

SDVを実現する車載用48V eFuse

- ソフトウェア定義型自動車
(Software Defined Vehicle, SDV) を実現
- インテリジェントな保護機能を搭載

MPSジャパン合同会社

シニアFAEマネージャー 合屋俊介

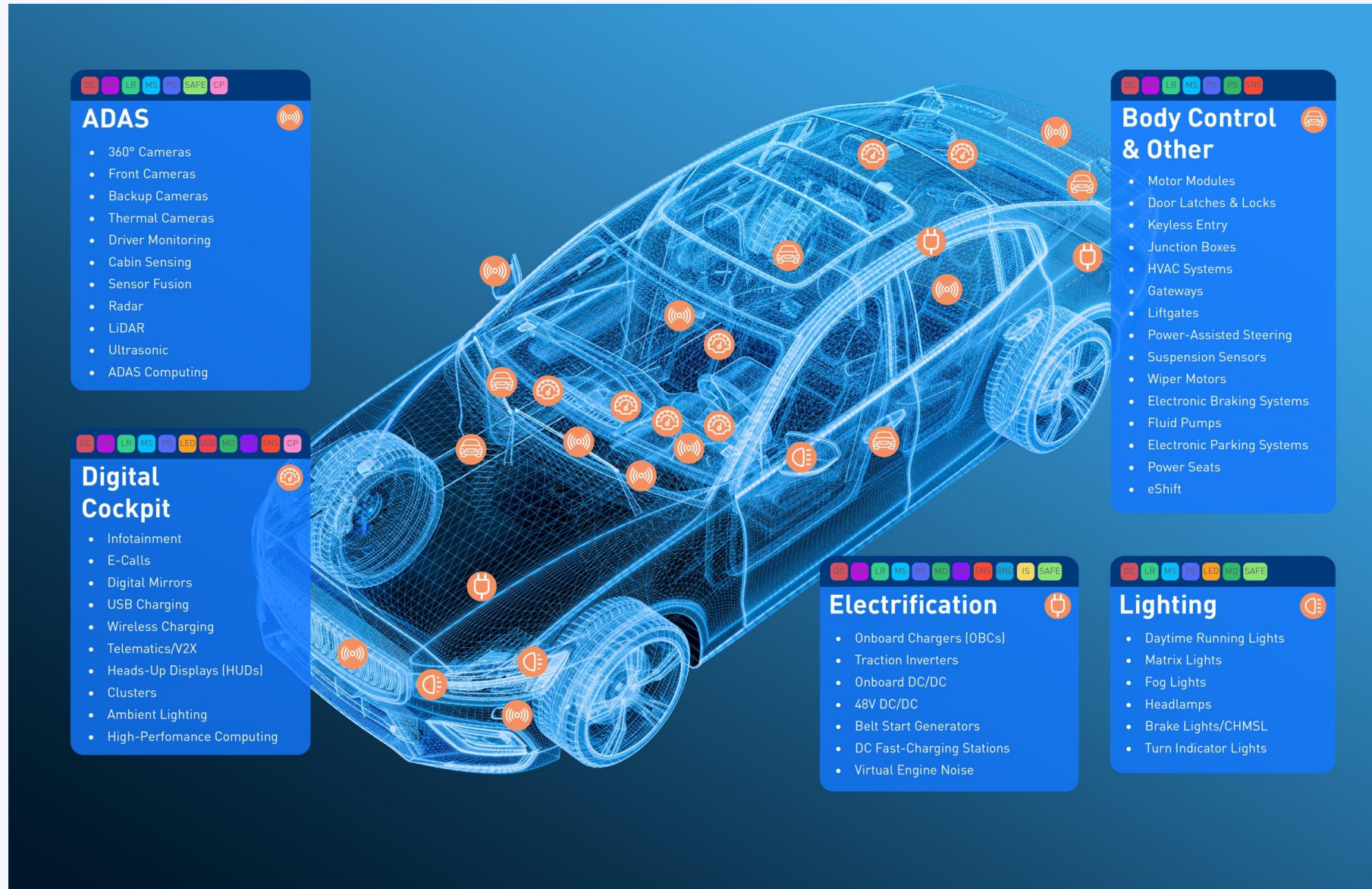
➤ 従来の自動車システム

- 12V + ドメイン・アーキテクチャ + 機械式ヒューズ

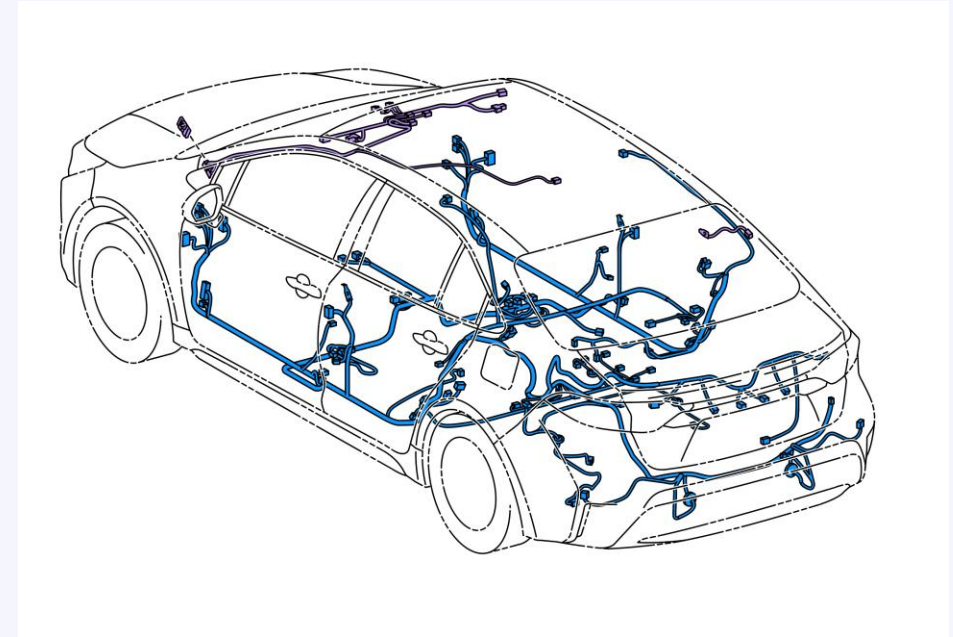
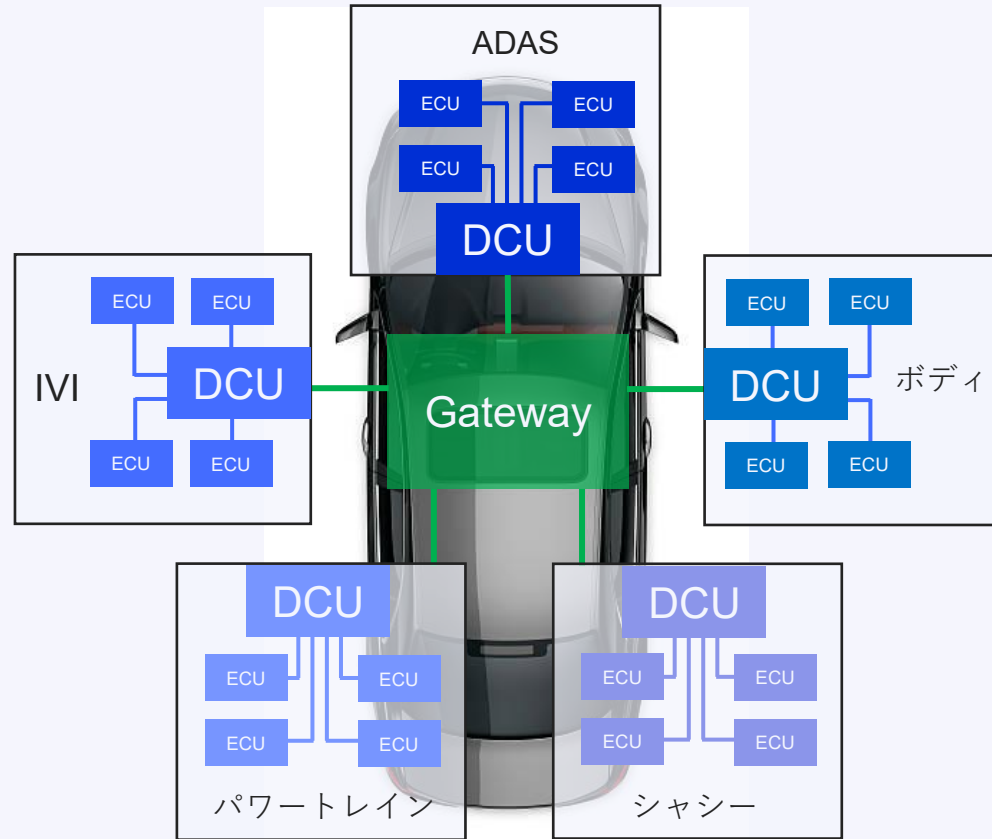
➤ より安全で、よりスマートで、より効率的な車載システムの動向

