

[第6章]

現場はノイズとの戦い

メカトロニクス—実装の現場

木村 豊

PICをはじめとしてワンチップ/マイコンが手軽に使えるようになってきましたが、趣味の域から一步踏み出して実際に仕事に使用しようとすると思わぬトラブルに悩むことがあります。メカニカル・スイッチ、メカニカル・リレーなどの機械的接点を電子回路で使用するケースもその一つです。本章では、ノイズを目に見える形で観測しながら、対策部品の効果を説明します。

6-1 マイコンの入出力としての接点

実際の装置の回路を例にして「マイコンの入出力としての接点」について考察します。
写真6-1は機械接点の一例です。

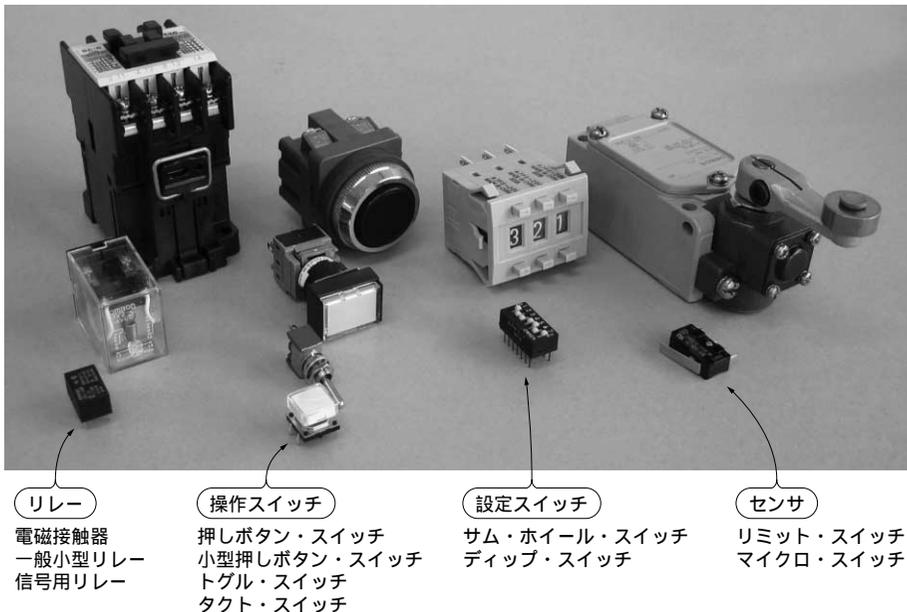


写真6-1 メカニカル接点の機器

表6-1 無接点，有接点リレーの比較

	無接点リレー	有接点リレー
	G3TA-IDZR02S	G6E-134P-US
動作時間	0.5ms	5ms
復帰時間	0.5ms	5ms
出力極性(*1)	(あり)	(なし)
耐久性(*2)	(半永久)	機械的1億回 電氣的50万回
ON抵抗	電圧降下1.6V	50m
OFF漏れ電流	5 μ A	(ほぼゼロ)
入出力耐電圧	AC4,000V	AC1,500V
耐衝撃	耐久100G	耐久100G 誤動作30G
バウンス時間	(なし)	0.2ms
ノイズ発生	(なし)	(対処必要)
参考価格(円)	1,010	340

()の特性はメーカー・スペックには記述なし。
 網掛けの項目は有接点リレーの優れた特性。
 (*1)種類によっては無接点リレーで極性のないものもある。
 厳密には有接点リレーでも極性を考慮しなければならない場合もある。
 (*2)電氣的耐久性は定格負荷の場合。負荷により大きく変動する。

表6-1にリレーを例にとり，有接点，無接点の特性の比較を示します。ほとんどの特性で無接点が優れていますが，機械接点の重要な特性としてON抵抗 およびOFF時漏れ電流 がほぼゼロでさらに極性がないという点があります。

