

eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)

デザインガイド

RD241B-DGUIDE-01

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	2
2. 主な使用部品	4
2.1. eFuse IC TCKE905ANA	4
2.2. Thermoflagger™ TCTH021BE	5
2.3. MOSFET	6
2.4. L-MOS ロジック IC.....	6
2.5. ツェナーダイオード.....	6
3. 仕様とブロック図	7
3.1. 仕様.....	7
3.2. 回路ブロック図.....	8
3.2.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) ブロック図	8
3.2.2. ベース基板ブロック図	9
4. 回路設計	10
4.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)).....	10
4.1.1. 過熱検出.....	11
4.1.2. 過電流検出	11
4.1.3. スルーレートの設定	12
4.2. ベース基板	13
4.2.1. ベース基板の各回路	13
4.2.2. 出力負荷通電方式	15
5. PCB 設計	16
5.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)).....	16
5.2. ベース基板	17
5.3. 設計上の注意点.....	18

1. はじめに

本デザインガイドではeFuse IC 応用回路（過電流保護強化）基板の仕様、動作手順について解説します。

近年、ノートパソコン・ゲーム機器などの各種民生機器・ストレージ機器・サーバーなどで、さまざまな保護機能が重要になってきています。本デザインガイドでは本用途に最適な、eFuse IC（電子ヒューズ）とThermoflagger™を組み合わせた保護回路（以下本デザイン）の仕様、動作手順について解説します。

eFuse IC（電子ヒューズ）は、過剰な電流が流れると内部検出回路が動作し、従来のヒューズに対して高速な電流遮断機能を持ちます。さらに一度の過電流では破壊されないため、繰り返し使用することができます。他にも、過電圧保護など多彩な保護機能を内蔵しています。

本デザインeFuse IC 応用回路（過電流保護強化）はモジュール基板とベース基板で構成されます。

モジュール基板は過電流保護機能を持つeFuse IC（[TCKE905ANA](#)）とThermoflagger™（[TCTH021BE](#)）およびPTCサーミスターで構成した回路です。本デザインではThermoflagger™はeFuse ICの電流をモニターするために使用しており、過電流を検出したときeFuse ICの出力を遮断します。またPTCサーミスター（PTC11）が異常過熱して抵抗値が上昇し、PTCサーミスター（PTC11）と4.7kΩの抵抗（R11）で分圧した電圧が下がったときもeFuse ICの出力を遮断します。

ベース基板は、モジュール基板を評価するための基板です。出力回路としてN-chパワーMOSFETの[TPHR8504PL1](#)、MOSFETゲートドライバーIC [TCK402G](#)、信号制御用に[抵抗内蔵型トランジスター](#)、[ワンゲートロジックIC](#)の[TC7PZ17FU](#)、[CMOSロジックIC](#)の[74HC123D](#)を搭載しています。

なおベース基板は、リファレンスデザイン「[パワーマルチプレクサー回路](#)」と同じです。

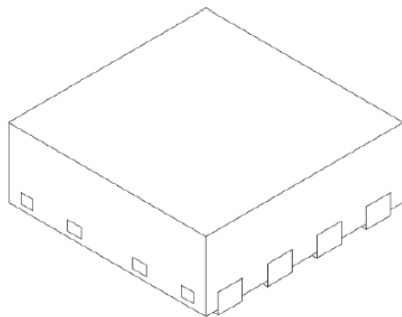
2. 主な使用部品

2.1. eFuse IC TCKE905ANA

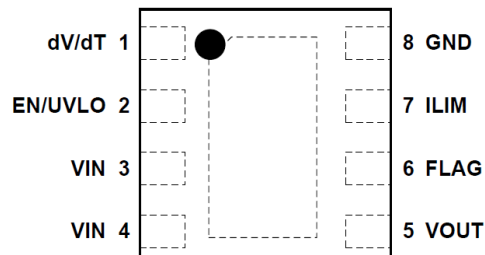
TCKE905ANA の主な特長は以下のとおりです。詳細は[こちらをクリック](#)してください。

- 高耐圧入力電圧: $V_{IN} = 25.0V$ (Max.)
- 低オン抵抗: $R_{ON} = 34m\Omega$ (Typ.)
- 調整可能な過電流保護機能内蔵: 0.5A ~ 4.0A
- 固定過電圧クランプ回路内蔵: TCKE905ANA: $V_{OVC} = 5.7V$ (Typ.)
- 突入電流抑制のための外付け容量によるスルーレート調整回路内蔵
- 外付け抵抗により調整可能な低電圧誤動作防止回路内蔵
- 過熱保護回路内蔵
- 小型パッケージ
WSO8 (2.0mm x 2.0mm (Typ.) , t: 0.8mm (Max.))
- IEC62368-1 認証予定

外観と端子配置



WSO8



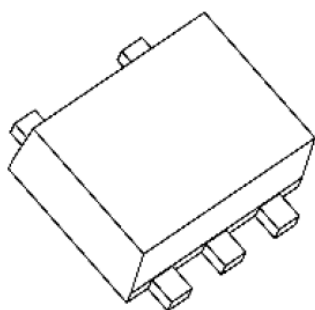
2.2. Thermoflagger™ TCTH021BE

本デザインでは eFuse IC (TCKE905ANA) の ILIM 端子のモニターに使用しています。詳細は[こちらをクリック](#)してください。

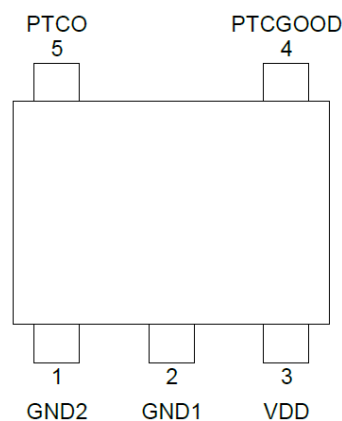
TCTH021BE の主な特長は以下のとおりです。

- PTCO 出力電流: $I_{PTCO} = 10\mu\text{A}$ (Typ.)
- 高 PTCO 出力電流精度: $\pm 8\%$ ($V_{DD} = 3.3\text{V}$, 25°C)
- 低消費電流: $I_{DD} = 11.3\mu\text{A}$ (Typ.)
- FLAG 信号出力 (PTCGOOD) : オープンドレインタイプ
- 標準パッケージ: ESV (SOT-553) (1.6mm x 1.6mm x 0.55mm)

