

コンピュータによる電子オルガンの自動演奏システムの ためのハードウェアシステム

(昭和54年6月4日 原稿受付)

情報工学教室	玉	木	明	和
日本電気	田	中	英	俊
情報工学教室 (大学院)	戸	部	田	哲
日立ソフトウェアエンジニアリング	平	野	孝	明
徳山高等専門学校	小	林	明	伸
情報工学教室	加	藤	清	史

Hardware System for Automatic Player of Electronic Organ

by Akikazu TAMAKI
Hidetoshi TANAKA
Tetsuya TOBETA
Takaaki HIRANO
Akinobu KOBAYASHI
Kiyoshi KATO

Abstract

In this report, we describe the hardware system for the music machine which is constructed of electronic organ, hardware interface and interpreter. The structure of interpreter and the execution of machine instruction by that are described. Furthermore, a few hardware techniques with the music machine are reported.

1. まえがき

本報告は、コンピュータによる自動演奏システムのハードウェア、およびファームウェアについて、その概略を述べる。(ソフトウェアシステムについては文献1を参照のこと。)文献1で定義したミュージック・マシンのマシン命令を解釈実行するインタープリタの動作について簡単に述べる。インタープリタは、ミニコンピュータ上に実現されモニターのサービス・プログラムを使用して、ミュージック・マシンのプログラムを実行する。電子オルガンに付加されている機能をできるだけ多く、コンピュータで制御できることを、ハードウェア・インターフェイス製作の基本方針とする。さらに、この電子オルガンで、コンピュータによる自動演奏と人間の演奏とのデュエットが可能である。

2. システムの概略

ハードウェアシステムの簡単なブロック図を図-1に示す。FACOM 230 45S (以下、45S と書く。)システムで楽譜のソース・プログラムがオブジェクト・プログラムに翻訳され、45S システムのディスクに出力される。オブジェクト・プログラムは、ユーティリティ・プログラムによって、CCA (Channel to Channel Adaptor) を経由して 45S システムのディスクから FACOM U-200L (以下、U-200L と書く。)システムのディスクに転送される。U-200L システムのディスクから、オブジェクト・プログラムを紙テープ・パンチによって紙テープに出力することもできる。これらの操作は 45S システムの