- 48V + ゾーン・アーキテクチャ + eFuse

➤ MPSの機能集積型48V eFuseソリューション

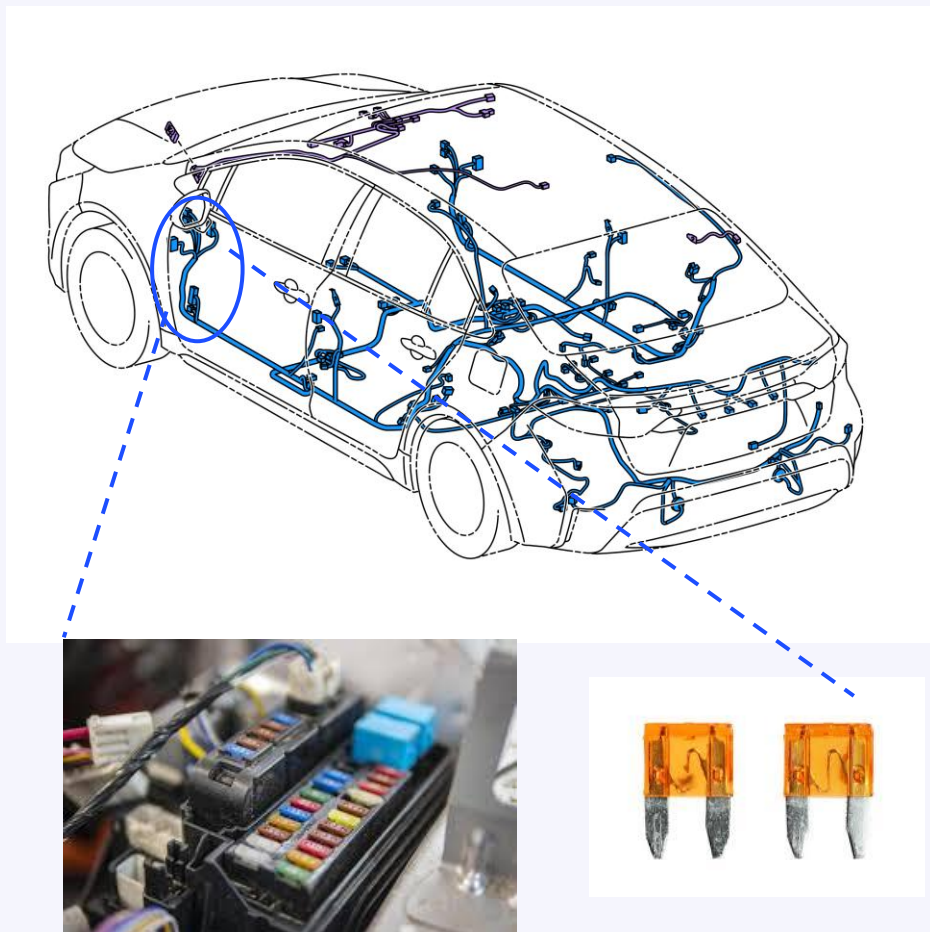


ドメイン・アーキテクチャ



機能ベースにECUをグループ化。場所ごとではない

複雑。長いワイヤーハーネスが必要



機械式ヒューズの機能:

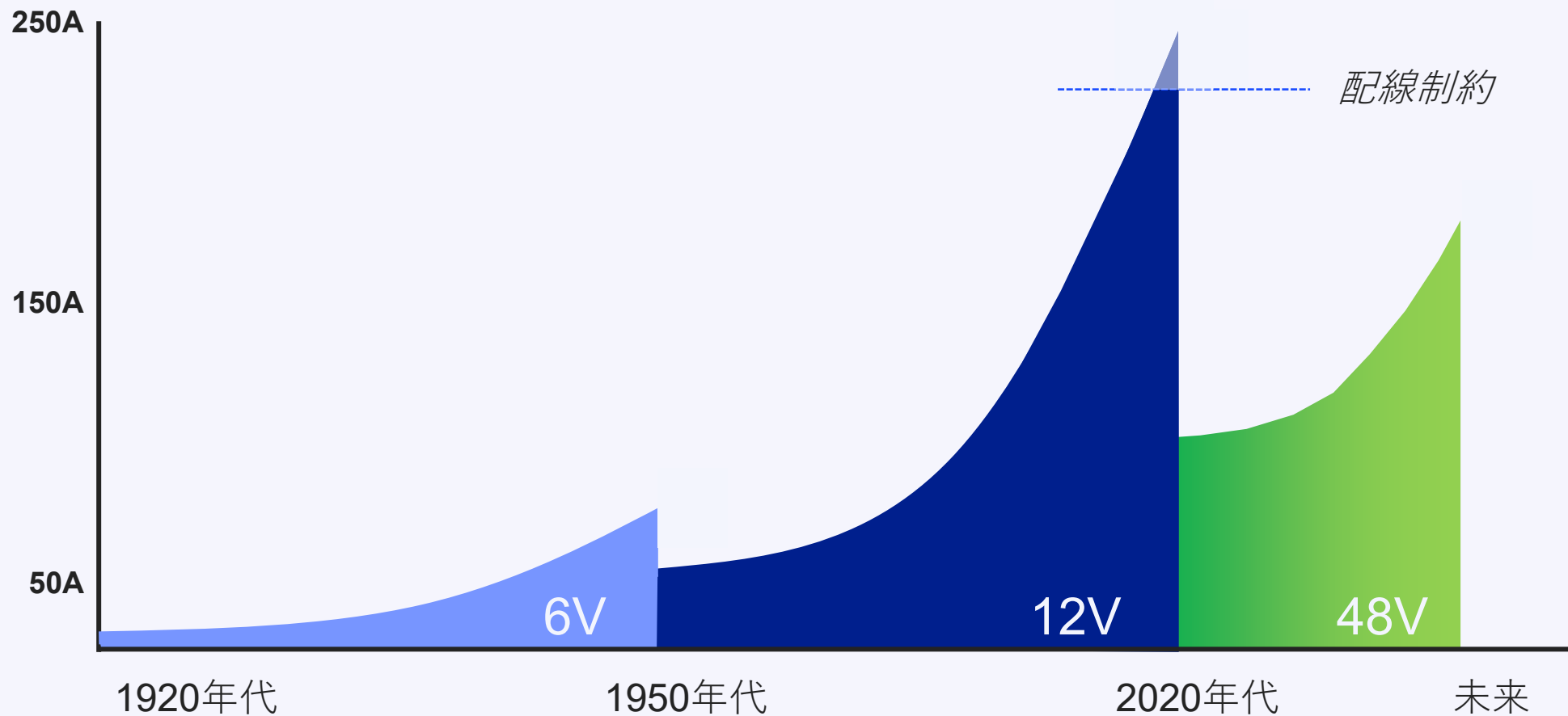
- ワイヤーが過熱しないように保護
- 電子機器を短絡などの故障状態から保護
- 故障個所の特定
- 診断機能

