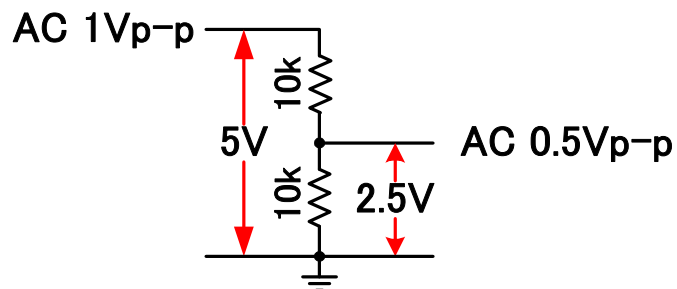


レベルシフトと 加算回路とは

レベルシフト回路と 加算回路は、簡単に表現すると オペアンプの段間に、抵抗の分圧回路が入っている物です。

単純に使うと、抵抗分圧で $1/2$ にすると、DC 5Vの電圧は、2.5Vになって出力されます。と共に、その DC 5V に 交流が 乗っている場合は その交流電圧の振幅も $1/2$ になります。



という事で、直流 交流の 区別なく、電圧値を $1/2$ にしている。という事です。このような回路を、抵抗減衰器 アッテネーターと呼びます。アッテネーターは、定インピーダンス型もあります。

定インピーダンス型アッテネーターとは 入出力のインピーダンスが 50Ω とか固定という事です。 50Ω のアッテネーターは1個のモジュールになっており、主に高周波用途に用います。

あと、オシロスコープを 使用される方は、プローブに、 $\times 1$ や $\times 10$ の 切り替えスイッチが、付いているのを見た事があるはずです。



これは、オシロ本体の入カインピーダンスが、 $1M\Omega$ で、プローブ側に $9M\Omega$ の抵抗が入っています。 $\times 1$ は、オシロ入力に プローブ先端をダイレクトに接続します。 $\times 10$ は $9M\Omega$ の抵抗を、直列に入れて、オシロ本体に接続します。これにより、オシロに入力される電圧は、 $1/10$ に 降圧されます。あと周波数補正のトリマもあります。

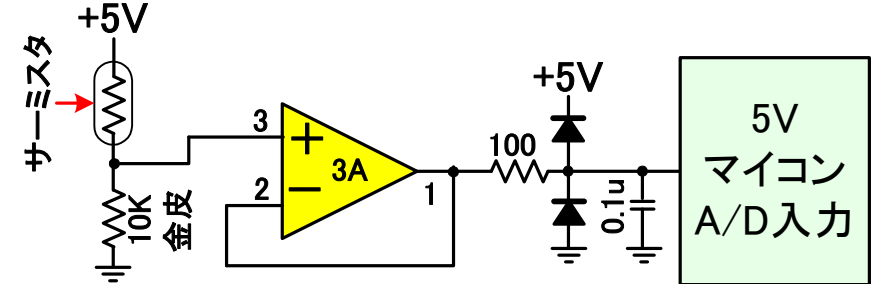
レベルシフト回路は、何に使用するのか。？

用途としては、**センサの信号をマイコンのA/Dコンバータに入れる時に使用します。** 温度計などは 昔から使用されている**サーミスタ**は、秋月電子で **25°Cで 10k Ω の物**があります。これは、直列に 10k Ω の金属皮膜抵抗を入れて、0V、5Vの電圧を加えます。この状態であれば、**5VマイコンのA/Dコンバータに直接接続出来ます。** 温度、湿度、気圧等の 変化の ゆっくりしたデータは、**長周期データ**といって、**DCを含めた形でデータを 取り込みます。** 但しサーミスタは、**出力抵抗値が高い**ので、オペアンプのボルテージフォロアで、**バッファリング**した方がいいです。

それに対し、**加速度データや、地震計などは出力が 0ボルトを中心に \pm に振れます。**

かつ、**振動の周波数が やや速い**ので、**100Hz ~ 1kHzの サンプリングレイトで データを 取り込みます。**

0V ~ 5V 出力のサーミスタと 5V マイコンの接続



0 ~ 5V出力のサーミスタと 5V マイコンと直接接続できます。と書きましたが、**サーミスタは信号源と考えると、インピーダンスが高い**ので、間にオペアンプの**ボルテージフォロア**を入れて**マイコンに接続**した方がいいです。

