

## PTC復帰型ヒューズに対する eFuseの優位性



ON Semiconductor®

[www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp)

### APPLICATION NOTE

#### はじめに

過電流保護回路は電子デバイスにとって不可欠です。ヒューズや家庭用ブレーカは広く知られていますが、電子回路に使用されている過電流保護デバイスの種類についてはほとんど知られていません。

これ以外にもいくつかありますが、電子回路では基本的に以下の3つの過電流保護デバイスが使用されています。構造が単純な順：

- ワンショット型ヒューズ
- PTC復帰型ヒューズ
- 電子ヒューズ(eFuse)

#### 技術比較

金属電線の溶解を利用したワンショット型ヒューズは、高電流イベントが一回発生したら必ず取り替えなければなりません。ワンショット型ヒューズは、単純な構造で間に合うLED電球などの用途によく見られます。LED電球の場合、ヒューズが切れたときは別の電球に買い替えるだけです。費用もわずかです。ヒューズの溶断に至るような障害はいずれにしても電球交換の必要がありそうです。

PTC復帰型ヒューズはワンショット型ヒューズを発展させたものです。短絡が発生するとヒューズは発熱して、低抵抗状態から高抵抗状態に変化します。ヒューズが冷めると(通常は、電源を切断して)、低抵抗状態にリセットされます。

PTCにはセラミック・タイプ(CPTC)とポリマ・タイプ(PPTC)の両方があります。セラミック・タイプは、トリップ後に抵抗が大きく変動してはならない電気通信などの敏感なアプリケーションに使用されます。ポリマ・タイプは多くの一般的な電子回路に使用されており、復帰型ヒューズまたはポリスイッチと呼ばれることもあります。この資料ではポリマ・タイプをeFuseと比較しています。

eFuseはワンショット型またはPTC復帰型ヒューズとはまったく異なる原理を利用しています。eFuseは発熱だけで電流を制限するのではなく、実際に電流を測定して、電流が規定制限値を超えると内部スイッチをオフにします。

また、eFuseは半導体集積回路デバイスなので、短絡に対して高速(通常、10 μs未満)で反応するだけでなく、次のような多くの特徴も備えています。

- パラメータの変動を抑えて全温度範囲にわたって動作可能
- 障害発生後も性能低下はなく、オン抵抗は障害発生回数に影響されない

- プログラマブル電流制限
- Enableピン：デバイスをオン/オフ
- Faultピン：制御ロジックまたは他の電源レールでの障害発生を通知
- ソフトスタート：突入電流を制限
- 電圧クランプ：負荷への電圧スパイクを防止
- ラッチオフ/オートリトライの選択：負荷回復時にすべてリセットされるが電源切断は不要
- 逆電流阻止

しかし、eFuseはPTCよりも端子が多く、動作時にバイアス電流を必要とするなどの欠点もいくつかあります。

eFuseは最も基本的なレベルでは、構造上、最低でも入力、出力、グラウンドの3つの端子を必要とします。一方、配置配線を簡単にするために2端子デバイスを使用した方が良いケースもあります。例えば、PTCをグラウンド・プレーンに接続する必要はありません。

また、PTCにはグラウンド・ピンが必要ないため、電流は入力から出力にしか流れません。つまりバイアス電流はまったく必要ないのです。これはバッテリー駆動アプリケーションにとって明らかな利点といえます。ただし、最新のeFuseではバイアス電流が大幅に減少しています。例えば、NIS5452のオフ時のバイアス電流は100 μA未満です。NIS5452の先行デバイスであるNIS5135のバイアス電流はその約10倍です。

eFuseは半導体構造のためより複雑になっていますが、半導体技術の進歩によってサイズそしてコストが大幅に低下しています。例えば、オン・セミコンダクターの最初のeFuseは、SOIC-8 (5 × 4 × 1.75 mm) パッケージに収納された30 mΩ R<sub>DS(on)</sub>のNIS5112です。後継のNIS5020は、より小型の(3 × 3 × 1.0 mm) DFN10パッケージで提供され、R<sub>DS(on)</sub>は半分になっています。

