

過熱監視 IC
Thermoflagger™ 応用回路
(TCTH021AE 版)
デザインガイド

RD225-DGUIDE-02

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	3
2. 使用部品	4
2.1. 過熱監視 IC Thermoflagger™ TCTH021AE.....	4
2.1.1. 動作説明	5
2.2. N-ch MOSFET SSM3K35MFV	6
2.3. P-ch MOSFET SSM3J35AMFV	6
3. 仕様とブロック図	7
3.1. 仕様.....	7
4. 回路設計	8
4.1. 回路図.....	8
4.1.1. PTC サーミスター部.....	8
4.1.2. 過熱監視 IC 部.....	9
4.1.3. 異常検知温度のバラつき	9
4.1.4. LED 駆動回路	10
4.1.5. 電源入力回路.....	10
4.1.6. 動作説明	11
5. PCB 設計	12
5.1. 部品配置例	12
6. その他の応用回路例	13
6.1. 光検知回路 (CdS 使用).....	14
6.2. 圧力検知回路 (圧力センサー使用)	14

1. はじめに

本デザインガイドでは過熱監視 IC Thermoflagger™を応用した過熱監視回路のリファレンスデザイン（以下、本デザイン）の設計に関して説明します。本デザインは簡単な構成で、設定した異常検知温度を超えたことを検知する回路です。

本デザインでは過熱監視 IC Thermoflagger™[TCTH021AE](#)を使用しています。また LED 駆動用に[SSM3K35MFV](#)、[SSM3J35AMFV](#)を使用しています。

2. 使用部品

2.1. 過熱監視 IC Thermoflagger™ TCTH021AE

本デザインでは過熱監視 IC Thermoflagger™ [TCTH021AE](#)を使用しています。TCTH021AE は温度によって抵抗値が変化する PTC サーミスターと組み合わせて使用します。

TCTH021AE は、異常過熱を検知したい箇所に配置した PTC サーミスターの抵抗変化を検知し、過熱状態時は FLAG 信号を出力します。これにより電子機器の過熱状態を検出することができます。また PTC サーミスターを直列に接続することで、複数箇所の過熱監視を行うことが可能です。パッケージは小型で業界標準の SOT-553 (当社パッケージ名称 : ESV) を採用し、11.3 μ A (標準) の低消費電流を実現しています。Thermoflagger™ は、電子機器全体の過熱監視を容易に構成することができ、かつ小型化と低消費電力化に貢献します。

TCTH021AE の特長は以下の通りです。

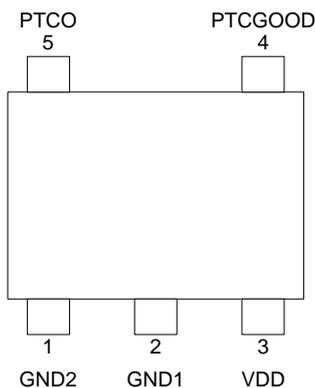
特長

- PTCO 出力電流 : $I_{PTCO} = 10 \mu\text{A}$ (標準)
- 高 PTCO 出力電流精度 $\pm 8 \%$ ($V_{DD} = 3.3 \text{ V}$, $25 \text{ }^\circ\text{C}$)
- 低消費電流 $I_{DD} = 11.3 \mu\text{A}$ (TCTH02xxE, 標準)
- FLAG 信号出力 (PTCGOOD 端子の出力)、プッシュプルタイプ
- 標準パッケージ ESV (SOT-553) (1.6 mm x 1.6 mm x 0.55 mm)