走るリビングルーム化



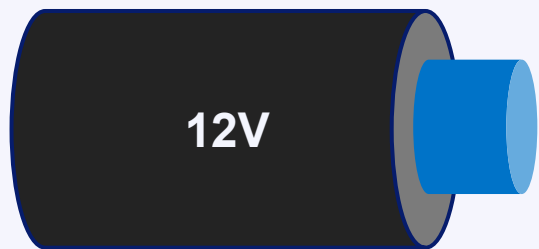
バッテリー電圧の変化

車両の電圧・電流の変化



ワイヤーの削減

600W負荷の例



» 80%
小さなサイズ

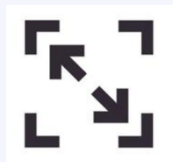
50A



12.5A

» 80%
重量低減

10mm²



1.5mm²

108g/m



17g/m

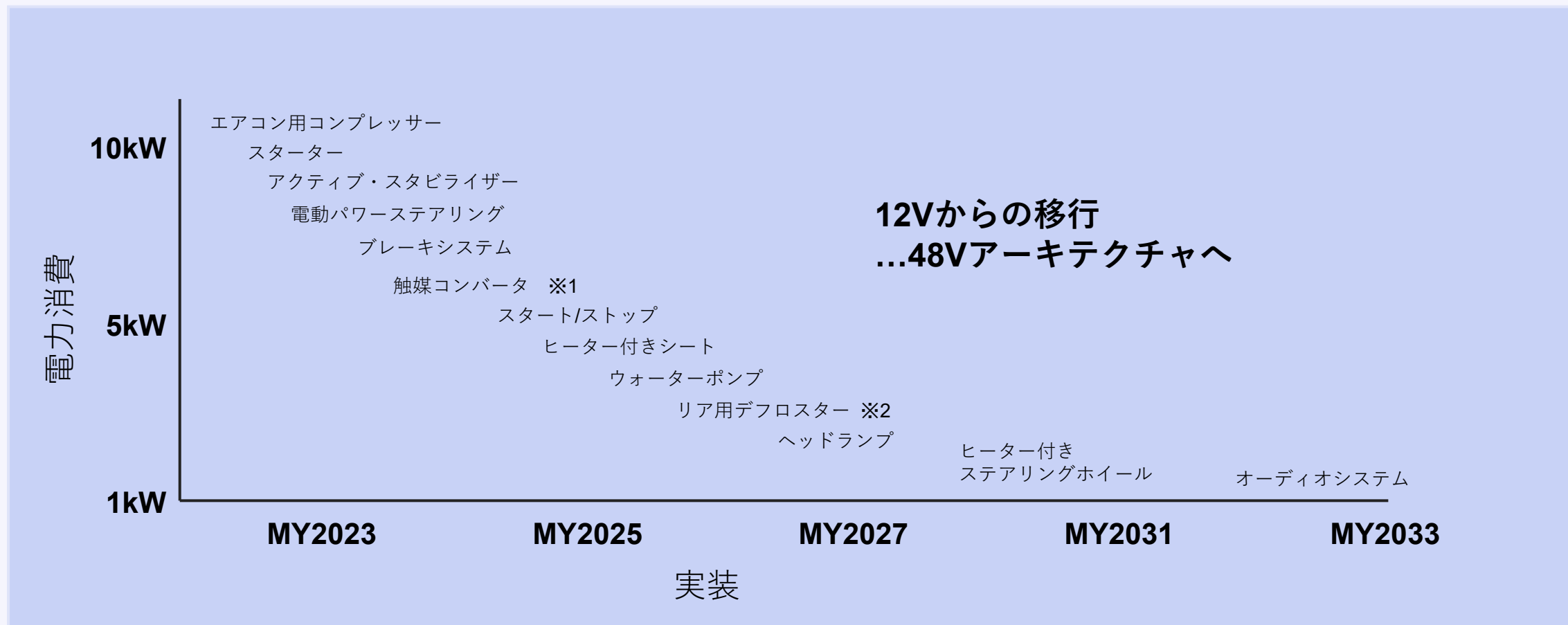
» 50%
配線損失を削減

4.5W/m



1.9W/m

12Vバッテリーから48Vバッテリーへの移行

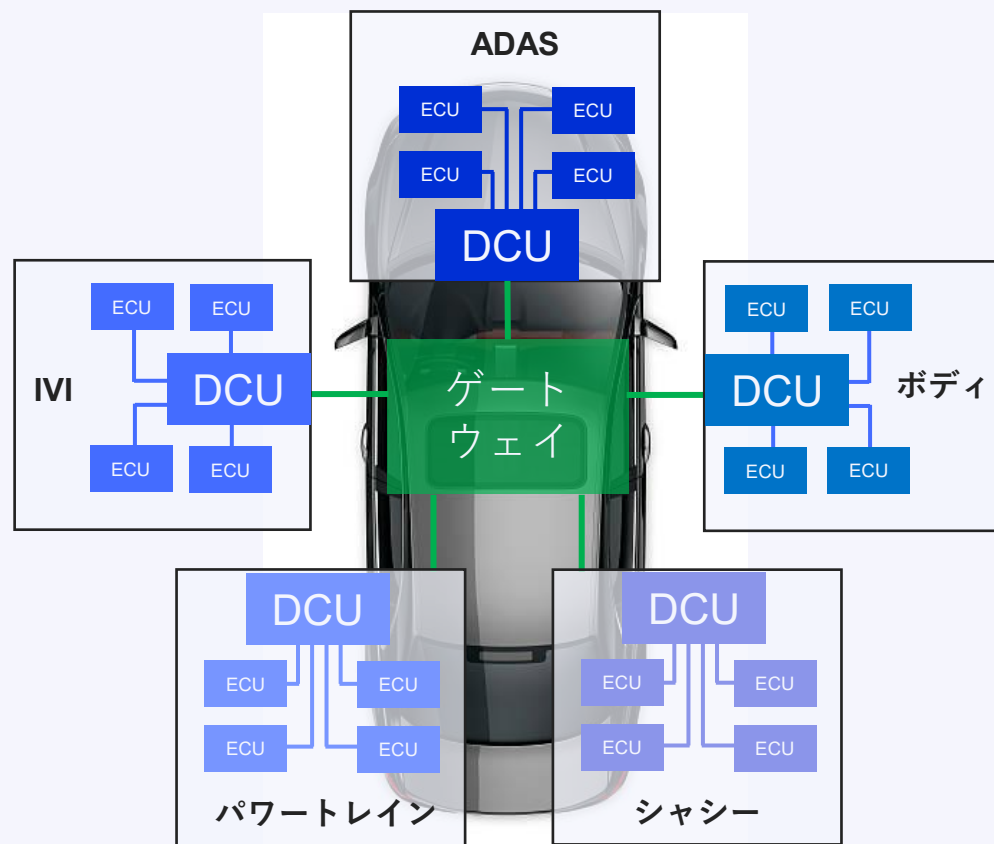


※1 自動車の排気ガスに含まれる有害物質を無害な物質に変える装置

※2 車内外の温度差や湿度によってフロントガラスに発生する結露や霜を取り除くための装置

ドメイン・アーキテクチャからゾーン・アーキテクチャへの移行

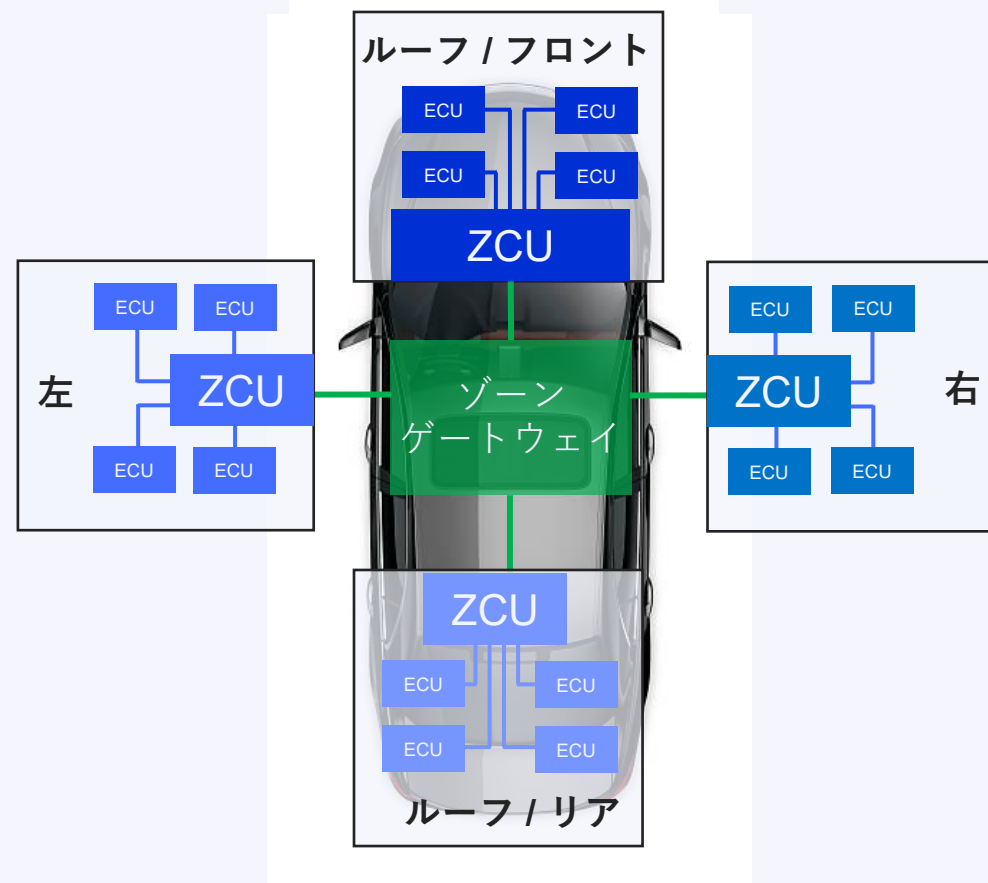
ドメイン・アーキテクチャ



機能ごとにECUをグループ化:

- 複雑、長いワイヤーハーネス
- 通信遅延が長い

ゾーン・アーキテクチャ



物理的な配置ごとにECUをグループ化:

- シンプル、短いワイヤーハーネス
- 通信遅延が短い
- セントラル・コンピュータがソフトウェア定義型車両 (Software-Defined Vehicle) を実現

機械式ヒューズからeFuseへの移行

従来の機械式ヒューズ

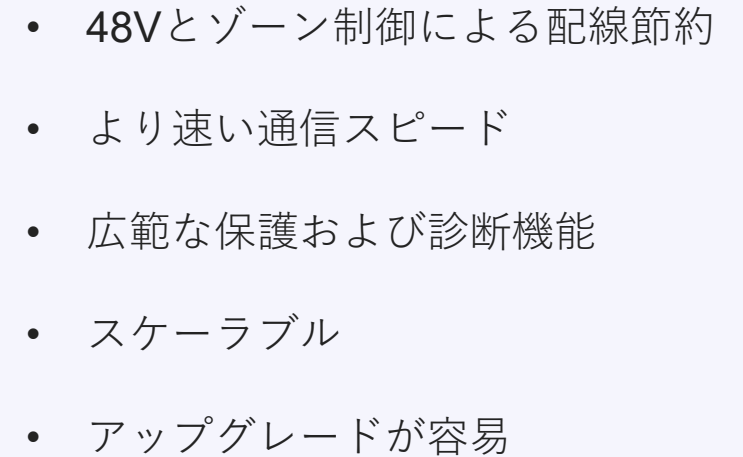


eFuse
(電子ヒューズ)



- 応答速度は遅いが、耐障害性が高い
- リセット不可
- 追加の保護機能なし
- 診断機能なし
- 集中型配電

