

## 1. 目的

GPIBを利用して測定器をパソコンにより制御する方法を学習し、プログラミングによる自動計測ができる。

## 2. 実験の流れ

5年生では自ら実験に取り組み、深いレベルまでの考察が求められます。本実験では測定器のマニュアルを参考にして測定環境を構築し、プログラムを実行させます。テキストは実験内容の指示が書いてあるに過ぎません。

本実験では以下のような流れで2週に渡って実験を進めていく。スムーズな進行のためには実験の準備が不可欠である。分からない点は周りに相談したり、担当教員まで質問に行くこと。なお、実験はオープンスペースで行います。

### 【1週目】実験テキストの指示に沿って個々の測定器をコンピュータで制御する。

- [学習上の要点]
- 1週目はGPIBのプログラミングの概要を理解すること。
  - GPIBケーブルを手順に従って正しく接続できること。
  - 測定器のマニュアルをもとに必要な事項を理解して、実行すること。
  - マニュアルは英語のものもあるので英語力も必要とします。辞書など用意すること。

- [2週目までの課題]
- 自動計測プログラムの流れを考えること。
  - 測定対象となる回路を各自考えてくること。必要となる部品があるか事前に確認すること。

### 【2週目】測定対象について自動計測プログラムを行い、動作と測定結果の検証を行う。

- [学習上の要点]
- GPIBの概要を理解した上で、プログラムの流れを考えること。
  - 測定対象となる回路の特性をあらかじめ調べておき、測定結果と比較すること。

- [レポートのまとめ方]
- 自分が実験で行った内容を要領よくまとめること。テキストを全部写す必要はない。
  - ワープロの使用を認める。ただし、コピーと認められる場合は手書きで再提出してもらおう。ここでいうコピーとは、他人のレポートのコピーのほか、インターネット上の図表、文章をそのままコピーすることも含みます。

## 3. GPIBの概要

GPIBは米国のHewlett Packard社(現Agilent Technology社)が開発したHP-IBという8ビットパラレルの自社測定器専用のデジタルバスであった。世界の計測器メーカー各社がHP-IBに対する測定器を開発するようになり、HP-IBはIEEE-488という公的な規格となった。これが一般にはGPIB (General Purpose Interface Bus)と呼ばれるものである。

GPIBは測定器をコンピュータにより制御、計測するために用いられる。コンピュータおよび測定器の間は24ピンで構成されるGPIBケーブルにより接続される。特徴は以下の通りである。

- 最大15台の測定器を接続可能
- ケーブルの長さは測定器間で4 m以下、全長で20 m以下で用いる。
- コンピュータ、測定器間のつなぎ方は図3-1のように数珠つなぎ、スター型のどちらでも可
- 理論最大転送速度は1 Mbyte/sec

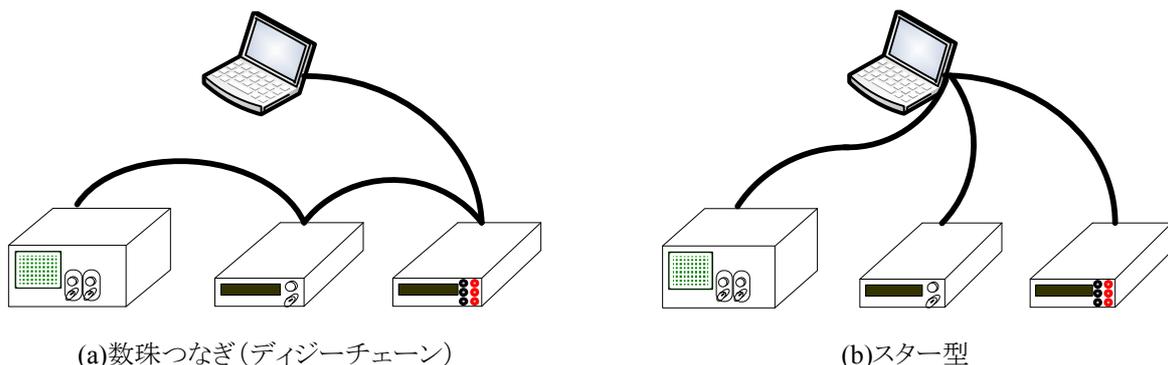
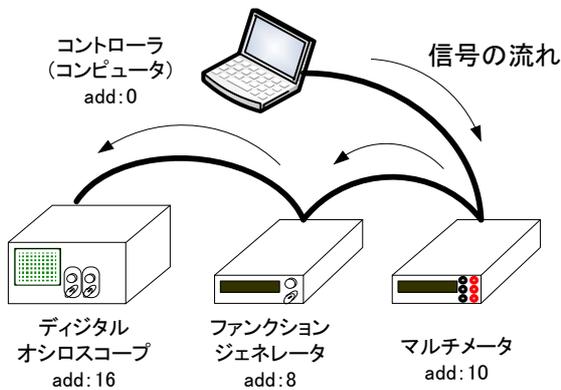


図3-1 コンピュータと測定器のつなぎ方

次に通信の概要について説明する。GPIBで結ばれた機器は、コントローラ、トーカー、リスナのいずれかの役割をもつ。

- コントローラはバスの制御を行ったり各機器へコマンドを送る役割をもつ。一般にコンピュータ(パソコン)を指す。ただし、コントローラはシステムに一台だけしか存在できない。
- トーカーはデータをデータバスへ送出する役割を持ち、同一時刻にバス上に1台しか存在できない。
- リスナはバスからデータを取り込む役割を持ち、同一時刻にバス上に複数存在できる。

