

マイコンを用いた非線形関数発生器について

高瀬博文, 中川孝之

緒 言

動作系のアナログシュミレーション, リニアライザ, 可変ゲインアンプ等のシステムの研究には, 非線形関数発生装置が必要であることを感じた。種々の動作系の特性は一般に非線形である場合が多く, すでに, ダイオードをはじめとする非線形素子や演算増幅器などの組み合わせからなる非線形特性を得る方法は衆知の通りであるが, その特性, 再現性がじゅう分ではない。また, これまでの方法で得られるものは固有の非線形性を得ることができるが, 一般性を有するものとはなし得ない欠点を有する。

1. 装置の概要

ここでは, 入力電圧 x (volt)と出力電圧 y (volt)との間に $y=f(x)$ なる関係を満足する関数発生のための装置をマイクロコンピュータを用いて得ることの作製例について述べるものである。

1.1 動作原理

この装置の動作原理はつぎのようである。

この装置は, マイクロコンピュータとRAM, A/Dコンバータ, D/Aコンバータ等の主な部品から組立てられ, ブロック線図は図1のようである。

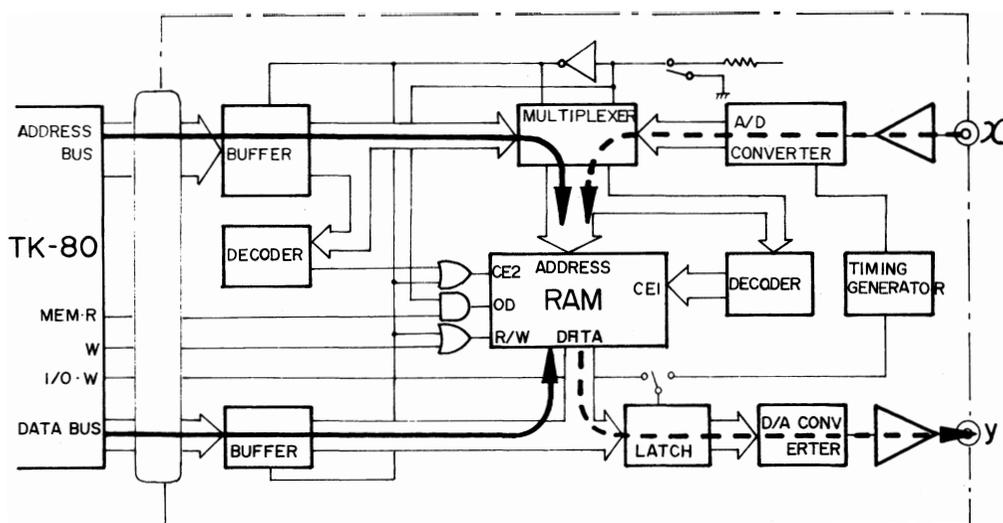


図 1

これらのブロックのアドレスバスやデータバスはコネクタでマイクロコンピュータのバスと接続される。動作は2つに大別され、信号の流れは図において実線と点線とで示す。

実線は使用する前にあらかじめ装置を操作するため、マイクロコンピュータからのデータの伝達をあらわす信号の向きである。また点線は、関数発生器として動作している場合の信号の流れの向きを示している。すなわち、動作にあたり、まず実線で示すようにマイクロコンピュータとRAMとの間のアドレス線およびデータ線を接続し、RAMに関数関係をあらわすデータを書き込む。この場合、コンピュータは所要の関数式に従う数値計算を行ない、得られた結果をRAMの各番地へ格納する。このとき、RAMの各番地が入力電圧 x で定まり、その番地に出力電圧 $y = f(x)$ がデータとして記憶されることになる。

