

超小型 B C I (ボックス・カー・インテグレータ) の製作

金野茂男

1. 初めに

繰り返しの微弱過渡現象等の信号検出器として、ボックス・カー・インテグレータ (Box・Car・Integrator=B C I) がある。著者は自作した B C I についての論文を既に公開している^{(1),(2)}。今回、それらを基にして、極めて小型の B C I を製作した。当然ながら、製作費用は格安で済んだ。本論文では、この「超小型」 B C I の製作過程について報告をする。

B C I を使用する際には、オシロスコープをモニターとして使用することは必須である。ところで、参考文献で紹介している B C I では、B C I としての動作パラメータ、動作状態等の設定・確定のために、可視化を図って L C D を利用していた。が、参考文献(2)で紹介している B C I を制作中に、B C I として、必ずしも L C D を使用する必要がないことに気がついた。思い出すと、メーカー品の B C I にはそのようなものは付属はしていない。また、使用している L C D は 4 桁 2 0 文字のものであり、それだけで肝心の回路基板と同じ程度の大きさでもある。この L C D が省略できるならば、「超」小型の B C I を作れると考えた。B C I 使用中には、オシロスコープの使用が必須なので、このオシロスコープで、B C I の動作パラメータ、操作状態をモニターできるはずなので、それを利用すれば良いと考えたわけである。結果、予想通りの装置を製作することができた。主たる回路素子である P I C ワンチップマイコンに書き込むアセンブラプログラムの長さは、L C D、クロスキーが不要となったので、3分の1以下ともなった。驚くほど短縮化することができた。

実は著者は、大分昔のこととなってしまったが、B C I を自作していた^{(3),(4)}。ワンチップマイコンが未だ市場に出ていない時代であったので、ロジック I C を多数組み合わせたものであった。基板も結構大きくなり、ラック用ケース一杯であった。当時でも、メーカー製のボックスカーインテグレータは百万円以上もしていた。購入は不可能であったので、自作により格安で B C I を手にすることができたわけである。その後、学生実験に供していた。自作品ながら、長年にわたり現役であった。希に故障することもあったが、自作品故に、修理は容易でもあった。

2. ボックス・カー・インテグレータについて

今回も説明・解説は省略する。参考文献(1)を参照すること。

3. 設計・製作

図 1 に、今回紹介する超小型 B C I のブロック図を。図 2 に、前回紹介した改変型 B C I のブロック図を比較のために示している。図 2 にあった L C D とクロスキー部分は図 1 では削除されている。その代わりに、3 個のプッシュ・スイッチと、ゲートパルス遅延速度設定を手動で設定するための部分が、付加されている。

ゲートパルス速度遅延設定のために、可変抵抗の電圧値が入力する 1 つの A D 入力端子と、ディップ・ロータリー・スイッチの状態をモニターするために 3 個の I / O ポートを使用している。が、L C D とクロスキーが削除されたので、必要となる I / O ポート数は大幅に削減された。4 0 ピンの P I C 1 8 F 4 5 2 の代わりに、2 8 ピンの P I C 1 8 F 2 5 2 を使用することにした。

図 3 に、完成した超小型 B C I の回路図を示している。図 4 には、参考・比較のために、改変型 B C I の回路図を開示しておいた。赤色部分が変更箇所である。両回路図を比較すると、変更部分がよく分かる。