外観と端子配置



ESV



2.3. MOSFET

本デザインでは以下の MOSFET を使用しています。詳細は品番をクリックしてください。

品番	用途	Package	V _{DSS}	V _{GSS}	R _{DS(ON)} Max.
SSM3K35MFV	LED 制御用	VESM	20V	+/-10V	4Ω@4.0V
SSM3J35AMFV	LED 制御用	VESM	-20V	+/-10V	1.1Ω@-4.5V

2.4. L-MOS ロジック IC

本デザインでは以下の L-MOS ロジック IC を使用しています。詳細は品番をクリックしてください。

品番	Package	Function	V _{CC}
TC7SH34FU	USV	Non-Inverting Buffer	2.0~5.5V

2.5. ツェナーダイオード

本デザインでは以下のツェナーダイオードを使用しています。詳細は品番をクリックしてください。

品番	Package	V _Z (V) Typ.	VESD
CEZ6V8	US2H	6.8V @I _Z = 10mA	±30kV

3. 仕様とブロック図

3.1. 仕様

表 3.1、表 3.2 に本デザインの主な仕様を記載します。

表 3.1 モジュール基板仕様

基板名称	入力電圧	最大出力電流
eFuse 応用回路 (過電流保護強化)	Min. 2.7V, Typ. 5V, Max. 6V	1.4A (標準)、 抵抗設定で最大 4A まで変更可能

表 3.2 ベース基板仕様

入力	VINA 入力 (VINA 2.7~6V) VINB 入力 (-) 駆動電源 (VDD 5~12V)
出力	出力負荷 A~D (LOAD-A~LOAD-D それぞれ抵抗負荷と容量負荷の合計 4A) FLAG 出力 (VINA 入力時に Hレベル (約 5V) 出力)

