

## 「パスコン」って何？

「パスコン」バイパスコンデンサの略ですが、デジタル回路によく登場します。特に解説もなくICの電源ピンにつけています。いったいこれは何でしょう。

沢山つけると良いことがあるのか？・・・特にありません！  
 数を減らしたらいけないか？・・・たぶん大丈夫！  
 値が少し違うコンデンサをつけたら？・・・かまいません！  
 全くつけなくても問題なく動作してますが？・・・そう、大抵動きます。

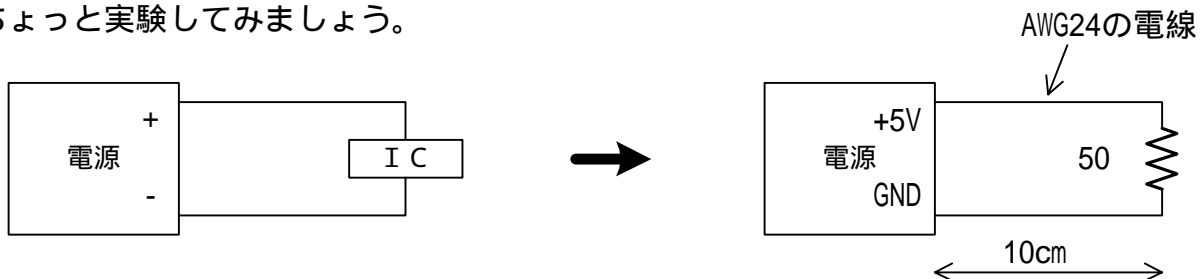
具体的にどうすれば良いのかサッパリわかりませんね。

今回は、なんともつかみ所がなく不可解で、「おまじない」などと呼ばれる「パスコン」について考えて見ましょう。

### 何が問題か？

当然ですが、電子回路には電源が必要ですね。そして電源と電子部品（ICなど）は電線で接続して電流を供給しています。これは電源と電子部品は物理的に離れているということです。この「**離れている**」ことがさまざまな問題を起こしてしまうのです。

ちょっと実験してみましよう。



大雑把に表現すれば、電子回路は左図のように表すことができるでしょう。右図のようにもう少し具体的に、電源は「5V」、ICの代わりは「50 の抵抗」に、電線は「AWG24」を使って調べることにしました。

#### AWG (American Wire Gauge)

電線の規格の一つで、AWGの後に続く番号が小さいほど太い電線になります。メーカーにより外形・特性に若干の差がありますがAWG番号が同じならほぼ同等として使用できます。

実験で使用したAWG24は、導体部分の直径が約0.5mm（外形1.4mm）ほどのものです。小さな電子回路の電源に使用するには十分な太さですね。

さて、右図を回路図として見ると、50 抵抗の両端電圧は「5V」で

$$I = E / R = 5 [V] / 50 [ \Omega ] = 100 \text{ m}[A] \quad \text{ですね。}$$

しかし、**わずかですが電線にも抵抗があります**から、抵抗の両端電圧は少し低くなっているはず。では少し厳密に測ってみましよう。

結果は右上図のようになりました。  
やはり少し電圧が低下していますね。  
100mAで0.0009Vですから電線は0.009 と計算できますね。

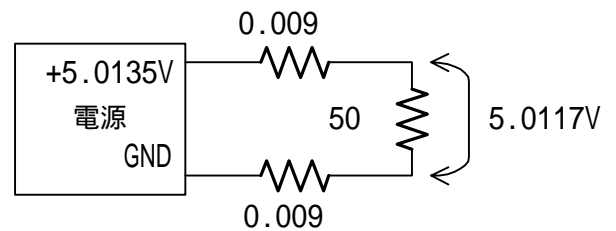
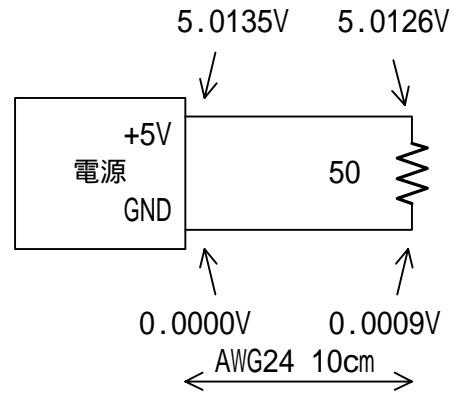
このことから、右下図のような等価回路で表すことができます。**電線も値は小さいながら抵抗**という認識が必要です。

