

第1章 波形メモリ音源を使う

電子オルゴールの製作

平松 明夫

本章で使用するプログラムは
[http://www.cqpub.co.jp/
interface/download/](http://www.cqpub.co.jp/interface/download/)から
ダウンロードできる。

ここでは、簡単な回路と付録の基板だけで構成した電子オルゴールの製作方法を紹介する。フィルタを作って音を調節したり、好きな曲を演奏させたり…と、自分の好みに合わせて、カスタマイズして楽しんでほしい。
(編集部)

筆者は、もっぱら趣味の電子工作で H8 や SH-2(以下, SH) といったマイコンを使っています。

10年くらい前は、とても個人で買えるようなものではなかった SH ですが、ここ数年、秋葉原などで SH が搭載されたマイコン・ボードを見かけるようになりました。

電子工作用のマイコンといえば、少し前までは H8、さらにその前は Z80 が主流でした^{注1}。SH の魅力はやはり速度です。同じクロック周波数なら、かなり低く見積もっても H8 の 2 倍は速く、実際の実力値は 3 倍以上です。積和演算を多用するなどの SH に有利なケースでは 10 倍くらいになることもあります。そして、一般的には SH のほうが H8 よりクロック周波数が高いので、その差はさらに広がります。比べるのも気の毒なのですが、Z80 と比べたら、もう自転車とジェット機ぐらいの差があるように思います。

マイコンが遅かったころには、CPLD や FPGA を外付けしなければ実現できなかったことも、処理能力が向上するにつれて、ソフトウェアで実現できる範囲がずいぶん広がってきました。いままで大げさな外付け回路で実現していた機能を、マイコンとわずかな外付け部品だけで実現できれば、コストダウンにもつながります^{注2}。

こんなにすばらしい SH ですが、電子工作系の Web サイトを見たかぎり、H8、PIC、AVR などと比べて趣味で使っている人はまだまだ少ないようです(もちろん、仕事で使っている人はたくさん見かける)。どうも SH は難しいというイメージがあるのではないのでしょうか。筆者が使った感じでは、SH の難易

度は H8 と大差ないように思います。それでいて H8 とは段違いの処理能力があるのですから、使わない手はありません。

今回は、ごく簡単な回路だけで SH の処理能力を体験してみようと、付録の SH-2 ボード(以下, SH7144 ボード)で電子オルゴールを作ってみました。

1. 音を鳴らすということ

音は...

8 ビット CPU の時代にはコンピュータで音を出すといえば、単純にポートに 'H'、'L' を交互に出力して方形波を出す(しかも、その間、CPU はそれに専念するためほかの処理はまったくできない)とか、あるいは PSG(Programmable Sound Generator)、FM(Frequency Modulation)音源といったサウンド生成専用の LSI を外付けしていました^{注3}。

H8 を使った場合

以前から、筆者は H8 を使って、ほとんどソフトウェアだけで音楽を鳴らすことを試みていましたが、やはり H8 では能力不足だと感じていました。サンプリング周波数 32kHz 相当の音を鳴らす場合、D-A コンバータに送る値は 31.25 μ s ごとに計算しなければなりません。当時、入手しやすかった H8/3048 は、クロック周波数が 16MHz だったのですが、31.25 μ s とは 16MHz のクロック 500 個ぶんの時間です。しかしながら、実際には割り込みオーバヘッドなどもあるので、クロック 400 個くらいで処理しなければなりません。4 重和音の場合は 1 パート

注1: こういったパソコン用の CPU に近いアーキテクチャの流れとは別に、コンピュータというよりはシーケンサといった感じの PIC や AVR といった大潮流もある。

注2: 同じく部品を減らそうという目的の、まったく逆方向からのアプローチとして「何でもかんでも FPGA でやっしまおう」という方向もある。どうも筆者は思考法がソフトウェア開発者寄りなのか、そういう方面にはあまり魅力を感じない。人それぞれである。

注3: FM 音源の音色も非常に魅力的で、90 年代初頭のころ、筆者は秋葉原のパーツ・ショップなどでアマチュア電子工作家でも気軽に FM 音源の LSI が買える時代が早く到来しないかな、などと妄想していたが、FM 音源 LSI が店頭に出ることはほとんどなかった。そうこうしているうちに、流行も終わり、いまや「FM 音源」という単語を耳にすることすらほとんどなくなってしまった。

