

資料

リアルタイムFFT演算装置  
開発報告書

昭和57年3月



財団法人 日本情報処理開発協会

この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて、昭和56年度に実施した「マイクロコンピュータの応用に関する調査研究」の一環としてとりまとめたものであります。

## はじめに

当協会マイクロコンピュータ振興センター（MCC）では、マイクロ産業振興の一環として昭和53年度以来マイクロコンピュータの応用システムの高度化、システム開発の効率化などにつながる基礎的、共通的、先導的技術について、システムハウスを中心に委託開発を行うことになり、我が国のマイコン産業の技術力の育成・強化につとめているが、昭和56年度においては次のテーマについて委託開発を行った。〔 〕内は委託先

- ① I/O シミュレータ〔 ㈱ティール・エス・ディ 〕
- ② マイクロコンピュータ用リアルタイム・モニタプログラム〔 日本電気ソフトウェア㈱ 〕
- ③ インテリジェントディスクユニット〔 萩原電気㈱ 〕
- ④ マルチプロセッサ用開発支援システム〔 ㈱デジタル 〕
- ⑤ パケット交換網汎用端末機〔 コンピューター・ネットワーク・サービス㈱ 〕
- ⑥ リアルタイムFFT演算装置〔 ㈱エー・ディー・エス 〕

本報告書は上記のテーマのうち「リアルタイムFFT演算装置」の開発に関する成果をまとめたものである。

ここに委託開発にあたりご指導・ご協力いただいた関係各位に対し厚くお礼申し上げるとともに、これらの開発システムが広くマイクロコンピュータ応用システムの開発に携わる方々に利用され、我が国のマイクロコンピュータ産業の一層の発展に寄与することができれば幸いである。

昭和57年3月

# マイクロコンピュータプロジェクト委員会

(敬称略)

委員長	田村 浩一郎	電子技術総合研究所 制御部論理システム研究室室長
委員	寺田 浩詔	大阪大学工学部 電子工学科 教授
"	福村 晃夫	名古屋大学工学部 情報工学科 教授
"	山上 喜吉	新エネルギー総合開発機構 太陽技術開発室 副主任研究員
"	出口 光一郎	東京大学 工学部 計数工学科 助手
"	前田 英明	マイクロコンピュータシステムコンサルタント
オブザーバ	稲積 義登	通商産業省機械情報産業局 情報処理振興課
"	佐藤 昌彦	通商産業省機械情報産業局 電子政策課

事務局 (財)日本情報処理開発協会 マイクロコンピュータ振興センター

# マイクロコンピュータプロジェクト委員会小委員会

(敬称略)

委員	田村 浩一郎	電子技術総合研究所 制御部論理システム研究室室長
〃	山上 喜吉	新エネルギー総合開発機構 太陽技術開発室 副主任研究員
〃	出口 光一郎	東京大学工学部 計数工学科 助手
〃	前田 英明	マイクロコンピュータシステムコンサルタント
〃	福村 晃夫	名古屋大学工学部 情報工学科 教授
〃	吉田 雄二	名古屋大学工学部 電気工学第2学科 助教授
〃	今井 正治	豊橋技術科学大学 第4工学系 講師
〇	寺田 浩詔	大阪大学工学部 電子工学科 教授
〇	高崎 眞昭	京都大学工学部 情報工学科 助教授
〇	河田 亨	大阪大学工学部 電子工学科 助手
事務局	(財)日本情報処理開発協会 マイクロコンピュータ振興センター	

(注) 本開発においては、上記〇印の委員にご担当いただきました。

# 目 次

1. 概 要 .....	1
1.1 開発の目的 .....	1
1.2 高速フーリエ変換 (FFT) の概要 .....	1
1.3 FFT演算装置の概要 .....	5
1.3.1 装置の概要 .....	5
1.3.2 装置の機能 .....	5
1.3.3 装置の規格 .....	5
1.4 構成および動作 .....	7
1.5 装置のモード選択 .....	8
1.6 出力順 .....	9
2. 機 能 詳 細 .....	10
2.1 システムブロック .....	10
2.2 機能詳細の説明 .....	12
3. パーソナルコンピュータによるリアルタイムFFT演算装置の利用 .....	21
3.1 システムの目的 .....	21
3.2 システム構成 .....	21
3.3 入力仕様 .....	21
3.3.1 入力周波数 .....	21
3.3.2 入力波形パターン .....	21
3.3.3 入力ビットの選択 .....	22
3.4 出力仕様 .....	22
3.5 オペレーション .....	23
3.5.1 オペレーション仕様 .....	23
3.5.2 CRTへの結果表示 .....	26

# 1. 概 要

## 1.1 開発の目的

デジタル計測、デジタル信号処理の分野において、フーリエ変換が手軽に使用されるようになってきた。ミニコンピュータのアプリケーションでは、専用のFFTボードも開発され、リアルタイムシステムが実現しているが、マイクロコンピュータ・アプリケーションでは、バッチ処理が殆んどである。その理由としては、「マイクロコンピュータでこの変換を行うと秒オーダーの時間がかかり、リアルタイム処理は不可能になる。」事が考えられる。しかし、マイクロコンピュータ・アプリケーションの広範囲な浸透を考えると、マイクロコンピュータなりのリアルタイム処理が必要となるのは論を待たない。

しかし、現在市販されている素子を使用して、この変換を行える装置を作ると、数百個の素子が必要となり、コスト価、信頼性、大きさの点から、マイクロコンピュータシステムには適さない。そこで、これらの問題を克服するため、高速の1チップ信号処理マイクロコンピュータ或いは、マスタースライスカスタムLSIのマスクを起し、数10種の素子で、実時間フーリエ変換を行える本装置の開発を行った。

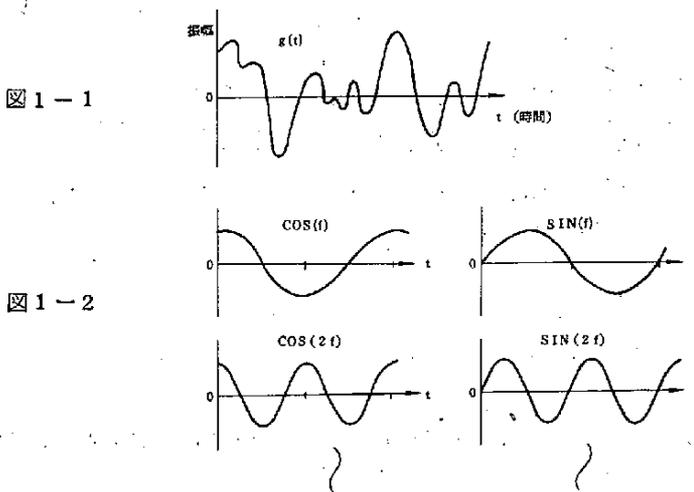
## 1.2 高速フーリエ変換(FFT)の概要

### (1) フーリエ変換

波形解析の方法として、時間領域における解析と周波数領域における解析の2つに大きく分けられる。そのうち周波数領域での解析を行うためにフーリエ変換という手法を用いている。

フーリエ変換とは「任意の周期関数は三角関数の和として表わせる」という考え方に基づいている。

たとえば、図1-1の信号波形は、図1-2の三角関数の和として表わせる。



これを数式で書けば次の様になる。

$$g(t) = a_0 + a_1 \cos(f) + a_2 \cos(2f) + \dots + a_n \cos(nf) + \dots \\ + b_1 \sin(f) + b_2 \sin(2f) + \dots + b_n \sin(nf) + \dots$$

$f$  を基本周波数と言ひ、信号波形  $g(t)$  は基本周波数の整数倍の  $\cos$ 、 $\sin$  で表わせる。

$a_0$ 、 $a_n$ 、 $b_n$  をフーリエ係数と言ひ、信号波形  $g(t)$  における各成分の含まれる割合を示している。また  $a_0$  を直流成分、 $a_n$ 、 $b_n$  を各  $\cos$ 、 $\sin$  の振幅と言ひ。このように、 $\cos$ 、 $\sin$  のような完備な直交関数系を用いて得られたデータを解析する方法を、一般にスペクトル解析と言ひ。