3.2. 回路ブロック図

3.2.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) ブロック図

モジュール基板のブロック図を図 3.1 に示します。

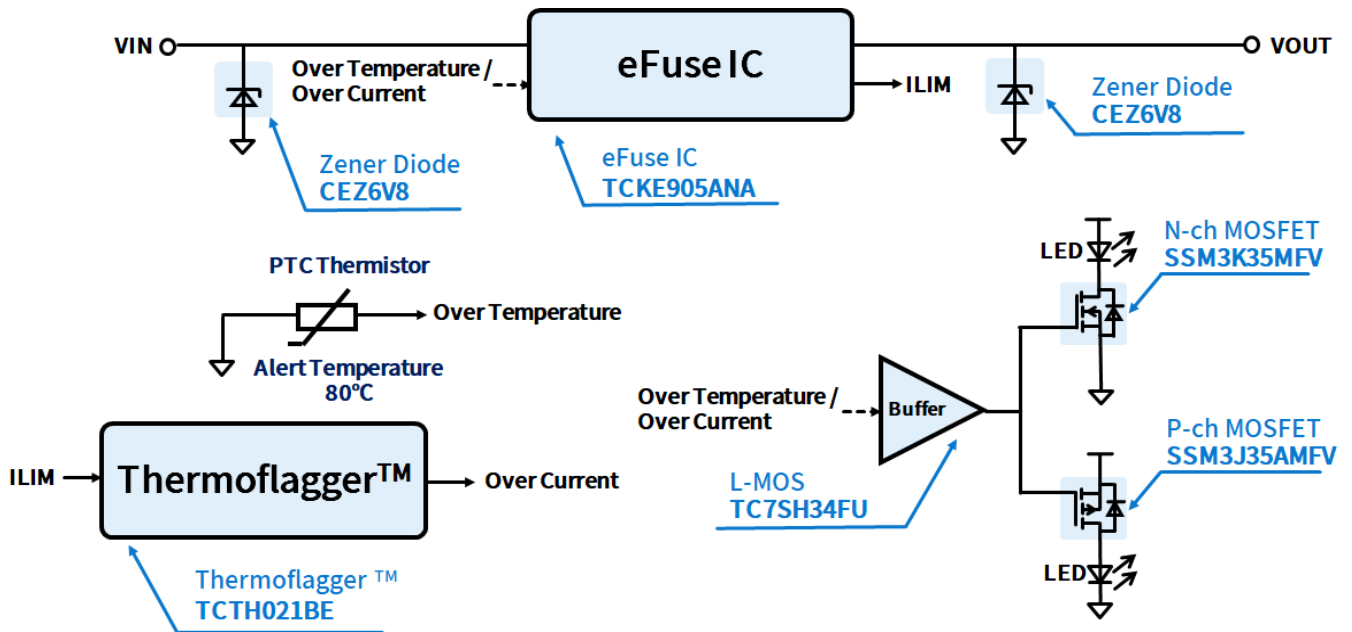


図 3.1 モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) ブロック図

3.2.2. ベース基板ブロック図

ベース基板のブロック図を図 3.2 に示します。

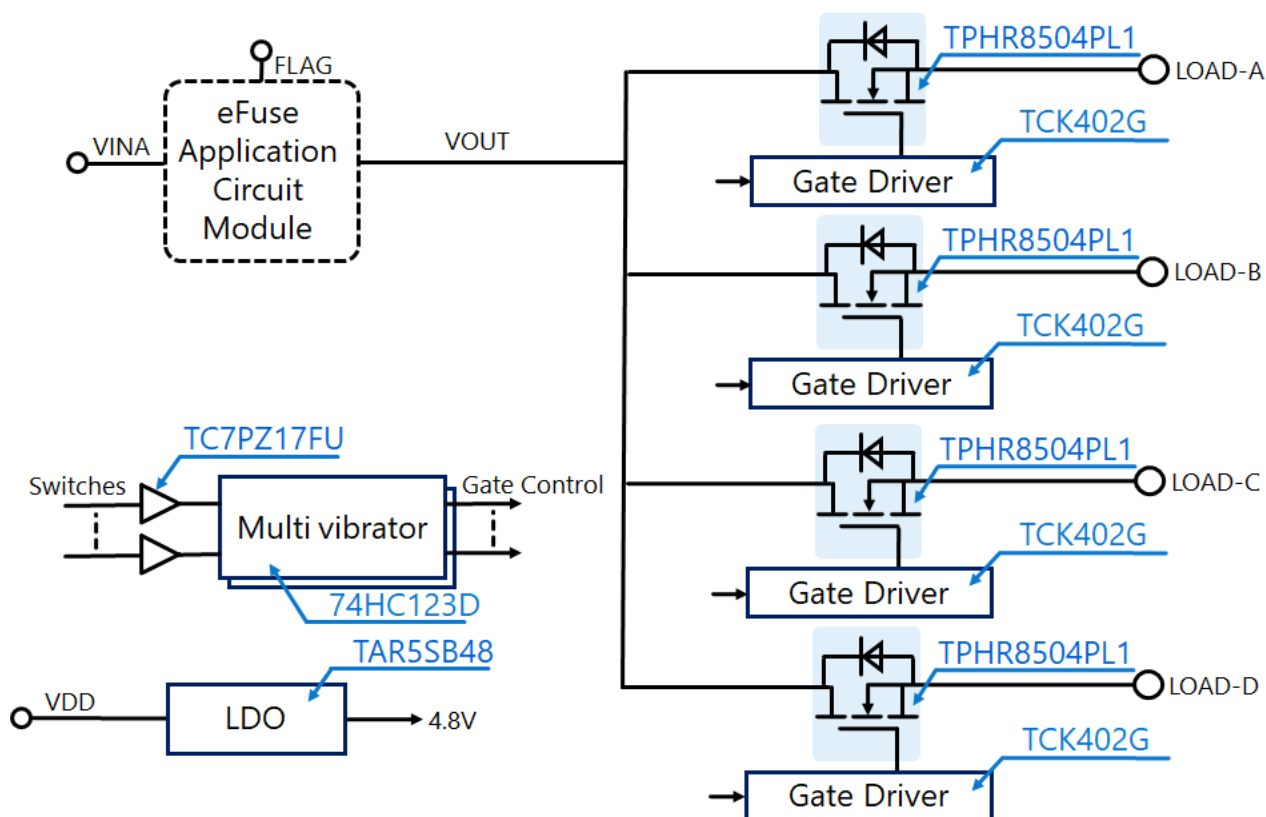


図 3.2 ベース基板ブロック図

4. 回路設計

4.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化))

