



Microchip社のSiCベースの 補助Eヒューズの概要

Ehab Tarmoom

Microchip Technology

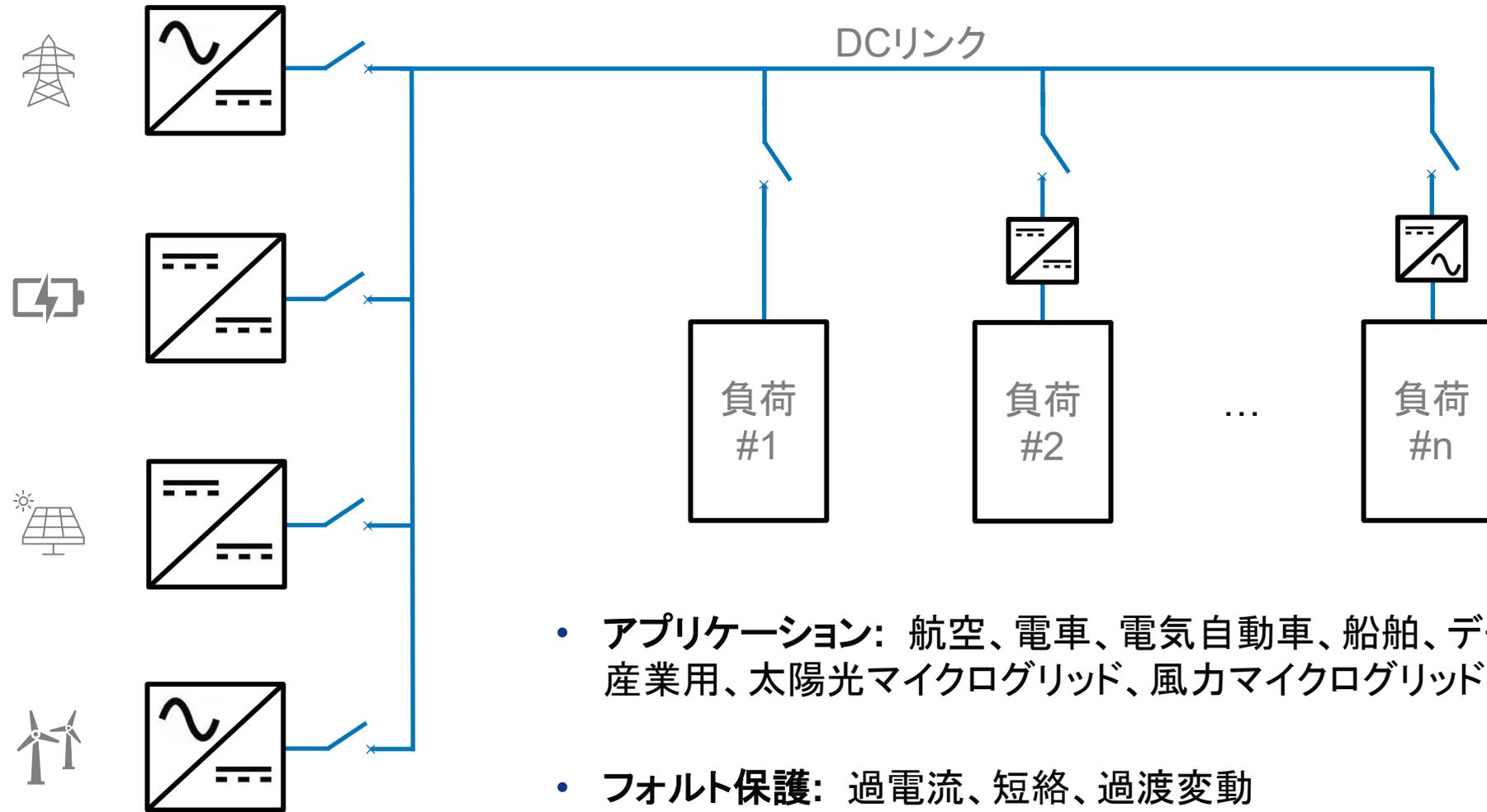
2023年3月21日、APECにて発表





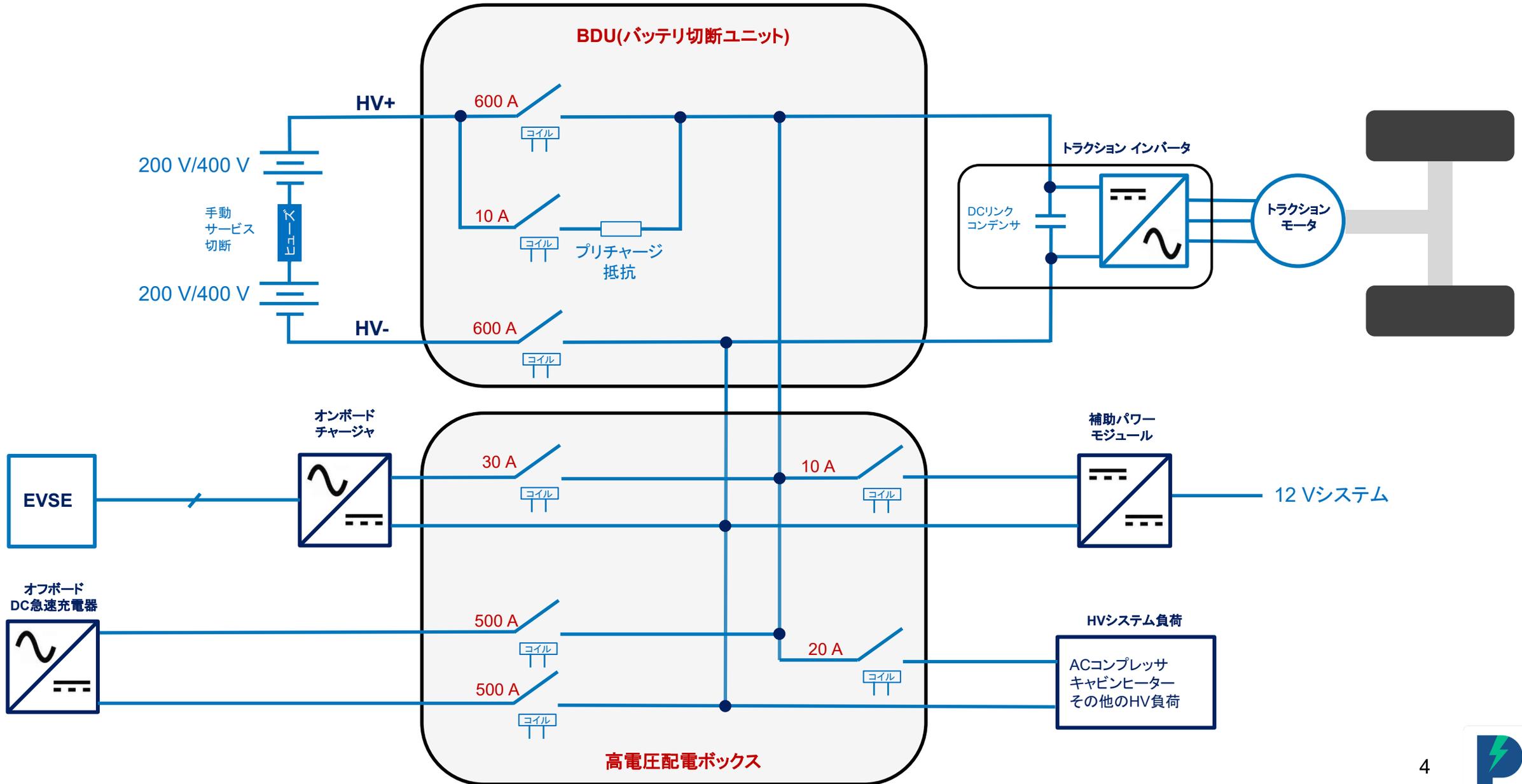
Ehab TarmoomはMicrochip社のスタッフ アプリケーション エンジニアであり、SiC(シリコン カーバイド) ソリューションの専門家です。20 年以上にわたり、オンボード チャージャ、インバータ、EVSE、バッテリー切断スイッチユニット等の電動化製品を含む、車載エレクトロニクス設計と開発に携わってきました。ミシガン大学ディアボーン校で電気工学の学士号と修士号、応用計算数学の修士号を取得しました。現在、デトロイト・マーシー大学でパワー エレクトロニクスを教えています。



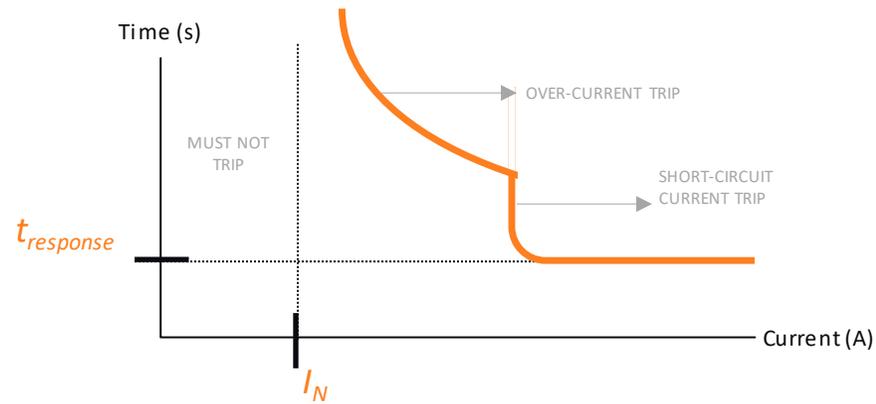


- **アプリケーション:** 航空、電車、電気自動車、船舶、データセンター、産業用、太陽光マイクログリッド、風力マイクログリッド
- **フォルト保護:** 過電流、短絡、過渡変動

