



MPSジャパン主催ウェビナー

ヒューマノイド ロボット向け 電源ソリューション

開始までそのまま
お待ちください。

- ご質問は、画面下の「Q&A」からいつでも書き込んでいただけます。
- 匿名でのご質問が可能です。お気軽にご利用ください。
- ご質問への回答は、ウェビナー講演の後順番に行います。

2026年2月25日 (水) 11:00AM

MPS

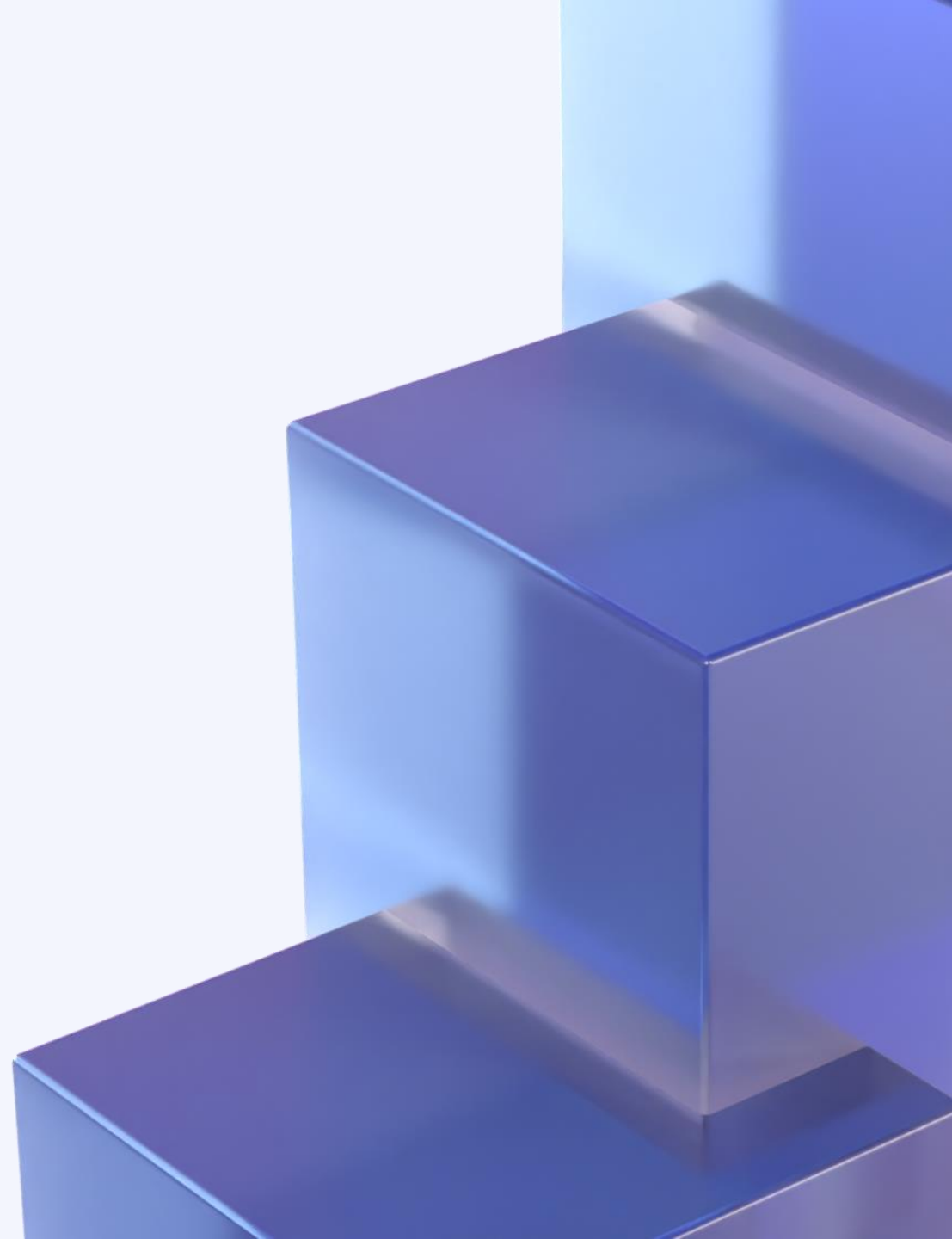
ヒューマノイド ロボット向け 電源ソリューション

動かないロボットはただの彫刻だ

2026年2月

岩本純一

MPSジャパン合同会社 シニアFAEマネージャー



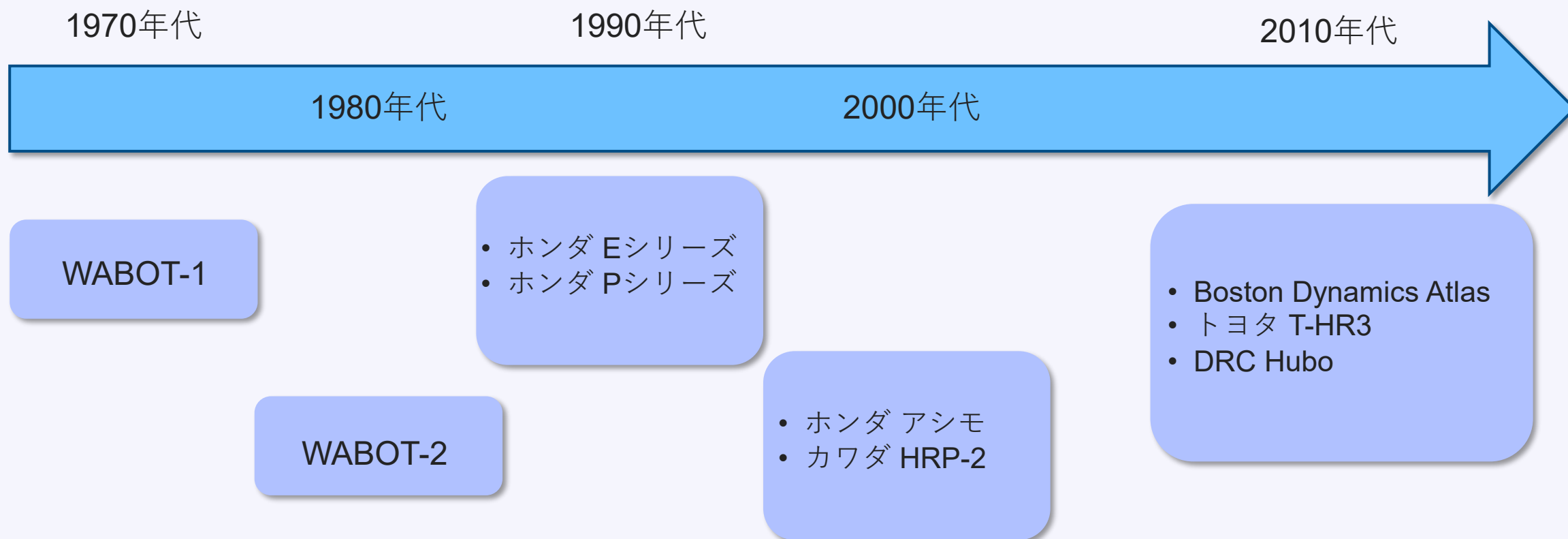
ヒューマノイドロボット入門

ヒューマノイドロボットのブロック図

ヒューマノイドロボット用モータのパワーステージ

ヒューマノイドロボット用モーションセンサ

ヒューマノイドロボティクスの歴史



ヒューマノイドロボティクス (2020年代)

	ヒューマノイド ロボット #1	ヒューマノイド ロボット #2	ヒューマノイド ロボット #3	ヒューマノイド ロボット #4	ヒューマノイド ロボット #5
体高 (cm)	173	168	175	172	170
重量 (kg)	56~73	60	65	72	70~75
可搬重量 (積載量)	20kg	20kg	16kg~18kg	25kg	25kg
トップスピード (km/hr)	8	2.7	3.3	3.4	2.7
自由度	50~55	40	20	30	55

主な課題



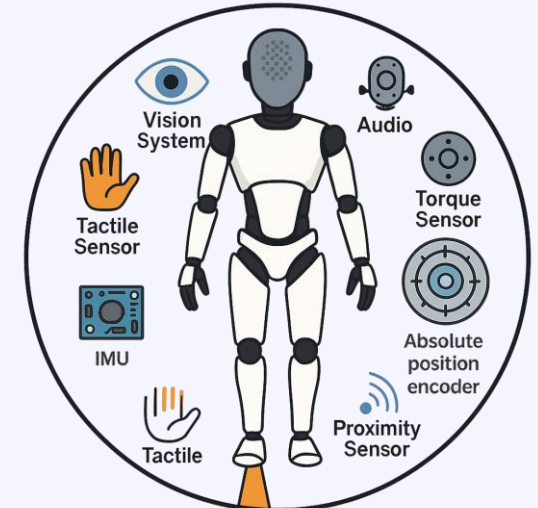
- 人間のような動きを実現しながらの駆動と電力密度
- リアルタイムでの多数の運動協調
- バランスと移動



人間とロボットの
相互作用の安全性



消費電力とバッテリー寿命
- 効率が鍵

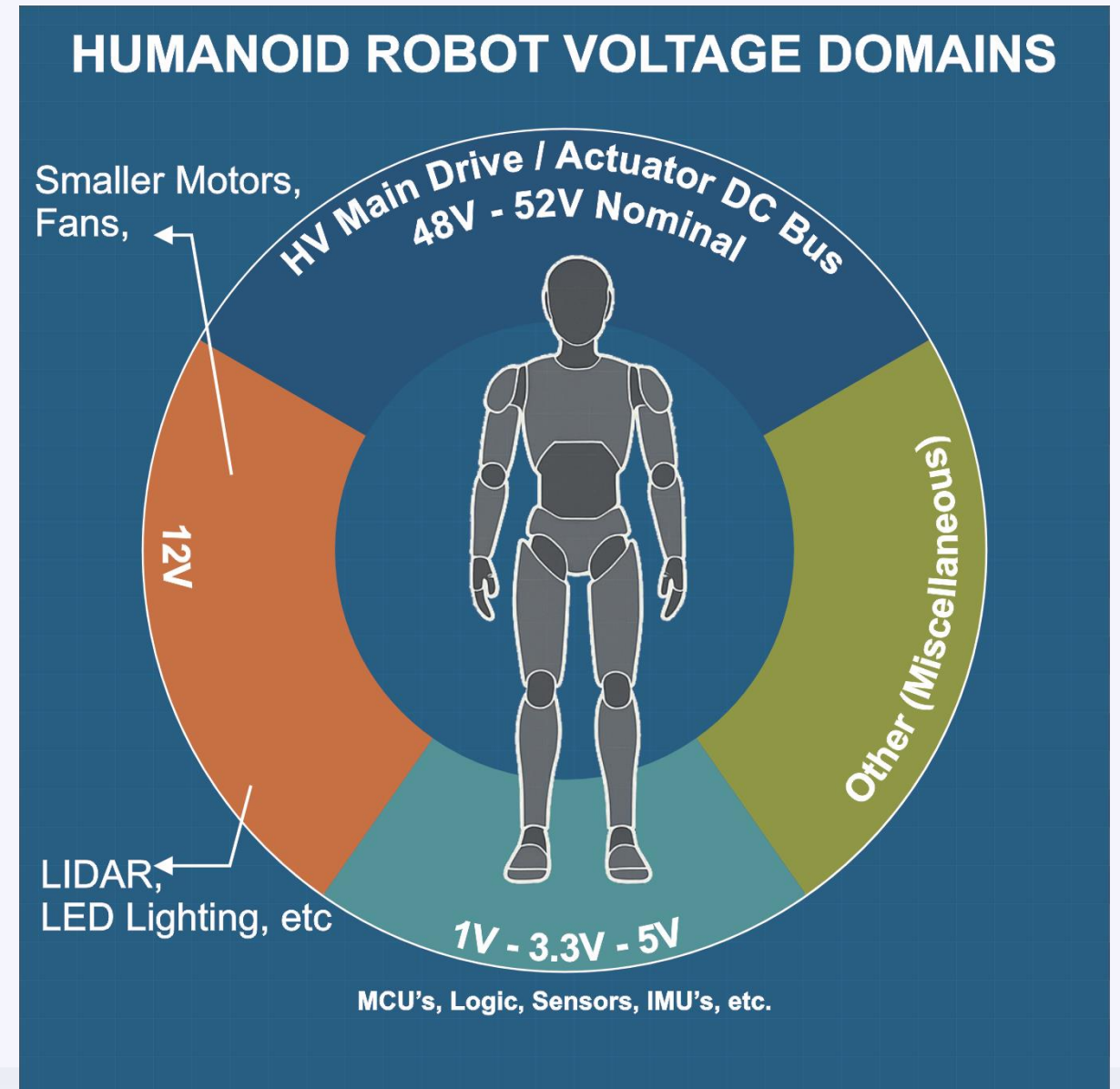


内蔵センサとフィードバック品質

ヒューマノイドロボット

	ヒューマノイドロボット #1	ヒューマノイドロボット #2	ヒューマノイドロボット #3	ヒューマノイドロボット #4	ヒューマノイドロボット #5
バッテリー電圧	48V	48V	48V	48V	48V
バッテリータイプ	2.3kWh Liイオン	2kWh~2.5kWh Liイオン	2kWh~3kWh Liイオン	Liイオン (交換可能)	Liイオン
稼働時間 (hrs)	8	5	4~6	4	4~5
パワーバジェット	2kW (ピーク)	2kW (ピーク)	2kW (ピーク)	2kW (ピーク)	2.5kW (ピーク)
冷却	空冷 (ファン)	空冷 (ファン)	空冷 (ファン)	空冷 (ファン)	空冷 (ファン)
モータ数	50	40	20~24	30	30
モータの種類	PMSM	PMSM / BLDC	BLDC	PMSM / BLDC	PMSM / BLDC
トランスミッション	ハーモニック	ハーモニック + カスタム	カスタムベルト + ギア	ハーモニック / サイクロイド	ハーモニック / サイクロイド
エンコーダ	ABS、磁気式位置エンコーダ	ABS、磁気式位置エンコーダ	ABS、磁気式位置エンコーダ	ABS、磁気式位置エンコーダ	ABS、磁気式位置エンコーダ
センサ	トルク、IMU、関節角度、ビジョン	IMU、関節角度、トルク、ビジョン、触覚	IMU、足接触、力、ステレオビジョン	IMU、ビジョン、力、エンドエフェクタ	IMU、ビジョン、力、エンドエフェクタ

