



## 第8章 加速度計の製作を通して理解する 加速度センサ・インターフェース とウェブ・ファイル再生の テクニック

### ◆開発環境

アセンブラ (AKI-H8/3048)  
マイコン・ボード付属品, 入手先: 秋月電子通商)

渡辺 明禎  
Akiyoshi Watanabe

本章では、加速度計の製作を通して、加速度センサと4月号付録マイコン基板MB-H8とのインターフェース、そしてWindowsでよく使われているウェブ・ファイルの再生テクニックを解説します。製作した**加速度計**のブロック図を図1に示します。車の場合、加速度は進行方向、左右方向の2次元なので、厳密には2次元LEDアレーなどで加速度をXY表示する必要があります。

しかし、LEDアレーは入手しにくい、回路も複雑になる、といったような理由により、**加速度を音声で知らせる**ようにしました。この結果、回路が簡単になり、加速度計の大きさも小さくなりました。

加速度センサは、**ADXL202E**を使いました。このセンサのアナログ出力をH8/3694FのA-Dコンバータで直接サンプリングします。得られた加速度はその

絶対値を計算し、測定値に対応する音声データを設定します。

音声データは、タイマVのPWMを使ったD-A変換によりアナログ化しました。各種設定値の保存用にシリアルEEPROMを実装したので、加速度データのアクイジョンも容易です。

### 加速度センサ ADXL202E の基礎知識

ADXL202Eは、2軸の加速度センサです。デジタル出力を備えているので、マイコンとのインターフェースが容易です。

ADXL202Eは、 $\pm 2g$ のフルスケール・レンジで加速度を計測でき、かつ動的加速度(振動など)と静的加速度(重力など)を計測することができます。また、傾

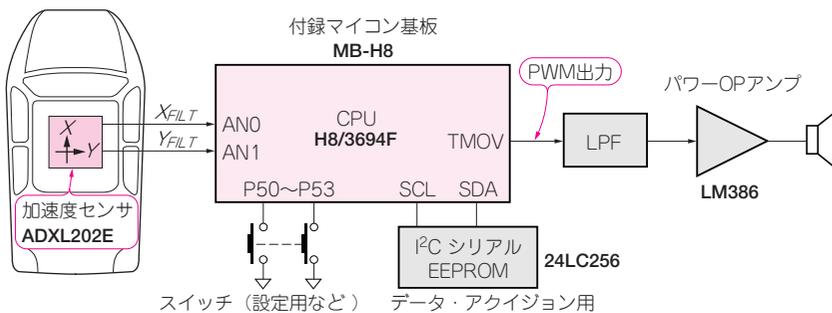


図1 製作した加速度計のブロック図

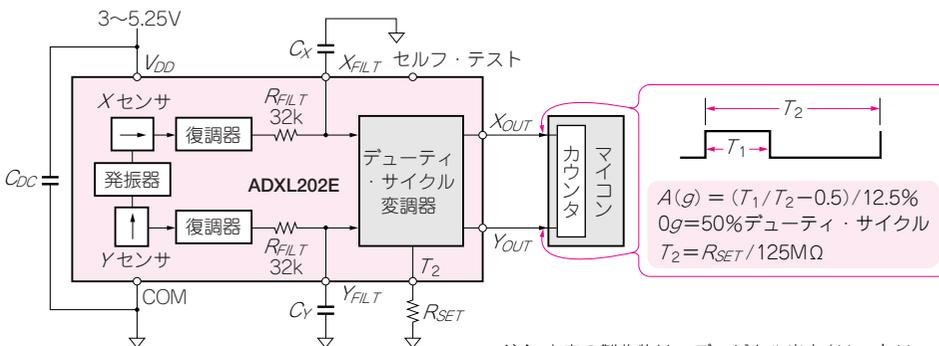


図2 ADXL202Eの機能ブロック図

注▶本章の製作物は、デジタル出力(X<sub>OUT</sub>とY<sub>OUT</sub>)は使わない、アナログ出力(X<sub>FILT</sub>とY<sub>FILT</sub>)を使う

斜センサとしても使用できます。

ADXL202Eの機能ブロック図を図2に示します。復調器の出力は、 $R_{FILT}$ を通してデューティ・サイクル変調器段をドライブし、加速度を $T_1$ と $T_2$ のデューティ比で得ることができます。また、アナログ信号を得る場合は、 $X_{FILT}$ 、 $Y_{FILT}$ 端子に帯域制限用コンデンサを接続します。

