

FA 機器へのフォトリレー応用

概要

フォトリレーはメカニカルリレーと比べて接点の長寿命・低電流駆動・高速応答といった点で優れており、FA 機器への搭載が増えています。

本資料では、FA 機器におけるフォトリレー応用事例の紹介、ならびにフォトリレーを使用する場合の注意点を説明します。

目次

1.	はじめに	3
2.	出力端子 (I/O)・アラーム出力応用	4
2.1	出力端子の種類	4
2.2	トランジスター出力端子へのフォトリレー応用例	5
2.3	接点出力 (メカニカルリレー)へのフォトリレー応用例	7
3.	アナログ計測応用	9
3.1	電流・電圧計測 (シャント抵抗)切り替え	9
3.2	ゲインコントロール	10
3.3	各種センサー信号の切り替え、相互影響 (ノイズ)の除去	10
4.	さいごに	12
	製品取り扱い上のお願い	14

1. はじめに

各種生産現場・プロセスに用いられる FA 機器は、設備の稼働率・生産効率向上、高精度化、安全性向上、省エネなど、さまざまなニーズにこたえるために進化しています。

具体的には、稼働状態の監視分析から予防保全の合理化、さらに予知保全に対応するため、計装制御・各機器間の連携強化・メンテナンスフリーなどの機能向上が図られています。

本アプリケーションノートでは、それらの機能向上に貢献するフォトリレーの応用事例として、機器 I/O の出力端子のケース、アナログ信号の計測機能のケースを取り上げ紹介します。

本文の前に、フォトリレーについて簡単にご紹介します。

フォトリレーとは、接点（スイッチ部分）に MOSFET を用いた半導体（無接点）リレーのひとつです。フォト MOS リレーや、MOSFET リレーとも呼ばれています。

フォトリレーは、接点を制御するための電気信号を光信号に変換する LED と、接点（負荷）側は光信号を電気信号に変換するフォトダイオードアレイ（以降 PDA）と、接点機能を担う MOSFET とで構成されます。

フォトリレーの動作は、次のようになります（図 1）。

- (1) 接点を駆動するには LED に電流を流します。LED が発光し、光信号が発生します。
- (2) 光信号は接点側の PDA により電気信号に変換され、MOSFET の制御端子（ゲート）に電気信号を入力します。
- (3) ゲートに電気信号が入力されることで、MOSFET が ON し、接点が接続された状態になります。

接点部分は半導体素子のため、機械的な摩擦がなく繰り返し開閉しても接点の劣化はありません。

メカニカルリレーでは、接点を動かすための電磁力を得るため、制御側コイルに数十 mA 程度の電流を流す必要があります。

これに対し、フォトリレーは数 mA 程度の LED 電流で MOSFET を動作させることができます。そのため、従来のメカニカルリレーに比べて長寿命・低駆動入力・高速応答という特長があります。

同様の特長をもつトライアックを用いた半導体リレーもありますが、MOSFET を使用するフォトリレーのほうが、リーク電流が低い、交流信号のみではなく直流信号を制御できるという利点があります。

フォトリレーの基礎や使用上の注意などについては当社アプリケーションノート『メカニカルリレーからの置換のコツ』に掲載しています。こちらもあわせてご参照ください。

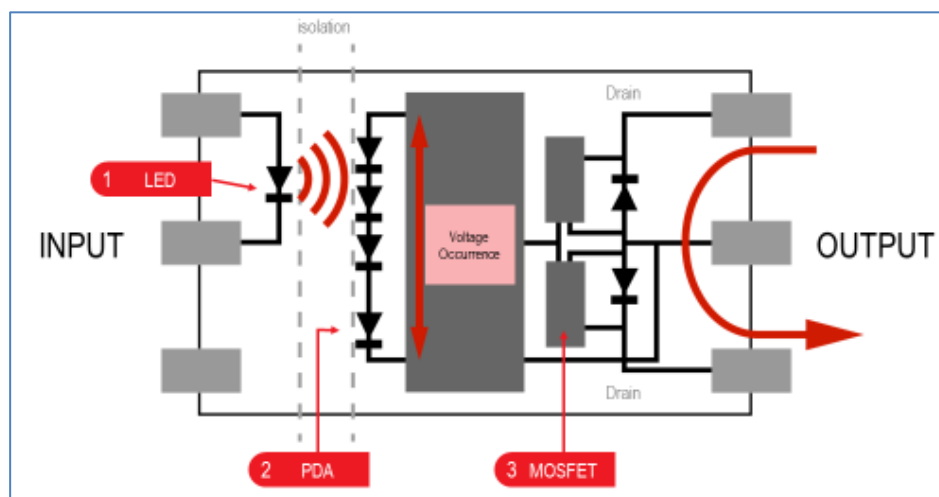


図 1 フォトリレーの動作原理

2. 出力端子 (I/O)・アラーム出力応用

プログラマブルロジックコントローラー (以降 PLC)の接点出力ユニットはもちろんのこと、汎用インバーター、サーボアンプ、各種センサー、計測・計量機器などでも、外部機器や負荷を制御する出力端子の搭載が増えています (図 2(a)、(b))。