1) 文献1はマシン命令と楽譜記述用言語について述べている。

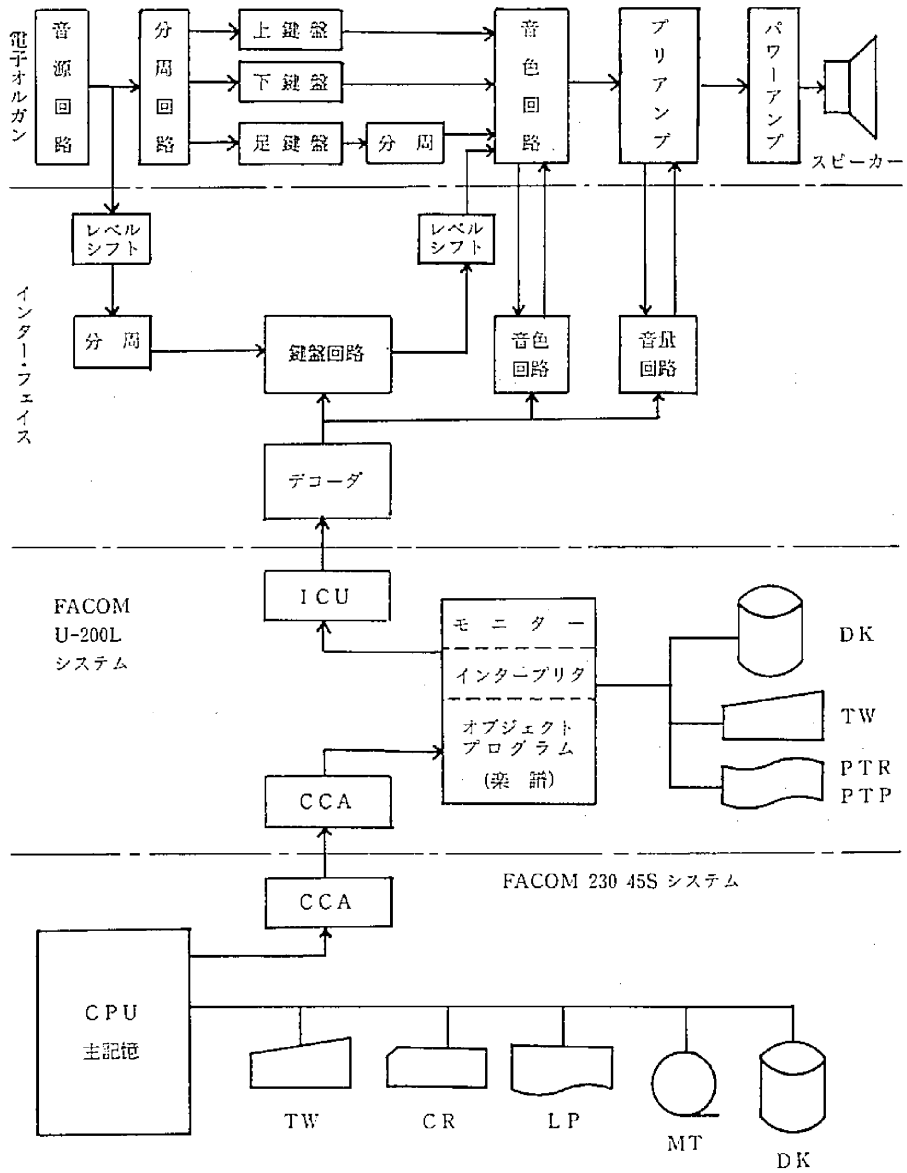


図-1 ハードウェアシステムの概略

コンソール・タイプライタならびに、U-200L システムのコンソール・タイプライタから指示することによって行われる。

ディスクまたは紙テープ・リーダーから U-200L の主記憶へオブジェクト・プログラムを格納する。格納されたオブジェクト・プログラムをインタープリタがモニターのサービスプログラムを使って、解釈実行する。そして、電子オルガンの制御に必要な信号を ICU (Interface Control Unit) を通して、インターフェイス回路に出力する。インターフェイス回路は電子オルガンの発振回路から音源となるパルスを TTL レベルに変換して取り出し、インターフェイス内の鍵盤回路によって必要なパルスを電子オルガンの音色回路へ出力する。この鍵盤回路は電子オルガンの鍵盤と一対一対応をするフリップ・フロップで構成され、鍵盤を押した状態が、フリップ・フロップのセット状態に相当する。これらのフリップ・フロップのうち適当なものをデコーダによってセットすることにより音を出す。電子オルガンの内部では、演奏者が可変抵抗を変化させることにより、音色や音量が操作できる。インターフェイス内に、可変抵抗に相当するものがあり、デコーダによって、それを変化させることにより、音色や音量の制御を行うことができる。

3. インタープリタ

ミュージック・マシンの命令を入力として、その命令に対応した制御信号をインターフェイスに送るのがインタープリタの役割である。ここでは、マシン命令からなるオブジェクト・プログラム (楽譜) が U-200L の主記憶に格納されているとして、インタープリタの説明を行う。このインタープリタは最大10個のプログラムの平行処理 (これをプログラム多重度と呼ぶ。) が可能であり、各々のプログラムは最大10個の音を同時に出すことができる。(これをストリーム多重度と呼ぶ。) これらの限界は、U-200L の処理能力 (速さと主記憶の容量) によるが、普通演奏される曲であれば、問題はない。

