

電流センスアンプ、シャント抵抗、TVS ダイオード

シャント抵抗方式電流検出回路 シャント抵抗発熱評価

様々なアプリケーションで、高精度電流検出機能は装置の特性向上に重要な役割を担っています。シャント抵抗方式の電流検出回路では、シャント抵抗の発熱が懸念です。このアプリケーションノートは、電流センスアンプ(BD142xx シリーズ)を使用した高精度シャント抵抗方式電流検出回路 リファレンスデザイン (REF68011, REF68012, REF68013, REF68014, REF68015) に搭載しているシャント抵抗の発熱評価データです。同一基板でシャント抵抗種類の違いによる発熱差、同一シャント抵抗使用で基板パターンが異なる場合の発熱差が把握でき、装置のターゲット仕様に最適なシャント抵抗を選定する際の参考にしてください。

シャント抵抗方式電流検出回路 リファレンスデザインの概要とシャント抵抗

「[シャント抵抗方式電流検出回路 設計ガイド](#)」に挙げているリファレンスデザインは Table.1 の通りです。温度上昇を加味してシャント抵抗を選択する必要があり、各リファレンスデザインで複数のシャント抵抗を選択して発熱評価をしています。

*本資料で熱評価を実施していないシャント抵抗や電流条件の発熱に関しては、熱測定/シミュレーションのサポートが可能ですので、営業担当まで問い合わせしてください。

Table 1. シャント抵抗方式電流検出回路 リファレンスデザインの概要

	REF68011	REF68012	REF68013	REF68014	REF68015
電圧系統	12V	24V	48V	48V	48V
検出電流	20A	30A	50A	100A	100A
検出向き	単方向	単方向	単方向	単方向	両方向
電流検センスアンプ	BD14211G-LA 26V, 50V/V	BD14222G-C 40V, 100V/V	BD14232FVJ-C 80V, 100V/V		BD14231FVJ-C 80V, 50V/V
シャント抵抗	PMR100HZPFV2L00 2mΩ	PMR100HZP7FV1L00 1mΩ	PMR100HZP7FV1L50 2 パラ 1.5mΩ//2=0.75mΩ	PMR100HZP7FV0L50 2 パラ 0.5mΩ//2 = 0.25mΩ	
	PSR100KTQFJ2L00 2mΩ	PMR100HZP7FV1L50 1.5mΩ	PMR100HZP7FV1L00 1mΩ	PSR100KTQFF0L50 2 パラ 0.5mΩ//2 = 0.25mΩ	
TVS ダイオード	VS20VUA1VWWM VS20VUA1VWMTF	VS30VUA1VWWM VS30VUA1VWMTF	VS64VLNVWWM VS64VLNVWMTF		

* シャント抵抗の発熱評価は複数種類のシャント抵抗で実施しています。設計基準に従って選択してください。

シャント抵抗の発熱評価

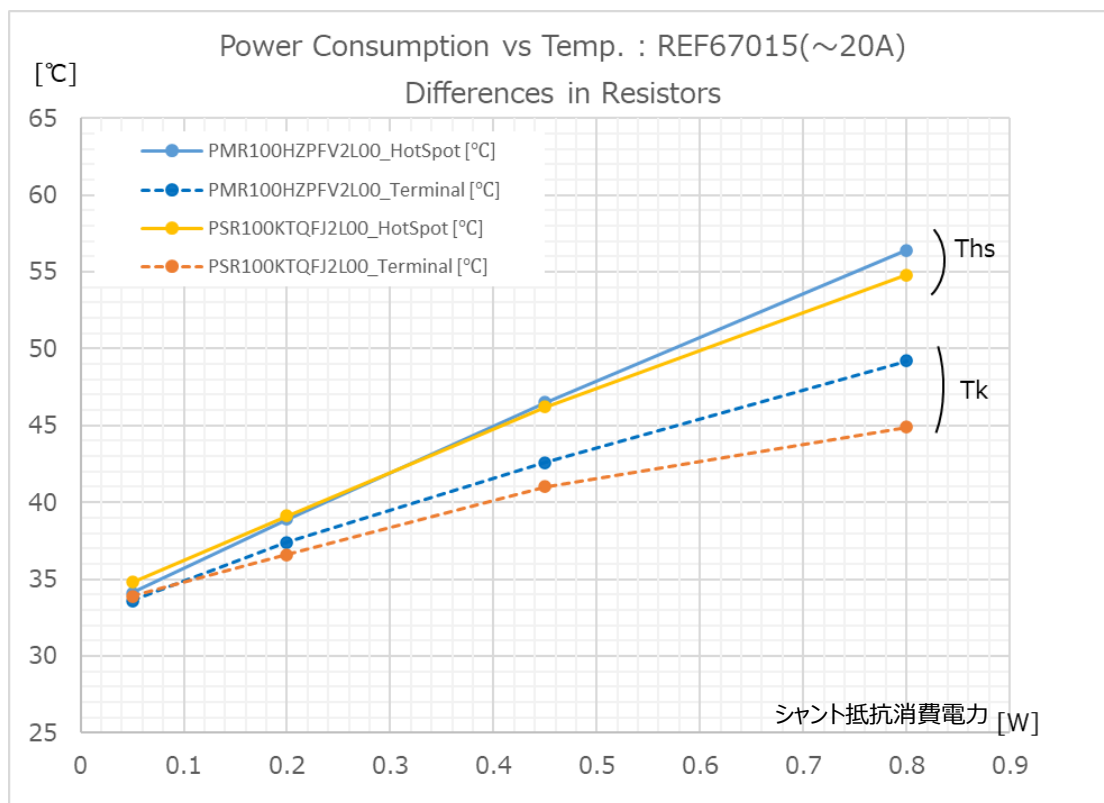
選択した複数のシャント抵抗の発熱評価結果を Table 2.~Table 6.に示します。