- 48Vは60Vの安全マージンを下回ったままです。
- 降圧型DC/DCコンバータを使用すると、より低い電圧レールに到達できます。
- ほとんどのモータは公称48Vで動作します。
- ハンドモータは12Vで動作する場合があります。
- 冷却ファンは12Vで動作します。

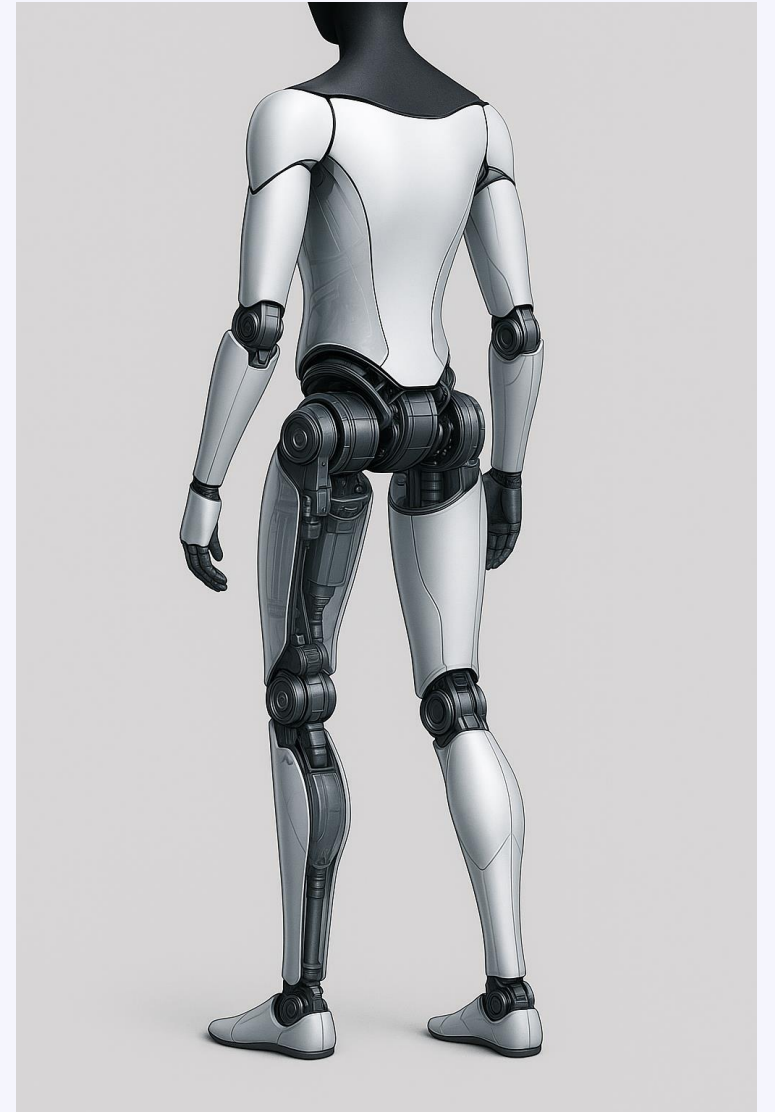


関節	モータ・トポロジー	平均電力 (W)	ピーク電力 (W)
肩 (3 DoF)	PMSM + ハーモニックドライブ	500~600	800~1200
肘 (1 DoF)	PMSM + ハーモニックドライブ	200~300	400~600
手首 (2 DoF)	PMSM + コンパクトギアボックス	100~200	200~400
手 (各手で10+ DoF)	ミニPMSMまたはDCコアレスモータ	50~100	120~200
腰 (3 DoF)	PMSM + ハーモニックドライブ	600~800	1500~2000
膝 (1 DoF)	PMSM + ハーモニックドライブ	300~400	800~1000
足首 (2 DoF)	PMSM + コンパクトハーモニック / サイクロイド	200~300	500~800
首 (2~3 DoF)	ミニチュアPMSM	50~100	150~250
胴体ツイスト / 屈曲 (2 DoF)	PMSM + サイクロイドまたはダイレクトドライブ	100~200	300~500

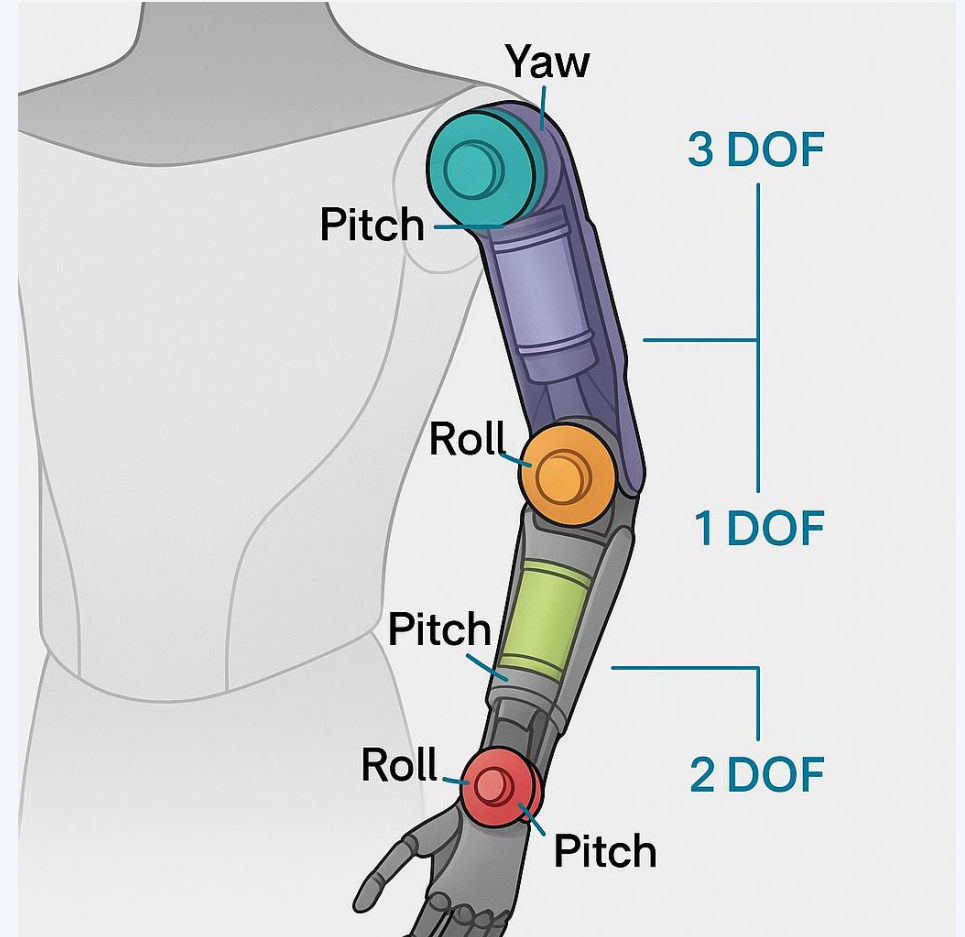
PMSM: 永久磁石同期機 (Permanent Magnet Synchronous Machine)

DoF: 自由度

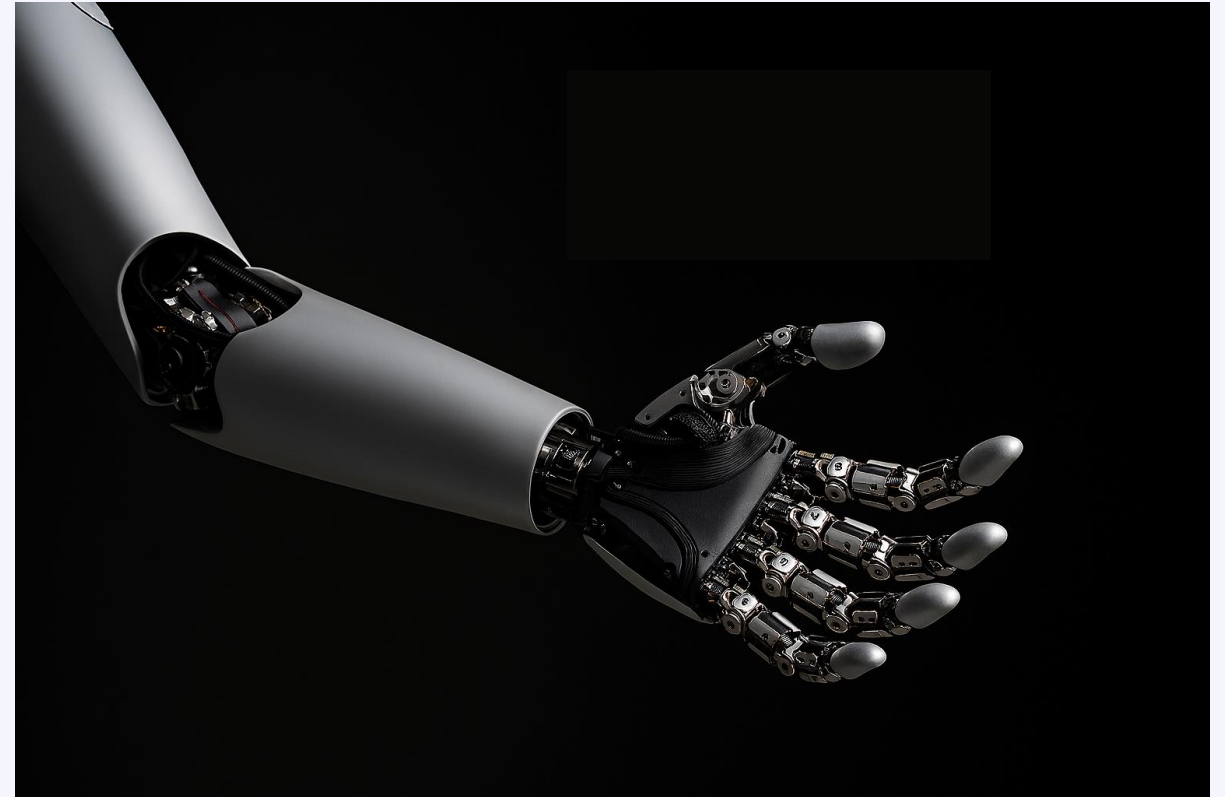
- 自由度 (DoF)
 - 腰: 3 DoF
 - 膝: 1 DoF
 - 足首: 2 DoF
- 代表的なモータ技術
 - 磁気絶対位置エンコーダ付きPMSM
- 電力要件 (足ごと):
 - 48V入力電圧
 - ピーク電流: 40A~60A
 - 連続電流: 10A~30A
 - 平均電力: 400W~800W
- 特別条件:
 - バースト中 (ジャンプなど) は脚ごとに3kW~4kW



- 自由度 (DoF)
 - 肩: 3 DoF
 - 肘: 1 DoF
 - 手首: 2 DoF
- 代表的なモータ技術
 - 磁気絶対位置エンコーダ付きPMSM
- 電力要件:
 - 48V入力電圧
 - ピーク電流: バースト時20A~40A
 - 連続電流: 5A~15A
 - 平均電力: 500W~750W
- 特別条件:
 - リフトやダイナミックな動作中は腕1本あたり1kW~2kW



- 自由度 (DoF)
 - 指 (屈曲 / 伸展): 3 DoF
 - 指 (外転): 1 DoF
 - 親指: 4~5 DoF
 - 手首*: 2 DoF
- 代表的なモータ技術
 - 磁気式絶対位置エンコーダ付き
コアレスBLDC
- 電力要件:
 - 12V~48V入力電圧
 - ピーク電流: バースト時5A~8A
 - 連続電流: 1A~5A
 - 平均電力: 50W~100W