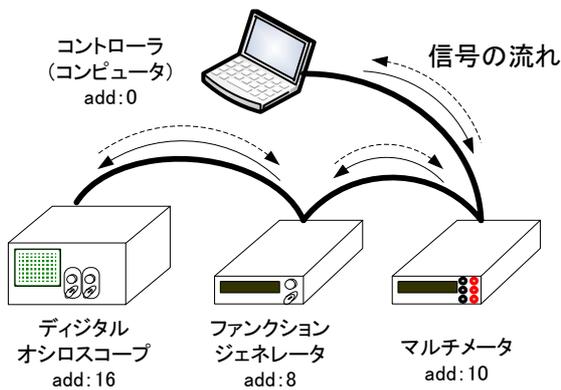
また、接続する測定器にはGPIBアドレスという識別番号が与えられる。アドレスは測定器のパネル上から設定できる。旧式の測定器ではディップスイッチで設定することが多い。GPIBアドレスにより接続されている機器を識別する。以上の状態を図3-2を用いて説明する。



例)コントローラからファンクションジェネレータに  
”sin波 1V 1kHz”の信号を出せ、と命令した場合  
状態)GPIBアドレスが”8”の測定器に対して命令を送る。

トーカー:コントローラ  
リスナ:ファンクションジェネレータ

このとき、デジタルオシロスコープとマルチメータにも信号は入力されるが、アドレスが異なるため無視される。



例)コントローラからデジタルオシロスコープに電圧”VPP”を測定しなさい、と命令した場合

状態)最初にGPIBアドレスが”16”の測定器に対して命令を送る。

トーカー:コントローラ  
リスナ:デジタルオシロスコープ  
次に、”16”の測定器からコントローラに測定値が送られる。  
トーカー:デジタルオシロスコープ  
リスナ:コントローラ

このとき、ファンクションジェネレータとマルチメータにも信号は入力されるが、アドレスが異なるため無視される。

図3-2 トーカーとリスナの関係

ここまで、GPIBの概要がある程度理解できたと思う。各計器はGPIB通信のために各命令や測定値を保持するためのメモリを持っていないなければならないことを付け加えておく。

次節で実際の通信についてももう少し詳しく触れる。ここでは最後にGPIBのピン配列について述べる。GPIBは冒頭でも述べたように8ビットパラレル通信なので8本のバス(信号線)があり、他に管理用のバス8本とグラウンドおよびケーブルシールド8本の合計24本で構成される。各バスの意味は次ページの表3-1に示す。

蛇足ながら”1101”の信号を送る場合のパラレル通信とシリアル通信の違いについて図3-3にその説明をしめすので参考にすること。

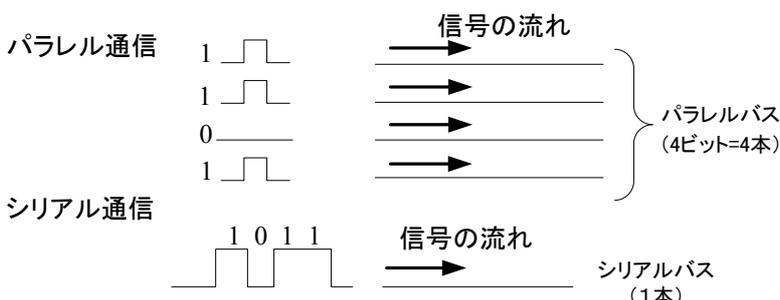


図3-4 パラレル通信とシリアル通信

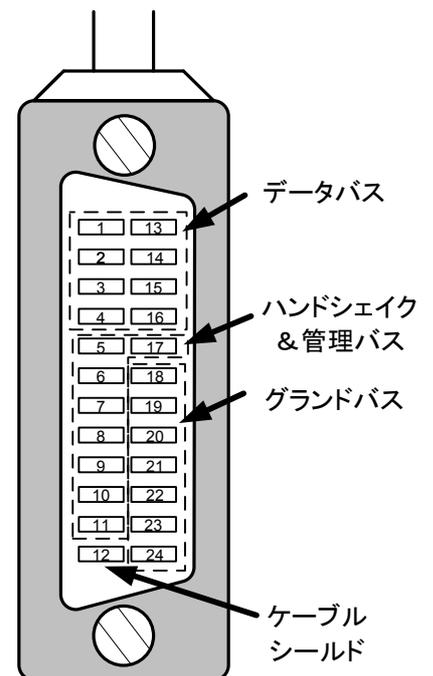


図3-3 GPIBケーブルの形状とピン配置

表3-1 GPIBバスの意味

ピンNo.	信号・記号	機能	
1	DIO1	データ (d <sup>1</sup> … bit 1)	
2	DIO2	データ (d <sup>2</sup> … bit 2)	
3	DIO3	データ (d <sup>3</sup> … bit 3)	
4	DIO4	データ (d <sup>4</sup> … bit 4)	
5	EOI	End or Identify	データ転送の終了
6	DAV	Data valid	データバス上のデータ有効
7	NRFD	Not ready for data	データの受信準備完了
8	NDAC	Not data accepted	データを受け取った
9	IFC	Interface clear	GPIB機器のインターフェース初期化
10	SRQ	Service request	コントローラへのサービス要求
11	ATN	Attention	コマンドとデータの識別
12	シールド	ケーブルシールド	
13	DIO5	データ (d <sup>5</sup> … bit 5)	
14	DIO6	データ (d <sup>6</sup> … bit 6)	
15	DIO7	データ (d <sup>7</sup> … bit 7)	
16	DIO8	データ (d <sup>8</sup> … bit 8)	
17	REN	Remote enable	リモート制御/ローカル制御の識別
18	グラウンド	DAV用	
19	グラウンド	NRFD用	
20	グラウンド	NDAC用	
21	グラウンド	IFC用	
22	グラウンド	SRQ用	
23	グラウンド	ATN用	
24	グラウンド	論理信号共通	