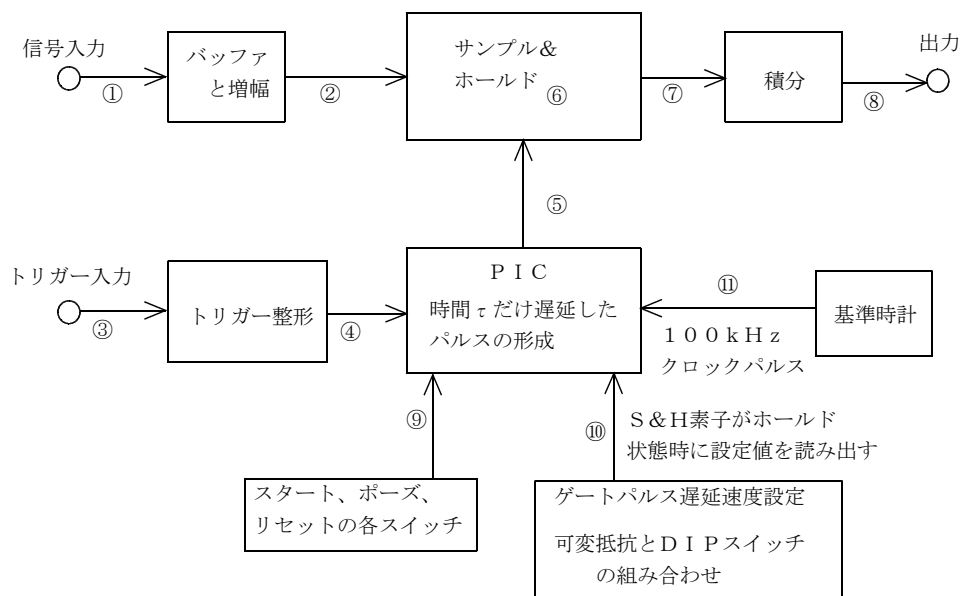


図1 超小型BCIのブロック図。

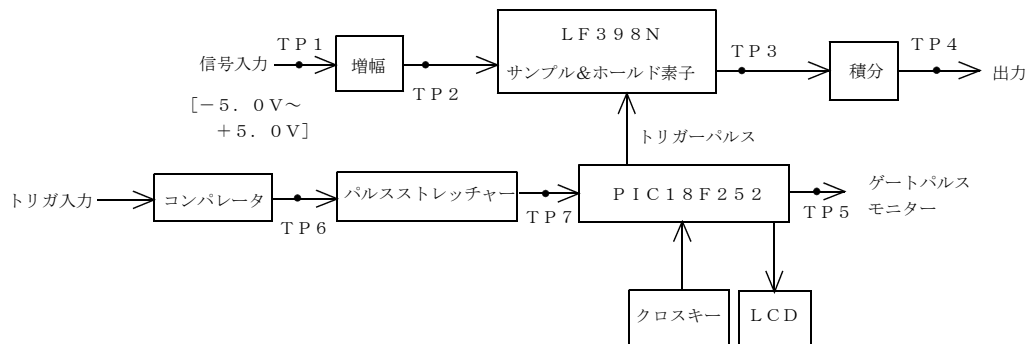


図2 改変型BCIのブロック図。参考文献(2)より。

超小型BCIでは、サンプル&ホールド素子に送られるゲートパルスの遅延速度の設定において、1つのVRと、4ビットデジタルスイッチ(3ビットのみ使用)の組み合わせで設定する。ディップ・ロータリー・スイッチの切り替えでは、遅延速度は離散値で設定され、VRでは遅延速度は連続値で設定可能である。改変型BCIでは、測定実行中には、ゲートパルスの遅延速度は変更できなかったが、今回作成した超小型BCIでは、測定実行中に、自在に変更することができるようになった。この点も改良点としても良からう。また、VRとディップスイッチは基板取り付け用の部品としたので、これらの部品の採用により、回路全体を小型化することもできている。

前論文では、サンプル&ホールド素子であるLF398Nについての説明をしていなかった。この素子はNS(ナショナル・セミコンダクタ)社製のサンプル&ホールド専用のICである。3番ピンに入力している信号は、8番ピンへのパルス入力で、サンプリングされ(パルスがHレベルで)、そしてホールドされる(パルスがLレベルで)。動作に必要な外付け素子は、一応アクイジション・タイムに関するコンデンサ1個であり、非常に使いやすい。その上、値段は非常に廉価もある。この素子の詳細については、そのテクニカルノートを参照すること。

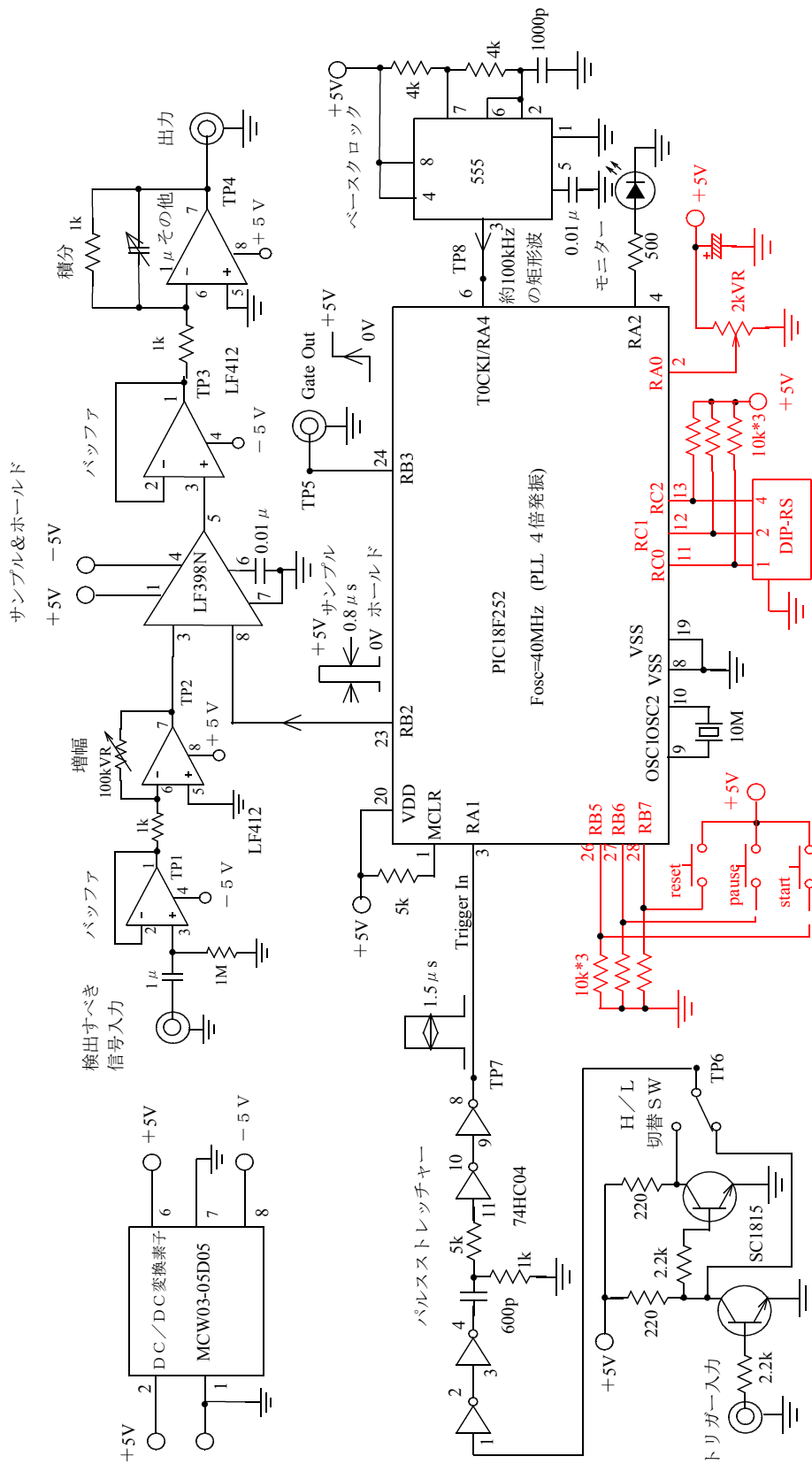


図3 超小型BCIの回路図。赤色部分が改変型と違っている部分。

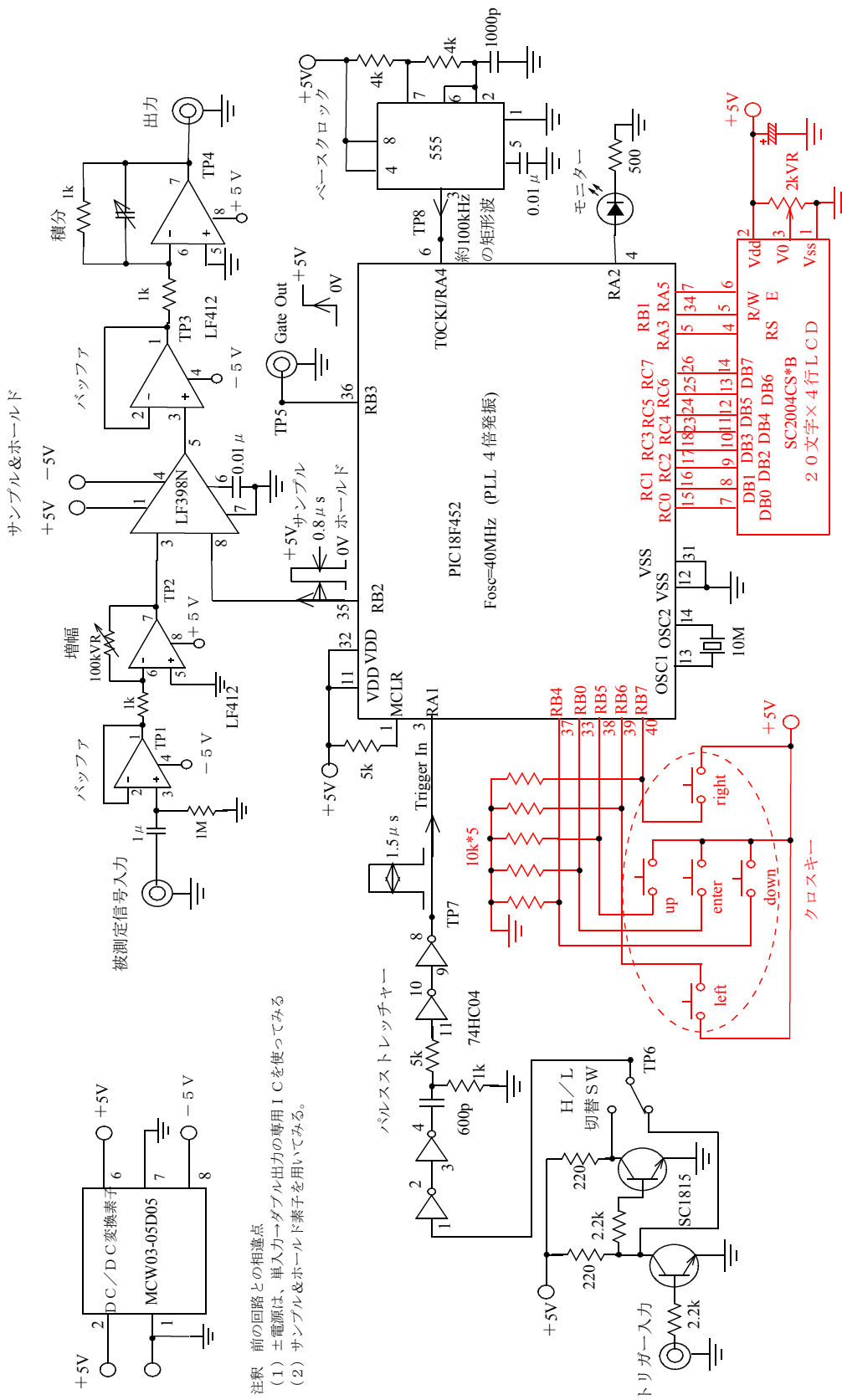


図4 改変型BCIの回路図。参考文献(2)より。赤色部分が超小型BCIでは削除されている。

4. アセンブラプログラム関係

新旧のアセンブラプログラムのフローチャートを図5, 図6に示している。超小型BCIでは、改変型BCIにあったLCDとクロスキーが削除された。従って、超小型BCIの、PICに書き込むアセンブラプログラムではそれらに関する部分は全て削除された。その結果、超小型BCIのアセンブラプログラムは、改変型BCIのアセンブラプログラムの3分の1程度まで短くすることができた。

測定続行中に、ゲートパルス遅延速度の変更を可能とするために、LF398Nがホールド状態となっている間に、PICはゲートパルス遅延速度設定用の可変抵抗の電圧値と、ディップ・ロータリー・スイッチの状態をモニターするようにしている。

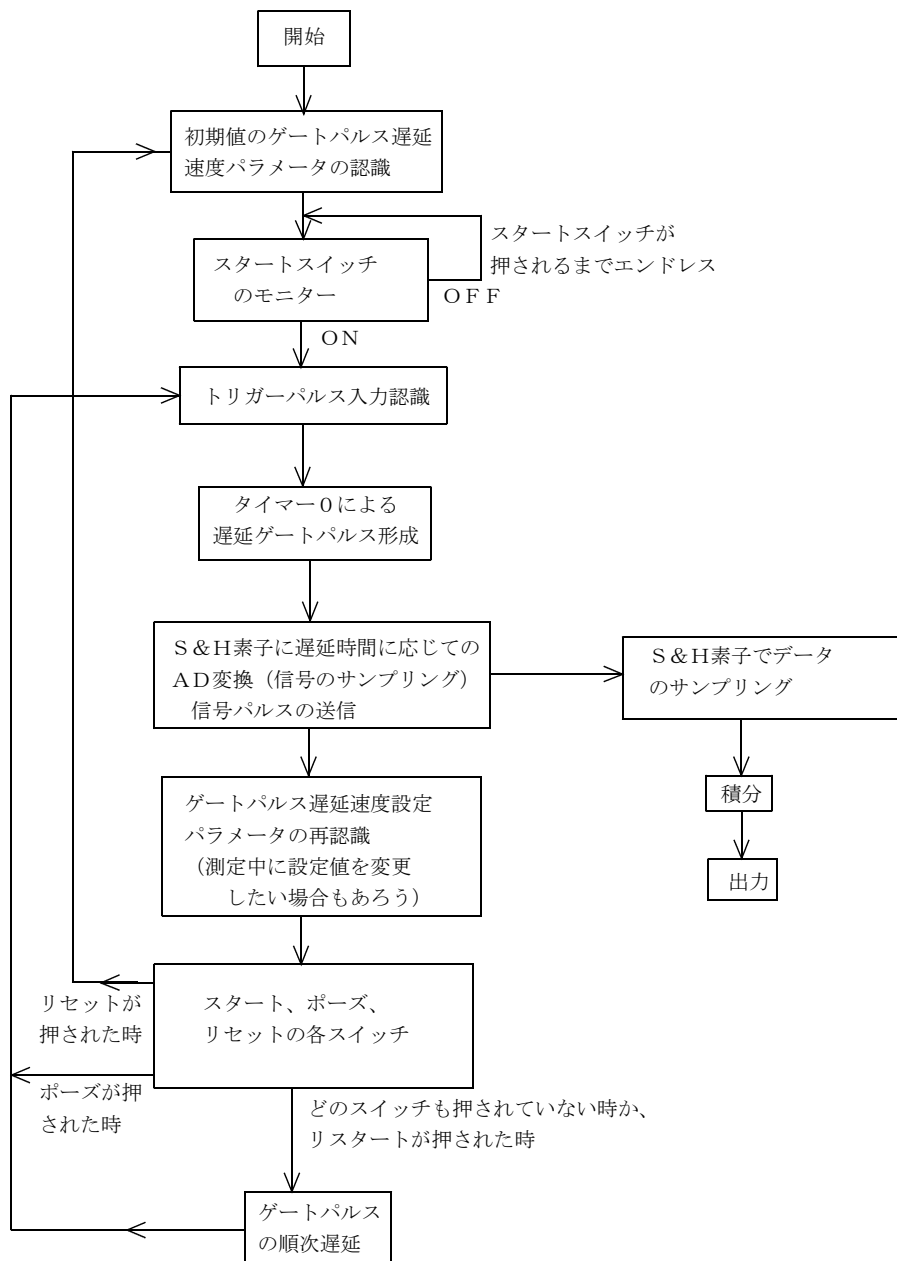


図5 超小型BCIのアセンブラプログラムのフローチャート。

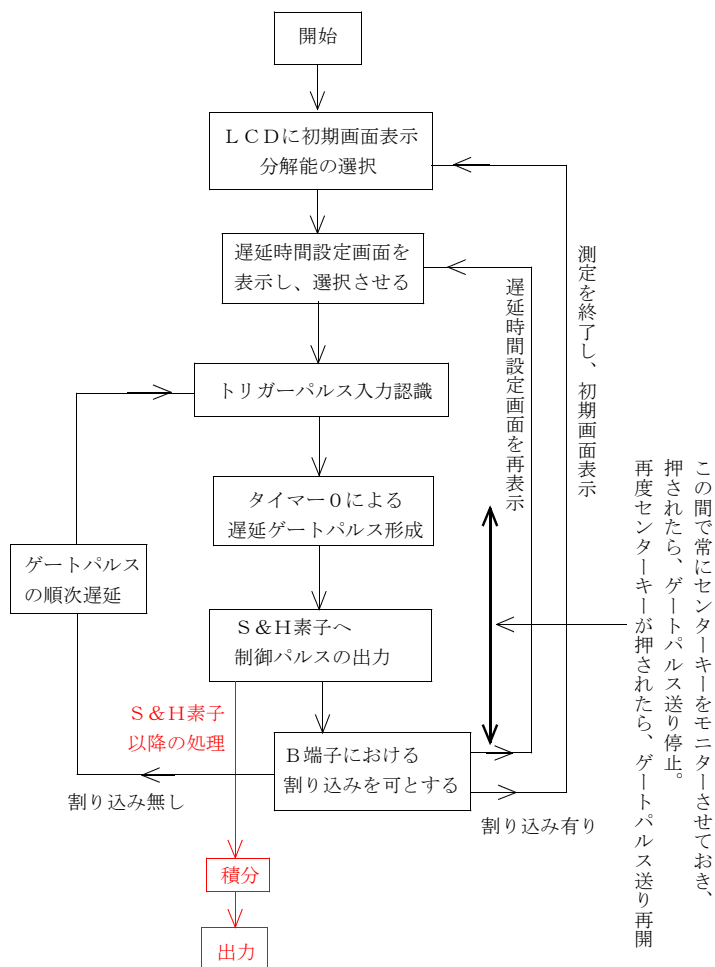


図6 改変型BCIのアセンブラプログラムのフローチャート。参考文献(2)より。

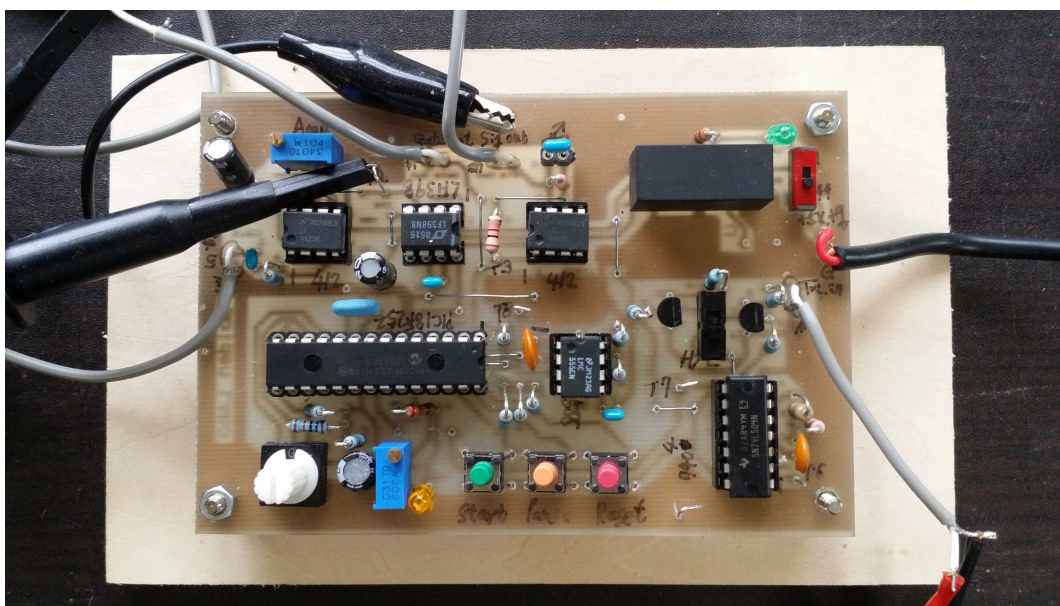


写真1 超小型BCIの外観。素子の配置をより密にすれば、更に基板を小さくすることもできる。

5. 使用方法

BCIに余り知見のない場合には、図7に示している、本BCI+オシロスコープ+被測定信号発生器+ペンレコーダからなる測定システムを構成し、BCIに慣れると共に、本超小型BCIの使用方法も習得することを勧める。もし、ペンレコーダがなければ、テスターや電圧計等で、その代用はできる。構成は、参考文献(1)で紹介している構成とほぼ同じである。が、今回、使用の至便を考えて、新たに過渡現象発生器も作成した。参考文献(1)で紹介している、トリガーパルス発生回路と、LC共振発生回路を一体のものとしたものである。本論文の最後部に付録として、その回路と写真を添付しておいた。

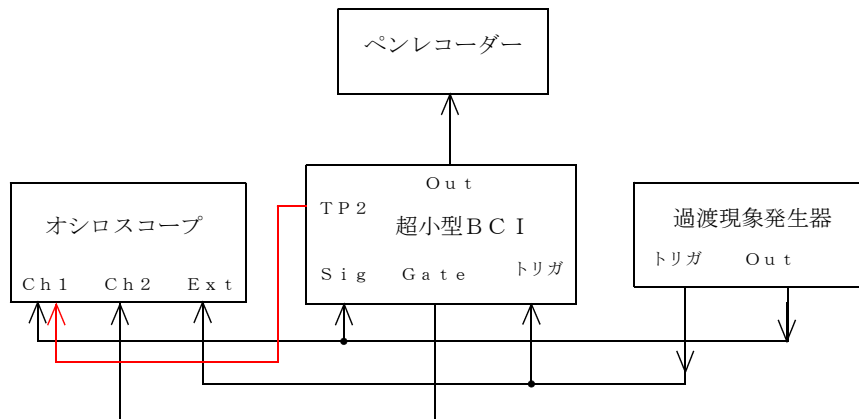


図7 超小型BCI使用の基本測定システムの構成。

付録の装置を使用する場合には、最初、次のように設定しておくことを勧める。

(1) 過渡現象波形のLC共振周波数が10kHz当たりになるように、コンデンサとコイルを選択する。

(2) 過渡現象発生器からの過渡現象波形の出力周波数は100Hz当たり。付録の装置を使用している場合は周波数設定ツマミで行える。

以上の設定の確認は、過渡現象発生装置とオシロスコープを接続することで行えよう。

(3) ゲートパルス遅延速度の初期値設定を行う。そのために、まず、超小型BCIのディスプレイ・ロータリー・スイッチのメモリを「0」に設定する。超小型BCIの電源を入れ、可変抵抗からの電圧(RAO端子の電圧。テスターかオシロでモニターできよう)が、1V当たりになるように、可変抵抗のツマミを調整する。

以上で、初期設定は終了する。

(4) 図7で示しているように各装置を接続し、各装置の電源をオンとする。

接続の変化系として、オシロスコープのCh1には、BCIの基板中のTP2の箇所での信号をプローブで入力させる方法もある。回路が理解できていれば、この方がよいかもしれない。