## (2) フーリエスペクトル解析の特性

一般に時間的に不規則な信号を解析する方法として、フーリエスペクトル解析が使われる理由は以下の通りである。

### (a) 規則性の抽出が容易に行える。

不規則な信号を時間的に追って規則性を抽出するのは、変動が激しい場合には困難である。

しかし、これらの信号をフーリエ変換し、スペクトルの値の大きさを比較すれば、信号を特徴づけているスペクトルが分る。

たとえば、図1-3の信号をフーリエ変換し、図1-4のフーリエスペクトルを得れば、スペクトルの値のピーク値から、その信号を特徴づけている周波数が分る。

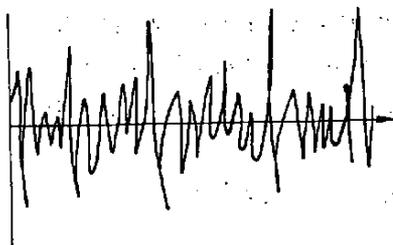


図1-3

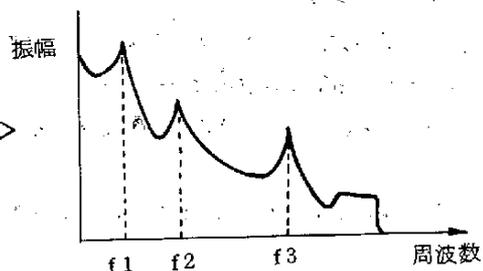


図1-4

### (b) 後の信号処理が容易

2つ以上の信号の合成、ある周波数帯域の成分除去などが容易に行える。

たとえば、2つの信号の合成を時間領域で行えば、時間差によってさまざまなパターンができ、加えた信号の性質が分らないが、周波数領域で行えばフーリエスペクトルの操作により容易信号の性質をとらえることができる。

### (c) 欠点

フーリエ解析を行うために、得たサンプリング信号をデジタル計算機を用いて計算する場合、データ数により計算時間が膨大なものとなる。

一般に  $N$  個のサンプリングデータのフーリエ変換を直接計算すると  $N^2$  回の加減算と乗算が必要となる。

(3) 離散的フーリエ変換

時間領域の信号をある時間間隔でサンプリングし、そのデータに対してフーリエ変換を離散的フーリエ変換 (DFT) と言う。

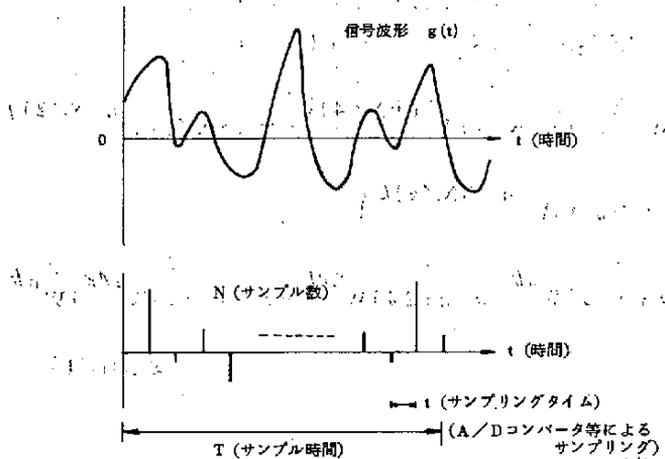


図 1-5.

図 1-5 のような信号波形  $g(t)$  に対して、サンプリングタイム  $t$  で  $N$  個サンプリングした場合、サンプル時間  $T$  を要したとする。

この時  $N$  個のサンプルデータをフーリエ変換した場合、フーリエスペクトルは基本周波数  $1/T$  とし、基本周波数の整数倍とした周波数をもった  $COS$ 、 $SIN$  の和として表わせる。

また、サンプリングタイム  $t$  でデータのサンプリングを行うため、原信号波形  $g(t)$  に含まれる細かな変化は抽出されないことになる。すなわちフーリエスペクトルで表わされる上限の周波数はサンプリングタイム  $t$  で決まり

$$f_{max} = 1/2 t$$

である。

(4) 高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform)

離散的フーリエ変換の演算速度を高速化したのを高速フーリエ変換と言い、多数の高速フーリエ演算アルゴリズムがある。

DFT では  $N$  個のサンプル数についてフーリエ変換を行えば、 $N^2$  回の演算回数が必要となるが、FFT アルゴリズムを用いて計算すれば  $N \log_2 N$  回の計算ですむ。従って  $N$  が大きくなるに従って格段に計算回数が減少し、演算回数がきわめて短くなる。

本 FFT 演算装置では、radix-4 FFT アルゴリズムを使用し、より演算の高速化を行っている。

< radix-4 FFT アルゴリズム >

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W^{nk} \quad (\text{DFT の def})$$

時系列  $\{x(n)\} = (x(0), x(1), \dots, x(N-1)) \quad N=4M$

を分割する, 即ち

$$\begin{cases} x(0), x(1), \dots, x(N/4-1) \\ x(N/4), x(N/4+1), \dots, x(N/2-1) \\ x(N/2), x(N/2+1), \dots, x(3N/4-1) \\ x(3N/4), x(3N/4+1), \dots, x(N-1) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} X(k) &= \sum_{n=0}^{N/4-1} \{x(n)W^{nk} + x(n+N/4)W^{(n+N/4)k} + x(n+N/2)W^{(n+N/2)k} \\ &\quad + x(n+3N/4)W^{(n+3N/4)k}\} \\ &= \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) + x(n+\ell)W^{\ell k} + x(n+2\ell)W^{2\ell k} + x(n+3\ell)W^{3\ell k}\} W^{nk} \\ &\quad (\ell \leq N/4) \end{aligned}$$

ここで,  $W^{\ell} = \exp(-j \frac{2\pi \times \frac{N}{4}}{N}) = \exp(-j \frac{\pi}{2}) = -j$

故に

$$X(k) = \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) + x(n+\ell) \cdot (-j)^k + x(n+2\ell) \cdot (-1)^k + x(n+3\ell) \cdot (j)^k\} W^{nk}$$

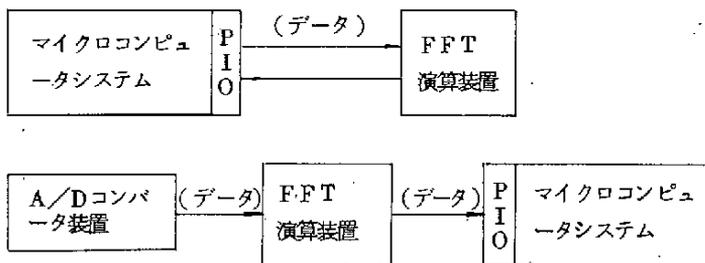
$$\begin{cases} X(4k) = \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) + x(n+\ell) + x(n+2\ell) + x(n+3\ell)\} W^{4nk} \\ X(4k+1) = \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) - j \cdot x(n+\ell) - x(n+2\ell) + j \cdot x(n+3\ell)\} W^n \cdot W^{4nk} \\ X(4k+2) = \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) - x(n+\ell) + x(n+2\ell) - x(n+3\ell)\} W^{2n} \cdot W^{4nk} \\ X(4k+3) = \sum_{n=0}^{\ell-1} \{x(n) + j \cdot x(n+\ell) - x(n+2\ell) - j \cdot x(n+3\ell)\} W^{3n} \cdot W^{4nk} \end{cases}$$

$$(k=0, 1, \dots, \ell-1; \ell=N/4, W=\exp(-j \frac{2\pi}{N}))$$

### 1.3 FFT演算装置の概要

#### 1.3.1 装置の概要

FFT演算装置は、マイクロコンピュータシステムやA/Dコンバータ装置と接続することにより、実時間でフーリエ変換を行える装置である。

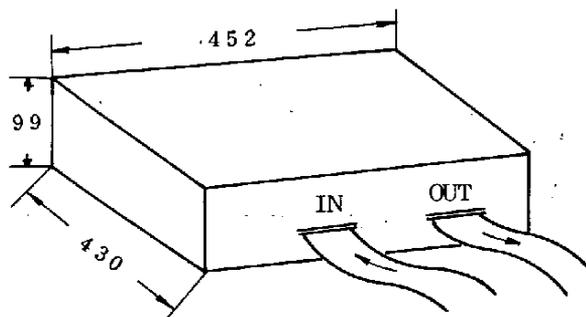


#### 1.3.2 装置の機能

- ① 装置への入力サンプル数は256サンプルであり、8ビットパラレルで行う。
- ② 入力サンプルデータの分解能は8ビット又は16ビットの選択が可能である。(装置内のスイッチにより選択)
- ③ 出力データは、フーリエ係数、パワースペクトルであり、16ビットパラレルで行う。
- ④ 出力データの分解能は8ビット又は16ビットの選択が可能である。
- ⑤ サンプリングタイムは40 $\mu$ s/データである。
- ⑥ データの入出力は外部と同期(シェイクハンド方式)を取りながら行う。
- ⑦ 処理速度は256サンプルデータに対して10msecである。
- ⑧ radix-4 FFT アルゴリズムを使用している。
- ⑨ 移動平均による信号平滑を行うことができる。