この特徴が，機械的接点部品が今も電子回路で多用される理由の一つです。

6-2 チャタリング対策：入力としてのリレー

チャタリングとは機械接点ON時，接点の接触する瞬間の機械的なバウンスがON-OFFの繰り返し信号となってしまふ現象です。図6-1はその波形です。

このアイコンは，章末に用語解説があります



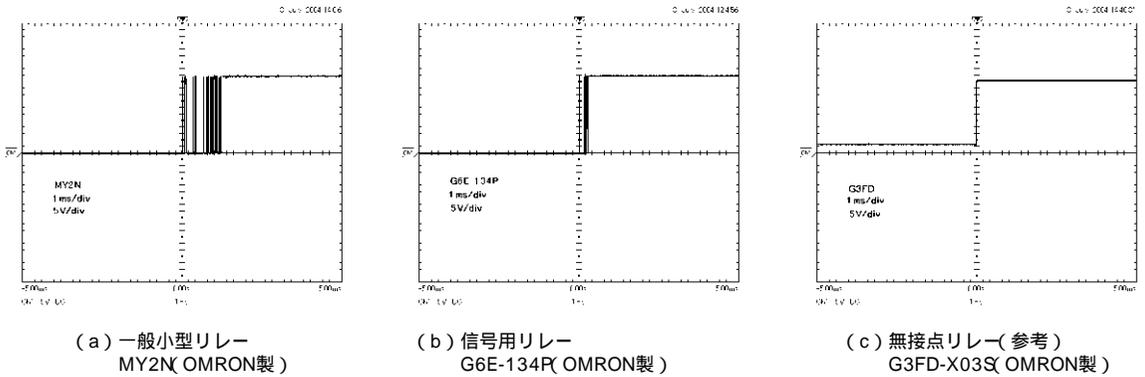


図6-1 チャタリングの波形(1ms/div, 5V/div)

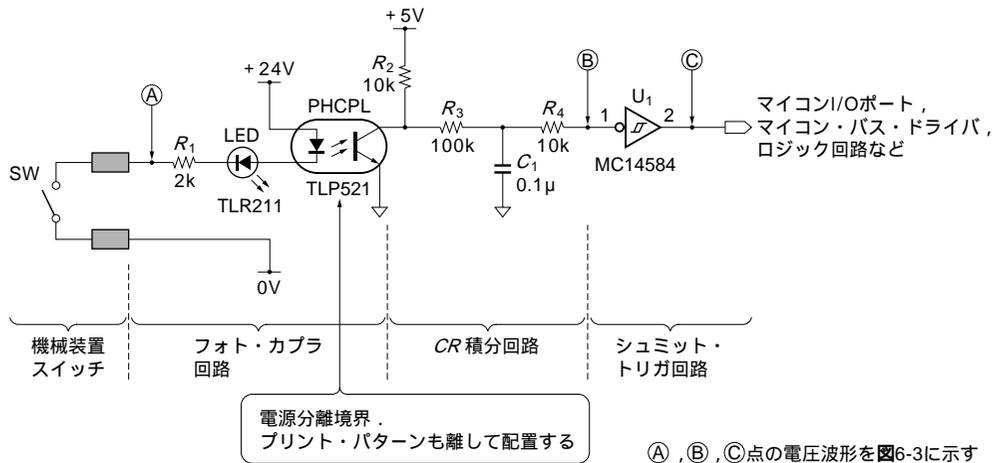


図6-2 チャタリング除去回路例

機械的接点を入力信号として取り込もうとすると、もちろんチャタリングのある信号をそのまま取り込んで差し支えない場合もありますが、たとえば、ON-OFF回数を計数する場合にはチャタリング回数も計数してしまい、正常な制御ができません。

その対策には、

- (1) RSフリップ・フロップなどロジック回路による処理
- (2) 「信号の二度読み」をするプログラムの処理

なども知られていますが、これらはチャタリング対策には有効でもノイズ対策については別途考慮しなければなりません。実用上はチャタリング対策、ノイズ対策を同時に処理するフォト・カブラ、遅延回路、シュミット・トリガの組み合わせが有効です。図6-2はその一例です。

