

電流検出アンプによるPLCシステム内の分離デジタル出力の安全性と保護

電流センシング製品担当、Arjun Prakash



プログラマブル・ロジック・コントローラ(PLC)は、ファクトリオートメーション・アプリケーションの産業制御システムで最も広く採用されているコンピュータ・プロトコルです。PLCシステムはシステムを制御し、優先度付けし、状態を示すコントローラです。このコントローラは、今日のコンピュータと同様な基本的バイナリ・ロジックによりプログラムされます。PLCシステムは次の部分で構成されます。

PLCシステムは次の部分で構成されます。

1. PLCコンピュータ・プロセッサ
2. 電源ラック
3. 電力用バックプレーン
4. デジタル入出力モジュール
5. アナログ入出力モジュール
6. コンピュータ・ソフトウェア
7. リモート接続用のネットワーク・インターフェイス

PLCシステムは産業用アプリケーションに広く使用され、インダストリー4.0の革命を推進しています。PLCシステムにより、制御および自動化に使用する半導体デバイスを迅速に統合できるようになり、効率およびファクトリ・スループットが向上します。産業オートメーションおよび統合の例として、温度の制御、ライトによるフォルト表示のオン/オフ、圧力センサによるパッケージの重量測定、ソレノイド・リレーのオン/オフなどが挙げられます。

産業用システムはノイズの多い環境で使用され、高周波数の信号とノイズが低電圧信号に混入する可能性があるため、PLCシステムの入出力にはオプトカプラが使用されます。ノイズに対して堅牢で、単純なアーキテクチャで、プログラミング言語が簡単で、産業用の認定や安全性機能があることから、PLCシステムは産業用プロトコルとして最も広く使用されています。

PLCシステムのブロック図

PLCシステムの入出力は、図1に示すように、デジタルまたはアナログに分類されます。デジタル入力は、制御回路にON/OFFの状態を示します。デジタル入力デバイスの中には、制限スイッチ、光電センサ、近接および圧力センサなどが挙げられます。アナログ入力デバイスは熱電対、速度計、力センサなどで、可変の応答を出力します。

PLCのデジタル出力は、モータを起動するスターターのON/OFF、フォルトを示すランプの点灯、リレーを起動するソレノイドの制御などに使用されます。アナログ出力には電流レベル出力と抵抗レベルが含まれており、ヒーターの制御と監視や、モータの速度の制御などに使用できます。

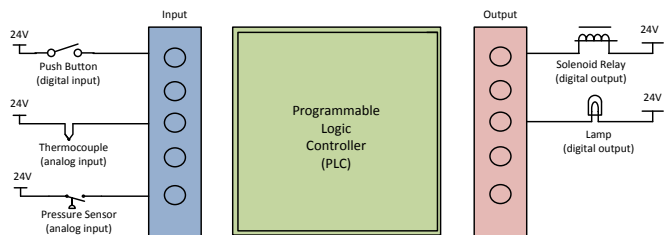


図 1. PLCシステムのブロック図

分離PLCデジタル出力の安全性

PLCのデジタル出力回路の概要を、図2に示します。PLCのデジタル出力は、最大1Aの高い駆動強度を持つよう設計されています。デジタル出力をソレノイド・リレーに接続して駆動し、PLCコントローラにより開始される動作を制御できます。図2に示すように、負荷と直列に接続されている分離電流センサで、負荷に流れる電流を継続的に監視し、過剰な電流の存在をコントローラへ報告して動作を起こすことが可能です。PLCデジタル出力は-0.7V~24Vまでスイングできるため、オフセットとゲイン誤差の低いハイサイド電流センス・アンプを使用して、高出力ドライブの安全性を確保できます。

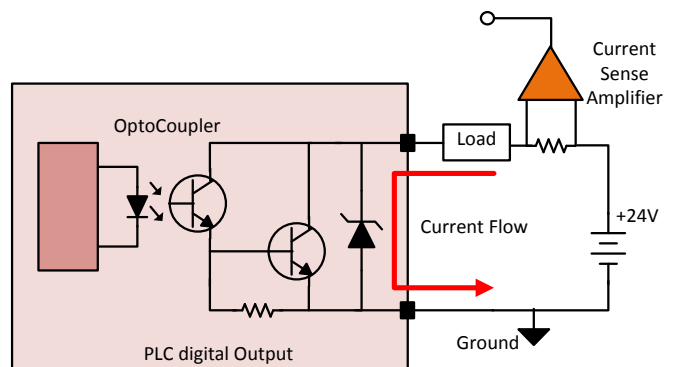


図 2. PLCデジタル出力のシンキング電流回路

PLCのデジタル出力ドライブは大電流になる可能性があるため、主要な安全性パラメータの1つはシンキング電流能力です。出力はNPNトランジスタ付きで設計され、過電圧保護のためダイオードが組み込まれています。システムは、PLCデジタル出力の動作時に、電源からのシンキング電流が動作温度範囲にわたって、常にPLCの規定内であることを保証します。単体電流検出アンプは、デジタル出力を過電流状況から保護し、診断を行って負荷の障害状況に対処し、システムの早期障害に対して予防的な対策を実行できます。