3.1. プログラム・コントロール・ブロック

図-2にプログラム・コントロール・ブロックを示す。

1. プログラム多重度

平行処理を行うプログラムの数を示す。

2. プログラム番号

現在処理を行っているプログラム番号を示す。

3. プログラム・コントロール・ブロック

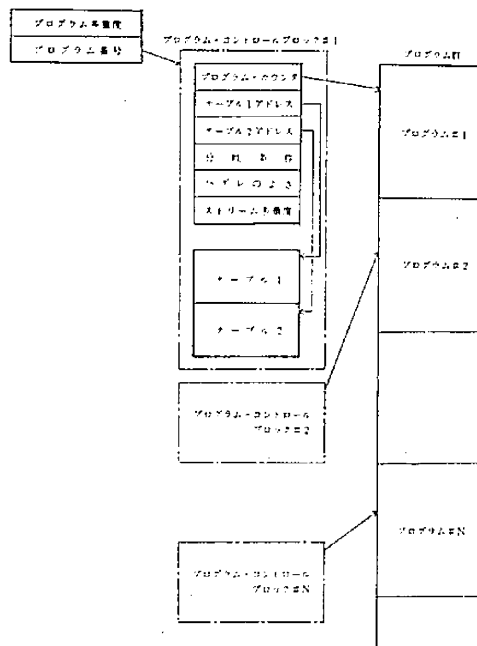


図-2 プログラム・コントロール・ブロック

a. プログラム・カウンタ

現在実行中の命令が終了するとプログラム・カウンタの示す番地の命令がテーブル1 (テーブル2) にロードされる。

b. テーブル1アドレス

テーブル1のアドレスを示す。

c. テーブル2アドレス

テーブル2のアドレスを示す。

d. 分岐条件

分岐命令の条件を格納する。

e. ハギレのよさ

タイ、スラー等の奏法を指示する。

f. ストリーム多重度

現在鳴っている音の数を示す。(休符も鳴っているものと考えて数に入れる)

g. テーブル1

音符命令は前半の実際に音の鳴る部分と後半の音の鳴らない部分 (ダミー休符と呼ぶ。) に分解される。テーブル1には現在鳴っている音、その音の残り時間を示すカウンタ、フラグ (フラグが1の時ダミー休符であることを意味する) を保持している。

カウンタの値は、タイマー割込みルーチンによって1ずつ減ぜられ、0になるとその音はテーブル1から消され、新しく命令が取り出され、新しい音が鳴り始める。ただし、フラグが0の時はテーブル2から対応するダミー休符がテーブル1に転送される。

h. テーブル2

テーブル1の補助的なもので音符命令等のダミー

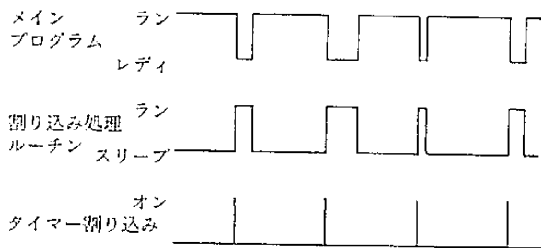


図-3 インタープリタの動作状態

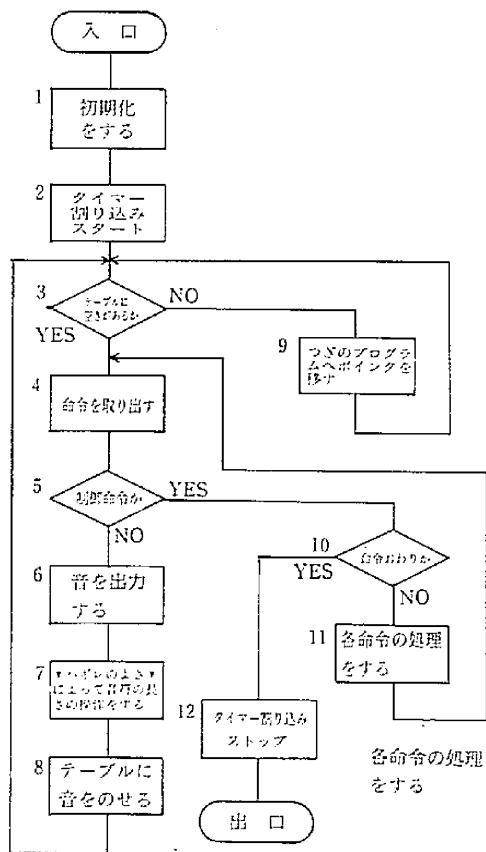


図-4 インタープリタのフローチャート

休符を保持し、テーブル1に転送するのに使われる。

3.2. インタープリタの動作

インタープリタは、メイン・プログラムと割り込み処理ルーチンで構成される。割り込み処理ルーチンはタイマー割込みが起ると、テーブル1の中にあるカウンタから1ずつ減じ、カウンタの内容が0になれば音を消す。この割り込みルーチンは、タイマー割込みが起ると起動される。タイマー割込みは1ミリ秒単位で割り込み間隔を設定でき、この間隔を変えることにより、演奏速度を変えることができる。図-3にインタープリタの動作状態を示す。割り込みルーチンはタイマー割込みが起きるまでは、スリープ状態で、割り込みが起きるとラン状態になる。割り込み処理ルーチンがラン状態になるとメインプログラムはレディ状態となり実行権は割り込み処理ルーチンに移る。割り込み処理ルーチンが終了すると、実行権はメイン・プログラムに移り、メイン・プログラムがラン状態となる。