1 KバイトのRAMに全部のデータ(1024個)の書き込みが完了した後、使用することが可能となる。使用に際して、点線で示す使用状態に切り換える。この状態では信号が、アナログ入力(x)→A/Dコンバータ→RAMのアドレス線→RAMのデータ線→D/Aコンバータ→アナログ出力信号(y)と矢印の方向に信号が流れる。A/Dコンバータからメモリ、およびメモリからD/Aコンバータ間では10ビットおよび8ビットの2進コードで示される信号として伝達される。D/Aコンバータ以後は、アナログ信号 x に対応する y がアナログ信号として出力される。

すなわち、入力信号電圧 x をデジタル変換した10ビットの2進コードでRAMのアドレスを指定し、そのアドレス内に記憶されているデータをD/A変換した後、この値を出力信号 y とする。

1.2 テーブル用メモリ

関数データを記憶するテーブル用のRAMには、 μ PD5101を8個使用し、合計1 Kバイトの記憶容量とした。この μ PD5101は、CMOS RAMでSTATIC動作をするものである。このようなタイプのRAM(CMOS, STATIC)をテーブル用のメモリとして使用することによって、バッテリーによる記憶データの保存が可能となる。

RAMに関数データを格納する際のアドレスおよび入力電圧 x 、出力電圧 y との関係を図2によって説明する。

図において横軸および縦軸にそれぞれ x 、 y をとり、共に全域を ± 10 ボルトに配分し、それぞれ入力信号電圧、および出力信号電圧とする。

RAMに対してコンピュータ側から見たアドレス配置は、16進表現でA000～A3FFを割り当てている。この領域の1024点のアドレスに、 ± 10 ボルトの入力電圧に対応する関数データを8ビットで記憶する。1024個のアドレスには、数値計算を行なうために、便宜上-512(FE00)～+511(01FF)の数値を割り当てており、このことを図2ではDATA・Xと表示している。

1.3 A/Dコンバータ

アナログ入力電圧を純2進コードに変換して、関数テーブルをアドレスするためにA/Dコンバータを用いている。1 Kバイトの関数テーブルをアドレスするためには10ビットの分解能のものが必要となり、各種のA/Dコンバータの中から、AD571JDを選んだ。これは、外付け部品なしに完全にワンチップで動作する利点があるが、変換時間がやや遅いようである。

つぎに、動作の概要に述べたとおり、関数テーブルからデータを読み出す状態、即ち使用状態ではCPUは全く動作に関係しない。これはA/D変換器によってコード化されたデータで、関数テー

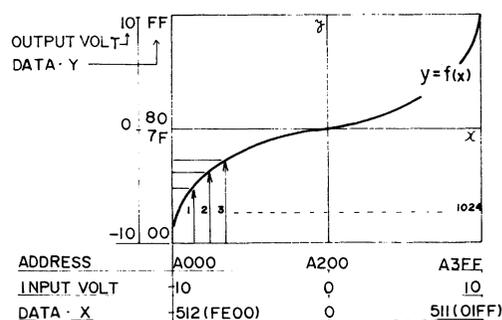


図 2

ルを直接アドレス(DMA)するからである。このとき、関数テーブルをはじめ回路部分は、CPUとは切り離された状態になっている。従って、A/DコンバータはCPUによって制御されるのではなく、自走的に変換を繰返している。この繰返しに関するタイミングを図3に示す。

この繰返しの基本となる CLOCK のタイミングはインバータによる無安定マルチバイブレータによって発生し、周期を $6\mu\text{sec}$ に定めてある。このCLOCKをリングカウンタで $\frac{1}{8}$ に分周して、周期 $48\mu\text{sec}$ のパルスを作り、これをA/D変換器の変換開始信号(START CONVERT)とする。この立ち下がりでA/D変換が開始され、その後、約 $25\mu\text{sec}$ 後にDATA・READYがLレベルとなって変換が終了したことを外部に知らせる。他方、A/D変換されたデータが10ビットのデジタルコードとして確定する。以後、RAMのアドレスバス、データバス、ラッチ等は図のような状態となる。この変換の1サイクルが $48\mu\text{sec}$ となっている。