- 応答速度の向上と耐障害性の向上
- リセット可能
- 有害な電圧と温度から保護
- 豊富な診断およびモニタリング機能
- 分散型電力配電



より安全、よりスマート、
より効率的

従来の機械式ヒューズ



- ジュール加熱の原理
- 電子機器なし、電力消費なし
- 追加の保護および診断は期待できない



eFuse (電子ヒューズ)



- 半導体デバイスにおいて、機械式ヒューズの動作 (熔断特性) を模倣するにはどうすればよいか？
- いかに電力消費量を減らすか？
- いかにすべての保護機能と診断機能を搭載するか？
- コンパクトなサイズでスケラブル、コスト効率を実現するには？

MPQ5884-AEC1



80V、4.5mΩ、eFuseおよびスマートハイスайдパワースイッチ

機能

過酷な自動車の過渡現象に対応

- 最大80Vまでのロードダンプに対応
- 60V逆電圧自己保護機能

低損失・低発熱

- 4.5mΩのオン抵抗 ($R_{DS(ON)}$)

車両のバッテリー寿命

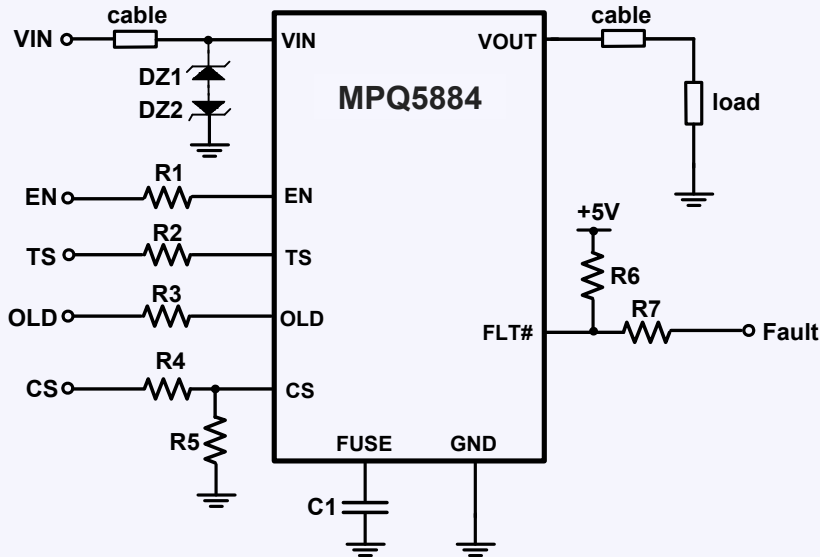
- 25uAの低静止電流 (I_Q) モード
- 非常に低いシャットダウン I_Q

保護機能およびモニタリング機能搭載

- 高精度な電流検知と報告機能
- ヒューズライクな過電流保護 (OCP) および短絡保護 (SCP)
- 故障報告
- オープン負荷検出
- 温度モニタリング
- サーマルシャットダウン

その他の機能

- ENピンは 3.3Vやバッテリー接続に対応
- AEC-Q100-012試験グレードAに対応



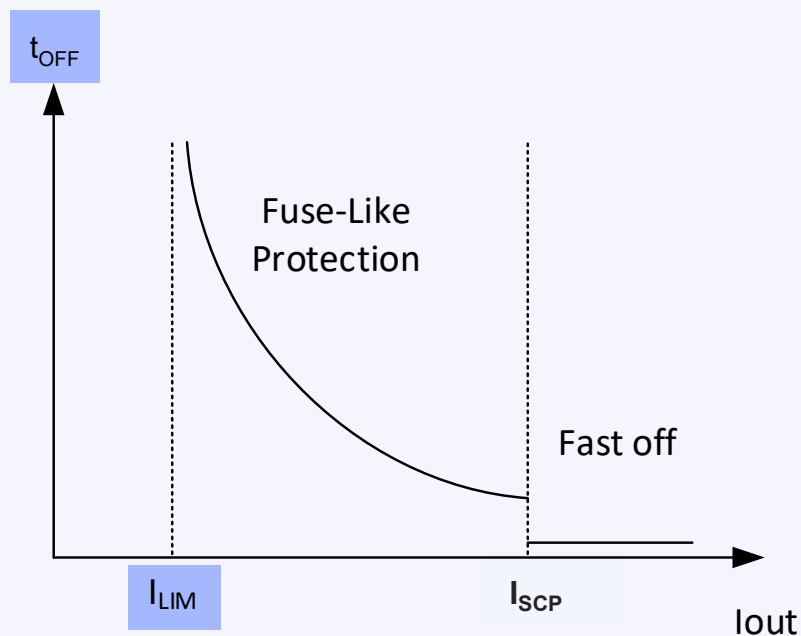
主な仕様

6V~60	-60V~+80V	4.5mΩ	15A	QFN-30 (5mm x 6mm)
推奨動作範囲	保護入力範囲	$R_{DS(ON)}$	公称電流	パッケージ