モジュール基板 (eFuse 応用回路 (過電流保護強化)) の回路を以下に示します。

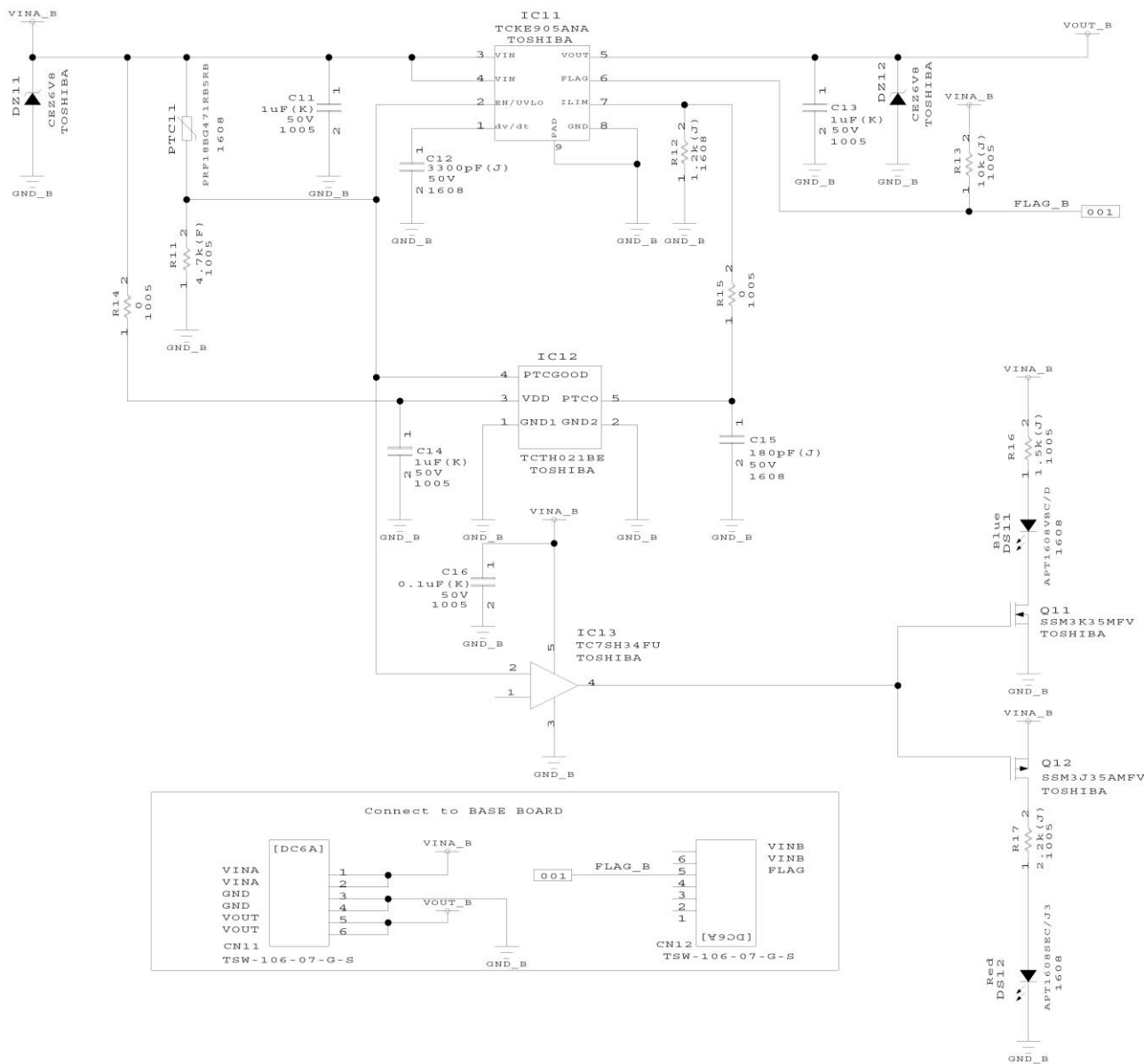


図 4.1 モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) 回路図

4.1.1. 過熱検出

TCKE905ANA (IC11) の EN/UVLO 端子に、電源電圧を PTC サーミスター (PTC11) と 4.7kΩの抵抗 (R11) で分圧した電圧が印加されています。PTC サーミスター (PTC11) が異常過熱して抵抗値が上昇し、EN/UVLO 端子の電圧が下がると TC7SH34FU (IC13) の出力が L レベルになります。これにより、SSM3K35MFV (Q11) がオフ、SSM3J35AMFV (Q12) がオンとなり、青色 LED (DS11) が消灯し、赤色 LED (DS12) が点灯します。また TCKE905ANA (IC11) の出力電流が遮断されます。

4.1.2. 過電流検出

TCTH021BE (IC12) を過電流検出として使用します。TCKE905ANA (IC11) の出力制限電流モニターゲイン G_{IMON} (I_{ILIM} / I_{OUT}) は 290μA/A (Typ.) です。したがって I_{OUT} と I_{ILIM} との関係は以下となります。

$$I_{OUT} A = \frac{1 A}{290\mu A} \times I_{ILIM} A \cong 3448 \times I_{ILIM} A$$

TCTH021BE (IC12) の PTCO 端子の出力電流は 10μA (Typ.) であり、検知電圧 V_{DET} は 0.5V (Typ.) なので、以下のとき、TCTH021BE (IC12) は過電流と判定します。

$$(I_{ILIM} A + 10\mu A) \times 1200\Omega \geq 0.5V$$

変形すると

$$I_{ILIM} A \geq \frac{0.5V}{1200\Omega} - 10\mu A \cong 407\mu A$$

となります。このとき TCKE905ANA (IC11) の V_{OUT} の出力電流は

$$I_{OUT} A \cong 3448 \times I_{ILIM} A = 3448 \times 407\mu A \cong 1.4A$$

となり、TCKE905ANA (IC11) の V_{OUT} 端子の出力電流が約 1.4A のとき、TCTH021BE (IC12) は過電流と判定し、TCTH021BE (IC12) の PTCGOOD 端子を L レベルにします。

最小の過電流の判定は TCTH021BE (IC12) のバラツキを考慮したとき、PTCO 端子の出力電流は 12.2μA (Max.) であり、検知電圧 V_{DET} は 0.42V (Min.) のため、以下のとき TCTH021BE (IC12) は過電流と判定します。

$$(I_{ILIM} A + 12.2\mu A) \times 1200\Omega \geq 0.42V$$

変形すると

$$I_{ILIM} A \geq \frac{0.42V}{1200\Omega} - 12.2\mu A \cong 338\mu A$$

となります。このとき TCKE905ANA (IC11) の出力電流は

$$I_{OUT} A \cong 3448 \times I_{ILIM} A = 3448 \times 338\mu A \cong 1.17A$$

となり、TCKE905ANA (IC11) の VOUT 端子の出力電流が約 1.17A のとき、TCTH021BE (IC12) は過電流と判定し、TCTH021BE (IC12) の PTCGOOD 端子を L レベルにします。

PTCGOOD 端子が L レベルになることより、TCKE905ANA (IC11) の EN/UVLO 端子が L レベルとなり VOUT が遮断されます。そして TC7SH34FU (IC13) の出力が L レベルになり、SSM3K35MFV (Q11) がオフ、SSM3J35AMFV (Q12) がオンとなり、青色 LED (DS11) が消灯し、赤色 LED (DS12) が点灯します。

なお回路の安定動作のため、ILIM 端子の外付け抵抗 R_{ILIM} の抵抗値は 1.5k Ω 以下でご使用ください。

4.1.3. スルーレートの設定

TCKE905ANA (IC11) の dV/dT 端子にコンデンサーを接続することにより、VOUT のスルーレートを設定することができます。

本デザインで TCKE905ANA (IC11) の VOUT のスルーレートは以下となります。

$$SR_{ON} V/ms = \frac{42000}{C_{dV/dT} pF} = \frac{42000}{3300} \cong 12.7V/ms$$