あと、オペアンプ出力に 100 Ω と 小信号ダイオード2個を入れてますが、オペアンプが、5V電源で動作するフルスイング オペアンプであれば 100 Ω と 小信号ダイオード2個は必要ありません。0.1 μ Fのコンデンサは、マイコンのA/D前段にある、アナログマルチプレクサの切り替えの影響を、抑えるためです。

長周期データの センサーの場合は、殆どが 0 ~ 5Vで受ける事が可能です。

但しセンサ出力が小さい場合があるので、**分解能を上げるため、オペアンプで増幅する**場合があります。精度を要求する場合は、**オフセット電圧**が小さく、**低バイアス電流、温度安定性**の良い物を選別して下さい。

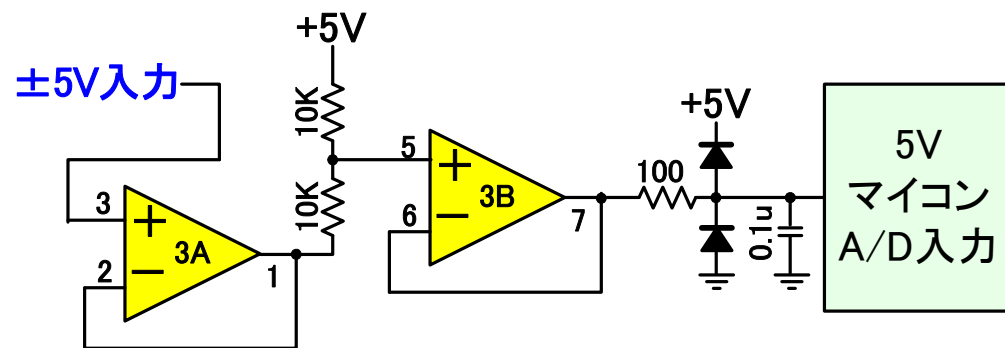
中には、**重さを測定するロードセルや、熱電対センサー**など、**極端に出力電圧が、小さい**物もあります。この場合は、ちょっと価格が高いですが **計装アンプ**を使用して下さい。

レベルシフトから横道に逸れましたが、振動系のセンサーの場合は、0Vを中心に、±両方に信号が出てきます。例えば、-5Vから +5Vのレンジで電圧が振れます。A/Dコンバータは、0 ~ 5V または 0 ~ 3.3Vなので、マイナスの信号が、プラスになるように、レベル全体をプラス方向に引き上げます。

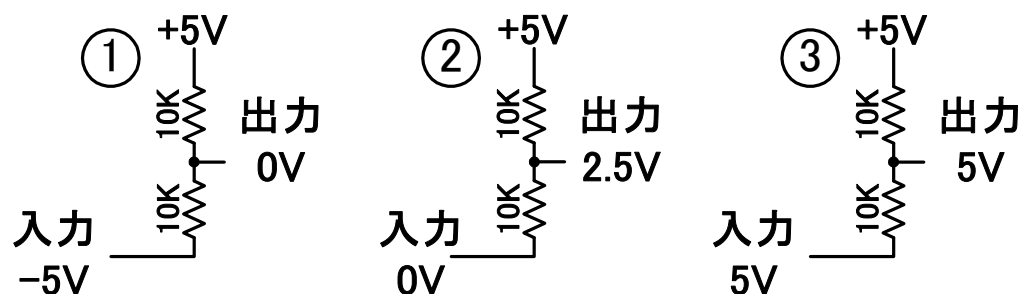
仮に、A/Dコンバータ入力が、0 ~ 5Vであれば、-5 ~ +5Vの信号に、5Vを 加算すると、0 ~ 10V に なります。という事で、電圧を 1/2 に 落とす必要も あります。