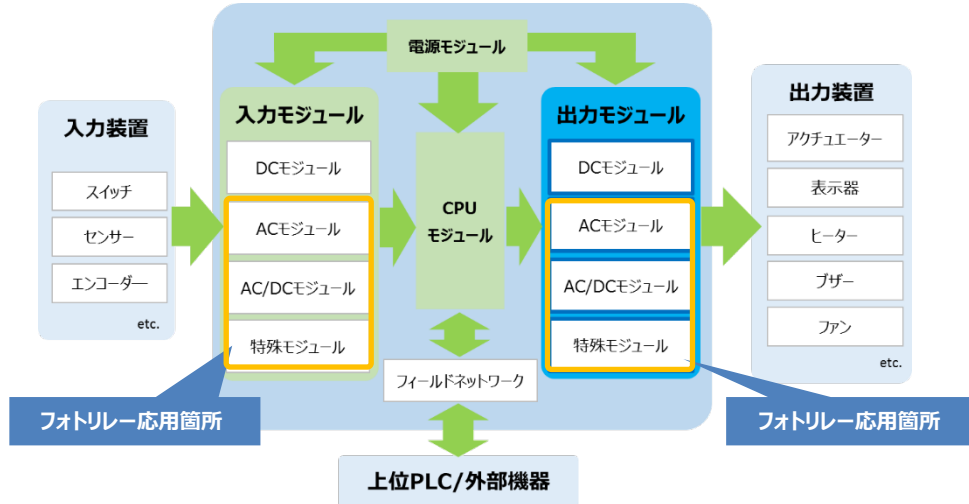


図 2(a) PLC 機能ブロック図 (フォトリレー応用箇所イメージ)

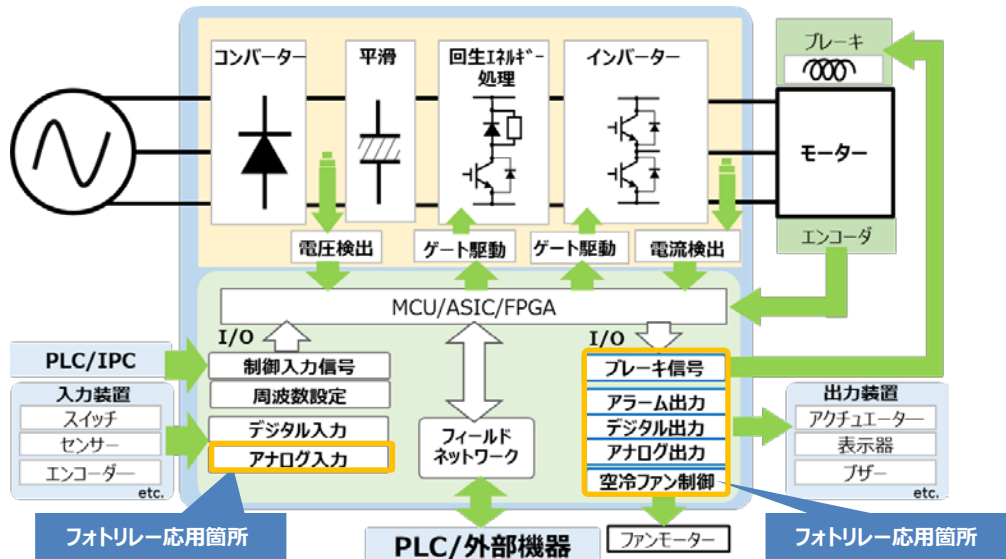


図 2(b) サーボアンプ 機能ブロック図 (フォトリレー応用箇所イメージ)

2.1 出力端子の種類

代表的な出力端子の種類を以下に示します。

- 1) トランジスター/MOSFET 出力 (シンクタイプ、ソースタイプ)・・・DC 負荷の制御、1 ms 程度の応答性
- 2) CMOS 高速出力・・・機器制御信号 (シリアル通信、アナログ (PWM)信号など)、1 μ s 程度の応答性
- 3) トライアック出力・・・AC (交流)負荷の制御、10 ms 程度の応答性
- 4) 接点出力 (メカニカルリレー)・・・DC・AC 負荷の制御、5 ~ 10 ms 程度の応答性
- 5) 接点出力 (フォトリレー)・・・DC・AC 負荷の制御、0.5 ~ 5 ms 程度の応答性

ここでは、1) トランジスター/MOSFET 出力、4) 接点出力 (メカニカルリレー)から、5) 接点出力 (フォトリレー)へ置き換えいただく際のメリットを紹介します。

2.2 トランジスタ出力端子へのフォトリレー応用例

フォトリレーは、メカニカルリレーの課題解決にご使用いただくことが主でしたが、近年、トランジスタ/MOSFET 出力タイプのデメリットを解消する目的でも応用されています。