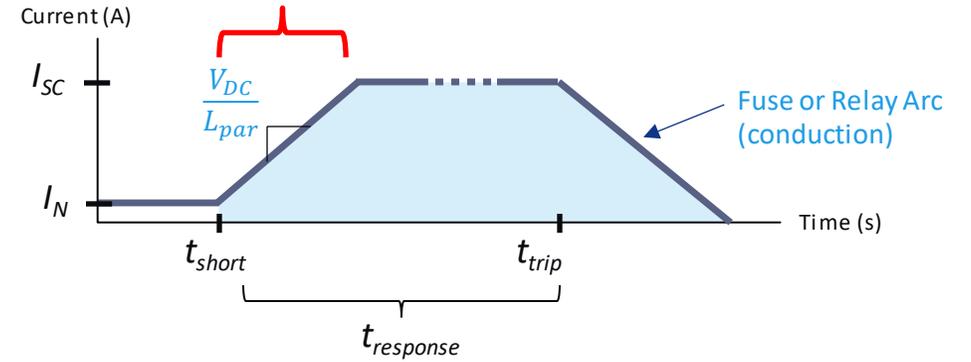
EVの高電圧配電



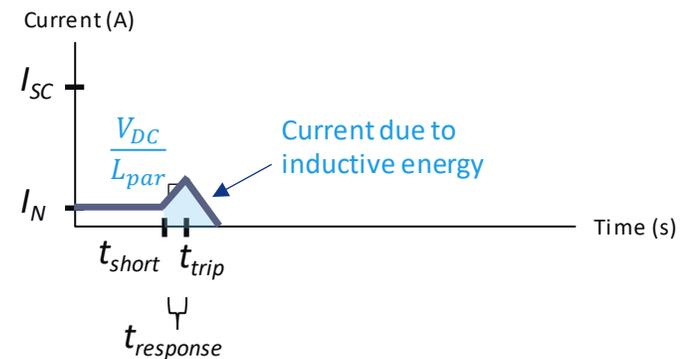
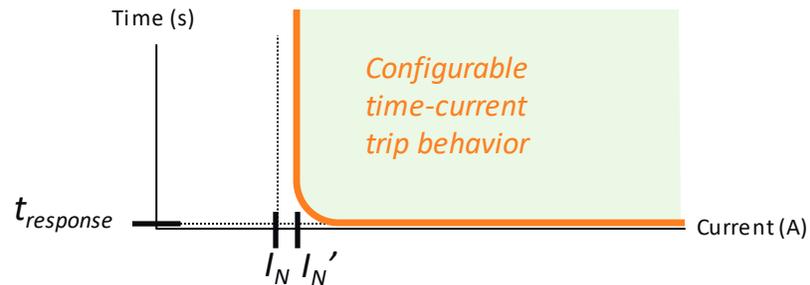
- サーキットブレーカ

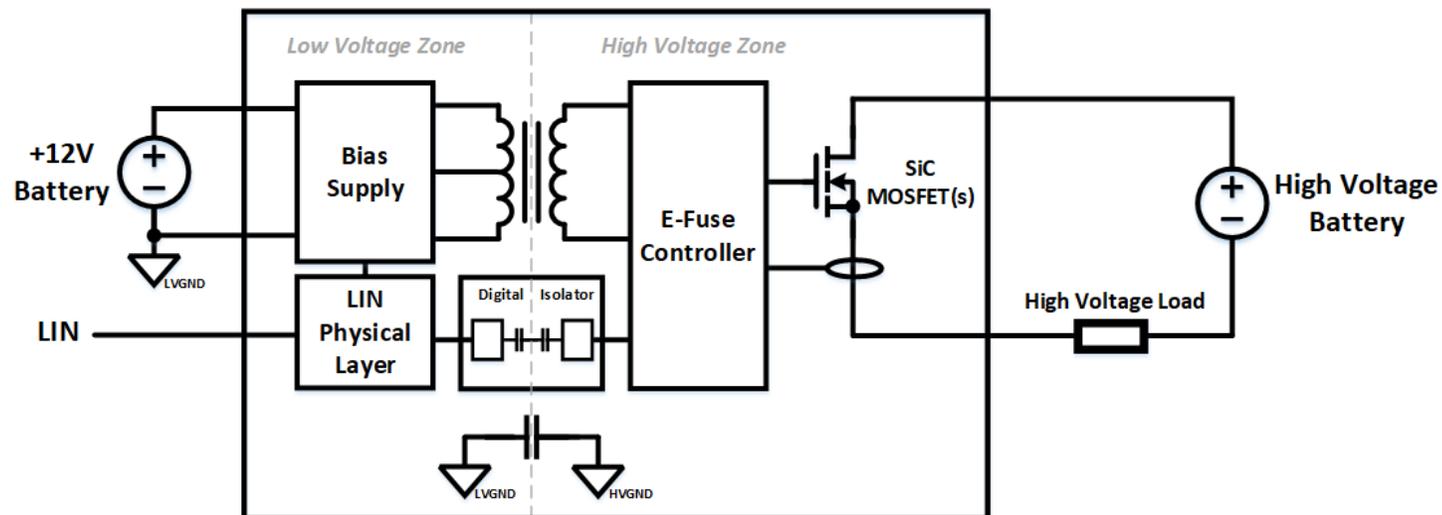
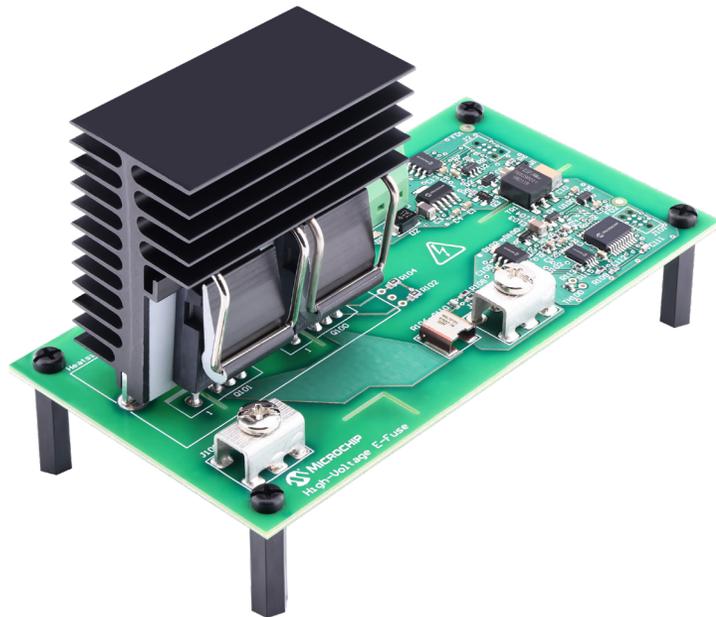


$$\Delta t = I_{SC} \left(\frac{L_{par}}{V_{DC}} \right) = 20kA \left(\frac{1\mu H}{400V} \right) = 50\mu s$$