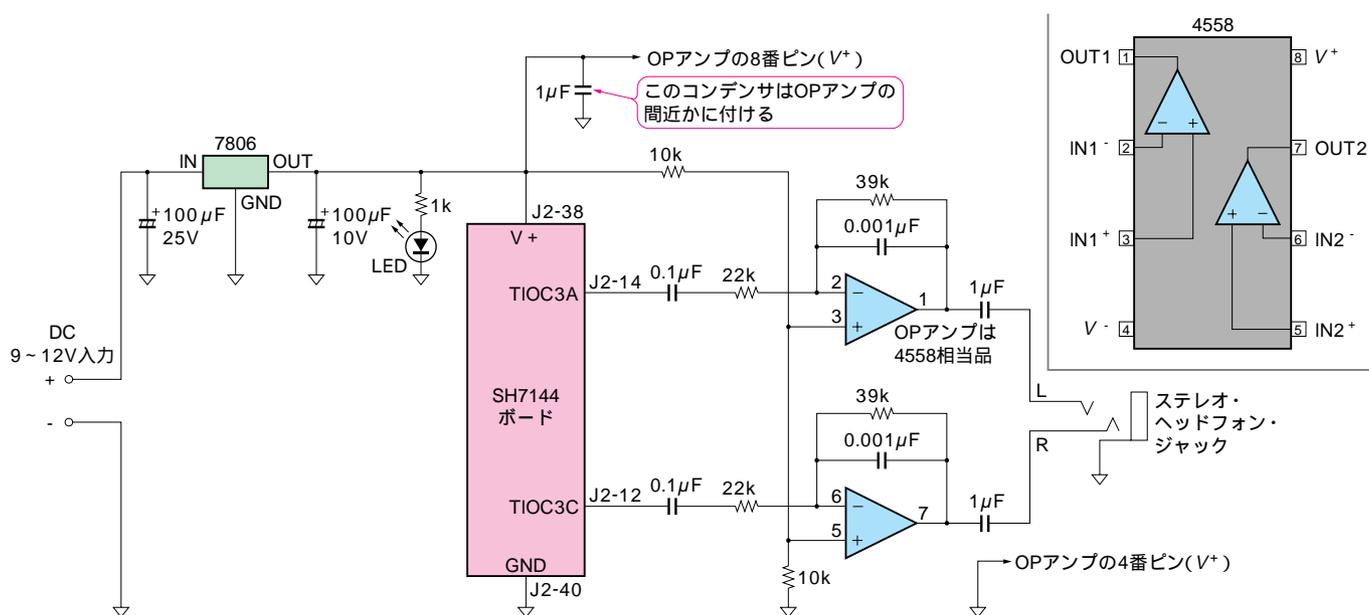


図1 電子オルゴールの回路

あたり 100 クロックで、8 重和音をめざす場合はわずか 50 クロックで計算する必要があります。

困ったことに H8/3048 は CISC 型マイコンで、命令にもよりますが、1 命令を実行するのに 2 ~ 20 クロックもかかってしまいます。もし 20 クロックの命令を使ってしまうと、8 重和音を鳴らすために使えるクロック数のうち、半分近くをその命令 1 個が消費してしまうことになります。H8 で和音の音楽を鳴らすには、かなり荷が重い処理です。

SH-2 はすごい

それでは、クロック周波数が 48MHz の SH を使った場合はどうでしょうか。SH は H8 と比べてクロック周波数は 3 倍でしかないのですが、RISC 型マイコンなのでほとんどの命令を 1 クロックで実行できます。さらに、すべての品種に MAC(積和演算装置)が付いていることから、飛躍的に処理能力が上がります。単純に H8 の場合と同様の計算を行っても、8 重和音でも 1 パートあたりの処理に 150 ~ 170 クロックくらい使うことができることとなりますが、SH はほぼ 1 命令 1 クロックであることや、MAC の効果なども合わせると桁違いの処理能力になります。

2. オルゴールの構成 ——回路からソフトウェアまで

シンプルな回路で実現

ここでは、オルゴールの構成について述べていきます。

波形演算処理などは、すべてマイコンを使ってソフトウェアで処理するので、SH7144 ボードに外付けする部品は「ほんの軽いご挨拶」程度のもので済みます。4558 相当の OP アンプ 1 個、電源用の 3 端子レギュレータ 7806 が主たる外付け部品で、ほか

に若干の抵抗やコンデンサなどを使っています(図1)。

内部で計算した値をアナログ化して音として出力するわけですが、SH7144 には D-A コンバータがないので、PWM 信号を出力し、OP アンプで構成したローパス・フィルタで PWM 周期の高音を落とします。スピーカを鳴らせるほどの出力はないので、別途パワー・アンプが必要になりますが、ここでは説明を省略します。

回路としては、ステレオで音を鳴らすことも可能ですが、今回は左右まったく同じ音が出るようになっています。しかし SH ならステレオ化して、さらにさまざまなエフェクトをかけるだけの実力はあると思います。興味のある方は、ぜひチャレンジしてみてください。

電源は、SH7144 ボードには 3.3V のレギュレータが載っているのですが、安い OP アンプを動かすには 3.3V という電圧は低すぎます。また、SH7144 ボード自体には 5V 以上の電圧を供給する必要があるため、3 端子レギュレータ 7806 を使い、6V の電圧を作ることになりました。

レギュレータはかなり熱くなるため、小さなものでかまわないので放熱器を付けたほうがよいでしょう。なお、電源にレギュレータを使っていることもあり、消費電力が多いため、006P(9V)の電池などでは、すぐに電池がなくなってしまいます。したがって、適当な AC アダプタを使います。

実際に作ったオルゴールを写真 1 ~ 写真 3 に示します。部品も少なく、はんだ付けができる人ならば簡単に作れます。

SH7144 内部での処理

SH7144 内部のハードウェアとしては、3 本のタイマを使っています。そのうち二つは外部にパルスを出す必要はないので CMT(コンペア・マッチ・タイマ)を使い、残る一つは MTU