トランジスタ/MOSFET 出力は、12 ~ 48 VDC の弱電機器への信号出力に用いられています。

電源・負荷の接続方法は、出力トランジスタが ON したとき、電流が負荷から出力端子に流れ込むシンクタイプ、電流が出力端子から負荷に流れ出すソースタイプがあります (図 2.2.1(a)、(b))。

シンクタイプでは機器出力端子に接続する配線が地絡した場合、出力端子の状態によらず負荷電流が流れてしまいます。それに対し、ソースタイプは地絡事故に対してオープンと同等になるため安全性が高いことから欧州諸国で好まれています。

このようにユーザーの設計思想によりシンクタイプとソースタイプは使い分けられますが、それぞれ配線が異なるため、出荷先に応じてソースタイプ・シンクタイプの組み立てを変える、基板上に切り替えスイッチをつけ手動で接点を変える必要があります (図 2.2.2(a)、(b))。

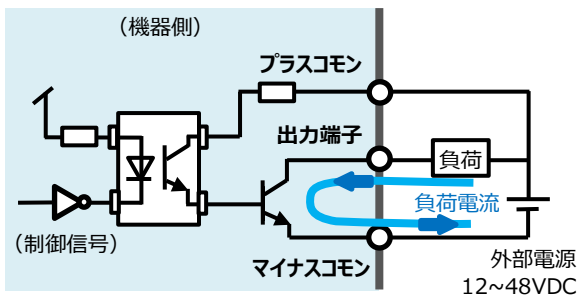


図 2.2.1(a) トランジスタ出力・シンクタイプ

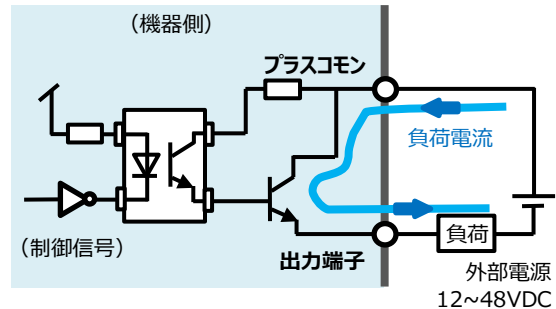


図 2.2.1(b) トランジスタ出力・ソースタイプ

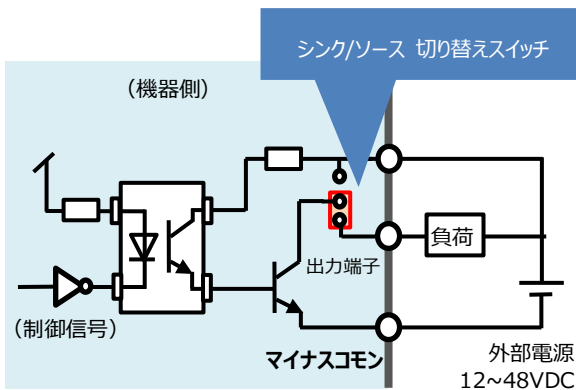


図 2.2.2(a) トランジスタ出力・共通基板シンクタイプ例

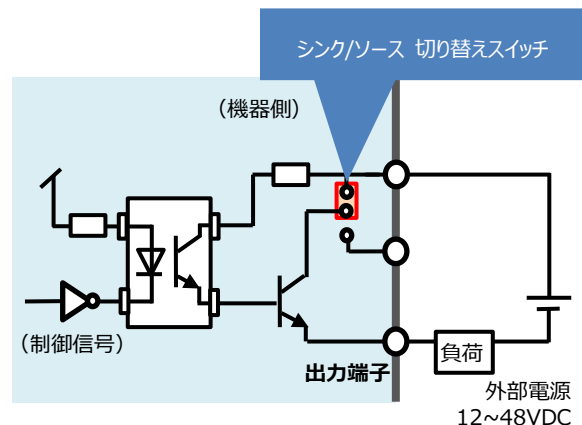


図 2.2.2(b) トランジスタ出力・共通基板ソースタイプ例

また、出力トランジスタには極性があるため、ユーザーが配線を間違えた場合には期待した動作ができません。最悪の場合、機器が破壊してしまう恐れがあります (図 2.2.2(c))。

これらの注意事項は、フォトリレーを使用することにより解決できます。

フォトリレーは通常、出力は 2 つの MOSFET をソースコモン接続で構成しているため接点に極性の制約がありません。

そのため、シンク-ソースの両接続に対応することが可能です。ユーザーに配線時の極性を気にしなくてもよい機器を提供することが可能になります (図 2.2.2(d)、(e))。