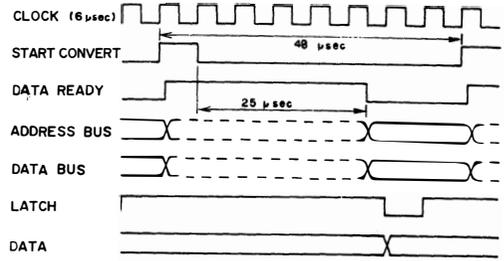


図 3

1.4 その他の回路

図1に於いて一点鎖線で囲ったブロックが製作を要する部分であり、この結線図を図4に示す。この内、メモリおよびA/Dコンバータの役割りの重要性についてはすでに述べた。その他の各部について詳細な動作などの説明は別の機会に取扱い、ここでは省略したい。

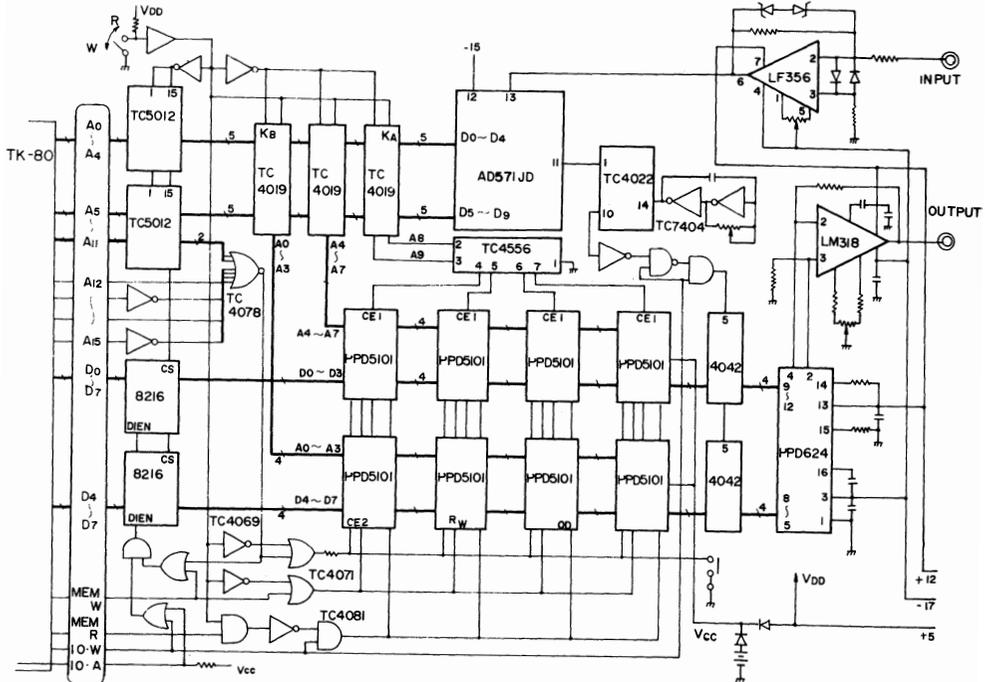


図 4

2. プログラム

マイクロコンピュータの使用は、関数テーブルを作るためのものであることをこれまで述べた。このテーブルの作成の作業はすべてプログラムによって行なわれ、次の3つのプログラムで構成される。

- (1) メインループ 初期状態の設定、各部のデータ型式の統一、計算回数のカウントなど、プログラム全体に対する管理を行なう。
- (2) 数値計算サブプログラム (参考文献1の中の固定小数点演算パッケージを使用)
- (3) 関数計算 所要の関数式に従う数値計算を上記の数値計算サブプログラムを使用して行なう。

これらのプログラムの実行過程で、プログラム(1)の中で(3)がコールされ、(3)の中で(2)がコールされる。このプログラムに於いて、(1)と(2)は、どのような関数の場合でも共通に使用されるものであり、(3)は所要の関数式に従って、その都度、用意されるものである。