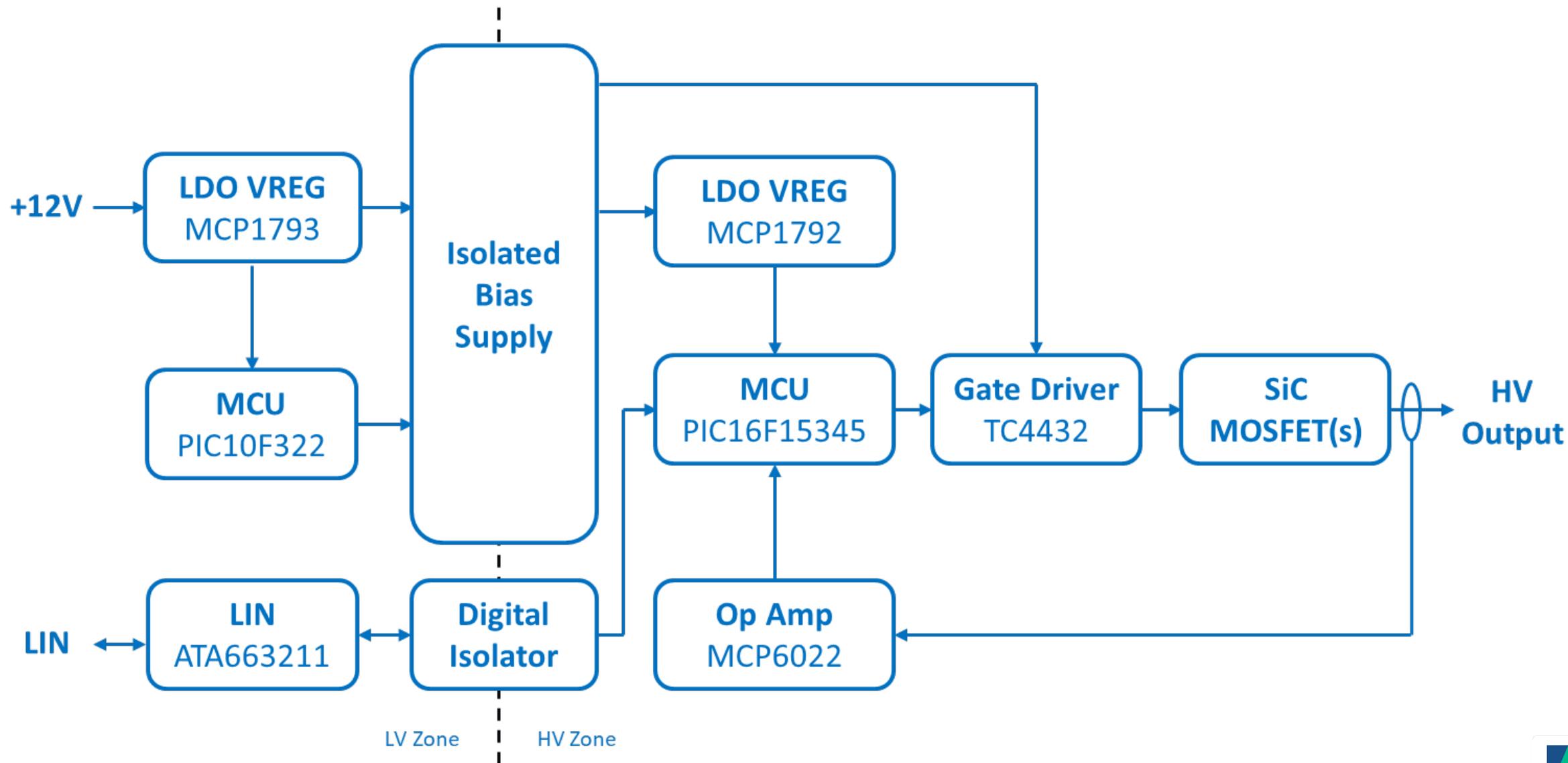
- ソリッドステート サーキットブレーカ/Eヒューズ

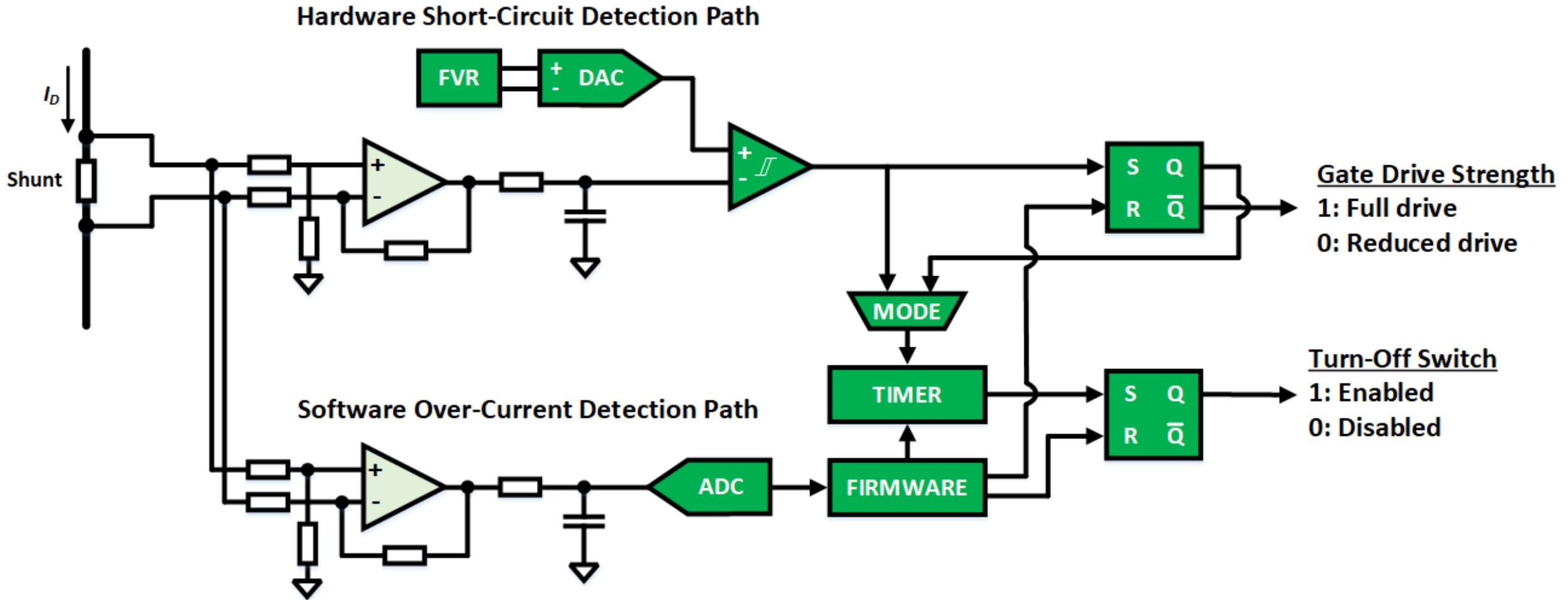




Eヒューズの仕様

- 400 Vと800 VのDCバッテリーシステム
- 最大30 Aの連続負荷電流
- スナバレス設計
- LIN通信インターフェイス
- 設定可能なトリップ プロファイル
- 設計ファイルをwww.microchip.com/E-Fuseで入手可能





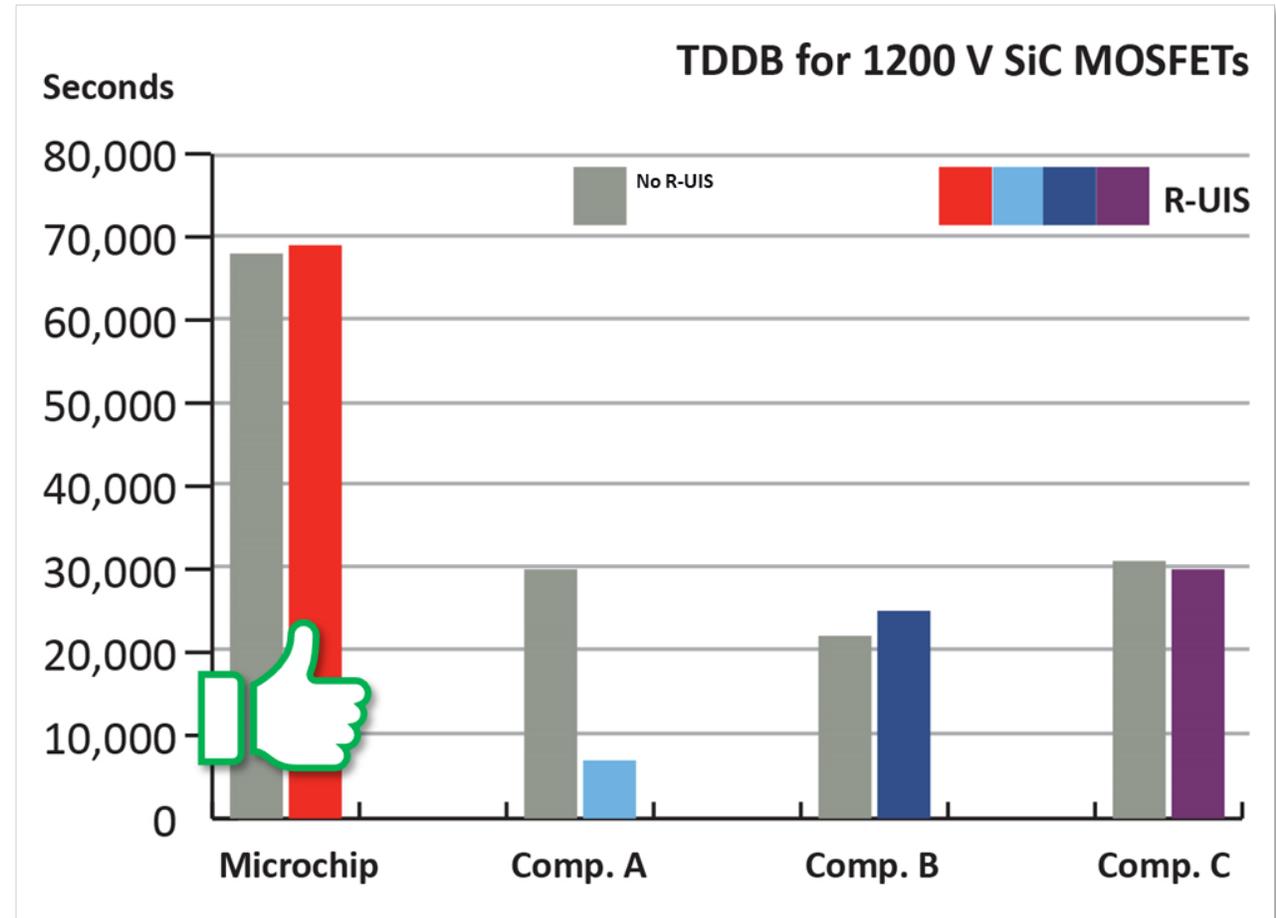
- 上側の信号経路はCIP(コアから独立した周辺モジュール)を利用したハードウェア ベースの検出を示す
- 下側の信号経路はソフトウェア ベースの検出を示す