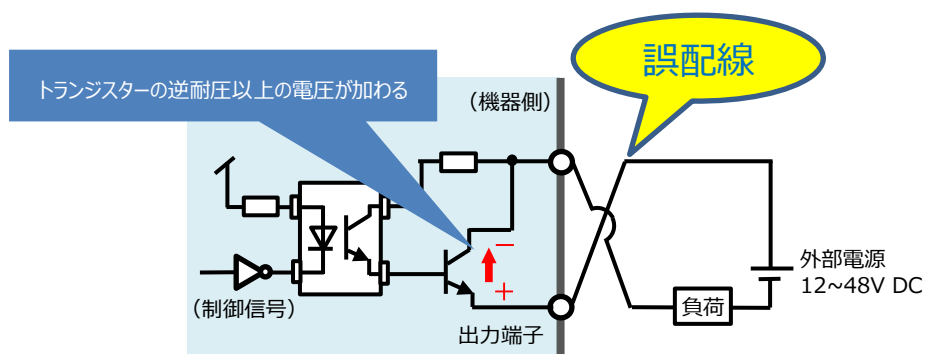


図 2.2.2(c) トランジスタ出力・逆接続の例

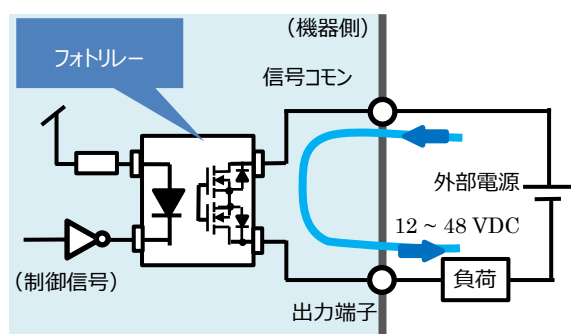


図 2.2.2(d) フォトリレー出力

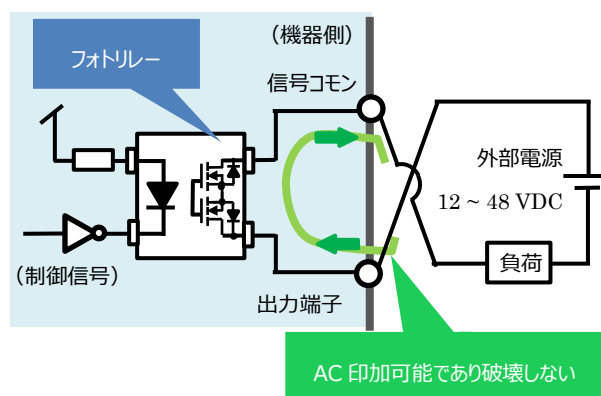


図 2.2.2(e) フォトリレー逆接続時の例

2.3 接点出力 (メカニカルリレー) へのフォトリレー応用例

高容量の負荷 (100V/240V AC、1A を超える電流など)の制御には、メカニカルリレーが多く用いられます。メカニカルリレーの接点構造は機械式のため、接点を ON するときに稼働音が生じます。また、音だけではなく、接点が瞬間的に ON/OFF を繰り返す (バウンスしている)状態となり、その間は負荷電流が ON/OFF し電氣的なノイズを発生させます。それに対し、フォトリレーは機械式の接点をもたないため、接点切り替え時に音が発生せず、機器の静音化に貢献します。また接点のバウンスが起らないため、電氣的なノイズを抑えることができます。その他にも、接点回数の制限がない、高速応答化が可能、電源回路を省力化できる、といったメリットがあります。

一方で、メカニカルリレーの高容量の領域は、フォトリレーでは電氣的仕様上カバーできない場合があります。その場合、MOSFET の単体製品と、フォトボルトティック出力のフォトカプラー (LED と PDA で構成されるフォトカプラー。以降 PV と略)を用いることで、フォトリレーと同様の効果を得ることができます (図 2.3(a)~(d))。

メリットのみではなく、注意点もあります。フォトリレーはメカニカルリレーよりもサージ耐量が低いため、製品選定・対策部品の検討が必要です。負荷電圧よりも十分に大きなオフ電圧定格をもつフォトリレー/MOSFET を使用する必要があります。オフ電圧定格選定の際は、接点出力端子から負荷までの寄生インダクタンス成分と負荷電流によって生じる負荷電圧も十分ご確認ください。また、保護ダイオードやバリスターなどの保護素子の使用を検討いただくこと、実際の使用環境で動作検証いただきますようお願いいたします。また、接点制御する LED は、周囲温度や通電する順電流 (I_F)の大きさによって光の強さが低下します (光出力の低下)。そのため、初期設計時には光出力低下分を考慮して I_F を決定してください。

設計方法の詳細は、アプリケーションノート『メカニカルリレーからの置換のコツ』、『リレー用 MOSFET 駆動用 フォトボルカプラーの基本特性と応用設計』に記載しています。こちららあわせてご参照ください。