バージョン

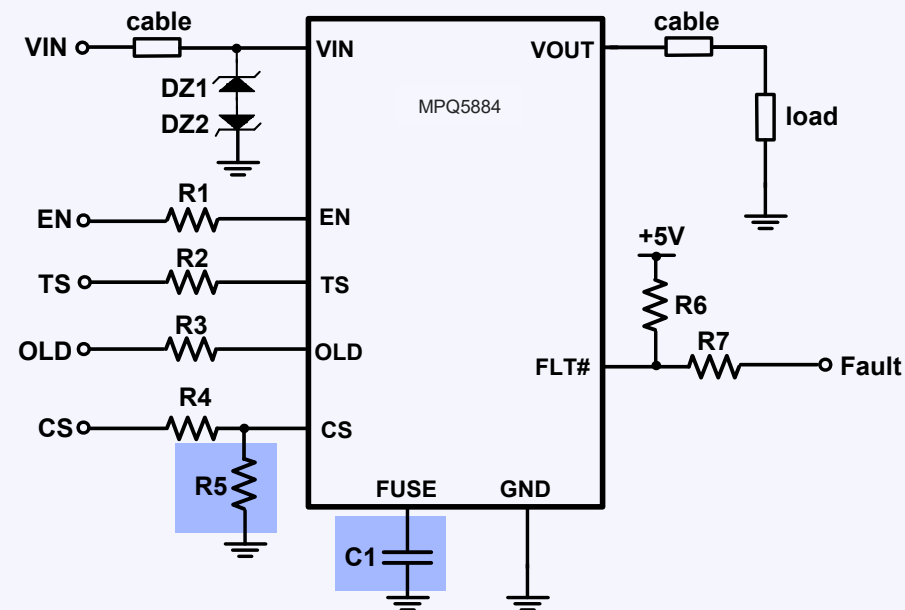
MPQ5882	2.5mΩ	25A	PQFN-30 (6mm x 8mm)
MPQ5884	4.5mΩ	15A	QFN-30 (5mm x 6mm)
MPQ5887	10mΩ	15A	QFN-30 (5mm x 6mm)
MPQ5889	15mΩ	7A	QFN-30 (5mm x 6mm)
製品型番	$R_{DS(ON)}$	公称電流	パッケージ