応用機器

- モバイル機器 (ノート PC など)
- 家庭用電気製品
- 産業用機器など

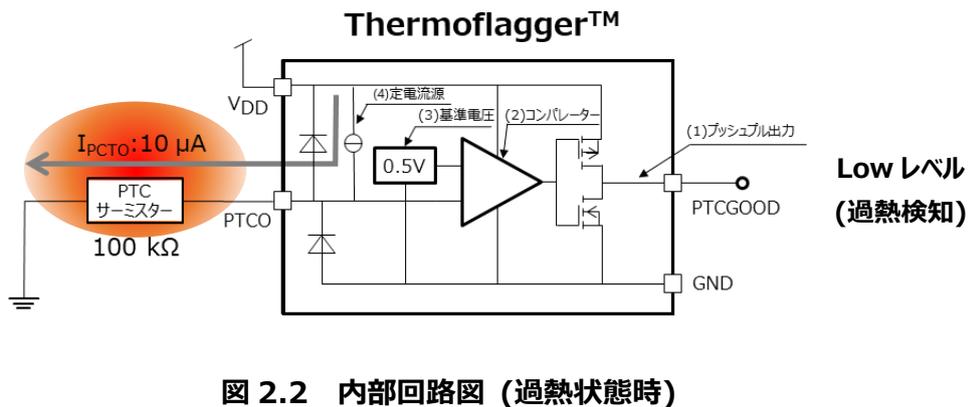
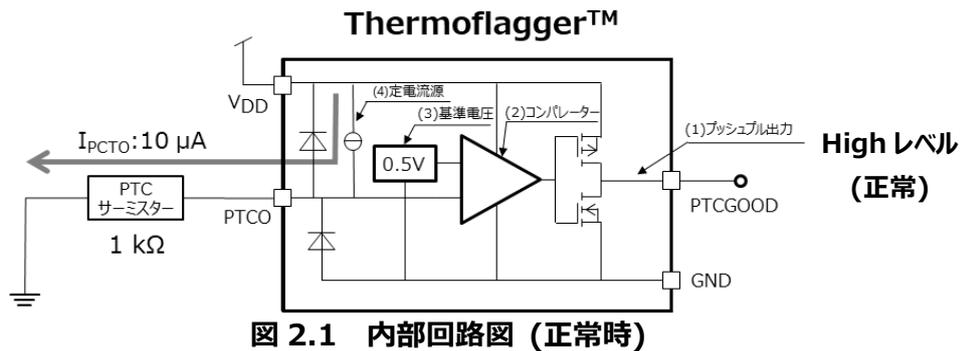
外観と端子配置 (top view)



2.1.1. 動作説明

Thermoflagger™ TCTH021AE のブロック図を図 2.1 (正常時)、図 2.2 (過熱状態時) に示します。内部回路は下記ようになります。

- (1) プッシュプル出力部
- (2) コンパレータ部
- (3) 基準電圧部 (0.5 V)
- (4) 定電流源部 (10 μA)



過熱監視 IC Thermoflagger™ TCTH021AE は異常過熱を検知するため、PTCO 端子に PTC サーミスターを接続して使用します。PTCO 端子からは定電流 10 μA (標準) が PTC サーミスターに流れます。このとき、

$$\text{PTCO 端子の電圧} = (\text{PTC サーミスターの抵抗値}) \times 10 \mu\text{A} \cdots (1)$$

となります。PTC サーミスターはある温度以上となると抵抗値が急上昇する特性を持ちます。内部のコンパレータと基準電圧 0.5 V (標準) から、PTCO 端子の電圧が検知電圧 0.5 V (V_{DET}) つまり PTC サーミスターの抵抗値が 50 kΩ (標準) 以上となると TCTH021AE は過熱状態と検知します。TCTH021AE は PTCO 端子の電圧に応じて PTCGOOD 端子から FLAG 信号を出力します。検知電圧 V_{DET} 以上の電圧が印加されたとき過熱状態と検知し“Low”出力、 V_{DET} 以下のときは“High”出力となります。

PTC サーミスターの常温での抵抗値が 1 kΩ のとき (図 2.1) PTCO 端子の電圧は(1)式から約 10 mV となり FLAG 信号は“High”、温度上昇し PTC サーミスターが 100 kΩ (図 2.2) のとき、同様に PTCO 端子の電圧は 1 V となり FLAG 信号は“Low”となります。

2.2. N-ch MOSFET SSM3K35MFV

本デザインでは LED 駆動回路にて N-ch MOSFET [SSM3K35MFV](#) を使用しています。SSM3K35MFV の特長は以下の通りです。

特長

- 小型パッケージ (VESM, SOT-723:1.2 x 1.2 x 0.5 mm) 搭載
- オン抵抗が低い $R_{DS(ON)} = 8.0 \Omega$ (最大) @ $V_{GS} = 1.5 V$
 $R_{DS(ON)} = 4.0 \Omega$ (最大) @ $V_{GS} = 2.5 V$

2.3. P-ch MOSFET SSM3J35AMFV

本デザインでは LED 駆動回路にて P-ch MOSFET [SSM3J35AMFV](#) を使用しています。SSM3J35AMFV の特長は以下の通りです。

特長

- 小型パッケージ (VESM, SOT-723:1.2 x 1.2 x 0.5 mm) 搭載
- オン抵抗が低い $R_{DS(ON)} = 4.0 \Omega$ (最大) @ $V_{GS} = -1.5 V$
 $R_{DS(ON)} = 2.1 \Omega$ (最大) @ $V_{GS} = -2.5 V$

3. 仕様とブロック図

3.1. 仕様

表 3.1 に本回路の主な仕様、図 3.1 にブロック図を示します。

表 3.1 回路仕様

回路名称	Thermoflagger™	搭載センサー	充電電源	動作
AE1	TCTH021AE (プッシュプルタイプ)	PTC サーミスター	USB Type-C®	いずれかの PTC サーミスターが異常検知温度を超えると赤色 LED 点灯