**eFuseおよびPTCのテスト設定**

eFuseとPTCの障害に対する反応を比較するために、eFuse (オン・セミコンダクターのNIS5132MN2)と同様の特性を備えたPTCを選択し、12 V電源レールに障害保護を配置しました。eFuse  $R_{limit}$  抵抗は、電流制限仕様に合致するすように37.4  $\Omega$  としました。Table 1に各デバイスの簡単な比較を示します。

**Table 1. PTC AND EFUSE SPECIFICATION COMPARISON**

Specification	Polymer PTC	eFuse
Max Voltage	16	25
Hold Current	1.5 A	1.7 A
Trip Current	3.0 A	3.0 A
On Resistance	40 to 110 m $\Omega$	44 m $\Omega$
Package	1210	3 $\times$ 3 DFN
Length (mm)	3.2	3
Width (mm)	2.5	3
Height (mm)	0.55	1

テスト基板をFigure 1に示します。この基板には入力電圧、出力電圧、電流 (20 m $\Omega$ 抵抗での電圧)、eFuse Enableピン電圧を測定するための同軸コネクタが実装されています。また、電源ケーブルでの  $V = L(di/dt)$  過渡に起因する誘導性スパイクを抑止するために、ツェナ・ダイオードと10  $\mu$ F入力コンデンサも実装されています。

eFuseとPTCを切り替えるスイッチや出力をグラウンドに短絡させるスイッチもあります。さらに、入力電圧と出力電流を読み取るオンボード・マルチメータも備えています。そして、 $R_{limit}$  や出力コンデンサなどのeFuseの基本周辺部品も実装されています。一般に、eFuseの動作に出力コンデンサは不要ですが、高い誘導性電圧スパイクが発生する可能性があるアプリケーションの場合は、出力コンデンサを配置した方がいいでしょう。

出力からグラウンドに12  $\Omega$ の負荷が接続されています。eFuseとPTCは両方とも電流制限が1 A以上なので、通常動作では1 Aの電流を流すことができます。

PTCの動作は電源の電流容量によって異なります。これをテストするために、以下の3種類の電源を使用しました。

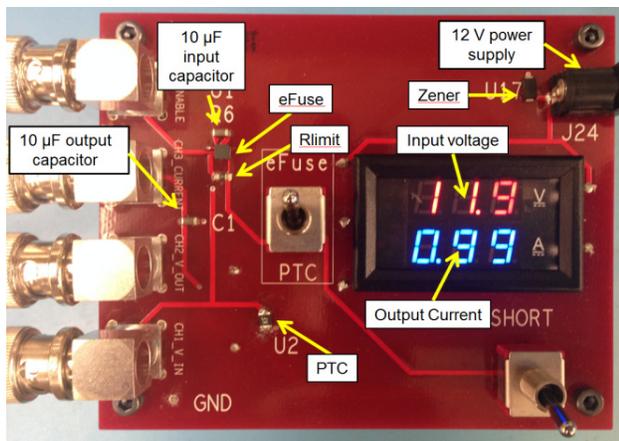
- 小型ウォール・アダプタCUI INCモデル  
SMI24-12 : 12 V、最大2 A DCを供給します。障害発生時に作動する遮断およびオートリトライ機能を備えています。
- ベンチトップ型DC電源、GW Instek SPS-606 : 60 V、6 Aを供給可能です。
- デスクトップ・コンピュータ用電源、Dellモデル NPS-250KB F : 12 Vレールで16 Aの電流を供給可能です。

テスト内容はすべて同じです。1 A負荷で動作中に突然出力をグラウンドに短絡させます。電流制限デバイスは、安定した電源レール電圧を維持するために迅速な電流制限を行います。実際のアプリケーションでは、同じ電源に接続されている他の並列負荷が電力を必要とする場合、電源レールを高い電位に維持することが重要です。

**小型ウォール・アダプタ電源**

Figure 2と3に小型ウォール・アダプタ電源を使用したときの様子を示します。Figure 2において、PTCで短絡が発生すると50 msの間に4A以上の電流が流れ、電源自体が電流を遮断します。PTCは実際にはトリップしないため、結果として電源がシャットダウンします。

Figure 3では、eFuseが障害に反応しています。電源の電流制限は作動しないので入力電圧は維持できます。ついで、eFuseは再びターンオンしようとしていますが、出力が短絡していることを認識します。eFuseは迅速に電流を制限するため、他の負荷は必要に応じて同じ電源ライン上で動作を継続できます。