断面積が半分の電線を使ったり、長さが2倍になれば電圧の低下は2倍になることになりません。

電流が大きい電源線は、電流だけで太さを決めてはいけません。**長くなるほど太い(抵抗値が小さい)電線を選択する必要がある**わけです。

でも電圧の低下は「0.0018V」と、わずかですね。この程度なら全く問題ないでしょう。それに電線の抵抗値は大きく変化しませんから、低下が大きめでもこれを見越して電源電圧を高くすることで対処することも可能です。

やれやれ、一安心。「要は太目の電線を使えばいいということか」。ところが、電線の特性は抵抗だけではありません。それは・・・



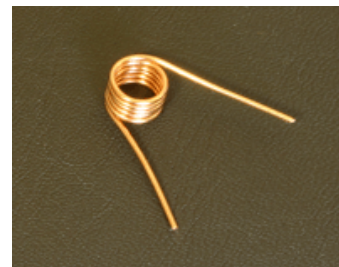
## さらなる問題！

電子部品にコイルというものがあります。電線をグルグル巻いたものですね。たくさん巻くほど、また巻いた直径(面積)が大きいほどインダクタンス(コイルの値)が大きくなるものです。  
**巻き数が1回でも(ただの輪)でもインダクタンスを持ちます。**

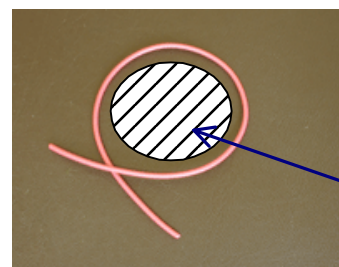
先の例でも電源「+5V GND」が1巻きのコイルになっていることがわかります。そしてコイルのインダクタンスが大きいほど速い電流の変化を妨げる働きがあります。  
**(妨げる大きさをリアクタンスと言います)**

電子回路が単純な抵抗のように一定電流なら何の影響もありませんが、ほとんどの電子回路の電流は動作の応じて変化していますから影響を受けることになることでしょう。

それはどの程度のものなのか？  
これも実験して見ることにしましょう



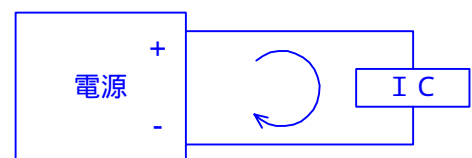
電子部品のコイル



輪になった電線  
これもコイル

この面積が重要

## 電源経路は1巻きのコイルでもある



実験回路としては、まず右のようなものが考えられるでしょう。50Ωの抵抗は電流が流れすぎないようにするためですね。

ところで、電線のインダクタンスの影響をしらべたいのですから、直流電流は考える必要がありませんね。ならば、電源電圧は「0V」で良いでしょう。

0Vの電源？・・・つまり電源はいらないということで、短絡してしましましょう。

電源も理想電源などありませんので、出力電流が変化すると電圧も変動してしまいます。短絡して電源を省くことでこの影響をなくすことにもなりますね。

また、電流制限用の抵抗を50Ωにしたのは理由があります。一般的な測定器は50Ωを基準にしたものが多いのです。手持ちの交流信号発生器も「出力インピーダンス = 50Ω」すなわち50Ω抵抗が直列に内蔵されています。

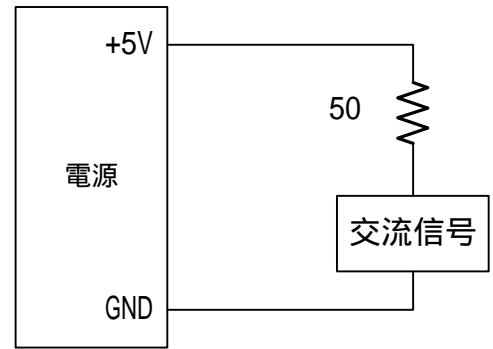
これで実験回路が決まりました。信号発生器の出力を20cmの電線(AWG24)で接続しただけのものです。観測はオシロスコープで見ることになりました。