大電流PLCデジタル出力の安全性

PLCデジタル出力は、大電流のソレノイド・ドライバや大電流のLEDランプに直接接続して、リレーを閉じたり、ファクトリオートメーション・アプリケーションでフォルトを示したりできます。電流出力ドライブが、PLCシステムの定格よりも大きい場合、分離FETを使用して24V電源から負荷への電流を制御できます。PLCデジタル出力を外部の低RDSon FETに接続し、出力ドライブ強度をさらに高める方法を、[図 3](#)に示します。この手法には1つ欠点があり、外部FETの信頼性が問題となります。電流検出アンプを使用して負荷電流を監視すると、PLCシステムが安全に動作していることを確認できます。

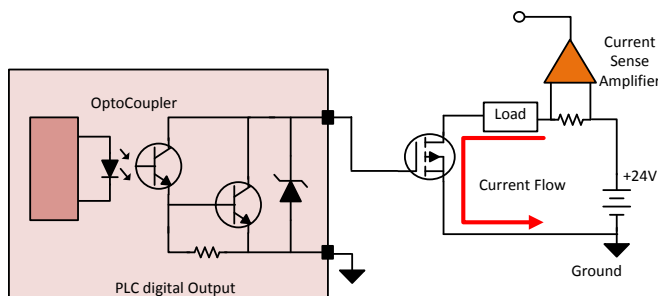


図 3. PLCの分離デジタル出力の制御

INA240は高精度の双方向電流センス・アンプで、温度範囲にわたって入力オフセットとゲイン・ドリフト係数が低いいため、分離PLCデジタル出力の電流を測定するため理想的なデバイスです。INA240は、コモンモードトランジェントにdv/dtの大きな信号が含まれるスイッチング・ノード環境で動作するよう、特に設計されています。大きなdv/dt信号を除去する能力により、正確な電流測定を行い、必要な保護を保証して、要求される安全性標準を満たすことができます。INA240は最大入力オフセット電圧が25μV、最大ゲイン誤差が0.2%と低いいため、測定精度を犠牲にすることなく、小

な値のシャント抵抗を使用できます。オフセット・ドリフト係数およびゲイン誤差ドリフト係数はそれぞれ約0.25μV/°Cと2.5ppm/°Cで、温度にかかわらず正確で安定した電流測定が可能です。INA240の信号スループット帯域幅は、ゲイン20において400kHzです。高い帯域幅とスルー・レート(2V/μs)から、PLCシステム内のサンプリングADCが十分に速く電流をサンプリングできれば、このアンプは過電流や負荷の短絡状況を迅速に検出できます。

その他の推奨デバイス

このアプリケーションには、他のデバイスとしてLMP8480も推奨されます。LMP8480は単方向のハイサイド電流センス・アンプで、4V~76Vのコモンモード電圧をサポートできます。LMP8480は、最高76Vの電源に対応できます。このため、24VのPLC DC電源に電流検出アンプを直接接続し、電力供給を受けることができます。これによって、LMP8480の電力供給のため別の低電圧電源を作成する負担が減少します。また、LMP8480は最大5mAの大きな出力電流を供給します。大きな出力電流により、信号の整合性を失わず、追加の出力バッファも必要とせず、長い容量性ケーブルを駆動できます。

LMP8601も、PLCシステムで使用可能なデバイスです。LMP8601は、-22V~60Vのコモンモード電圧範囲で動作するよう設計されています。LMP8601は、ソレノイドやリレーなど誘導性負荷とともに動作するよう特に設計されています。最小コモンモード電圧範囲が-22Vなので、LMP8601はソレノイドやモータ・スターターを起動するときに見られる、大きなコモンモード誘導性キックバックに耐えられます。

表 1. その他の推奨デバイス

Device	Optimized Parameter	Performanceトレードオフ
INA168	帯域幅: 800kHz、パッケージ: SOT-23	ゲイン調整可能、外付け部品
LMP8601	V _{CM} : -22V~60V	オフセット電圧: 1mV、帯域幅: 60kHz
INA282	DC CMRR: 140dB	帯域幅: 10kHz
LMP8480	DC CMRR: 100dB、PSRR: 100dB	オフセット電圧: 265μV、帯域幅: 270kHz

表 2. 関連するTI Tech Note

SBOA174	H-ブリッジでの電流センシング
SBOA176	スイッチング電源の電流測定
SBOA166	PWMリジェクション機能付きのハイサイド駆動、ハイサイド・ソレノイド電流モニタ
SBOA162	電流測定による異常状況の検出

TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的で、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。