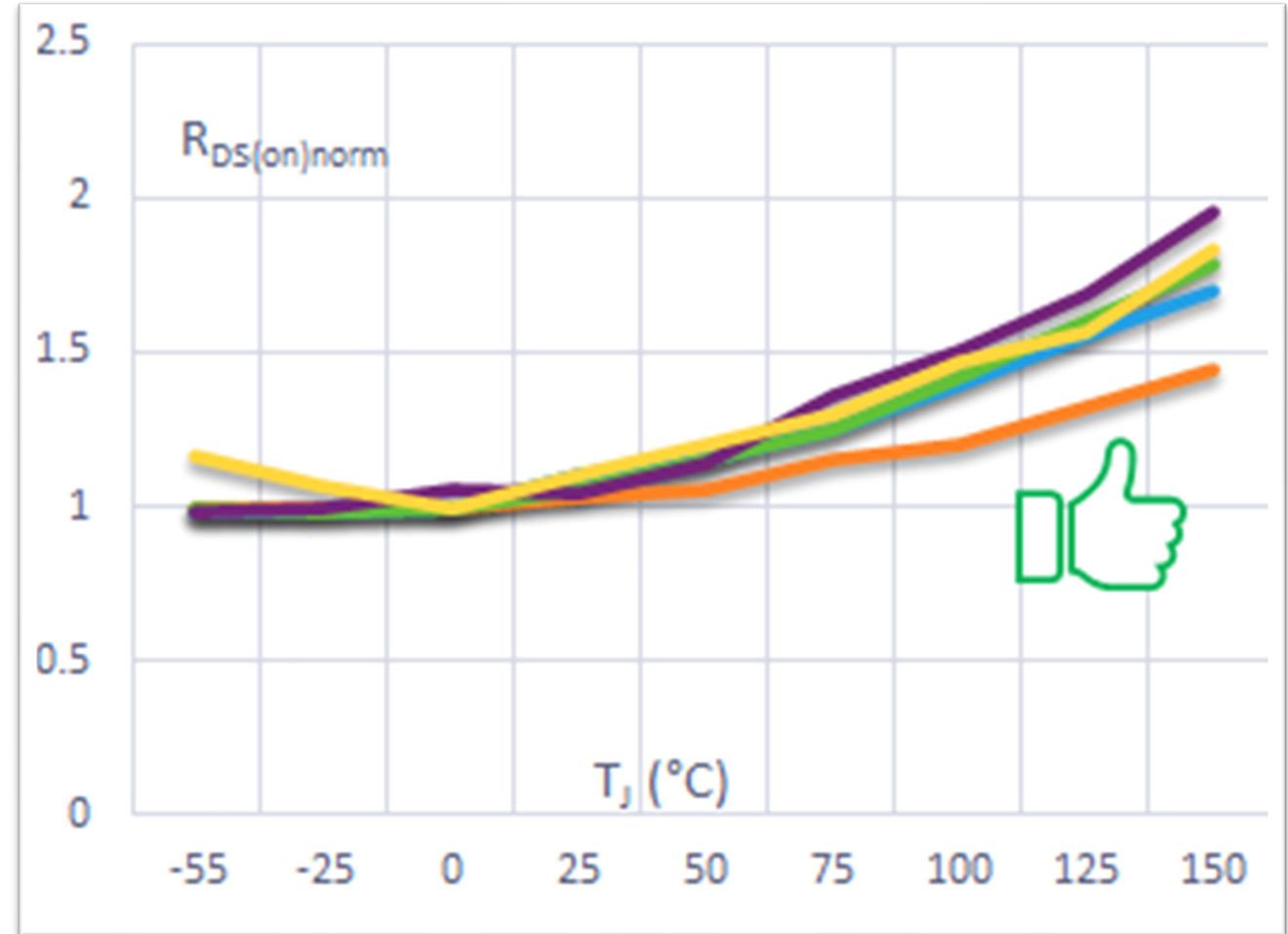
Characteristics	SiC vs. Si	Benefits
Breakdown field (MV/cm)	10x higher	Lower on-resistance
Electron saturation velocity (cm/s)	2x higher	Faster switching
Bandgap energy (eV)	3x higher	Higher junction temperature Lower off-state leakage current
Thermal conductivity (W/m·K)	3x higher	Higher power density



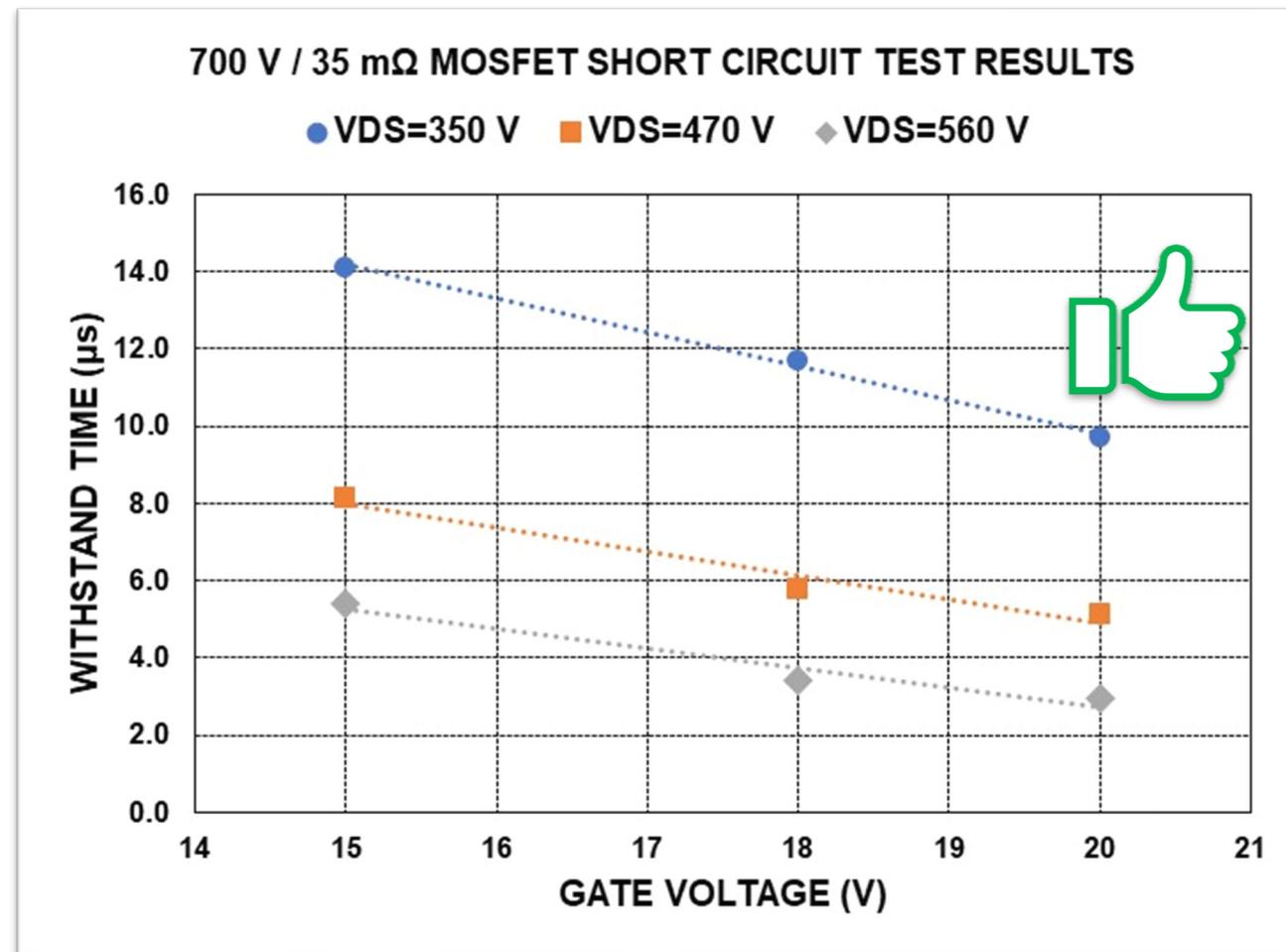
- シングルイベントおよび繰り返しアバランシェへの高い耐性



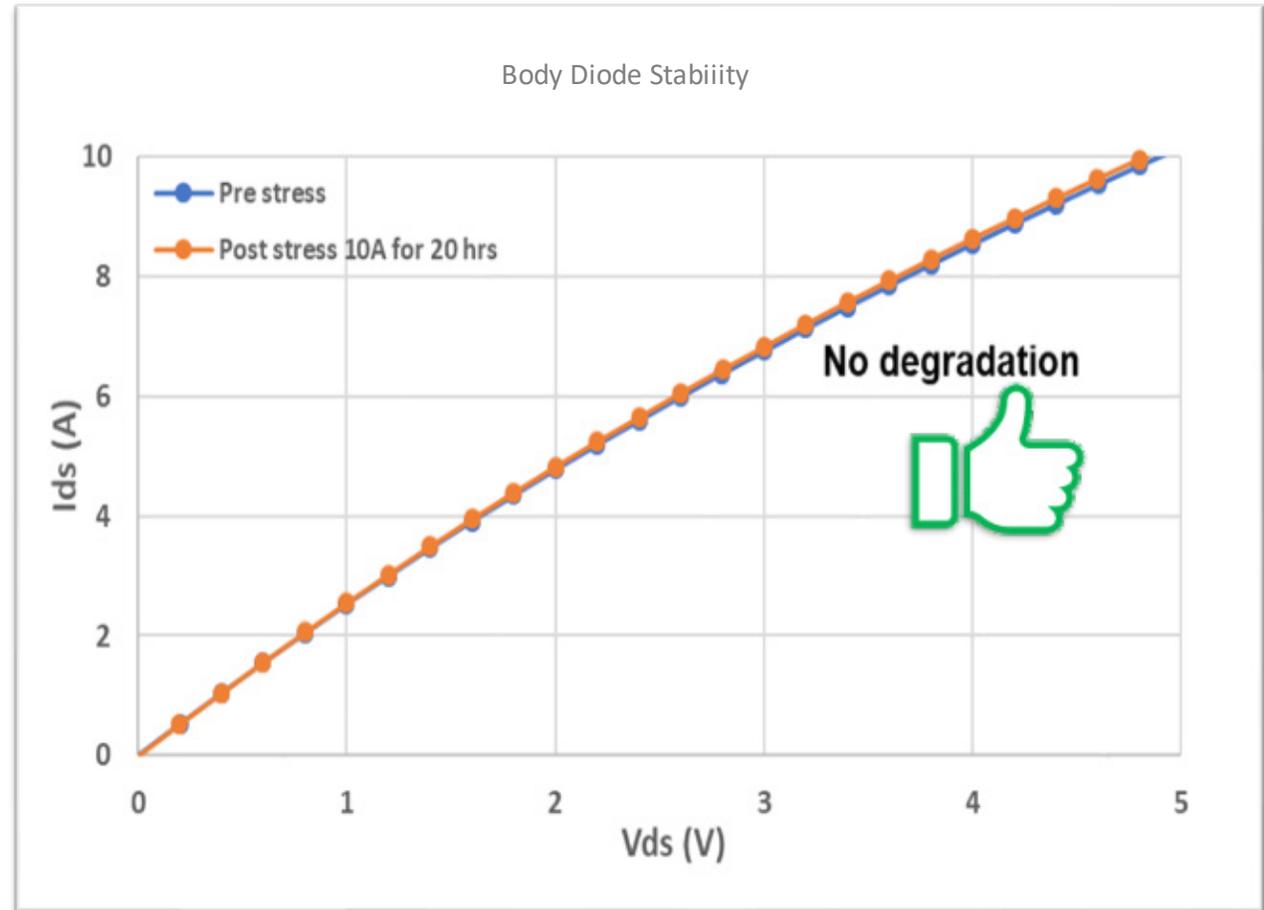
- シングルイベントおよび繰り返しアバランシェへの高い耐性
- 低い温度係数の $R_{DS(on)}$