回路の各部の波形を図6-3に示します。図6-2の①, ②, ③に対応します。信号の流れに沿ってフォト・カブラ、積分回路、シュミット・トリガで構成されています。

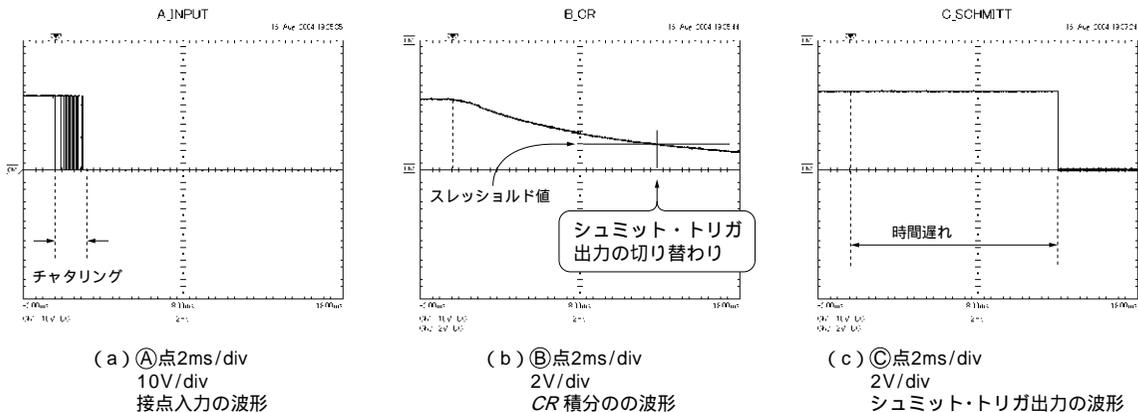


図6-3 チャタリング除去回路の各波形

(a) フォト・カプラ

フォト・カプラで「外」（入力部）と「内」（制御部）を完全に別電源とし分離します。配線、基板パターンはフォト・カプラを境界にして「外」と「内」では接近しないようにします。

通常、制御部の電圧は5V以下ですが、入力部のフォト・カプラ(LED側)駆動は12Vまたは24V、10～20mAとします。電圧を高めを設定し、またある程度の電流を流すことでノイズに強い回路となります。また、低電圧、微小電流ではスイッチ接点の接触不良の原因となりますので、この程度の電圧、電流にすることは接触信頼性 ϕ からも有効です。

(b) 積分回路

CR積分による遅延回路です。チャタリング時間やノイズの程度を考慮して時定数を決めますが、工場設備などでは多種のスイッチから入力しますので、特に高速応答の必要がある場合以外は回路例程度の大きな値にしておいたほうが無難です。