**Figure 1. The Circuit Board Used for Comparing the eFuse to the PTC**

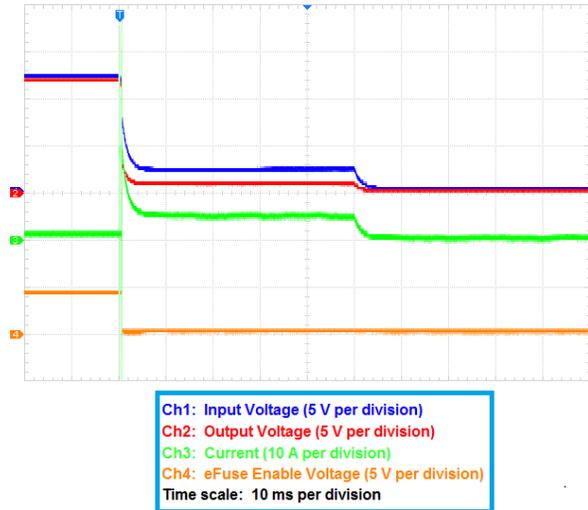


Figure 2. At the beginning the PTC is conducting 1 A. The input and output voltage are both about 12 V. The power supply is the small wall adapter unit made by CUI Inc. When a short on the output occurs, the power supply provides about 4 A until its protection circuit shuts off the current and the input voltage drops to zero

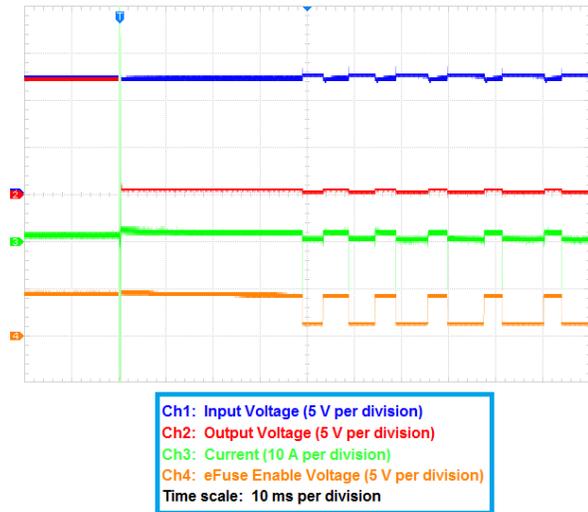


Figure 3. Here the eFuse responds to the same scenario as in Figure 2, and the power supply does not need to shut down. The eFuse's auto-retry feature attempts a restart but the output is still shorted so it does not return to 12 V. The input voltage stays up. The ripple on the input voltage line is caused by inductive voltage spikes and may be dampened by using ceramic decoupling capacitors

ベンチトップ型DC電源

ベンチトップ型電源には6 Aの電流制限がありますが電流の遮断機能はありません。PTCがトリップするまで6 Aを供給していますが、約30 msかかっています(Figure 4参照)。その間の電源電圧は非常に低い値でした。Figure 5に示すように、eFuseはウォール・アダプタ電源のケースと同様に反応しています。非常に迅速に動作し、入力電圧は高く維持されます。

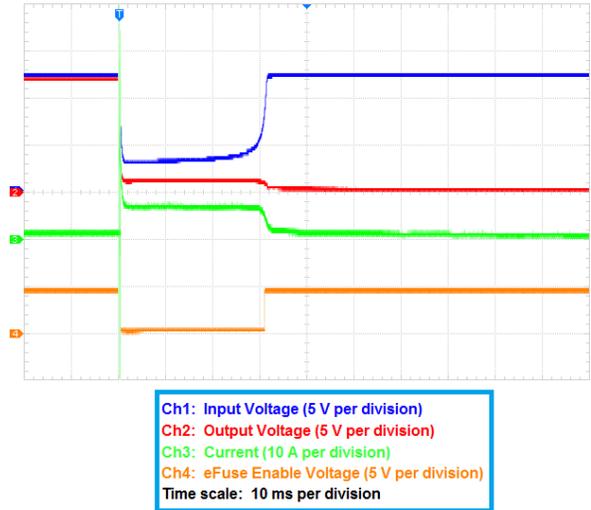


Figure 4. In this case the PTC trips after the short circuit has been present for about 30 ms. Note the large drop in the input voltage until the PTC trips