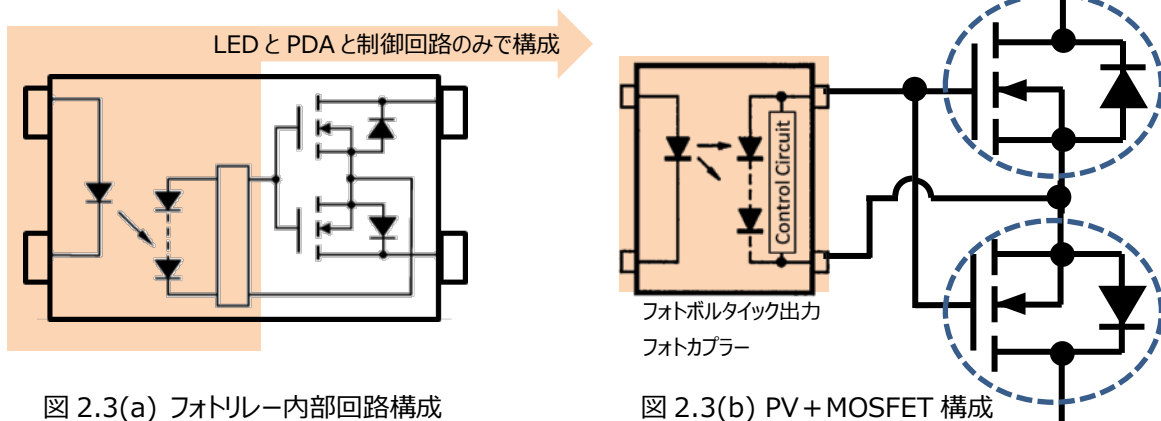


図 2.3(a) フォトリレー内部回路構成

図 2.3(b) PV+MOSFET 構成

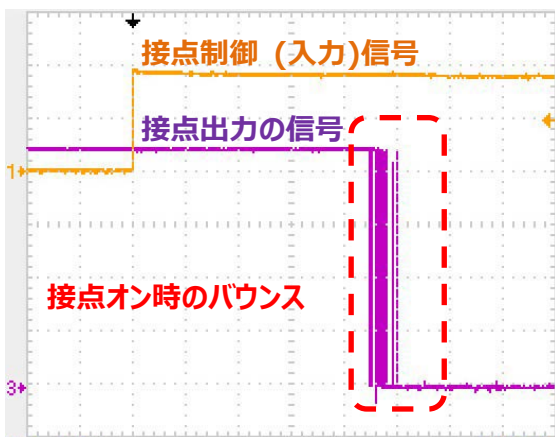


図 2.3(c) 抵抗負荷によるメカニカルリレーの駆動波形

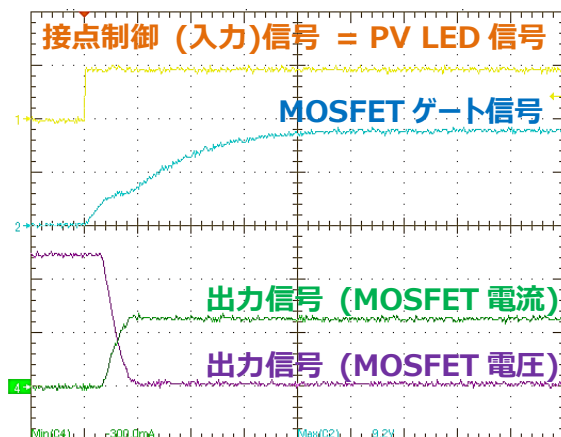


図 2.3(d) 抵抗負荷による PV+MOSFET 駆動波形

今まで述べた接点の種類別の特徴を表 1 にまとめました。

静音性、消費電力低減、小型化など、設計機器の目的に応えられるデバイスを選定してください。

表 1 接点種類特徴一覧表 (推奨) ◎ > ○ > △ > × (非推奨)

	メカニカルリレー	フォトリレー (MOSFET)	トランジスター カプラー	フォトボルカプラー+ 高耐圧パワー-MOSFET	SSR (トライアック)
実装スペース	△	○ 部品点数 1 個	△ 絶縁電源必要	△ 接点部品点数 2~4 個	△ 接点部品点数 2 個
接点寿命 (接点回数制限有無)	× (あり)	○ (なし)	○ (なし)	○ (なし)	○ (なし)
動作音	△ (あり)	○ (無し)	○ (無し)	○ (無し)	○ (無し)
入力側消費電力	× コイル駆動電力 必要 100mW	○	△	○	△
接点開閉容量	◎ (2A~数 100A)	○	○ 出力トランジスター /MOSFET による	◎	△
接点制御方向 (極性)	○	○	×(DC のみ)	○	○
漏れ電流	◎ なし	○	× 暗電流考慮必要	△	×

表 2 にて当社フォトリレーの推奨品の一部を紹介します。24V 系システムの接点であれば、阻止電圧 (V_{OFF}) が 60 V 以上のフォトリレーを推奨します。負荷電流がフォトリレーのオン電流定格以内となる製品を選定します。その際、周囲温度に応じたオン電流低減率を考慮いただくようお願いいたします。

表 2. 東芝フォトリレーの一例

(特に指定のない限り, $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$)

