



これで差がつく
電子機器のノイズ対策

川口敬二 編著

コガク

はじめに	1
第1章 ノイズ対策の基本	5
1.1 ノイズ発生源とノイズ対策	6
1.1.1 ノイズ源とシステムへの影響度	6
1.1.2 破壊につながるノイズ（サージ）	8
1.1.3 誤動作につながるノイズ	15
1.1.4 その他のノイズ	23
1.1.5 ノイズを発生させない工夫	23
1.2 ノイズ伝達のメカニズムとノイズ対策	29
1.2.1 ノイズの形態	29
1.2.2 ノイズの伝達と対策	31
1.2.3 布線・配線・アースの取り方	36
1.2.4 ノイズ伝達路の遮断	41
第2章 ノイズに強い実装設計	49
2.1 アナログ回路のパターン設計	50
2.1.1 プリント基板の種類と選択	50
2.1.2 共通インピーダンス結合	56
2.1.3 電磁結合	70
2.1.4 静電結合	75
2.1.5 絶縁抵抗	81
2.2 デジタル回路の基板設計	85
2.2.1 実装部品の選定と配置	85
2.2.2 プリント基板のパターン設計	90
2.2.3 プリント基板間の配線	99
2.2.4 外来ノイズ対策	104

2.3 伝送線の種類と対ノイズ性能.....	106
2.3.1 伝送線の種類と特性.....	107
2.3.2 ケーブルアースの取り方.....	117
2.4 電源・アース系の設計.....	121
2.4.1 電源系の設計.....	122
2.4.2 アースのとり方.....	131
2.4.3 フレームアースと信号アース.....	139
2.4.4 電源装置の概要.....	144
2.5 筐体機構とノイズ.....	150
2.5.1 電磁シールド.....	150
2.5.2 シールドの考え方.....	151
2.5.3 電磁シールド効果.....	152
2.5.4 プラスチック筐体のシールド化.....	157
2.5.5 磁気シールド.....	160
2.5.6 実際のシールド.....	161

第3章 ノイズに強いアナログ回路設計 167

3.1 電源およびアース系の設計.....	168
3.1.1 電源と増幅回路による帰還ループ.....	168
3.1.2 電源アースとの共通インピーダンス.....	170
3.2 増幅回路のノイズ対策.....	173
3.2.1 オペアンプの選び方.....	174
3.2.2 ノイズに強い増幅器.....	183
3.3 アナログ・デジタル混在回路のノイズ対策.....	187
3.3.1 A/D, D/A コンバータの補助回路.....	187
3.3.2 A/D, D/A コンバータ.....	194

第4章 ノイズに強いデジタル回路設計 199

4.1 デジタル回路とノイズ対策.....	200
4.1.1 デジタル IC の種類と主な特性.....	200
4.1.2 主なデジタル IC の回路と動作.....	202
4.1.3 デジタル IC のスパイク電流.....	216
4.1.4 出カインピーダンスとスパイク電流.....	222
4.1.5 スパイク電流の処置.....	225

4.1.6 ICの特性とノイズ.....	229
4.2 ノイズによる誤動作と破壊.....	231
4.2.1 ノイズに強いICと弱いIC.....	231
4.2.2 ノイズ（サージ）によるCMOSのラッチアップ現象.....	249
4.3 ドライバ回路とノイズ対策.....	255
4.3.1 リレー回路.....	255
4.3.2 オープンコレクタとフォトカプラ.....	259
4.3.3 電磁ソレノイド回路とノイズ発生.....	263
4.3.4 サイリスタ、トライアック制御とノイズ発生.....	272
4.3.5 パルスモータドライブとノイズ発生.....	277

第5章 マイコンシステムのノイズ対策 283

5.1 ハードウェアでのノイズ対策.....	284
5.1.1 外部スイッチ入力.....	284
5.1.2 入出力ポート.....	289
5.1.3 アナログ信号との接続におけるノイズ対策.....	291
5.1.4 CPUバス周辺.....	295
5.2 プログラム上でのノイズ処理.....	297
5.2.1 ノイズと回路の同期化.....	298
5.2.2 フィルタ処理.....	301
5.2.3 割り込みとノイズ.....	306
5.2.4 プログラムによる誤動作時間帯の縮小.....	309
5.2.5 ハードウェアをプログラムで置き換える.....	310
5.2.6 誤動作の処置.....	312
5.3 周辺機器接続上のノイズ対策.....	313
5.3.1 インターフェースケーブルの反射.....	314
5.3.2 RS232C.....	319
5.3.3 USB.....	323
5.3.4 I ² C (I2C, IIC).....	327
5.3.5 パラレルインターフェース.....	330
5.3.6 液晶ディスプレイとのインターフェース.....	332