#### 4. GPIBの通信方式

GPIBでは送受信される信号は基本的にはASCIIコードと呼ばれる文字列である。実際のGPIBのコマンドで説明すると、

例) 周波数を100 Hzにしないで ⇔ ”FRQ 100Hz”

のように” ”で囲まれた文字列をアドレスで指定した測定器に送ることになる。実際には”F”から順番に、

”F”→”R”→”Q”→” ”→”1”→”0”→”0”→”H”→”z”

のように送られる。

このとき、文字列は表4-1のASCIIコードに変換される。データバスは8ビットであるが、最上位のビットは値としては意味を持たないので7ビット分の文字列となる。表より”F”は16進数では”0x46”であり、2進数で”1000110”となる。それぞれのビットに対応するデータバスの信号が”1”ならばHiとなり、”0”ならばLoとなれば通信できることが分かる。各文字列についても各自で確認すること。

表4-1 ASCIIコード

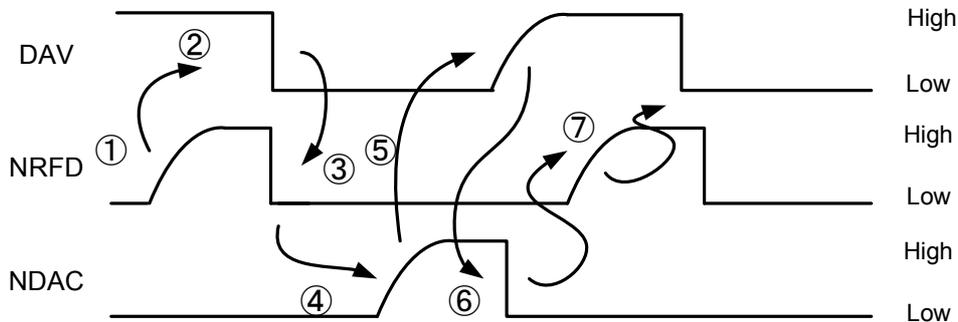
		上位3bit (d <sup>5</sup> ~ d <sup>7</sup> )								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
下位4bit (d <sup>1</sup> ~ d <sup>4</sup> )	16進	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	
	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r	
	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	
	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t	
	5	ENQ	NAC	%	5	E	U	e	u	
	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	
	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	
	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	
	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	
	A	LF/NL	SUB	*	:	J	Z	j	z	
	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{	
	C	FF	FS	,	<	L	\	l		
	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}	
	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~	
	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL	

”F” (BIN)  
(HEX)  
”R” (BIN)  
(HEX)  
”Q” (BIN)  
(HEX)  
” ” (BIN)  
(HEX)  
”1” (BIN)  
(HEX)  
”0” (BIN)  
(HEX)  
”0” (BIN)  
(HEX)  
”H” (BIN)  
(HEX)  
”z” (BIN)  
(HEX)

なお、文字列の最後には自動的にデリミタと呼ばれるコマンドの終了を表す記号がつく。ASCIIコードの”CR”や”LF”または両方をつける場合もあるが、今回の実験では表3-1にある”EOI”信号を出すことにより終了を認識させている。

### 3線式ハンドシェイク

次に GPIB の特徴とも言える 3 線式ハンドシェイクについて説明する。これは確実にデータのやりとりをするために表3-1の3本の線”NRFD”、”DAV”、”NDAC”により、通信の状態を常に確認しながら行うことである。その動作を図4-1に示す。メッセージバイトごとにこの手順を繰り返し、確認しながら通信を行っている。



- ①各開アクセプタのデータ受信の準備ができたなら、最も遅い機器の受信準備完了のタイミングでNRFDラインがHighになる。
- ②ソースは、NRFDラインがHighになったら、DAVラインをLowにし、DIO1-8ライン上のデータ有効であることを、全てのアクセプタに知らせる。
- ③各アクセプタは、現在有効になっているデータの次に続くデータを受け付けないことを知らせるために、一旦、NRFDラインをLowにする。
- ④各アクセプタは、データを受信し、全てのアクセプタがデータを受信完了したら最も遅い機器の受信完了のタイミングでNDACラインをHighにする。
- ⑤ソースはすべてのアクセプタがデータを受信完了するまで(NDACラインがHighになるまで)DIOライン上のデータを保持している。全てのアクセプタがデータを受信完了し、NDACラインがHighになったらDAVラインをHighにし、DIO1-8ライン上のデータが無効になったことを、全てのアクセプタに知らせる。
- ⑥アクセプタは、DAVラインがHighになったら、NDACラインをLowにする。
- ⑦アクセプタである機器は、データ受信が完了したら、受信したデータにしたがって、必要であれば何らかの処理を行う。処理が完了したら、次に続くデータに対して①の動作を行う。

図4-1 3線式ハンドシェイクの動作原理

## 5. 基礎実験

GPIBを使うときは実際にはC言語などでプログラムを組む必要がある。しかし、それではプログラムの知識が必要になる。この負担を減らし、GPIBの使い方および自動計測に特化して作業を進めるために本実験はAgilent Technology社の計測制御用のプログラム言語であるAgilent VEEを用いる。VEEは図5-1に示すようにオブジェクトと呼ばれるアイコンを線でつないでグラフィカルなプログラムを作成することができる。