MPS特許のヒューズライクな保護機能



負荷電流が大きいほど、溶断時間は短くなり、
電子ヒューズMOSFETはより早くオフになる
制御可能な溶断時間の変動で機械式ヒューズを模倣

ハードウェアで設定可能なヒューズカーブ

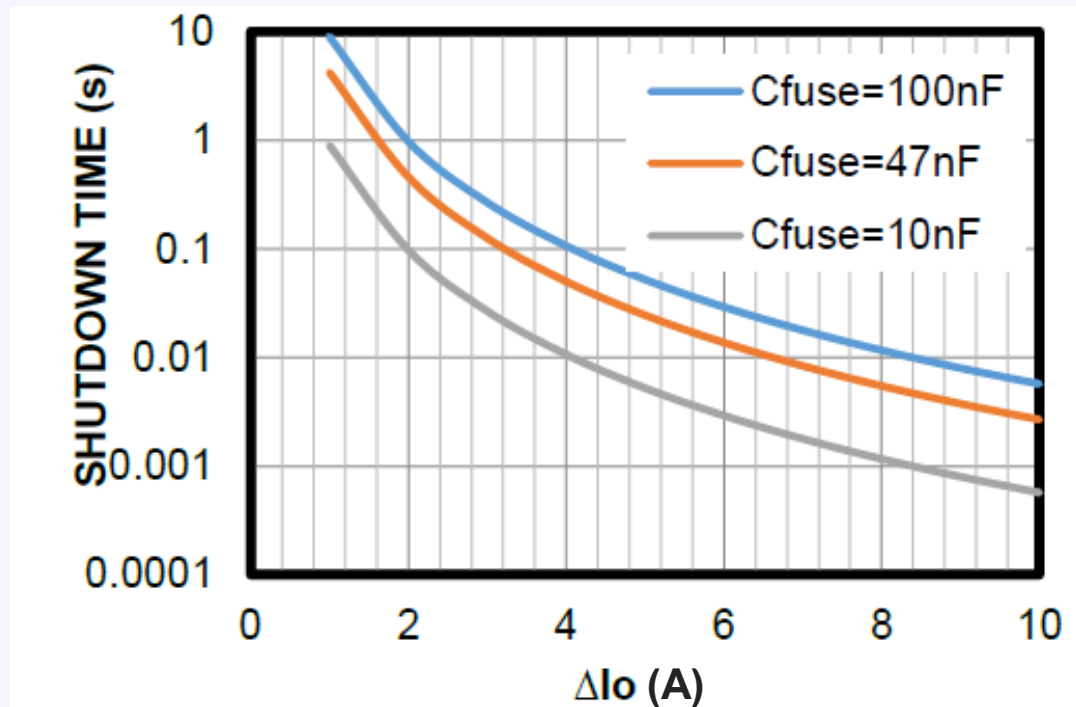


R5はヒューズ電流の開始点 (I_{LIM}) を決定

C1はヒューズ保護の遮断時間 (t_{OFF}) を決定

ヒューズライクな保護機能の試験波形

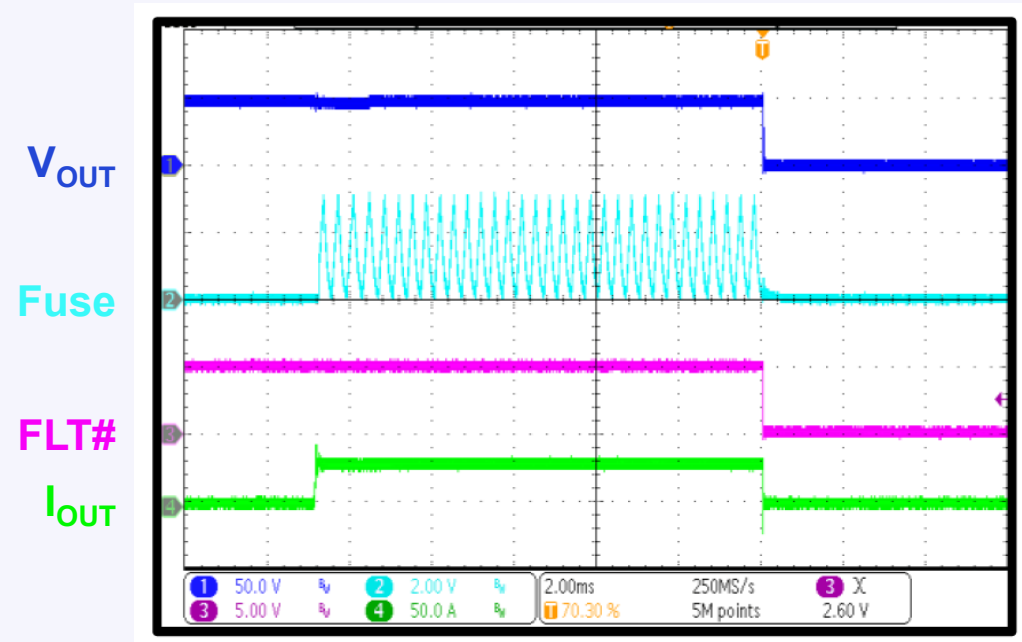
ハードウェアで設定可能なヒューズカーブ



*注: $\Delta I_o = I_o - I_{LIM}$

試験波形

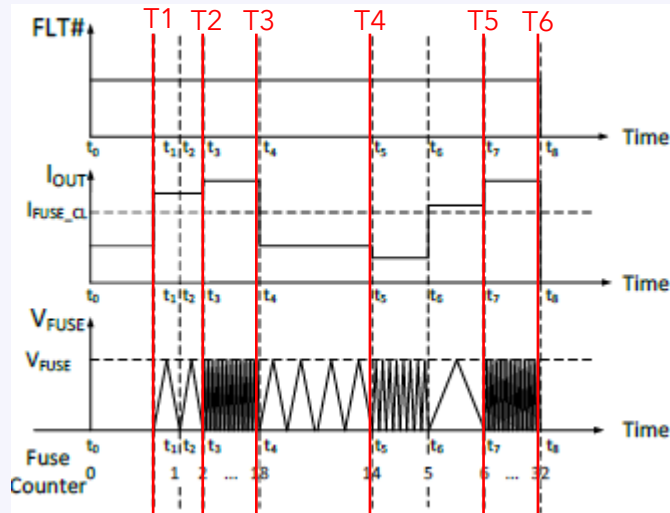
$I_{LIM} = 15\text{A}$ 、 $I_{OUT} = 25\text{A}$ 、 $\Delta I_o = 10\text{A}$:



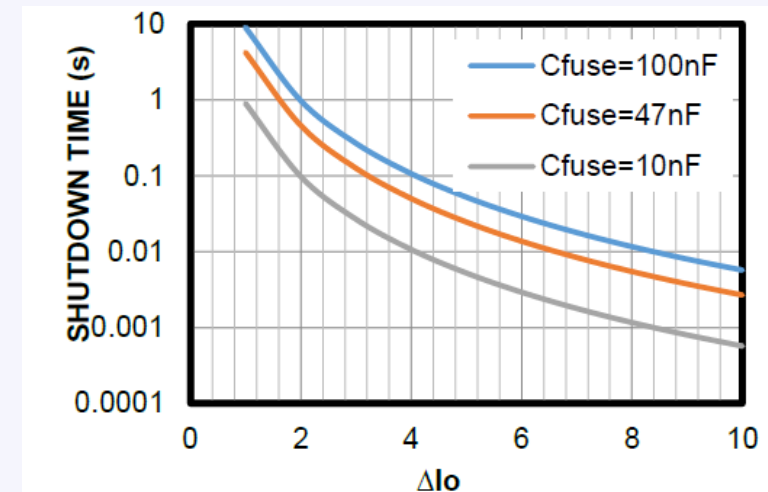
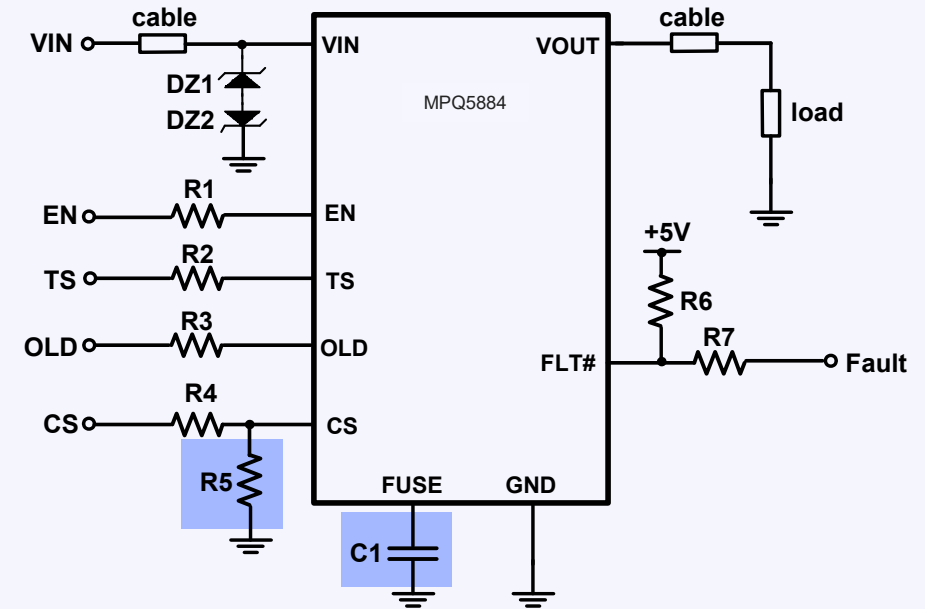
ヒューズライクな保護: 課題解決

- ヒューズ同様の保護機能
- 電流値が高いほどシャットダウンまでの時間が短い
- 起動時の突入電流による保護機能動作のマスキング設定可能

(突入電流によるシステムシャットダウン回避)