* アームサブシステム上にはない場合

モータ・トポロジー分配

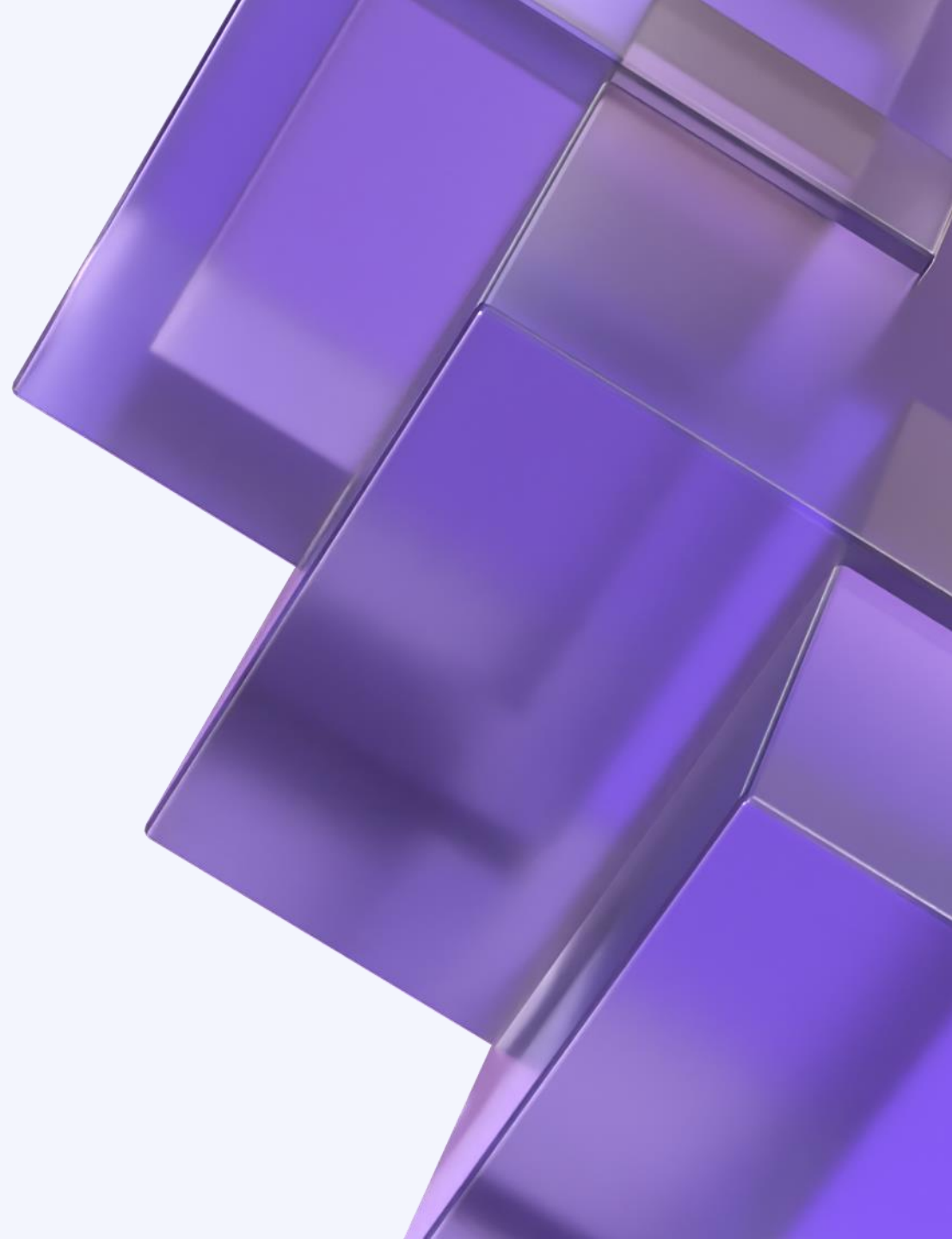
関節 / 自由度	AC誘導モータ	ブラシ付きDCモータ	バイポーラ・ステッピングモータ	ブラシレスDC (BLDC)	コアレスBLDC	PMSM
肩 (3 DoF)	未使用	未使用	未使用	時々	未使用	標準
肘 (1 DoF)	未使用	未使用	未使用	時々	未使用	標準
手首 (2 DoF)	未使用	まれ (グリッパー)	まれ (簡易手首)	普通	まれ	好ましい
手/指 (10+ DoF)	未使用	まれ (指、目)	未使用	普通	好ましい (指、目)	やや普通
腰 (3 DoF)	未使用	未使用	未使用	時々	未使用	標準
膝 (1 DoF)	未使用	未使用	未使用	時々	未使用	標準
足首 (2 DoF)	未使用	未使用	未使用	普通	未使用	標準
首 (2~3 DoF)	未使用	まれ (まぶた)	まれ (リサーチbotの首)	時々	時々 (首またはまぶた)	好ましい
胴体 (2 DoF)	未使用	未使用	未使用	時々	未使用	標準



FOCドリブン

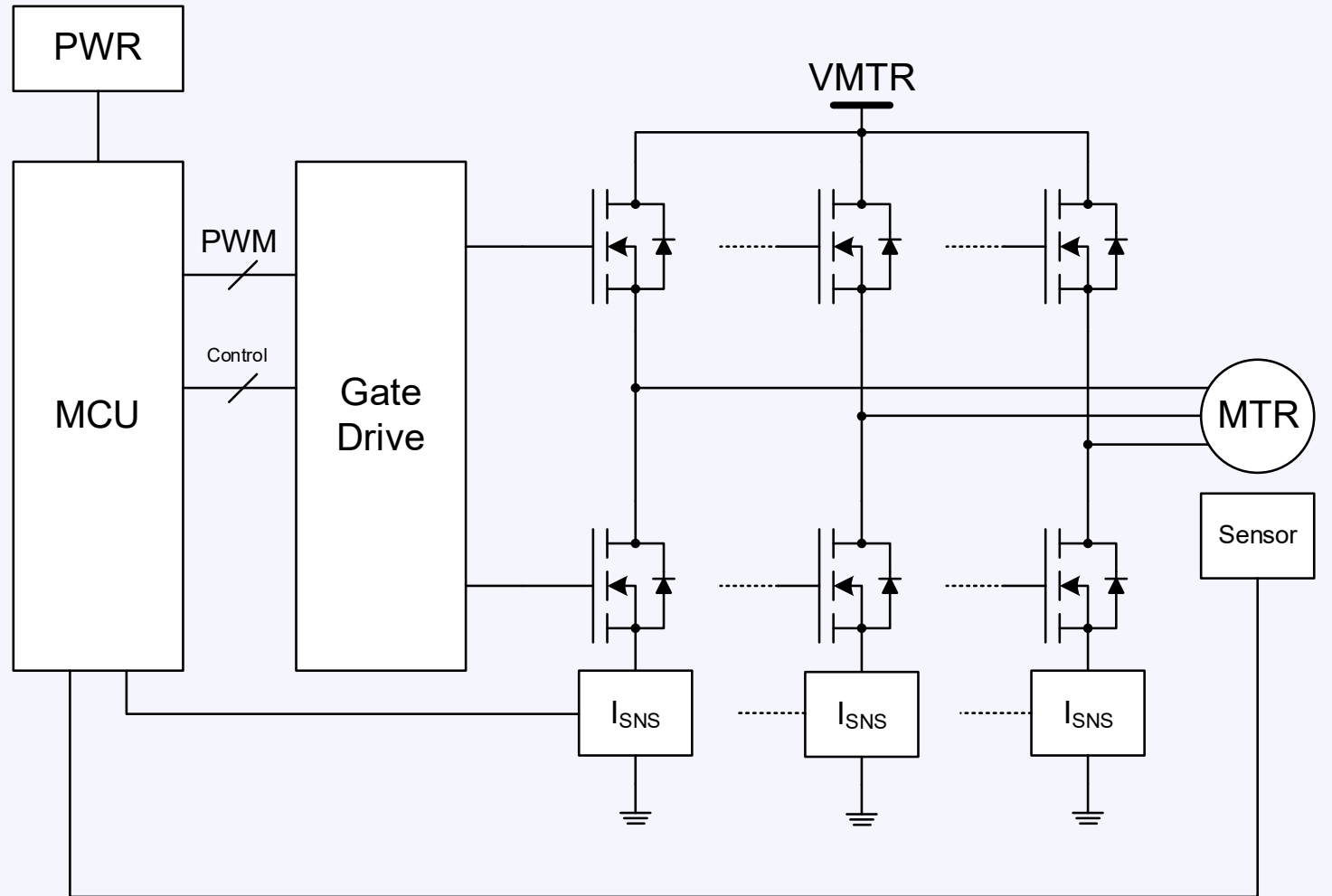
MPS

パワーステージ

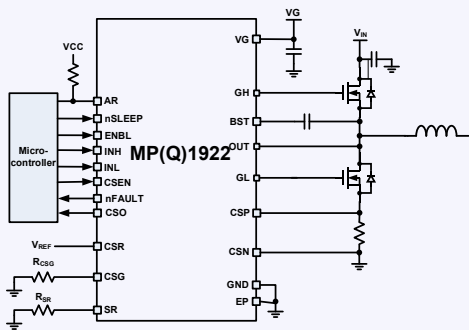


代表的な3相インバータ

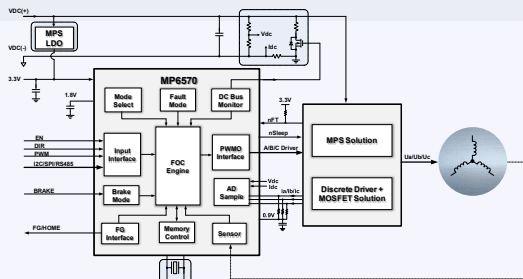
- パワーステージ: 6NチャンネルMOSFET
- 高電流ゲートドライバ
- 電流検知
- マイクロコントローラ / DSP (FOC)
- 電力管理
- 絶対位置エンコーダ
- 保護ブロック



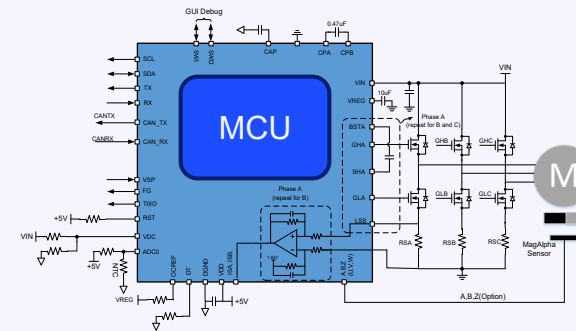
3相インバータパワーステージトポロジ



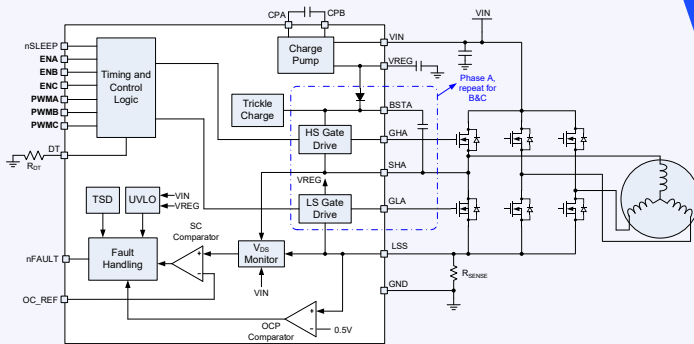
ハーフHブリッジ・ゲートドライバ



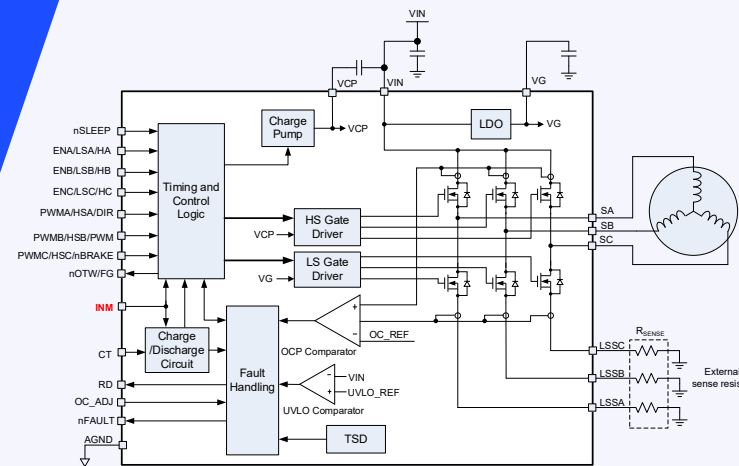
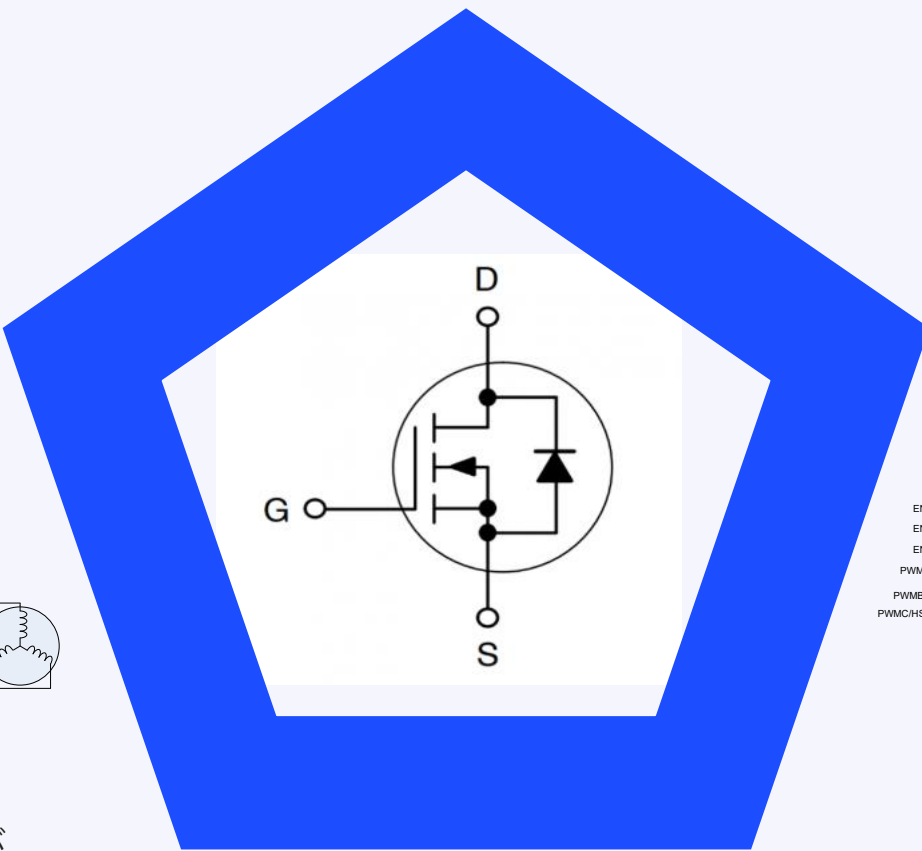
FOCコントローラ