#### 1.3.3 装置の規格

##### (1) 外形寸法



##### (2) 適合コネクタ

26ピンコネクタ      品 名: FC26A2FO  
メーカ: 沖電線株式会社

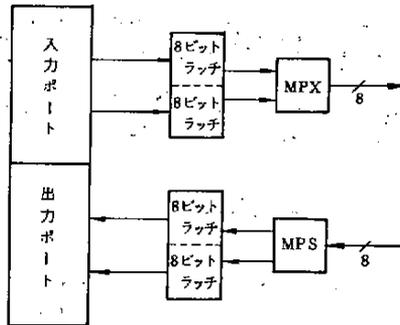
(3) 入出力信号表

入力側信号名	№	出力側信号名
INPUT DATA 0(0)LSB	1	OUTPUT DATA 0(0) LSB
1(1)	2	1(1)
2(2)	3	2(2)
3(3)	4	3(3)
4(4)	5	4(4)
5(5)	6	5(5)
6(6)	7	6(6)
7(7)MSB	8	7(7) MSB
INPUT DATA 0(8)LSB	9	(8)
1(9)	10	(9)
2(10)	11	(10)
3(11)	12	(11)
4(12)	13	(12)
5(13)	14	(13)
6(14)	15	(14)
7(15)MSB	16	(15)(MSB)
	17	
	18	
$\overline{\text{STB}}$	19	$\overline{\text{OBF}}$
BF	20	ACK
ENABLE	21	READY
	22	
	23	
	24	
GND	25	GND
GND	26	GND

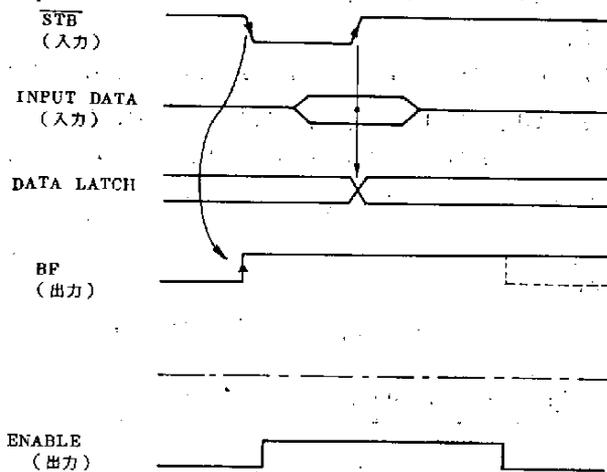
( )内は16ビットで入出力する場合、他は8ビットでの入出力

## 1.4 構成および動作

FFT演算装置は、ボード上のディップスイッチにより入出力ポートを16ビットで行うか、8ビットで行うかの選択が行える。



### (1) サンプル入力タイミング ダイアグラム



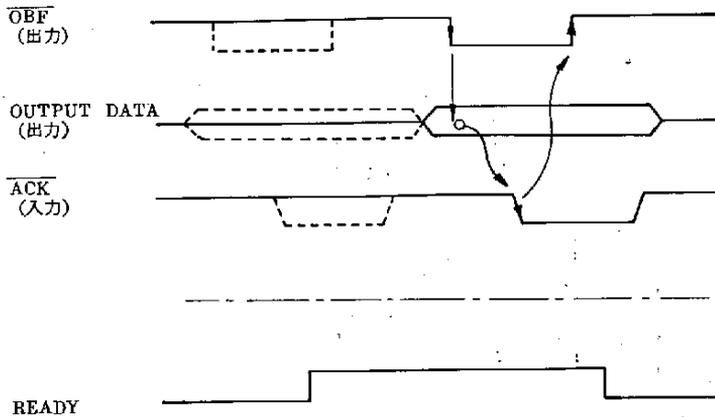
(注) 上記ダイアグラムは16ビットパラレル入力の場合であり、BFの点線は8ビットパラレル入力の場合である。

通常STBは“H”としておく。

サンプルデータを装置に入力したい時には、STBを“L”にする。STBの立ち下がりでBFは“H”となり、STBの立ち上がりで入力データはDATA LATCHにラッチされ、CPUはIRAMにデータを送る。この時BFは“L”となり、外部へ出力されるのでこれが“L”になった時次のサンプルデータを入力することにより、装置との同期がとれる。

またENABLEは、装置がサンプルデータの入力を受けつける状態にあるかどうかの信号であり、“H”の時に入力を受けつける。

(2) データ出力タイミングダイアグラム



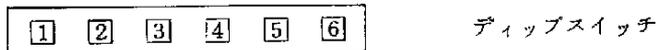
(注) 上記ダイアグラムは16ビットパラレル出力の場合であり、 $\overline{\text{OBF}}$ 、OUTPUT DATA、 $\overline{\text{ACK}}$ の点線は8ビットパラレル出力の場合である。

通常 READY は“L”であり、演算結果のデータの出力が可能になった時“H”となる。

READY が“H”の状態では  $\overline{\text{OBF}}$  が“H”から“L”になった時演算結果のデータを取り出すことができる。データを取り込んだ時  $\overline{\text{ACK}}$  を“H”から“L”にする。それにより装置は  $\overline{\text{OBF}}$  を“H”にし、次の演算結果データを OUTPUT BUF にセットする。

### 1.5 装置のモード選択

ボード上の8個のディップスイッチにより、以下のモードの選択が行える。



(1) スイッチ 1

入力サンプルデータの分解能を決める。

ON ..... 16ビット  
OFF ..... 8ビット

(2) スイッチ 2

演算結果の出力分解能を決める。

ON ..... 16ビット  
OFF ..... 上位8ビット

(3) スイッチ 3

入力データの転送形態を決める。

ON ..... 16ビットパラレル  
OFF ..... 8ビットパラレル

(4) スイッチ 4

演算結果の出力の転送形態を決める。

ON ..... 16ビットパラレル

OFF ..... 8ビットパラレル

(5) スイッチ 5, 6

常に ON

## 1.6 出力順

演算結果の出力は以下の順である。

$\dot{X}(0), \dot{X}(1), \dot{X}(2) \dots \dot{X}(127), P(0), P(1) \dots P(127)$

$\dot{X}$ は複素数で実部, 虚数部の順に出力(係数)

Pはパワースペクトル

## 2. 機能詳細

### 2.1 システムブロック

本装置のシステムブロック図は、図2-1に示すとおりであり、各要素は次の機能を持つ。

#### (1) インプットRAM(IRAM)

256×16ビットのRAMが2つあり、一方がデータを取り込み中には他方で演算を行い、実時間機能を保障している。

#### (2) $\mu$ PD 7720 Dの機能

本システムでは、このシグナルプロセッサを5個使用している。初段のチップ( $\mu_1$ )では以下の機能を実行している。

(a) インプットRAMのデータは64ポイントづつ4回に分けて $\mu_1$ に入力される。 $\mu_1$ に入力されたデータに対してradix-4FFTの1ステージのバタフライ演算を行い、TRAMに64ポイントづつのデータ(複素数)を作成してストアする。

(b) 移動平均による信号平滑を行う。

次段のチップ( $\mu_2 \sim \mu_5$ )は以下の機能を実行している。

(c)  $\mu_2 \sim \mu_5$ のチップのそれぞれに、TRAMにストアされている64ポイントづつのデータが入力され、radix-4FFTの2nd, 3rd, 4thステージのバタフライ演算を4チップ平行して行い、アウトプットRAM(ORAM)にフーリエ係数(X:複素数)とパワースペクトラム(P:実数)を出力する。

ORAMにストアされたフーリエ係数とパワースペクトラムは、 $X(0), X(1), \dots, X(127), P(0), P(1), \dots, P(127)$ と順にならぶ様に出力される。

#### (3) 外部とのデータの入出力

データの入出力は標準のPIOを使用し、外部と同期(シェイクハンド方式)を取りながら行う。

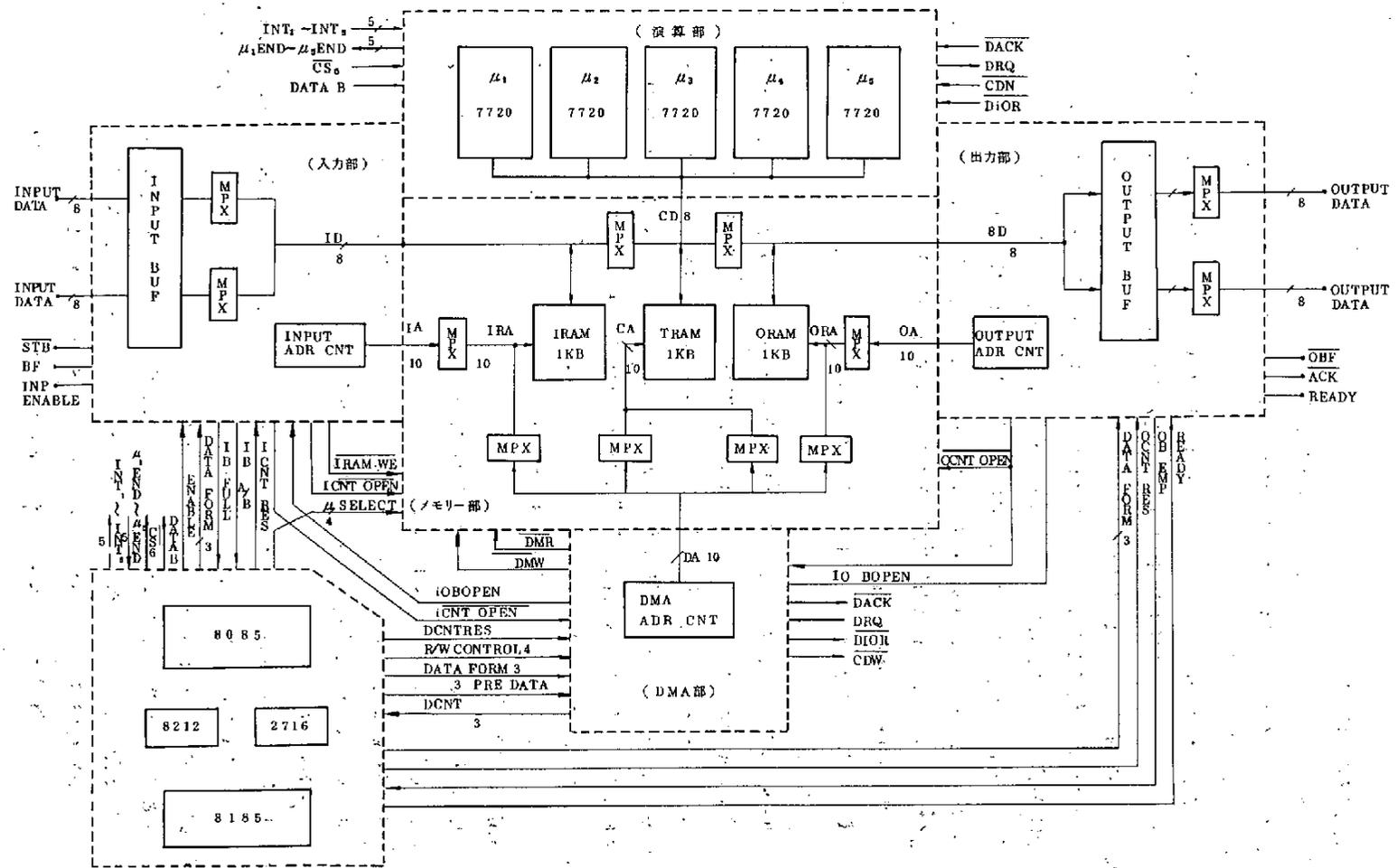


図 2-1 システムブロック

## 2.2 機能詳細の説明

以下、図2-2～図2-8により、本装置の機能の詳細を説明する。

(1) 図2-2 バタフライ演算 (1stステージ～4thステージ)

(2) 図2-3 タイミングチャート

(a) 256サンプルデータがインプットRAM (I RAM)に入力されてから、FFTの演算結果がアウトプットRAM (O RAM)に出力されるまでのタイミング図である。

(b) I RAM →  $\mu_1$  → T RAM

I RAMに記憶の256ポイント(256×16ビット)のデータは、64ポイントづつ4回に分けて $\mu_1$ に入力される。(図のa, b, c, d) $\mu_1$ に入力された最初の64ポイントのデータ(a)は、バタフライ演算後、テンポラリーRAM (TRAM)に64ポイントの複素データ(a')として記憶される。残りの64ポイント(b, c, d)のデータに対しても、同様の演算を行う。(b', c', d')演算時間はそれぞれ400 $\mu$ sである。

(c) T RAM →  $\mu_2 \sim \mu_5$

T RAMに記憶されたa', b', c', d'それぞれのデータは64×2(実・虚)×16ビットである。

T RAMに記憶されているデータの下位アドレスから64複素データ分をまず $\mu_2$ に転送する。(A)転送後 $\mu_2$ では2nd～4thまでのバタフライ演算を行う。

$\mu_2$ にデータを転送後、続いて次のアドレスからの64複素データ分を $\mu_3$ に転送する。(B)同様なことを $\mu_4$ ,  $\mu_5$ に対して行う。データを $\mu_2 \sim \mu_5$ に転送後、それぞれのチップでは平行してバタフライ演算を行う。演算時間はそれぞれ1400 $\mu$ sである。

(d)  $\mu_2 \sim \mu_5 \rightarrow$  O RAM

$\mu_2 \sim \mu_5$ の演算結果(複素係数32データ, パワースペクトラム32データ)はO RAMに出力される。

出力される順はバタフライ演算を始めた順であり, $\mu_2$ (A', P),  $\mu_3$ (B', Q),  $\mu_4$ (C', R),  $\mu_5$ (D', S)である。

(e) T RAMに記憶のデータをすべて $\mu_2 \sim \mu_5$ に出力終了時点から、次の入力サンプルデータの $\mu_1$ への入力が可能となる。(点線データの)

(3) 図2-4～図2-5

メモリー間のデータ転送のアドレス方法とデータアドレスを図で示す。転送アドレスはDMAアドレスカウンタ(DMA ADRCUT)により指定され、8085 CPUがカウンタの管理を行う。

(a) 図2-4 IRAMより $\mu_1$ への転送データ

IRAMに入力された256サンプルデータは以下の順に $\mu_1$ へ転送される。

1回目OUT …… No.1データ → No.5データ → …… → No.253データ

2回目OUT …… No.2データ → No.6データ → …… → No.254データ

3回目OUT …… No.3データ → No.7データ → …… → No.255データ

4回目 OUT ……  $\mu_4$  データ  $\rightarrow$   $\mu_8$  データ  $\rightarrow$  ……  $\rightarrow$   $\mu_{256}$  データ

(b) 図2-5  $\mu_1$  より TRAM への転送データ

$\mu_1$  の計算結果の1データは複素数であり、メモリー上4バイト要する。TRAM メモリー上以下の順に記憶される。

$\mu_1$  データ (1回目 IN),  $\mu_1$  データ (2回目 IN),  $\mu_1$  データ (3回目 IN),  $\mu_1$  データ (4回目 IN),  $\mu_2$  データ (1回目 IN) ……

(c) 図2-6 TRAMより  $\mu_2 \sim \mu_5$  への転送データ

TRAM のアドレス0~FFまでの64複素データを順に  $\mu_2$  へ

" アドレス100~1FF "  $\mu_3$  へ

" アドレス200~2FF "  $\mu_4$  へ

" アドレス300~3FF "  $\mu_5$  へ

(d) 図2-7  $\mu_2 \sim \mu_5$  より ORAM への転送データ

ORAM のアドレス0~1FFまでの領域には、 $\mu_2 \sim \mu_5$  で計算された係数が記憶される。アドレス200~3FFまでの領域には、 $\mu_2 \sim \mu_5$  で計算のパワースペクトラムが記憶される。

