

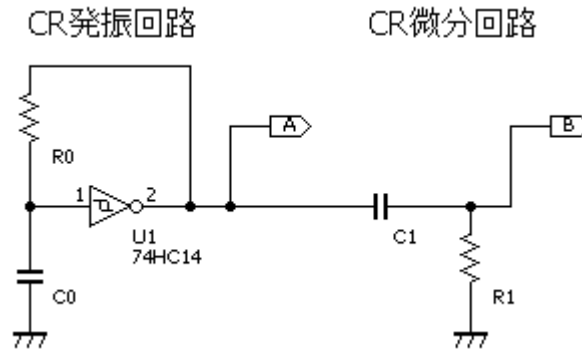
微分回路と 555 タイマ回路の実験

1. 目的

負論理信号の立ち下りを微分回路で検出して負論理パルスを発生させ、555 タイマ回路のトリガとする回路を実験します。

2. 微分回路の応答

回路図 1 のように、CR 発振回路と CR 微分回路を接続して、CR 微分回路の応答を調べます。



回路図 1 : CR 発振回路と CR 微分回路

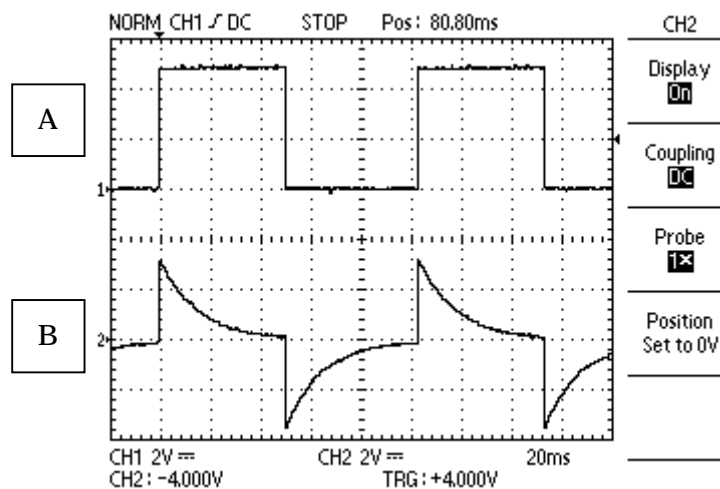
【発振回路の時定数】

$$C_0 = 100 \mu\text{F}, \quad R_0 = 1\text{k} \quad C_0 R_0 = 100\text{ms}$$

【微分回路の時定数】

$$C_1 = 100 \mu\text{F}, \quad R_1 = 100 \quad C_1 R_1 = 10\text{ms}$$

このときの CR 発振回路の出力(A)と、CR 微分回路の出力(B)は、波形 1 のようになりました。



波形 1 : CR 微分回路の応答 1

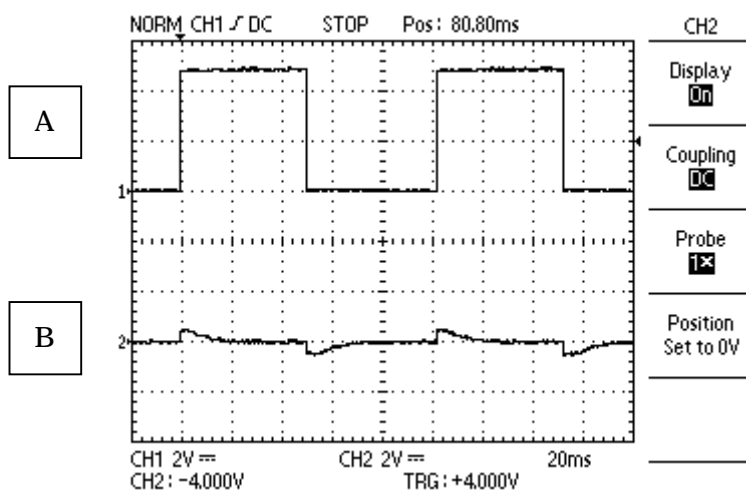
74HC14 をもちいた CR 発振回路の周期は時定数にほぼ等しくなります。波形 1 の A を見ても、周期は約 100ms となっています。