測温ポイント T_{hs} (hot spot) と T_k (terminal)については、Appendix 1 の Table A-1.を参照してください。

Table 2. REF68011 シャント抵抗発熱評価

リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68011	PMR100HZPFV2L00	20	2.0	0.8	56.4°C at 20A/0.8W	49.2°C at 20A/0.8W
	PSR100KTQFJ2L00	20	2.0	0.8	54.8°C at 20A/0.8W	44.9°C at 20A/0.8W

評価結果



基板情報

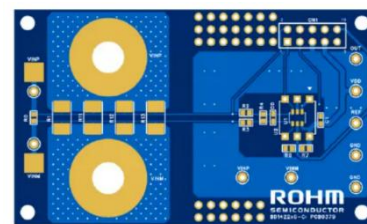
BD1422xG-EVK-001 / BD1423xFVJ-EVK-001 (抵抗実装部の基板パターンは同じ)

シャント抵抗実装部のパターンサイズ : 25mm * 20mm, 2Layer

サーマル VIA : 0.3φ、配置は図の通り

部品はシャント抵抗のみ実装して評価

Ta=Room

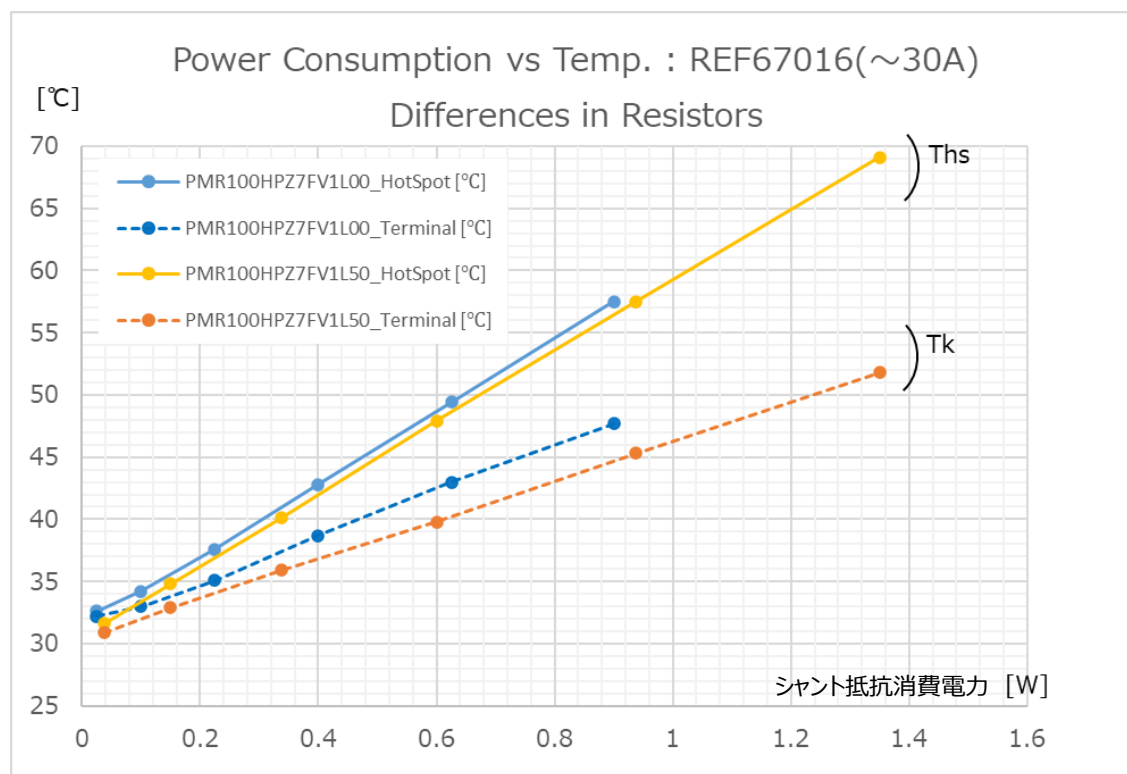


*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

Table 3. REF68012 シャント抵抗発熱評価

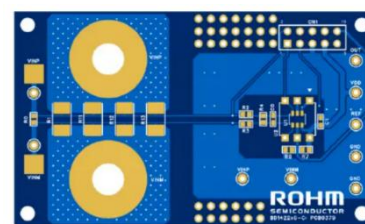
リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68012	PMR100HZP7FV1L00	30	1.0	0.9	57.5°C at 30A/0.9W	47.7°C at 30A/0.9W
	PMR100HZP7FV1L50	30	1.5	1.35	69.1°C at 30A/1.35W	51.8°C at 20A/1.35W

評価結果



基板情報

BD1422xG-EVK-001 / BD1423xFVJ-EVK-001 (抵抗実装部の基板パターンは同じ)
 シャント抵抗実装部のパターンサイズ : 25mm * 20mm, 2Layer
 サーマル VIA : 0.3φ、配置は図の通り
 部品はシャント抵抗のみ実装して評価
 Ta=Room