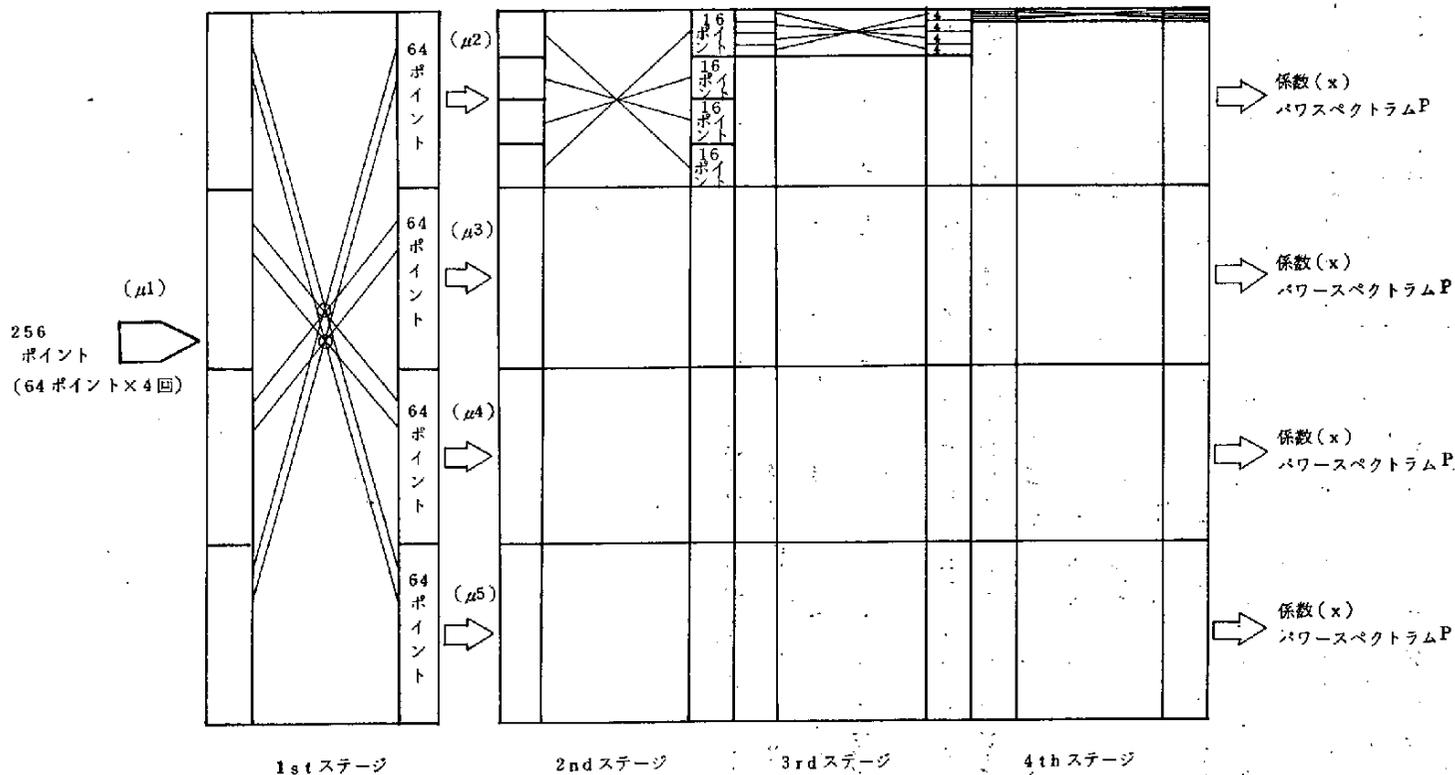
ORAM 上へは係数、パワースペクトラム共に以下の順で記憶される。

$\mu_1$  データ ( $\mu_2$  IN),  $\mu_1$  データ ( $\mu_3$  IN),  $\mu_1$  データ ( $\mu_4$  IN),

$\mu_1$  データ ( $\mu_5$  IN),  $\mu_2$  データ ( $\mu_2$  IN) ……

(4) 図2-8 システムの拡張例 (1024サンプルデータ入力の場合)

図 2-2 バタフライ演算 (1st ステージ ~ 4th ステージへ)



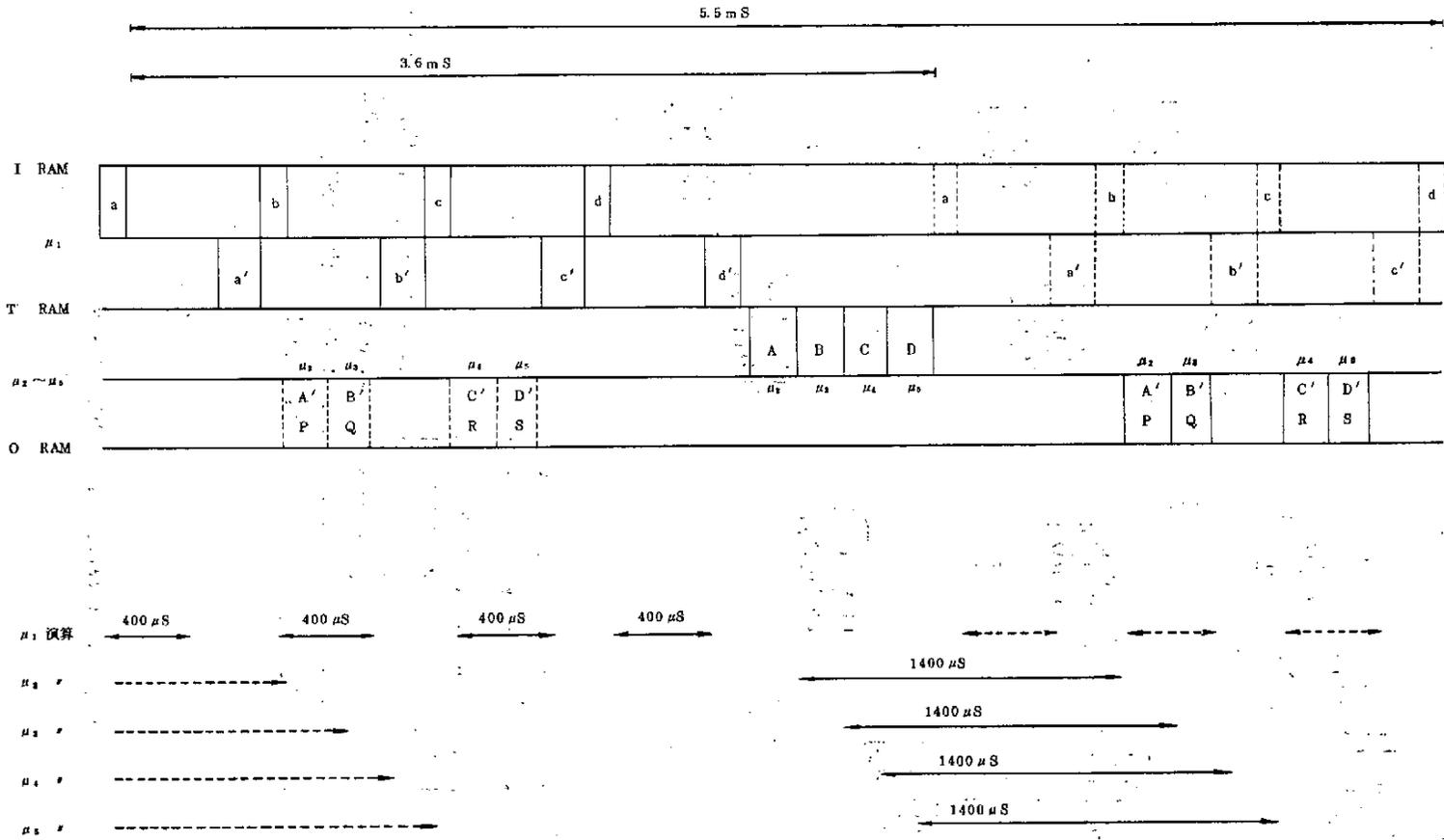


図 2-3 タイミングチャート

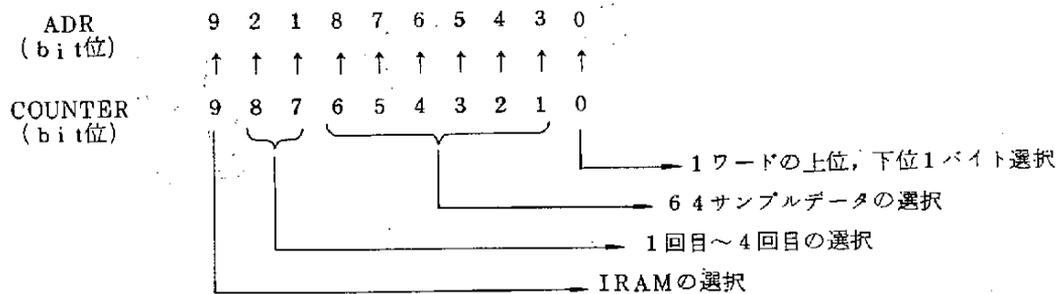
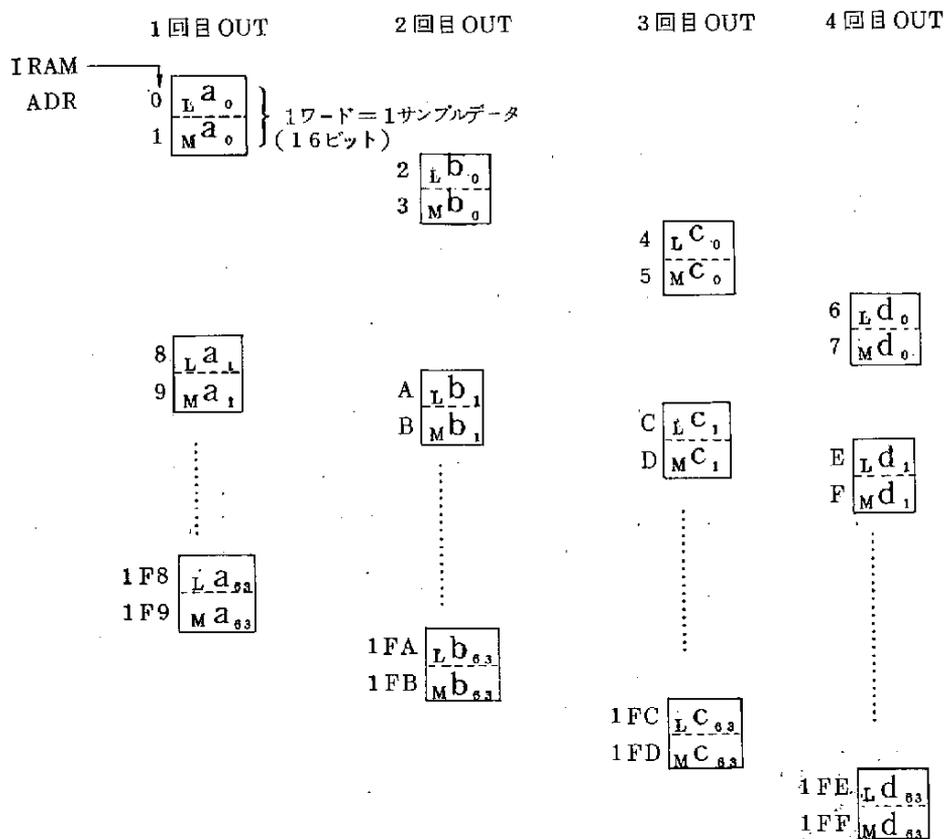


図2-4 I RAMより $\mu_1$ への転送データ

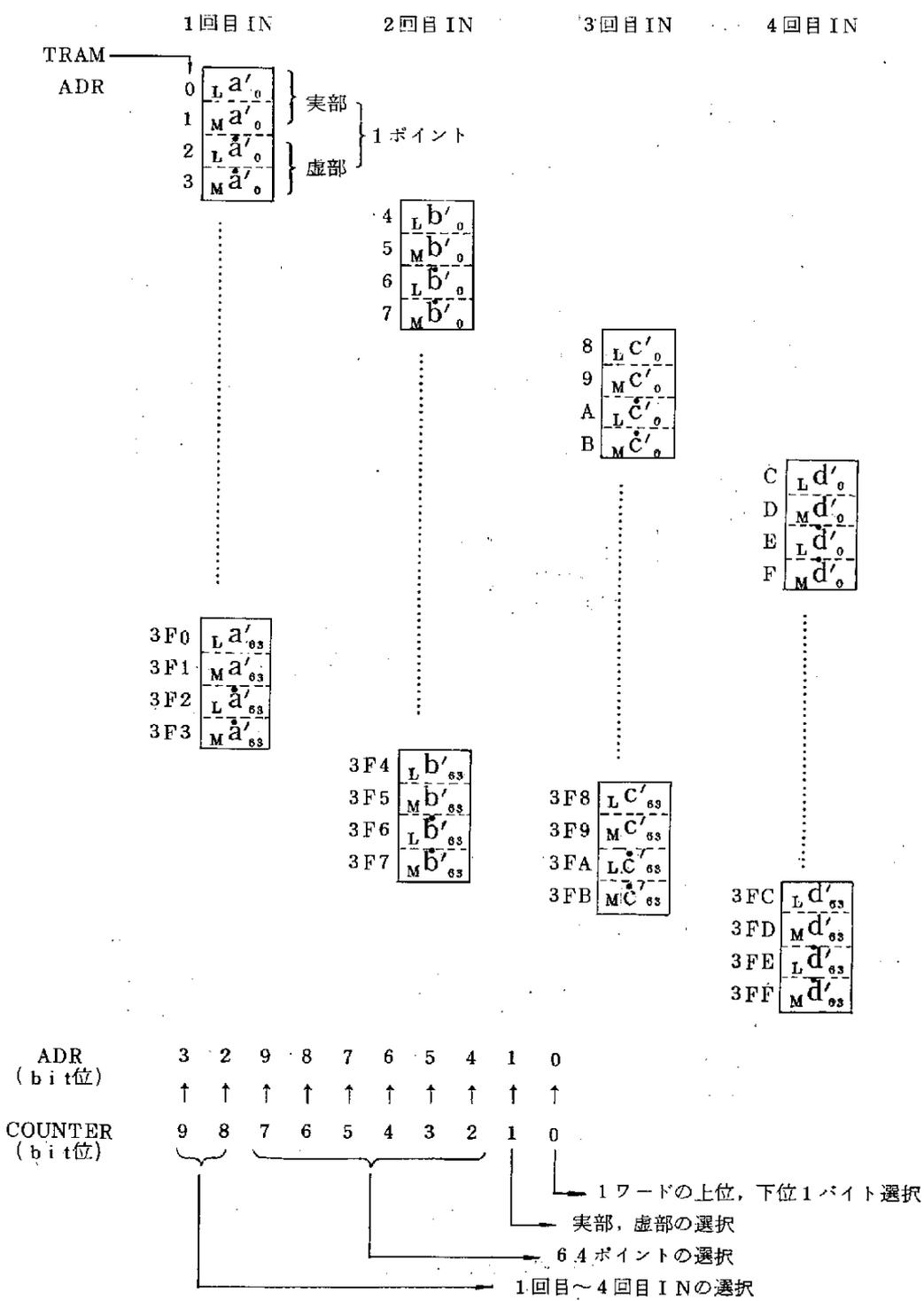


図2-5 μ<sub>1</sub>よりTRAMへの転送データ

TRAM  
ADR

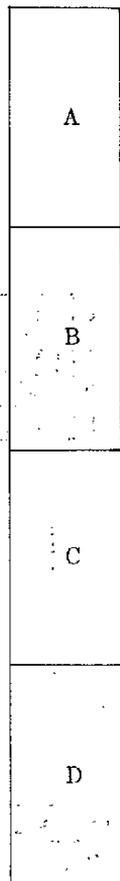
0  
1  
2

FF  
100

1FF  
200

2FF  
300

3FF



$\mu_2 \sim$



$\mu_3 \sim$

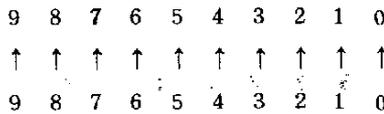


$\mu_4 \sim$



$\mu_5 \sim$

ADR  
(bit位)



COUNTER  
(bit位)

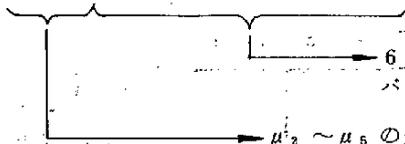


図2-6 TRAMより $\mu_2 \sim \mu_5$ への転送データ

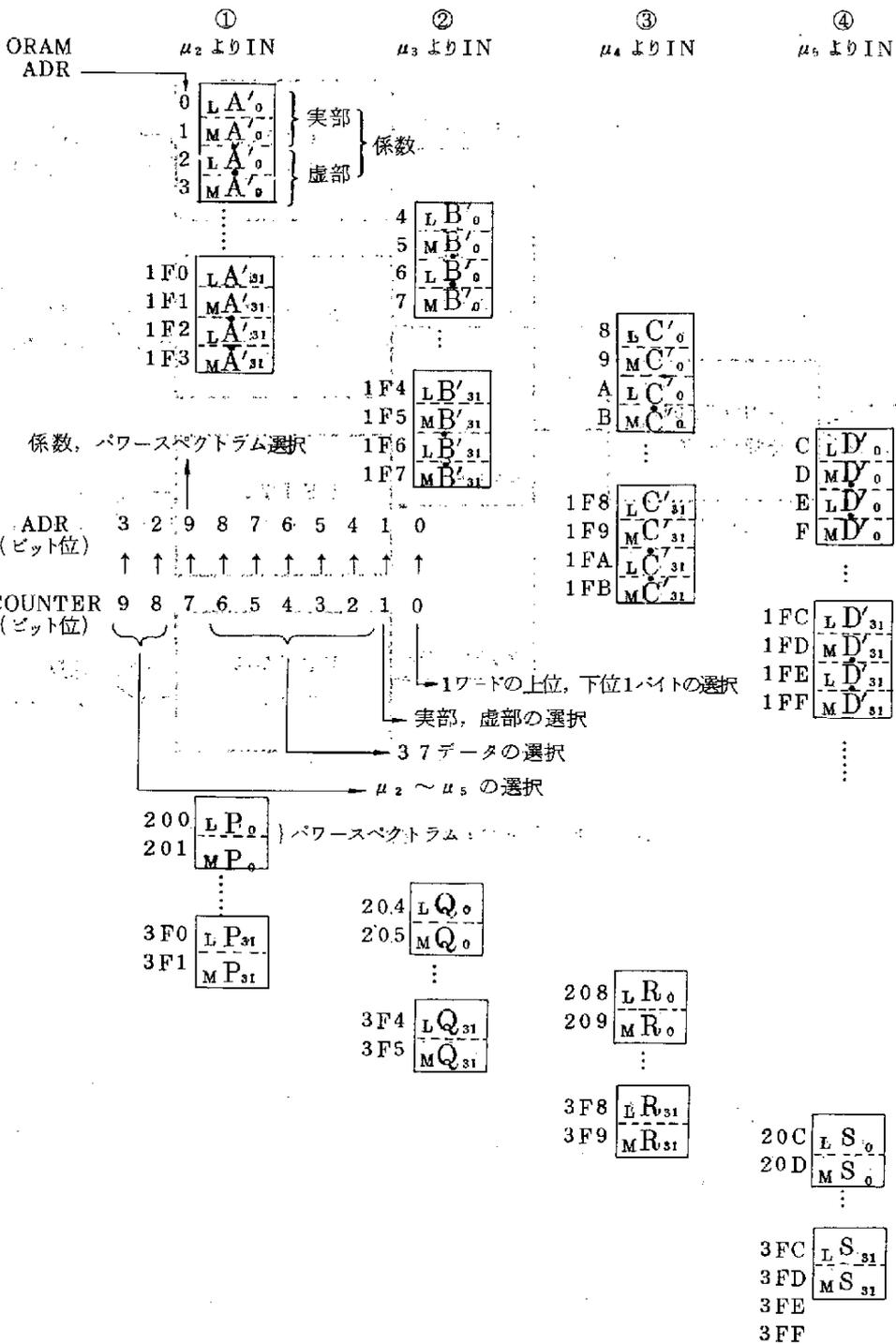


図2-7  $\mu_2 \sim \mu_5$  より ORAMへの転送データ

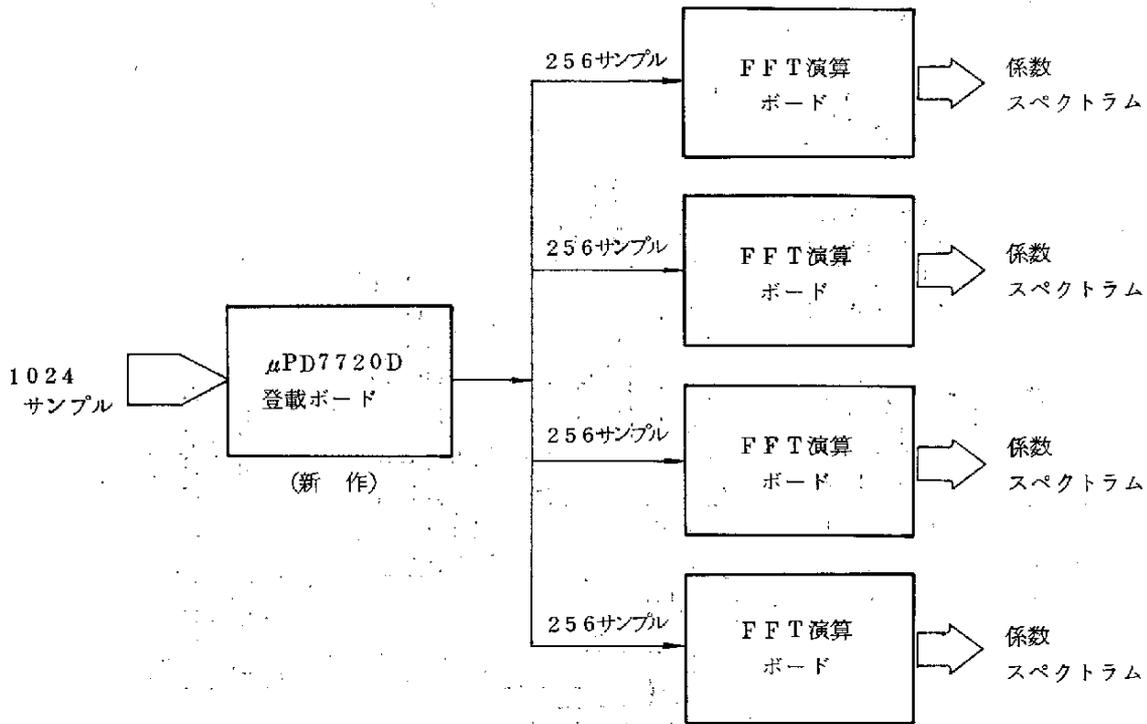


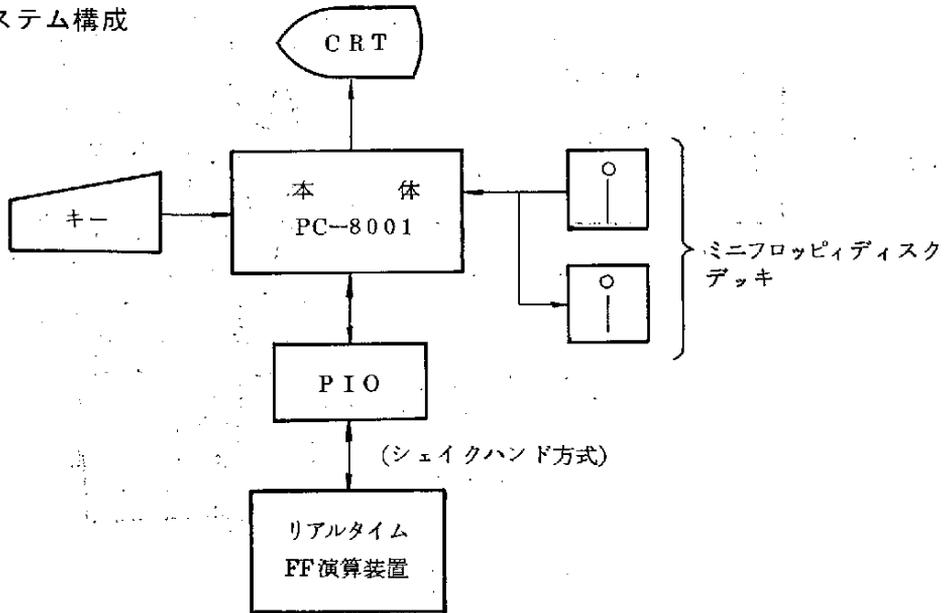
図 2-8 システムの拡張例

### 3. パーソナルコンピュータによるリアルタイムFFT演算装置の利用

#### 3.1 システムの目的

パーソナルコンピュータPC-8000システムを使用し、リアルタイムFFT装置(ボード)の評価を行うためのシステムについて説明する。

#### 3.2 システム構成



#### 3.3 入力仕様

入力はキーより行う。入力の項目は以下の通りである。

##### 3.3.1 入力周波数

本体より、リアルタイムFFT演算装置へ入力する周波数であり、1周期分(256ポイント)入力する。

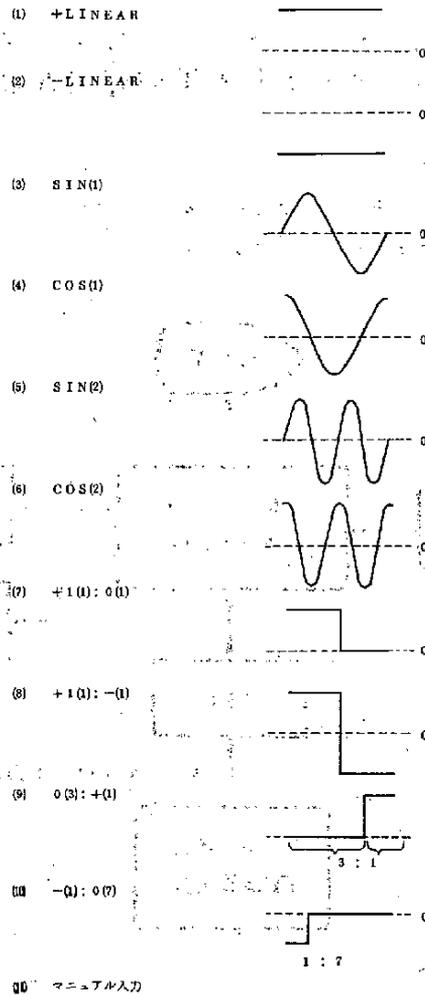
以下の選択が可能。

150HZ, 300HZ, 600HZ, 1200HZ

##### 3.3.2 入力波形パターン

本体より、リアルタイムFFT演算装置へ入力する波形であり、256ポイント入力する。(1周期分)