インテリジェント3相インバータ



内蔵3相インバータ・ゲートドライバ

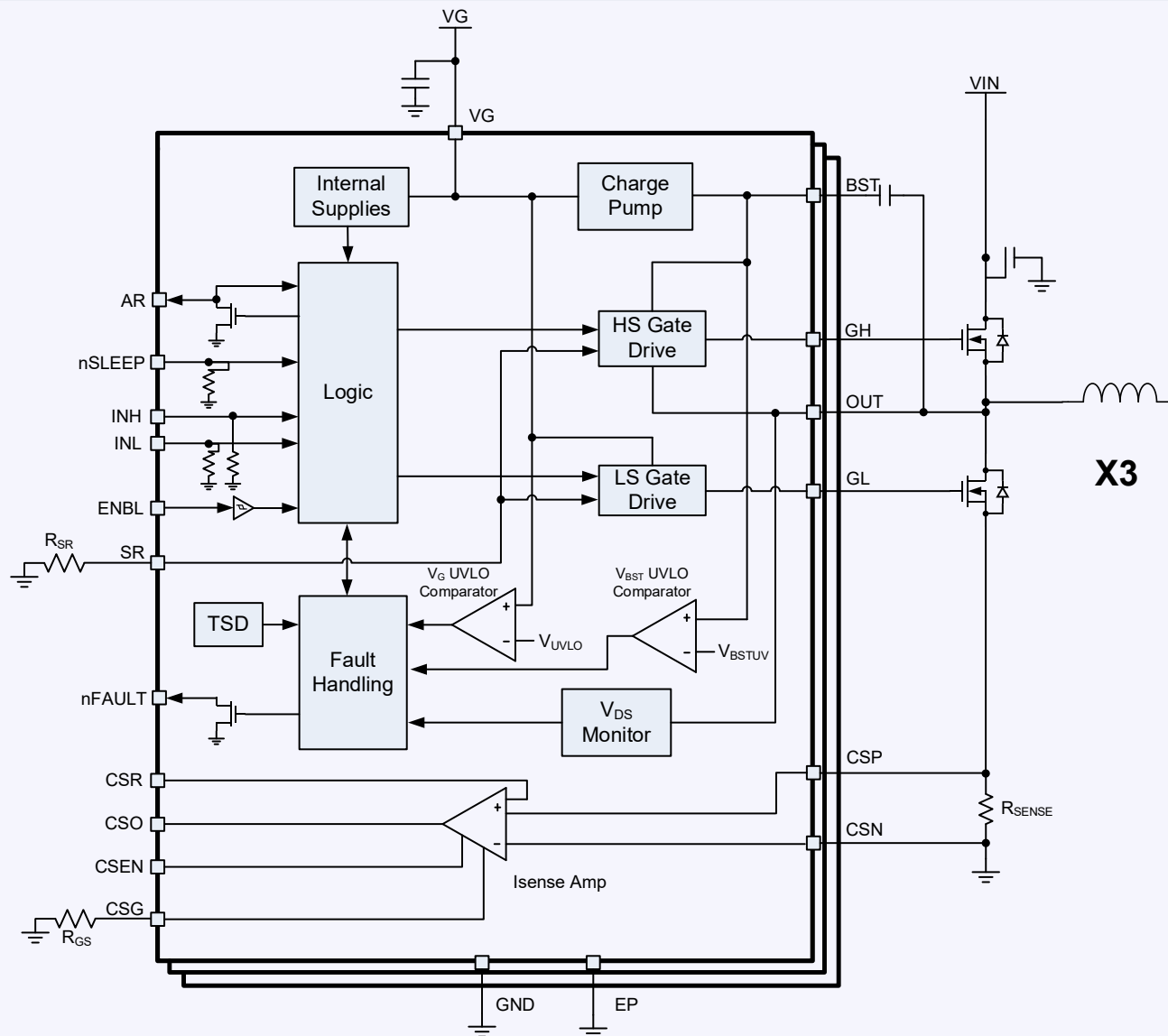
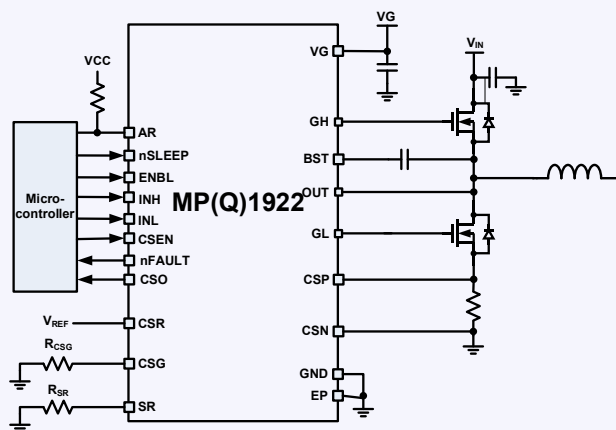


内蔵3相インバータ

ハーフブリッジゲートドライバ内蔵3相インバータ

機能

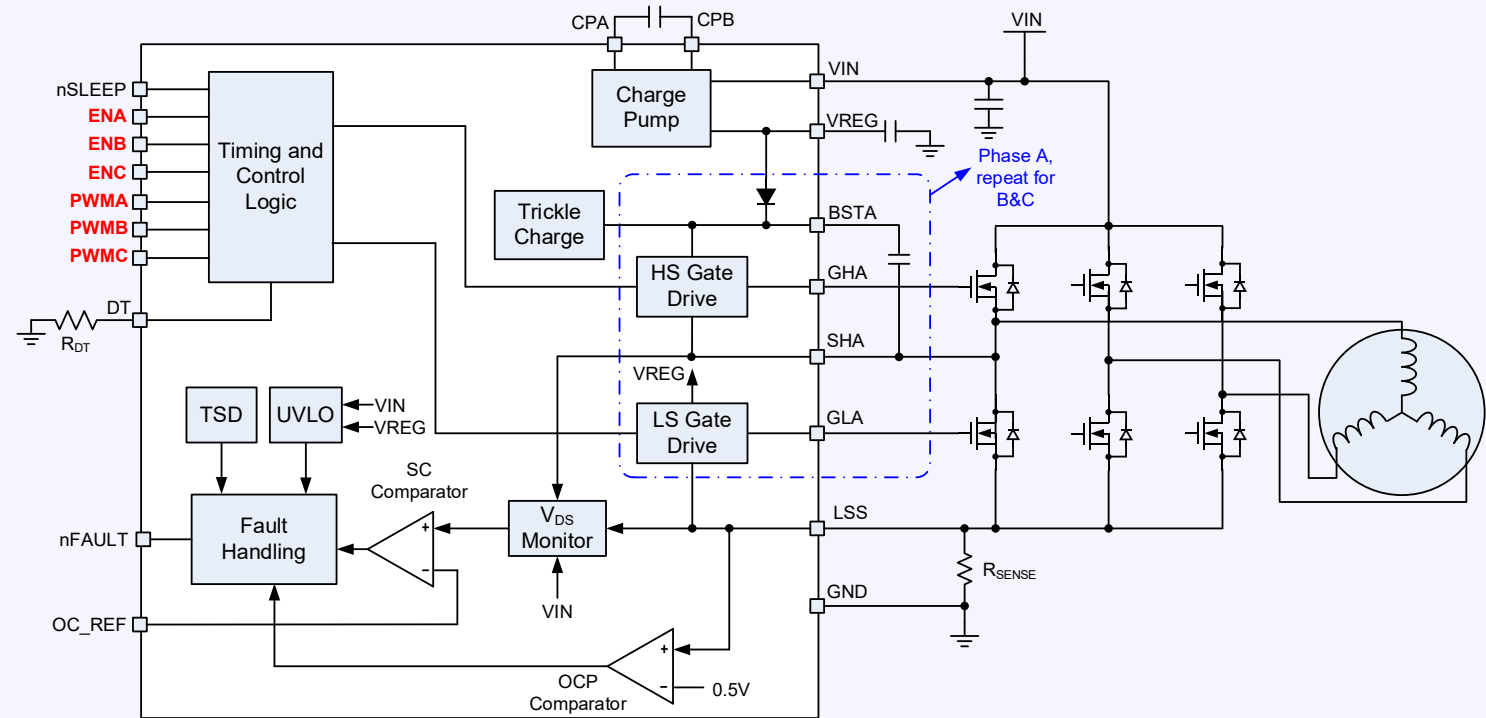
- 5V~15V入力電圧 (V_{IN})、100V電源動作に対応
- 3Aソース、4Aシンクゲートドライブ電流
- 内部チャージポンプおよびHSゲートドライブ用自動リフレッシュ
- 調整可能、制御スルーレート
- 低電力スリープモード (0.1 μ A)
- 電流検知アンプ内蔵
- 固有の保護機能:
 - 外付けMOSFETの非飽和保護
 - 過熱保護 (OTP)、低電圧ロックアウト (UVLO)
 - 障害表示出力
- QFN-22 パッケージ (4mm x 5mm)
- AEC-Q100 グレード1



3相インバータ用ゲートドライバ

中電力負荷向け:

- NチャンネルMOSFETドライバ
- チャージポンプに対応
- 過電流保護 (OCP)
- ブートストラップダイオード内蔵
- マルチ制御インタフェース:
 - Lx / Hx PWM
 - EN / PWM
 - DIR / PWM / BRK
 - シリアル・ペリフェラル・インタフェース (SPI)
- 保護と障害報告

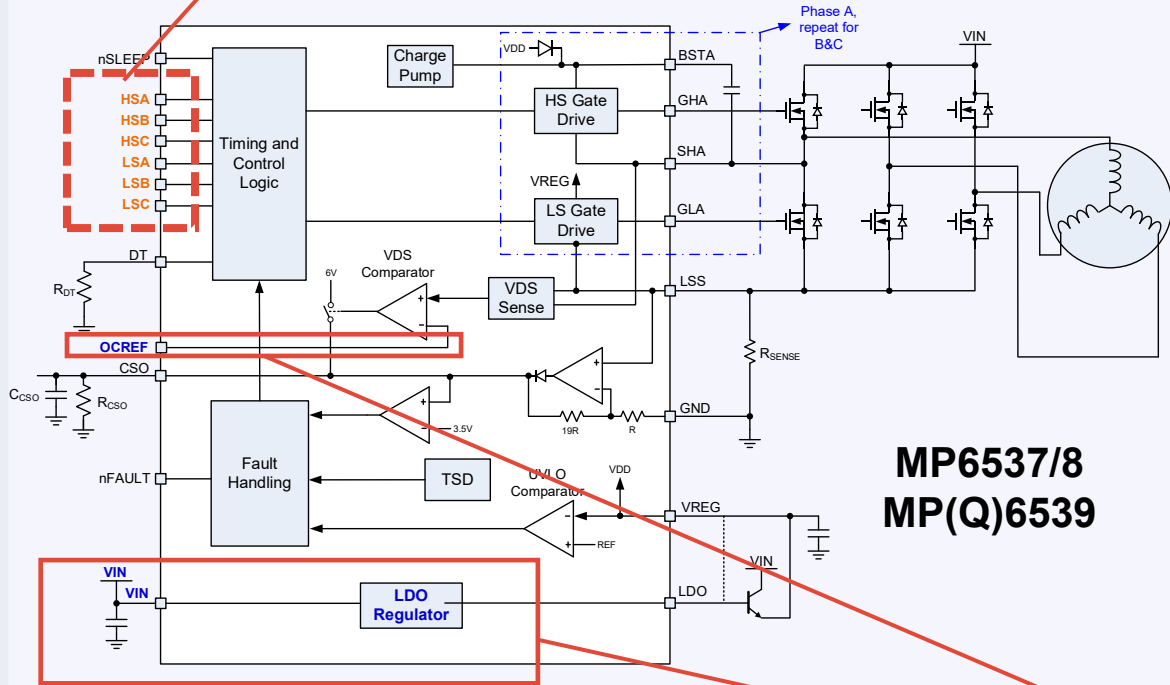


MP6534

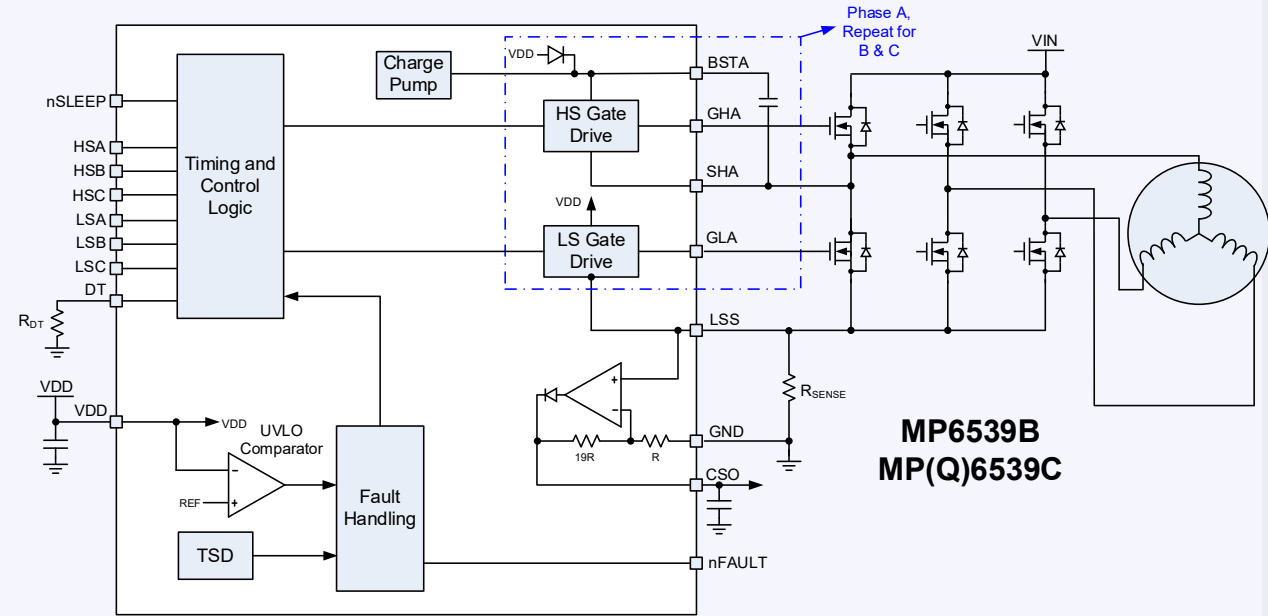
IC	電圧	ゲートドライブ強度
MP6530 / 31	60V	1.0A / 0.8A
MP6534 / 35	55V	1.0A / 0.8A
MP6537 / 38 / 39	100V	1.0A / 0.8A

MP (Q) 6539 ファミリ: ブロック図

MP6537 / 8、MP (Q) 6539のみ異なる



MP6537/8
MP(Q)6539



MP6539B
MP(Q)6539C

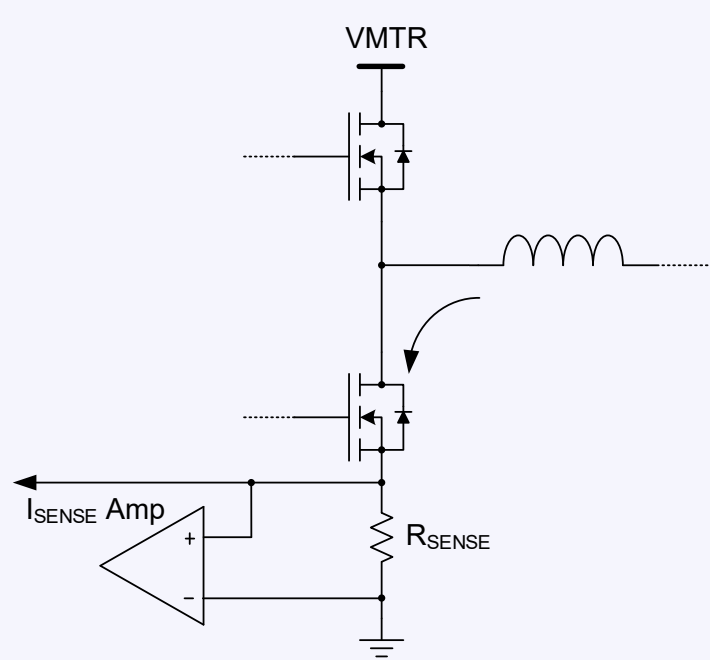
MP6537 / 8 / MP (Q) 6539 と比較すると、MP6539B / MP (Q) 6539Cは自動ブートストラップ充電および過電流保護を備えておらず、VDD ピンからのみ電源が供給されます (VINとLDO は削除されています)。