出力は電線で短絡されているので電線が単なる抵抗なら、オシロスコープには信号の周波数に関係なく同じ振幅になります。

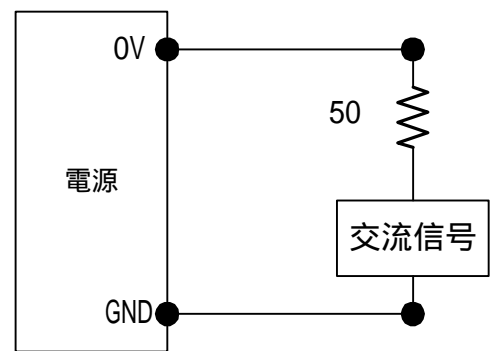
しかしインダクタンスの影響で**周波数が高いほど**（電流変化が速い）電線に流れる電流が妨げられ**振幅が大きくなるはず**です。

はたして、結果は・・・

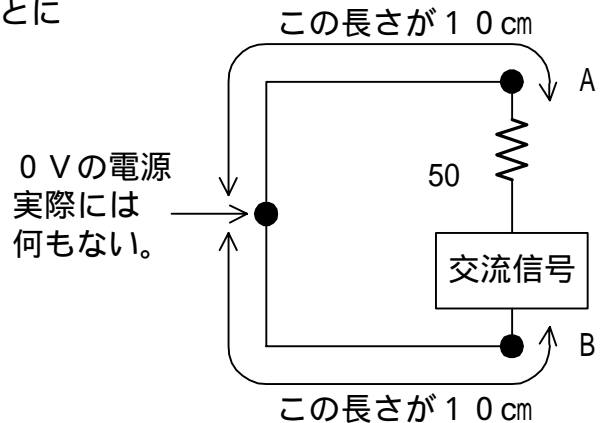
実験回路の原案



電源電圧は0Vで良い

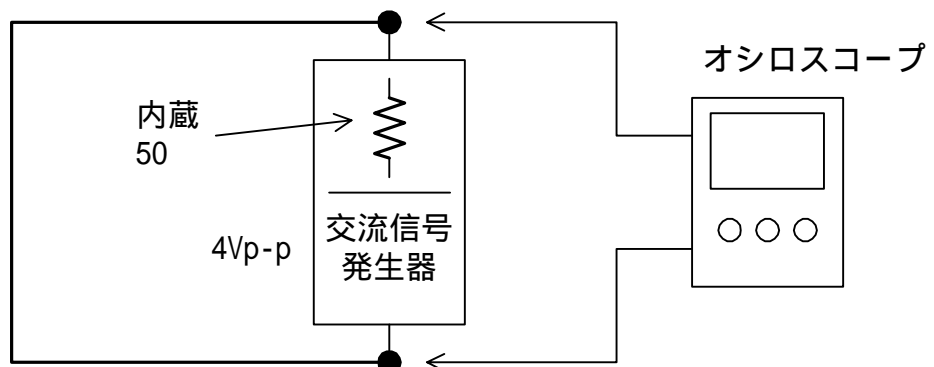


↓ ならば



AWG24 20cmで短絡

決定した実験回路



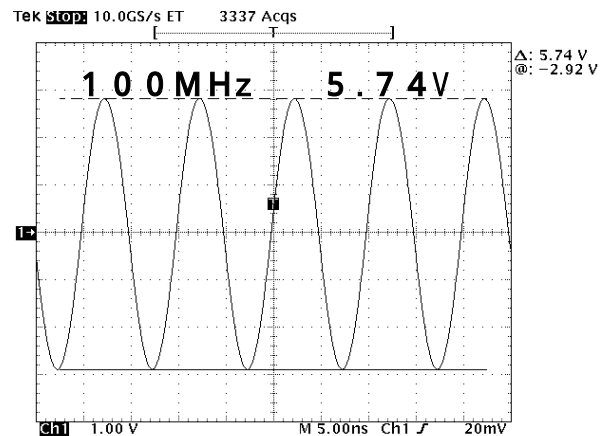