実は抵抗を使うと簡単に レベルシフトが出来るのです。但し抵抗を使うとインピーダンスが高くなるため、後段にバッファアンプを入れる必要があります。また センサー側の出力インピーダンスが高い場合は、抵抗回路の前段にも バッファアンプを入れる必要があります。

±5V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



すぐ分かった方もいると思いますが、一応説明しておきます。



①、②、③は、2本の 10k Ω の抵抗の直列接続で、構成されます。

上側が、+5V電源に接続しています。下側は、センサからの入力信号で -5Vから、+5Vの範囲で 値が変化します。

そして、2つの抵抗の midpoint が、A/Dコンバータに接続する 出力となります。

①の 状態は、センサから、-5Vが、入力されています。2つの抵抗は、同じ値なので、midpoint の出力は、+5Vと センサ入力の中間の電圧になります。センサ入力 が -5Vなので midpoint は

ちょうど、0Vになります。

②の 状態は、センサから、0Vが、入力されています。よって、5V 0V間の midpoint 電位は、2.5Vとなります。

③の 状態は、センサから、5Vが、入力されています。よって、両端が 5Vなので midpoint 電位も、5Vとなります。

通常、A/D変換した量子化数は、A/D入力が 0Vの時、0 となります。5V入力された場合は A/Dコンバータの表現できる量子化数の 最大値 となります。例えば 10bit分解能の ADCの場合 0 ~ 1023 の値を出力するので 5V時は 1023を出力します。12bit分解能の ADCの場合 0 ~ 4095 の値を出力するので 5V時は 4095を出力します。ここで 一つ疑問に思われる方がいるかもしれません。元々の、センサ入力は、 $\pm 5V$ ですよ。

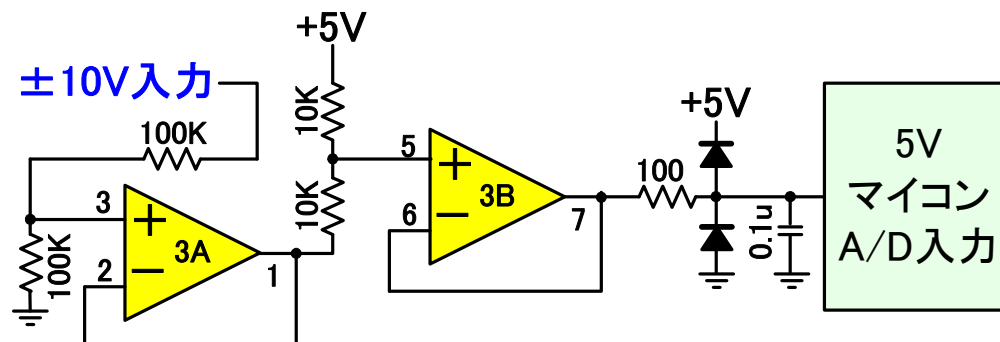
元々のセンサ入力は、±5Vの場合、使用するA/Dコンバータの 中点電位で 出力される量子化数を、あらかじめ確認して、A/D変換した量子化数から引き算する事になります。

通常、10bit、12bitのデータであれば、マイコンの 16bit 整数にデータを格納することになるので、単純に引き算すればいいです。

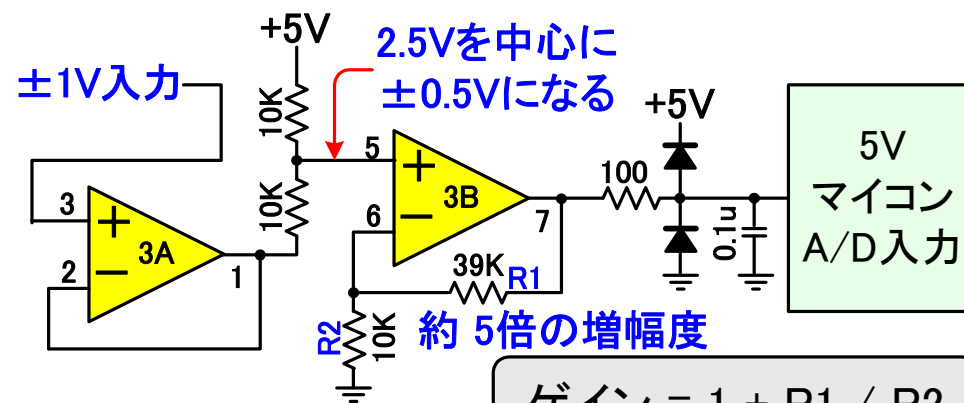
因みに、10bitの場合 中点電位の量子化数は512で、12bitの場合 2048 になります。