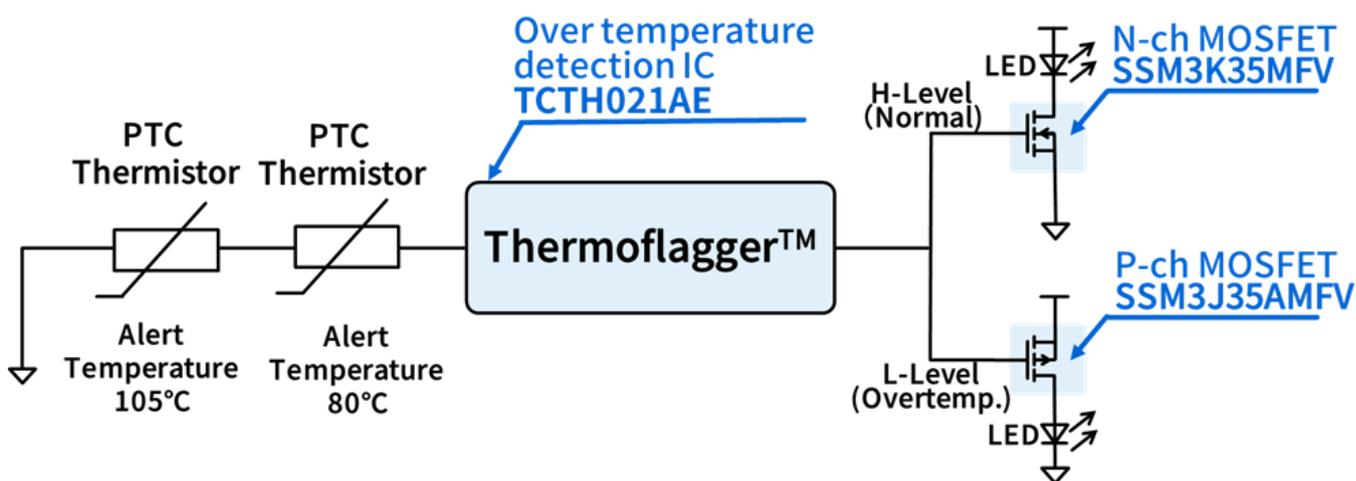


図 3.1 ブロック図

4. 回路設計

4.1. 回路図

図 4.1 に回路図を示します。

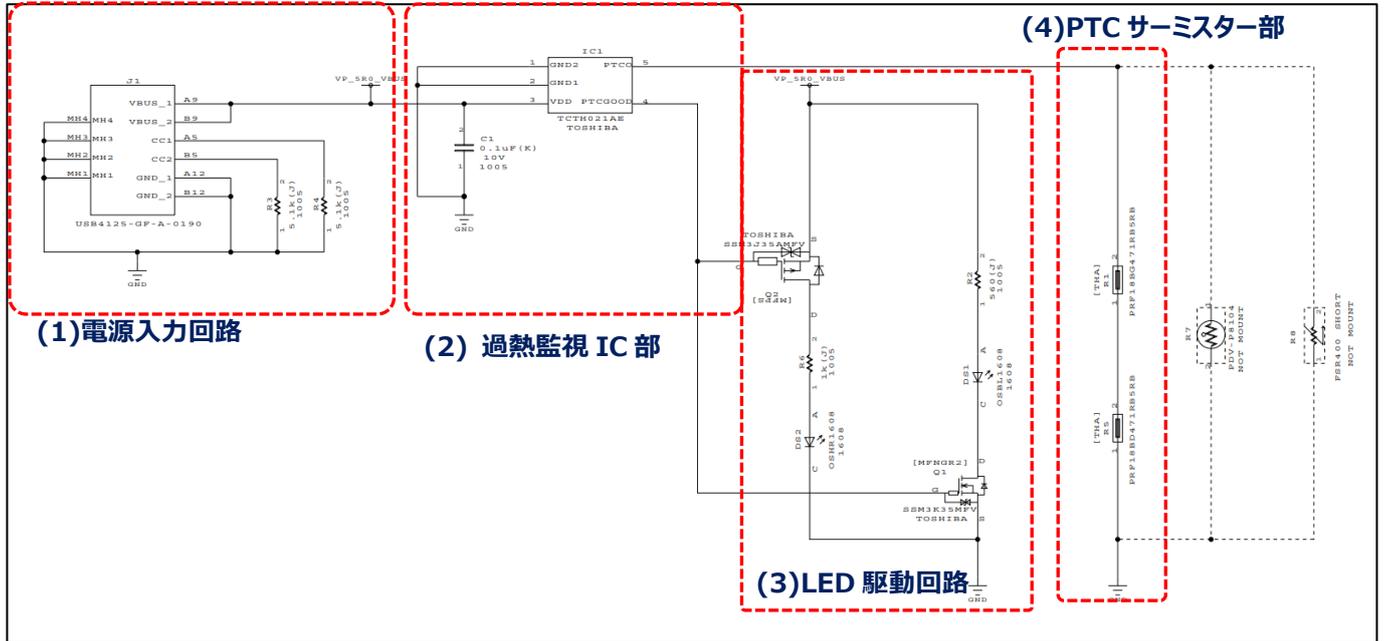


図 4.1 回路図

4.1.1. PTC サーミスター部

本デザインでは温度が約 80 °C 及び約 105 °C 以上のときに過熱状態を検知する回路を設計します。本デザインでは抵抗値が 50 kΩ となったときに過熱状態と検知するため、それぞれの温度で抵抗値が約 50 kΩ となる PTC サーミスターとして PTCO 端子と GND 間に PRF18BG471RB5RB (R1、村田製作所製)、PRF18BD471RB5RB (R5、村田製作所製) の温度特性が異なる 2 個の PTC サーミスターを直列接続しています。

図 4.2 に PTC サーミスター-PRF18BG471RB5RB、図 4.3 に PRF18BD471RB5RB の抵抗値の温度特性を示します。PTC サーミスターは温度の上昇により抵抗値が急増する特性を持ちます。これらの図から PRF18BG471RB5RB は異常検知温度が約 72 °C から 86 °C、PRF18BD471RB5RB は約 104 °C から 116 °C となります。

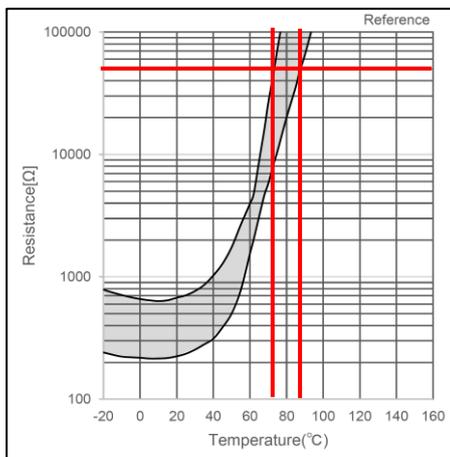


図 4.2 PRF18BG471RB5RB
抵抗値-温度特性 (製品仕様から引用)

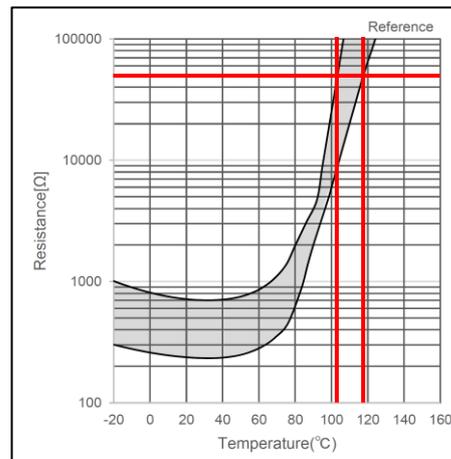


図 4.3 PRF18BD471RB5RB
抵抗値-温度特性 (製品仕様から引用)

4.1.2. 過熱監視 IC 部

本回路は過熱監視 IC Thermoflagger™ TCTH021AE (IC1) を搭載しています。TCTH021AE の PTCO 端子からは 10 μA (標準) の定電流 I_{PTCO} が出力され、本端子と GND 間に PTC サーミスターを接続して使用します。また PTCGOOD 端子はプッシュプル出力構成となっており FLAG 信号を出力します。PTCO 端子の電圧 V_{PTCO} が規定電圧 V_{DET} の 0.5 V (標準) 以上となると FLAG 信号は“Low”出力、 V_{DET} 未満となるとハイインピーダンスとなります。TCTH021AE の PTCGOOD 端子は 10 kΩ (R9) で 5 V にプルアップしており、PTCGOOD 端子がハイインピーダンスのとき FLAG 信号は約 5 V の“High”出力となります。

4.1.3. 異常検知温度のバラつき

表 4.1 に TCTH021AE の I_{PTCO} と V_{DET} のバラつきを示します。

表 4.1 TCTH021AE の特性 ($V_{DD} = 5.0 V$, $V_{SS} = GND$, $T_a = 25 ^\circ C$)