その利点としては豊富なGUI環境を利用することで、ドライバやライブラリの組み込みといった面倒な作業を簡略化できることである。

さらに演算機能やグラフィックス機能も備えており、測定用途としては必要な機能は全てそろえている。

1週目は各測定器のマニュアルを読みながらVEEの使い方に慣れてもらえばよい。

VEEの基本的な使い方をマスターするために以下の実験を進めること。そして、結果をプリントアウトすること。これがないと実験を行った証拠が残らないの注意すること。

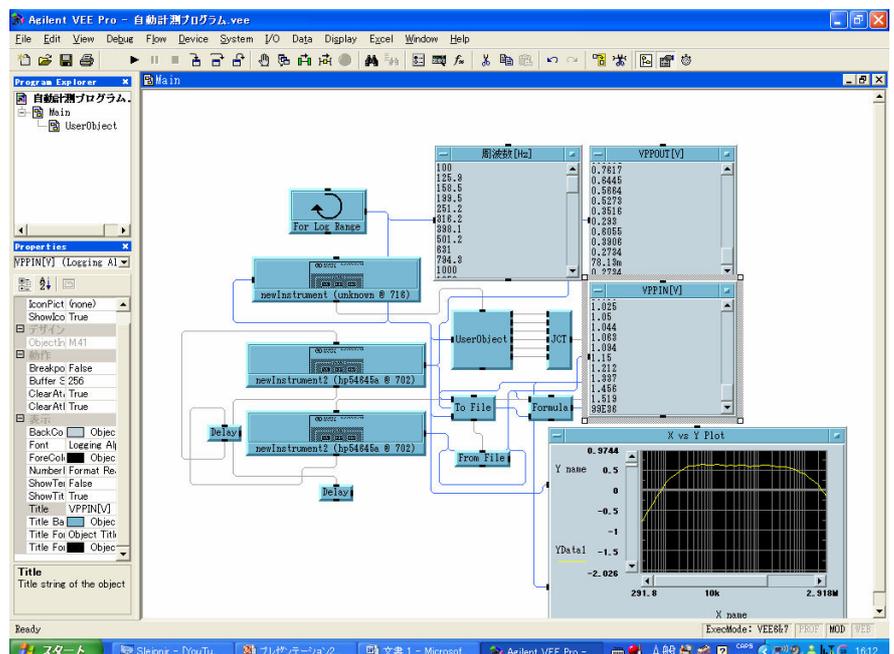


図5-1 VEEのプログラム画面

## 5-1 実験準備

注 パソコンと各測定器をGPIBケーブルで接続するときは測定器の電源を必ず切ること。  
電源が入ったままケーブルの抜き差しを行うと測定器が壊れる原因になります。

(1) 実験装置として以下のものを用意すること。実験はオープンスペースで行うので、実験前に取りに来ること。2週目も同じ構成で実験を行うので型番などをメモしておくこと。

•PC ( )	1台
•ファンクションジェネレータ( )	1台
•デジタルオシロスコープ( )	1台
•USB/GPIBケーブル	1本
•GPIBケーブル	1本
•電源の延長コード	1本
•同軸ケーブル(BNC)	1本

これで1セットの装置となる。3セット用意してあるので3人編成の班であれば1人1セットの環境で実験を行えるが、4人の班は調整する。これ以外に必要なコードなどはその都度取りに行くこと。

(2) PC、ファンクションジェネレータ、デジタルオシロスコープをUSB/GPIBケーブルとGPIBケーブルで接続する。接続はデジチェーンで行うこと。

(3) 接続が確認できたらコンセントに電源ケーブルをつなぎ、電源スイッチを入れる。もし、エラーなどの異常がある場合は一度電源スイッチを切ってから確認すること。

(4) パソコンには”実験実習”でログインする。

(5) デスクトップにある”VEE pro”のアイコンをダブルクリックして起動すること。

(6) メニューバーより、[I/O]→[InstrumentManager]を選択し、図5-1のInstrument Manager ウィンドウを立ち上げる。

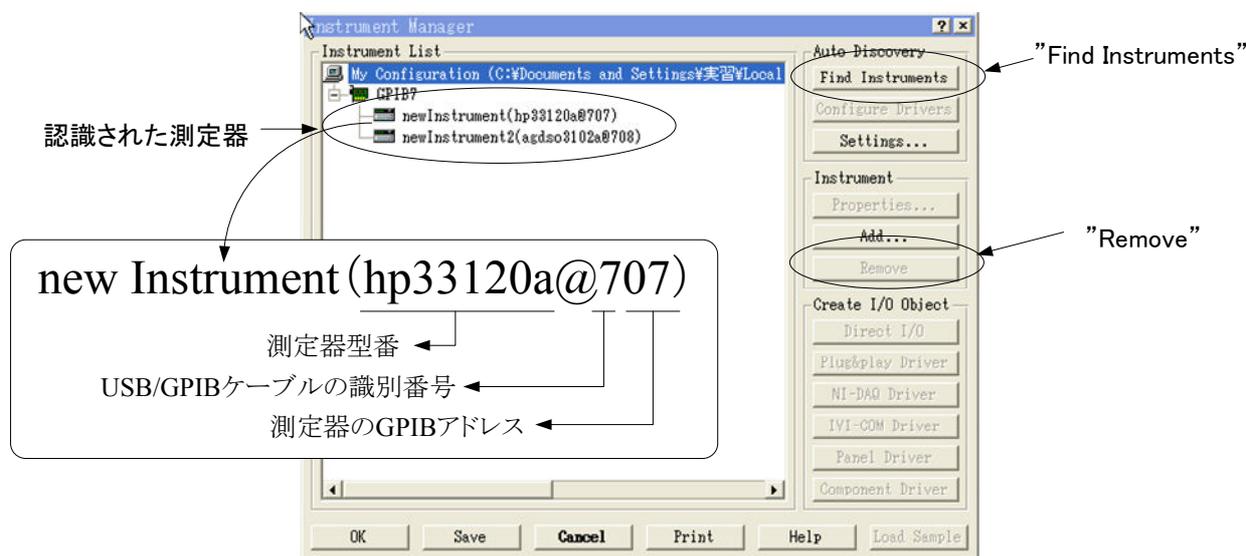


図5-1 Instrument Manager

(7) 立ち上げたときにまだ測定器は認識していないはずだが、図5-1のようにすでに測定器が認識されている場合もある。このときは、各測定器をクリックし、”Remove”ボタンを押して全ての測定器を削除してから(8)に進む。