図5にメインループのフローチャートを、図6にその機械語リストを示す。図中、X・INIT, CHECK, COUNTの各プログラムはおよそ次の作業をおこなう。

- (a) XINIT 関数計算サブルーチン内で使用するデータXの初期値をデータエリアに設定する。
- (b) COUNT 計算回数のカウント、計算データの転送先の指定、進行状態の表示などを行なう。
- (c) CHECK 計算結果のオーバーフローをチェックし、データ型式をD/A変換器の入力型式に合わせる。その後データテーブルに転送する。ACCとは計算結果の置かれるワークエリアの先頭番地のことである。

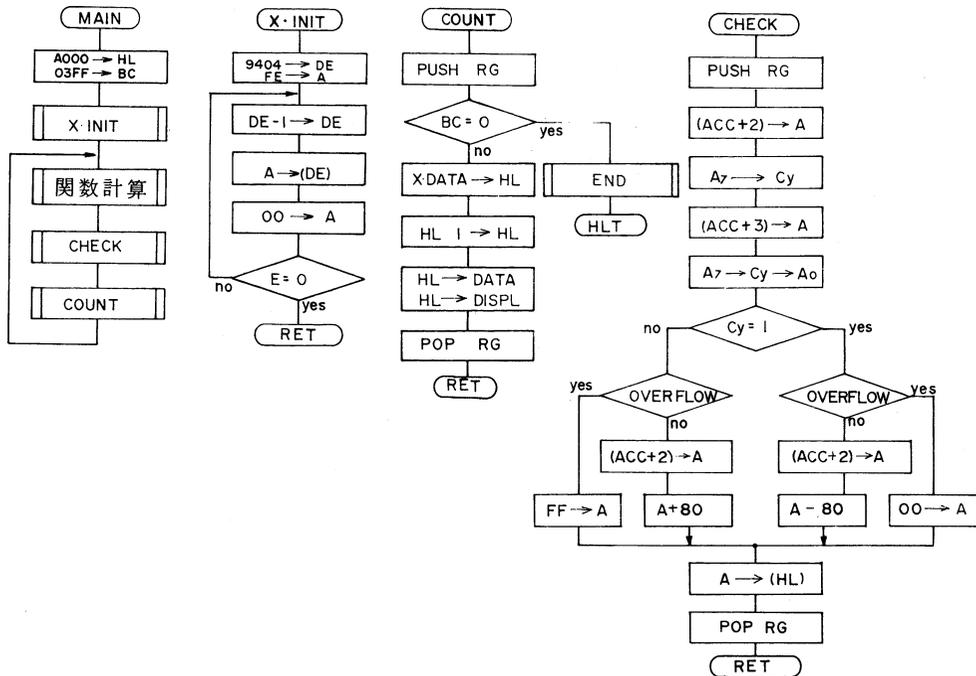


図 5

<ADDRESS>	<M.CODE>	<MNEMONIC>				
			933C	EE 00	XRI 00	
			933E	C2 58 93	JNZ 9358	
			9341	3A 06 90	LDA 9006	
***** JMP	TEABLE *****		9344	C6 80	ADI 80	
*****	SINE *****		9346	C3 5D 93	JMP 935D	
92A0	21 E2 94	LXI H 94 E2	9349	EE FF	XRI FF	
92A3	22 6E 93	SHLD 93 6E	934B	C2 56 93	JNZ 9356	
92A6	21 40 94	LXI H 94 40	934E	3A 06 90	LDA 9006	
92A9	22 0A 93	SHLD 93 0A	9351	D6 80	SUI 80	
92AC	C3 00 93	JMP 93 00	9353	C3 5D 93	JMP 935D	
*****	(X/A)13/8 *****		9356	3E 00	MVI A 00	
92AF	21 A0 93	LXI H 93 A0	9358	C3 5D 93	JMP 935D	
92B2	C3 A9 92	JMP 92 A9	935B	3E FF	MVI A FF	
*****	(X/A)12 *****		935D	77	MOV M A	
92B5	21 47 96	LXI H 96 47	935E	F1	POP PSW	
92B8	C3 A9 92	JMP 92 A9	935F	C9	RET	
*****	DEADSP *****				COUNTER	
92B8	21 2C 95	LXI H 95 2C	9360	.....	COUNTER	
92BE	C3 A9 92	JMP 92 A9				
*****	LIMIT *****		9360	FS	PUSH PSW	
92C1	21 80 95	LXI H 95 80	9361	00	NOP	
92C4	C3 A9 92	JMP 92 A9	9362	E5	PUSH H	
*****	AX13-8X12-CX+D *****		9363	08	DCX B	
92C7	21 20 96	LXI H 96 20	9364	78	MOV A B	
92CA	C3 A9 92	JMP 92 A9	9365	EE 00	XRI 00	
*****	COMPARATOR *****		9367	C2 70 93	JNZ 9370	
92CD	21 93 96	LXI H 96 93	936A	79	MOV A C	
92D0	C3 A9 92	JMP 92 A9	936B	EE 00	XRI 00	
.....			936D	CA 80 93	JZ 9380	
.....			9370	2A 02 94	LHLD 9402	