- シングルイベントおよび繰り返しアバランシェへの高い耐性
- 低い温度係数の $R_{DS(on)}$
- **長い短絡耐久時間**

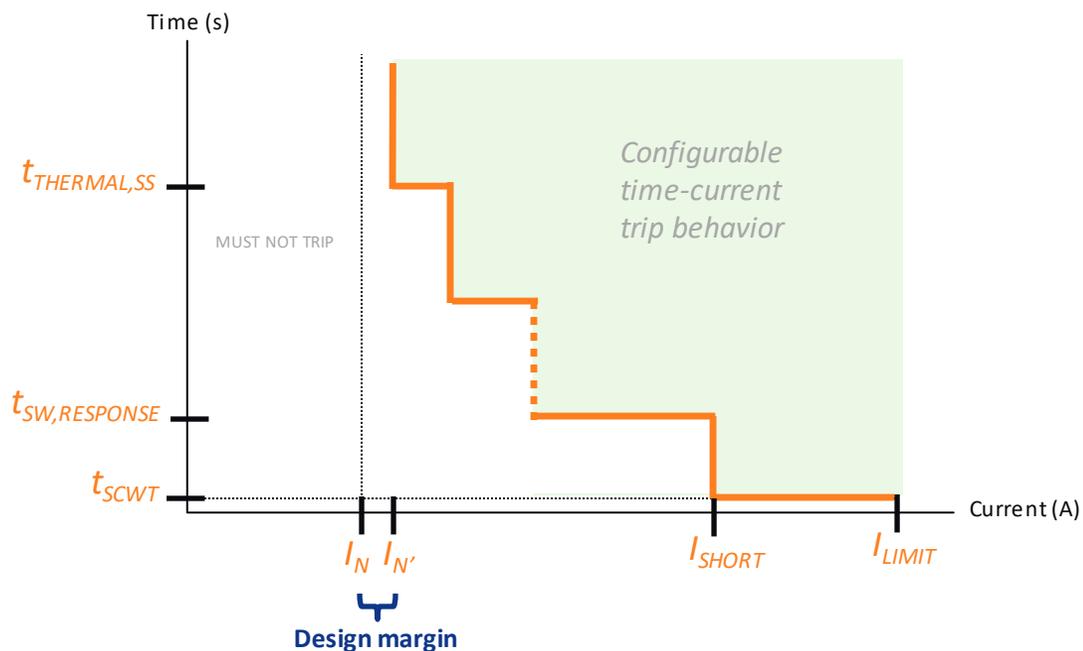


- シングルイベントおよび繰り返しアバランシェへの高い耐性
- 低い温度係数の $R_{DS(on)}$
- 長い短絡耐久時間
- **堅牢なボディダイオード**