(8) ”Find Instruments”ボタンを押して測定器を認識させる。このとき、図5-2のように”\*IDN”信号を出して機器を識別するか問われるので”Yes”をクリックする。この作業は測定器の数だけ必要になる。

(9) 図5-1の画面の状態になったら、プログラム環境は整ったといえる。

以上の状態を前提に以後の実験を行う。

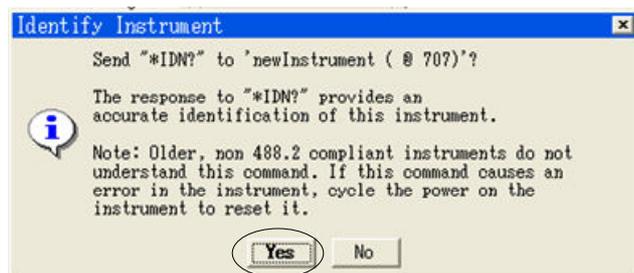


図5-2 Identify Instrument

## 5-2 ファンクションジェネレータの制御

- (1) メニューバーより、[I/O]→[InstrumentManager]を選択し、図5-1のInstrument Manager ウィンドウを立ち上げる。
- (2) 図5-3のようにファンクションジェネレータを選択し(青くなる)、“Direct I/O”ボタンをクリックする。
- (3) 画面上の四角を適当な場所でクリックすると、図5-4の”newInstrument”オブジェクトが現れる。

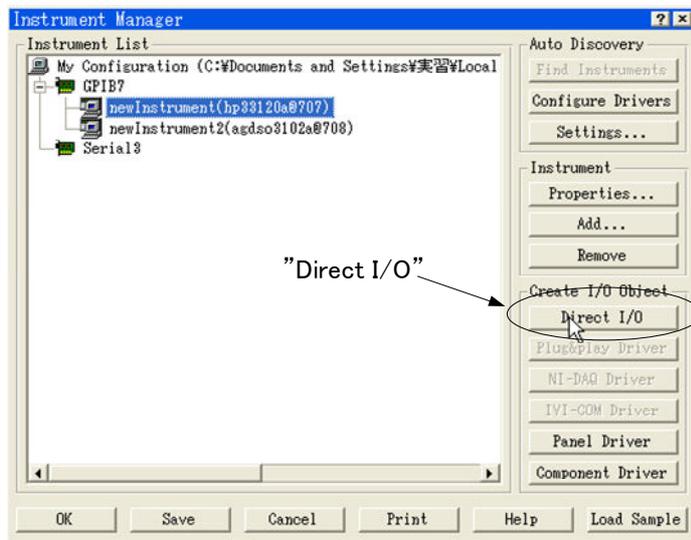


図5-3 Instrument Manager

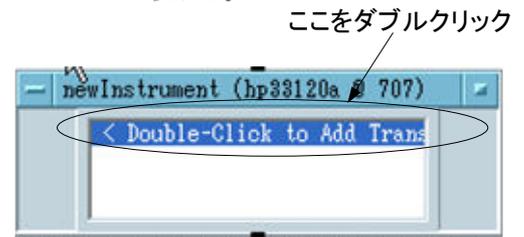


図5-4 ”newInstrument” オブジェクト

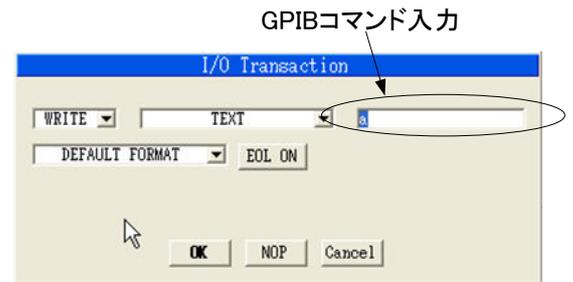


図5-5 ”I/O Transaction”ウィンドウ

- (4) <Double-Click to Add Transaction>をダブルクリックすると、図5-5の”I/O Transaction”ウィンドウが開く。
- (5) ここで”I/O Transaction”ウィンドウの内容について説明する。ここでは選択した測定器に対して、

WRITEプルダウンメニュー： ”WRITE”はコントローラは測定器に信号(文字列)を送信する。  
 ”READ”はコントローラは測定器からの信号(文字列)を受信する。

TEXTプルダウンメニュー： ”TEXT”は文字列でGPIOのコマンドを送る(受ける)。

DEFAULT FORMATプルダウンメニュー： 送受信するデータの型。このまま使う。

EOL ONボタン： デリミタとして”EOL”を使う。このまま使う。

のような意味がある。これ以外の機能は基本的に使わないはずである。

- (6) 現在、”a”と入力されている部分がGPIOの命令を書き込むところである。ここに、” ”で囲まれた文字列を入力する。例として、ファンクションジェネレータに周波数を100 Hzにするように命令する。機種によって命令は異なるが、

”FREQ 100Hz” (古い機種では”FRQ 100Hz”)