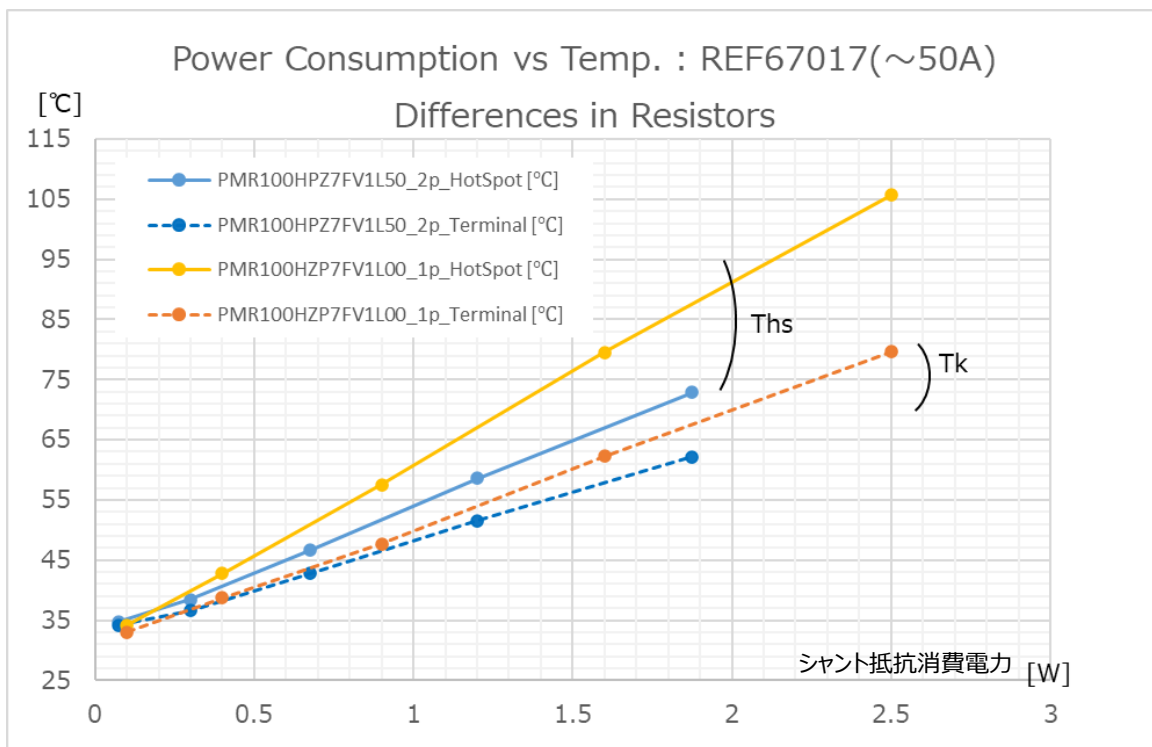


*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

Table 4. REF68013 シャント抵抗発熱評価

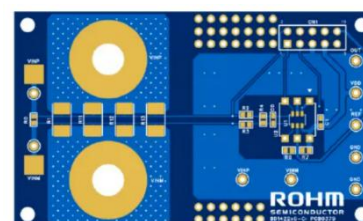
リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68013	PMR100HWP7FV1L50	50	0.75 (2パラ)	1.88	72.9°C at 50A/0.88W	62.2°C at 50A/0.88W
	PMR100HWP7FV1L00	50	1.0	2.5	105.7°C at 50A/2.5W	79.6°C at 50A/2.5W

評価結果



基板情報

BD1422xG-EVK-001 / BD1423xFVJ-EVK-001 (抵抗実装部の基板パターンは同じ)
 シャント抵抗実装部のパターンサイズ : 25mm * 20mm, 2Layer
 サーマル VIA : 0.3Φ、配置は図の通り
 部品はシャント抵抗のみ実装して評価
 Ta=Room

