

パーソナルコンピュータを用いた 周波数特性の自動計測

家 入 勝 吾・白 滝 順
富 田 鉄 雄・石 原 学*

Automatic Measuring System of Frequency
Characteristics Using Personal Computer

Shogo IEIRI, Jun SHIRATAKI,
Tetsuo TOMITA and Manabu ISHIHARA*

Abstract

In this paper the automatic measuring system using the 16-bit personal computer is described which is capable of measuring the gain characteristics of electric and electronic circuits over the frequency range from 10 Hz up to 1 MHz.

The accuracy of measurement is less than ± 2 dB over this entire bandwidth, while less than ± 1 dB over the range from 20 Hz to 1 MHz. The difference of these values seems to be caused by the instability in the low frequencies from 10~20 Hz of the sinusoidal oscillator used.

The duration required to process the data measured at 86 frequencies is about 90 seconds.

Its hardware and software, and an experimental result are also presented here.

1. ま え が き

電子・通信・情報工学などの分野における新しい技術の開発、実用化に伴い、計測の領域においても IC を中心とする数多くの新しい技術が導入されており、最近の計測技術の進歩・発展は目覚ましいものがある。

計測分野においては、その機能を一層向上させるために、計測システムの自動化がはかられている。自動計測システムの主なねらいは、測定者の手作業量を軽減し、作業中測定者によって引き起こされる種々の誤りを防ぎ、測定に要する時間を短縮し、測定を正確に、かつ迅速に遂行することにある。

近年、特にマイクロコンピュータやパーソナルコンピュータの高性能化、低価格化とともに、それらをシステムの一環とするデジタル計測システムを構成しようとする試みが盛んになってきている。例えば、マイクロコンピュータを用いたヒステリシス曲線トレー

サ¹⁾やパーソナルコンピュータを利用した計測システム²⁾などの構成例が発表されている。これらのシステムは、それぞれの測定対象に適合している自動計測システムであるが、今後さらに多種多様な自動計測システムの開発、実用化が進むにつれて、コンピュータの有効利用による高機能、高効率な計測システムが確立されるものと思われる。

この度、われわれは、パーソナルコンピュータ if 800 model 50 (沖電気工業 KK 製) を利用し、フィルタや増幅器などの周波数特性の自動計測システムを設計・試作した。本システムによる測定可能な周波数範囲は、10 Hz~1 MHz であり、測定精度は 10 Hz~1 MHz までの周波数帯域内では ± 2 dB 以下、20 Hz~1 MHz までの帯域内では ± 1 dB 以下である。なお、システム内での処理時間は 86 ポイントの 1 出力 (測定点: 10 Hz~1 MHz までの帯域内の 86 周波数) あたり約 90 秒である。

以下に自動計測システムの構成、動作、ソフトウェアおよび実験結果などについて報告する。

* Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Meisei University.
昭和 61 年 10 月 2 日受理

2. システムの構成

コンピュータを利用するシステムには定まった形式があるわけではなく、使用目的によって種々の構成法が考えられる。

われわれは自動計測システムを構成するにあたり次の諸項目を考慮して設計・試作を行うことにした。

- (i) コンピュータにより計測機器の制御を行い、必要に応じた測定を行う。
- (ii) A/D 変換器により、アナログ信号をデジタル信号へ変えてコンピュータへ入れる。
- (iii) パーソナルコンピュータは指定されたプログラムによってデータの演算を行う。
- (iv) 演算結果を外部周辺機器へ出力、表示し、ま

た記憶装置に保存する。

このような考えのもとに試作された計測システムの外観を Fig. 1 に示す。またシステム構成のブロック図を Fig. 2 に示す。

本装置は、Fig. 1 にみられるように、パーソナルコンピュータ if 800 model 50 を主体とし、A/D 変換部とインタフェース回路から構成されている。

A/D 変換部は、RMS-TO-DC 変換器、遅延回路、A/D 変換器、表示回路および電源回路などから成っている。

インタフェース回路には、インテル 8255A (Programmable Peripheral Interface 略称 PPI) を 2 個、並列にし、16 ビットとして使用している。インタフェースは、A/D 変換器や発振器をコンピュータで制