		絶対最大定格			最大値
		阻止電圧 V_{OFF} (V)	オン電流 I_{ON} (mA)	オン電流 @ $T_a=50\text{ }^\circ\text{C}$ I_{ON} (mA)	オン抵抗 R_{ON} (Ω)
24V 系システム	TLP170AM	60	700	492.5	0.3
	TLP3122A		1400	1050	0.25
	TLP3107A		4000	3000	0.04
	TLP240A		500	375	2
100V 系システム	TLP170GM	350	110	82.5	35
	TLP240G		100	75	50
200V 系システム	TLP172GAM	400	110	82.5	65
	TLP240GA		120	90	35

3. アナログ計測応用

生産設備、生産プロセスにおいて、設備性能、稼働率、品質の向上等を両立するために、予防保全の合理化、予知保全の対応が求められています。それらの要求に対応するため、設備状態を各種センサーの信号から把握・予測しコントロールする計装制御技術が発展しています。

予知保全のためには、温度・流量・圧力・振動などのセンサーの検出値に対し、しきい値を基準とした ON/OFF のデジタル信号のみではなく、変移状態のデータ（アナログ信号）の重要性が高まっています。また、制御システムとして効率的にアナログ信号を取り扱うために、PLC のアナログ入力ユニットの活用はもちろん、各種機器にアナログ入力機能を実装する事例が増えています。

アナログ信号を高精度・効率的に活用するために、アナログ入力回路においては以下の課題解決が求められます。

- 1) 計測モード（電圧検出、電流検出）・・・検出用シャント抵抗切り替え
- 2) 出力信号の倍率（ゲイン）（ゲイン＝出力信号/入力信号）・・・帰還抵抗の切り替え
- 3) 各種センサー信号の切り替え、相互影響（ノイズ）除去・・・不要なセンサー信号の分離、制御電源との分離

抵抗の切り替えは、機器の初期設定時にジャンパーピンによる手動切り替えやメカニカルリレーを用いて切り替えるなどで行えますが、フォトリレーを使用することでこれらの課題解決に貢献します。

3.1 電流・電圧計測（シャント抵抗）切り替え

センサーからの出力はその種類により、電圧出力あるいは電流出力があります。アナログ入力機能として、それぞれ専用に入力端子を設けることが理想ですが、実装面積や AD コンバーター（ADC）など、搭載部品点数が多くなるといった課題があります。

課題解決策として、電圧検出・電流検出回路の共用化があげられます。電流検出回路のシャント抵抗部分にスイッチを設けることで、共用化が可能です（図 3.1(a)、(b)）。スイッチ部分をジャンパーピンで構成し、機器の初期設定時に手動で切り替える、メカニカルリレーを用いるなどの方法があります。ジャンパーピン使用時は、初期設定以降はそのモードでしか検出できない、メカニカルリレー使用時は、接点の寿命、接点駆動回路の消費電力が大きくなる、駆動回路の実装面積が必要で機器の小型化が困難になるなどの課題がありました。このスイッチにフォトリレーを採用することで、これらの課題解決が可能となります（図 3.1(c)）。

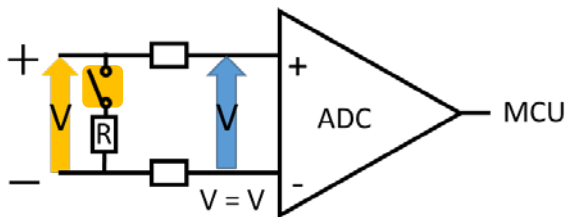


図 3.1(a) 電圧・電流検出回路（電圧検出状態）
シャント抵抗部スイッチ 開状態

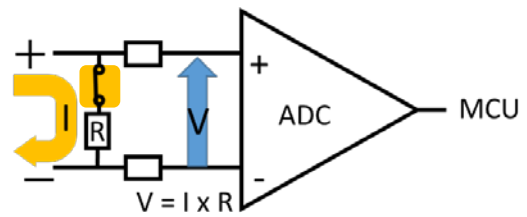


図 3.1(b) 電圧・電流検出回路（電流検出状態）
シャント抵抗部スイッチ 閉状態

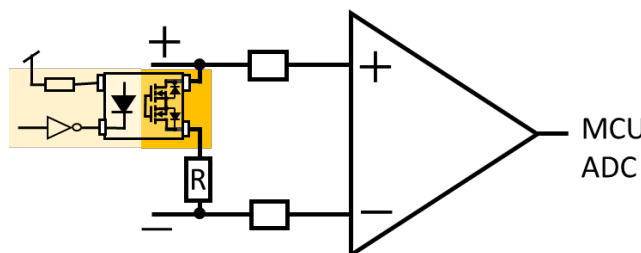


図 3.1(c) 電圧・電流検出回路
（シャント抵抗部スイッチにフォトリレーを使用）

3.2 ゲインコントロール

センサー信号の最大レベルと AD コンバーターの入力最大レベルが一致していることが分解能の向上につながります。センサー信号のレベルに応じ、帰還抵抗の値をフォトリレーで選択できる回路とすることで、AD コンバーターの入力最大レベルに近い倍率となるように設定することが可能になります (図 3.2)。