$R_{FILT}$ と $C_X$ 、 $C_Y$ で形成されるLPFは、信号の帯域を制限し、ノイズを低減することができます。その帯域幅は次式で求めることができます。

$$f = \frac{1}{2\pi \times 32 \times 10^3 \times C_X}$$

帯域幅を小さくするとノイズが小さくなり、加速度をより正確に求めることができますが、レスポンスは低下します。

例えば、帯域幅が500 Hzのときノイズ(実効値)は5.7 mg、10 Hzのとき0.8 mgとなります。

デジタル出力時の周期 $T_2$ は、次式で求めることができます。

$$T_2 = \frac{R_{SET}}{125 \times 10^6}$$

今回はアナログ出力を使うので、デジタル出力は不要ですが、その場合でも $R_{SET}$ は必須です。

ADXL202Eのピン配置を図3に、ピン機能を表1に示します。図4に、ADXL202Eの加速度-出力電圧特性を示します。 $V_{DD} = 5V$ 時の感度は $0.3V/g$ 程度と小さいので、より正確な加速度値を得たい場合は、OPアンプなどで増幅する必要があります。また、 $V_{DD}$ で中心電圧、感度が変わるので注意が必要です。

## ハードウェアの設計

加速度計の回路図を図5に示します。

### ● 加速度センサ部

帯域制限用コンデンサは $0.1\mu F$ としたので、帯域は50 Hzとなります。デジタル出力の周期 $T_2$ は、 $R_{SET}$ が $1M\Omega$ なので8 msです。

ADXL202Eは表面実装用ハーメチックLCCパッケ

表1 ADXL202Eのピン機能

ピン番号	記号	説明
1	ST	セルフテスト
2	$T_2$	周期 $T_2$ を設定するために $R_{SET}$ を接続
3	COM	コモン
4	$Y_{OUT}$	Y軸デューティ・サイクル出力
5	$X_{OUT}$	X軸デューティ・サイクル出力
6	$Y_{FILT}$	Y軸フィルタ用のコンデンサを接続
7	$X_{FILT}$	X軸フィルタ用のコンデンサを接続
8	$V_{DD}$	3.0V ~ 5.25V

ージなので、ユニバーサル基板にはそのまま実装できません。そこで、ICを逆さにして基板に取り付け、各端子から、 $\phi 0.1\text{ mm}$ のすずメッキ線でユニバーサル基板へ接続しました(p.109の写真6参照)。

### ● 低周波アンプ部

OPアンプはLM386を使いました。電源電圧5V時の出力は0.15W程度です。回路は必要最小限の部品で構成しました。ゲインは26 dBです。

スピーカに並列に接続した $10\Omega$ と $0.047\mu F$ のコンデンサはゾーベル・フィルタといい、スピーカの高域周波数におけるインピーダンスの増加を抑え、OPアンプが発振するのを防ぎます。

OPアンプの入力端子には、 $f_c \approx 2\text{ kHz}$ の2次LPFを通します。これにより、タイマVの出力端子からのPWM波を平均化し、高周波成分を除去します。

### ● I<sup>2</sup>Cバス対応のシリアルEEPROMを接続

加速度センサは、平坦地においてキャリブレーションが必須です。使用時に毎回行うのはたいへんですが、かといって、キャリブレーション・データをH8/3694FのROMに書き込むのもたいへんです。そこで、H8/3694FのI<sup>2</sup>Cバスを使い、シリアルEEPROM 24LC256を実装しました。

これにより、設定値を保存しておくだけでなく、加速度のアクイジョンができるようにしました。そのデータをパソコンで解析することにより、車の走行性能を客観的に知ることができます。

24LC256の容量は256 Kビットなので、0.2秒単位

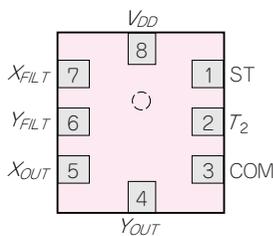


図3 ADXL202Eのピン配置

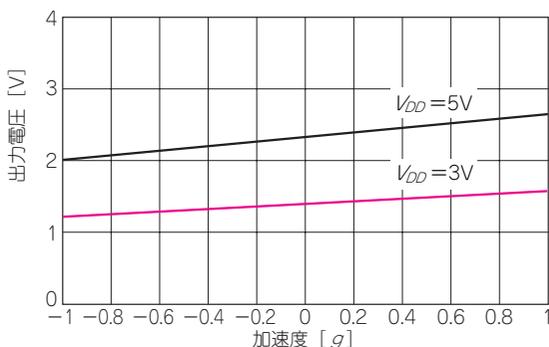


図4 ADXL202Eの加速度-出力電圧特性