項目	記号	最小	標準	最大	単位
PTCO 出力電流	I_{PTCO}	8.0	10.0	12.2	μA
検知電圧	V_{DET}	0.42	0.50	0.58	V

TCTH021AE の I_{PTCO} 、 V_{DET} のバラつきから、PTC サーミスターの異常検知温度での抵抗値は以下の範囲内にある必要があります。設計の際は十分マージンを考慮の上、設計してください。

$$\frac{V_{DET(最小)}}{I_{PTCO(最大)}} < \text{PTC サーミスターの異常検知温度での抵抗値} < \frac{V_{DET(最大)}}{I_{PTCO(最小)}}$$

$$= \frac{0.42 V}{12.2 \mu A} < \text{PTC サーミスターの異常検知温度での抵抗値} < \frac{0.58 V}{8 \mu A}$$

$$= 34.4 k\Omega < \text{PTC サーミスターの異常検知温度での抵抗値} < 72.5 k\Omega$$

本デザインでは上記の計算結果と、各 PTC サーミスターの製品仕様から、PRF18BG471RB5RB (R1) の温度が約 71 °C から約 90 °C の間 (図 4.4)、PRF18BD471RB5RB (R5) の温度が約 102 °C から約 122 °C の間 (図 4.5) で異常過熱と検知します。

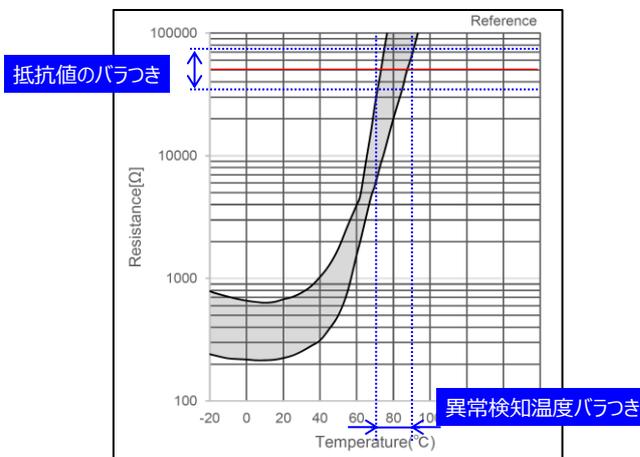


図 4.4 PRF18BG471RB5RB
抵抗値-温度特性 (製品仕様から引用)

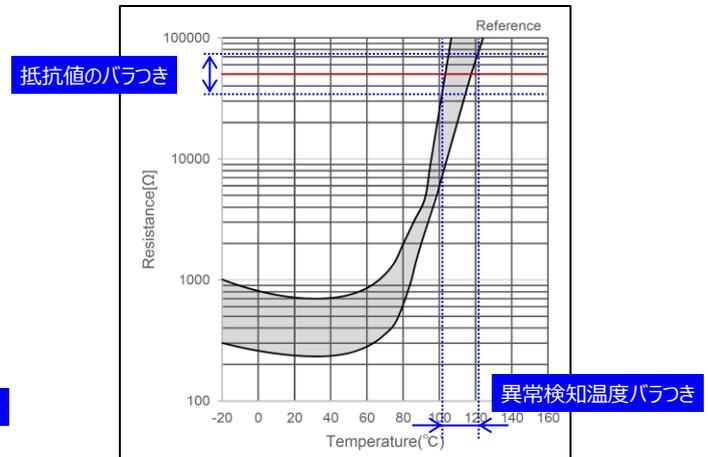


図 4.5 PRF18BD471RB5RB
抵抗値-温度特性 (製品仕様から引用)

4.1.4. LED 駆動回路

LED 駆動回路は FLAG 信号が Low の時に点灯する赤色 LED (DS2)、LED への電流制限抵抗 R6、LED を駆動するハイサイドスイッチ P-ch MOSFET (Q1)、及び FLAG 信号が High の時に点灯する青色 LED (DS1)、LED への電流制限抵抗 R2、LED を駆動するローサイドスイッチ N-ch MOSFET (Q2) で構成しています。

本回路の電源電圧を V_{DD} 、LED の順方向電圧を V_F 、MOSFET のオン抵抗を $R_{DS(ON)}$ 、電流制限抵抗の抵抗値を R とすると、LED の順方向電流 I_F は次式のように示すことができます。

$$I_F = \frac{(V_{DD} - V_F)}{(R + R_{DS(ON)})} = \frac{5 - V_F}{R + R_{DS(ON)}}$$