と入力すること。スペースも認識するので注意すること。

- (7) 入力したら”OK”ボタンをクリックする。  
 図5-6のnewInstrument”オブジェクトに、

WRITE TEXT ”FREQ 100Hz” EOL

が追加されていることがわかる。

- (8) これがプログラムの基本となる。このプログラムを実行するには図5-7の実行ボタンをクリックする。

VEEはコンパイルを必要としない、インタプリタ言語であるので実行ボタンをクリックするだけでよい。

- (9) ファンクションジェネレータの周波数表示が100Hzになっていることを確認すること。

次ページで周波数を連続で可変する方法について述べる。

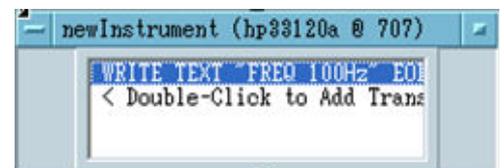


図5-6 ”newInstrument” オブジェクト



図5-7 プログラムの実行

### 5-3 For Log Rangeを使ったファンクションジェネレータの制御

- (1) メニューバーより、[Flow]→[Repeat]→[For Log Range]を選択し、図5-8の”For Log Range”オブジェクトを立ち上げる。  
 ”For Log Range”は始点と終点の間を等間隔で繰り返すループを作りたいときに使うオブジェクトである。ただし、Logは対数なので、対数上で等間隔になるように設定されている。

From : 始点  
 Thru : 終点  
 /Dec : 1decade(10倍)あたりのポイント数

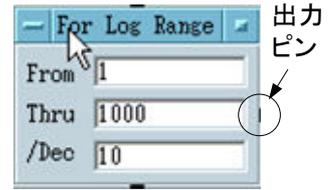


図5-8 ”For Log Range”オブジェクト

オブジェクト左側にある出力端子から繰り返しループの値が出力される。前節で使った”new Instrument”オブジェクトに入力することで周波数を数を連続に変化させてみる。

- (2) ”new Instrument”オブジェクトに入力端子を設定する。オブジェクトを右クリックし、メニューから[Add Terminal]→[Data Input]を選択すると図5-9のようにオブジェクト右側にデータ入力端子ができる。

- (3) ”For Log Range”オブジェクトの出力ピンをクリックし、”newInstrument”オブジェクトの入力ピンをクリックすると2つのオブジェクトが線で結ばれる。

これにより”For Log Range”からの出力が、次のオブジェクトの変数Aとして扱われる。

- (4) ”newInstrument”オブジェクトの先ほど追加した文字列を変更する。図5-9の”WRITE TEXT ...”をダブルクリックし、文字列を次のように変更する。

WRITE TEXT ”FREQ ”, A, ”Hz”

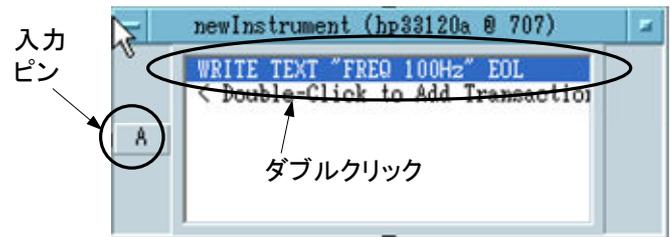


図5-9 ”new Instrument”オブジェクトのデータ入力端子

- (5) 以上の操作により図5-10のようになる。プログラムを実行すると、周波数が1 Hzから1 kHzまで対数上で軸等間隔になるように連続で変わるはずである。各自確認すること。

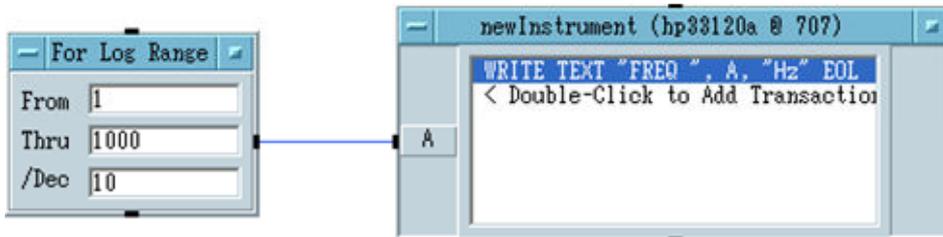


図5-10 周波数を連続で変化させる実験

- (6) 次に”For Range”オブジェクトを使って同様の操作をして動作を確認すること。

### 5-4 デジタルオシロスコープの制御

- (1) 5-2節で述べたようにメニューバーより、[I/O]→[InstrumentManager]より、今度はデジタルオシロスコープを選択して”Direct I/O”ボタンをクリックする。画面上の適当な場所でクリックすると、デジタルオシロスコープの”newInstrument”オブジェクトが現れる。

- (2) 測定するために図5-11のように設定する。命令は  
 <Double-Click to Add Transaction>により追加すること。

WRITE TEXT ”:MEAS:SOUR CHAN1”

...チャンネル1の波形を測定する。

WRITE TEXT ”:MEAS:VPP?”

...指定したチャンネルのVPPを測定する。

VPPとはPeak to peakの電圧のことである。

READ TEXT VPP REAL64

...オシロスコープから測定値を読み込み、変数VPPに格納する。

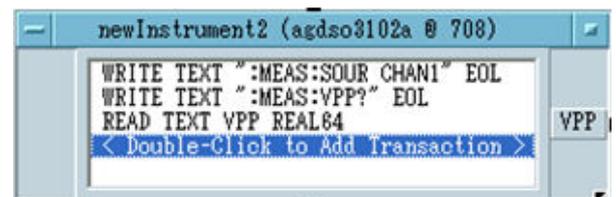


図5-11 オシロスコープの設定

- (3)これだけだと測定値は表示されない。[Display]→[AlphaNumeric]より”AlphaNumeric”オブジェクトを呼び出す。  
 (4)VPPピンと”AlphaNumeric”オブジェクトの左側のピンを結ぶ。この状態が図5-12である。