また CR 微分回路では、時定数の時間でピークの $1/e$ (約 37%) に減衰します。波形 1 の B を見ても、およそその程度のオーダーになっています。

ここで、微分回路の時定数を下記のように変えると、波形 2 のようになりました。

【微分回路の時定数】

$$C_1 = 100 \mu F, R_1 = 10 \quad C_1 R_1 = 1ms$$

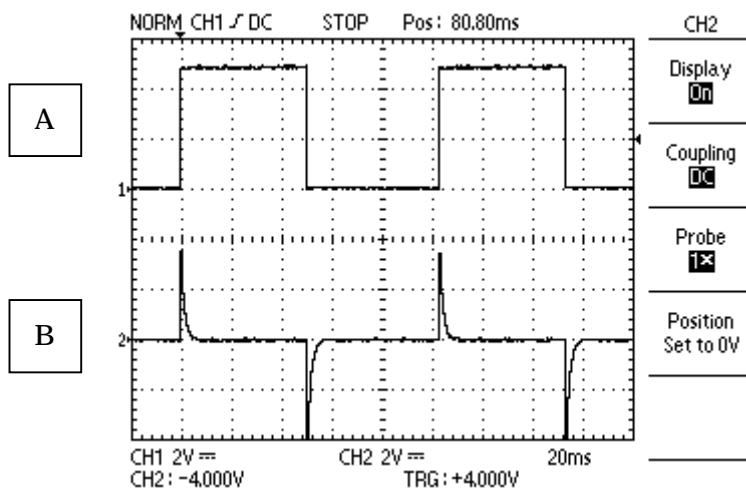


波形 2 : CR 微分回路の応答 2

C が大きすぎ、R が小さすぎるために、十分なパルスがでません。そこで、時定数は同じで、C を小さく、R を大きくしたら、波形 3 のようになりました。

【微分回路の時定数】

$$C_1 = 0.1 \mu F, R_1 = 10k \quad C_1 R_1 = 1ms$$

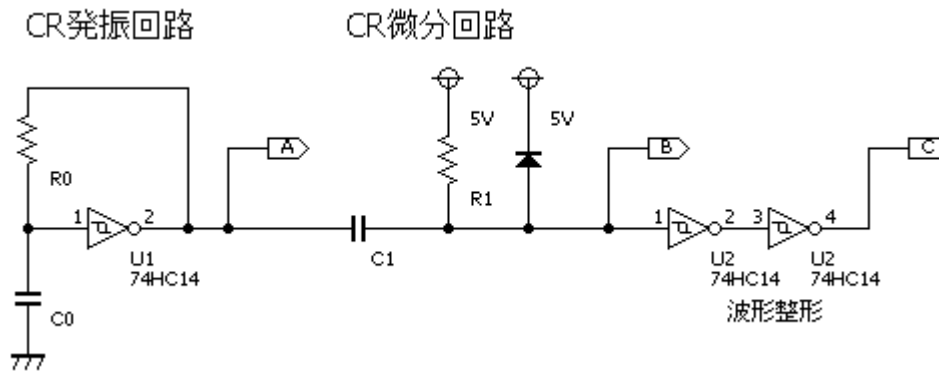


波形 3 : CR 微分回路の応答 3

時定数は同じでも、今度は十分なパルスが出ました。B の波形を拡大してみると、時定数の時間 1ms でピークの 1/e 程度に減衰しています。

3. 立ち下り検出回路

回路図 1 の微分回路は、正負両方の極性を持ちました。ダイオードでクリップすることで、立ち下りのみを検出して負論理のパルスが発生する回路にします。出力はシュミットトリガで波形整形します。(回路図 2)