長所:

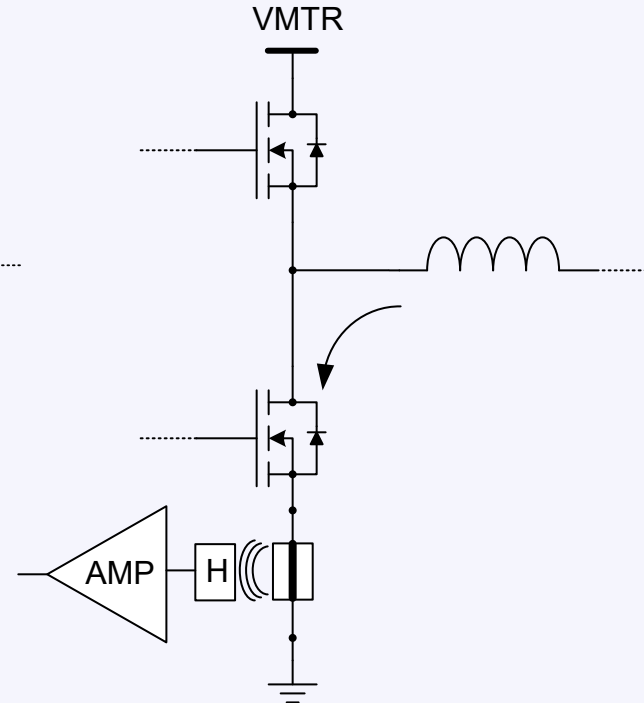
- コスト効率
- MHz帯域幅

短所:

- 高い消費電力
- ローサイド検知が好ましい
- 電流範囲の制限
- 非絶縁
- 要アンプ



抵抗シャント電流検出



電流検知に基づく
磁気ホールセンサ

長所:

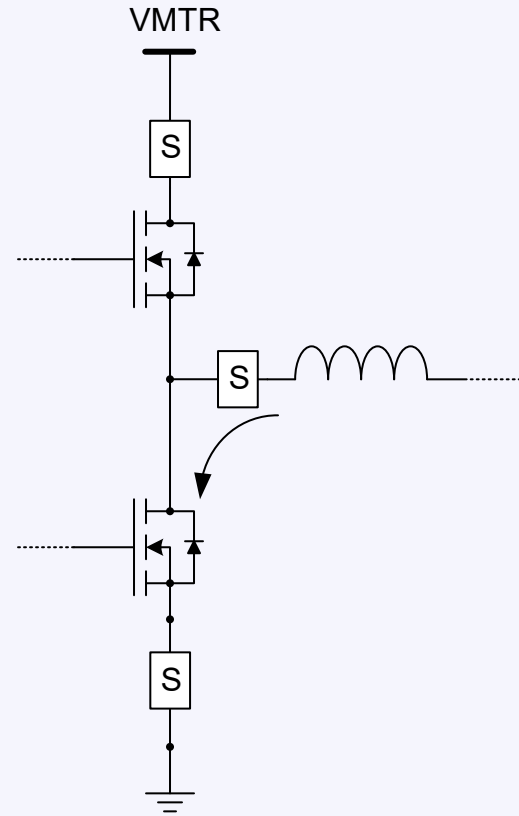
- 絶縁
- ハイ、位相、ローサイド配置
- 低消費電力
- ノイズ耐性

短所:

- 100kHz帯域幅

- GNDをクリーンに保つ
- GNDへの短絡を検出 / 保護
- シュートスルーを検知 / 防御
- 高電圧アナログが必要 (抵抗のみ)

- VMTRへの短絡を検出 / 保護
- シュートスルーを検知 / 防御
- 電圧降下によりGNDに影響を与える可能性があります

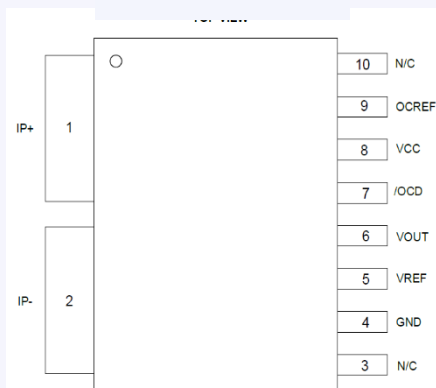


- 常時電流測定可能
- FOCアルゴリズムに最適
- 短絡から確実に保護できない

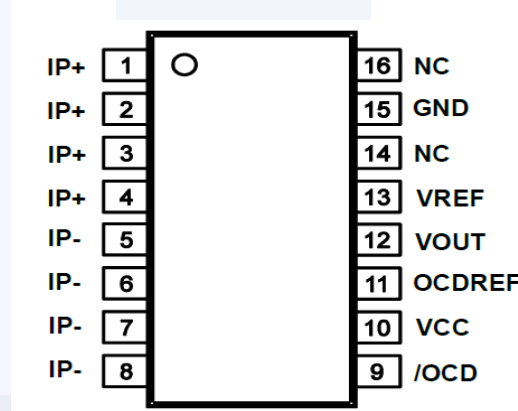
主な仕様

- パッケージおよび電流範囲オプション:
 - SOICW-10パッケージのMCS / Q1810: 5A~100A_{RMS} (0.3mΩ)
 - SOICW-16パッケージのMCS / Q1812: 5A~80A_{RMS} (1mΩ)
- 同じパッケージフットプリント: 10.3mm x 10.3mm
- 400kHz帯域幅 (BW)
- 強化絶縁に対応
- 双方向および単方向、絶対出力
- ACS37002、ACS724 / 5にピン互換

MCS1810



MCS1812



アプリケーション

- オンボード・チャージャ (OBC)
- 充電ステーション
- モータ制御
- UPSおよびPVC向けインバータ負荷検出管理

主な仕様	MCS1810 / 12
精度	1.5%
V _{ISO} (RMS)	6000V
V _{IOWM} (RMS)	1100V
OCD応答	500ns

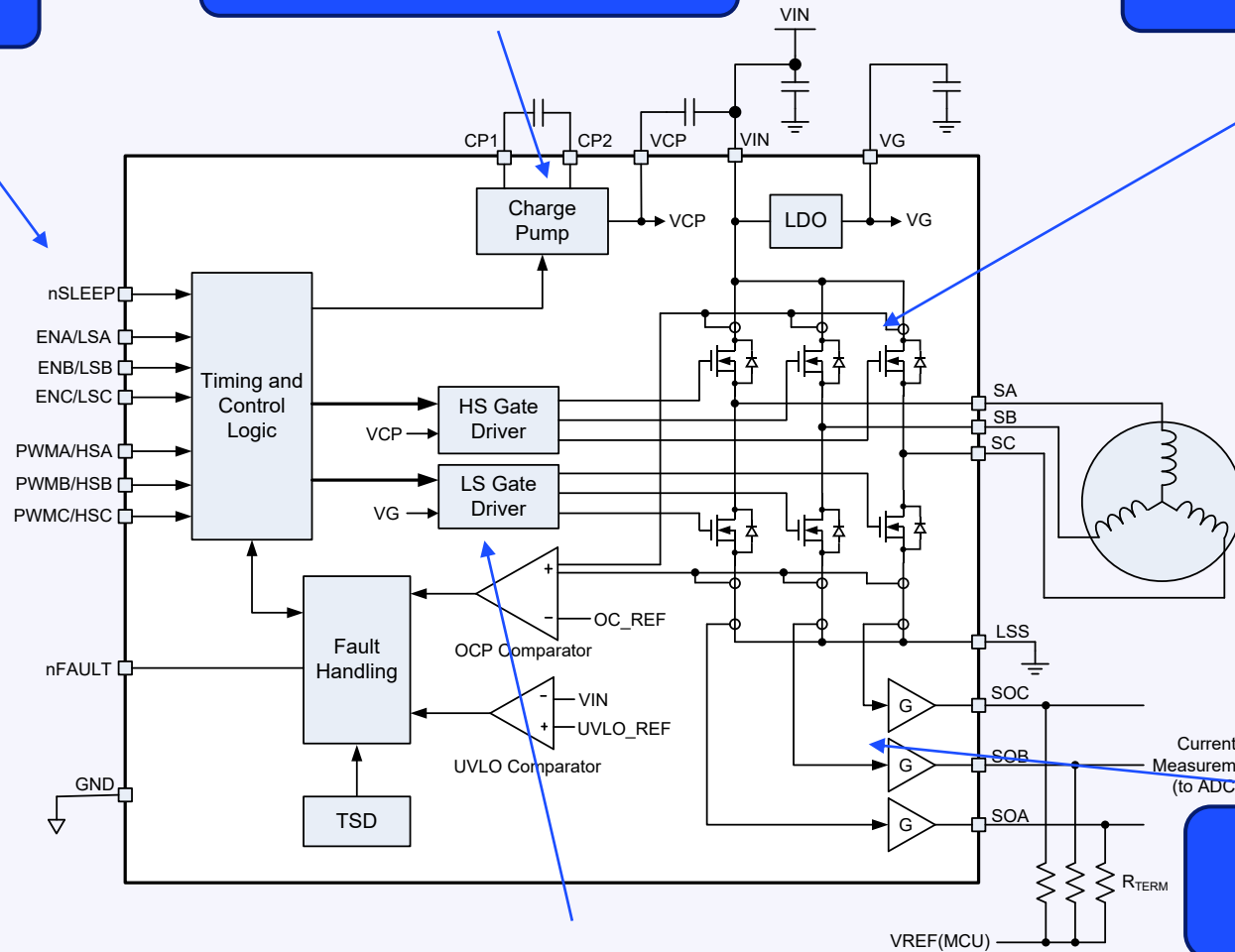
機能集積型3相インバータ

制御信号インタフェース

チャージポンプ

NチャンネルMOSFET

- パワーステージ
- ゲートドライバ
- 電流検知
- 障害処理
- 過電流
- 保護機能



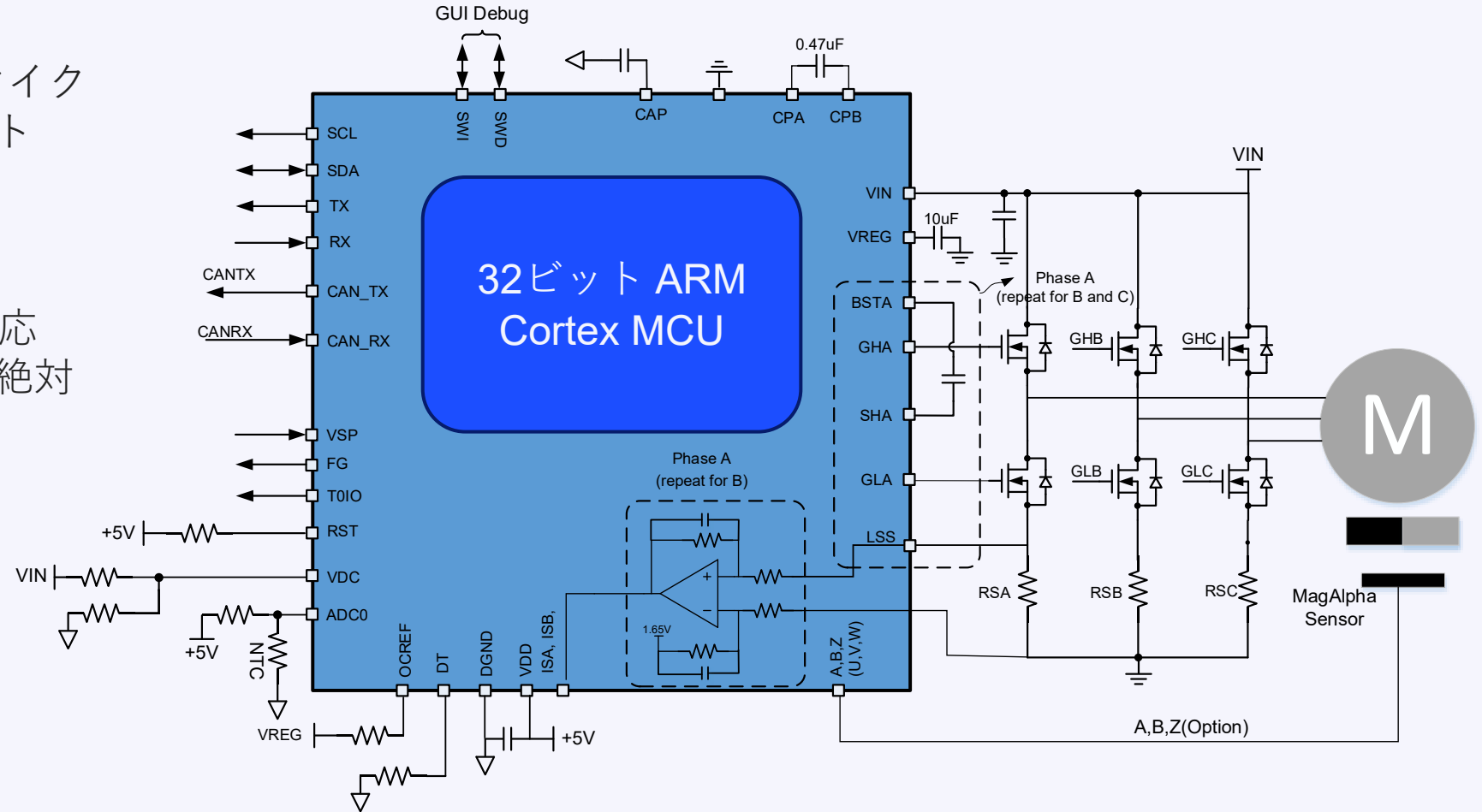
IC	電圧	電流
MP6540	50V	5A
MP6540H	50V	5A
MP6541	40V	8A
MP6543	22V	2A
MP6545	45V	2.5A
MP6549	18V	10A