メイン・プログラムの簡単なフローチャートを図-4に示す。

1. プログラム・コントロール・ブロック等の初期化を行う。
2. U-200Lのモニターに対して、タイマー割込みを起動させる。
3. テーブル1に空きがあるか否かを調べる。すなわちテーブル1の中にあるデータ処理命令の数がストリーム多重度に等しいかどうか調べる。空きがあれば処理4をなければ処理9を行う。
4. プログラム・コントロール・ブロックのプログラム・カウンタの指す番地から命令を取り出す。
5. 取り出した命令が制御命令か、データ処理命令かを調べる。制御命令ならば処理10をデータ処理命令ならば処理6を行う。
6. 電子オルガンの対応する音を鳴らす信号をインターフェイスに出力する。
7. “ハジレのよさ”の指定による実際に鳴る音の長さの後半のダミー休符の長さを計算する。
8. 実際に鳴る長さをテーブル1に、ダミー休符をテーブル2に格納する。
9. つぎに処理するプログラム・コントロールブロックへポインタ（プログラム番号を示す。）を変更する。
10. プログラムの終了か否かを調べる。終了であれば、処理12をそうでなければ処理11を行う。

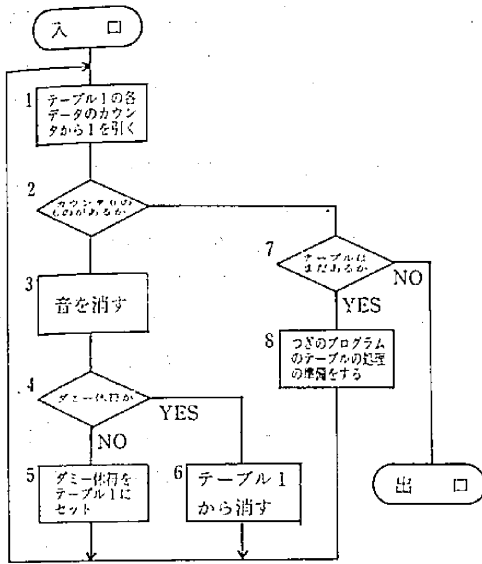


図-5 タイマー割り込み処理ルーチンのフローチャート

11. 各制御命令の処理を行う。
 12. タイマー割り込みを U-200L のモニターに対して、停止させる。
- 割り込み処理ルーチンの簡単なフローチャートを図-5に示す。
1. テーブル1の音を鳴らすべき残り(時間)を示すカウンタから1を減ずる。
 2. カウンタが0のものがあるか否かを調べる。あれば処理3をなれば処理7を行う。
 3. 電子オルガンの対応している音を消す。
 4. カウンタが0のものがダミー休符か否かを調べる。ダミー休符なら処理6をそうでなければ処理5を行う。
 5. テーブル2のダミー休符をテーブル1に転送し、(ダミー)フラグをセットする。
 6. カウンタが0のものをテーブル1から消す。
 7. 未処理のテーブルがあるか否かを調べる。あれば、処理8を行い、そうでなければ終了する。
 8. つぎのプログラムのプログラム・コントロール・ブロック内のテーブルの処理に移る準備をする。
4. インターフェイス