本回路での赤色 LED (DS2) の順方向電流 I_F は約 3 mA 程度になるように設計します。

Thermoflagger™ の FLAG 信号が Low レベルで出力されると、MOSFET (Q2) の V_{GS} が約 5 V となり、MOSFET がオンして赤色 LED が点灯します。このときオン抵抗 $R_{DS(ON)}$ は約 1.4 Ω となり、 $I_F = 3$ mA、 $V_F = 2.2$ V とすると $R \approx 930$ Ω となるため、電流制限抵抗 R6 は 1 k Ω にしています。

また青色 LED (DS1) の順方向電流 I_F も約 3 mA 程度になるように設計します。

Thermoflagger™ の FLAG 信号が High レベルで出力されると、MOSFET (Q1) の V_{GS} が約 5 V となり、MOSFET がオンして青色 LED が点灯します。このときオン抵抗 $R_{DS(ON)}$ は約 3 Ω となり、 $I_F = 3$ mA、 $V_F = 3.2$ V とすると $R \approx 597$ Ω となるため、電流制限抵抗 R2 は 560 Ω にしています。

4.1.5. 電源入力回路

本回路では USB Type-C® レセプタクル (J1) に USB 充電機器を接続することで電源を供給します。

J1 から本回路の電源電圧 VDD (5.0 V) を供給するため USB Type-C® のコンフィギュレーションに基づき、シンク側として動作するよう CC1、CC2 端子を 5.1 k Ω (R3, R4) でプルダウンしています。

4.1.6. 動作説明

[常温の場合]

2つの PTC サーミスター R1、R5 の抵抗値は約 470 Ω となります。過熱監視 IC Thermoflagger™ の PTCO 端子から流れる定電流 I_{PTCO} が 10 μA であることから、PTCO 端子の電圧 V_{PTCO} は $470 \Omega \times 2 \times 10 \mu A = 9.4 \text{ mV}$ となり、 V_{DET} よりも低いいため FLAG 信号は High となり青色 LED (DS1) が点灯します。

[PTC サーミスター (R1) が約 80 °C 以上の場合]

PTC サーミスター (R1) の温度が 80 °C 近辺で抵抗値が 50 kΩ 以上となった時、 V_{PTCO} は 0.5 V (V_{DET}) 以上となるため FLAG 信号は Low となり赤色 LED (DS2) が点灯します。

[PTC サーミスター (R5) が約 105 °C 以上の場合]

PTC サーミスター (R1) の温度が 105 °C 近辺で抵抗値が 50 kΩ 以上となった時、 V_{PTCO} は 0.5 V (V_{DET}) 以上となるため FLAG 信号は Low となり赤色 LED (DS2) が点灯します。

PTCO 端子に 2 つ以上の PTC サーミスターを接続したとき、温度上昇によっていずれかの PTC サーミスターの抵抗値が大きくなると V_{PTCO} が V_{DET} 以上となり、過熱監視 IC Thermoflagger™ は過熱状態を検知します。なお複数の PTC サーミスターを使用する場合、異常検知温度以下で本 IC が検出することが無いように合成抵抗値を検討してください。