(c) シュミット・トリガ

シュミット・トリガとは、「L」レベル側と「H」レベル側の二つの入力電圧のしきい値(現実にはアナログ

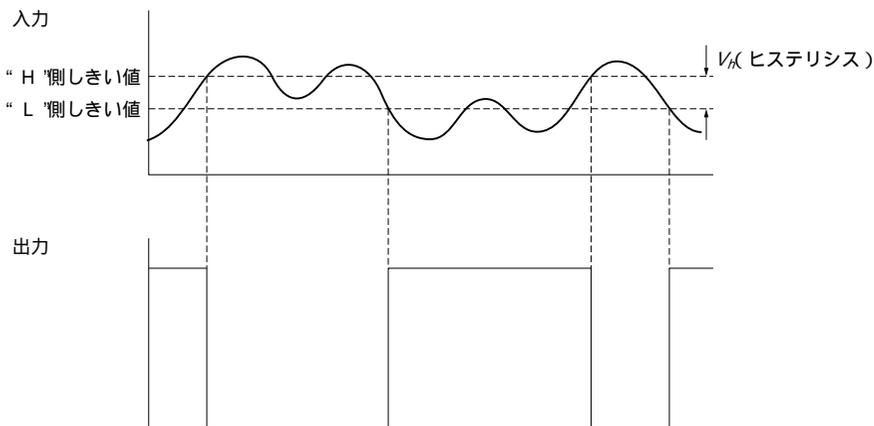


図6-4 シュミット・トリガの入出力波形

量である入力をデジタル回路の“H”レベルあるいは“L”レベルと認識する電圧)をもち、これらに電圧差をもたせて入力があったどちらかのレベルを超えると反対レベルを超えるまで出力保持する回路です(このしきい値の“H” - “L”電圧差をヒステリシスという)。

シュミット・トリガの入力、出力波形の模式図を図6-4に示します。このようにシュミット・トリガは波形の整形に効果的で、図6-3の回路ではCR遅延回路によってダレた波形をデジタル回路として扱える矩形波形に整形しています。

6-3 メカニカル・リレーを駆動する：出力としてのリレー

PICなどのマイコンで接点出力をするためにはメカニカル・リレーを駆動させます。その留意点をいくつか紹介します。

● リレーのドライブ回路

トランジスタで駆動する基本的な回路を図6-5に示します。

マイコン出力のドライブ能力が小さい場合は大きな電流増幅率を得るため、トランジスタを2段接続したダーリントン・トランジスタを使用します。また、8ビットなど複数出力する場合、ダーリントン・トランジスタを集積したドライバ・アレイと呼ばれる素子を使用します。

● サージ対策

リレーのコイルは誘導負荷ですからOFF時に逆起電力によりサージが発生します。一般にコイル印可電圧の10倍以上にもなり、これが素子破壊やノイズの原因となります。

図6-6はサージ対策の回路例です。図6-7は一般小型リレー MY2(DC12V OMRON製)の場合のリレーOFF時のコイル電圧波形で、サージ対策の効果を示しています。