4.2. ベース基板

4.2.1. ベース基板の各回路

ベース基板の各回路を以下に示します。

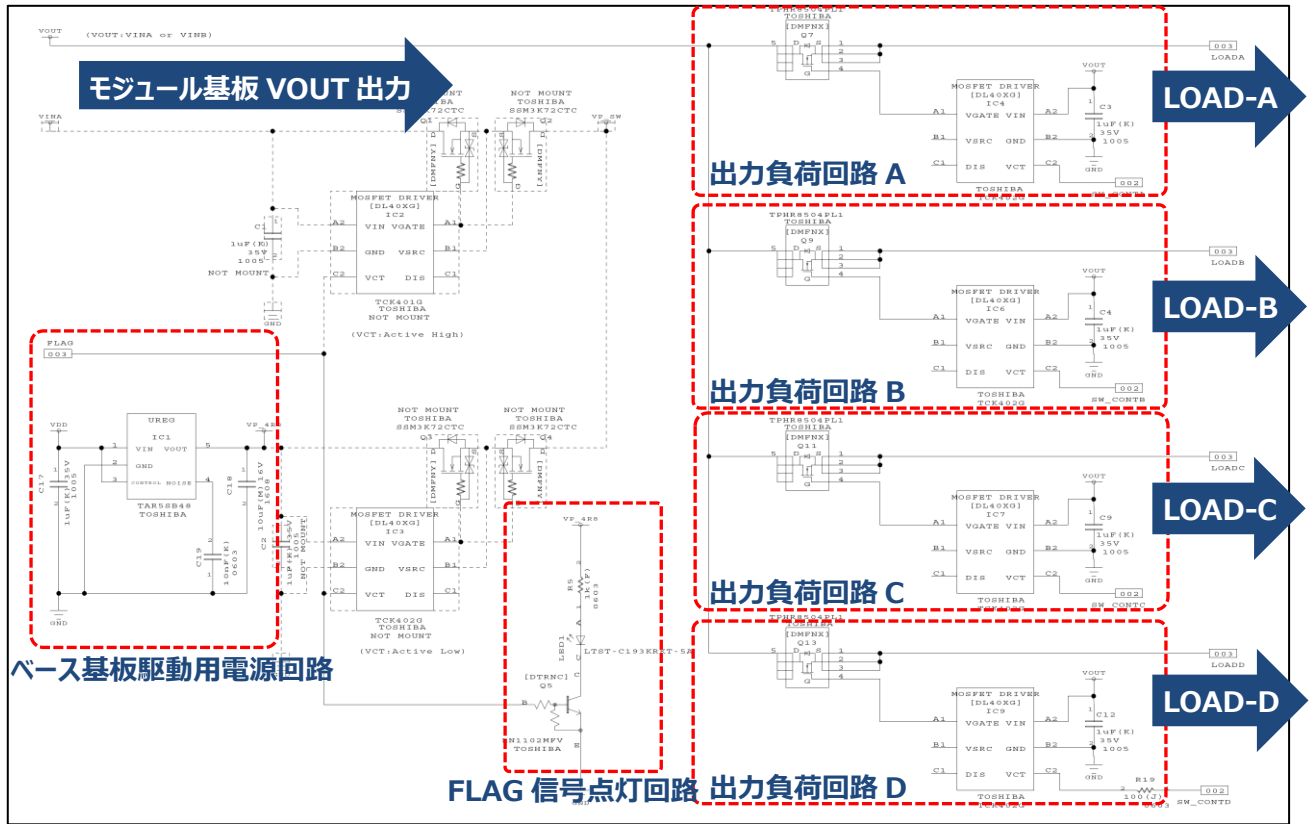


図 4.2 ベース基板回路 (1)

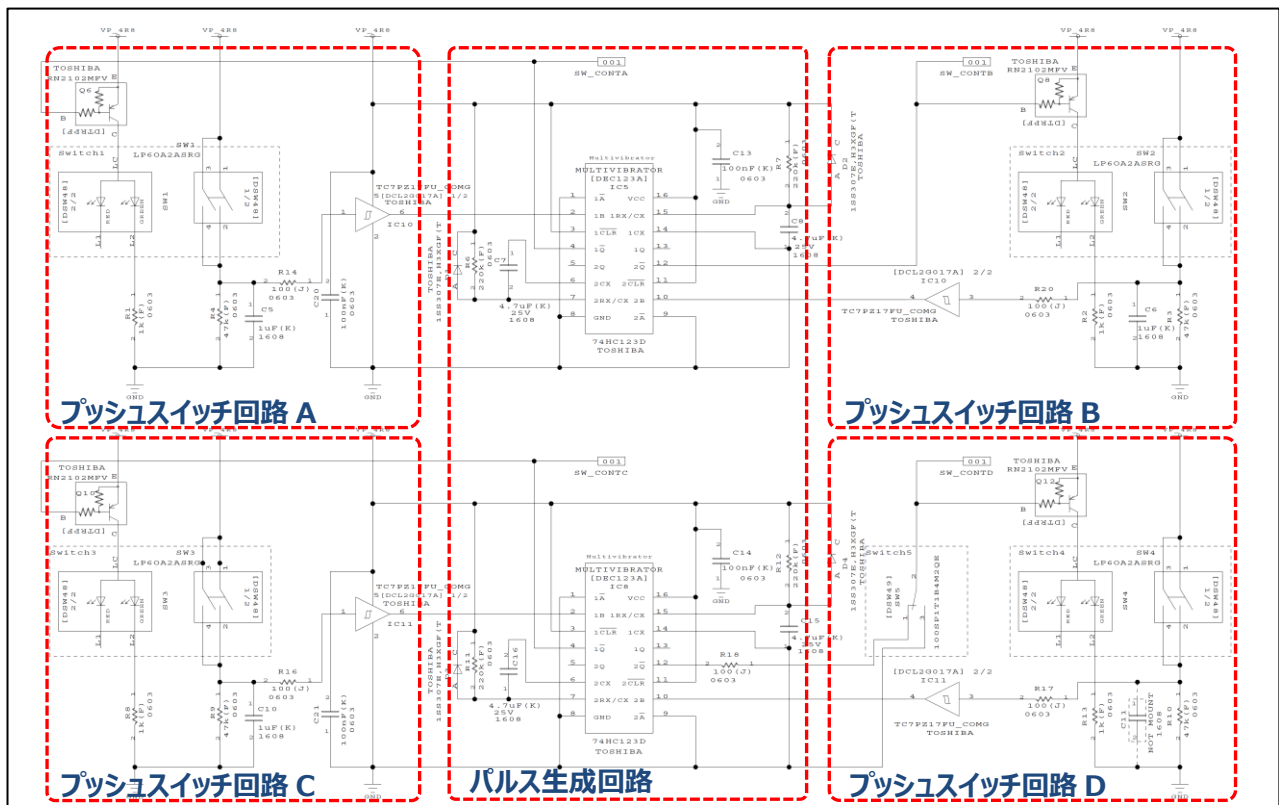


図 4.3 ベース基板回路 (2)