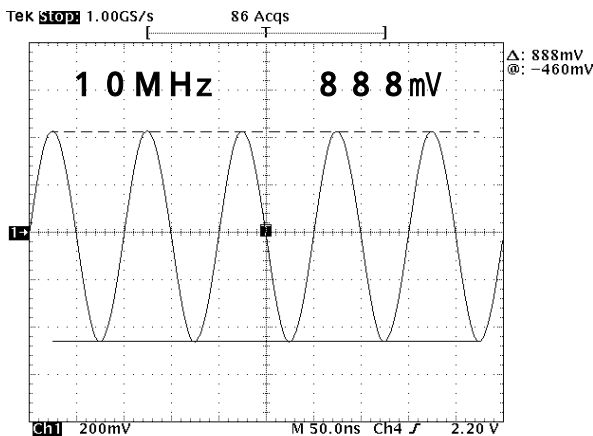
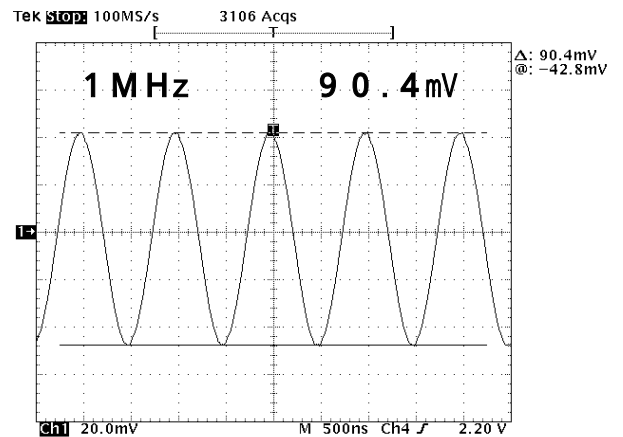
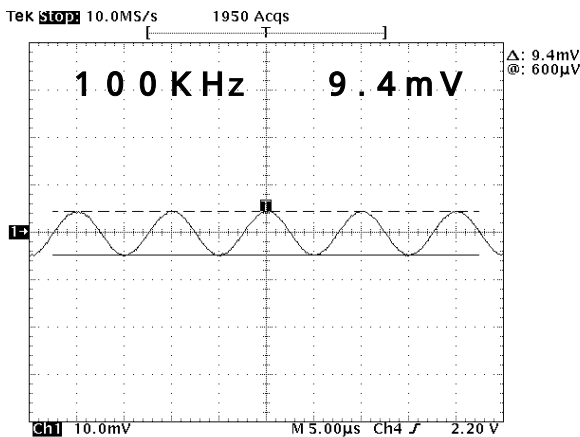
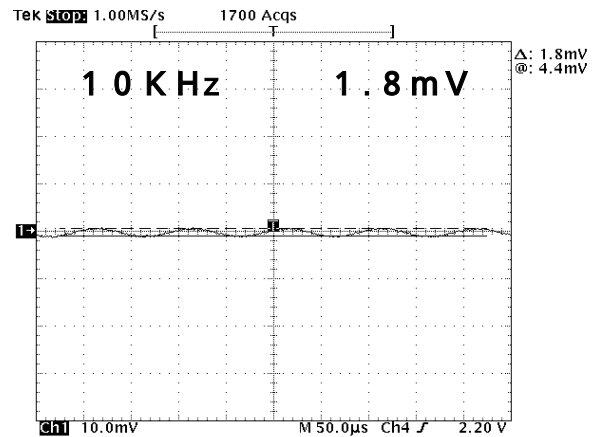
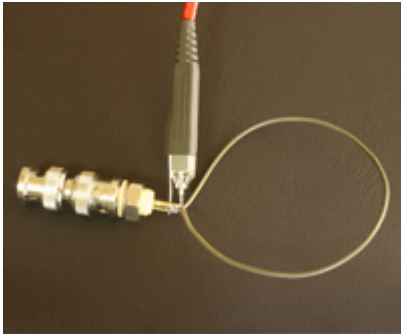
交流信号は「4 V<sub>p-p</sub>」で10 KHz~100 MHzまでを調べた結果は以下のようになりました。1 MHz程度までなら許容できる値のようです。

しかしそれ以上、特に100 MHzでは信号振幅より大きくなっています。これは、電線コイルとプローブなどの浮遊容量の影響で共振周波数に近づいてきているのでしょう。とても安定した動作は期待できませんね。