3.3 各種センサー信号の切り替え、相互影響 (ノイズ)の除去

複数のアナログ信号入力を機器に持たせる場合、それぞれの信号線に対し AD コンバーターを接続することが精度の面では好ましいですが、部品実装面積とコストが増大します。信号線を選択するマルチプレクサーを用いることが課題解決のひとつですが、選択していない (不要な)信号がノイズとなり精度を悪化させることがあります。フォトリレーを各線のスイッチとして使用することで、各線の相互影響を抑えることが可能となります (図 3.3)。

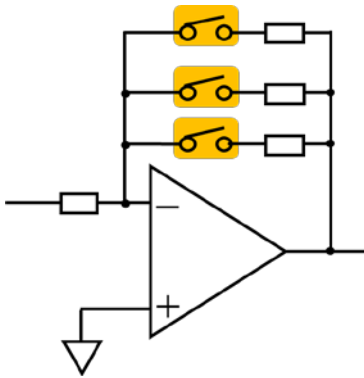


図 3.2 ゲインコントロール回路
(帰還抵抗値選択スイッチにフォトリレーを使用)

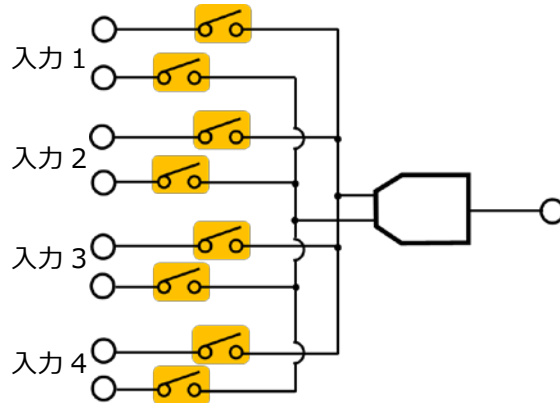


図 3.3 信号切り替え回路

フォトリレーは、接点 (MOSFET)端子間に容量を持っており、接点 (MOSFET)オフ時に、この容量を介してリーク (微小)電流が流れます。このリーク電流が原因で期待する精度が得られない場合には、信号経路のフォトリレー接点からグラウンドに低インピーダンス経路を構成するスイッチを付加した T 字型スイッチ構成することで改善が図れます (図 3.4)。