● 実際の回路例

現場で使用するためにサージ対策、電源分離を考慮した回路例を図6-8に示します。

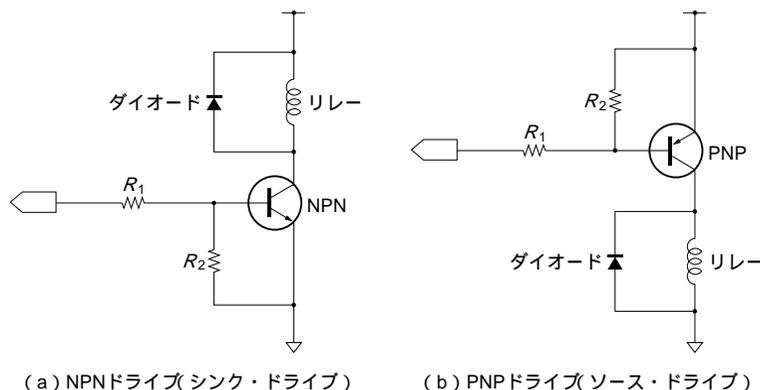


図6-5 リレー駆動回路

(1) フォト・カプラ

フォト・カプラで「内」(制御部)と「外」(出力部)とを完全に電源分離します。

なお、PICなど出力ポートの駆動能力が大きい場合は U_1 のバッファは不要です(その場合、回路例とは逆の負論理となる)。

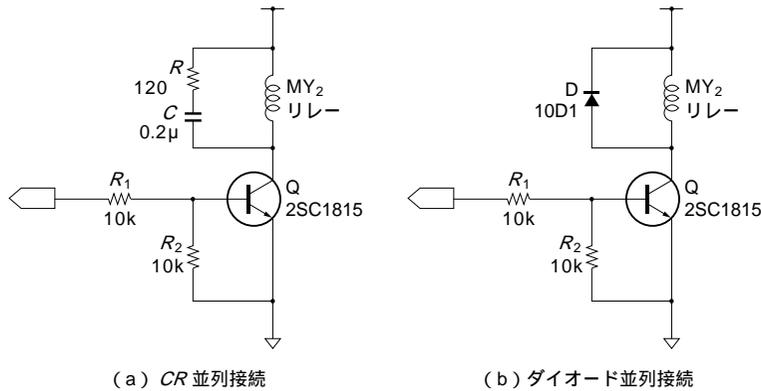


図6-6 サージ対策回路

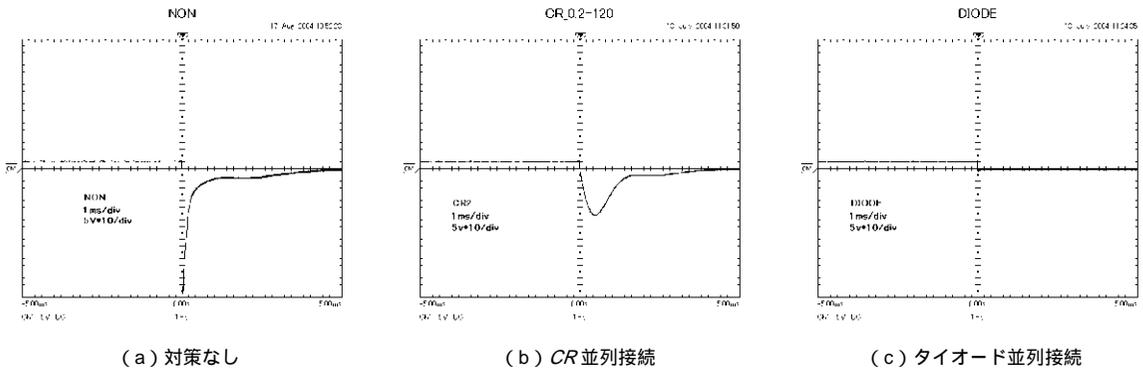


図6-7 サージ対策の効果(1ms/div, 5V/div)

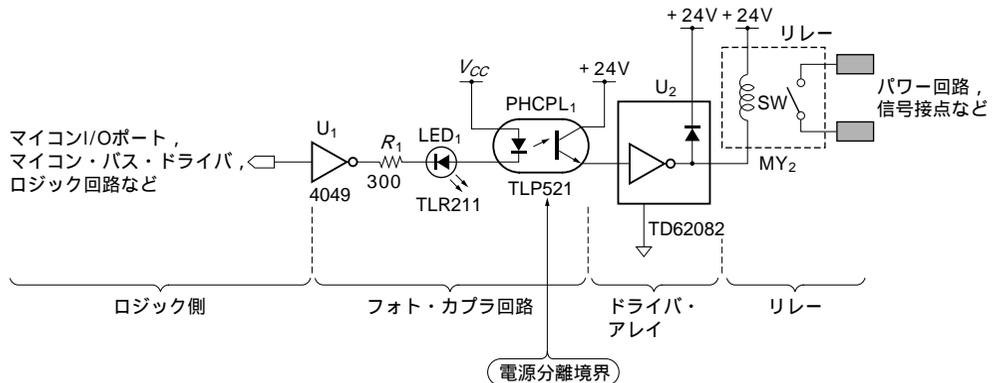


図6-8 リレー・ドライブ回路例

(2) ドライバ

ダーリントン・トランジスタのドライバ・アレイを使用します。この例で使用している TD62082 は、24V 電源に併わせて入力抵抗、サージ対策ダイオードが組み込まれています。

(3) リレー

信号用には接触信頼性を考慮して接点構造がクロスバー・ツイン  タイプ、接点材料が Au 合金系のものが最適ですが、前述の入力回路で受けるなら一般リレーでもさしつかえありません。