10 KHz	:	1.8 mV
100 KHz	:	9.4 mV
1 MHz	:	90 mV
10 MHz	:	0.89 V
100 MHz	:	5.7 V

「それなら1 MHz以下で使うなら問題ないのだな!」と思われるでしょうか。いえいえ、そうでもないのです。

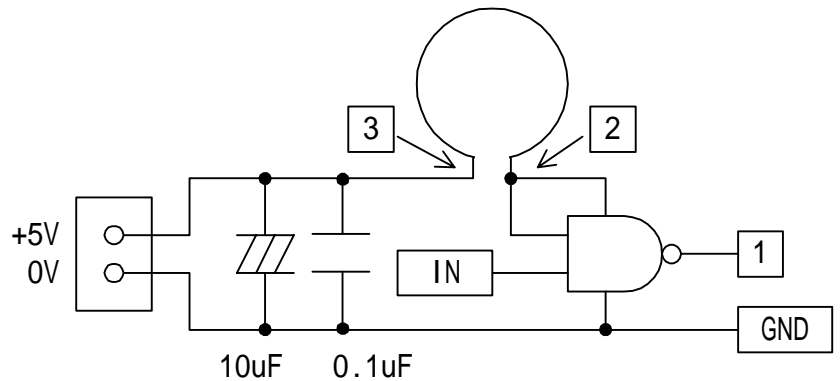
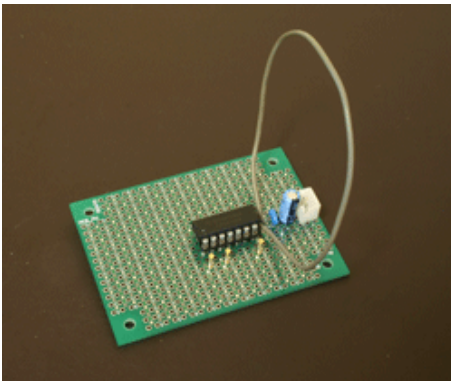
実験した測定回路



## デジタルICの動作周波数とは？

先の1巻き電線を電源に使った簡単な回路を作りました。  
 [ IN ] に 10 K H z を入力してICの電源ピンの状態を実際に見てみましょう。

[ 1 ] が信号の出力、 [ 2 ] がICの電源ピンです。  
 10  $\mu$  F、0.1  $\mu$  F は外部の影響を吸収するために入れたものです。  
 [ 3 ] は1巻き電線の前にノイズ等が無いことを確認するためにモニターしています。



ICは74HC00、[ IN ] 入力は先ほど問題なかった10KHzの矩形波です。

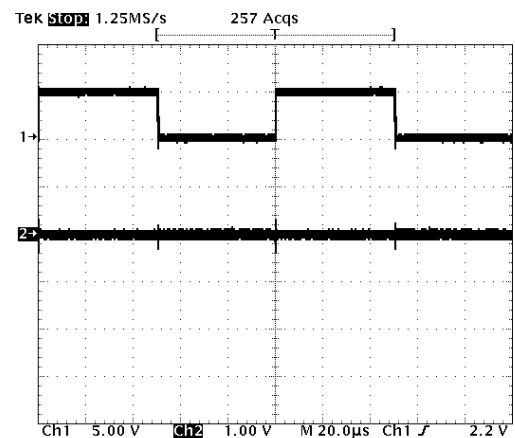
[ 2 ] にひげのようなものが見えます。  
 出力信号 [ 1 ] が変化したときに発生しているようです。

これを拡大したのが下図です。  
 [ 3 ] には大きなノイズは見当たりませんが、1巻き電線があることが原因なのは明らかです。

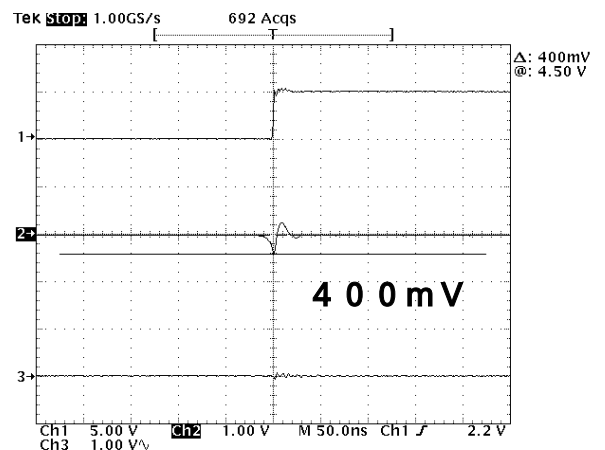
先の実験で1巻き電線は電流の変化を妨げていました。  
 デジタルICは出力が変化するとき電源電流が急激に変化しているのですね。