参考・引用文献.....	335
あとがき.....	336
索引.....	338

第1章 ノイズ対策の基本

半導体素子を使用して電子機器を設計製作する場合、半導体素子や部品を理想的なシンボルで表現した回路図をそのまま実際の素子や部品で構成するだけというわけにはいかない。

現実には素子や部品は動作速度、周波数特性や温度特性を持っていること、またその特性が同じ型名の素子や部品でも個々にばらつきがあることをよく理解して設計をすることが大切になる。

しかし、論理設計上はこれで十分であっても製品のさらされる外的条件が十分考慮されていないと、外部からのノイズにより誤動作することになる。このノイズの発生源、伝達の仕組みなどをあらかじめ知っていれば設計段階で対策が行える。

本章ではそのノイズの発生源の予測とその伝達メカニズム、ノイズの形態や性質、対策の基本について解説する。

1.1 ノイズ発生源とノイズ対策

「ノイズ」とは、われわれの生活の中のTVやラジオ、オーディオ機器に入り込み、耳ざわりな作用をする、いわゆる「雑音」として身近に体験できる。

それらの民生機器のノイズは、単によく聞きとれない、画面が乱れる、というだけである。しかし、情報通信機器や精密医療機器などがノイズにさらされ、誤動作や通信障害などが生じると、大きな問題に発展する。

「ノイズ」の定義は、「システムを正常に動作させるために必要な信号以外の信号すべて」である。

ノイズには必ずその源（みなもと）となるべき場所がある。

その源をさぐり、対策することがトラブル対策の第一歩である。

ここでは、ノイズの発生源を把握し、できるだけノイズを発生させないように工夫をするとともに、発生が避けられない場合はその程度を理解し、対策が立てやすいように分類・整理することを目的とした。

1.1.1 ノイズ源とシステムへの影響度

図1.1はノイズ源とシステムへの影響度を示した概念図である。

ノイズのシステムへの影響の度合は、ノイズ源とシステムの距離と経路に大きく左右される。ノイズ源の強度がどんなに強くても、システムに入り込まなければその影響はない。

したがって、ノイズ源とシステムへの影響を適確に示す表は作りにくい、一般的対策が取られた後の影響度として、図1.1のようになる。

ノイズにはその侵入のしかたによっては、システムを構成するデバイス（装置や半導体、部品など）を破壊してしまうほど大きいもの（サージ）と、侵入によってシステムが正常に動作しない（誤動作につながる）ものと、システムは正常に動作するが所定の仕様をそこねる（邪魔になる）ノイズとがある。

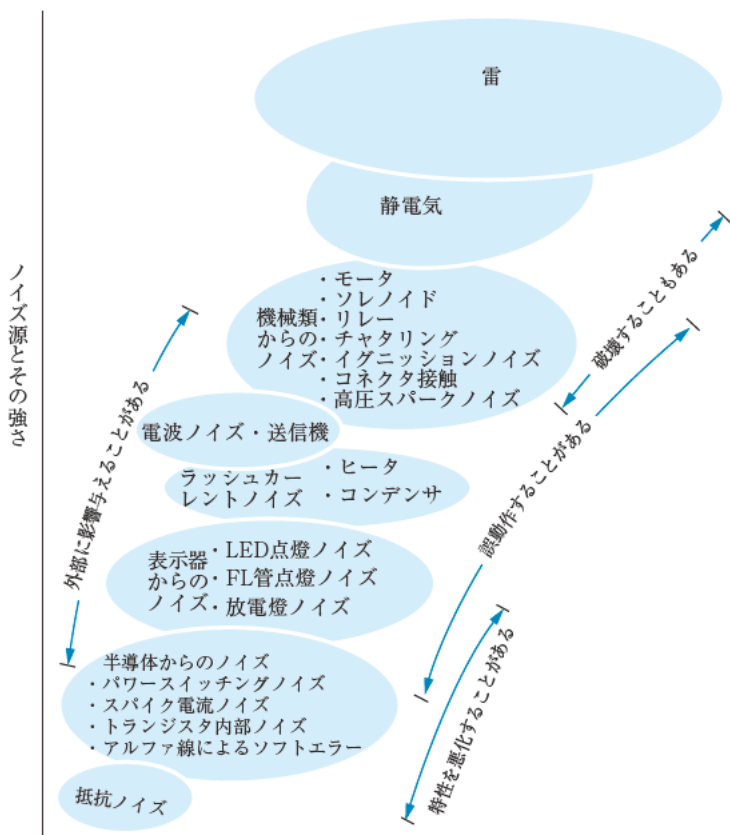


図1.1 ノイズ源とシステムへの影響度

エレクトロニクス技術の進展により高度の電子機器が一般家庭はじめ商業，産業界全体に広く普及するとともに，それらから発生する EMI（電磁波妨害）が社会問題としてクローズアップされている。

