcbot} を削除。)
		11	θ_{jb} , ψ_{jb} , ψ_{jmb} の説明変更
		12	熱抵抗の誤記訂正(XY 追加、 $XY\psi_{jt}$, $XY\psi_{jb}$, $XYTb_inc$ $XY\psi_{jt}$ の説明誤記削除。)
		13	熱抵抗の誤記訂正(XY 追加、 $XY\psi_{jb}$, $XYTb_inc$) $XY\theta_{jb}$ の追加。
		14	熱抵抗の誤記訂正(XY 追加、 $XY\psi_{jmb}$) Id_offset の説明変更。

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違っていると、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

●

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 2. 当社製品、本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
 3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
 4. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
 6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
 7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
 8. 当社製品の環境適合性等の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合せください。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、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。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、一切その責任を負いません。
 9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとしたします。
 11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
 12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。
- 注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.4.0-1 2017.11)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。