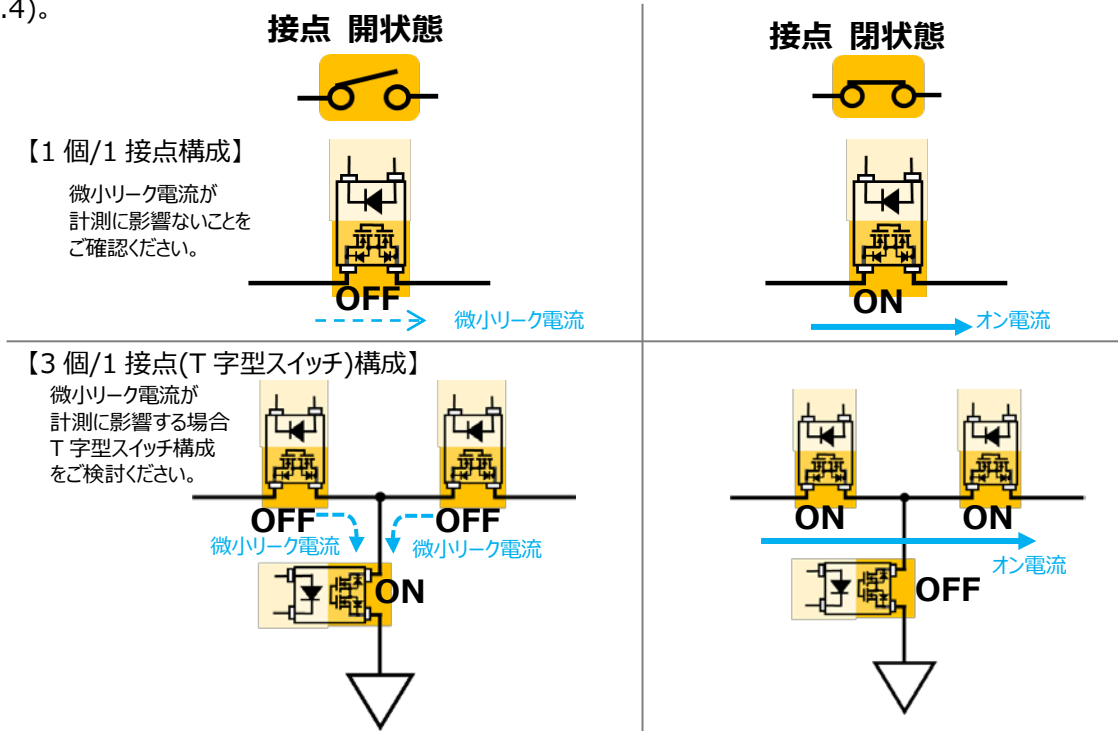


図 3.4 接点構成方法

これらの応用には、超小型で接点間の信号品質が高い（信号成分の減衰・ひずみを抑える）ことが求められます。

信号品質を維持するためには、フォトリレーには接点オフ時の容量成分（ C_{OFF} ）と、接点オン時の抵抗成分（ R_{ON} ）が低いことが求められます。当社では、超小型パッケージを各種取り揃えています。それらのいくつかの製品では、フォトリレーの LED 側に順電流制限抵抗を内蔵し、実装基板上への外付け抵抗を不要とし、さらに省スペースに貢献できる製品をリリースしています。表 3 にその代表製品を記載します。★ 印が LED 順電流制限抵抗内蔵製品です。

なお、フォトリレーを高周波回路で使用する際の留意点をまとめたアプリケーションノートも参考にしてください。

「フォトリレー～高周波回路におけるフォトリレーの留意点～」

表 3. 計測機器・アナログ信号切り替え VSON シリーズ（安全規格不要な応用）

品番	パッケージ名 (Toshiba)	I_{FT} Max (mA)	V_{FON} Max (V)	V_{OFF} Max (V)	C_{OFF} typ. (pF)	R_{ON} Max (Ω)	I_{ON} Max (A)	t_{on} Max (ms)	t_{off} Max (ms)
TLP3403	VSON4	3	—	20	40	0.22	1.00	2.0	1.0
TLP3403R★	VSONR4	—	3	20	40	0.22	1.00	2.0	1.0
TLP3406S	S-VSON4	3	—	30	120	0.20	1.50	2.0	1.0
TLP3406SRH★	S-VSON4T	—	3	30	120	0.20	1.50	2.0	1.0
TLP3406SRL★	S-VSON4T	—	1.6	30	120	0.20	1.50	2.0	1.0
TLP3407S	S-VSON4	3	—	60	80	0.30	1.00	2.0	1.0
TLP3407SR★	S-VSON4T	—	3	60	80	0.30	1.00	20	1.0
TLP3407SRA★	S-VSON4T	—	3	60	80	0.30	1.00	20	1.0
TLP3407SRH★	S-VSON4T	—	3	60	80	0.30	1.00	2.0	1.0
TLP3407SRL★	S-VSON4T	—	1.6	60	80	0.30	1.00	2.0	1.0
TLP3409S	S-VSON4	3	—	100	50	0.60	0.65	2.0	1.0
TLP3412	VSON4	3	—	60	20	1.50	0.40	0.5	0.5
TLP3412R★	VSONR4	—	3	60	20	1.50	0.40	0.5	0.5
TLP3412SRH★	S-VSON4T	—	3	60	20	1.50	0.40	0.5	0.2
TLP3412SRHA★	S-VSON4T	—	3	60	20	1.50	0.40	0.5	0.2
TLP3414	VSON4	3	—	40	5	3.00	0.25	0.5	0.5
TLP3417	VSON4	3	—	80	5	12.00	0.12	0.5	0.2
TLP3419	VSON4	3	—	80	6	8.00	0.20	0.4	0.4
TLP3420	VSON4	3	—	100	6	14.00	0.10	0.3	0.3
TLP3431	VSON4	3	—	20	5	1.20	0.45	0.5	0.5
TLP3440S	S-VSON4T	3	—	40	0.45	14.00	0.12	0.2	0.3
TLP3441	VSON4	3	—	40	0.70	10.00	0.14	0.2	0.2
TLP3442	VSON4	3	—	40	0.30	20.00	0.10	0.2	0.2
TLP3450	VSON4	3	—	20	0.80	5.00	0.20	0.2	0.2
TLP3451	VSON4	3	—	60	0.70	15.00	0.12	0.2	0.2
TLP3475R★	VSONR4	—	3	50	12	1.50	0.30	0.5	0.4
TLP3475S	S-VSON4	3	—	60	12	1.50	0.40	0.5	0.25
TLP3475SRHA★	S-VSON4T	—	3	60	12	1.50	0.40	0.5	0.2

4. さいごに

本資料では、フォトリレーの FA 機器における代表的な応用事例を紹介しました。

フォトリレーの性能向上・小型化により、本資料に掲載していない部分への応用事例も増えています。

当社では、これからもフォトリレーのラインアップを拡充してまいりますので、各種接点への検討をお願いします。

なお、新規設計にあたっては、当社ホームページで最新の製品情報をご確認ください。

変更履歴

バージョン情報	日付	対応ページ数	変更内容
Rev. 1.0	2020-04-10	-	初版
Rev.2.0	2021-03-04	P.8, P.11	表 1~3 追加

製品取り扱い上のお願

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品には GaAs（ガリウムヒ素）が使われています。その粉末や蒸気等は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉砕や化学的な分解はしないでください。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事情報の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様にかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。