5. PCB 設計

5.1. 部品配置例

図 5.1 に部品配置例を示します。

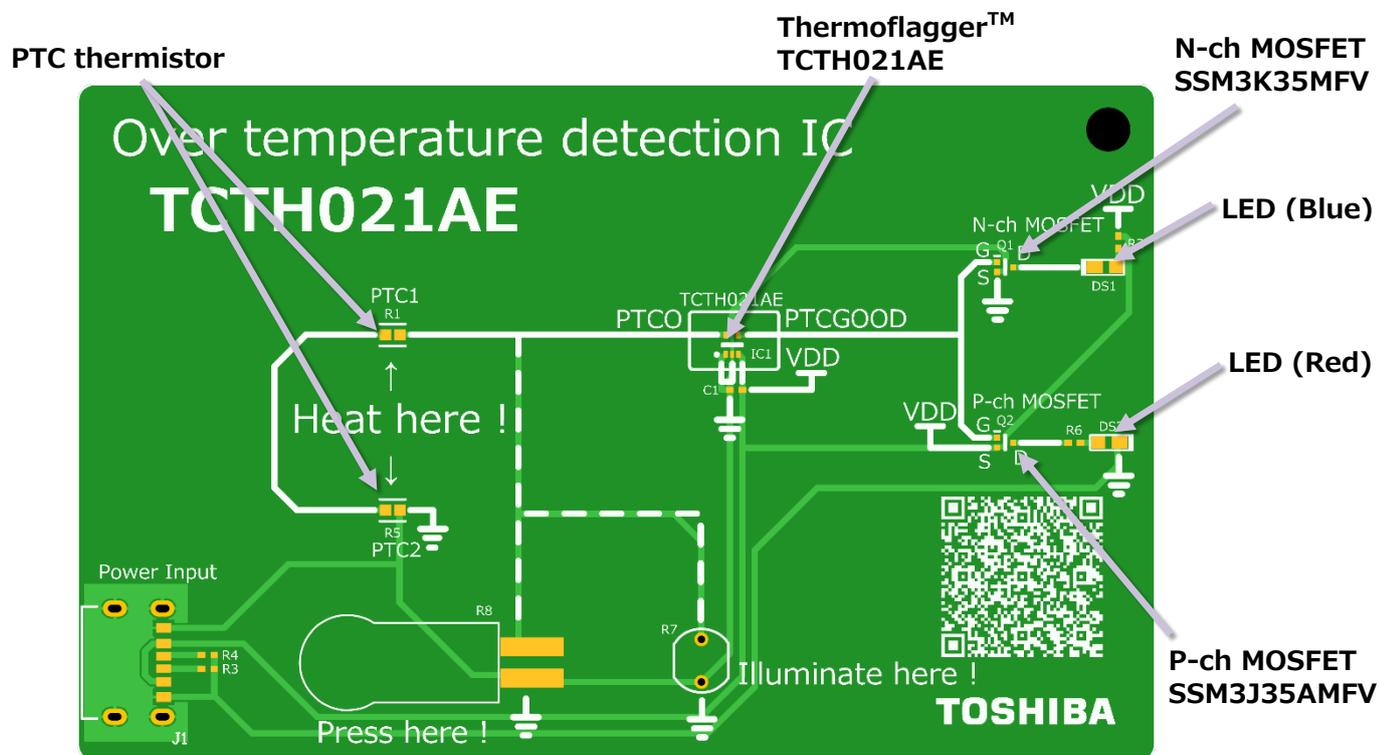


図 5.1 基板部品配置

6. その他の応用回路例

環境によって抵抗が変化するセンサーと Thermoflagger™ を応用することで、各種検知回路を構成することができます。光検知回路（CdS 使用）のブロック図を図 6.1、圧力検知回路（圧力センサー使用）のブロック図を図 6.2 に示します。