図5-12 オシロスコープの測定値の表示

- (5)この状態でプログラムを実行すると”AlphaNumeric”オブジェクトに測定値が表示される。  
 (6)例えば、同様の測定を10回行いたい場合、”AlphaNumeric”オブジェクトでは1つしか表示されない。このときは”Logging AlphaNumeric”を利用する。[Display]→[Logging AlphaNumeric]で呼び出し、左側のピンとVPPピンを結ぶ。  
 (7)ループさせるオブジェクトにより10回の測定を行う。  
 [Flow]→[Repeat]→[For Count]より”For Count”オブジェクトを呼び出す。図5-13のように”For Count”オブジェクトの右側のピンと”newInstrument2”オブジェクトの上側のピンを結ぶ。オブジェクト上側のピンはシーケンス(順序)ピンであり、この場合は”For Count”オブジェクトによるループをさせるために結ぶ。  
 (8)以上の操作が終了したらプログラムを実行すること。

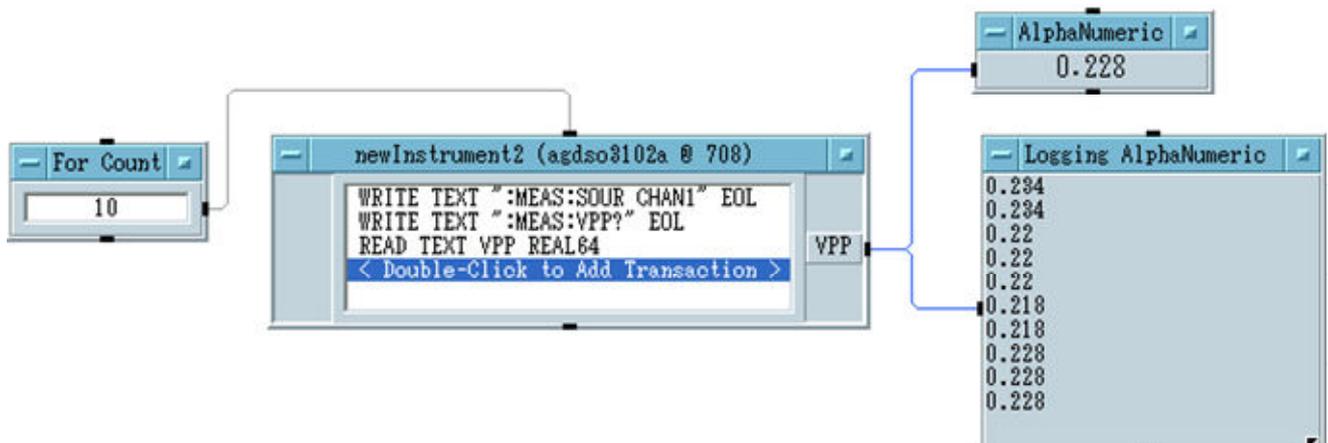


図5-13 ”AlphaNumeric”オブジェクトと”Logging AlphaNumeric”オブジェクトによる測定値の表示

- (9)プログラムによっては測定器が命令を受信してから、測定値を送信するまでに時間がかかる場合がある。これはGPIBによくありがちなエラーであり、このタイムラグを考慮する必要がある。ここでは”delay”オブジェクトにより、待ち時間(ウェイトタイム)を意図的に挿入する方法について説明する。  
 [Flow]→[Delay]として”Delay”オブジェクトを呼び出す。  
 (10)”Delay”オブジェクト内の数字はウェイトタイムであり、単位は秒である。ここに適当な数字を入れる。  
 (11)”For Count”オブジェクトと”newInstrument2”オブジェクトの間に”Delay”オブジェクトを挿入するために、両者を結んでいる線を切断する。画面上のオブジェクト以外の部分を右クリックし、”Delete Line”を選択する。画面上にはさみアイコンが現れるので切断したい線に合わせてクリックする。これで線が切断される。  
 (12)図5-14のように接続する。プログラムを実行させて、動作を確認すること。

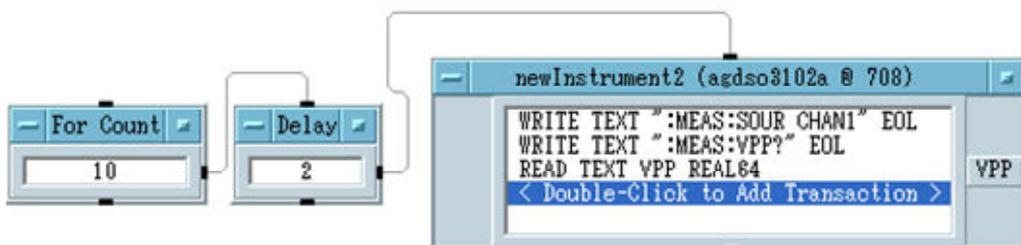


図5-14 ”Delay”オブジェクトによるウェイトタイムの設定

## 6. トレーニング

5節ではAgilent VEEの操作方法や基本的なオブジェクトの使い方を説明した。この説では以下の課題について各自取り組み、操作方法に慣れることを目的としている。結果はオシロスコープなどで確認すること。

ただし、測定器により命令(” ”で囲われた文字列)は異なるため、それぞれマニュアルを参考にして調べる必要がある。また、5節だけでVEEの操作のすべてを説明できないため、不足する場合はVEEのマニュアルを参考にすること。

### (1) ファンクションジェネレータの制御実験

- 出力波形の種類を変えること(正弦波、三角波、方形波)。
- 出力波形の振幅を変えること(Peak to peak値、実効値)。
- 出力波形の周波数を変えること。
- AM変調させる。
- FM変調させる。