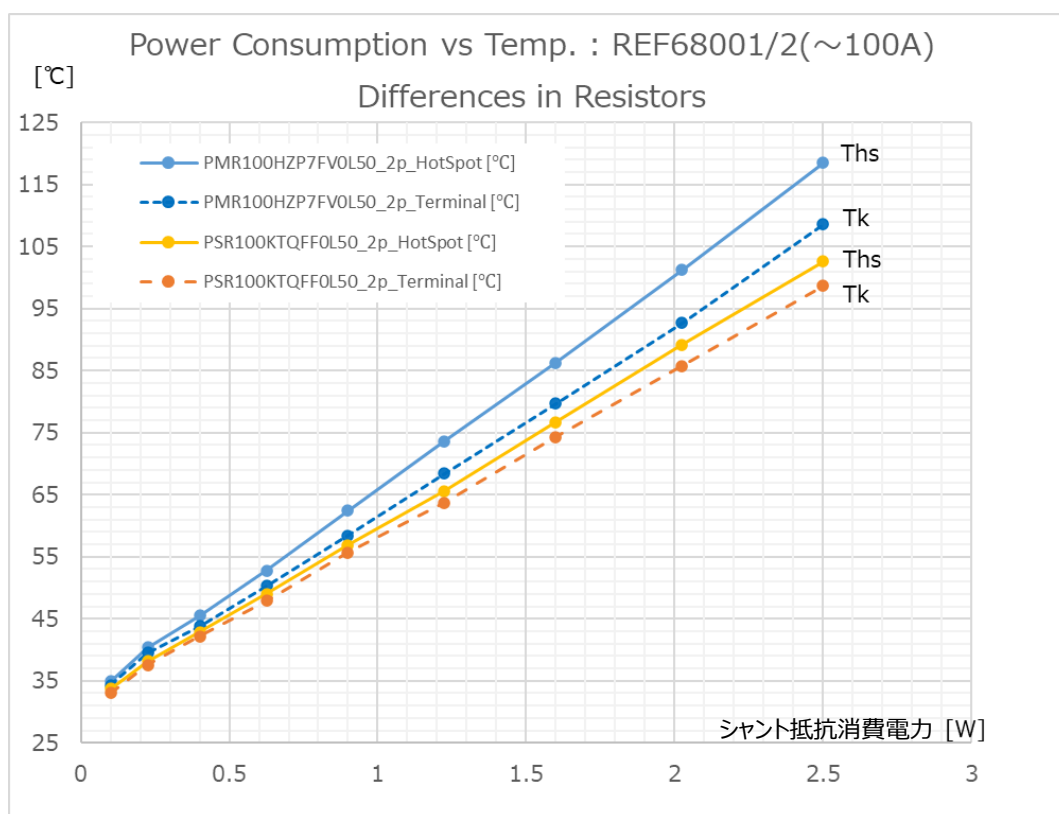


*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

Table 5. REF68014/REF68015 シャント抵抗発熱評価

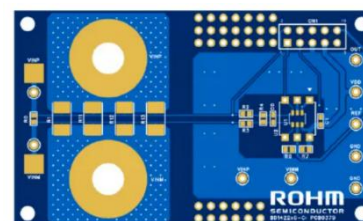
リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68014 REF68015	PMR100HZP7FV0L50	100	0.25 (2パラ)	2.5	118.5°C at 100A/2.5W	108.6°C at 100A/2.5W
	PSR100KTQFF0L50	100	0.25 (2パラ)	2.5	102.6°C at 100A/2.5W	96.7°C at 100A/2.5W

評価結果



基板情報

BD1422xG-EVK-001 / BD1423xFVJ-EVK-001 (抵抗実装部の基板パターンは同じ)
 シャント抵抗実装部のパターンサイズ : 25mm * 20mm, 2Layer
 サーマル VIA : 0.3Φ、配置は図の通り
 部品はシャント抵抗のみ実装して評価
 Ta=Room

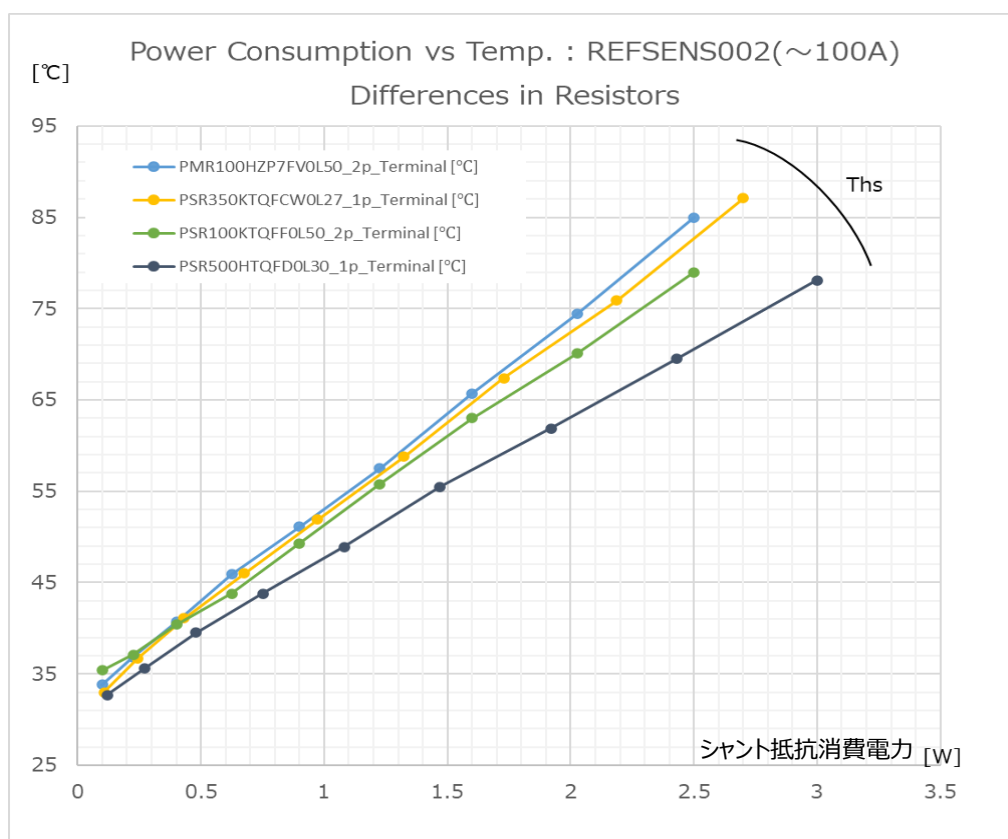


*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

Table 6. REFSENS002 ボード シャント抵抗発熱評価

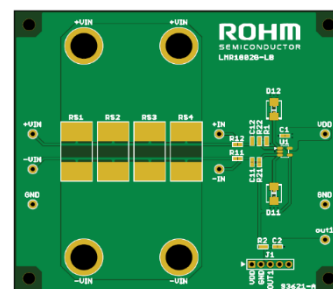
リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REFSENS002	PMR100HZP7FV0L50	100	0.25 (2パラ)	2.5	95.5°C at 100A/2.5W	85.0°C at 100A/2.5W
	PSR100KTQFF0L50	100	0.25 (2パラ)	2.5	84.3°C at 100A/2.5W	79.0°C at 100A/2.5W
	PSR350KTQFCW0L27	100	0.27	2.7	94.9°C at 100A/2.7W	87.1°C at 100A/2.7W
	PSR500HTQFD0L30	100	0.3	3.0	87.1°C at 100A/3.0W	78.1°C at 100A/3.0W