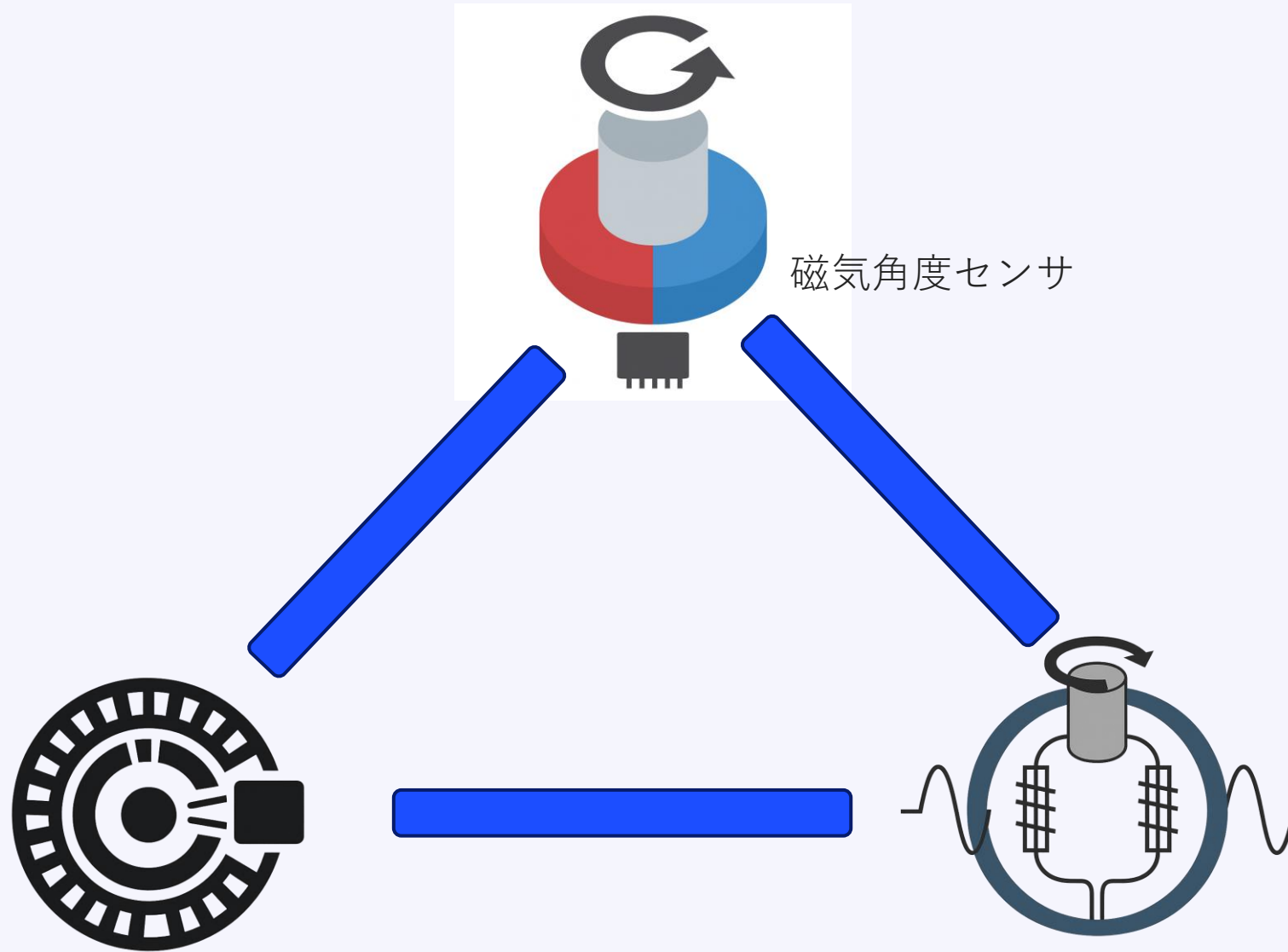
電流検知内蔵

ゲートドライバ

インテリジェント3相インバータ

- 32ビットCortex M4Fマイクロコントローラユニット (MCU)
- ゲートドライバ内蔵
- 電流検知アンプ
- FOCアルゴリズムに対応
- ホールセンサベースの絶対位置エンコーダに対応





オプションの絶対位置シャフトエンコーダ

レゾルバ

MagAlpha™	
型番	MA732、MA735 / 6、MA702、MA302、MA782、 MA600A、MAQ600A、MAQ430、MAQ470 / 3
磁気構成	<p>エンド・オブ・シャフト</p> <p>サイドシャフト</p> <p>B_y B_x</p>
測定数量	B_x 、 B_y
センサ出力	$angle = \text{atan} \frac{B_y}{B_x}$

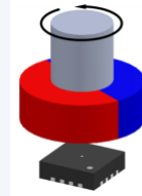
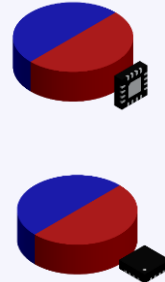
磁界ライン
 感度方向

動きの方向

MA732およびMAQ473-AEC1 (量産中)

概要

MA732は、永久磁石 (通常は回転シャフト上の直径方向に磁化されたシリンダ) の絶対角度位置を検出します。高速データ収集と処理により、0rpm～60,000rpmの速度で正確な角度測定が可能です。サーボ・アプリケーションで使用する場合、制御ループの性能を最適化するためにデジタル・フィルタリングを調整できます。MAQ473-AEC1は、MA732をベースにした車載グレードです。



機能

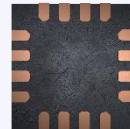
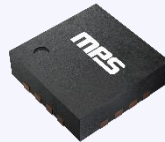
ノイズフリー分解能	9ビット～14.5ビット (ノイズ分布の $\pm 3\sigma$ 偏差)
供給電圧	3.0V～3.6V
インタフェース	ABZ、PWM、SPI、SSI
磁界範囲	30mT～>100mT
テクノロジー	ホール効果ベース

ハイライト

- 9ビット～14ビット分解能絶対角度エンコーダ
- ABZインクリメンタルおよびPWM出力
- デジタル角度読み出しとチップ設定用SPIシリアル・インタフェース
- 診断チェックのためのプログラム可能な磁場強度検出

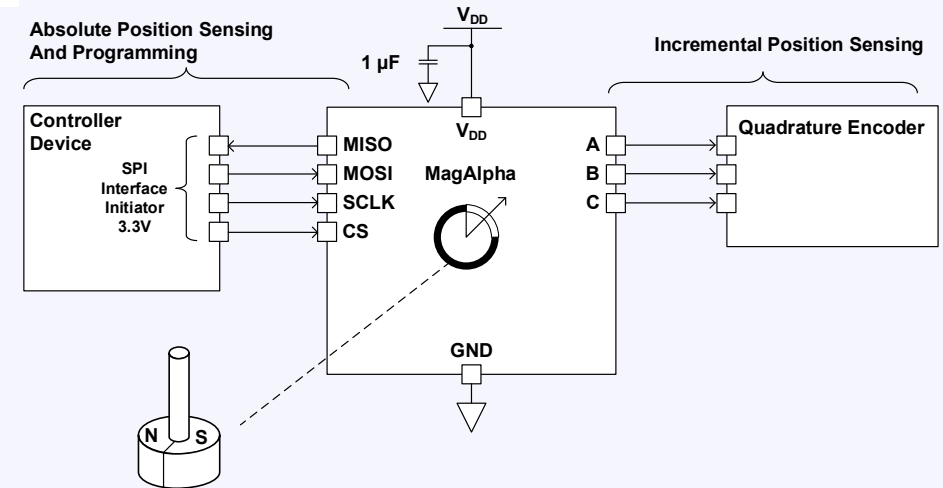
パッケージング

- QFN-16 (3mm x 3mm)



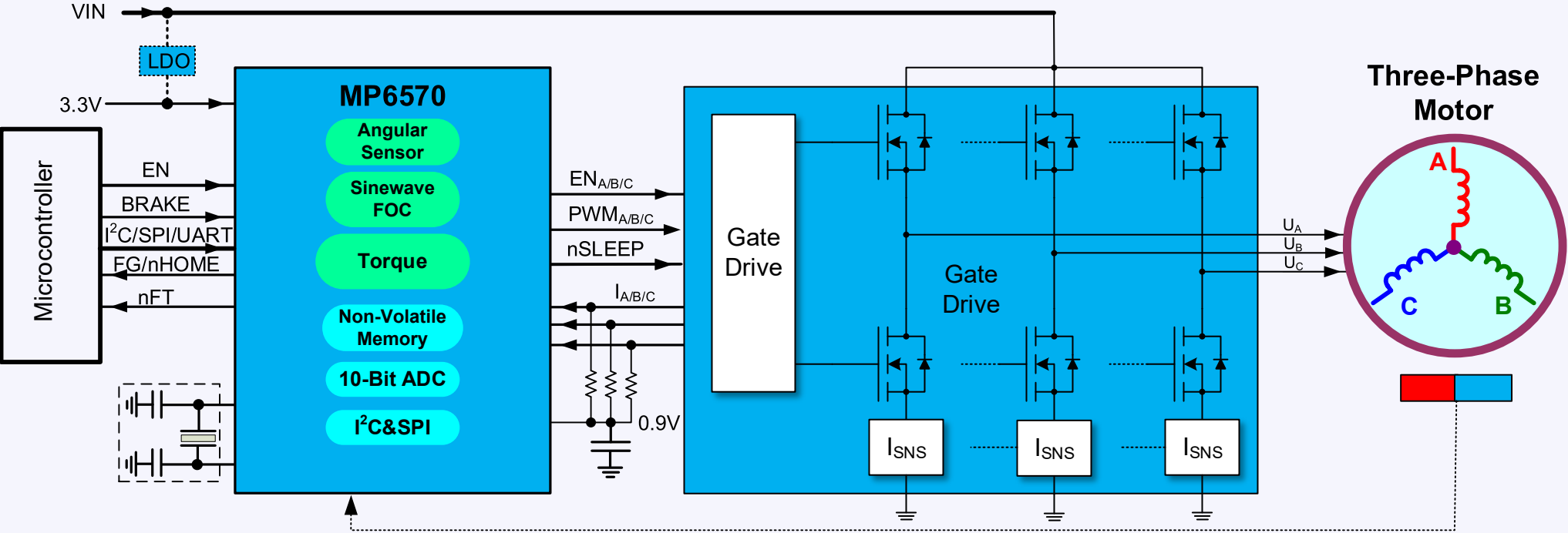
アプリケーション

- 汎用 / 車載用角度計測
- 高分解能角度エンコーダ
- 車載用角度または速度センサ
- ロボティクス

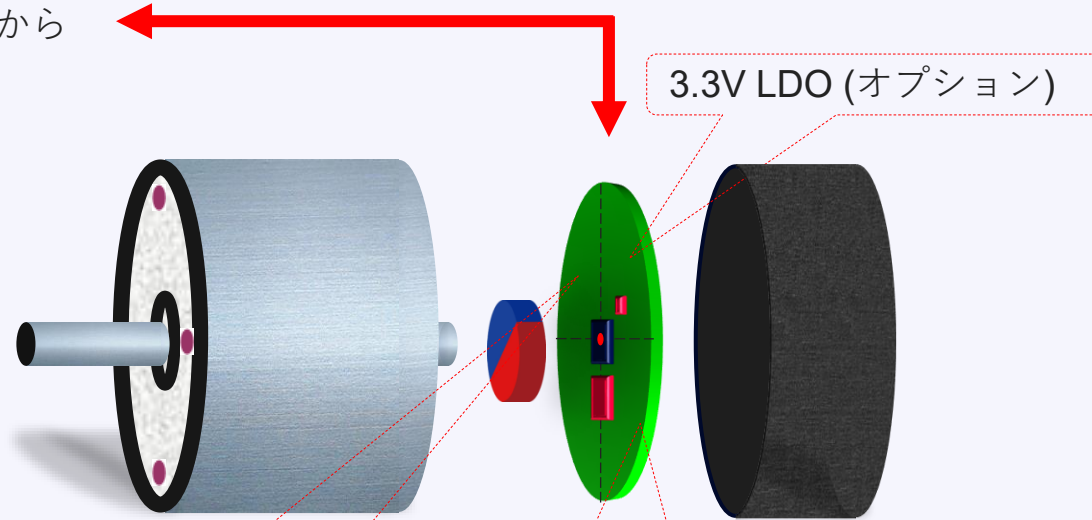


ツールとリソース

- 評価システム: [EVKT-MagAlpha-MagDiff](#)
- テスト基板:
 - TBMA732-Q-LT-01A
 - TBMAQ473-Q-LT-01A
- [MagAlpha評価用アプリケーション](#)
- [磁気角度センサシミュレーションツール](#)
- [MPSテクニカルフォーラム](#)



システムコントローラから



FOCコントローラ (MP6570)