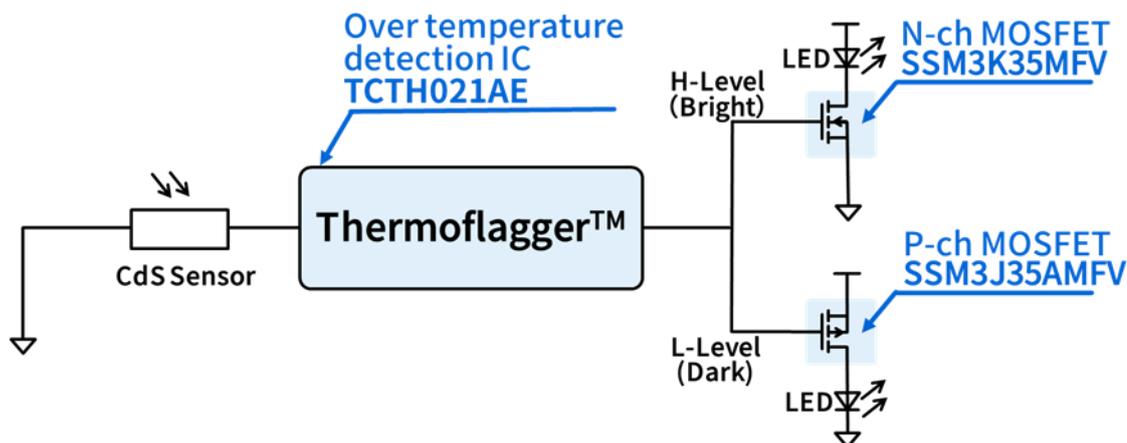


図 6.1 ブロック図（光検知回路への応用例）

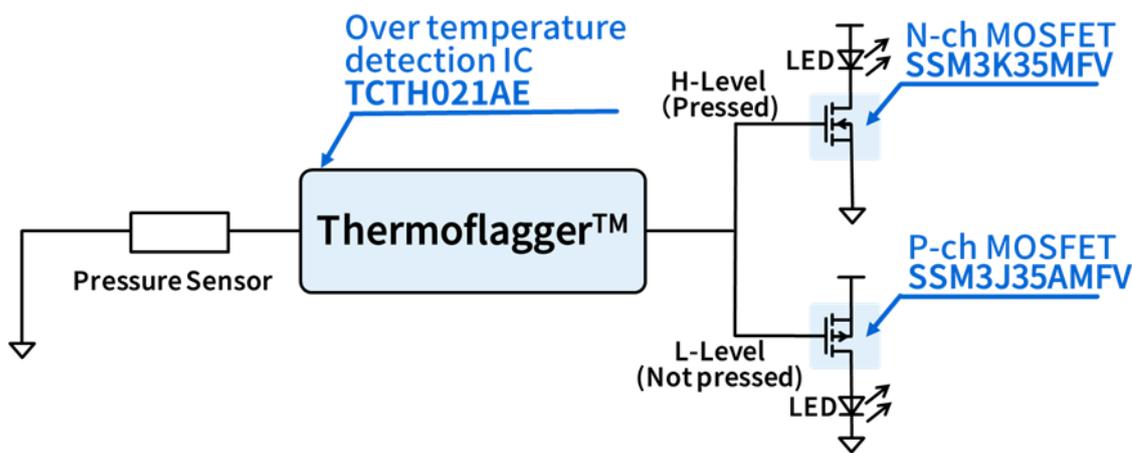


図 6.2 ブロック図（圧力センサー回路への応用例）

表 6.1 回路仕様

回路名称	Thermoflagger™	搭載センサー	充電電源	動作
AE2	TCTH021AE (プッシュプルタイプ)	CdS	USB Type-C®	<ul style="list-style-type: none"> ・センサーの周囲が明るくなると青色 LED が点灯 ・センサーの周囲が暗くなると赤色 LED 点灯
AE3		圧力センサー		<ul style="list-style-type: none"> ・センサーに圧力がかかると青色 LED が点灯 ・センサーに圧力がかかっていない状態では赤色 LED 点灯

6.1. 光検知回路 (CdS 使用)

[センサーの周囲が暗い場合]

CdS は入射光により抵抗値が変わる光導電素子で、入射光が少ないと抵抗値が高くなります。センサーの周囲が暗くなり CdS の抵抗値が 50 kΩ となった場合、過熱監視 IC Thermoflagger™ の PTCO 端子から流れる定電流 I_{PTCO} が 10 μA であることから、PTCO 端子の電圧 V_{PTCO} は $50 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ }\mu\text{A} = 0.5 \text{ V}$ と V_{DET} 以上となるため FLAG 信号は Low となり赤色 LED が点灯します。

[センサーの周囲が明るい場合]

入射光が多いと CdS の抵抗値が小さくなります。これにより CdS の抵抗値が 50 kΩ 以下となると V_{PTCO} は 0.5 V (V_{DET}) 以下となるため FLAG 信号は High となり青色 LED が点灯します。

6.2. 圧力検知回路 (圧力センサー使用)

[センサーに圧力がかかっていない場合]

本デザインでは高分子厚膜フィルム (PTF : Polymer Thick Film) を用いた圧力センサーを使用しています。PTF はセンサー部分に圧力がかかっていない状態では抵抗値が高くなる特性をもちます。圧力がかかっていない状態で抵抗値が 50 kΩ 以上の場合、過熱監視 IC Thermoflagger™ の PTCO 端子から流れる定電流 I_{PTCO} が 10 μA であることから、PTCO 端子の電圧 V_{PTCO} は $50 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ }\mu\text{A} = 0.5 \text{ V}$ と V_{DET} 以上となるため FLAG 信号は Low となり赤色 LED が点灯します。

[センサーに圧力がかかっている場合]

圧力センサーに圧力をかけると抵抗値が小さくなります。これによりセンサーの抵抗値が 50 kΩ 以下となると V_{PTCO} は 0.5 V (V_{DET}) 以下となるため FLAG 信号は High となり青色 LED が点灯します。

※ Thermoflagger™ は東芝デバイス&ストレージ株式会社の商標です。

※ USB Type-C®, USB-C® は、USB Implementers Forum の登録商標です。

※ その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本リファレンスデザイン」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。

第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本リファレンスデザインは、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本リファレンスデザインを販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本リファレンスデザインは、高温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本リファレンスデザインを、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しないでください。

第2条 保証制限等

1. 本リファレンスデザインは、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。
2. 本リファレンスデザインは参考用のデータです。当社は、データ及び情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、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します。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、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下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本リファレンスデザインは、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又は実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当社は、本リファレンスデザインに関して、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。）をせず、また当社は、本リファレンスデザインに関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損害、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

第3条 契約期間

本リファレンスデザインをダウンロード又は使用することをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。本規約は予告なしに変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は本リファレンスデザインを破棄しなければなりません。さらに当社が要求した場合には、お客様は破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

第4条 輸出管理

お客様は本リファレンスデザインを、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てはなりません。また、お客様は「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なければなりません。

第5条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。

第6条 管轄裁判所

本リファレンスデザインに関する全ての紛争については、別段の定めがない限り東京地方裁判所を第一審の専属管轄裁判所とします。