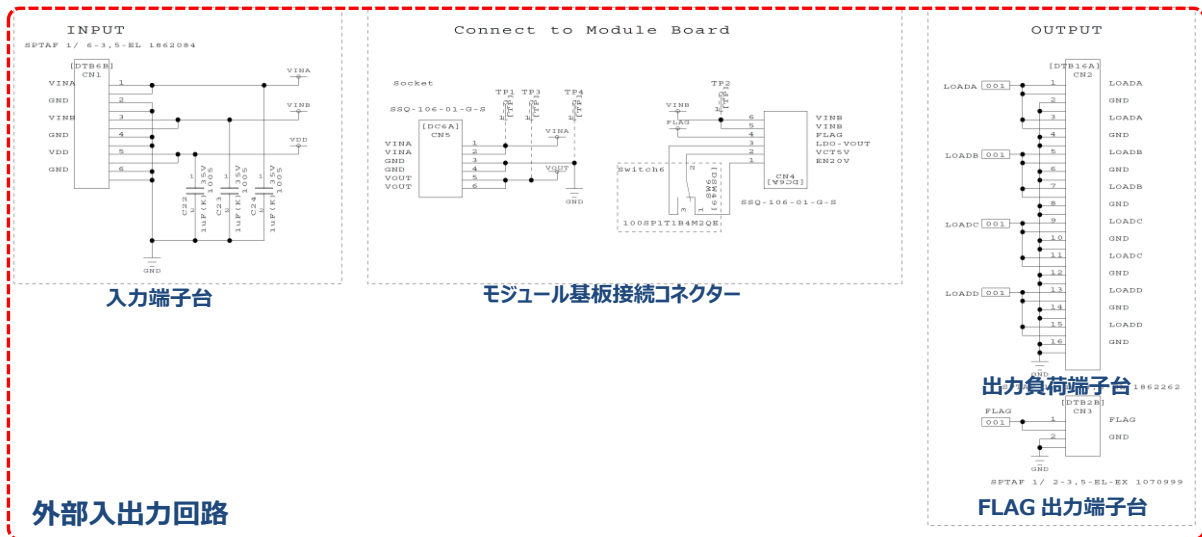


図 4.4 ベース基板回路 (3)

ベース基板は以下の回路で構成されます。

(1) ベース基板駆動用電源回路

ベース基板上の各回路を動作させるために必要な電源を生成します。入力端子台 (CN1) に供給される駆動電源 VDD (5~12 V) は LDO [TAR5SB48](#) により内部電源 VP_4R8 (約 4.8V) を生成します。

(2) FLAG 信号点灯回路

モジュール基板から出力される FLAG 出力信号が H レベル (約 3.3V) の時に抵抗内蔵型トランジスタ (BRT) [RN1102MFV](#) により LED が点灯駆動されます。

(3) 出力負荷回路 (A~D)

パワー-MOSFET [TPHR8504PL1](#) と MOSFET ゲートドライバー IC [TCK402G](#) によりハイサイドスイッチを構成しています。TCK402G の供給電源にはモジュール基板の電源出力 VOUT を使用します。

(4) プッシュスイッチ回路 (A~D)

4 系統のプッシュスイッチから入力されたスイッチ入力はそれぞれ抵抗、コンデンサーならびにシュミットトリガー入力バッファ - [TC7PZ17FU](#) によりチャタリング除去されパルス生成回路のトリガー信号が生成されます。パルス生成回路で生成されたパルス信号が H レベルの間、抵抗内蔵型トランジスタ [RN2102MFV](#) によりキースイッチ内 LED が点灯駆動されます。

(5) パルス生成回路

プッシュスイッチ回路から入力された 4 系統のプッシュスイッチトリガー信号により単安定マルチバイブレーター [74HC123D](#) が各系統ごとに約 1 秒間のワンショットパルスを生成されます。

(6) 外部入出力回路

eFuse IC 応用回路としてモジュール基板を評価できるように VINA 入力、VINB 入力、VDD 入力の入力端子台 (CN1)、4 系統の負荷 (LOAD-A、LOAD-B、LOAD-C、LOAD-D) を出力する出力負荷端子台 (CN2)、FLAG 出力端子台 (CN3) の外部端子台とモジュール基板接続コネクタ (CN4、CN5) が接続されます。

4.2.2. 出力負荷通電方式

ベース基板には、スイッチを押した後に約 1 秒間負荷に電流出力するパルス通電スイッチ 4 個と、DC 通電/パルス通電切り替えスイッチ 1 個を実装しています。

ベース基板の出力負荷は 4 系統 (LOAD-A、LOAD-B、LOAD-C、LOAD-D) あり、それぞれに対応するパルス通電スイッチを押すと、単安定マルチバイブレーター 74HC123D にて以下の時間幅のワンショットパルスが生成され、このパルスが H レベルの間、出力負荷回路のハイサイドスイッチがオンとなり出力負荷に電流が流れます。

$$t_{wout} = 1 \times Cx \times Rx = 1 \times 4.7\mu F \times 220k\Omega \approx 1.03(\text{秒})$$

なお LOAD-D 出力に関しては DC 通電/パルス通電スイッチを DC 通電側に切り替えると、パルス通電よりも DC 通電が優先され、電流を連続出力します。そのため DC 通電の際は、負荷の発熱や火傷に注意して下さい。

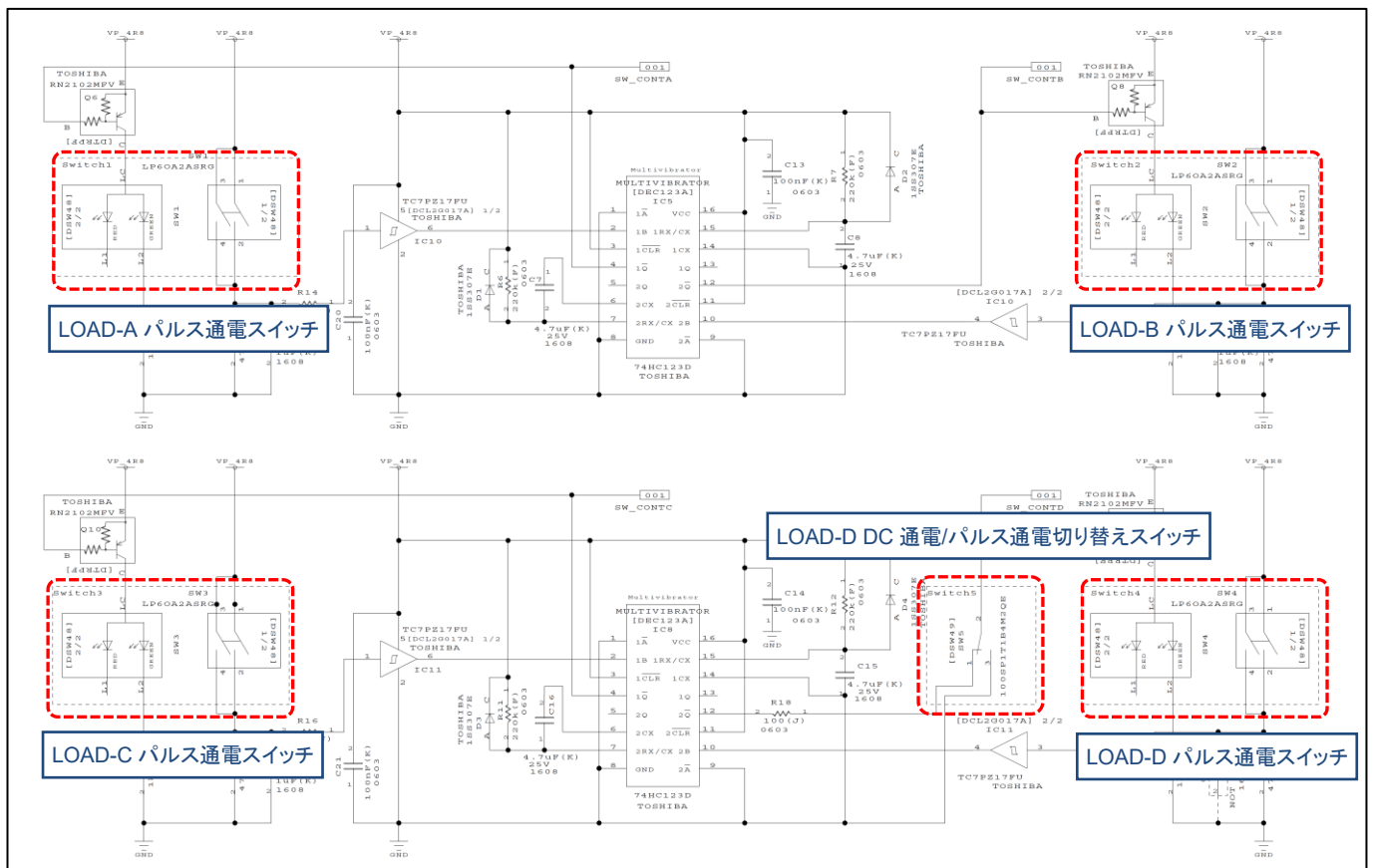


図 4.5 ベース基板回路上的出力負荷通電に関するスイッチ

5. PCB 設計

5.1. モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化))