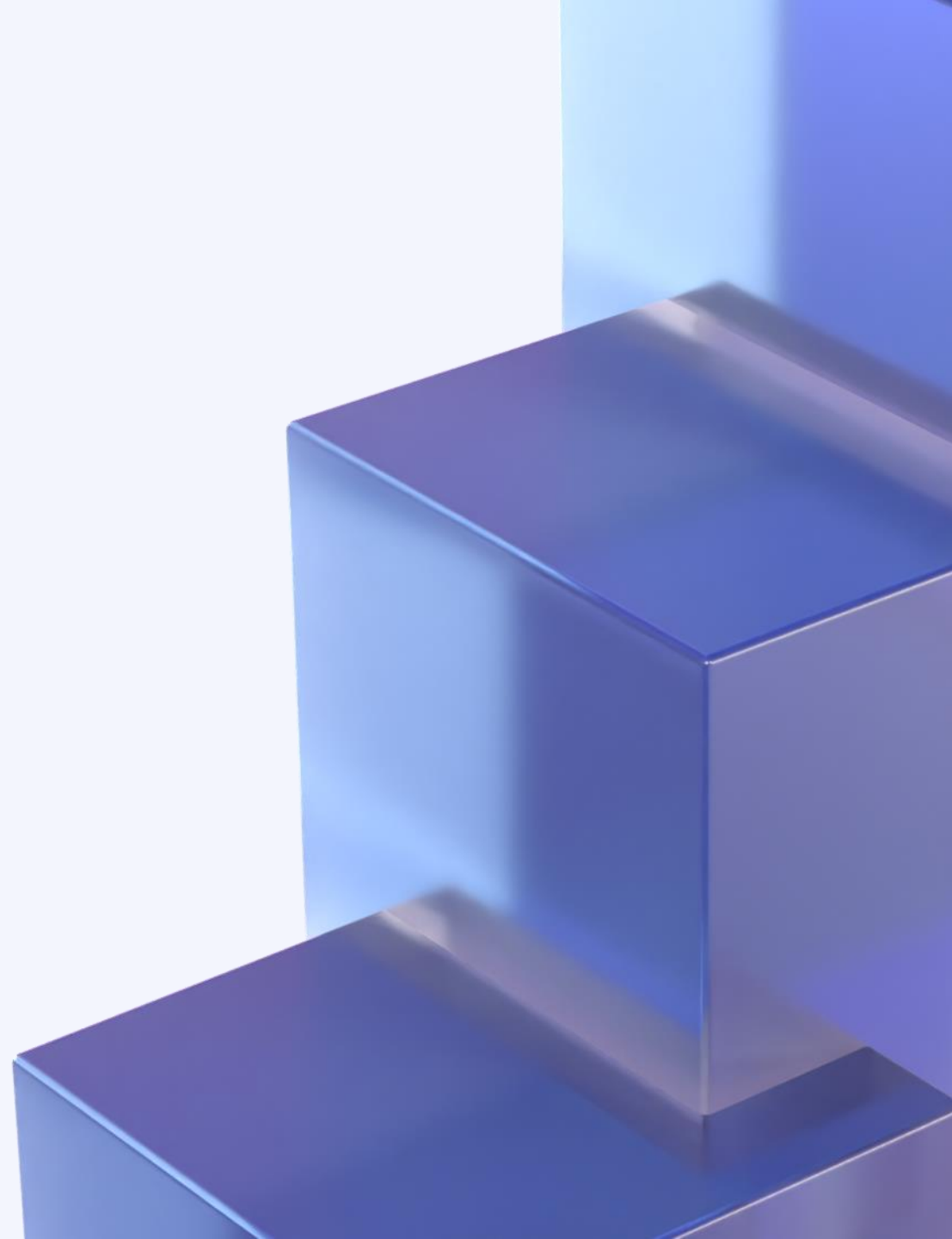
- フィールド指向制御 (FOC)
- トルクモード
- 組み込みセンサ
- QFN (4mm x 4mm)

パワーステージ (MP654x)

- MP6540: 60V / 5A、30mΩ / FET
- MP6540H: 60V / 5A、30mΩ / FET
- MPQ6541: 45V / 8A、13mΩ / FET
- オンチップの電流検知



器用な手のためのソリューション

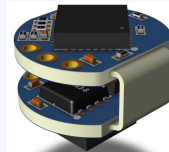


ロボットの器用な手のソリューション

- フィールド指向制御 (FOC)
- 組み込み角度センサ
- とても小さなサイズ: 直径 9mm、厚さはほぼ6.5mm
- 5V~18V入力電圧 (V_{IN})
- 最大2A位相電流
- 最大60000rpmのモータ速度に対応
- Modbusプロトコル付きRS485インタフェース
- 調整可能な保護機能:
 - 低電圧ロックアウト (UVLO)
 - 過電流保護 (OCP)
- 最大80kHzの調整可能なスイッチング周波数 (f_{SW})
- 最大14ビットの角度検知分解能
- リジッドフレックスリジッドPCB構造

MP6570,
MP6543H,
MP6710,
MP2015A

D = 9mm

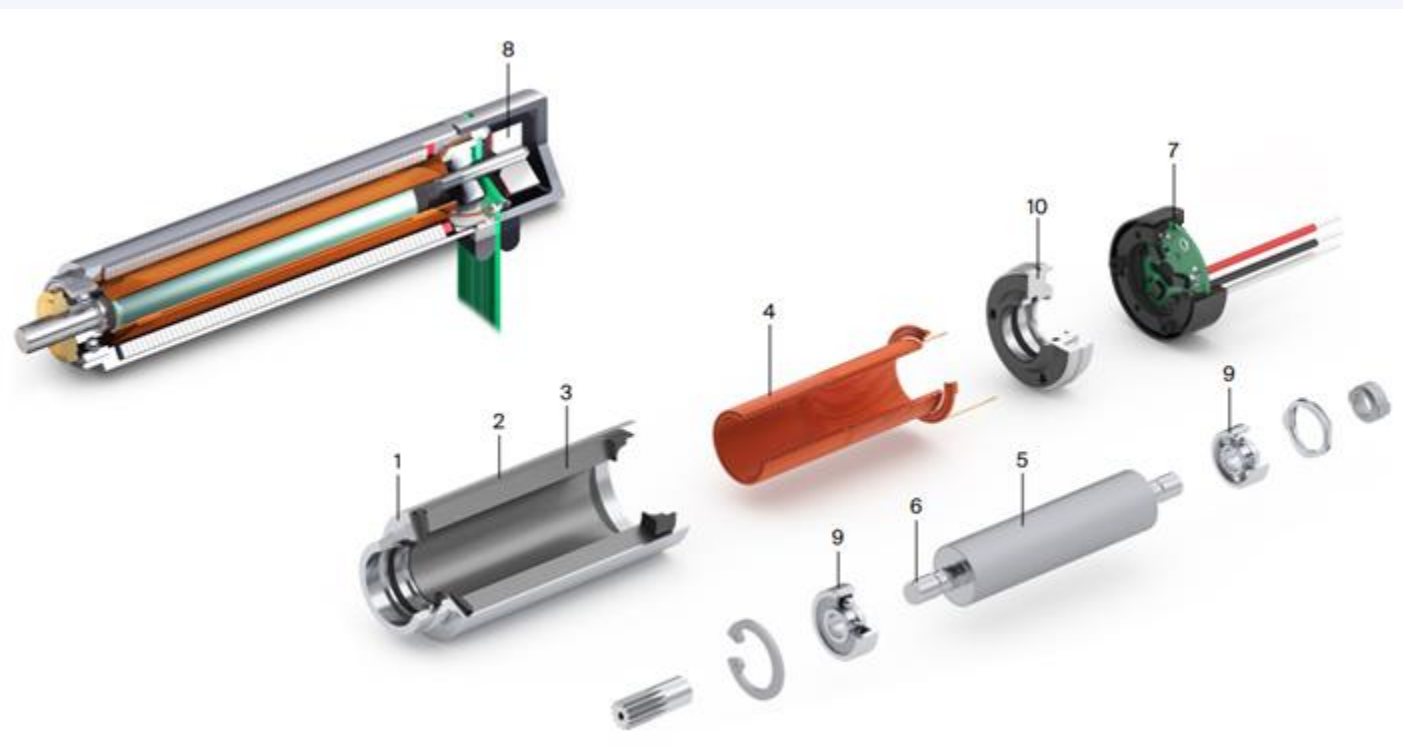
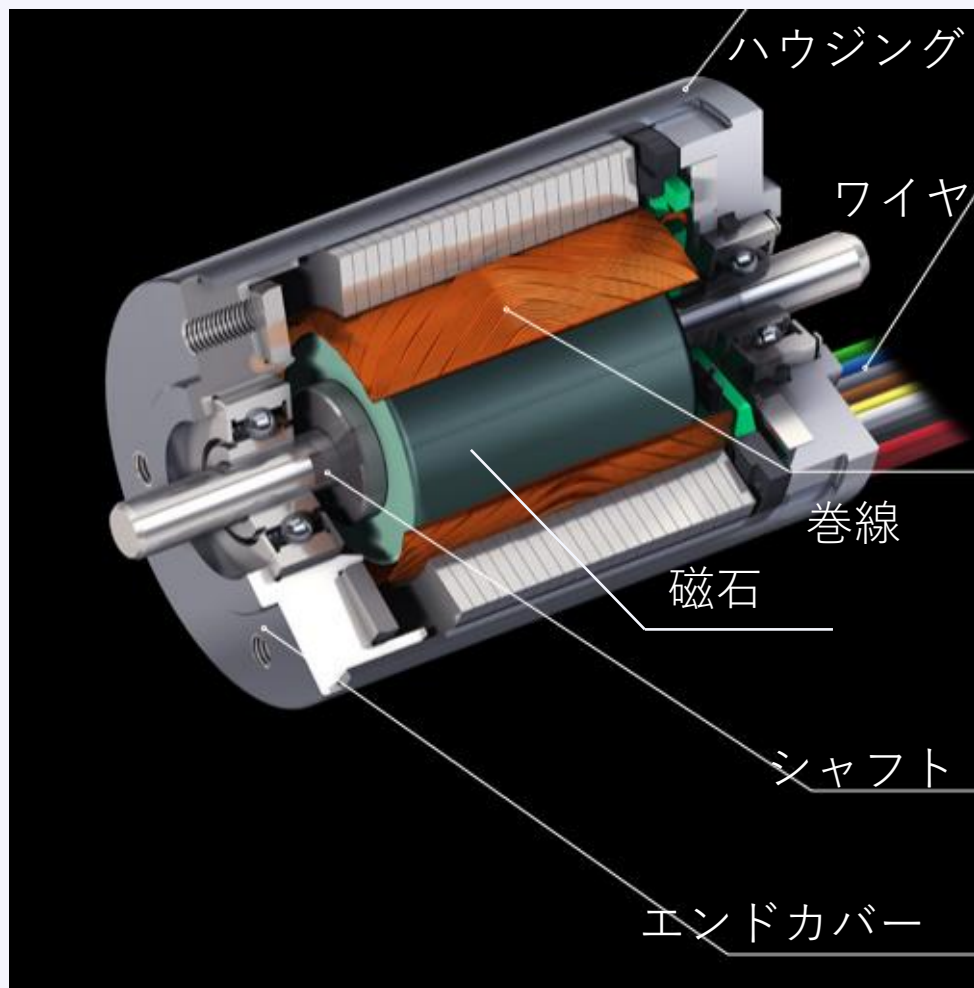


コネクタの定義

CN #	ピン名	機能
1	RS485_B	RS485 Bポート
2	RS485_A	RS485 Aポート
3	UVW	モータのUVW巻線に接続
4	GND	DC電源入力グラウンド
5	VIN	DC電源入力、5V~18V

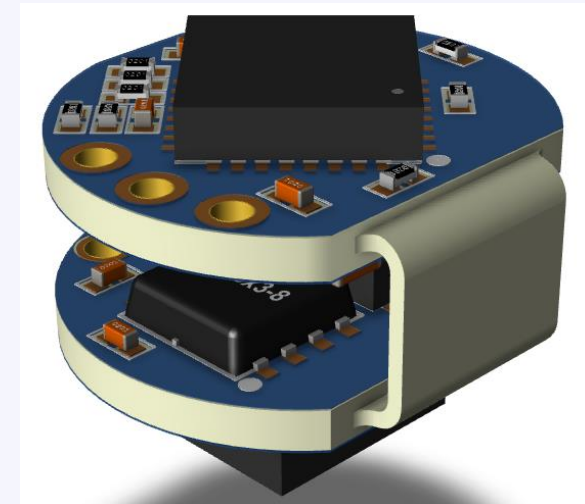


コアレスモータ構造

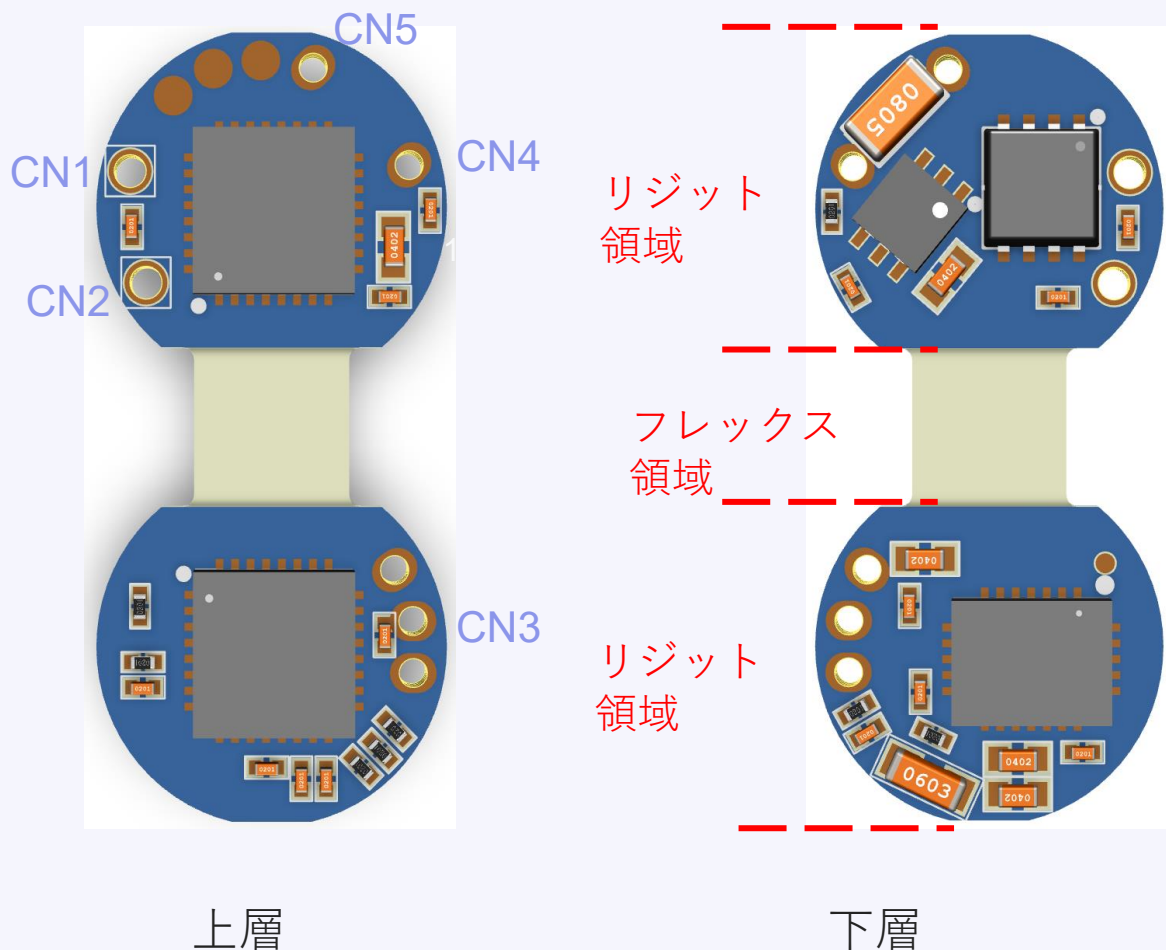


9mm コアレス・インテリジェント・モータ

- フィールド指向制御 (FOC)
- 組み込み角度センサ
- とても小さなサイズ: 直径 9mm、厚さほぼ6.5mm
- 5V~18V入力電圧 (V_{IN})
- 最大2A位相電流
- 最大60000rpmのモータ速度に対応
- RS485 / CAN通信インタフェース
- 調整可能な保護機能:
 - 低電圧ロックアウト (UVLO)
 - 過電流保護 (OCP)
- 最大80kHzの調整可能なスイッチング周波数 (f_{SW})
- 最大14ビットの角度検知分解能
- リジッドフレックスリジッドPCB構造