評価結果



基板情報

REFSENS002-EVK-001
 シャント抵抗実装部のパターンサイズ : 40mm * 35mm, 4Layer
 サーマル VIA : 0.3Φ, 配置は図の通り
 部品はシャント抵抗のみ実装して評価
 Ta=Room



*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

基板パターンの違いによる発熱比較

シャント抵抗が同一で、シャント抵抗実装部のパターンが異なる基板 2 種でシャント抵抗の発熱比較を以下に示します。

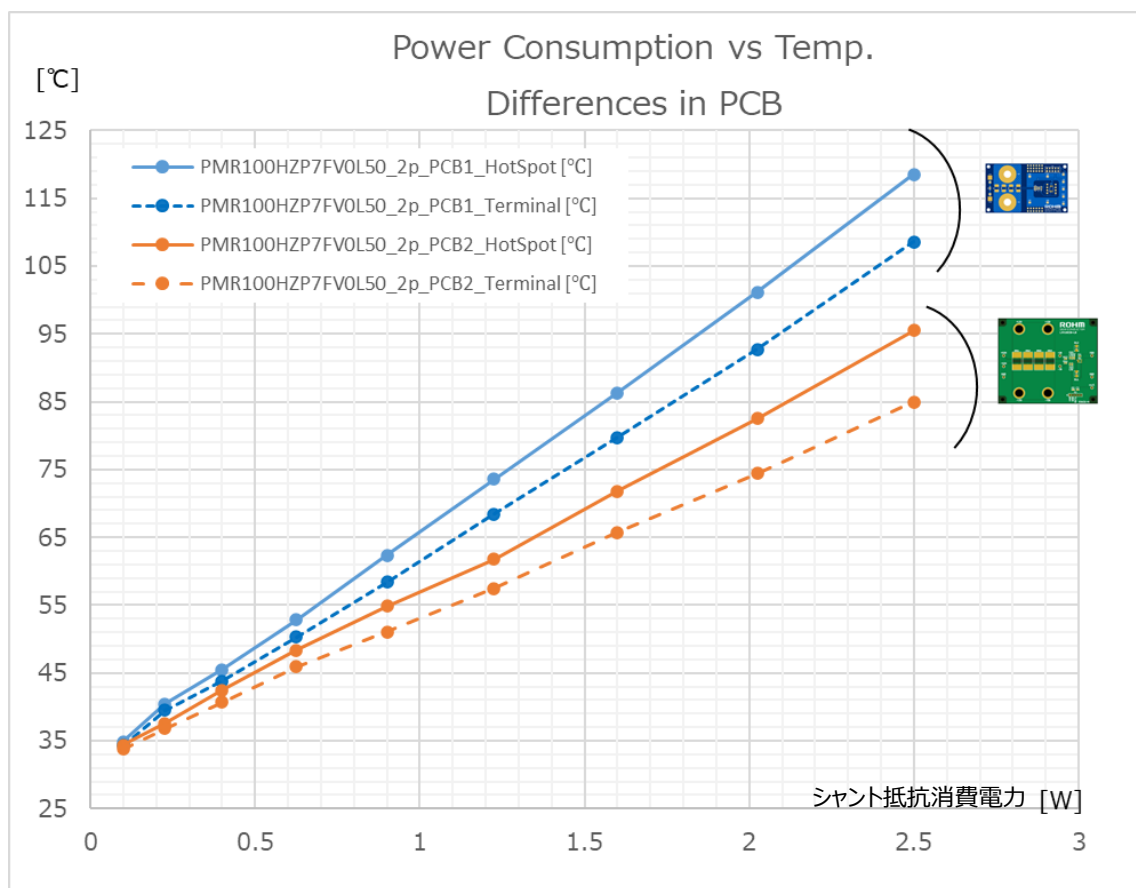
基板についての詳細は、Appendix 1 「シャント抵抗の発熱評価に使用したボード」を参照してください。

Table 7. シャント抵抗発熱評価 基板パターンの違いによる発熱の違い(1)

リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68014 REF68015	PMR100HZP7FV0L50	100	0.25 (2 パラ)	2.5	118.5°C at 100A/2.5W	108.6°C at 100A/2.5W
REFSENS002		100	0.25 (2 パラ)	2.5	95.5°C at 100A/2.5W	85.0°C at 100A/2.5W

