

## デジタル信号の性質と高速伝送技術

### 第3回 光速で進む信号は線路端で跳ね返る

志田 晟  
Akira Shida

プリント基板に実装されているロジック IC の出力にはパターン(線路)がつながっています。

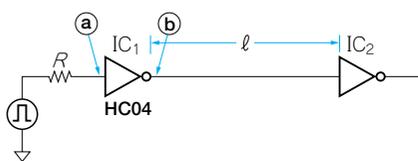
今回はまず、IC に線路をつないで信号を入力したときに出力波形に生じるいくつかの現象を確かめます。そして、その現象を足がかりに、IC を線路でつないだときの電気信号のふるまいとこれに関連するリング対策について解説します。

#### IC の出力に線路をつなぐと立ち上がり波形に段付きが生じる

##### ● IC に線路をつないだときの影響を調べる

図3-1は、ロジック IC の出力に線路をつないだときにどのような影響があるのかを実験する回路です。IC<sub>1</sub> の出力は、長さ  $l$  ( $l = 50 \text{ cm}$ ) の線路を経由して別の 74HC04 入力につながっています。IC<sub>1</sub> の入力に階段状波形を入力したときの入力ピン(図3-1のa点)と出力ピン(図3-1のb点)の波形を図3-2に示します。図3-2の出力ピンの波形から分かるように、IC<sub>1</sub> の出力の立ち上がり波形は一度で立ち上がりず、途中

図3-1  
ロジック IC の出力ピンの波形を観測する実験回路



で「段」が付いた波形になっています。

IC<sub>1</sub> を出力電流が 74HC04 の数倍ある 74AC04 に交換してみるとどうなるでしょうか。図3-3に観測波形を示します。この図では少し分かりにくいのですが、出力波形はすぐには立ち上がりません。

##### ● IC の不良か？

IC<sub>1</sub> の出力波形に、なぜこのような段が生じるのでしょうか。この「段」の電圧は、74HC や 74AC のロジック出力レベルが定まらない入力電圧です。このような不定の電圧が出ているのはロジック IC が不良なのでしょうか。念のため、74HC04 の出力ピンにつな

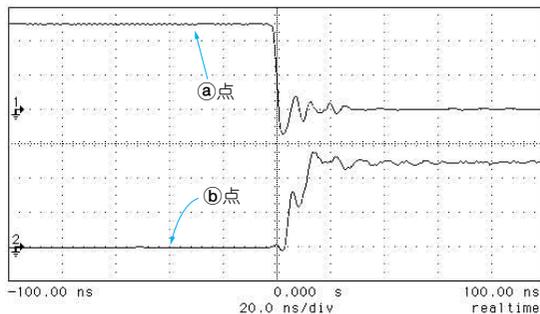


図3-2 図3-1で50 cmの線路を接続したときの入出力波形 (2 V/div, 20 ns/div)

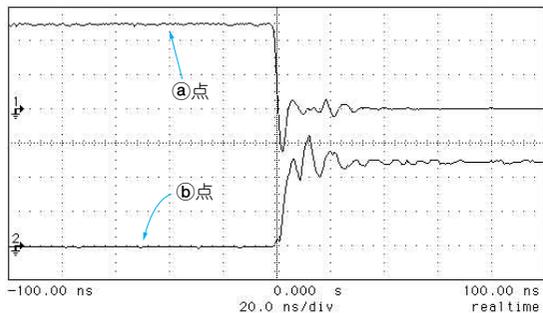


図3-3 図3-1でIC<sub>1</sub>を74AC04にしたときの入出力波形 (2 V/div, 20 ns/div)

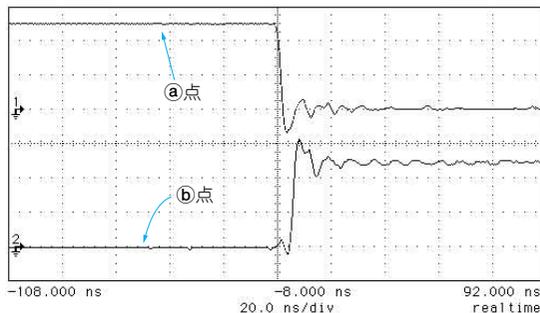


図3-4 出力に線路をつながないときの入出力波形 (2 V/div, 20 ns/div)

がっている線路をピンのところで切り離した場合の波形が図3-4です。出力波形に「段」は無く正常に立ち上がりしておりICに問題は無いことが分かります。

**ICの出力に線路をつないで終点をショートしても出力ピンに電圧が生じる**

● ICの出力ピンをグラウンドにショートした場合  
 図3-5は、74HC04(IC<sub>1</sub>)にパルス発生器から階段状波形を入力し、ICの出力ピンのところでグラウンドにショートしたものです。図3-6に観測波形を示します。出力ピンには、Highレベルが現れていないことが分かります。

