第3章　エンベロープを可変できる電子オルゴールの製作を通して理解する

タイマA，V，Wの基本操作テクニック

◆**開発環境**
HEW3，FDT

芹井 滋喜
Shigeki Serry

付録マイコン基板（MB-H8）に搭載されているH8/3694Fには，タイマA，タイマV，タイマWの三つのタイマがあります．これらのタイマを駆使することで，エンベロープを変えられる電子オルゴールを作ることができます．

エンベロープとは，音色波形を指します．ビープ音とピアノの音のエンベロープの違いを**図1**に示します．ビープ音は，音の鳴り始めから終わりまで同じ音量でめりはりがありません．これに対してピアノの音は，鳴り始めの音がもっとも強く，そのあと自然に減衰していきます．

ここで製作する電子オルゴールはビープ音と同じ方形波ですが，ピアノと同じようなエンベロープにすることで，ピアノに近い感じの音にすることができます．同様に，エンベロープを立ち上がりの遅い形に変えれば，バイオリンのような感じの音にすることができます．

本章では，エンベロープを変えられる電子オルゴールの製作を通して，タイマの機能，使い方を解説します．

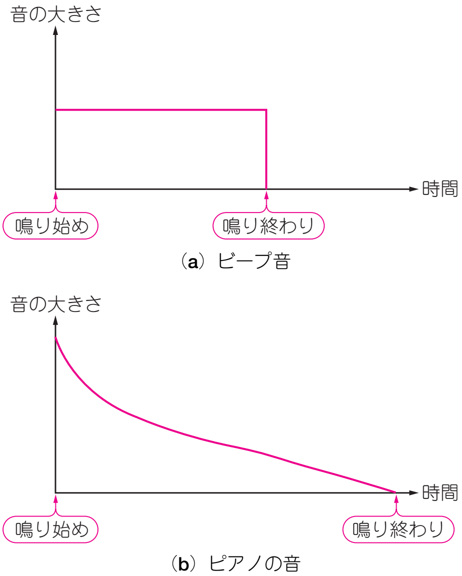

図1　ビープ音とピアノの音のエンベロープ

H8/3694Fのタイマの特徴

H8/3694Fには，タイマA，タイマV，タイマWの三つのタイマがあります．今回は，これらのタイマを**表1**の用途で使います．

これらのタイマの特徴を，以下に示します．

● タイマAの特徴

8ビットのタイマで，オーバーフロー割り込みが使えます．タイマ・カウンタの設定は，リセットだけ可能です．主な用途は，インターバル・タイマ，時計用タイム・ベース，クロック出力です．

● タイマVの特徴

タイマAと同様に8ビットのタイマですが，二つのタイム・コンスタント・レジスタがあります．タイマ・カウンタとコンスタント・レジスタの比較を行い，その結果によってタイマ・カウンタをリセットしたり，割り込みを発生させたりすることができます．

コンスタント・レジスタとの比較でタイマ・カウンタをクリアできるので，インターバル・タイマとして使用する場合は，タイマAよりも細かい周期が設定できます．また，二つのコンスタント・レジスタを使って，PWM（Pulse Width Modulation）パルスを作ることもできます．

● タイマWの特徴

16ビットのタイマで，四つのジェネラル・レジスタがあり，アウトプット・コンペア，インプット・キ

表1　電子オルゴールにおけるタイマA，タイマV，タイマWの用途

タイマA	音の長さやエンベロープの管理．テンポ
タイマV	音の高さの管理．周期設定
タイマW	PWM制御．エンベロープの制御

ャプチャ，あるいはPWM制御など，いろいろな使い方ができます．

PWM制御は，最大3相の出力が可能です．入力クロックも，内部クロックをそのまま使うことができるので，かなり自由度が高くなっています．タイマAは8分周，タイマVは4分周が最高です．

電子オルゴールのハードウェア仕様

ハードウェアは，PWM制御された出力を，バッファを通してスピーカに接続するだけです．電子オルゴールの回路図を図2に示します．

なお，私はバーコード表示器と同様に，MB-H8対応の学習キットH8_Base(ソリトンウェーブ社)を使いました．音だけを鳴らしたい場合は，書き込み回路やLCD回路は不要です．スピーカのドライブ用にHC04の空きゲートを使用していますが，書き込み回路を使用しない場合は，トランジスタで代用してもかまいません．

スピーカをドライブするには，直流成分をカットし，電流を制限する必要があるため，電解コンデンサと抵抗を通しています．直接ドライブすると，HC04を壊すおそれがあるので注意してください．

ソフトウェアの設計

ソフトウェアの仕様

ソフトウェアの仕様を以下に示します．

- 楽曲は，単音とする
- 楽曲データは，プログラム中にハード・コーディングする
- エンベロープ・データは，プログラム中にデータとして定義する
- エンベロープの変化は，PWMで制御する
- リセット時に演奏を開始し，1回演奏して終了する

ソフトウェアで楽曲を演奏する場合，音の周波数の管理や，曲のテンポの管理，エンベロープの管理など，いろいろな管理が必要になります．以下では，これらについて，順に説明します．

曲のテンポの管理

曲のテンポは，タイマAをインターバル・タイマに設定し，4分音符一つの長さを192カウントとします．したがって，タイマAの割り込みが192回入ると，4分音符一つぶんの長さになります．

4分音符＝192としたのは，8ビット(0～255)で表現でき，また2だけでなく3でも割り切れるからです．

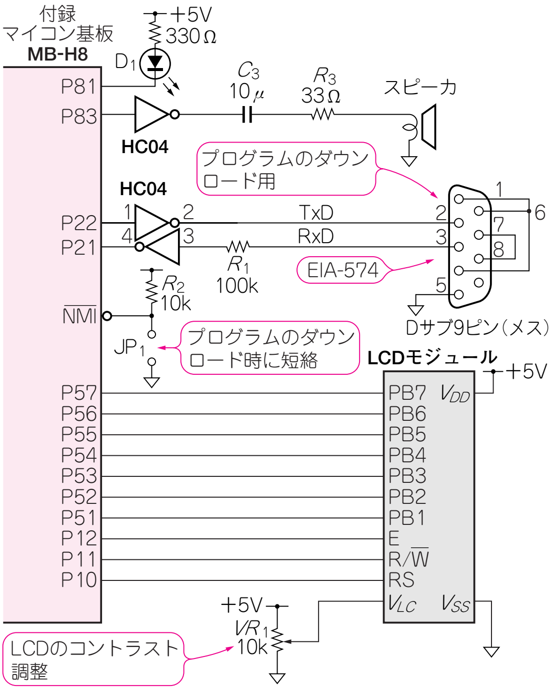

図2　電子オルゴールの回路図

音符には，3連符や6連符があるので，3で割り切れる必要があります．

タイマAは，タイマ・カウントを変更できないので，テンポの変更は，タイマAの入力クロックを変更します．

エンベロープの管理

エンベロープは，スタティックなデータとしてもつようにしました．今回は単純な減衰音なので，計算で求めることもできますが，発音しながらの計算では，処理が間に合わない可能性が高いからです．

エンベロープに合わせて音量を変化させるために，PWM制御を使っています．後述しますが，これにはタイマWをPWMモードで使用し，GRCレジスタに設定した値により，音量が変化するようにしています．GRC＝0のときが最小音量，GRC＝255のときが最大音量となります．

エンベロープは，発音開始時が最大(＝255)で，タイマAの割り込みが1回入るごとに，徐々に小さくなっていきます．今回は，50サンプル分のエンベロープ・データを作りました．データは，Microsoft Excelを使用して減衰曲線を描くように計算し，結果をエディタで編集して，プログラムに貼り付けました．

このエンベロープは，常に一つ前のデータの0.95倍になるように設定しています．発音時間が50サンプルを越えた場合は，最後の音量を持続し，発音終了時に最小音量になるようにしています．