評価結果

基板パターンの違いによって、温度上昇は大きく異なる。(同じ抵抗に同じ電流を流した場合)
Ta=Room



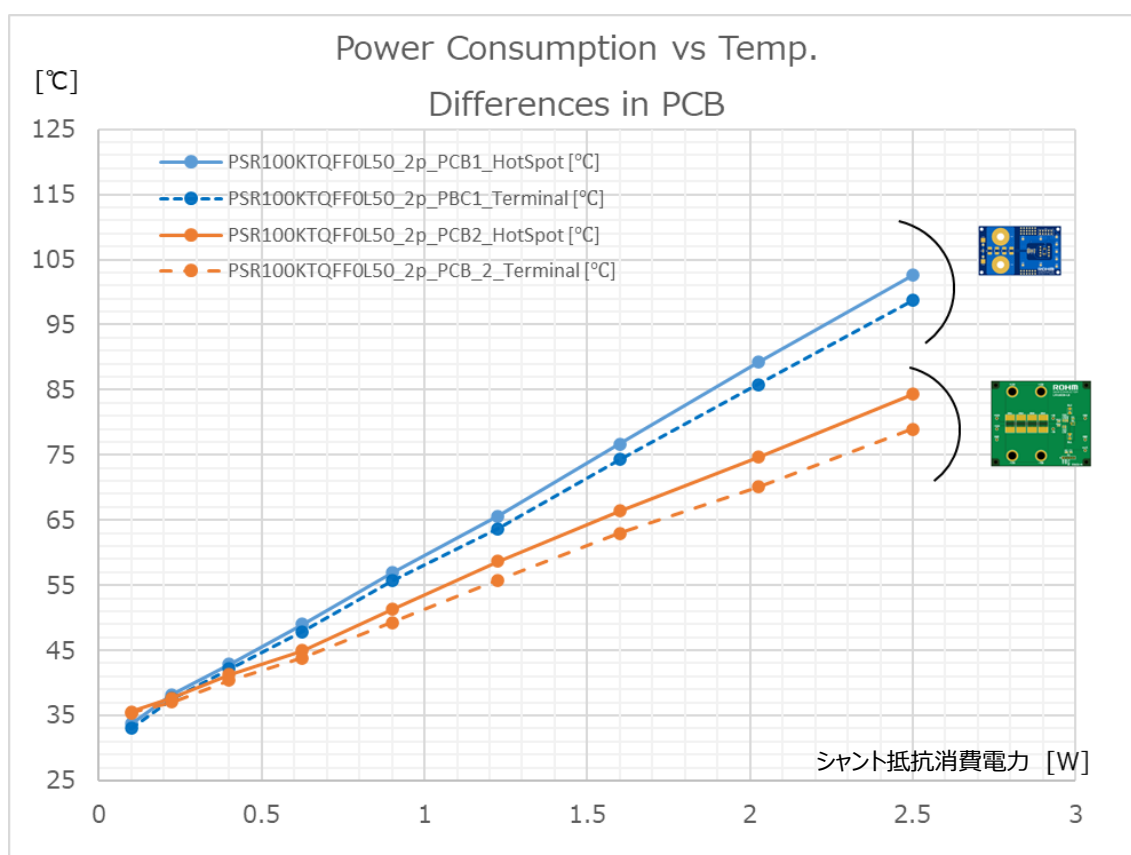
*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

Table 8. シャント抵抗発熱評価 基板パターンの違いによる発熱の違い(2)

リファレンス デザイン No	シャント抵抗	検出 電流 [A]	シャント 抵抗 [mΩ]	消費 電力 [W]	シャント抵抗温度上昇	
					Ths (hot spot)	Tk (terminal)
REF68014 REF68015	PSR100KTQFF0L50	100	0.25 (2 パラ)	2.5	102.6°C at 100A/2.5W	96.7°C at 100A/2.5W
REFSENS002		100	0.25 (2 パラ)	2.5	84.3°C at 100A/2.5W	79.0°C at 100A/2.5W

評価結果

基板パターンの違いによって、温度上昇は大きく異なる。(同じ抵抗に同じ電流を流した場合)
Ta=Room



*グラフ横軸の消費電力は、抵抗値(設計値)と印加電流 で計算された値です。抵抗ばらつきや温度特性を加味していません。

まとめ

公開している電流検出回路リファレンスデザインでシャント抵抗の発熱を評価し、シャント抵抗の違いによる発熱の違いと基板パターンの違いによる発熱の違いを示した。シャント抵抗の種類や基板パターンの違いによって発熱温度が変わる事がわかります。装置のターゲット仕様に従って最適なシャント抵抗選択や基板パターン設計を行い、熱設計トラブル回避に活用してください。

発熱見積りの精度を向上するためには、熱シミュレーションが有効です。基板や放熱環境をモデリングしてより実機に近い状態で熱シミュレーションを行えば、誤差数%レベルでシミュレーション可能です。詳細な熱シミュレーションサポートについては、ロームの営業担当に問い合わせください。

参考文献

[ローサイド電流センシング回路設計 \(アプリケーションノート\)](#)

[REFSENS002 - リファレンスデザイン / アプリケーション評価キット | ローム株式会社 - ROHM Semiconductor](#)

[REFSENS003 - リファレンスデザイン / アプリケーション評価キット | ローム株式会社 - ROHM Semiconductor](#)

[車載規格 AEC-Q100 準拠 電流センスアンプ \(カタログ\)](#)

[シャント抵抗器の表面温度上昇を抑制する方法](#)

[PCB 設計が抵抗温度係数に与える影響](#)

[シャント抵抗器を使用したセンシング回路のセンシングライン PCB レイアウトガイド\(アプリケーションノート\)](#)

執筆

アプリケーションエンジニア 小宮邦裕

アプリケーションエンジニア 橋本拓也

Appendix1

評価環境

評価環境の概要は以下です。周囲の空気対流などに影響を受けないように、36cm x 24cm x 22cm の紙箱で遮断。サーマルカメラは箱内に設置し、シャント抵抗に電流を流し、温度上昇をモニターしました。