6-4 工場などで利用する場合に考慮すること

工場設備では熱、埃、ノイズ、稼働時間、どれをとっても一般の家庭で動かす電子工作物とは比較にならない環境下で稼働させなければなりません。

全般的な留意点をいくつか挙げてみます。

(1) 装置の停止を極力避けるため余裕のある設計をする

生産設備は高い性能を備えることも重要ですが、それ以上に故障停止しないことが求められます。ですから、部品の特性や配置など十分余裕をもたせた設計が必要です。

(2) 寿命を考慮する

装置の小型化は重要ですが、だからといって発熱する部品を過度に集積したり、あまりに微細な基板パターンにするのは装置の寿命に影響します。また、特性の経年変化が避けられないケミカル・コンデンサやリレーなどは慎重に選定しなければなりません。

(3) 長年にわたって保守することを考慮する

あまり古い型式の部品も廃番となることがありますが、一方、たとえ高性能でも新規な部品は2、3年先には消えるものが多く、故障時に困ることになります。最新技術を吸収しつつも装置の設計には定番といわれる部品を使うことが無難です。

(4) 先々のメンテナンス、改造を考慮する

測定端子やメンテナンス用モニタ表示を備え、さらにメンテナンス用プログラムを組み込んでおくると大いに役立ちます。回路図、プログラム、部品一覧などのドキュメントを整備し、装置を改造したら必ず修正追記することも大切です。

また独りよがりでのトリッキーな回路は修理改造を設計者しかできないことになり、結局現場のお荷物になりかねません。ハード、ソフトともわかりやすい単純なユニットを積み重ねたほうが、結局は良い装置といえます。

参考文献

- (1) オムロン(株)、ベスト制御機器(カタログ)。



用語解説

◆ON抵抗

機械接点でもリレーON状態で数十mΩとわずかながら接点の接触抵抗があり精密なアナログ信号などでは無視できないこともある。しかし無接点リレーの一種フォトMOSリレーで数十Ωであるのと比較すると格段に小さい値で、デジタル回路では通常無視できる。なお、無接点リレーでは内部素子により等価抵抗では表記できない電圧降下が発生するため、通常はON抵抗ではなく電圧降下で表記する。

◆漏れ電流

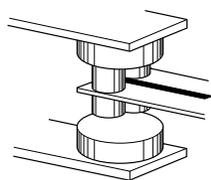
無接点リレーではOFF状態でも出力素子の漏れ電流や内部回路を流れる電流により完全には遮断されない。その電流はパワー用無接点リレーでは20mA、信号用無接点リレーでも0.1mAになるものもあり、回路によっては無視できない値となる。機械接点リレーではこの値は無視できるが、接点の劣化に起因する接点周辺の絶縁不良が発生すると実質的には不安定な漏れ電流が発生したのと同じ結果となるので注意が必要。

◆接触信頼性

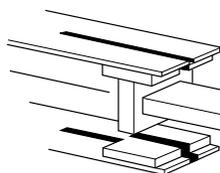
接点の接触抵抗は腐食による皮膜や接点間の微小異物などにより変化し、ときにはまったく導通しない故障も発生する。信頼性の定義(尺度)として信頼度(規定時間での正常個数の率)、故障率(単位時間の故障の割合)、MTTF(故障までの平均時間)などが使われるが、それらは製品トータルとしての評価であり、個々の接点の接触抵抗変化については非常に複雑で数量的な評価はたいへん困難。ここでは厳密な定義はともかく、微小負荷(微小電流、低電圧)で使用する接点がいかに接触不良や信号レベルの変化を発生させずに信号やデータを伝達できるかに着目している。そのため、たとえば、接点にAuのメッキやクラッド(嵌め込み)を施す、接点構造をクロスバー・ツインにする、など接点材料、接点形状に様々な工夫が施されている。

◆クロスバー・ツイン

微小負荷に適用する接点構造。一般リレーでは接点形状は可動側、固定側一対の円盤状だが、微小負荷で接触信頼性を期待する場合、接点を2分割して信頼性を高める。これがツイン接点。また、それぞれの接点を棒状または板状としこれを交差するようなクロス・バー構造にするとより、確実な接触を図ることができる(下図参照)。



(a) ツイン接点
Auメッキつき



(b) クロスバー・ツイン
接点Au張り