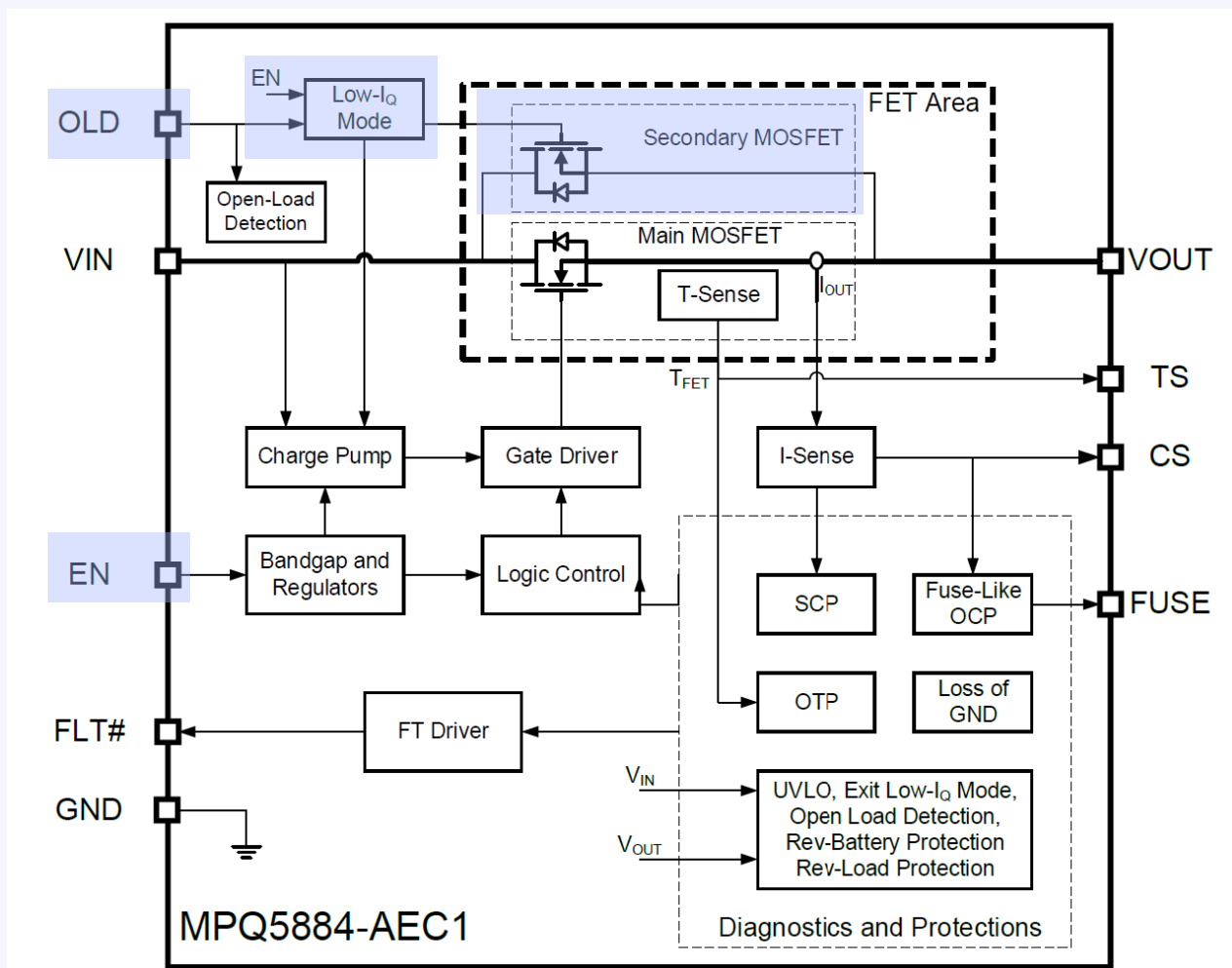


- T1: I_{FUSE_CL} を越えると C_{FUSE} と $\Delta I_o (= I_{FUSE_CL} - I_{OUT})$ で決定するカウント時間でカウント数が増える
- T2: ΔI_o が大きくなるとカウント時間が短くなり短期間でカウント数が増える
- T3: ΔI_o がマイナスになると、 C_{FUSE} と $I_{OUT} - I_{FUSE_CL}$ で決定するカウント時間でカウント数が減る
- T4: ΔI_o のマイナス側に大きいほど、カウント時間が短くなり短期間でカウント数が減る
- T5-T6: カウント数が **32カウント** になると **シャットダウン** し、 FLT フラグがLowを示す



*注: $\Delta I_o = I_o - I_{LIM}$

低静止電流 (I_Q) モード

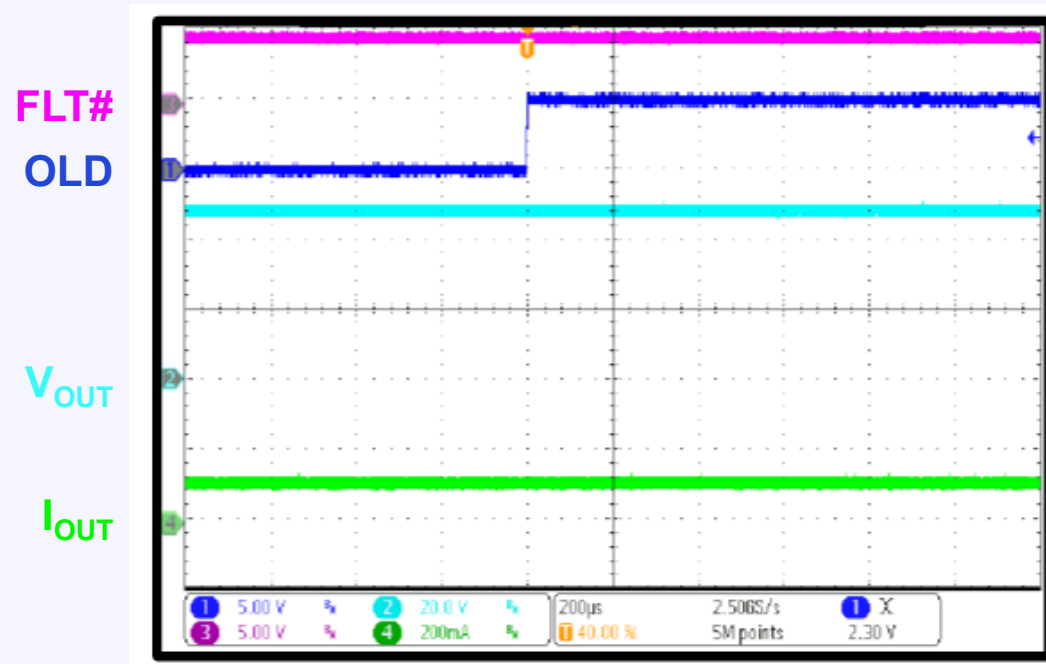


- 低 I_Q モード用二次MOSFET
- 低 I_Q モードに入れるため、積極的に**OLD**ピンを切り替え
 - $EN = \text{high}$ 、 $OLD = \text{high}$
- 負荷電流が増加すると自動的に低 I_Q モードを終了し、通常モードに移行します。**FLT#**ピンがローになり、システムレポートが出力されます。