● ICの出力ピンに線路をつないだ場合  
 次に、このICの出力に線路(長さ50cm)を付けて、その線路の先をショートしてみます(図3-7)。一般的な基板のように、より身近な長さにしてもよいのですが、ここでは一般的なオシロスコープでも現象が見やすい少し長めにし、線路には比誘電率が約3の絶縁体を使った特性インピーダンス50Ωの同軸線を使用しています。オシロスコープは帯域500MHzのものを使用しています。図3-8に観測波形を示します。  
 図3-8から分かるように、線路端では電圧が出て

いませんが、ICの出力ピンにはパルスが印加された直後約6nsの間2.5V程度の電圧が出ています。通常の回路の考え方では、出力ピンにつながる線路の一部をショートするとICの出力ピンの部分では初めから電圧が出ないはずですが。

図3-7の回路で線路の長さを1mにするとどのような波形が見えるのでしょうか。図3-9がその結果です。この図から、パルスが印加された直後にICの出力ピンに電圧が現れることは図3-8と同じですが、その時間が約12nsと50cmの場合の2倍になっていることが分かります。さらに線路の長さを2mにした

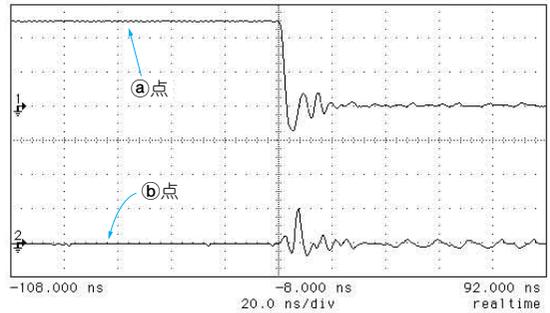


図3-6 図3-5の入出力波形(2V/div, 20ns/div)

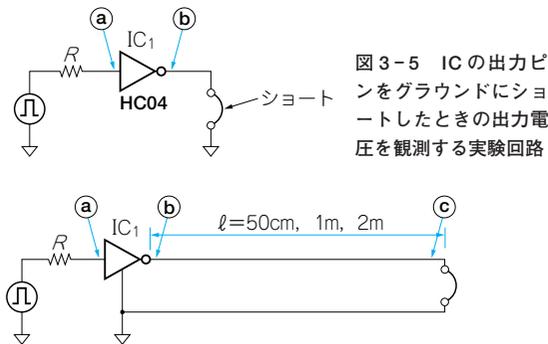


図3-7 ICの出力に線路を付けてその線路の終点をショートしたときの出力電圧を観測する実験回路

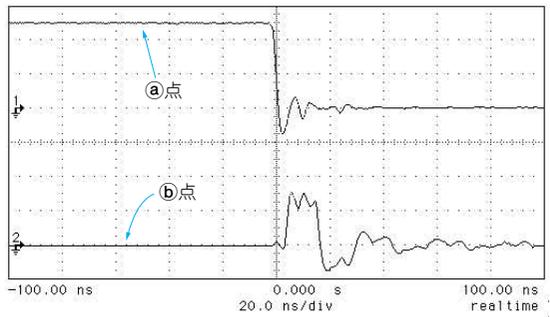


図3-9 図3-7の線路長を1mにした場合の入出力波形(l=1m, 2V/div, 20ns/div)

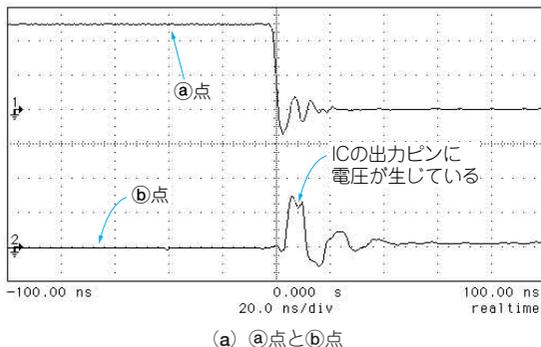
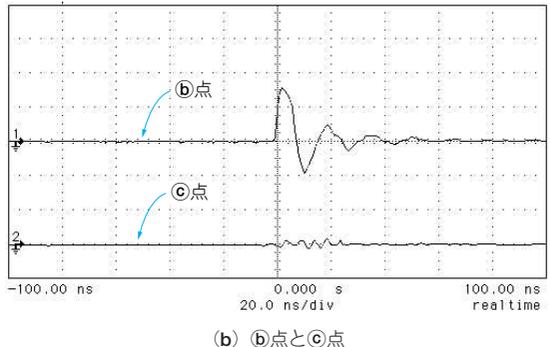


図3-8 図3-7の入出力波形(l=50cm, 2V/div, 20ns/div)



(b) ①点と②点