(5) オシロスコープの画面に、図8に示している様な、Ch1の過渡減衰波形(黄色波形)が安定して描写されるように、オシロスコープを調整する。又、基板上の増幅部で増幅度を決めている100kVRの可変抵抗を適当に調整する必要もあろう。抵抗値を小さくしてしまうと、利得が小さくなりすぎ、信号が小さくなり過ぎる。逆に、抵抗値を大き

くしすぎると、信号がオーバーフローするであろう。適当な振幅にすること。

(6) 超小型BCIのスタートボタンを押す。ボタン脇のLEDが点灯し、約1秒後に、図8に示している様に、青色のパルス状矩形波が描写されるはずである。最初は、パルス波が狭い。トリガ状である。システムが正常に動作しているならば、このパルス幅が次第に広がっていく。図8の青色の矩形波のごとくである。

(7) 青色矩形波のHからLレベルへの変化時に、BCIは信号をサンプルし、ホールドする。そして積分の状態で、出力する。

図8のようなオシロ画面が安定してみられるならば、システムは正常に動作している。ポーズスイッチを押せば、ゲートパルスの送りは停止し、再度押せば、送りは再開される。リセットスイッチを押せば、BCIは初期状態に戻る。スタートスイッチを押せば、動作を繰り返す。

(8) レコーダーには、サンプリングして得られた過渡現象波形がゆっくりと描かれるであろう。

(9) 正常な動作を確認し、それに慣れたならば、動作中に、ゲート遅延速度設定用の可変抵抗のツマミを動かしてみよう。オシロの画面で、ゲートパルスの送り速度が、早くなったり、遅くなったりするであろう。ディップロータリスイッチを「0」から、「1」、「2」に切り替えても良い（現アセンブラプログラムでは、「3」以上の位置は未使用）。現時点では、このスイッチを切り替えるごとに、パルス幅が離散値で変化してしまう。が、慣れれば良いであろう。

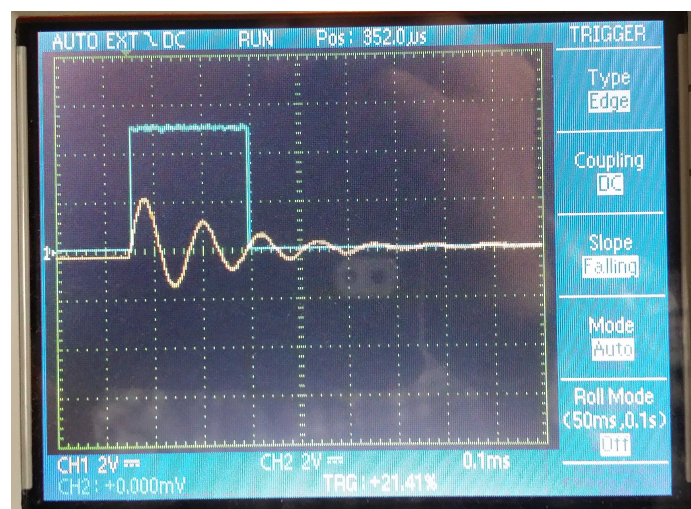


図8 試験測定中のオシロスコープの画面

6. デモ実験「LC回路の共振周波数の測定」

前節での基本測定で触れているので、ここでの再記述は省略する。

7. 性能・仕様

改変型BCIとほぼ同じである。が、超小型BCIではゲートパルス遅延速度の設定はデフォルト値で、改変型BCIではLCD画面で設定できていた「High」モードとしている。

超小型BCIで、改変型BCIでの「Low」モードを選択したければ、resetスイッチを押しながら、電源スイッチをオンとする。次の手順で行えば良い。

(1) resetスイッチを押しながら、電源スイッチを押す。

(2) スタートスイッチ脇のLEDが1秒間ほど点灯する。その間にリセットスイッチを

押すのを止める。

(3) これ以降、本BCIは、「High」モードではなく、「Low」モードで動作することになる。

8. 終わりに

製作において気がついた点について列記する。

(1) サンプルし、ホールドされた信号成分は回路の最終段で、積分され、ノイズ成分が除去される。その時の積分時定数は、外付けしている抵抗RとコンデンサCで決まる。今回も、この時定数は、Cを差し替える方法で変更できるようにしている。これでは、時定数を変更したい場合に、そのたびに、コンデンサを差し替える必要がある。面倒かもしれない。改良点として、基板上に取り付けられるロータリー・スイッチ、あるいはディップ・スイッチ等を利用し、適当な数のコンデンサを予め回路に配置しておき、必要に応じてスイッチの切り替えで済むようにするのが利便性がありそうである。

(2) 本BCIの性能の「最下限」及び「最上限」を精査していない。必要ならば、製作後に、自らで調べれば良いであろう。それにより、性能改良案も生まれよう。周波数特性の改良の1案として、PIC18Fシリーズより基本クロック周波数の高い、dsPIC素子を使用することが考えられる。

