



| | |
|------------|---|
| Title | デジタル集積回路の教育機器への応用：ヒューズの溶断時間測定器 |
| Author(s) | 新田, 保秀 |
| Citation | 琉球大学教育学部紀要 第二部(22): 89-93 |
| Issue Date | 1978-12 |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/1877 |
| Rights | |

デジタル集積回路の教育機器への応用

—— ヒューズの溶断時間測定器 ——

新 田 保 秀

An Application of Digital Integrated Circuits to Educational Instruments

—— Time-Measuring- Instrument for Testing the Characteristics of a Fuse ——

Yasuhide ARATA

(Received July 10, 1978)

I まえがき

高等専門学校や工業高校等における基礎的な電気実験項目の1つとして、ヒューズの材料、位置、長さなどによって、溶断電流と溶断時間との間にどのような関係があるかを調べる溶断特性測定がある。溶断時間の測定には普通はサイクルカウンタやストップウォッチ等が用いられている。ストップウォッチを用いる場合には、ヒューズに電流を流した瞬間と、ヒューズが溶断した瞬間とを確認し、ストップウォッチの釦を押すので、実験する学生の個人差が測定値の中に入り込み、特に、溶断時間が短い場合には測定値に信頼性が薄くなる。又、測定中は緊張の連続ということで、このような方法はよい方法とはいえない。技術教育に携わる者として、この様な問題を解決すべく実験器具の改良を行い、それを用いて学生実験を行うことは、教育的に有意義なことであろう。

ここ数年来、測定器のデジタル化が進み、今日では

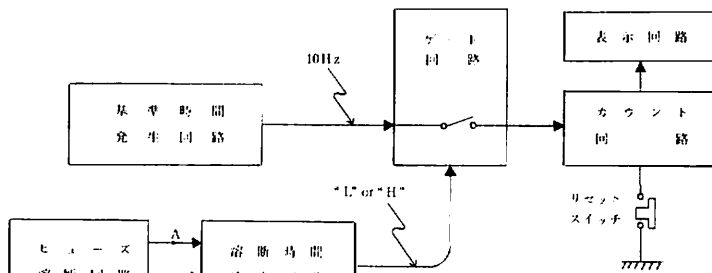
デジタルICが本格的に市場に登場し、それらが容易に入手できるようになっているので、それらを活用することにより、教具、実験機器等が、容易に、安価に製作出来る状況になってきている。

筆者は、主としてデジタルICを用い、ヒューズの溶断時間を自動的に感知し、その時間を0.1秒の精度で測定し、LED (Light Emitting Diode) 7セグメント数字表示器で9分59秒9まで表示できるような、デジタル表示のヒューズの溶断時間測定器を製作した。

なお、以下の記述において、デジタルICの入力信号電圧に関しては、スレッシュホールド電圧より高い電圧を“H”状態、それより低い電圧を“L”状態としてある。

II 原理

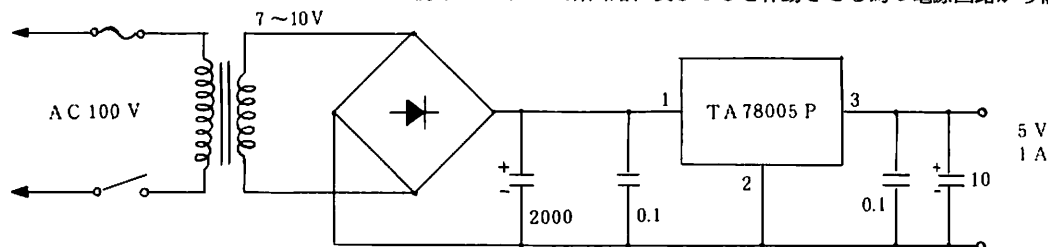
ブロックダイアグラムを〔図1〕に示してある。ヒューズ



〔図1〕 本測定器のブロックダイアグラム

ーズに電流が流れている時は、A B間には約10Vの交流電圧が加わっており、溶断時間検出回路ではその電圧をゲート回路を閉じた状態、即ち“H”になるようなゲート回路制御信号に変え、基準時間パルス発生回路から発振された基準時間パルスをカウント回路へ送り込むようにする。ゲート回路を通過して来た基準時間パルスをカウント回路で順次数え上げ、時間を測定し、表示回路でそれを表示する。

ヒューズが溶断した瞬間にA B間電圧は0Vになり、溶断時間検出回路はそれを感知すると直ちにゲート回路を開いた状態、即ち“L”になるような制御信号を作り、基準時間パルスがゲート回路を通過するのを防げるよう



〔図2〕 ICを作動させる為の直流電源回路

れている。電源回路〔図2〕については市販の書物²⁾を参考にさせていただくことにし、その他の回路について簡単に以下に述べる。

(A) 基準時間パルス発生回路

この回路は、水晶発振器を用いて正確な100 KHzのパルスを発振させ、さらにそれを分周し、10Hzのパルスを作る回路である。100 KHzの基準時間パルスの発生には、安価で容易に入手出来る、TTLIC SN7400と100 KHz水晶発振器を用いた、SN7400を用いた種々の基準時間パルス発生回路が書物²⁾⁻⁴⁾に紹介されているのでそれらに従って製作してみた。その結果、1MHzの場合にはきれいな方形波パルスが得られたが、100 KHzの場合にはきれいな方形波パルスが得られなかった。それで、回路を〔図3〕に示されているような回路に変更することにより、きれいな100 KHz方形波パルスを得ることが出来た。SN7490は10進カウンタであるがAinputに10個のパルスが入ると、Doutに1個のパルスが発生する。即ち、このICを1個使用することにより、周波数を $\frac{1}{10}$ に分周する働きがあるので、このICを4段使用し、100 KHzの基準時間パルスを10Hz(0.1秒に1パルス)の周波数に分周する。この10Hzのパルスをゲート回路へ送り込む。

(B) ヒューズ溶断回路、溶断時間検出回路、及び、ゲート回路

これらの回路は〔図3〕に示されている。ヒューズ

にする。

このように、ヒューズに電流が流れている時間だけ基準時間パルスがカウンタに到着するので、それを数え上げることでヒューズの溶断時間が測定でき、その時間を表示器にデジタル表示する。

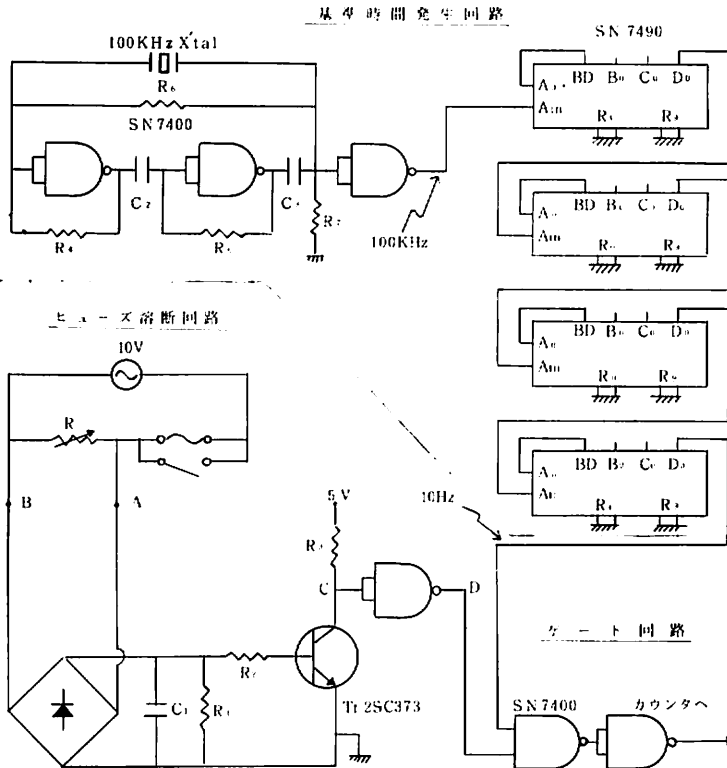
III 回路構成

全回路は、ブロックダイアグラム〔図1〕で示してある、基準時間パルス発生回路、溶断時間検出回路、ゲート回路、カウント回路、溶断時間表示回路、ヒューズ溶断回路、及びICを作動させる為の電源回路から構成さ

に電流を流す為の交流電圧は約10Vにし、可変抵抗Rでヒューズを流れる電流を調整する。ヒューズに電流が流れている場合には、検出回路の入力には約10Vの交流電圧が加っており、ヒューズが溶断した瞬間にはそれが0Vになるから、ヒューズに電流が流れている状態と、電流が流れていない状態とを正確に感知し、それぞれの状態をゲート制御のデジタル信号“H”、“L”として取出すのが溶断時間検出回路である。

ヒューズに電流が流れている時、A B間の電圧は約10Vであるが、整流スタックで全波整流を行い、更にコンデンサC₁と抵抗R₁ではほんの少し平滑を行い、C₁の端子間電圧をたえず1.5V以上の電圧にして、トランジスタ2SC373のコレクタ電流を常時飽和状態しておく。その時、C、D点の電位はそれぞれ約0V、5V(即ち、それぞれ“L”、“H”)になるように設計してある。

ヒューズが溶断した瞬間からA B間電圧は0Vとなる。ところが、もし、時定数C₁×R₁の値を小さくしないと、A B間電圧が0Vになっても、C₁の端子間電圧はすみやかに0Vになることなく、溶断の瞬間をD点へ正確に伝え、D点の電位を瞬間的に“H”から“L”の状態へ変化させることができなくなる。このようなことから、C₁、R₁の値の決定には、ヒューズに電流が流れている時にはトランジスタ2SC373のコレクタ電位が“L”の状態にあり、かつ、ヒューズが溶断した瞬間



〔図3〕基準時間発生回路、ヒューズ溶断回路、検出回路、及びゲート回路の詳細。

図において、 $C_1 = 1.00 \mu F$ 、 $C_2, C_3 = 0.047 \mu F$ 、 $R_1, R_3 = 1.5 K \Omega$ 、 $R_2 = 30 K \Omega$ 、 $R_4, R_5, R_6 = 1.0 K \Omega$ 、 $R_7 = 470 \Omega$ である。

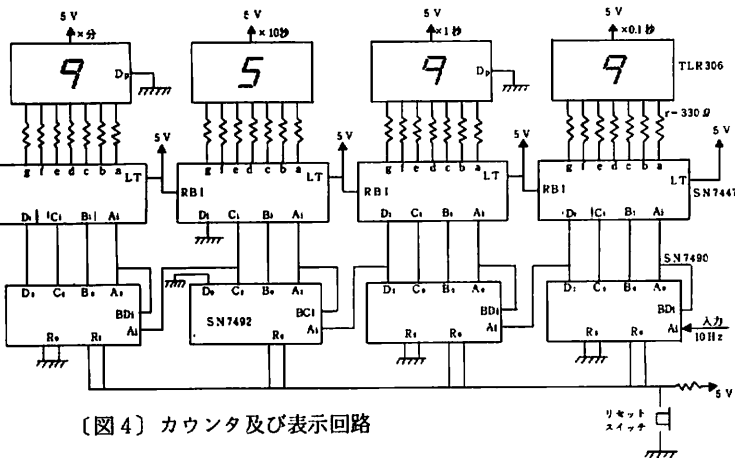
から少なくとも0.01秒以内にはコレクタ電位が“L”から“H”の状態へ変化するように考慮してある。

ゲート回路には、検出回路の出力としてのゲート回路制御信号と10Hzの基準時間パルスの2つの信号が入ってくるが、検出回路の出力が“H”の場合にのみ10Hz

の基準時間パルスはカウンタへ送り込まれ、それが“L”の場合には阻止される。なおゲート回路にはIC SN7400を使用してある。

(C) カウント回路、及び表示回路

9分59秒9まで測定できるカウント回路及び表示回路

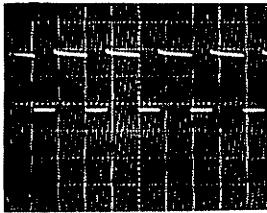


〔図4〕カウンタ及び表示回路

を〔図4〕に示す。ゲート回路から来た10Hzの基準時間パルスを10進カウンタSN7490と6進カウンタSN7492で数え上げ、カウンタはその数をBCD数で出力し、そのBCD数をSN7447で7セグメントLED数字表示に必要なデータに変換し、表示器TLR306を4段用いて溶断時間を表示させる。

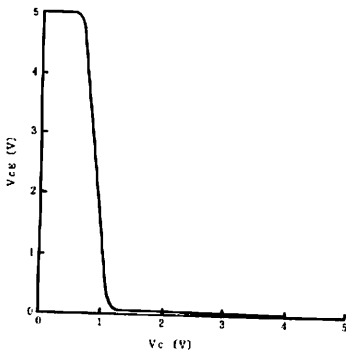
(IV) 結果及び考察

①本回路で得た基準時間パルスを〔写真1〕に示してある。周波数カウンタで測定した発振周波数は99.98KHzであり、0.1秒まで表示する本測定器の目的には十分な精度である。



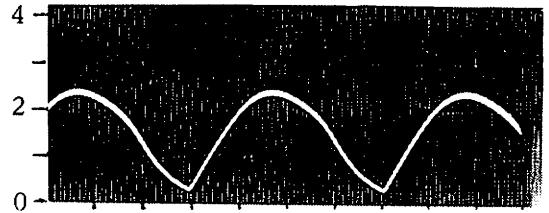
〔写真1〕 100 KHz 基準時間パルスの出力波形
2 V / cm、5 μsec / cm

② 本回路におけるコンデンサC₁の端子間電圧とトランジスタ2SC373のコレクタ・エミッタ間電圧との関係を〔図5〕に示してある。



〔図5〕 コンデンサC₁の端子間電圧V_cとトランジスタ2SC373のコレクタ・エミッタ間電圧V_{ceE}の関係

この図からC₁の端子間電圧が1.5Vより大きければ、コレクタ電圧は確実に“L”であり、又その電圧が0.5Vより小さければコレクタ電圧は確実に“H”であることがわかる。〔写真2〕はヒューズに電流が流れている時のC₁の端子間電圧波形であり、常時1.5V以上で、最大14Vの脈流であることを示している。そこで、本回路に



〔写真2〕 コンデンサC₁の端子間電圧波形
5 V / cm、2 msec / cm

において、電圧が14Vの時にヒューズが溶断したものと仮定し、溶断した瞬間から、コレクタ電圧が“L”から“H”に変化するまでに要する時間を見積ってみよう。溶断後t秒後のC₁の端子間電圧は $E = 14 \times \exp(-t / C_1 R_1)$ と書けるので、 $E = 0.5 \text{ V}$ 、 $C_1 \times R_1 = 1.5 \times 10^3$ の場合にはtの値は 5×10^{-3} 秒となる。従って少なくとも、溶断後 1.5×10^{-3} 秒以内には溶断したことがゲート回路へ伝えられることになる。このことは、0.1秒まで表示する本測定器にとっては十分な精度である。

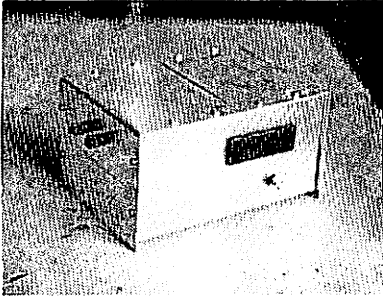
③ 1人の学生は本測定器を用い、2人の学生はそれぞれストップウォッチを用いて、3人でヒューズの溶断時間の同時測定を行って見た。その結果の一部を〔表1〕に示す。ストップウォッチで測定を行った場合には、本

| | 測定回数 | 本測定器による自動測定 | 学生A (ストップウォッチ) | 学生B (ストップウォッチ) |
|-------|------|-------------|----------------|----------------|
| 2 A | 1 | 1.4 | 1.7 | 1.5 |
| | 2 | 1.5 | 1.5 | 1.7 |
| | 3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| 2.5 A | 1 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| | 2 | 0.5 | 0.6 | 0.8 |
| | 3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |

〔表1〕 ヒューズの溶断時間を本測定器とストップウォッチの両方を用いて同時測定を行って得た値。定格1Aの筒形ヒューズを水平にし、2A及び2.5Aの電流を流した場合について、学生A、学生Bはストップウォッチを用い、学生Cは本測定器を用いて、それぞれの場合について3回同時測定を行って得た値である。測定時間の単位は秒である。

測定器で自動的に測定した結果と最大0.3秒ほどの誤差が生じている。このように、ストップウォッチを用いた場合には溶断時間の短い時の測定値はほとんど信頼がけない。

ヒューズ溶断特性試験の実験においては、数多くの溶断テストを行うことを考慮すれば、自動的に測定し、デジタル表示することが出来る本測定器を使用することにより、学生を長時間の緊張から解放し、更に測定値にも信頼がおけるようになるので、教育効果を一段と増すことが出来るものと思われる。なお、〔写真3〕は本測定器の全容である。



〔写真3〕本測定器の全容

参考文献

- 1) 電気学会通信教育会 電気実験 電気学会
- 2) 久保大次郎・一杉 勝 デジタル回路設計スタディ CQ出版社
- 3) 電子展望編 最新IC・トランジスタ回路アイデア集 誠文堂新光社
- 4) 北川一雄 デジタルIC実験と工作マニュアル オーム社