ちょっとA/D変換寄りの話になったので、レベルシフトに話を戻します。±10V入力が 必要になった場合は、プラス側とマイナス側の電位差が異なるので 安直なやり方ですが、±5Vのレベルシフト回路の 一段目オペアンプの前段に、100KΩ 2本で 電圧を 1/2に落す降圧回路を入れて使えば、出来ます。逆に センサ出力が 1 ~ 2Vと 小さい場合は、オペアンプで増幅する事になります。

±10V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続

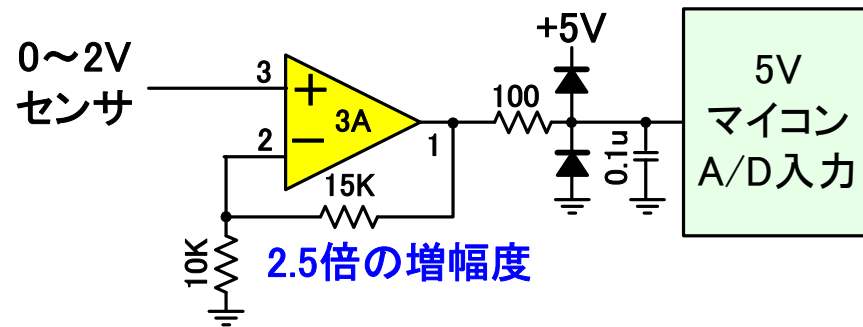


±1V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



$$\text{ゲイン} = 1 + R1 / R2$$

0V ~ 2V 出力のセンサと 5V マイコンの接続



結果として、ゲイン調整も含めたレベルシフトになりましたね。

では、次の加算回路に移ります。
これも、抵抗を使った単純な回路です。

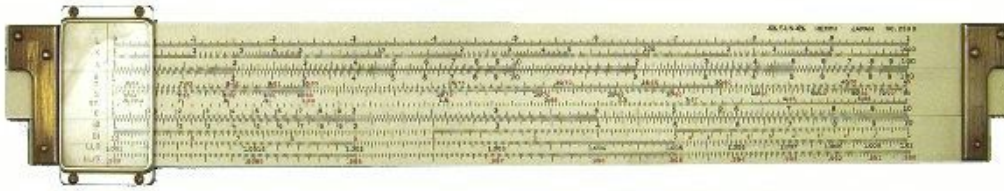
加算回路とは

元々、オペアンプの事を **演算増幅器**と呼ぶのは、電圧のアナログ値で、加算や、減算が出来るという事で、遥か昔 オペアンプを使った**アナログコンピュータ**と呼ばれる計算機がありました。

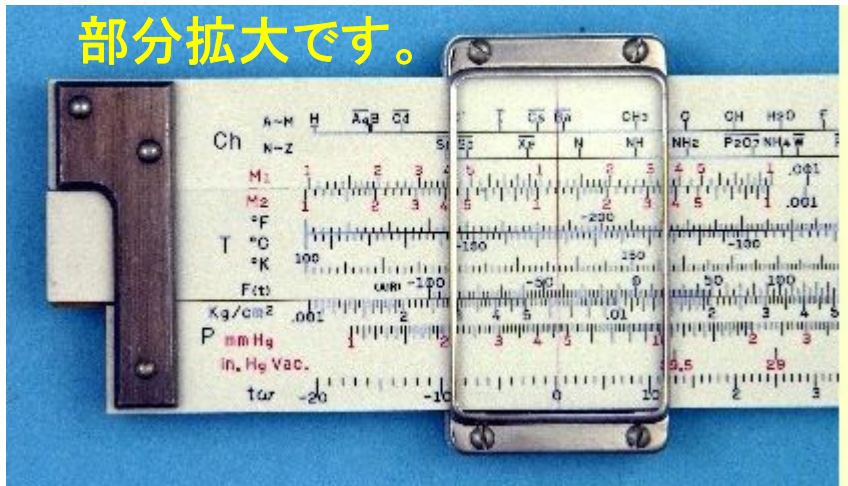
加算減算だけでなくダイオードやトランジスタの非直線領域を利用した、**対数回路**、**逆対数回路**を使って**乗算回路**、**除算回路**もありました。