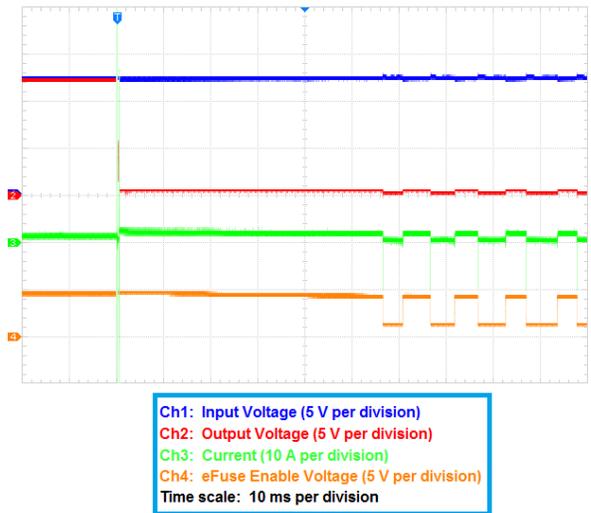


Figure 5. The eFuse responds to the fault quickly, keeping the input voltage up

デスクトップ・コンピュータ用電源

高い電流容量を持つデスクトップ・コンピュータ用電源はPTCの迅速なトリップを可能にしています (Figure 6参照)。明らかに、PTCは他の電源の場合よりも優れた動きをしており、入力電圧トレースはより安定しています。Figure 7に示すように、eFuseは他の電源と同様に反応しますが、このケースでもPTCの場合よりも入力電圧の乱れが少なくなります。



Figure 6. With the desktop computer power supply, there is a dip in the input voltage but the PTC trips in about 3 ms

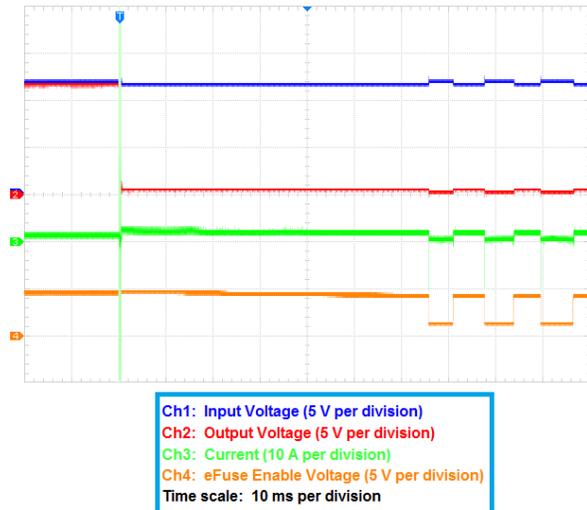


Figure 7. The eFuse responds as it did with the other power supplies. The response is quick and the input voltage stays high

テスト結果のまとめ

eFuseの方がPTCよりも障害に対して迅速に反応し、電源レールがより適切に維持されることが分かりました。Table 2にその結果をまとめます。

Table 2. FAULT RESPONSE TEST SUMMARY

Supply	PTC Response	eFuse Response
Wall Adapter	Fig 2: Did not trip	Fig 3: ~10 $\mu$ s
Benchtop	Fig 4: Slow (~30 ms)	Fig 5: ~10 $\mu$ s
Desktop Computer	Fig 6: Fast (~3 ms)	Fig 7: ~10 $\mu$ s

結論

多くの場合、PTCで十分な保護を提供できます。PTCの反応は配線への熱的損傷を防止するだけ十分に高速でなければなりません。加えて、より高電流の電源を選択するか、電源(入力)側にデカップリング・コンデンサを追加することによっても、障害に反応して電圧レベルを維持する能力を向上させることができます。

しかし、eFuseは単に好ましい選択肢というだけでなく、アプリケーションの要件を満たすために優れた性能や機能が求められる場合もあります。また、eFuseの使用によって、突入電流の防止や過電圧保護の実装に必要な追加回路を省略できる場合は、コスト低減やボード・スペースの削減にもつながります。eFuseの詳細については[www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp)を参照してください。また、評価ボードとサンプルについては、オン・セミコンダクター販売代理店にお問い合わせください。

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA (米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative