

第5章 微小信号を増幅したり 確実に伝送するアンプや絶縁回路など

A-D変換のための入力回路集

石井 聡/木島 久男/小島 昇/相田 泰志/
Satoru Ishii/Hisao Kishima/Noboru Kojima/Yasushi Soda/
武山 伸/馬場 清太郎
Shin Takeyama/Seitaro Baba

マイコンはデジタルICですから、アナログ信号を取り込んで処理するためには、必ずアナログ信号をいったんデジタルに変換しなければなりません。

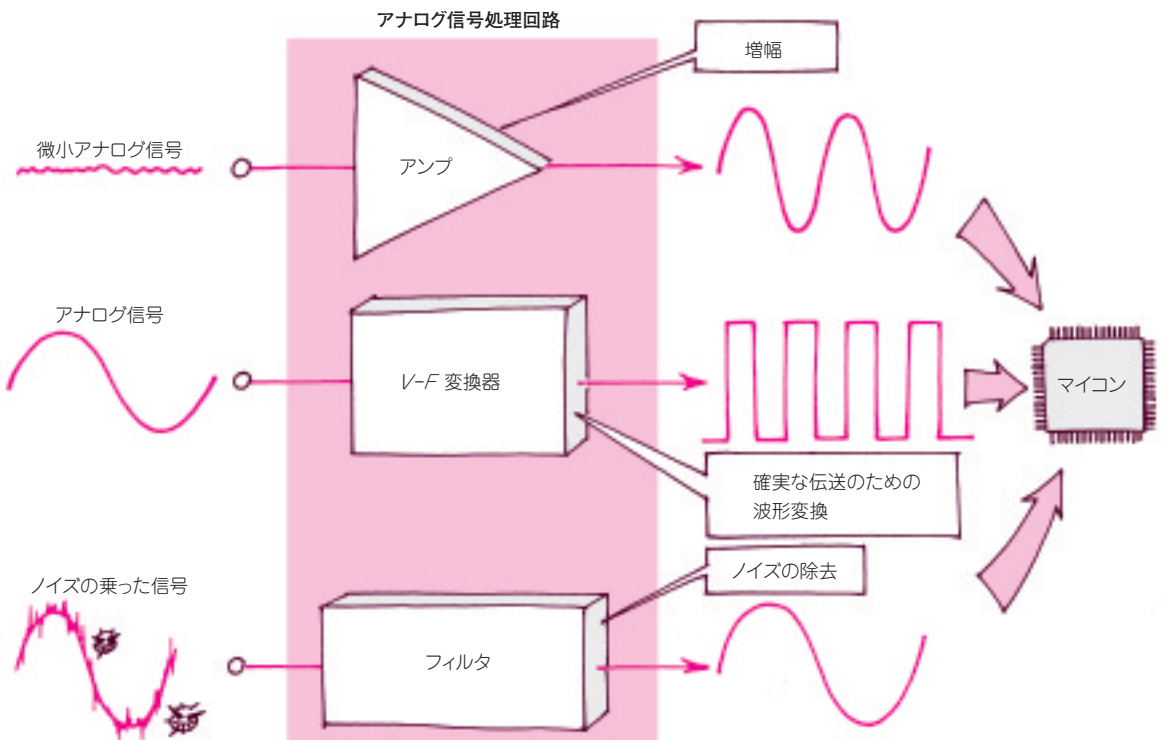
しかし、A-Dコンバータにセンサの出力をそのまま入力すると、信号レベルが小さすぎて分解能が得られなかったり、振幅変動が大きすぎて入力レンジを越えてしまったりします。信号が周波数の高い交流の場合は、A-Dコンバータの応答が間に合いません。そこでA-Dコンバータの前段には、増幅器やピーク・ホールド回路、レンジ切り替え回路などのアナログ信

号を加工する回路を置くことがよくあります。

アナログ信号は、0Vと5Vの2値で変化するデジタル信号と異なり、連続的に変化する波形そのものが重要な情報をもっています。ですから、取り扱い方が悪く波形をひずませたり、ノイズを乗せてしまったりすると、その大切な情報が失われてしまいます。