### (2) デジタルオシロスコープの制御実験

- 測定チャンネルの設定を変えること。
- 電圧レンジの設定を変えること。
- 時間レンジの設定を変えること。

### (3) 測定実験

ここから先の実験は結果をレポートに添付する。添付すべき結果はプログラムの印刷結果とデータである。データはExcelなどで加工できるようにテキスト形式で保存する。

保存するにはメニューバーより[I/O]→[To]→[File]より”To File”オブジェクトを呼び出す。オブジェクト左側の入力ピンと出力したい結果の出力ピンをつなぐ。入力したいデータが複数ある場合は”To File”オブジェクトの入力ピンを増やすこと。例えば、入力が2つある場合は以下のように命令を書き込むとファイルに保存できる。

WRITE TEXT B,” ”A EOL        ※” ”はデータ間に空白(スペース)を入れるため。

テキスト形式とはExcelだけではなく、メモ帳などでも読み込めるデータ形式である。この場合はA、Bの2つの入力結果が、

100	0.233	Aのデータ列	: 0.233→0.256→0.278→……
110	0.256	Bのデータ列	: 100→110→120→……
120	0.278		※列の順番に注意すること。
:	:		

のように書き込まれる。この結果を表とグラフにしてまとめること。

- ファンクションジェネレータの出力をデジタルオシロスコープに同軸ケーブルで接続する。  
ファンクションジェネレータの周波数を100 Hzから1 kHzまで変化させ、ファンクションジェネレータの周波数とデジタルオシロスコープの測定電圧(Peak to peak値)を測定すること。
- 同じ条件で項目を追加する。デジタルオシロスコープで周波数を測定し、その結果も測定すること。
- 同じ条件で項目を追加する。[Flow]→[If/Then/Else]より”If/Then/Else”オブジェクトを呼び出し、上の課題で周波数が500 Hz以上ならばデジタルオシロスコープの時間レンジを適切な範囲に変えて測定すること。
- 次に、ファンクションジェネレータの電圧を100 mVから1 Vまで変化させ、デジタルオシロスコープの測定電圧(Peak to peak値)を測定すること。ただし、ファンクションジェネレータの周波数は任意の値で固定とし、デジタルオシロスコープは1 Vが測定できる電圧レンジで固定にすること。
- 同じ条件で項目を追加する。[Flow]→[If/Then/Else]より”If/Then/Else”オブジェクトを呼び出し、上の課題で電圧がデジタルオシロスコープの画面に大きく表示されるように電圧レンジを適宜適切な範囲に変えて測定すること。

ここでの実験は考察の材料になる。レンジを変えたときと変えないときで測定値にどのような変化があるのか着目すること。

## 7. 課題実験

これまでの内容を応用して、以下の課題プログラムおよび測定対象となる課題回路について各自で調べてくること。2週目までに必ず準備しておくこと。分からない点や電子回路部品の在庫確認など遠慮せずに質問に来ること。

以下の課題についてプログラムは印刷し、レポートに添付すること。各回路図もレポートでは必要となる。測定結果はExcelファイル形式で保存し、グラフソフトで印刷すること。グラフもレポート添付とする。

グラフソフトはNgraphを推奨するがExcelのグラフでもきれいに書いていけばよい。Ngraphの使い方は伊藤研究室ホームページを参考にするか、質問に来ること。

### 課題プログラム 周波数特性の自動計測

任意の周波数範囲において課題回路の周波数特性を測定すること。以下の条件を満たすこと。

- ・グラフにしたときに横軸が周波数、縦軸が電圧利得になるデータであること。
- ・電圧利得は入力電圧と出力電圧の比より求め、単位は dBになること。
- ・周波数は対数軸上で等間隔になること。
- ・課題回路の特性の特徴(遮断特性など)が得られるよう周波数範囲が適切であること。

### 課題回路(1) CRフィルタおよびRCフィルタ

ブレッドボード上に回路を組む。RとCの値はあらかじめ在庫を確認すること。

2つのパッシブフィルタの特性を調査し、どのような周波数特性になるか理解しておくこと。また、自分の回路の遮断周波数も調べておくこと。

### 課題回路(2) アクティブフィルタ

OPアンプを使ったアクティブフィルタを設計してくること。ハイパスフィルタかローパスフィルタまたはその両方について準備すること。

あらかじめどのような周波数特性になるか理解しておくこと。なお、アクティブフィルタの遮断周波数は(1)のパッシブフィルタと同じにすること。

### 課題回路(3) 増幅回路

OPアンプを使った電圧増幅回路を設計してくること。反転増幅か非反転増幅またはその両方について準備すること。

※時間に余裕があったら「電子回路設計製作実験」を行っている班の回路を測定してみることに。

## 8. 考察課題

- (1) GPIBによる通信で”FREQ 100Hz”とコマンドを送った場合、表3-1のDIO1～DIO8およびDAV、NRFD、NDACの各バスの信号についてタイムチャートを示すこと。
- (2) 自分が使ったデジタルオシロスコープのA/D変換の性能についてbit数および分解能を調べなさい。
- (3) 実験結果を含めて、パッシブフィルタとアクティブフィルタを比較し、それぞれの利点と欠点について説明しなさい。パッシブフィルタの弱点を改善したものがアクティブフィルタである。ただ、それぞれのフィルタについて調べただけではこの課題の答えにならない。
- (4) ファンクションジェネレータに欠かせない部品がV-FコンバータおよびVCOである。両者について調べなさい。
- (5) 周波数特性を測定するための測定器としてスペクトラムアナライザがある。その原理について調べなさい。

## 9. 考察のポイント

- (1) デジタル計器の精度について検証する。デジタル計器とは測定部にA/D変換器を用いている。課題実験を参考にし今回のデジタルオシロスコープの分解能から測定精度について検証すること。
- (2) 自動計測する利点は大量のデータを測定する場合やルーチンワークを行う場合にある。過去の実験テーマや卒業研究(4年次の工学(基礎)研究を含む)について例を挙げて自動計測システムを構築しなさい。全自動でなくてもよい。測定器の種類など分からない場合は担当教員まで相談に来ること。