本研究で使内した電子オルガンの機能を表-1に示す。

表-1 電子オルガンの機能

鍵盤	音域	音色操作
上鍵盤	3オクターブ半	7種類
下鍵盤	3オクターブ半	3種類
足鍵盤	1オクターブ	3種類

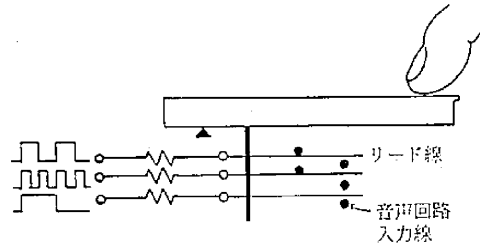


図-6-a 電子オルガンの上鍵盤

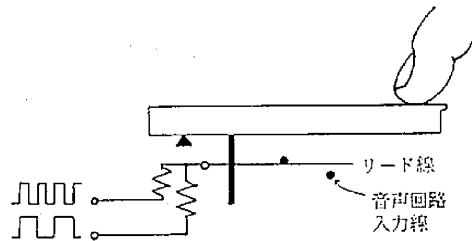


図-6-b 電子オルガンの下鍵盤

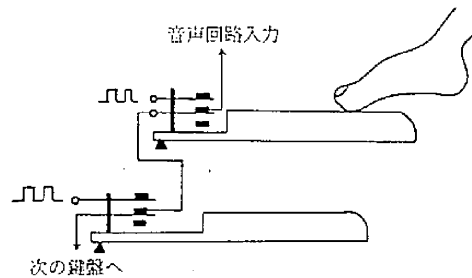
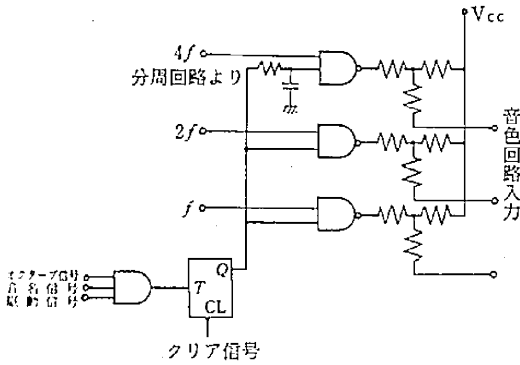


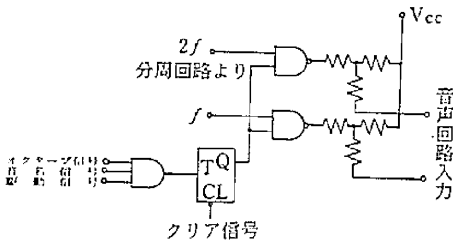
図-6-c 電子オルガンの足鍵盤

電子オルガンの鍵盤回路を図-6に示す。上鍵盤(図-6-a)は、基本周波数、二倍高調波、四倍高調波を音色回路に入力するようになっている。鍵盤を押すと、リード線が導線に接するのであるが、三本のリード線が同時には、接しない。下鍵盤(図-6-b)は、基本周波数、二倍高調波が音色回路に入力されている。足鍵盤(図-6-c)