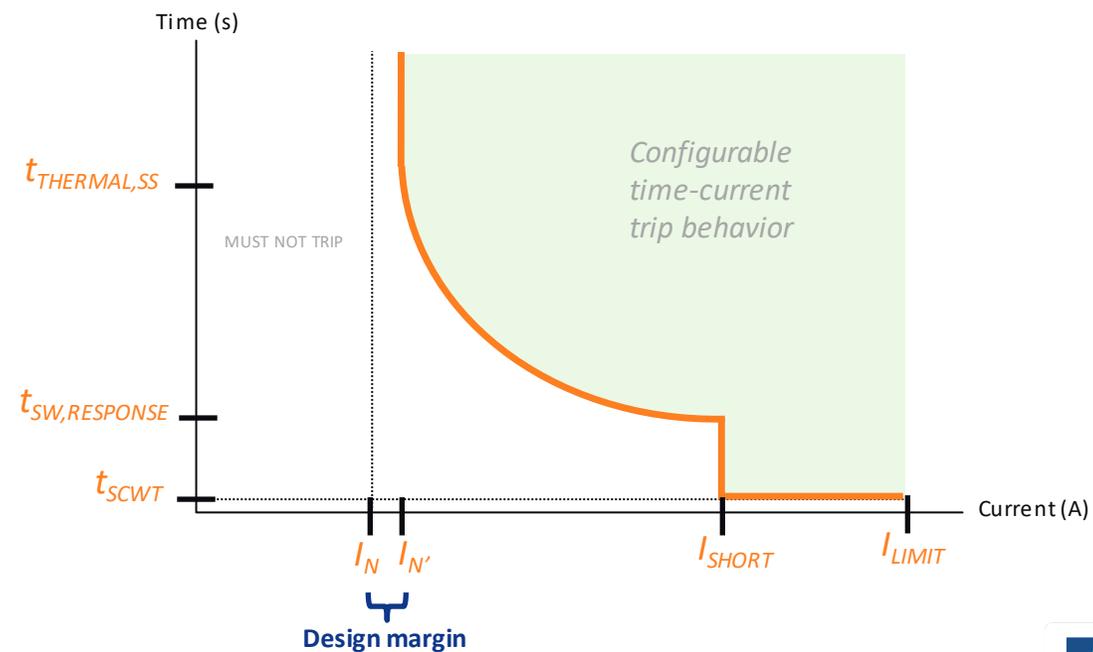
8ビット ミッドレンジPIC® MCU

- CIPを使った短絡保護
- 低いADCサンプルおよびポーリングレート
- 過電流保護は固定された数のしきい値レベル/ウィンドウを使って実装

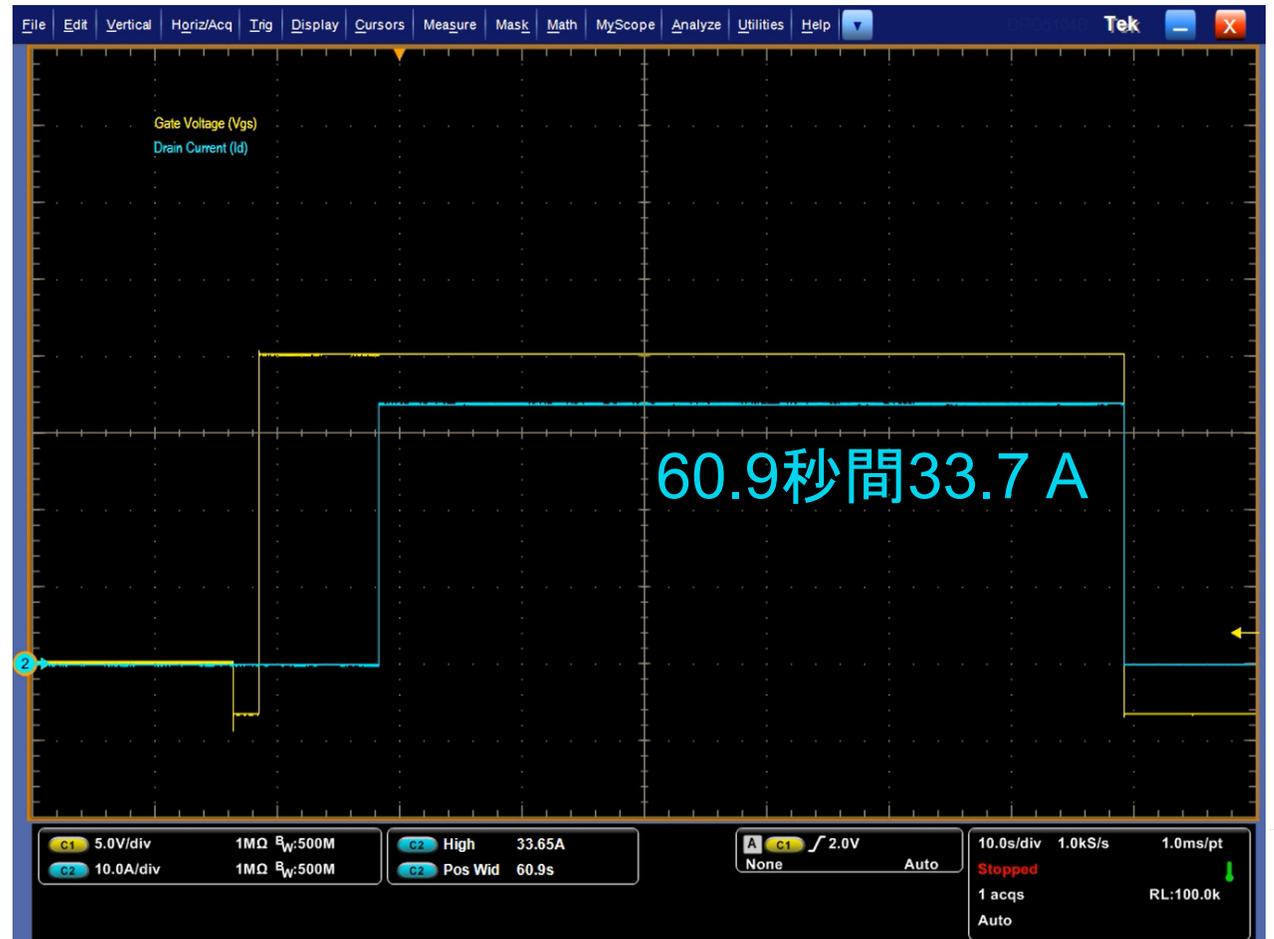
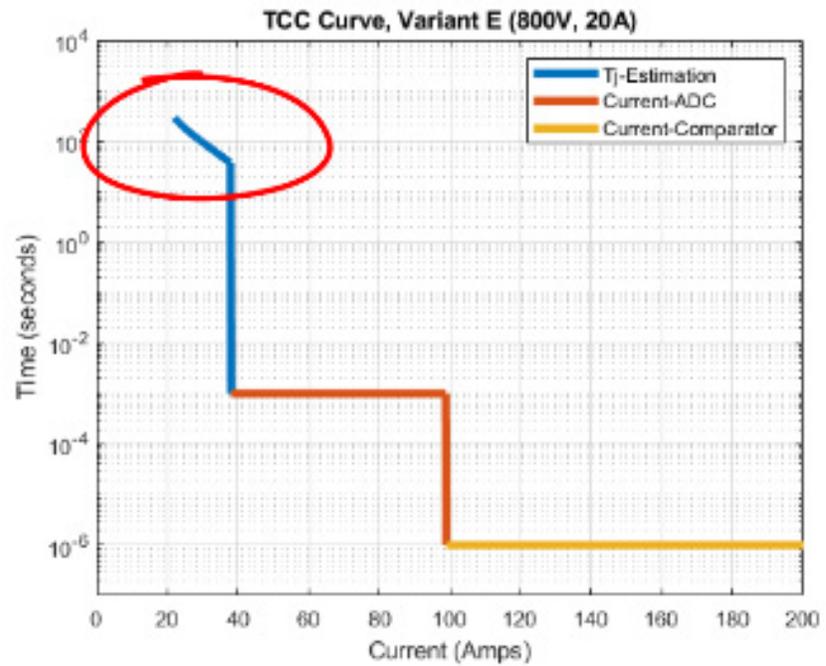
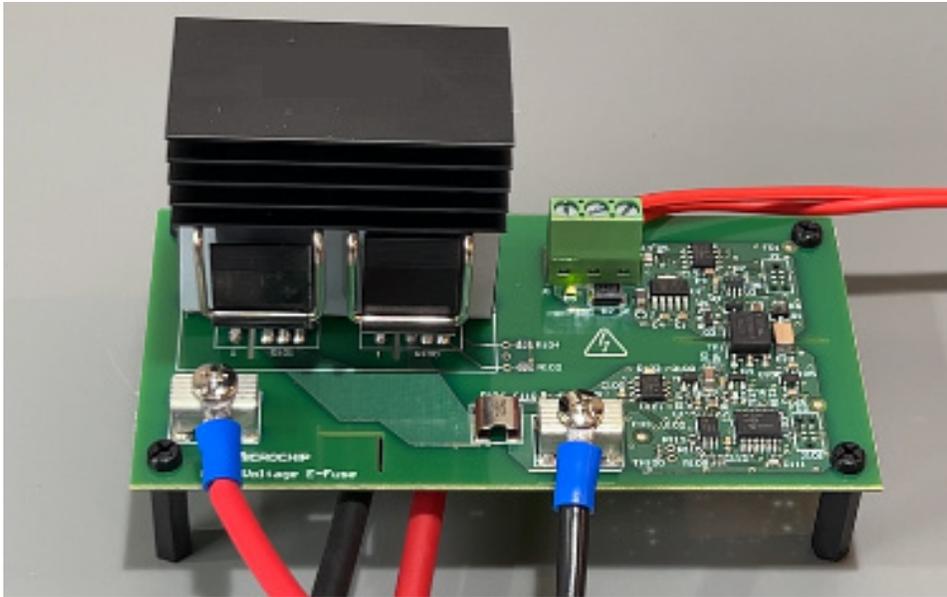


16ビット高性能dsPIC® DSC

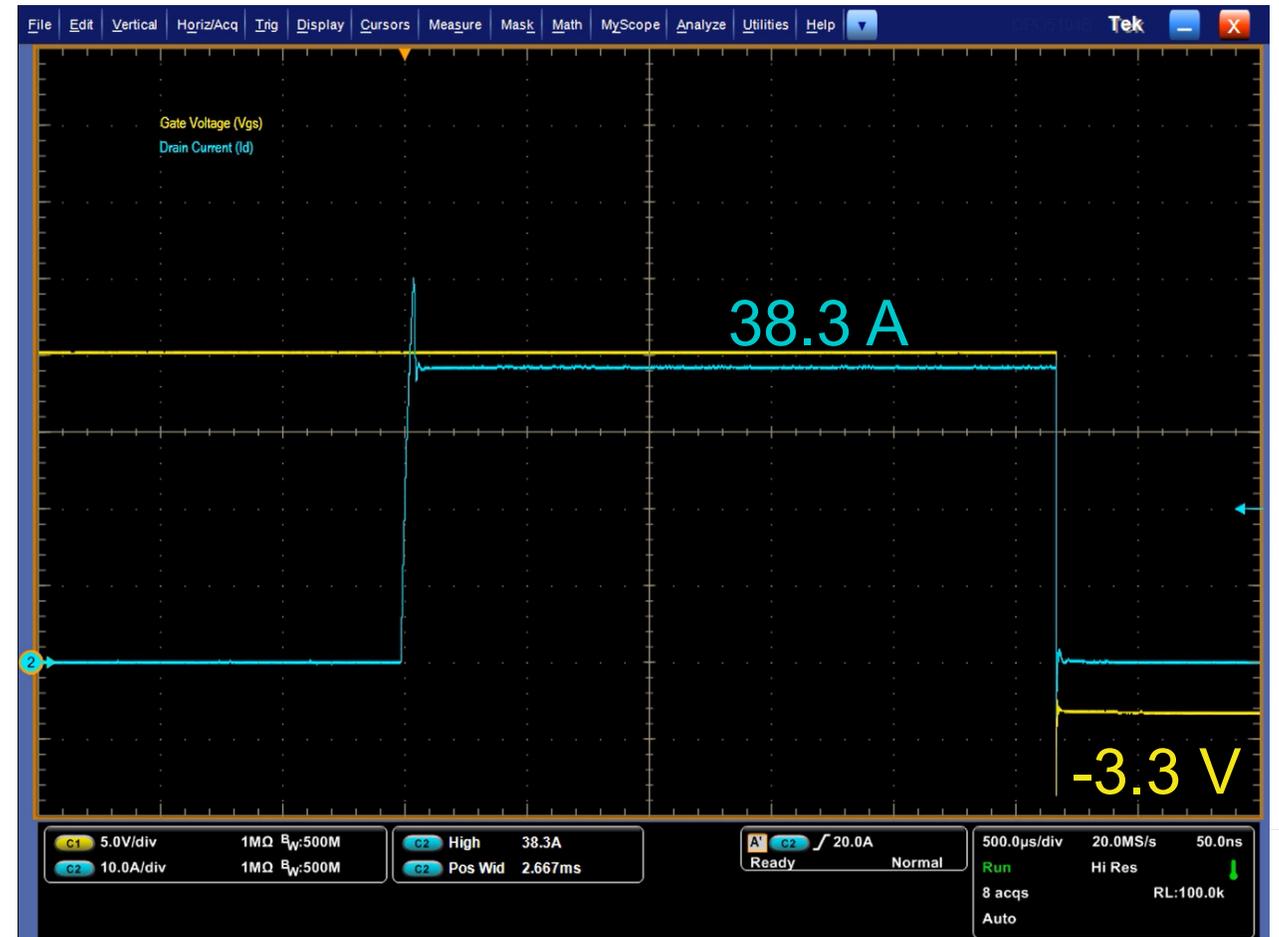
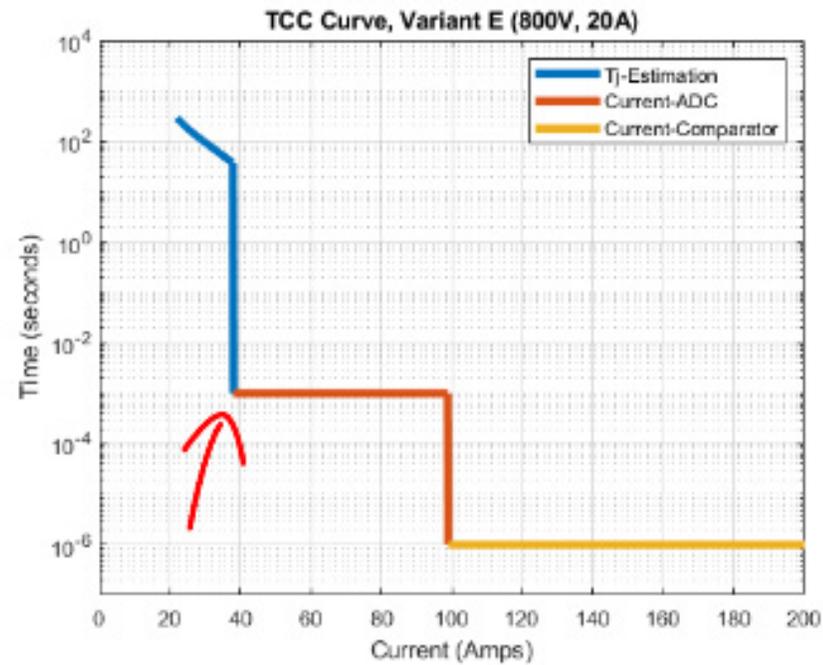
- CIPを使った短絡保護
- 高いADCサンプルおよびポーリングレート
- 過電流保護は2次以上の関数を使って実装