9mm コアレスインテリジェントモータ (RS485 / CAN)



コネクタの定義

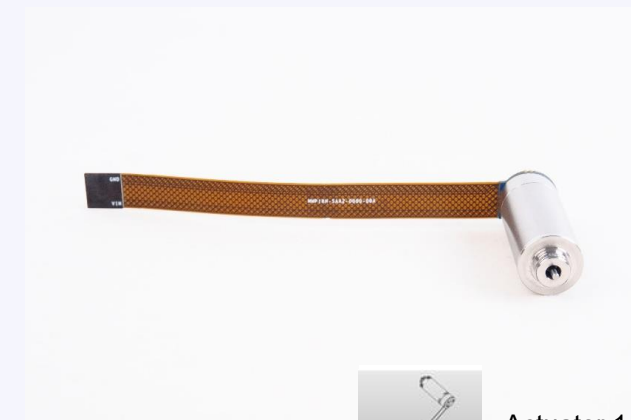
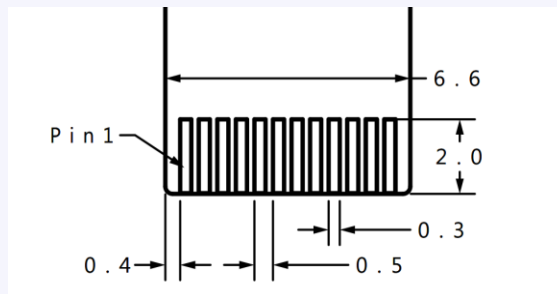
CN #	ピン名	機能
1	RS485_B	RS485 Bポート
2	RS485_A	RS485 Aポート
3	Output	モータのUVW巻線に接続
4	GND	DC電源入力グラウンド
5	VIN	DC電源入力、5V~18V

コネクタの定義

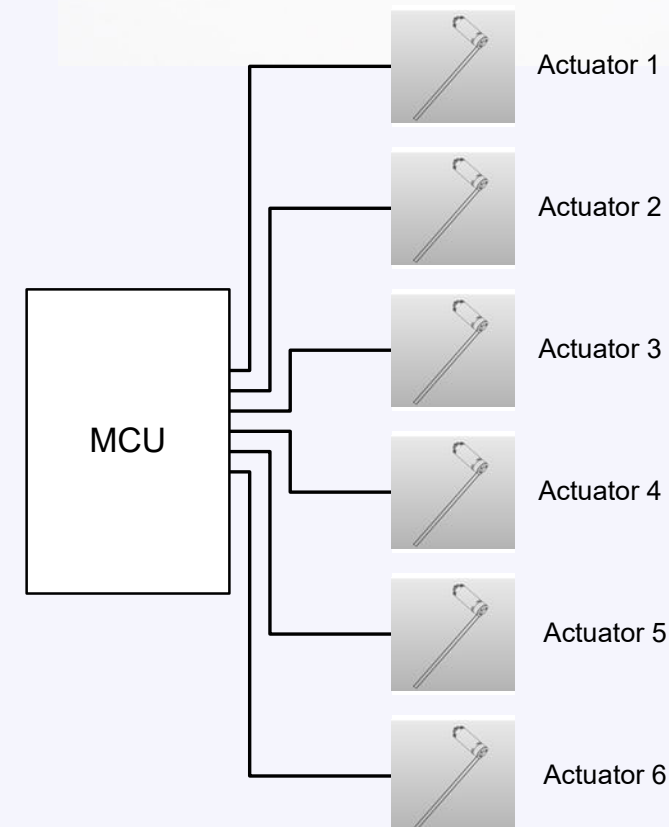
CN #	ピン名	機能
1	CAN_H	CAN_Hポート
2	CAN_L	CAN_Lポート
3	Output	モータのUVW巻線に接続
4	VIN	DC電源入力、5V~18V
5	GND	DC電源入力グラウンド
6	5V	5V電源

SPI付きコアレスモータ

- 高度に統合されたアクチュエータ
- 非常に小さなサイズ (8mm / 10mm / 12mm / 13mm直径)
- モータ仕様:
 - **10mm:** 1.7mNm定格トルク、35000rpm最大速度、12Vで25000rpm定格速度
 - **13mm:** 6.1mNm、18000rpm最大速度、12Vで14000rpm定格速度
- 4V~18Vの広い入力電圧 (V_{IN}) 範囲、12V公称入力
- フィールド指向制御 (FOC) 技術による**トルク制御**
- **正確な位置制御**を実現する組み込み14ビット角度センサ
- MCU Cコードライブラリで**拡張可能な機能**
- 電源およびシリアル・ペリフェラル・インタフェース (SPI) 用リジッドフレックスPCB構造
- 8MHz以上のクロック周波数を持つSPI



コネクタの定義	
ピン番号	ピン名
1、2、3	VIN
4	EN
5	CS
6	MOSI
7	SCLK
8	MISO
9	3V3
10、11、12	GND



01



リアルタイム フィードバック

SPI経由で位置、電流、電圧の
フィードバックを読み取る

02



クローズドループ制御

位置およびクローズドループ速
度制御

03



MCUリソースの最小化

FOC電流ループ制御はハード
ウェアによって実施

04



柔軟な制御

APIを使用してMCUコードで柔軟
な制御ロジックを実現

05



効率を改善

最大80KHzのスイッチング周波数
により、モータの電力損失が低減
され、消費電力、放熱、効率が向
上

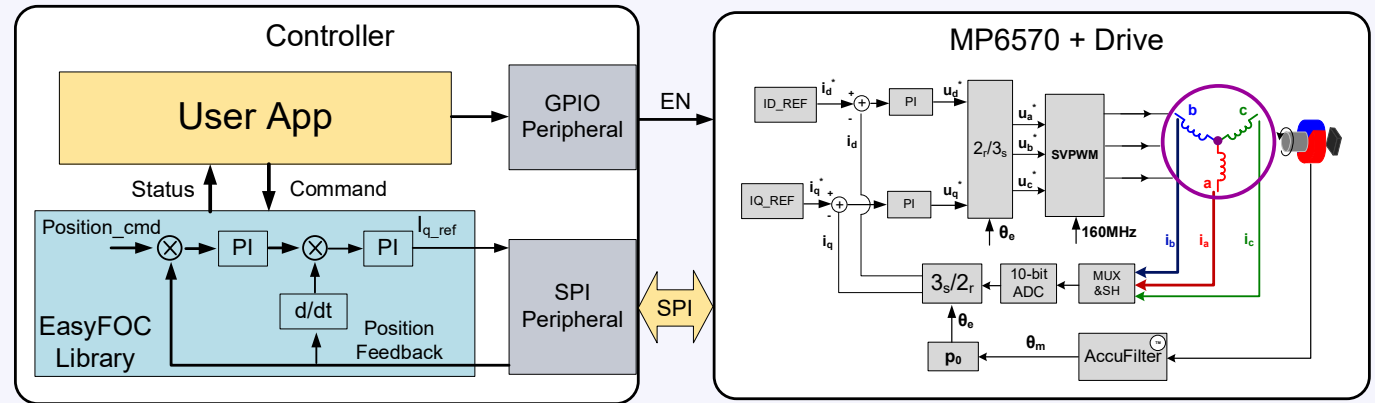
06



保護機能

EasyFOCライブラリ
はシステム診断用の
変数を提供

システムブロック図

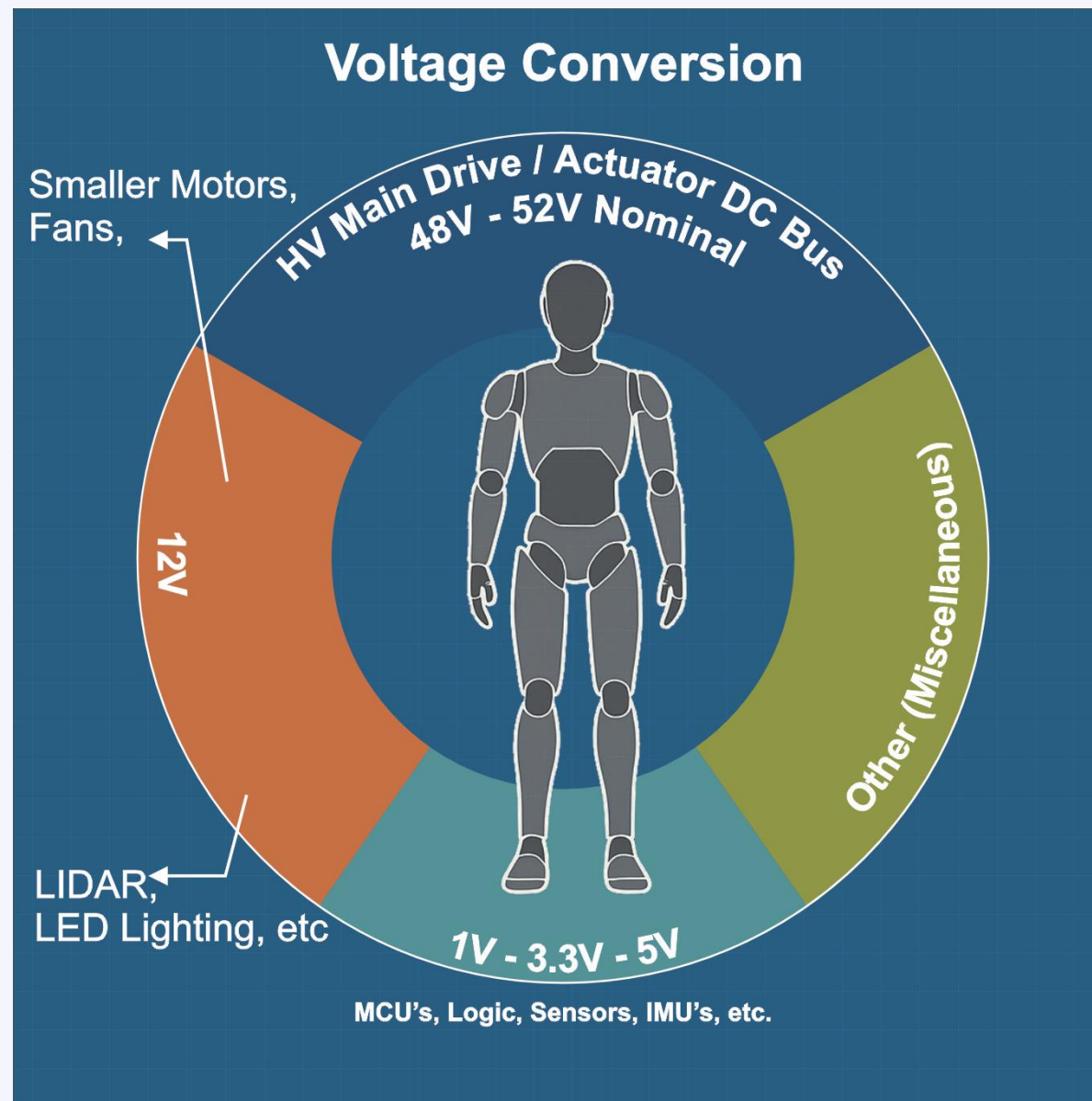


DC/DCパワーコンバータ

- ステップアップ (昇圧)
- ステップダウン (降圧)
- 昇降圧
- PMIC

AIおよび コンピューティング電源

- CPUおよびGPUコア電源
- 高電流DrMOS
 - 90A DrMOS 4mm x 6mmパッケージ
- 60A POLモジュール 6mm x 6mmパッケージ
- 60V中間バスコンバータモジュール
- Z軸電源マルチフェーズモジュール



電源モジュール

- 6V、600mA~100A
- 16V、600mA~1000A+
- 36V、600mA~24A
- 55V、1A~3A
- 80V、600mA

バッテリーマネジメント

- バッテリーモニタおよび保護機能
- 電池残量計
- アクティブ balancer
- スwitchingチャージャ: 降圧、昇圧、昇降圧
- リニアチャージャ

- **MPS**のモータ・ドライブ・ソリューションは、ヒューマノイドロボット向けの包括的なモータ制御ソリューションを提供し、高度なフィールド指向制御 (**FOC**) アルゴリズムに基づいてすべての**3相BLDC**および**PMSM**モータに対応します。
- **MPS**のポートフォリオは、あらゆる関節の精度、信頼性、安全性を確保する複数の電流検知トポロジーを備え、堅牢な電流測定と保護を実現します。
- 設計者は、磁気ホールベースの絶対位置エンコーダを通じて高分解能の閉ループフィードバックを取得し、ヒューマノイドロボットが要求する精度と応答性を実現します。
- 個別の**3相**インバータ設計から機能集積されたインテリジェント・ドライバやターンキー・モータ・モジュールまで、柔軟なパワーステージのオプションを利用できるため、市場投入までの時間が短縮されます。