低 I_Q モード試験波形

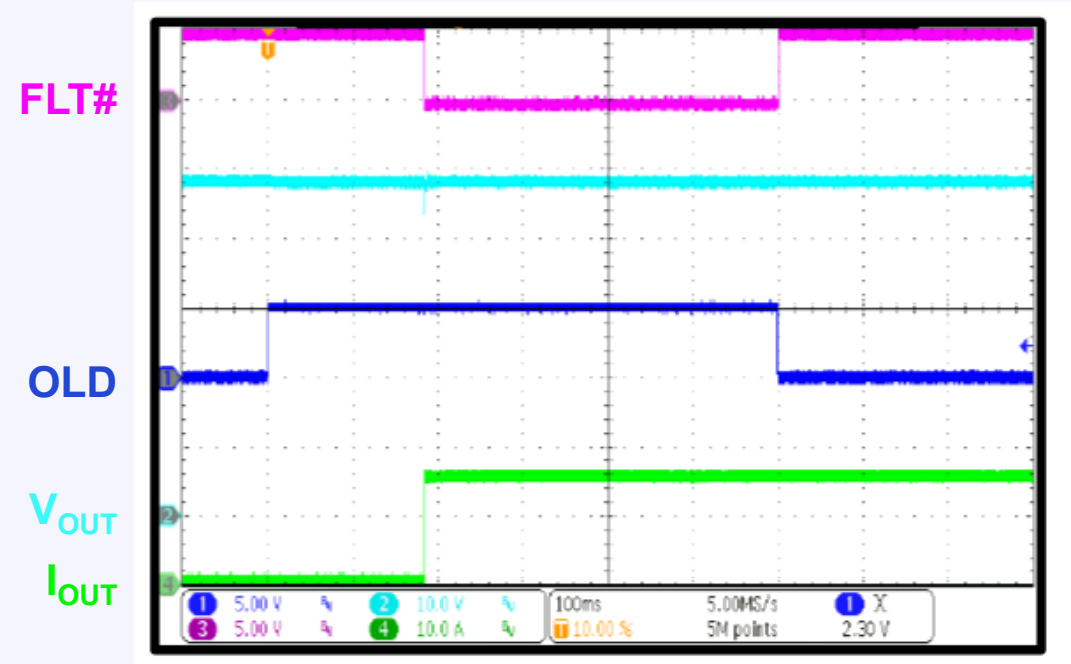
低 I_Q モード開始

$I_{OUT} = 0.1A$

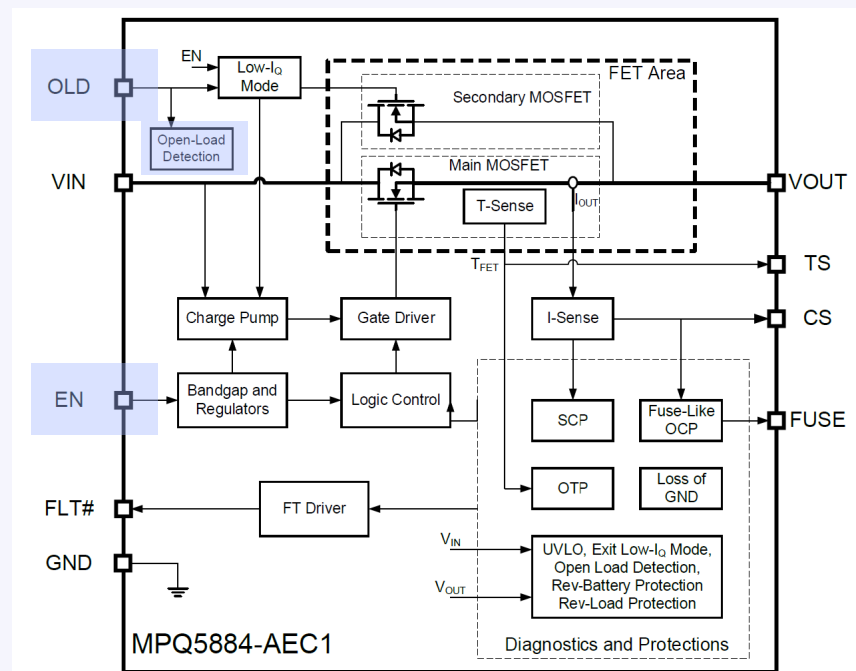


低 I_Q モードの自動終了

$I_{OUT} = 0.1A \sim 15A$

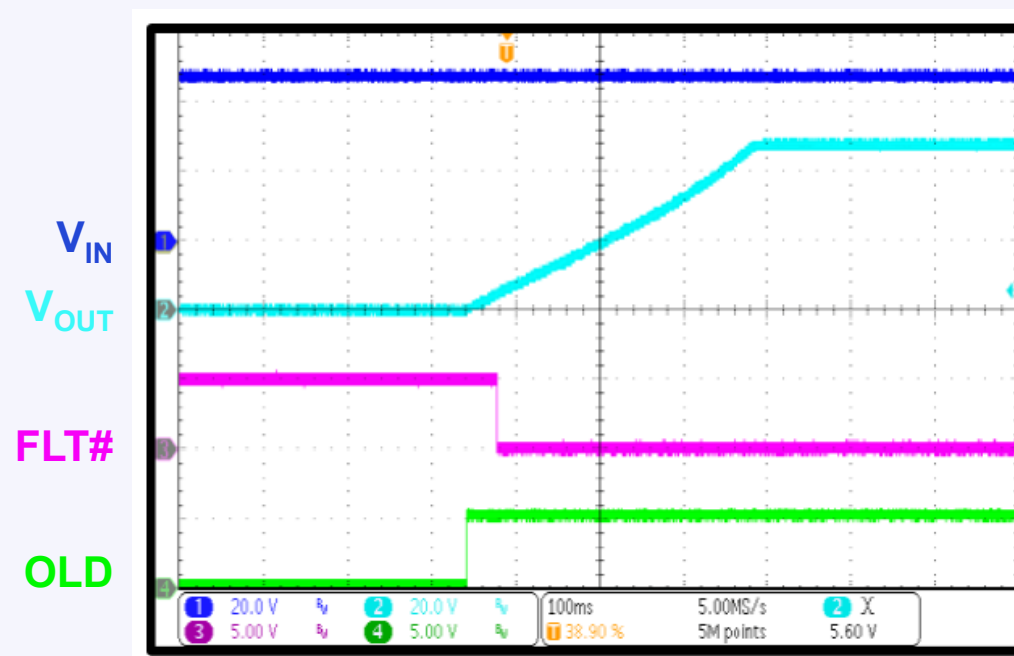


オープン負荷検出メカニズム

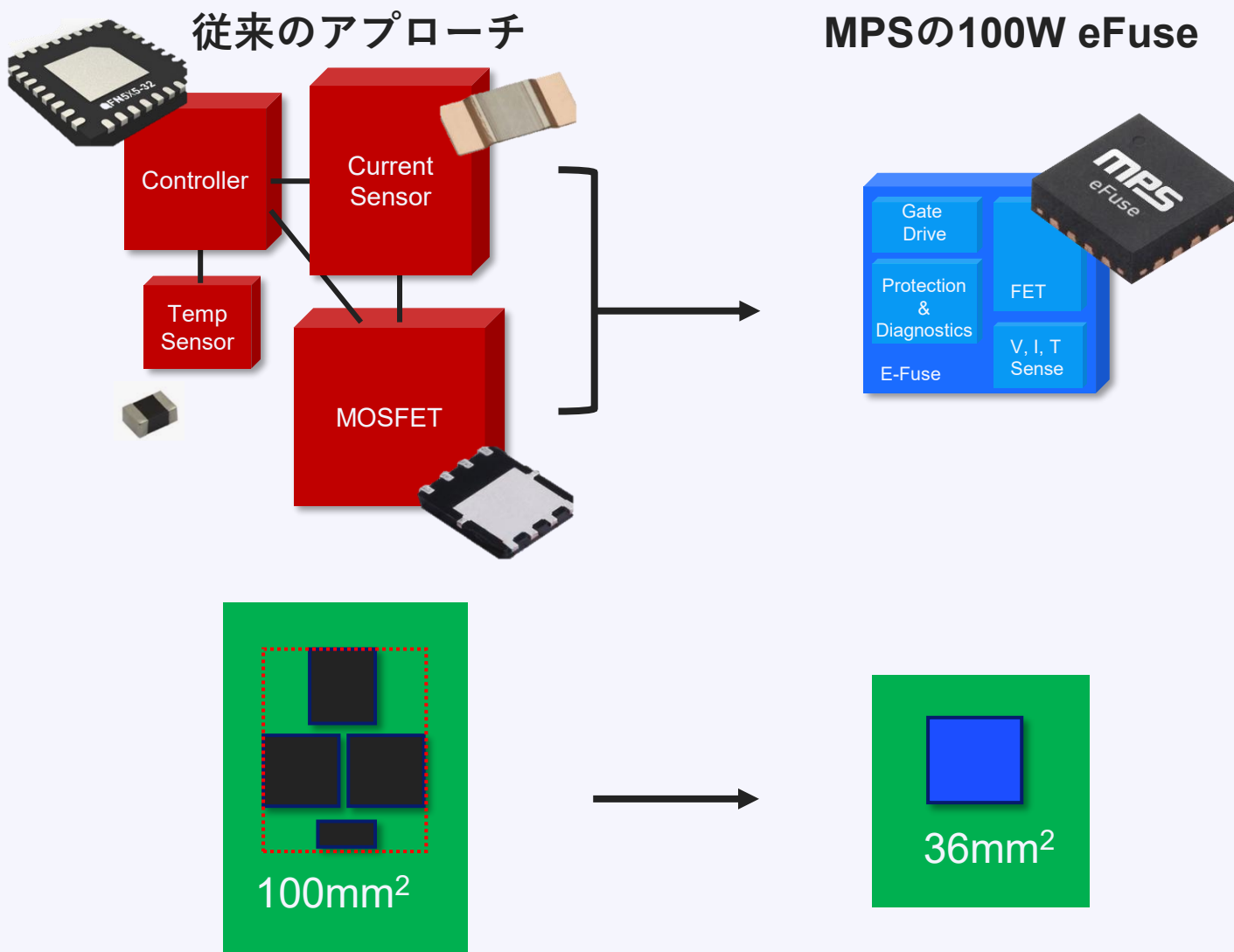


- オープン負荷の条件:
 - 配線接続不良による高インピーダンス
 - バッテリーへの短絡
- 検出メカニズム:
 - VOUTピンから供給される電流

試験波形



MPSの機能集積型48V eFuseの利点



機能集積により 多くの利点を提供

- ✱ 高精度に調整
- 🐅 速い応答
- ⚙️ 信頼性が高い
- 📺 全システムをモニタリング
- ↖️ 大幅なサイズ縮小
- 🛡️ 安全機能

- 従来の車載システムの限界
 - 12V + ドメイン・アーキテクチャ + 機械式ヒューズ
- 安全で、且つスマートで、より効率的な車載システムの未来動向
 - 48V + ゾーン・アーキテクチャ + eFuse
- **MPSの機能集積型48V eFuseの利点**
 - 高速応答時間と高い耐障害性
 - 保護および診断機能: オープン負荷検出、電流検出、温度検出、その他
 - バッテリー寿命を延長する低 I_Q モード
 - コンパクトなサイズで機能集積したソリューション