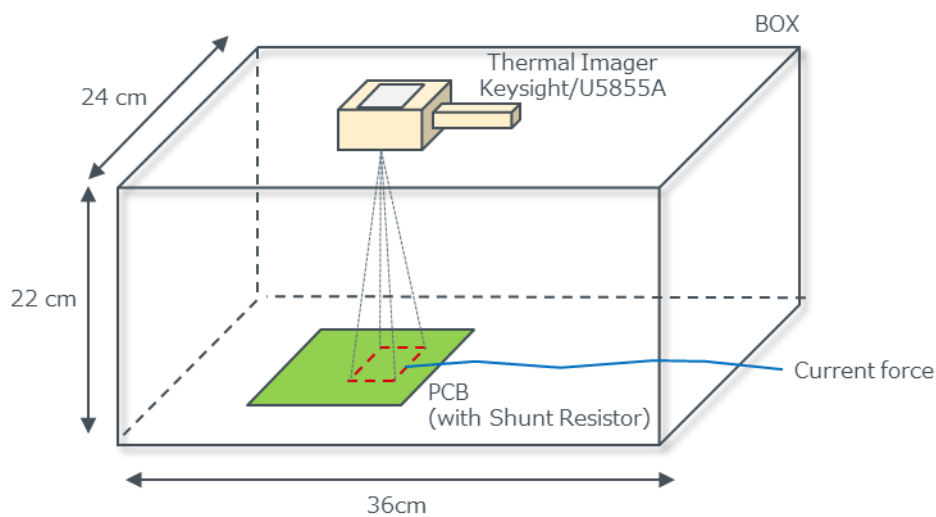


Figure A-1. シャント抵抗発熱評価環境の概要

評価データの例

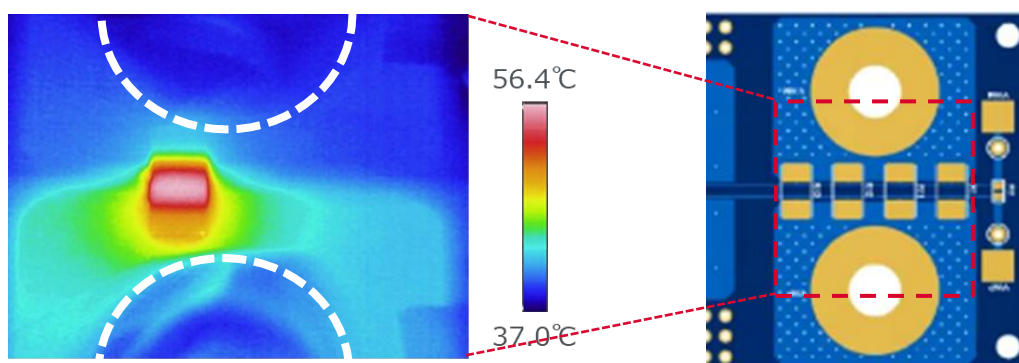
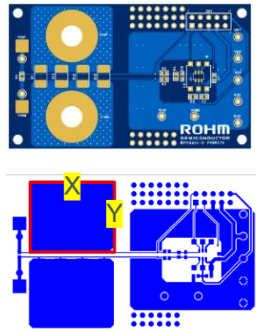
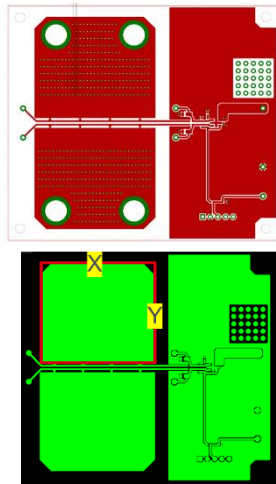
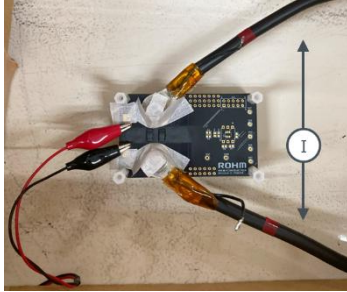
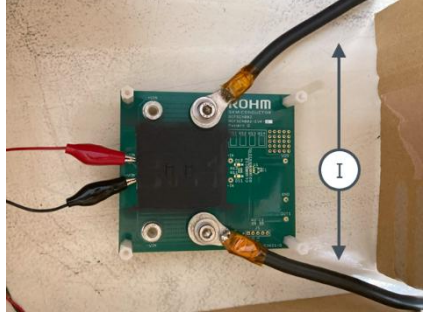
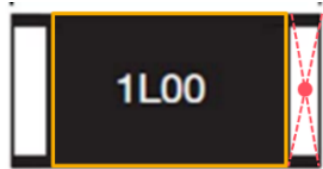


Figure A-2. (例)REF68011 : PMR100HZPFV2L00(2mΩ,端子定格 3W)に 20A を流した場合の温度コンター図

シャント抵抗の発熱評価に使用したボード

発熱評価には Table A-1. に示す 2 種類のボードを使用しました。同じ消費電力で異なるシャント抵抗器の発熱比較や、同一条件で基板パターンの違いによる発熱比較を実施しましたので、部品選定や基板パターン設計の参考にしてください。

Table A-1. シャント抵抗発熱評価に使用したボードの情報

ボード No.	BD1422xG-EVK-001 (*1) BD1423xFVJ-EVK-001 (*1)	REFSENS002-EVK-001
パターン図		
シャント抵抗実装部のパターンサイズ	X*Y = 25mm x 20mm 2層	X*Y = 40mm x 35mm 4層
測定風景		
測定ポイント	抵抗温度(Ths) : 抵抗器のボディー部分の最大温度(Hot Spot) 端子温度(Tk) : 抵抗端子の中心	
この基板を使っている主なりファレンスデザイン	REF68011 , REF68012 , REF68013 , REF68014 , REF68015	REFSENS002