(3) 母親のアセンブラプログラムを提供しているのでPICに書き込むプログラムは自在に編集・変更・加工が可能である。プログラムの改良で、本BCIをより高性能とすることもできよう。

(4) 本BCIでも、回路電源としてDC/DC変換器を用いている。S/N比の向上を図りたければ、この部分をリップル及び雑音レベルの小さい電源回路とすることを勧める。また、デジタル素子用電源と、アナログ素子用電源を別々とすることも勧める。

(5) 「Low」モード設定は、隠しモードのようになってしまった。動作試験中に、「Low」モード動作の保証をしておくことを忘れていたことに気がついたのである。最初から、基板上に、「High」/「Low」選択用スイッチを設けておいた方が良いのかもしれない。

参考文献

(1) 「繰り返しの微弱過渡現象信号の測定器（いわゆるボックス・カー・インテグレータの自作」、金野茂男、本沢上、小山高専電子制御工学科、2011年6月著者研究室のホームページで公開済み、現在はURL <http://kinno-homepage.sakura.ne.jp> で公開済み。

(2) 「改変版BCI（ボックス・カー・インテグレータ）の製作」、金野茂男、2014年10月著者研究室のホームページで公開済み。

(3) 「電子機器の製作（その3）ーボックス・カー・インテグレータの自作」、金野茂男、大塚正紀、工業安全に関する研究集録（小山工業高等専門学校安全教育研究センター編）、No. 12、27頁～32頁、1991年。

(4) 「ボックス・カー・インテグレータの改良」、金野茂男、荻窪光慈、工業安全に関する研究集録（小山工業高等専門学校安全教育研究センター編）、No. 14、49頁～55頁、1993年。

2014年10月

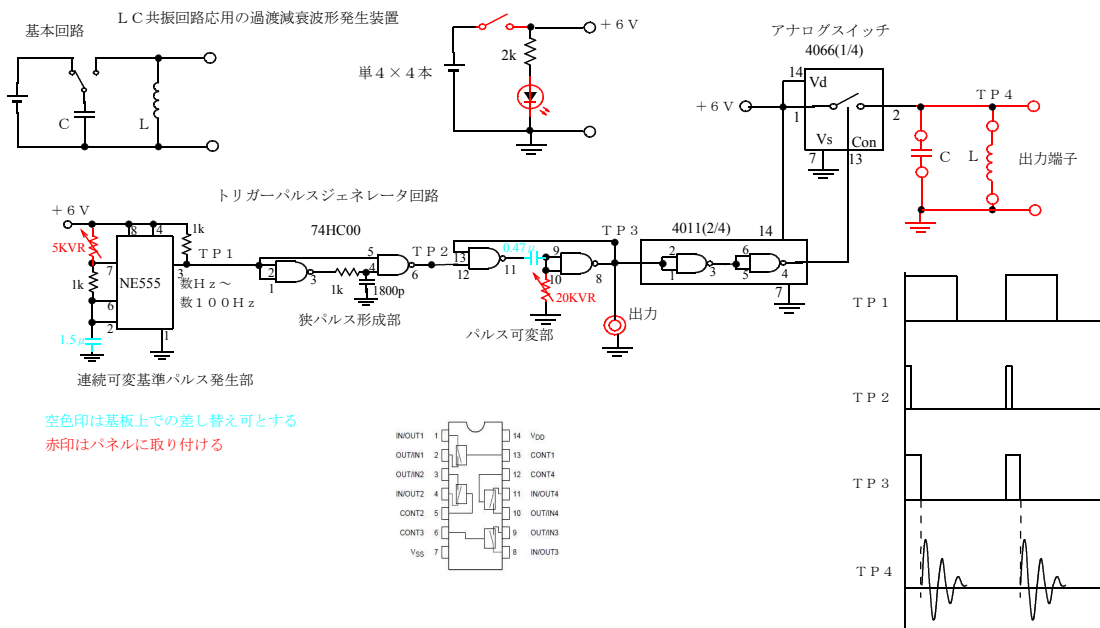
付録

過渡現象発生器

参考文献(1)で紹介している装置であるが、少し改良を加えたものとした。付図が回路図である。参考文献(1)で紹介しているトリガーパルス発生回路とLC共振発生回路を一体とした装置である。

できるだけ広範囲の周波数での動作を考え、幾つかの部品の差し替えで周波数の変更ができるようにしている。

LC回路への電圧の印加はアナログスイッチで行っている。このスイッチのオンとオフの時に、過渡減衰波形が発生する。従って、1パルスごとに、2個の減衰波形が発生する。



付図 回路図。



付写真 装置の外観。