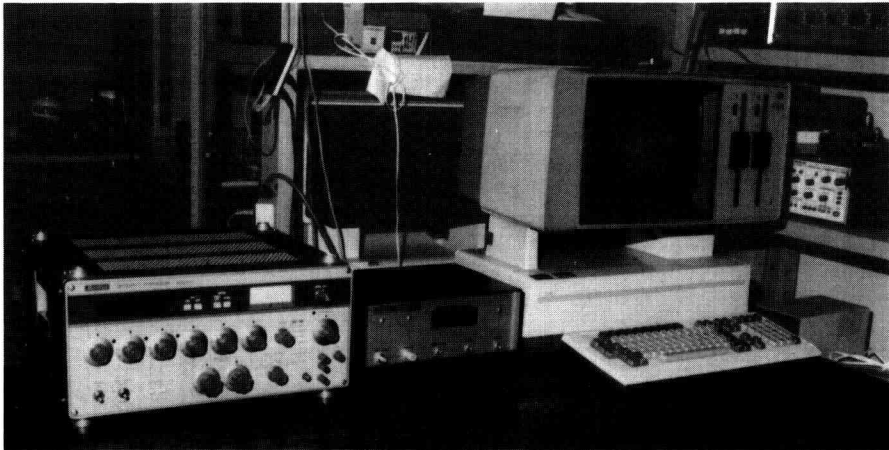


Fig. 1. Photograph of automatic measuring system.

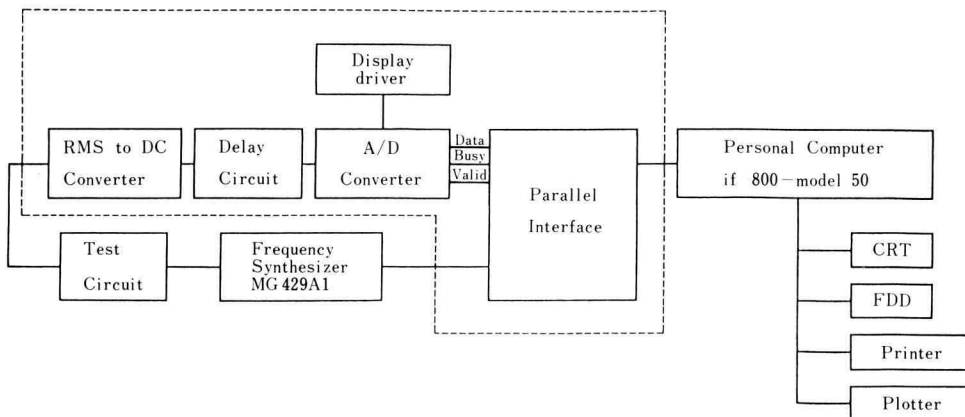


Fig. 2. Block diagram of system.

御可能とするために必要なものである。

なお、パーソナルコンピュータの出力(利得-周波数特性)は、CRTで観測、フロッピーディスクに保存、X-Yプロッタで印刷できる構成になっている。

3. システムの動作

本システムは、周波数 10 Hz~1 MHz までの範囲の利得-周波数特性を測定できるように設計されている。

A/D変換部では、アナログ入力信号(正弦波交流電圧)をRMS-TO-DC変換器に加える。RMS-TO-DC変換器は、演算増幅器を用いた直線性の良い全波整流回路から成り、印加された入力AC電圧の実効値に等しい大きさのDC電圧が得られ、DCに変換された信号をA/D変換器に加える。しかしここで用いているA/D変換器は、C-MOS ICで、電源が切れている状態で入力信号が印加されると破損されるおそれがあるので、安定な動作をさせるために、A/D変換器の前に遅延回路が挿入されている。

またA/D変換器によってディジタル信号に変換されたデータは、汎用パラレルインタフェースを介してパーソナルコンピュータに送られ、CRTディスプレイなどでその値をみることもできるが、例えば発振器出力を被測定回路の入力レベルに合わせるときなどの動作確認のために、4桁の7セグメントLEDを用いた表示回路が設けられている。

A/D変換器は、最大入力電圧を5Vとし、精度を上げるために12ビット、すなわち1.2 mV/ビットが採用されている。A/D変換器では、パーソナルコンピュータより汎用パラレルインタフェースを介して変換開始が要求されると、単安定マルチバイブレータ74121において、幅が約790 μ s、高さが5Vのパルスが作られる。これを変換開始パルスに加えると、ビジイ信号がHレベルとなり、約10 μ sの間に積分用コンデンサの放電とカウンタのリセットが行われ、A/D変換が開始される。変換が始まると、連続的な入力電流 I_{IN} と逆特性の基準パルス電流 I_{REF} の合計が積分される。 I_{REF} パルスは、内部の演算増幅器の加算点での入力を0近辺におさえるために加えられている。この I_{REF} パルスの総数はカウントされ、変換が終了すると出力にラッチされる。変換が終了すると、クロックカウンタまたはデータカウンタがオーバフロー状態となり、引続いて10 μ sのシャットダウンサイクルとなる。その時間中

の後の5 μ sの間、「データ有効」出力がLレベルとなり、その間に変換結果を出力へ転送する。そしてシャットダウンサイクルの終点で、「データ有効」出力はHレベルになり、出力が変換結果でラッチされたことを示す。次にビジイ信号がLレベルになり、変換の1サイクルが完了する。

次に、A/D変換器や信号源となる発振器をパーソナルコンピュータで制御するために必要なインタフェースについて簡単に説明する。パーソナルコンピュータ if 800 model 50は、16ビットCPUを用いているから、データバスも16本ある。そのために本システムでは汎用パラレルインタフェース8255Aを2個使用して、6ポートに拡張してある。

アドレスバスでは、8255Aを動作させるために \overline{CS} 信号を与えなければならない。そこでアドレスライン16本を使い、ゲート回路などにより \overline{CS} 信号を作る。ただしアドレスバスは片方向であるから、 \overline{ENABLE} \overline{G} をグランドにし、 \overline{DIR} をHレベルに引き上げて信号の流れる方向を固定している。

なお制御作号の \overline{RDY} および \overline{DBIN} についてはオープンコレクタとし、 \overline{RESET} は74LS04で正論理に変えて8255Aへ送っている。また \overline{IORD} と \overline{IOWR} については、8255Aの \overline{RD} と \overline{WD} に74LS245を通して接続している。

4. ソフトウェア

システム制御用ソフトウェアについては、メイン処理部はO-BASIC Rev 1.0言語で、またI/O制御部は機械語で書かれている。本システムでは、次に記す処理が行えるようになっている。

- (i) 正弦波発振器とA/D変換器の制御
- (ii) 測定結果の入力・計算
- (iii) 外部周辺機器への計算結果の出力

また、プログラムは、Fig. 3のフローチャートに示しであるように、下記の処理手順に大別される。

- (1) 初期設定(初期画面)
- (2) 作業選択
- (3) 出力周辺機器選択
- (4) ファイル管理処理選択
 - (a) ファイル削除
 - (b) ファイル名変更
 - (c) ロード
- (5) 被測定物名入力

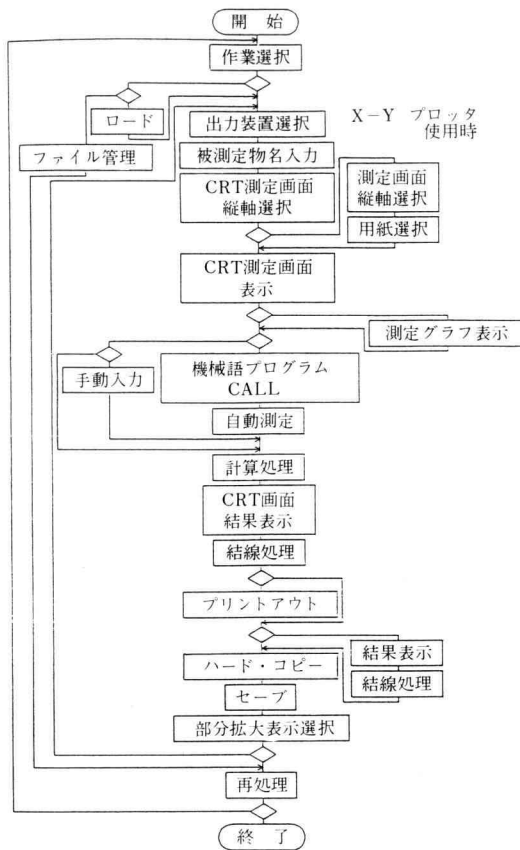


Fig. 3. Flowchart of program for system control.

- (6) 測定グラフ縦軸選択 (CRT, X-Y プロッタ)
- (7) X-Y プロッタ用紙選択
- (8) 測定画面表示 (CRT, X-Y プロッタ)
 - (a) 縦軸
 - (b) 横軸 (電圧, 利得)
 - (c) 被測定物名
- (9) 手動入力作業
- (10) 機械語 I/O 制御 (自動測定)
- (11) 計測結果の表示 (CRT, X-Y プロッタ)
- (12) 結線処理 (CRT, X-Y プロッタ)
- (13) プリント出力
- (14) ハードコピー
- (15) 計測結果セーブ
- (16) 部分表示選択
- (17) 再作業選択
- (18) エラー回復処理

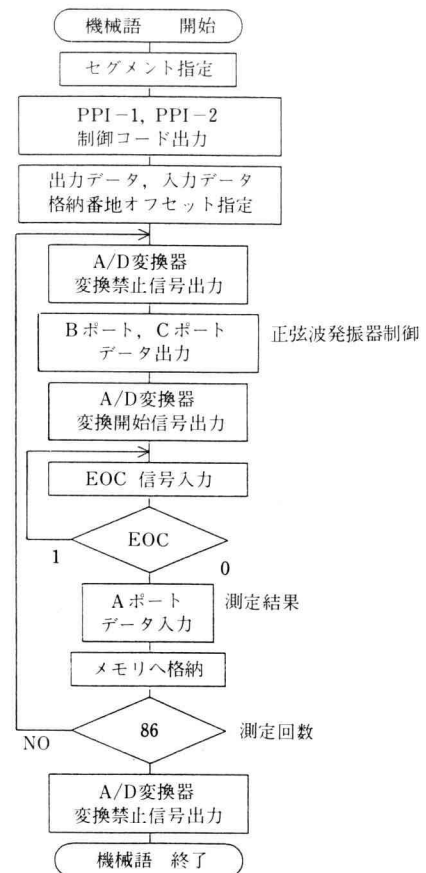


Fig. 4. Flowchart of subroutine program for input-output control written in machine language.

Basic 言語プログラムは, (1)~(18)までの手順のうち, “(10)の機械語 I/O 制御 (自動測定)”を除く残りすべての処理を行うプログラムである。

機械語プログラムのフローチャートを Fig. 4 に示す。このプログラムは, 次に記すような機能を有している。

- (1) 正弦波発振器 (MG429A1) の制御
- (2) A/D の変換器の制御
- (3) 測定結果の入力およびメモリの格納

5. 実験結果

試作した自動計測システムを用いて, 各種の増幅器やフィルタなどの利得-周波数特性を測定した。帯域通過フィルタ (通過帯域 200 Hz~80 kHz) の周波数特性

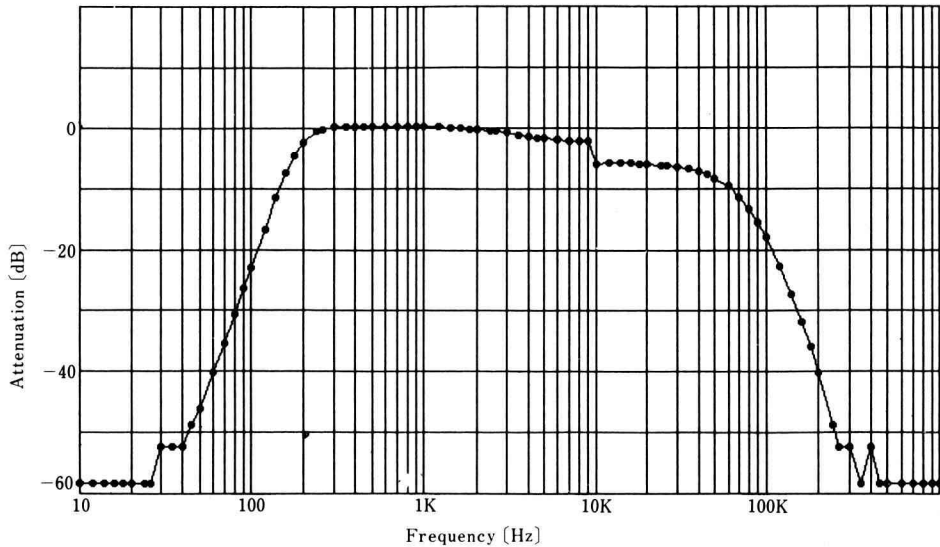


Fig. 5. Frequency characteristics of a bandpass filter measured by automatic system.

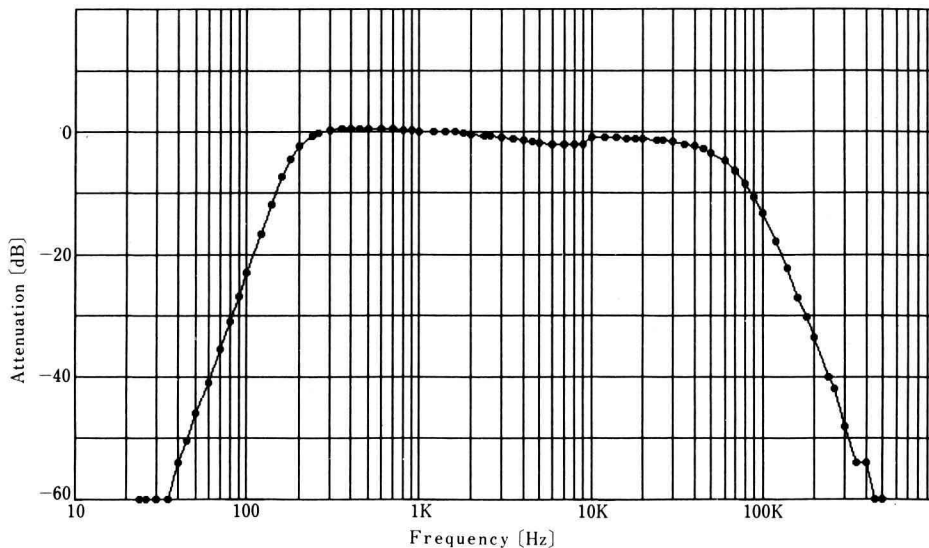


Fig. 6. Frequency characteristics of the same bandpass filter as in Fig. 5 measured by manual system.

について測定した一例を Fig. 5 に示す。なお、同じフィルタを手動で測定して得られた結果を Fig. 6 に示してある。Fig. 5 において、周波数 10 kHz 以下と以上で利得（縦軸）に差異を生じているのは、周波数レンジ切替えによって発振器出力が変化していることによる。

本システムの測定精度は、周波数 10 Hz～1 MHz までの範囲では ± 2 dB 以下、周波数 20 Hz～1 MHz までの範囲では ± 1 dB 以下である。また、システム内での処理時間は、測定周波数 86 ポイントの 1 出力あたり約 90 秒である。

なお、X-Y プロットに使用可能な用紙として、規格

用紙 6 種類を選択することができ、かつ最大 420×297 mm² (A3) まで縦、横の長さをそれぞれ 1 mm の単位で変えることができる。

6. あ と が き

今回、われわれは、パーソナルコンピュータ if 800 model 50 を利用して、利得-周波数特性の自動計測システムを設計・試作した。測定可能な周波数範囲は、10 Hz~1 MHz であり、測定確度は、10 Hz~1 MHz の周波数帯域内では、 ± 2 dB 以下、20 Hz~1 MHz の帯域内では ± 1 dB 以下である。10~20 Hz の間で測定確度が低下するのは、正弦発振器の不安定さに起因するものであるが、この点については改善が必要であろう。

処理時間は、1 出力 (86 ポイント) あたり約 90 秒であるが、より一層の高速処理が可能となるように、今後機械語に変更していくことが望ましいと考えられる。

本システムのような周波数制御方式の利点は、周波数の決定が確実にできること、また D/A 変換器を製作する必要がなく、回路を簡素化できることなどにある。なお、プロット周波数は、各桁とも 17 値で、計 86 ポイントに設定してあるが、この点については、実用上問題を生ずることはないと思われる。

おわりに、振幅特性とともに位相特性も同時に測定

できるようにするために、自動位相特性測定器を試作中であり、ハードウェアおよびソフトウェアの拡充整備を進めていることを付記しておく。

本システムは、幾徳工業大学電気工学科昭和 58 年度卒業研究学生 田代 隆則君 (現在 名幸電子工業 KK)、昭和 60 年度卒業研究学生 越後谷 研一君 (現在 日本電気アイシーマイコンシステム KK) および新村 隆君 (現在 カシオ計算機 KK) の三学生がそれぞれ卒業研究として設計・試作した成果を基にしてでき上ったものである。計測システムの各部の配線・組立て、試験などは、すべて学生達の手によって行われた結果の積み重ねによるものであり、学生諸君の創意工夫とたゆまぬ努力に対して、深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Kenji Ishikawa, Waichi Tomoda and Koichi Toyoda; A Hysteresis Curve Tracer Using a Single-Board Microcomputer, Proc. 4th Meeting Ferroelectric Materials, J.J.A.P., vol. 22 (1983), Supplement 22-2, pp. 106-108.
- 2) 南 茂夫編著; 科学計測のための波形データ処理, CQ 出版社, (昭和 61 年)