拡大波形を見ると、出力が「H」になったとき電源電圧が「0.4V」低下しています。また、立ち上がった後には、その反動で「0.3V」上昇しています。

このような状態を「電源に**スパイクノイズ**がある」と言います。  
 NANDゲート1個が動作しているだけでこの状態ですから、もっと大きな回路では安定動作するとは思えませんね。



74HC00のスパイクノイズ



そして、ICを74HC00 74AC00に交換したのが右図です。スパイクノイズは「1.2V」もあります。HCの3倍のノイズです。

もし他のICがあればつられて誤動作していることでしょう。いや壊れても不思議ではありません。

さらに、[1]出力に100の抵抗負荷を付けたのが下図です。デジタルICでLEDを点灯させる場合などと同じ状態です。するとスパイクノイズはさらに大きくなり「1.6V」にもなっています。

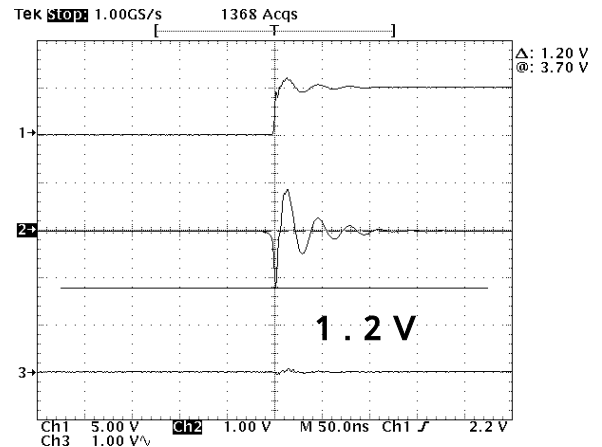
ご察しの通り、電源のスパイクノイズは信号の周波数とは関係ないのです。

選択したICの種類や負荷の状態が変わるのですね。74AC245などバッファタイプのICではさらに大きくなります。

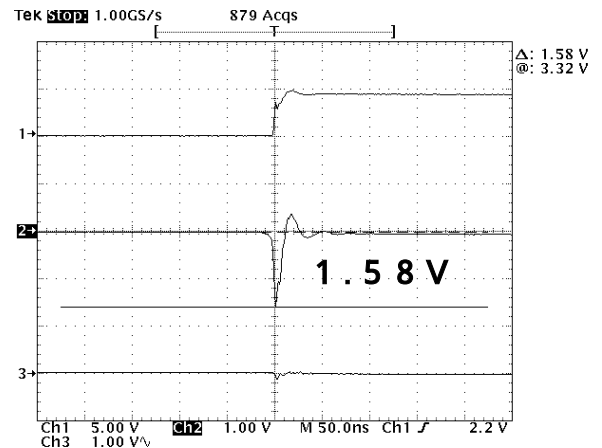
重要なことは、ICは常に最高速で動作しているということです。100MHzで動作できるICは、1Hzで使用しても出力が変化する瞬間は100MHz以上の速度で動作しているのです。