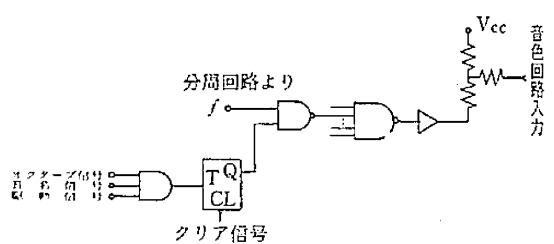


図一七-a インターフェイスの上鍵盤回路

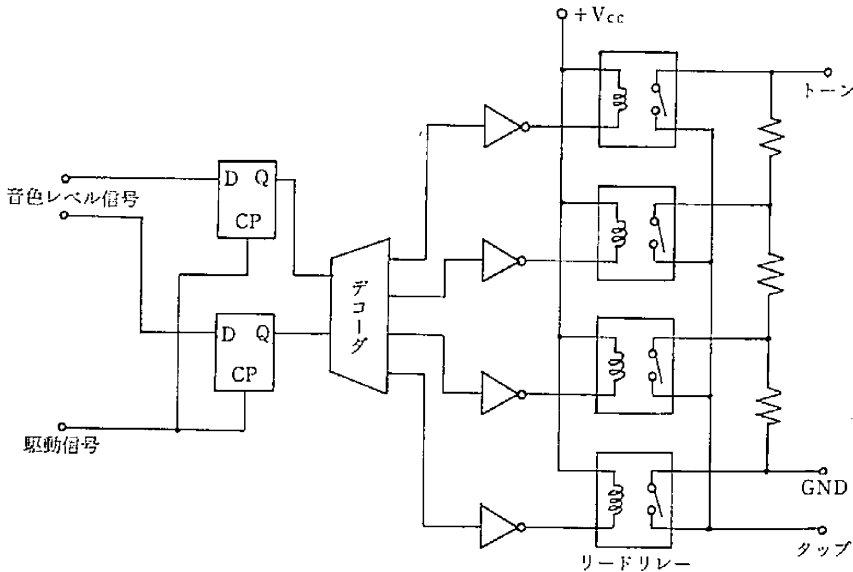
は、二個以上の鍵盤を同時に踏むと高い方の音が音色回路に入力される構成になっている。これらの鍵盤回路に相当するものを論理回路で構成したものを図-7に示す。インターフェイス内の鍵盤回路の数は電子オルガンの鍵盤と同じ数だけあり、各々のフリップ・フロップはアドレスが付けられており、図-1のデコーダによって選択される。鍵盤を押した状態が、T・フリップ・フロップをセットした状態に対応する。このフリップ・フロップで、アンド・ゲートに入る音源パルスのゲーティングを行い、バッファの出力を抵抗分割して音色回路に入力する。上鍵盤に相当する回路では、基本周波数、二倍高調波、四倍高調波のアンド・ゲートが同時に開かないように、四倍高調波のゲート入力に CR 回路を付けて、遅れてゲ



図一七-b インターフェイスの下鍵盤回路



図一七-c インタフェイスの下鍵盤回路



図一八 インターフェイスの音色操作回路

ディングをするようにした。この効果により、音の鳴り始めが柔らかくなる。

音色や音量の調整は、可変抵抗を変化させることにより行う。電子オルガンがそれらの調整用にもっている可変抵抗と同じ働きをするものをインターフェイス内に設ける。音色や音量の調整をするのに、電子オルガン内の可変抵抗か、インターフェイス内の可変抵抗か、どちらを使うか、マニュアル・スイッチで切り換えることができる。インターフェイス側の音色回路の構成を図-8に示す。可変抵抗を離散的に（OFFも含めて）4レベルに変化させるので、2ビットのフリップ・フロップが必要である。この2ビットのフリップ・フロップの内容をデコーダで解読し、4個のリード・リレーのうち1個だけを閉じる構成である。音量の可変抵抗は、8レベルとしたので、3ビットのフリップ・フロップが必要である。ここで述べた音色制御用あるいは音量制御用フリップ・フロップもアドレス付されており、図-1のデコーダによって選択される。

5. あとがき

音色、音量や演奏の速度の制御が可能な自動演奏システムを構成したが、実際の演奏を聞いてみると人間の演奏したものとの差異は著者には感じられなかった。音楽家と云われる人が聞いた場合はその区別は可能である

う。このシステムで使用している電子オルガンは廉価なものであり、音色等の機能が少ない。この機能の拡張によって、より音楽性豊かな自動演奏システムが構成できると思われる。

本報告で用いた方法、すなわち電子オルガン自動演奏システムを一つのマシンと考え、そのマシン命令を実行するインタープリタ方式をとったことに多に意義がある。ここでは、インタープリタをミニ・コンピュータで実現しているが、マイクロ・コンピュータで実現することも可能である。また、このインタープリタの構成はコンカレント（楽譜そのものの性質）なものの処理を対象としているため、マルチ・タスク方式をとった。このインタープリタの思想を拡張すれば、一台の電子オルガンの制御だけでなく、複数の電子オルガン（電子楽器）の制御が可能である。

参考文献

- 1) 玉木 et al. 「コンピュータによる電子オルガンの自動演奏システムのためのソフトウェアシステム」九州工業大学研究報告（工学）39号
- 2) H. F. オルソン「音楽工学」, 誠文堂新光社.
- 3) 池内 et al. 「楽典」, 音楽の友社.
- 4) 田中, 「計算機による音楽の研究」九州工大情報工学科昭和53年度修士論文
- 5) 戸部田, 平野, 「計算機による音楽の研究」九州工大情報工学科昭和53年度卒業論文.