余談ですが、私は、**アナログコンピュータ**は 遥か昔 学生の頃、実習で **アナログコンピュータ**を、一度だけ扱いましたが、きれいさっぱり忘れていました。今は、関数電卓、パソコンもあるので **アナログコンピュータ**は、使いませんよね。別の物に例えれば、**デジタル演算**は、**算盤**のような物と思います。2進数は、各桁に1個 珠がある**算盤**とみなせます。そして**アナログコンピュータ**は、**計算尺**とみなせます。精度 2~3桁ぐらいで複雑な関数演算ができる。というイメージです。

若い技術者の方は、計算尺を知らない方もいるでしょうから、画像を載せておきます。



部分拡大です。



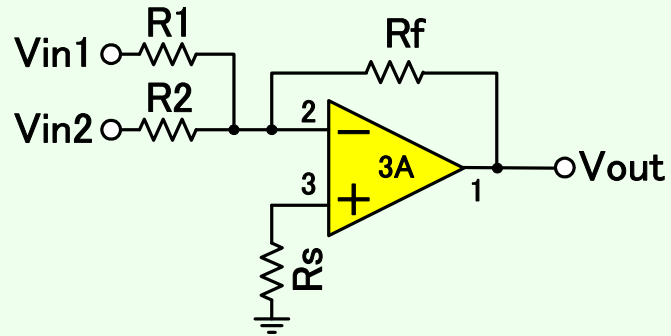
私も計算尺の画像は、何十年ぶりに見ました。この計算尺は、上下の固定の尺にカーソルを合わせ、間に挟まれた横長の尺を横にスライドさせて位置を合わせて値を読み取るような、使い方をした記憶があります。

私事ですが、社会人になって最初買ったのが、関数電卓でした。手乗りサイズですが、表示器は、緑の蛍光表示7セグメントで、有効桁数8行＋指数表示2桁だったと思います。単三電池4本で動いてたと思います。

よって社会人になってから計算尺を使った事はありません。あまり計算尺は好きでなかったのかな。？ 今となっては分かりません。

それと、左の計算尺を見て似た構造の物を思い出しました。ノギスです。ノギスは1/20mmぐらいの精度で 部品の寸法を読み取る定規です。ちょっと、余談が長くなってしまいましたね。アナログコンピュータの話から、脱線し始めたみたいですね。オペアンプは 演算増幅器という事ですが、今回は 加算回路のみ説明をします。加算回路が、分かれば 減算回路も分かります。2進数でいえば、引く値の2の歩数を取って加算すると減算になるのと 似ています。ちょっと強引な こじつけかな。？

加算回路の基本回路図



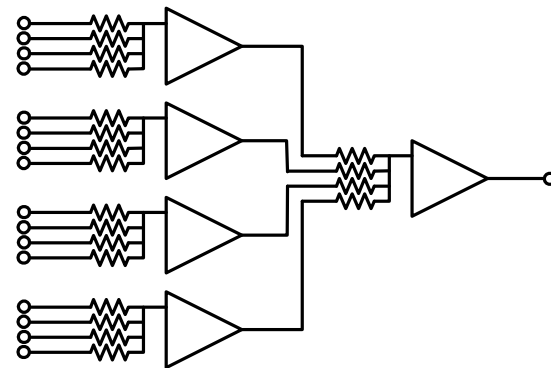
上の回路は、加算回路の基本的回路です。
Vin1 と Vin2 は 2つの電圧入力端子です。
Vout が 電圧を加算した出力電圧です。