本章では、増幅したり、ノイズを除去するA-Dコンバータの前段用のアナログ回路を紹介します。

〈馬場 清太郎〉



Keywords

絶縁, ピーク・フォロウ回路, 整流回路, V-F変換回路, バターワース, 折り返し雑音

5

センサなどが出力するアナログ信号を高精度にA-D変換する

1

微小信号をA-D入力電圧範囲に合うように増幅するアンプ

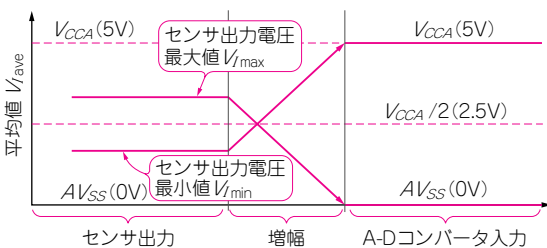
■ センサ出力の直流成分も必要なとき

● センサの出力信号が0~5Vの範囲で振れるように増幅する

一般に、マイコンに内蔵されているA-Dコンバータの入力電圧範囲は、0~5V(V_{CCA})です。センサなどが出力する微小なアナログ信号をできるだけ高精度にマイコンに取り込むためには、図1-1に示すようにセンサの出力電圧を内蔵A-Dコンバータの入力電圧範囲いっぱいまで増幅することがとても重要です。しかしセンサによっては、出力電圧が1V_{P-P}程度でしか増幅しないため、そのままA-D変換すると分解能も精度も不十分です。

センサの信号を増幅する回路は、A-Dコンバータの電圧(V_{CCA})と同じ電源回路から供給したいところです。センサ専用の電源回路を用意するのが面倒だけでなく、一つの回路に二つの電源から電圧が供給されていると、各電源の立ち上がり立ち下りのタイミングのずれによって、マイコンがラッチアップするといったような別の問題も発生するからです。この問題を避けるには、電源の起動シーケンス制御が必要になります。

図1-2に示すのは、センサの電源電圧をマイコンの V_{CCA} と一緒に使用し、センサ出力電圧をA-Dコンバータの入力電圧範囲いっぱいまで増幅できるアンプです。DCアンプと呼びます。単電源の反転増幅回路に、バイアスを加えたものです。



センサ出力電圧振幅 $V_{P-P} = V_{max} - V_{min}$
 センサ出力電圧平均値 $V_{ave} = (V_{max} + V_{min}) / 2$

	センサ出力	A-D入力
ゲイン条件	V_{P-P}	V_{CCA}
バイアス条件	V_{ave}	$V_{CCA}/2$

図1-1 センサの微小な出力信号を高精度にマイコンに取り込むときの電圧レベルの関係

センサ出力の電圧範囲がA-Dコンバータ入力電圧範囲の一部になっていると変換精度が十分取れないので増幅する

非反転増幅回路でも構成できますが計算が面倒です。マイコンのソフトウェアでA-D変換データは反転できますから、反転増幅回路で構成するのが最も簡単です。

● 設計の手順

▶ 出力フルスイング型のOPアンプを使う

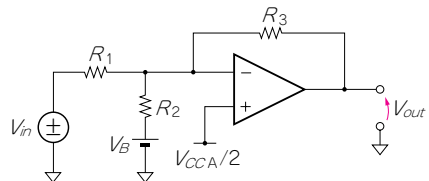
まずOPアンプを決定します。5V電源動作でも、A-Dコンバータの入力電圧範囲(0~5V)まで出力できるフルスイング(レール・ツー・レール)型のCMOS OPアンプを選択します。入出力フルスイングのOPアンプは、設計が簡単ですが高価です。

コストに問題がないとき以外は、出力だけがフルスイングのCMOS OPアンプを選択するのがよいでしょう。一例として安価なLMC662(ナショナル セミコンダクター)を選択します。

▶ ゲインとバイアスを設定する

OPアンプの最大同相入力電圧から非反転入力電圧 V_{in+} を決定します。LMC662のデータシートから最大同相入力電圧は $V_{CC} - 2.4V$ ですから、 V_{in+} は0~2.6Vの範囲で決定します。 R_2 を追加すると、ノイズ・ゲインが増加して、オフセット電圧のドリフトが増えます。本来なら V_{in+} はノイズ・ゲインの増加が最小になる点が望ましいのですが、計算を簡単にするため、ここでは V_{in+} は V_{CC} の1/2の2.5Vとします。

図1-1に示すように、ゲイン条件としてセンサ出力振幅 V_{IP-P} をA-Dコンバータの電源電圧(V_{CCA})まで増幅し、バイアス条件としてセンサ出力電圧の平均値 V_{Iave} を $V_{CCA}/2$ になるように変換します。ゲイン条件とバイアス条件を満足する回路は、 V_{Iave} と $V_{CCA}/2$ の関係によって3種類存在します。これらを図1-3に示します。 R_3 はゲイン調整。 R_2 はバイアス調整です。



- ゲイン条件: $\frac{R_3}{R_1} = \frac{V_{CCA}}{V_{P-P}}$
- バイアス条件: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{Iave} - V_{CCA}/2}{V_B - V_{CCA}/2}$

図1-2 センサとマイコンの電源を共有してもセンサ出力をA-Dポートの入力電圧範囲いっぱいまで増幅できるアンプ