必要以上の高速ICは選択しない方が良い理由のひとつです。高価なだけではないのです。

74AC00のスパイクノイズ



74AC00 + 100 負荷



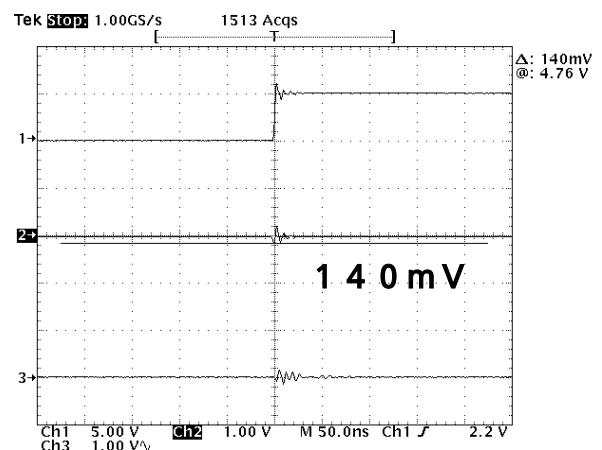
## パスコンの効果は？

74AC00の電源とGND間に0.1μFのセラミックコンデンサを付けたのが右図です。「1.2V」もあったスパイクが0.14Vになりました。劇的な減少です。

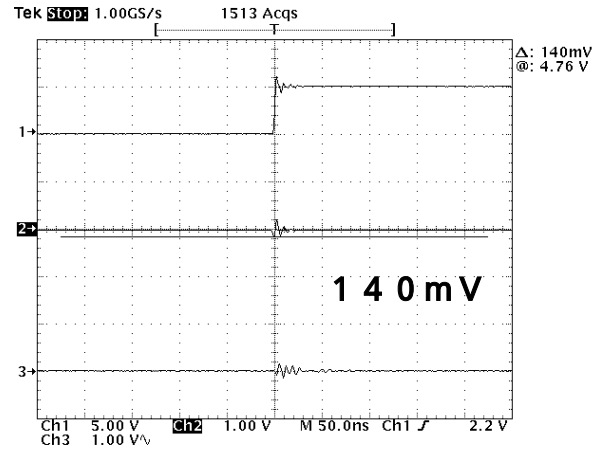
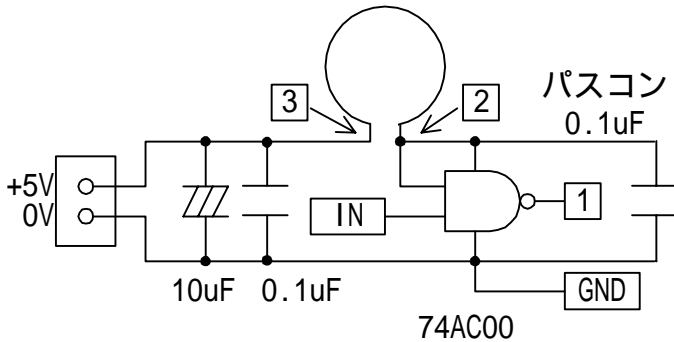
ところで、こんなことになった原因は余計な1巻き電線があるからですね。ではこれを取ってしまえば良いはずですが。

追加したパスコンも不要になるのでは？

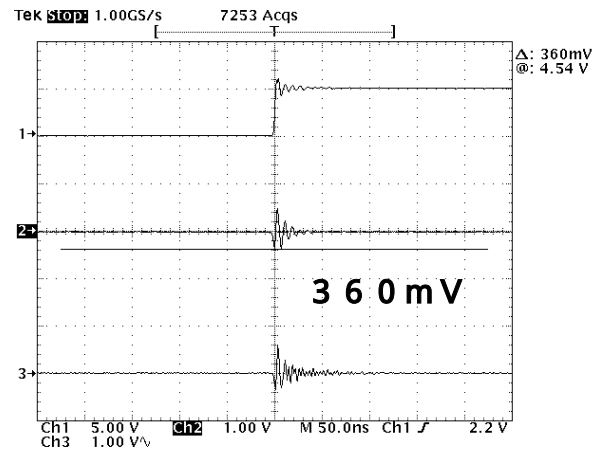
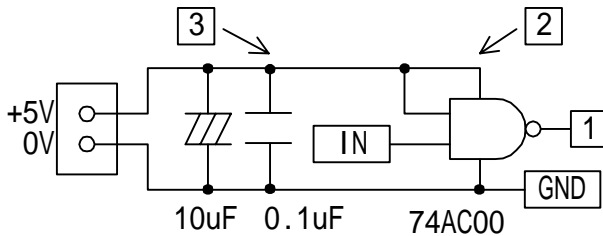
74AC00 + 0.1μFのパスコン



## 1 巻き電線 + 0.1 $\mu$ F のパスコン



## 1 巻き電線なし、パスコンなし



確かに1巻き電線をなくしたらスパイクは小さくなりました。「1.2 V」「360 mV」。しかし電線+パスコンの方がずっと良いですね。しかも[3]にある0.1  $\mu$ Fはパスコンと同じ効果があるはず。回路図で見る限り、パスコンと、[3]の0.1  $\mu$ Fは同じに見えますね。しかし[3]のそれはパスコンの効果が少ないのです。

**パスコンの役割は、貧弱な電源線が急激な電流変化に追従できない事を補うものです。コンデンサに蓄えられた電荷は電圧の低下に伴い放出され不足した電流を補います。距離が離れている(つまり長い電源線でつなぐと)効果が薄れてしまいます。**

下の実態図をご覧ください。違いは取り付け位置なのです。さらに[2]側はチップコンデンサを使用しました。たったこれだけのことで2倍以上の差がでているのです。

ではコンデンサの種類は？容量は？どこにいくつ付けたらいいのか？  
 次回はこれら効果的なパスコンの使い方を考えてみることにしましょう。

