

4-1 ディスクリート・トランジスタの使いどころ

● 各素子が分離していることの利点

ディスクリート (discrete) は、「別個の」「分離」と訳すことができます。

部品をわざと個々に分離させて使える方が有利な場合があります(図1, 図2)。

▶ 電圧や電流の増強

ICは電源電圧が、ある一点か、ある限定された範囲に決まっています。パワーICでなければ出力電流もそう大きくはありません。ICの機能は最適なのに、電源電圧が違ったり、出力電流が小さいために負荷を駆動できなかつたりします。このような時、定格のより大きなICを採用しなくても出力にトランジスタを外付けすることでICと異なる電圧と大きな電流を扱うことができます。

▶ 発熱源やノイズ源の分離

ICの宿命で、集積度が上がるほど、つまりは単位面積あたりの機能が高度化するほど狭い面積に多くの回路が集まります。小信号と大信号、高精度回路と発熱源など、「仲の悪い同士」が一緒になるということも起こります。もちろんIC単体としてはその辺の問題もクリアしているはずですが、実装状態や配線の引き回し、電源のバイパスなどに注意を払わねばなりません。ICが高電圧・大電流を扱える仕様でも、全体の性能を上げるためには外付け回路に電力やノイズ源を分担したほうが良い場合もあります。

▶ 電源・パワー回路

高電圧、大電流、ハイ・パワーを扱うためにはディスクリートのトランジスタを使用せざるを得ません。また、小パワー回路でもディスクリートの出番があり



図1 大型機械が入れないところは個別に対応する
ICでは扱えない領域をディスクリート・トランジスタでカバーできる。

ます。ICは決まった電源電圧で動くものがほとんどです。電源回路や電源監視回路は変動するACラインや電池の電圧で動作する必要があります。ディスクリートのトランジスタは上限を超えなければ何Vで使うかは自由です。電源電圧が変化しても機能するような回路も構成できます。

▶ リスク分散

ケーブルで外部と接続されるインターフェース回路は短絡など取り扱い不良、静電気や落雷などによるダメージの危険性にさらされています。もしケーブルの接続先が他の回路ブロックを集積したICだった場合、インターフェース回路の破壊時に重要な回路ブロックが巻き添えになってしまう恐れがあります。ディスクリート回路をインターフェース用に外付けにして心臓部と分離すれば障害時にも安全性が高まります。

● ディスクリート・トランジスタの応用例

イントロに出てきたワイヤレス車いすを例に、ディスクリート・トランジスタの応用例を紹介します。走行用の高出力モータの駆動にはディスクリートのトランジスタ、または、トランジスタ・モジュールを使うでしょう。しかし、小型～中型のモータであればディスクリート・トランジスタ以外の選択肢としてドライバ専用ICも浮上します。

回路のイメージ図中に、ディスクリート・トランジスタの応用例を書き込みました(図3)。全体を見渡すと、以下のような部分にディスクリート回路の出番がありそうです。

- ICで扱いにくい大電力、大電流、高電圧の回路
- 二つ以上の電源電圧が入り混じる部分や、二つの電源電圧間の橋渡し部分
- +5Vや+3.3Vなど決まった電源電圧に安定化される手前の回路や、安定化のための回路そのもの
- パワーON、OFF時や異常時など不確定な電源電圧で動作しなければならない回路

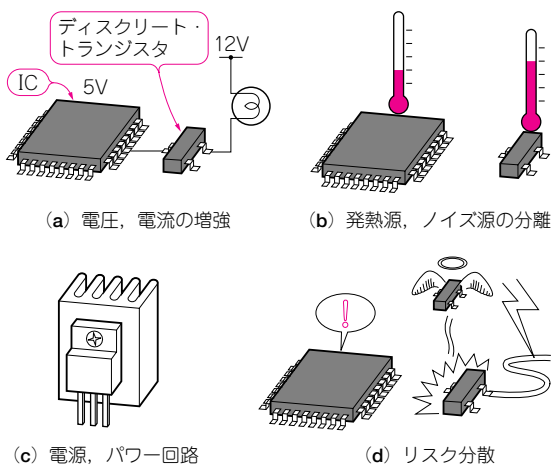


図2 IC化しないことの利点

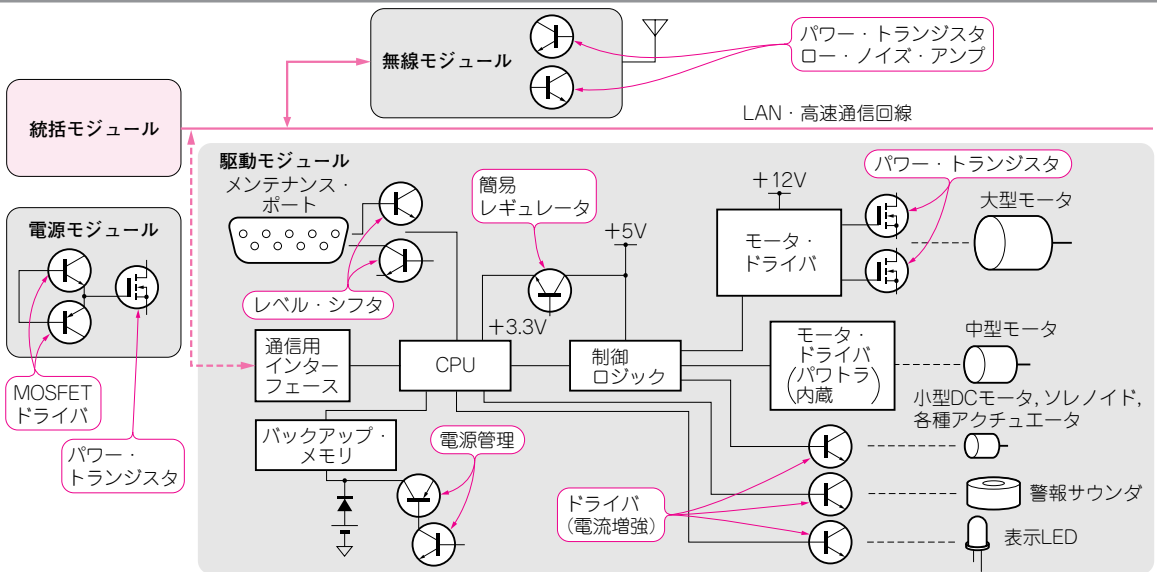


図3 イントロに出てきた無線車いすの回路で使われているディスクリート・トランジスタ

ICをつなぎ合わせる設計が主流の時代になったが、ディスクリート・トランジスタでなければできないところも多い

●他の回路部分と分離しなければならない部分
意外な側面としては、小型化が得意なはずのICよりも実装面で有利な時があります。ICは、機能を満たしていても集積している回路や端子数が多く大型だ

ったりするのに対し、トランジスタは最小ピン数である3ピンの小型パッケージで済むからです。
単体のトランジスタに最小限必要な抵抗を集積化した抵抗入りトランジスタ(デジトラ)は定番です。

トランジスタの電気的特性ミニ・ガイド

トランジスタの「電気的特性」の一部を表Aと表Bに示します。

表A バイポーラ・トランジスタの直流電流増幅率や高周波特性など

項目	記号	単位	内容
直流電流増幅率	h_{FE}	—	ベース電流とコレクタ電流の比(コレクタ電流 = ベース電流 $\times h_{FE}$)。大きいほどベース電流が小さくて済む。
トランジション周波数	f_T	Hz	h_{FE} が1になる周波数。高いと高周波まで扱える。
コレクタ出力容量	C_{ob}	F	コレクタ-ベース間の静電容量。小さい方が高周波で有利。
ベース拡がり抵抗	$r_{bb'}$	Ω	ベースの直流抵抗。小さい方が、高周波で有利な上ノイズが小さい。
雑音指数	NF	—	出力信号と入力信号の信号雑音比。小さい方がノイズが小さい。
コレクタ-エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	V	トランジスタを完全にONしたときのコレクタ-エミッタ間電圧。小さい方がON時の電力損失が小さい。

表B FETの順方向伝達アドミタンスや高周波特性など

項目	記号	単位	内容
順方向伝達アドミタンス	$ Y_{fs} $	S	ゲート電圧の変化に対する、ドレイン電流の変化の比(ドレイン電流 = ゲート-ソース間電圧 $\times Y_{fs} $)。相互コンダクタンスともいう。 $ Y_{fs} $ が大きいほど、低いゲート-ソース間電圧で大きな電流を制御できる。大きすぎると異常発振が起きやすい。
ゲートしきい値電圧	$V_{GS(off)}$, $V_{GS(th)}$	V	ドレイン電流がカットオフするときのゲート-ソース間電圧。低いほどONしやすくなる。
入力容量, 帰還容量, 出力容量	C_{iss} , C_{rss} , C_{oss}	F	ソース接地時の各端子間の容量。順に、ゲート-ソース間容量, ドレイン-ソース間容量, ドレイン-ゲート間容量。いずれも小さい方がドライブ回路の負荷が軽い。
ドレイン-ソース間オン抵抗, 電圧	$R_{DS(ON)}$, $V_{DS(sat)}$	Ω , V	$R_{DS(ON)}$ は飽和動作したときのドレイン-ソース間の等価抵抗は、ドレイン電流とドレイン-ソース間電圧から算出する。 $V_{DS(sat)}$ は飽和動作時のドレイン-ソース間電圧。いずれも小さい方がON時の電力損失が小さい。
スイッチング時間	t_r , t_{ON} , t_f , t_{OFF}	s	順に、立ち上がり時間, ターン・オン時間(rise time), 立ち下がり時間(fall time), ターン・オフ時間。いずれも小さい方が高速動作ができる。