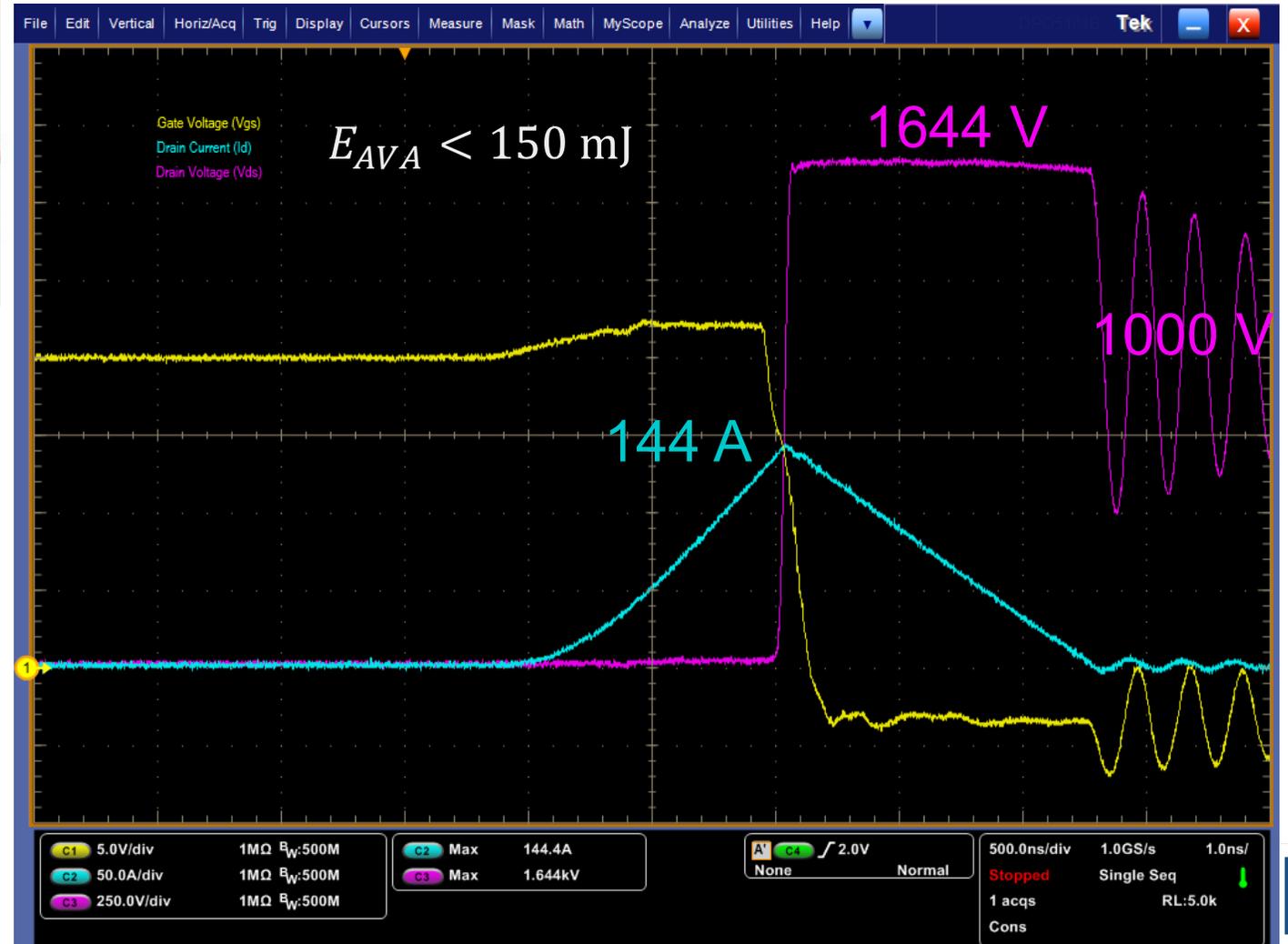
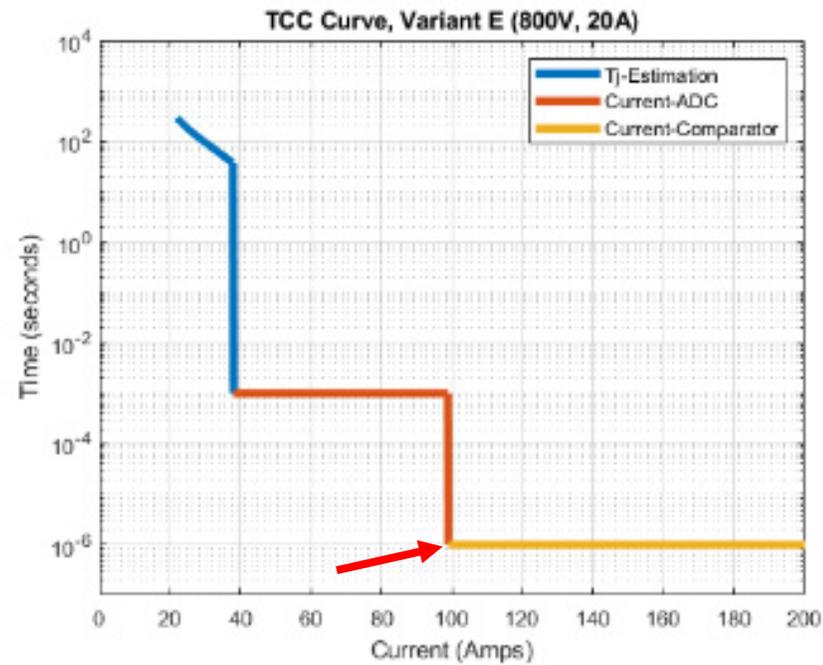
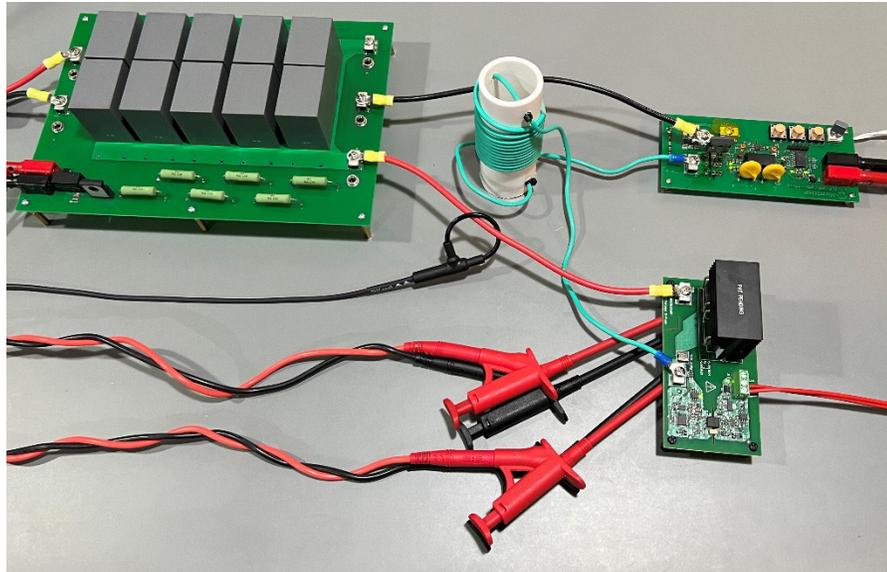
検出1: T_j 推定



