

## 第8章 インバータ、ワイヤードAND/OR、 ライン・ドライバ/レシーバなど

# ロジック&インターフェース 回路の実用設計

渡辺 明禎  
Akiyoshi Watanabe

ロジック・デバイスの主流は、今やTTL/CMOS標準ロジックICから、CPLDやFPGAに移行した感があります。しかし、依然としてロジック・デバイスと周辺回路をインターフェースしたり、ちょっとした論理機能を補足するためにトランジスタやダイオードによる簡易ロジック回路が使われています。

この章では、知っておくと役に立つロジック&インターフェース回路を紹介します。〈編集部〉

### ロジックICのDC特性

ロジックICとトランジスタ回路をインターフェースするには、ロジック・ファミリのDC特性を知っておく必要があります。

表8-1はLS-TTL(74LSシリーズ)とHCMOS(74HCシリーズ)のDC入出力特性です。HCMOSの場合、入出力電圧はともに0または $V_{CC}$ に近く、出力の駆動能力もHレベル/Lレベルとも各4mAと大きいので、トランジスタ・ロジックとのインターフェースで大きな問題は発生しません。

一方LS-TTLの場合、Hレベルとして判定される入力電圧が2V、Hレベルの出力電圧が2.7Vと、と

もに低い値です。また、Hレベル出力時の駆動電流は0.4mAと小さいので、トランジスタ・ロジックの負荷が重いと正常に動作しない場合があります。

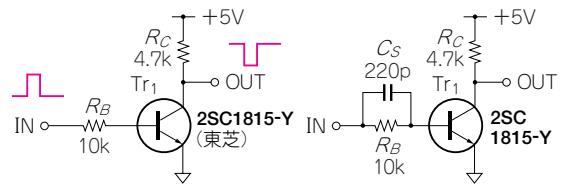
### ロジック・インバータ

#### ■ トランジスタによる インバータの動作と遅延時間

インバータは入力を反転して出力するロジック回路で、“H”(Hレベル)入力なら“L”(Lレベル)を出力し、“L”入力なら“H”を出力します。これは図8-1に示すトランジスタ1石の回路で実現できます。

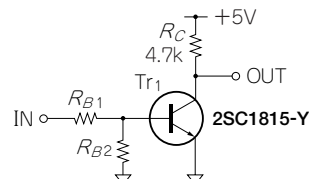
このインバータのパルス応答波形を図8-2に示します。図8-3は実測波形です。入力電圧 $V_{in}$ に対し、

〈図8-1〉トランジスタによるロジック・インバータのバリエーション



(a)  $R_B$  だけのインバータ

(b) スピードアップ・コンデンサ付き



(c)  $R_{B2}$  付き(表8-3参照)

〈表8-1〉ロジック・ファミリ別のDC入出力特性

項 目	記号	LS-TTL (74LSシリーズ)	HCMOS (74HCシリーズ)
Hレベル入力電圧	$V_{IH}$	2.0 V	0.7 $V_{CC}$
Lレベル入力電圧	$V_{IL}$	0.8 V	0.2 $V_{CC}$
Hレベル出力電圧	$V_{OH}$	2.7 V	$V_{CC} - 0.8$
Lレベル出力電圧	$V_{OL}$	0.4 V	0.4 V
Hレベル出力電流	$I_{OH}$	0.4 mA	4 mA
Lレベル出力電流	$I_{OL}$	4 mA	4 mA

### Keywords

LS-TTL, 74LSシリーズ, HCMOS, Highspeed CMOS, 74HCシリーズ, DC入出力特性, ロジック・インバータ, 少数キャリア蓄積効果, 遅延時間,  $t_d$ , 上昇時間,  $t_r$ , ターンオン時間,  $t_{on}$ , 蓄積時間,  $t_s$ , 下降時間,  $t_f$ , ターンオフ時間,  $t_{off}$ , スピードアップ・コンデンサ, ワイヤードAND, ワイヤードOR, 正論理, 負論理, シリアル・インターフェース, シリアル・ポート, EIA-232, EIA-574, EIA-562.

$I_B$ は図のように流れます。ここで、 $I_B$ が負に流れるのは**少数キャリア蓄積効果**によるもので、ベースから電流が流れ続け、その期間にトランジスタはON状態を維持します。

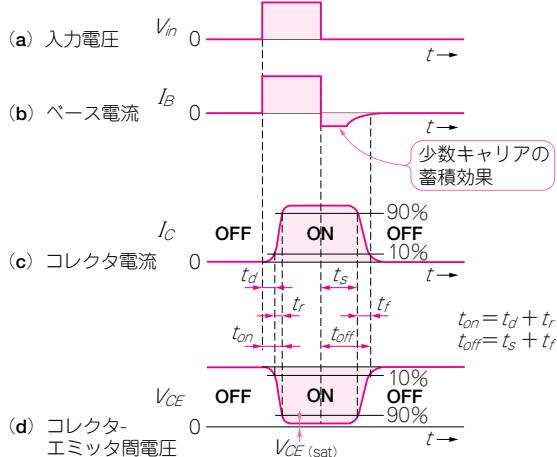
まず、入力電圧を“H”(5 V)にした場合、 $V_{in}$ の立ち上がりから「**遅延時間**」( $t_d$ )後にコレクタ電流  $I_C$  が流れはじめ、「**上昇時間**」( $t_r$ )で  $I_C$  は定常状態の90%に達します。この  $t_d$  と  $t_r$  の合計を「**ターンオン時間**」と呼び、 $t_{on}$  で表します。このようにトランジスタがONした状態は出力電圧が約0 Vなので、スイッチを閉じた状態と同じです。

次に、入力電圧を“L”, 0 Vにした場合、 $V_{in}$ の立ち下がりから「**蓄積時間**」( $t_s$ )後に、 $I_C$  が減少しはじめ、「**下降時間**」( $t_f$ )で  $I_C$  はほぼ0になります。この  $t_s$  と  $t_f$  の合計を「**ターンオフ時間**」と呼び、 $t_{off}$  で表します。このようにトランジスタがOFFした状態は出力電圧が約5 Vなので、スイッチを開いた状態と同じです。

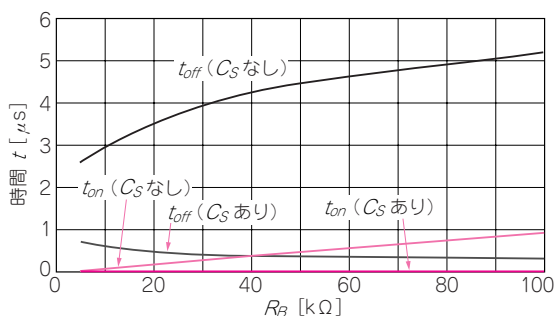
## ■ インバータの特性

トランジスタによるロジック・インバータの応答時間特性を図8-4に示します。回路は図8-1(b)でト

〈図8-2〉 トランジスタのパルス応答



〈図8-4〉 ベース抵抗  $R_B$  対パルス応答特性



ランジスタは2SC1815,  $R_C = 4.7 \text{ k}\Omega$ ,  $C_S = 220 \text{ pF}$  です。

## ● スピードアップ・コンデンサの効果

$C_S$ は**スピードアップ・コンデンサ**と呼ばれ、その動作を図8-5に示します。 $V_{in}$ が0 Vから5 Vになったとき、 $C_S$ があるので  $I_B$ はパルス状に大きな値が流れます。したがって、 $t_{on}$ が**改善されます**。

次に  $V_{in}$ が5 Vから0 Vになったとき、 $C_S$ には約5 Vの電圧が図の方向に充電されているので、 $V_{in}$ が0 Vになった時点で、ベース電圧に約-5 Vの電圧がかかることになります。この負電圧により、ベース層に蓄積されている少数キャリアは強制的に外部へ排出され、その結果、 $t_{off}$ が**飛躍的に改善されます**。

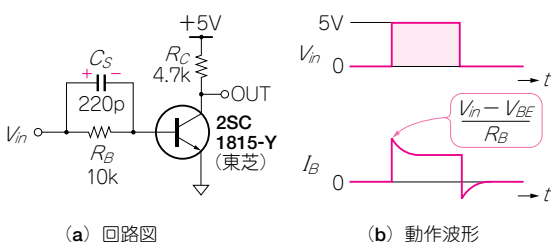
## ● トランジスタの高速特性と応答特性

トランジスタの違いによるインバータの時間応答特性を表8-2に示します。最も高速なのは、2SC2901です。**高速特性に影響するパラメータは  $f_T$  と  $C_{ob}$** です。2SC2408は  $f_T$ が3.5 GHzと大きいのに対し、応答時間は2SC2901より遅い結果ですが、これは2SC

〈図8-3〉 図8-1(a)の実測波形(1  $\mu\text{s/div.}$ , 2 V/div.)



〈図8-5〉 スピードアップ・コンデンサの動作



〈表8-2〉 各種トランジスタの  $t_{on}$  と  $t_{off}$  の実測値

トランジスタ	$f_T$ [MHz]	$C_{ob}$ [pF]	$t_{on}$ [ $\mu\text{s}$ ]	$t_{off}$ [ $\mu\text{s}$ ]	
				$C_S$ なし	$C_S$ あり
2SC1815	80	3.5	0.028	2.6	0.72
2SC2901	500	4	0.012	0.26	0.19
2SC2408	3500	2	0.010	0.46	0.28