.....			9373	23	INX H	
.....			9374	22 02 94	SHLD 9402	
.....			9377	22 F6 83	SHLD 83F6	
9300 ::::::: MAIN LOOP :::::::			937A	C3 00 93	JMP 93C0	
.....			937D	E1	POP H	
.....			937E	F1	POP PSW	
.....			937F	C9	RET	
9300	MAIN				END MESSAGE	
9300	21 00 A0	LXI H 00 A0	9380	.....	END	
9303	01 00 04	LXI B 00 04				
9306	CD 1D 93	CALL 931D	9380	21 F8 83	LXI H 83F8	
9309	CD A0 93	CALL 93A0	9383	3E 5F	MVI A 6F	
930C	CD 30 93	CALL 9330	9385	77	MOV M A	
930F	CD 60 93	CALL 9360	9386	23	INX H	
9312	23	INX H	9387	3E 8F	MVI A 8F	
9313	C3 09 93	JMP 93 09	9389	77	MOV M A	
931D	.....	X INITI SUB	938A	23	INX H	
9400		DATA	938B	77	MOV M A	
9401			938C	23	INX H	
9402			938D	33E 5E	MVI 5E	
9403			938F	77	MOV M A	
931D	FS	PUSH PSW	9390	76	HLT	
931E	D5	PUSH D			DISPLAY HL REGISTER	
931F	11 04 94	LXID 9404	93C0	.....	DISP	
9322	3E FF	MVI A FE				
9324	1D	DCR E				
9325	12	STAX D	93C5	FS	PUSH PSW	
9326	CA 2D 93	JZ 932D	93C1	C5	PUSH B	
9329	AF	XRA A	93C2	D5	PUSH D	
932A	C3 24 93	JMP 9324	93C3	E5	PUSH H	
932D	D1	POP D	93C4	CD 00 01	CALL 01C0	
932E	F1	POP PSW	93C7	E1	POP H	
932F	C9	RET	93C8	D1	POP D	
.....	OVERFLOW CHECK		93C9	C1	POP B	
.....	DATA ADJ TO FG		93CA	F1	POP PSW	
9330	FS	PUSH PSW	93CB	C3 7D 93	JMP 937D	
9331	3A 06 90	LDA 9006				
9334	17	RAL				
9335	3A 07 90	LDA 9070				
9338	07	RLC				
9339	DA 49 93	JC 9349				

3. 実験例

関数発生器は種々の用途に使用できるが、この研究を行なった目的は、非線形振動系に対するアナログシミュレーションの際に非線形特性を有する演算要素がしばしば必要となるからである。このような場合に使用頻度の多い関数として、正弦波、2次、3次、飽和、不感帯、コンパレータなどのプログラムを作成した。つぎにその結果得られた特性曲線をXYレコーダ上に描いた例を図7に示す。図中のa,b,c,d, x_n, y_n 等は設定可能なパラメータである。

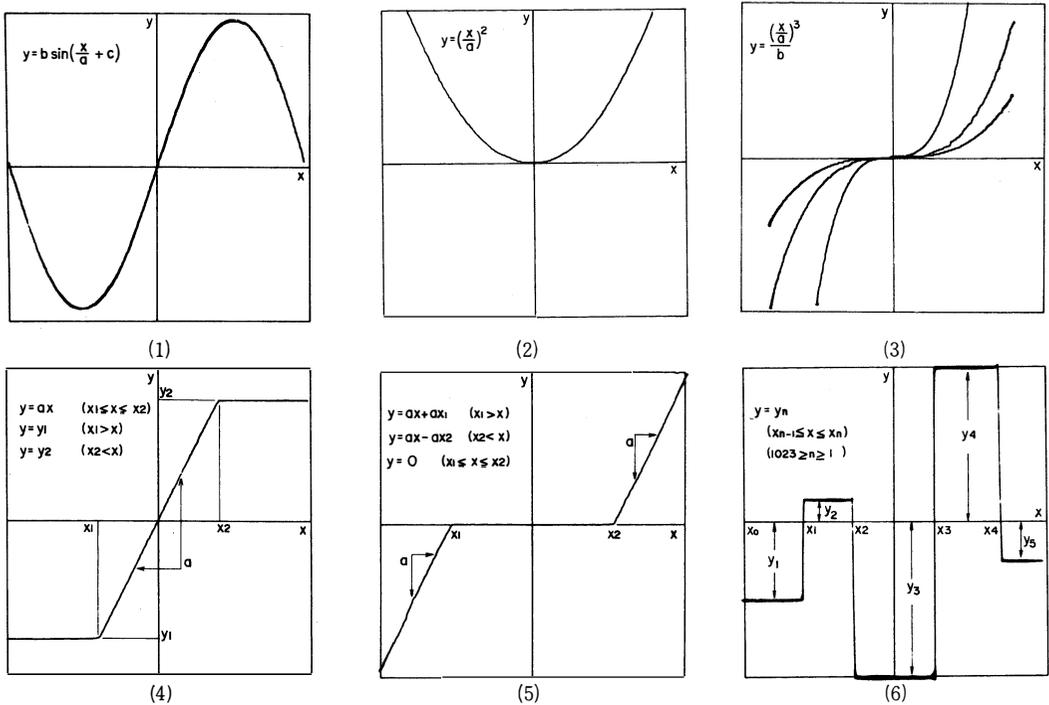


図-7

結 言

マイクロコンピュータを使用して、アナログ計算機をはじめ、その他の装置に必要となる非線形特性を有する、使い易い関数発生器を得ることを目的として試作した。その結果本装置は、波形の精度再現性、および波形の変更に対する柔軟性などにおいて一応満足するものが得られた。

しかしヒステリシス関数のように、或る入力値に対し、2つ以上の出力値を有するような関数形は発生できず、工夫を要することがわかった。

なお、現在約20[Hz]の繰返しに対応できるが、この値はデータの読み出しにDMAを使用している効果を十分に発揮してはいない。これはA/D変換器の変換時間が最も支配的であり、高速A/D変換のための工夫も必要である。

参考文献 (1)	大川善邦	演算プログラムの作り方	90	(1981) 産報出版
(2)	松坂知行	インターフェース	183, 2	(1982) C Q 出版社
(3)	蒲生良治	トランジスタ技術	241, 4	(1979) C Q 出版社

On the Device of the Nonlinear Function Generator by using the μ -Computer

Hirofumi TAKASE, Takayuki NAKAGAWA

This report is explained to the working of the apparatus which is made the function generator by associating μ -computer with programs of the machine words, and generated the characteristics curves of generator.

マイコンを用いた非線形関数発生器について

〔英文和訳〕

高瀬 博文, 中川 孝之

この報告は、 μ コンピュータと機械語のプログラムの組合せにより作られた関数発生器の働きに関する説明と、その装置の特性曲線が図示されている。

(1982年10月20日受理)