このため EMI に関する国際的な審議機関 CISPR の規格に準拠して各国で厳しく電磁波妨害規制がなされている。

このようにノイズ源のシステムへの影響度を考えるとき，ノイズを受ける立場での対策だけでなく，他のシステムに影響を与えないための対策も積極的に行わなければならない。

1.1.2 破壊につながるノイズ（サージ）

ノイズ（サージ）によってシステムデバイスが破壊される場合がある。

サージは、自然界で発生するものと、システム動作時に発生するものがあり、その大きさにひらきがあるが、半導体デバイスへの印加のされ方によってはいずれも十分デバイスの破壊を引き起こさせるものである。

自然界で発生するものには、雷サージと、静電気サージがある。システム動作時に発生するサージの多くは、大電力を使用する機械類から発生する。

(1) 雷サージ

雷サージ、すなわち落雷によるサージは、サージの中でもっとも大きなエネルギーを持ったもので、システムに侵入した場合、内部デバイスを破壊する。

システムに直接か、きわめて真近に落雷することの多いシステムは、屋外に設置しなければならない信号機や、遠隔操作システムであろう。

これらに使用する素子は、サージ強度の高い物が要求されるし、システムとしてできるだけ、デバイスを外にさらさない工夫と、落雷サージが中に入り込まない工夫を施す必要がある。

また、直接雷サージがシステムに落ちないまでも、比較的近距离の、しかも同じ給電系統に属するところに設置されるシステムは、その給電系統（電源ライン）を通して、サージが侵入することが多いので、システム電源への対策は、十分に行わなければならない。

電源ラインからのサージによる破壊は、

整流素子の破壊→安定化素子の破壊→システムデバイスの破壊
という道筋が進むが、サージ耐量および配線引き回しなどの関係で、時として直接システムデバイスを破壊させることがあるので注意が必要である。

制御部から他の機器を制御する場合、または、遠く離れた場所から信号を受ける場合、すなわち入出力ラインを引き出している場合、このラインからサージが入ることもある（図 1.2 参照）。

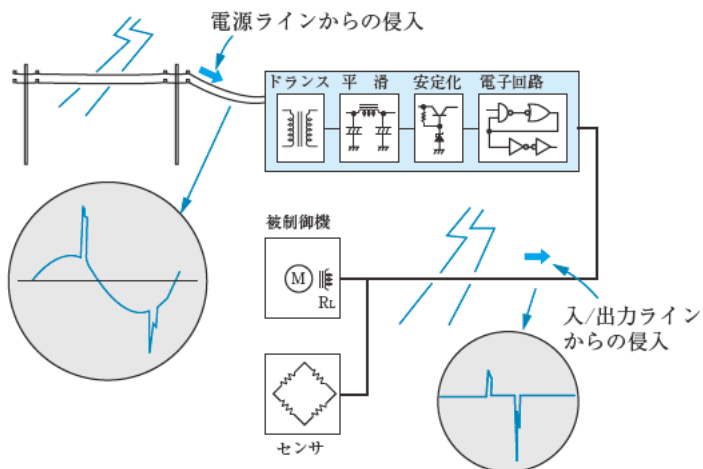


図1.2 雷によるサージの侵入経路

通常出力ラインなどにはあまり配慮をしないことが多いので、サージ侵入を予測し、出力ラインの駆動デバイスは、サージ耐量の大きいものを選定したり、リレーなどによる駆動とすべきである。

電源ラインに乗る雷サージは、その伝送途中で多くのエネルギーは減衰してしまうが、図1.3のように、商用電源の波形の上にもろろろな形で重畳してくる。

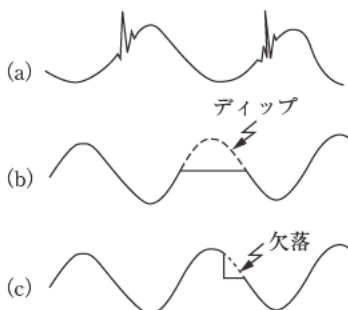


図1.3 電源に乗ってくる各種ノイズ