以下の選択が可能。



任意のパターン 2 5 6 ポイントをキー入力する。

### 3.3.3 入力ビットの選択

本体より、リアルタイムFFT演算装置へ入力する時、8ビットで行うか16ビットで行うかの選択を行う。

### 3.4 出力仕様

演算結果をCRTに表示する。表示は以下の項目について行う。

#### (1) 実行時間

本体より、リアルタイムFFT演算装置にデータを入力してから、結果を本体に入力するまでの時間を表示する。(～msec)

(2) 実数部の係数 ( COS )

基本周波数部の係数から、基本周波数×整数までの128個の係数を数値又はグラフィックで表示する。

(3) 虚数部の係数 ( SIN )

実数部の係数と同様な表示を行う。

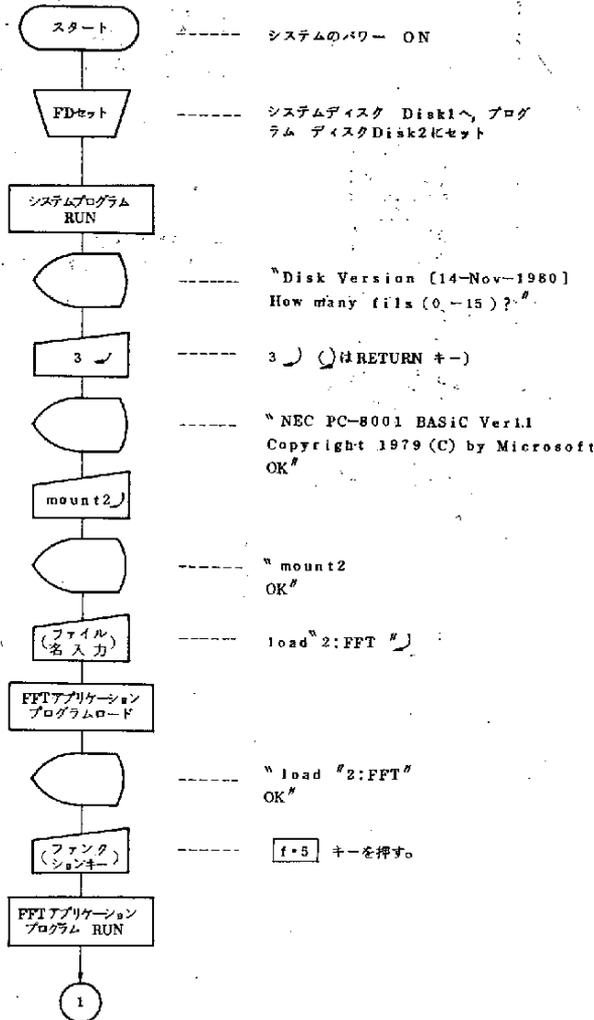
(4) 直流成分の表示

(5) パワースペクトラム

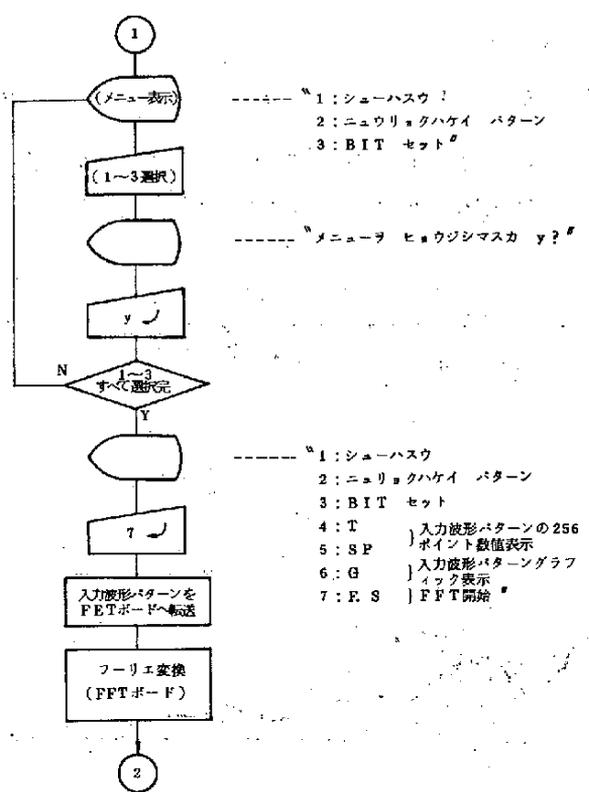
基本周波数部から、基本周波数×整数までの128個のパワースペクトラムについて数値又はグラフィックで表示する。

### 3.5 オペレーション

#### 3.5.1 オペレーションフロー







- | メニュー-1 選択  | メニュー-2 選択        | メニュー-3 選択  |
|------------|------------------|------------|
| 1 : 150HZ  | 0 : +LINEAR      | 1 : 8 bit  |
| 2 : 300HZ  | 1 : -LINEAR      | 2 : 16 bit |
| 3 : 600HZ  | 2 : SIN(1)       |            |
| 4 : 1200HZ | 3 : COS(1)       |            |
|            | 4 : SIN(2)       |            |
|            | 5 : COS(2)       |            |
|            | 6 : +1(1) : 0(1) |            |
|            | 7 : +1(1) : -(1) |            |
|            | 8 : 0(3) : +(1)  |            |
|            | 9 : -(1) : 0(7)  |            |
|            | 10 : マニュアル       |            |

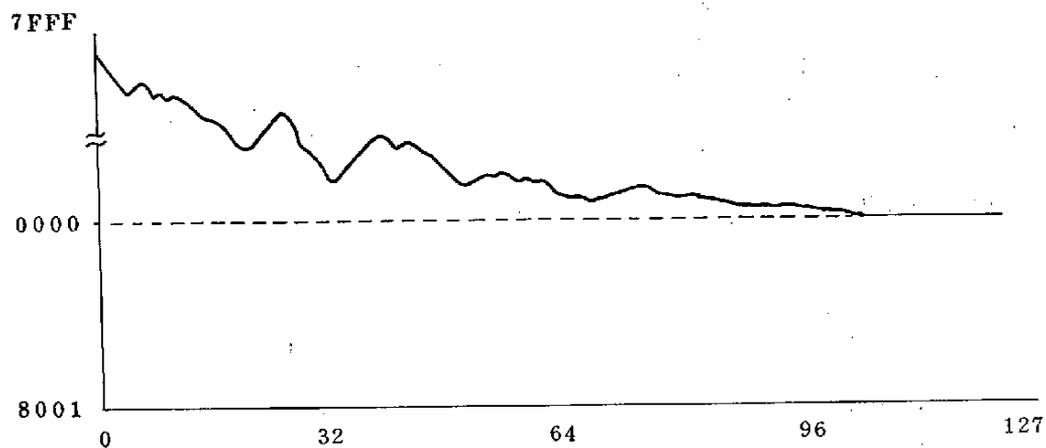
### 3.5.2 CRTへの結果の表示

#### (1) 数値表示

POINT	×10HZ	0	1	2	3	4	5	6	7
00	xxxxx								
08	xxxxx								
7F	xxxxx								

周波数
128データ

#### (2) グラフィック表示



—— 禁 無 断 転 載 ——

昭和 57 年 3 月 発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

東京都港区芝公園 3 - 5 - 8

機 械 振 興 会 館 内

TEL(434)8211(代表)

印刷所 株式会社 タケミ印刷

東京都千代田区神田司町 2 - 1 6

TEL(254)5840

原簿 (簿出戻票)

受付 No.

211-43

受付年月日

作成日