(*1) シャント抵抗実装部のレイアウトは同じです。

Appendix2

Rth_{ja}[°C/W]（熱抵抗）が規定されていない場合のシャント抵抗の発熱見積り

電子デバイスの熱抵抗(Rth_{ja}[°C/W])が規定されていない場合、許容損失(P_d)と負荷軽減曲線が規定されており、その値から発熱を見積もる事が出来ます。しかし、これらの値は理想状態で規定されているため、実基板設計においては大幅にマージンを見ても必要があります。

・REF68011 シャント抵抗選定と評価結果の事例

定格電力は、端子温度定格 3[W]であり、負荷軽減曲線は以下のように規定されています。

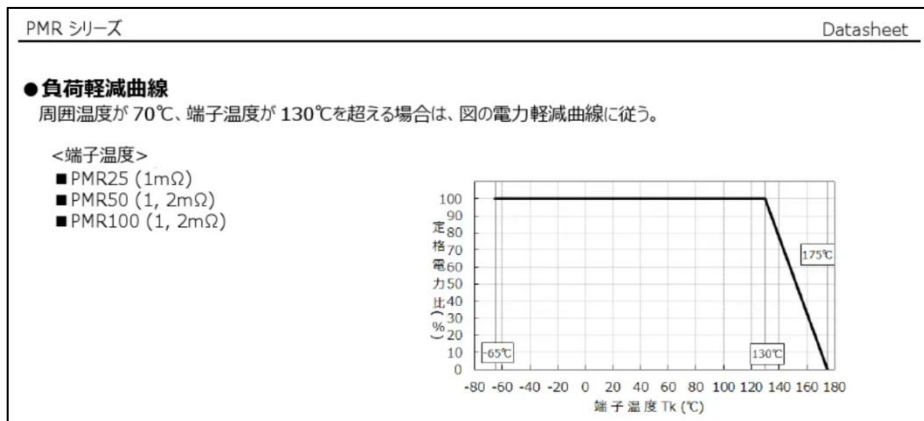


Figure A-3. シャント抵抗 (PMR100HZPFV2L00) 負荷軽減曲線 データシートの抜粋

シャント抵抗の発熱（温度上昇 ΔT [°C]）は以下で表される。

$$Rth_{jk}[\text{°C/W}] = \frac{T_{max.} - T_k}{P_c}$$

$$\Delta T[\text{°C}] = Rth_{jk} * P_{LOSS}$$

Rth_{jk} : 負荷軽減曲線から計算される熱抵抗 [°C/W]

T_{max.} : 負荷軽減曲線で規定されている最大温度 [°C]

T_k : 端子温度 [°C]

P_c : 抵抗器の定格電力 [W]

P_{LOSS} : シャント抵抗の消費電力 [W]

例えば、リファレンスデザイン REF68011 では、20A 電流検出に対して、[PMR100HZPFV2L00](#) (2mΩ, 端子定格 3W) を選定。

以下計算式で、温度上昇は 12[°C]と計算される。しかしながら、実測においては、49.2[°C]-25[°C]=24.2[°C](Table 2.)であり、一致しない事がわかる。

$$Rth_{jk}[\text{°C/W}] = \frac{T_{max.} - T_k}{P_c} = \frac{175[\text{°C}] - 130[\text{°C}]}{3[\text{W}]} = 15[\text{°C/W}]$$

$$\Delta T[\text{°C}] = Rth_{jk} * P_{LOSS} = 15[\text{°C/W}] * 20^2[\text{A}^2] * 2[\text{m}\Omega] = 12[\text{°C}]$$

注)机上計算発熱値は、以下の理由などにより実測温度とは大きなずれが発生しますので、設計時にはご注意願います。

放熱機構 : 理想的環境 (放熱能力が∞) → 基板放熱や空気の流れに限界がある

周囲温度 : Ta=70°C固定 → 閉鎖空間においては周囲温度も上昇する

シャント抵抗特性 : シャント抵抗のばらつきや温度依存性が加味されていない → 実際の抵抗にはばらつきや温特がある

ご 注 意

- 1) 本資料に記載されている内容は、ロームグループ(以下「ローム」という)製品のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新のデータシートもしくは仕様書を必ずご確認ください。
- 2) ローム製品は、一般的な電子機器(AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器等)もしくはデータシートに明示した用途への使用を意図して設計・製造されています。したがって、極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、またはその他の重大な損害の発生に関わるような機器または装置(医療機器、輸送機器、交通機器、航空宇宙機器、原子力制御装置、燃料制御、カーアクセサリを含む車載機器、各種安全装置等)(以下「特定用途」という)にローム製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいますようお願いいたします。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途にローム製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 3) 半導体を含む電子部品は、一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、人の生命、身体、財産への危険または損害が生じないように、お客様の責任においてフェールセーフ設計など安全対策をお願いいたします。
- 4) 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、ローム製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を明示的にも黙示的にも保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 5) ローム製品及び本資料に記載の技術を輸出または国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続きを行ってください。
- 6) 本資料に記載された応用回路例などの技術情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。また、ロームは、本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有または管理している知的財産権その他の権利の実施、使用または利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。
- 7) 本資料の全部または一部をローム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固くお断りいたします。
- 8) 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。ローム製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
- 9) ロームは本資料に記載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様または第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどをご用意しておりますので、お問い合わせください。

ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.co.jp/contactus>