図 5.1 にモジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) の部品配置例を示します。

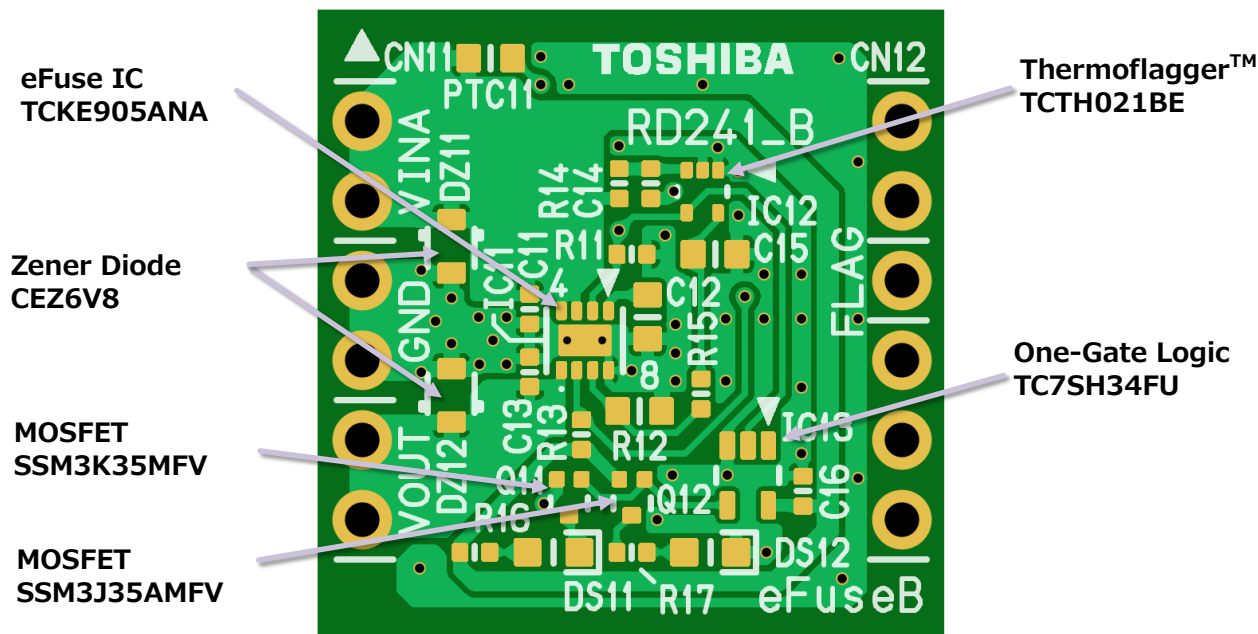


図 5.1 モジュール基板 (eFuse IC 応用回路 (過電流保護強化)) 主要部品配置

5.2. ベース基板

図 5.2 にベース基板の部品配置例を示します。

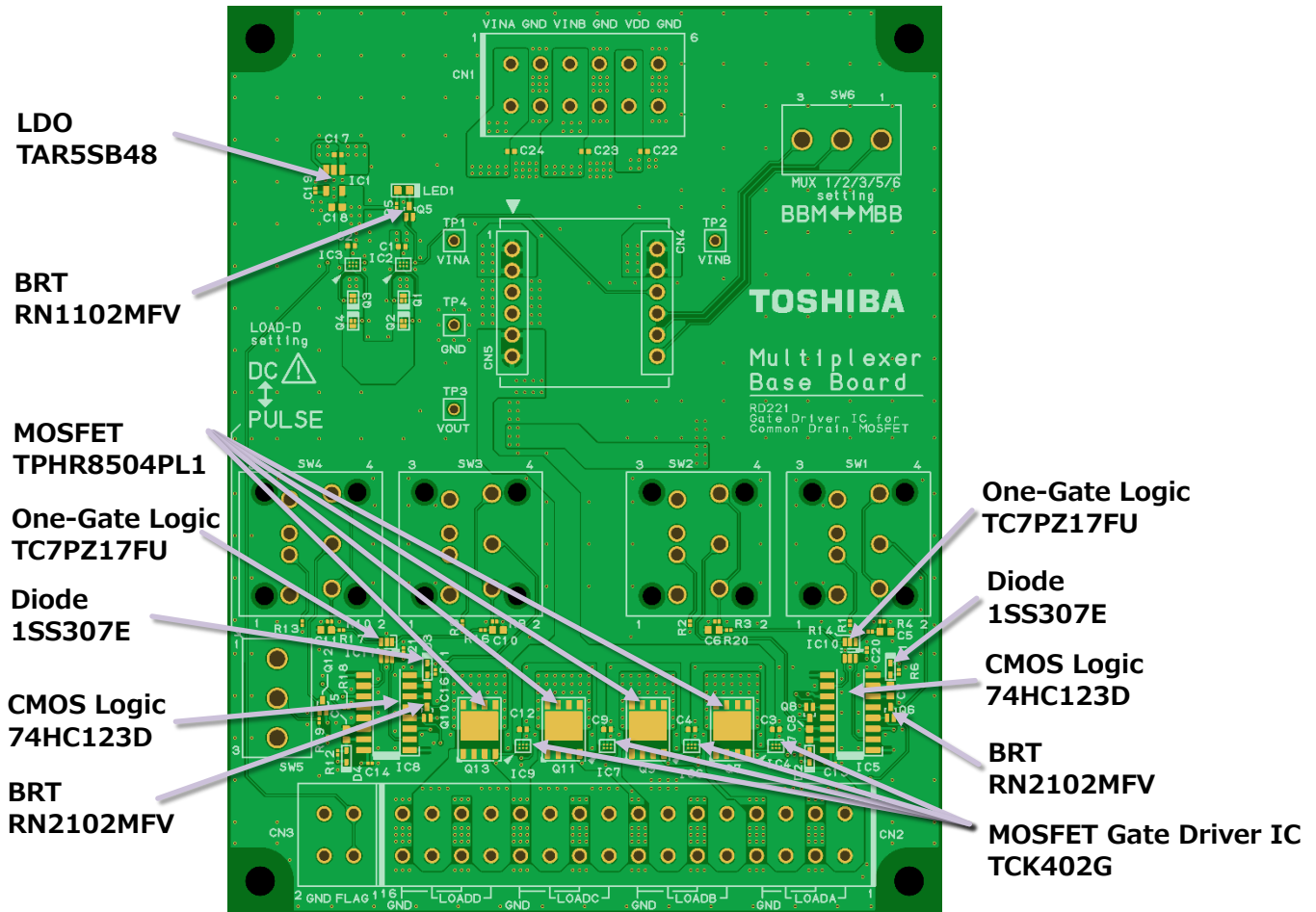


図 5.2 ベース基板主要部品配置

5.3. 設計上の注意点

パターン設計においては以下設計を考慮してください。

- 電流を考慮したパターン設計

ベース基板、およびモジュール基板は大電流が流れる回路があるため、パターン設計の際には最大電流にマージンを加えた電流を流した際に、温度上昇、あるいはパターンによる電圧ドロップのいずれによる問題も発生させないよう十分なパターン幅を確保する必要があります。

- グランド周辺パターン設計

電流が流れる際の電圧ドロップを抑えるため各部品を最短距離に配置する、ベタグラウンドを設けるなど GND 配線を考慮する必要があります。

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。