Vin1 = 1V、Vin2 = 2V であれば Vout = 3V と思いますが、上の回路は -3V が 出ます。

これは、オペアンプで加算動作を行う上で反転増幅器が都合がよかったからです。出力電圧は マイナスではありますが、絶対値は、合っています。よって +3Vで出す時は、この後にもう一つ ゲイン1の 反転増幅器を置く事で、解決します。

左の入力端子数は、2ですが、もっと増やす事も出来ます。用途にもよりますが、入力端子数を増やすのは限度は有るようです。

昔の資料で、オペアンプを用いてオーディオミキサーを作る時、1個のオペアンプを使用して、入力できるチャンネル数が、4個までと記述してあるのを見た事があります。よって 16チャンネル接続する時は、どうするかということ、以下のようになります。



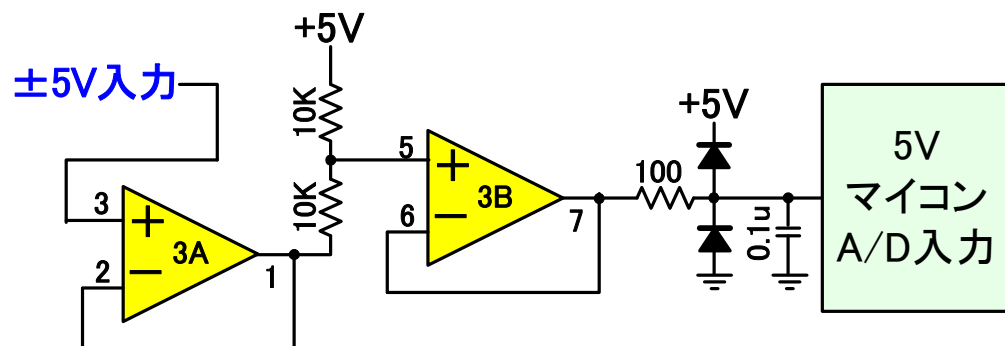
結構、面倒な物になりそうですね。

左の図では Rf と Rs は、省略しています。更に、外部から入力を接続する際は、インピーダンスが高い事もあり得るので、16個ある入力チャンネルに、個別にゲイン調整を兼ねたバッファアンプも入れる事になります。

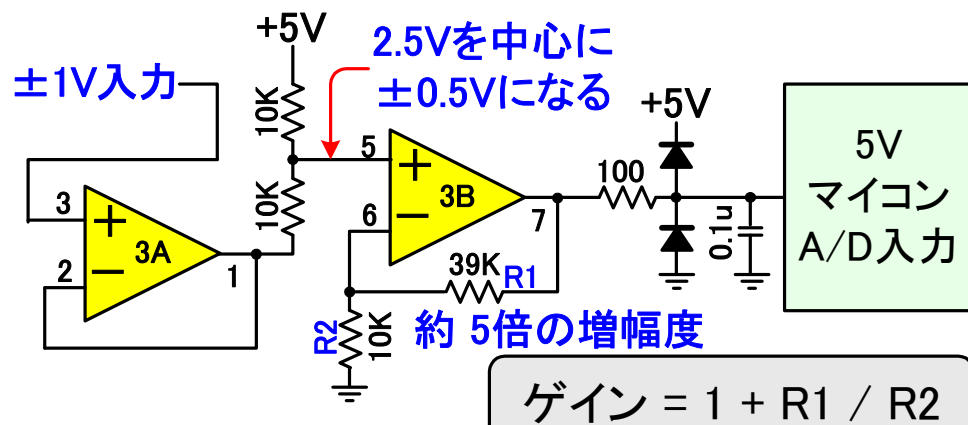
で、今回は 単純な基本回路で、レベルシフト回路と加算回路の実験、以下の 3つを行います。

- ① $\pm 5V$ 出力のセンサーと 5V マイコンの接続
- ② $\pm 1V$ 出力のセンサーと 5V マイコンの接続
- ③ 2入力の加算回路

① ±5V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



② ±1V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



③ 2入力の加算回路