検出2: 電流 - ADC

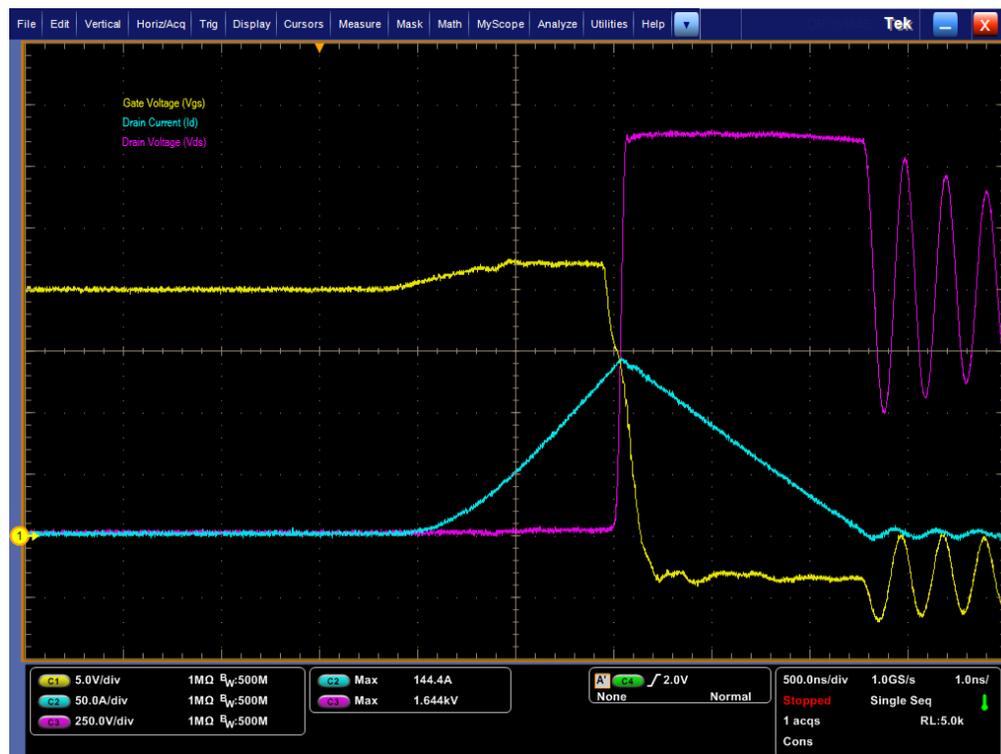


検出3: 電流 - コンパレータ



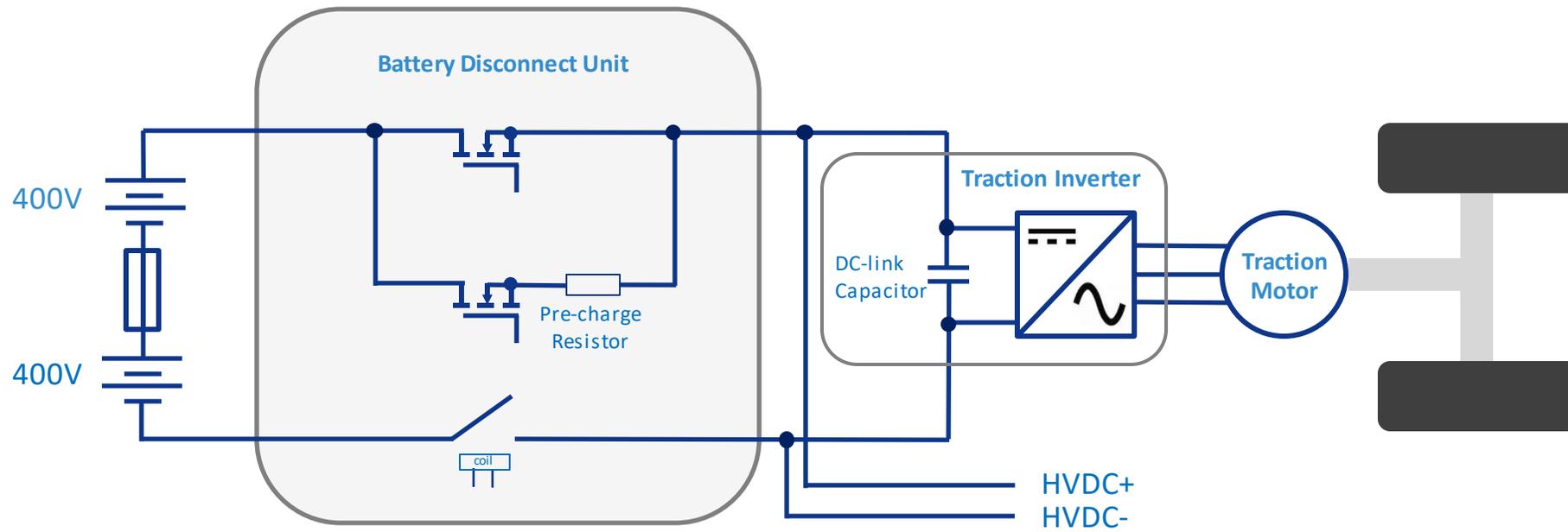
- 短絡検出と保護機能の確認
- 試験電圧: 800 V定格のEヒューズに対して1000 Vを印加
- ソース インダクタンス: 5 μ H

EヒューズがON中の短絡発生応答



短絡負荷に対するEヒューズのターンオン応答



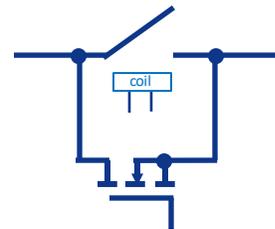


• 正極側メインスイッチの代替例

a) SiCのみのソリューション



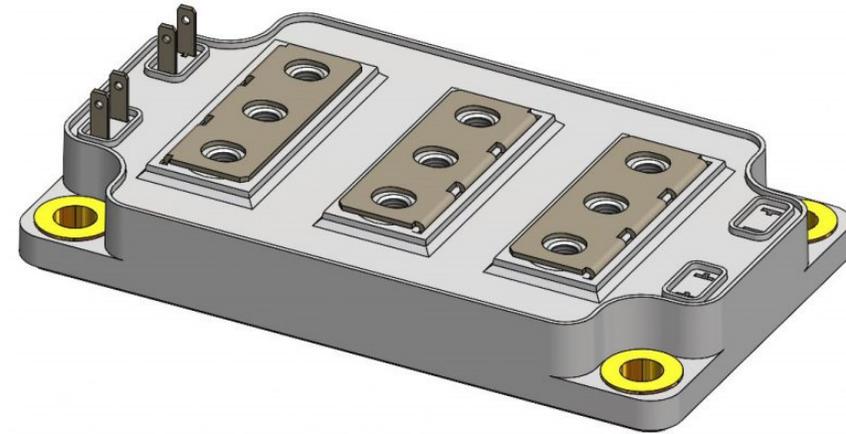
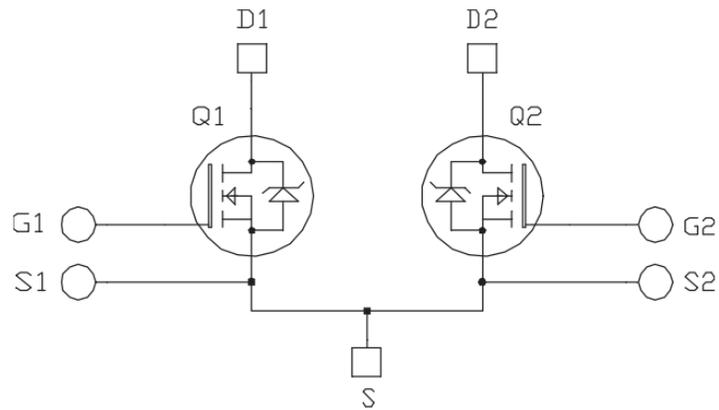
b) ハイブリッドソリューション



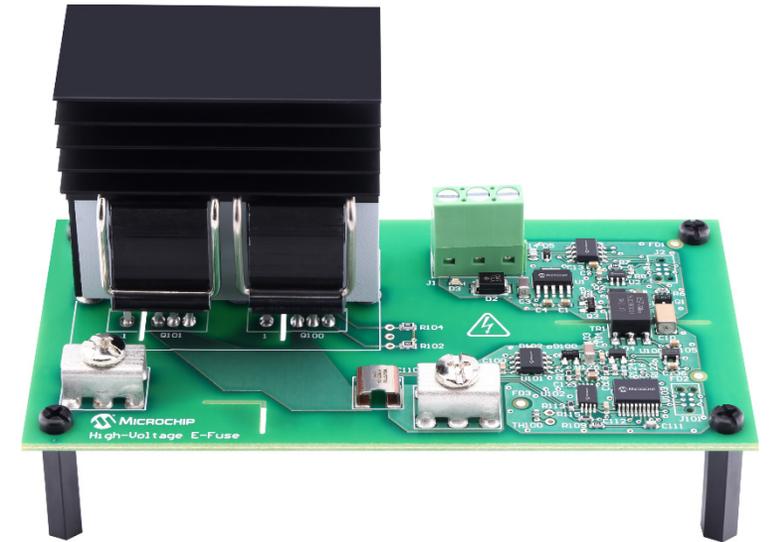
• 回路の開閉が不要であるため、負極コンタクタが簡素化される



- 最大500 AのスイッチのオールSiC半導体ソリューション: SP6パワーモジュール [MSCSM120DUM042AG](#)
- パワーモジュールは標準的なデュアル共通ソース構成で公称 $R_{DS(on)}$ は、MOSFETを並列接続時に2.1m Ω
- SP6パッケージでより低い $R_{DS(on)}$ 定格を利用して消費電力を低減可能



- SiCは高速な過電流保護と短絡保護でDC回路保護を実現する
- 応答時間が速いため、ダウンストリームの配線と負荷に流れる電流を抑えられる
- 機械的応力とコンタクトの劣化に伴うシステム信頼性低下への不安が解消される
- リセットが可能であるため、保守サービス性を考慮した設計が不要となり、システムのパッケージと設計が簡素化される
- 設計ファイルとユーザガイドはwww.microchip.com/E-Fuseで入手可能



ご関心をお寄せいただきありがとうございます



Ehab Tarmoom

ehab.tarmoom@microchip.com

248-378-6627

最新のパワー半導体技術の展望とアプリケーション