回路図 2 : CR 発振回路と立ち下がり検出回路

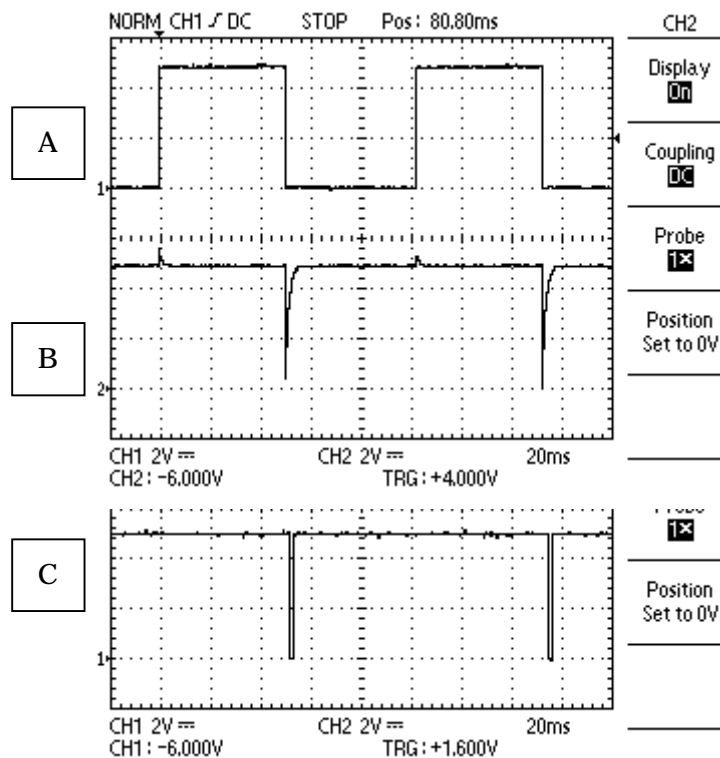
【発振回路の時定数】

$$C_0 = 100 \mu F, \quad R_0 = 1k \quad C_0 R_0 = 100ms$$

【微分回路の時定数】

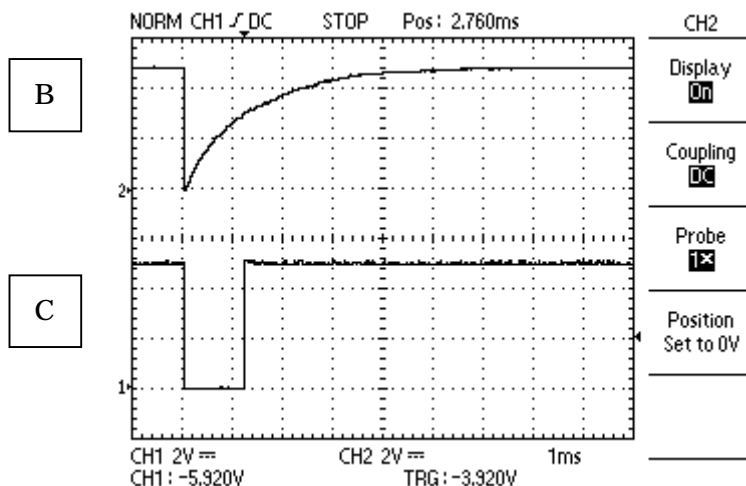
$$C_1 = 0.1 \mu F, \quad R_1 = 10k \quad C_1 R_1 = 1ms$$

A,B,C の波形は、波形 4 のようになりました。



波形 4 : 立ち下り検出回路

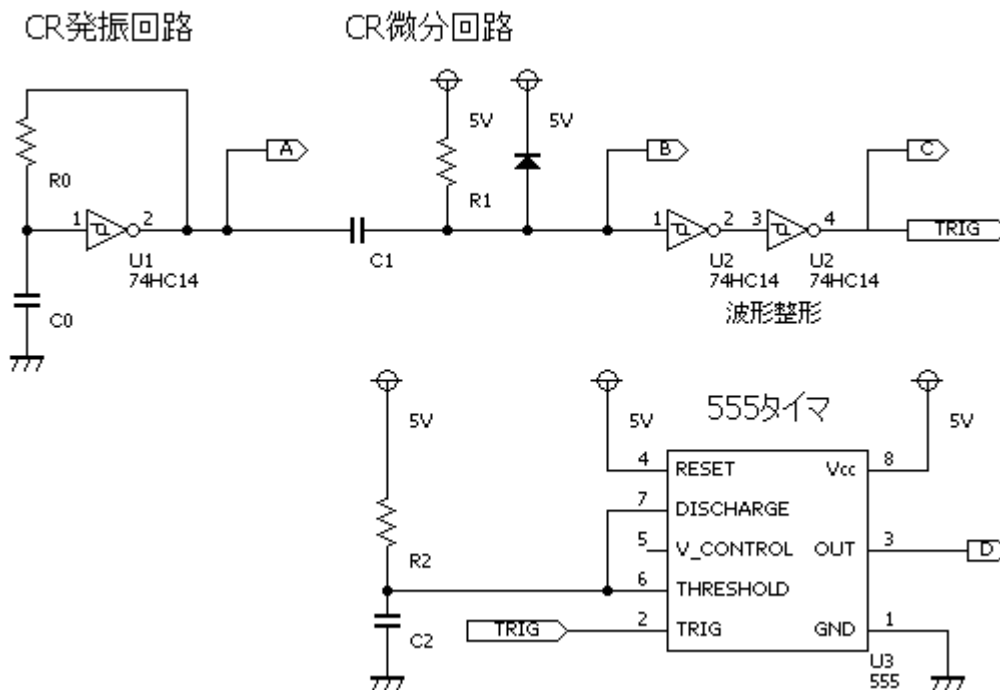
波形 4 の B と C を拡大したのが波形 5 です。微分回路の出力波形が整形されて矩形パルスになっています。パルス幅は微分回路の時定数とほぼ同じくらいの約 1ms です。



波形 5 : 微分回路出力の波形整形

4. 555 タイマ回路 (1)

555 でタイマ回路を構成し、回路図 2 の立ち下り検出パルス(C)をトリガ入力にします。(回路図 3)

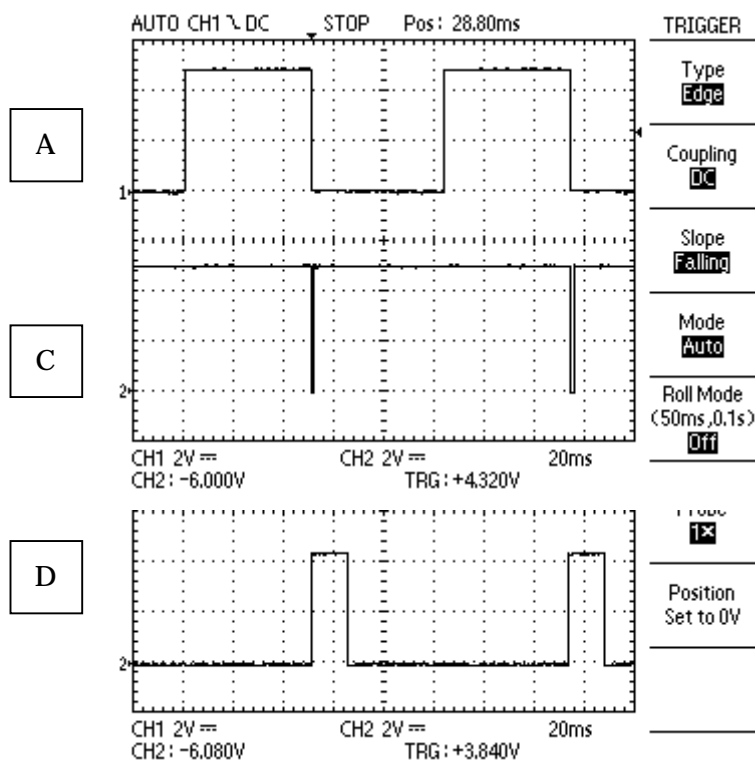


回路図 3 : 立ち下り検出パルスをトリガとする 555 タイマ回路

【555 タイマ回路の時定数】

$$C_2 = 0.1 \mu F, R_2 = 100k \quad C_2 R_2 = 10ms$$

A,C,D の波形は、波形 6 のようになりました。



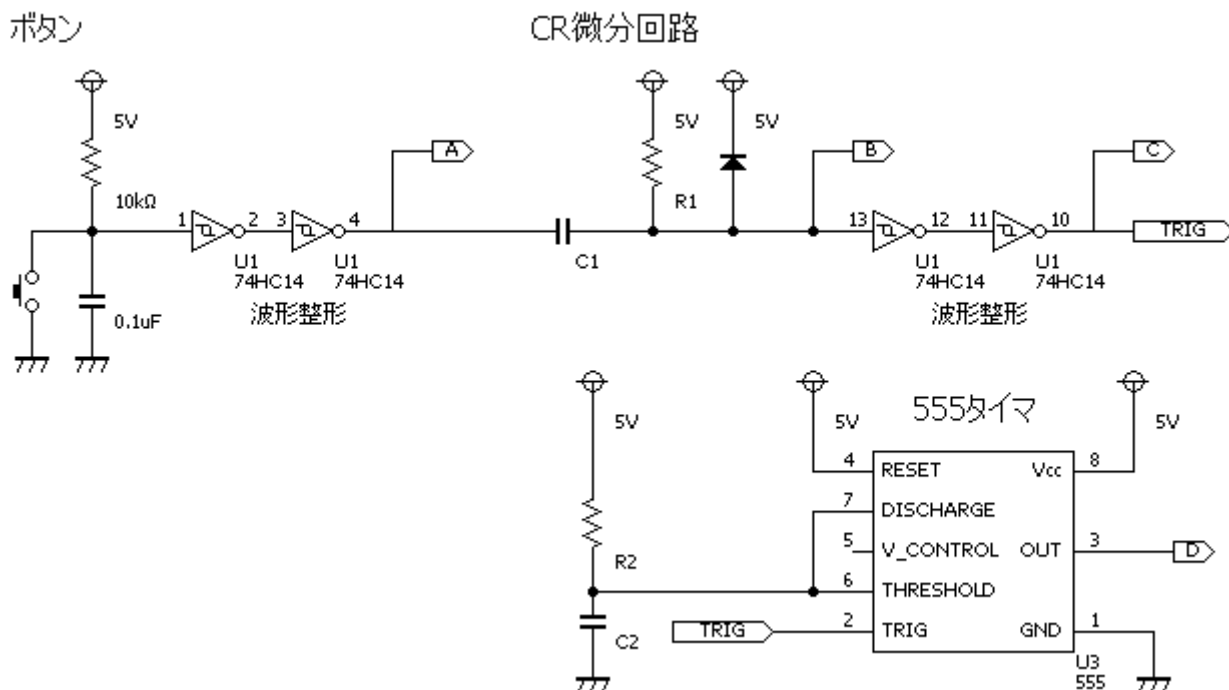
波形 6 : 立下り検出パルスと 555 タイマ出力波形

555 のタイマ出力時間 (D のパルス幅) は、 $-\ln(1/3) C_2 R_2 = 1.1 C_2 R_2 = 11\text{ms}$ となります。コンデンサの精度が悪いせいか、D の波形を見るとやや理論値よりパルス幅が長いようです。

ともあれ、A のパルス幅によらず、立ち下がりのみを検出して 555 タイマにトリガをかけることに成功しました。

5. 555 タイマ回路 (2)

これまでは、発振回路の周期信号を入力にしてきましたが、ボタン入力にかえてみます。また 555 の時定数を数秒のオーダーまでのばしてみます。(回路図 4)



回路図 4 : 立ち下り検出パルスをトリガとする 555 タイマ回路

【微分回路の時定数】

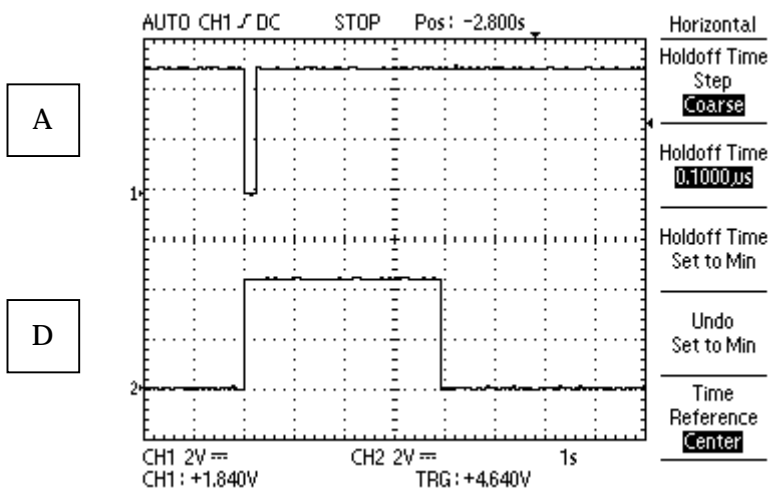
$C_1 = 0.1 \mu F$, $R_1 = 10k$ $C_1 R_1 = 1ms$

【555 タイマ回路の時定数】

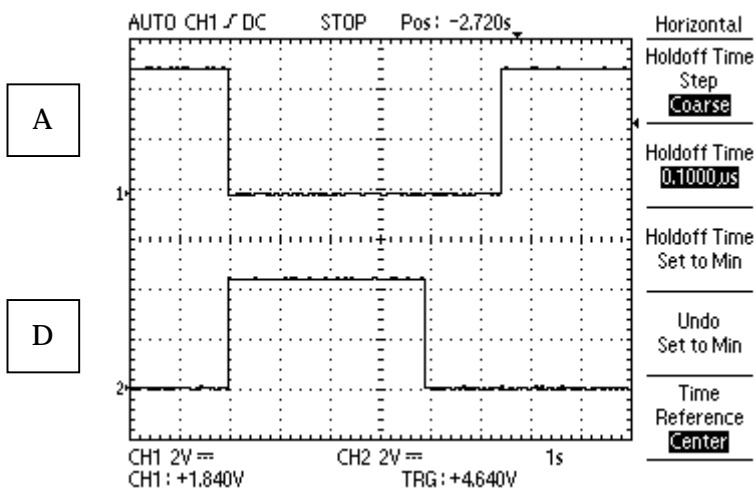
$C_2 = 100 \mu F$, $R_2 = 33k$ $C_2 R_2 = 3.3s$

波形 7 : ボタン入力と 555 タイマ出力波形

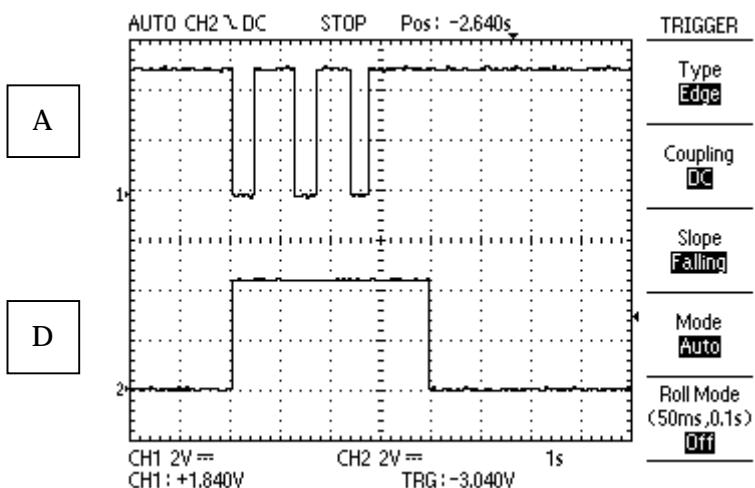
(イ)



(ロ)



(ハ)



A と D の波形は、波形 7 のようになりました。

タイマ出力時間は、 $1.1 C_2 R_2 = 3.6s$ となるはずですが、約 4s になっています。

ともあれ、(ロ)のように、ボタン入力の Low 期間がタイマ出力時間より長い場合でも、(イ)の場合と同じように約 4s でタイマ出力は終わります。

また、(ハ)のようにタイマ出力時間内に複数回のボタン入力があっても無効で、(イ)の場合と同じように約 4s でタイマ出力は終わります。

なお、555 のトリガ入力で、念のためにシュミットトリガによる波形整形をおこないましたが、なくても問題なく動作しました。

6. まとめ

以上、負論理信号の立ち下りを CR 微分回路で検出して負論理パルスを発生させ、555 タイマ回路のトリガとする回路の実験をおこないました。

- 微分回路の CR の積 (時定数) は入力信号の周期よりじゅうぶん小さくしなければならない。ただし、入力信号の立ち下りが一発だけで周期的でないなら特に気にすることはない。
- 微分回路の出力は、理論上は $v(t) = V \{ 1 - \exp(-t/RC) \}$ だが、実際には時定数は同じでも C の値によって波高が変わるので(?)、その点に注意して C と R の値を決める。
- 今回の例では、5V ロジックで 1ms 幅のパルスを出すのに、 $C = 0.1 \mu F$, $R = 10k$ と決めた。精度が必要な部分ではないので、安価で大量にストックのある積層セラミック $0.1 \mu F$ を用いた。
- 1ms はたかだか 1kHz なので、555 のトリガ入力としては十分なパルス幅である。
- 念のためにシュミットトリガによる波形整形をおこなったが、なくても問題なく動作した。

おわり