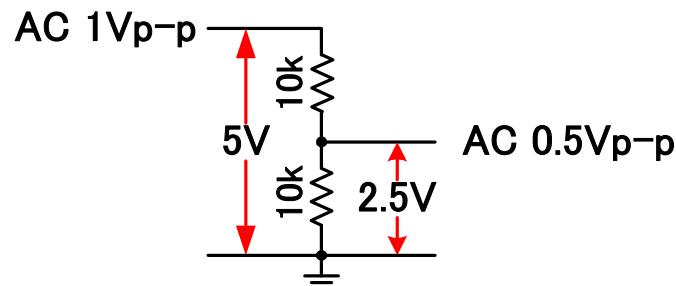


レベルシフトと 加算回路とは

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、 $x1$ や $x10$ 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、オシロ本体の入力インピーダンスが、 $1M\Omega$ で、プローブ側に $9M\Omega$ の抵抗が 入っています。 $x1$ 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。 $x10$ 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。

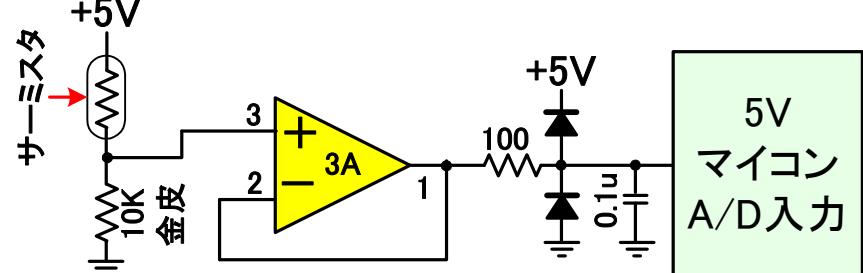
レベルシフト回路は、何に使用するのか。？

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 $10k\Omega$ の物があります。これは、直列に $10k\Omega$ 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±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 100Ω 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 100Ω と小信号ダイオード2個は必要ありません。 $0.1\mu F$ 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に、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。

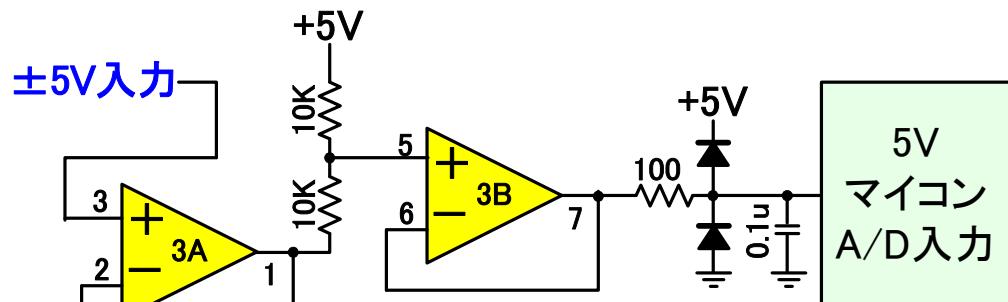
中には、重さを測定するロードセルや、熱電対センサーなど、極端に出力電圧が、小さい物もあります。この場合は、ちょっと価格が高いですが計装アンプを使用して下さい。

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、土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。

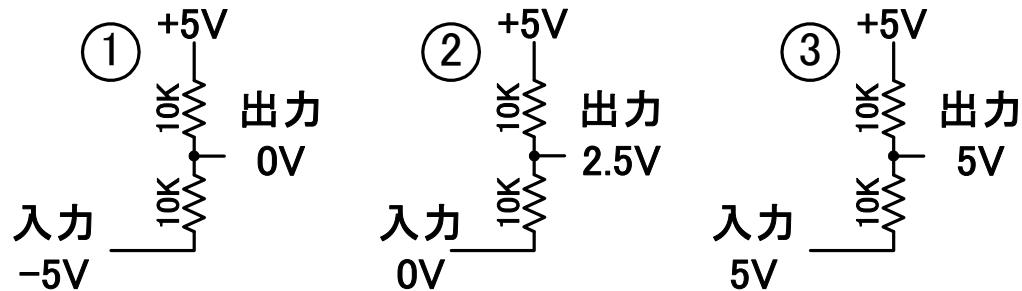
仮に、A/Dコンバータ入力が、0～5Vであれば、-5～+5Vの信号に、5Vを加算すると、0～10Vになります。という事で、電圧を1/2に落とす必要もあります。

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 $10\text{k}\Omega$ 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つの抵抗の中点が、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、中点の出力は、+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 中点は

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 中点電位は、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 中点電位も、5Vとなります。

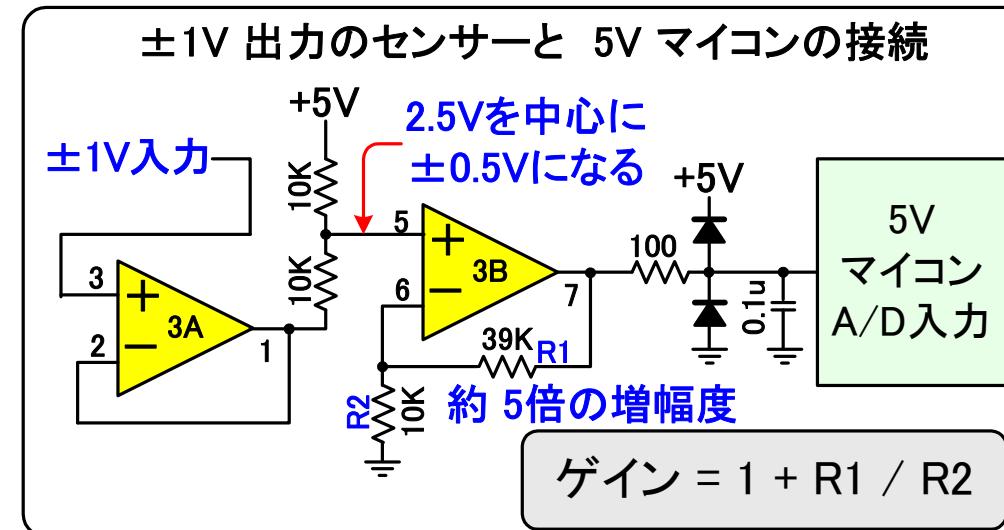
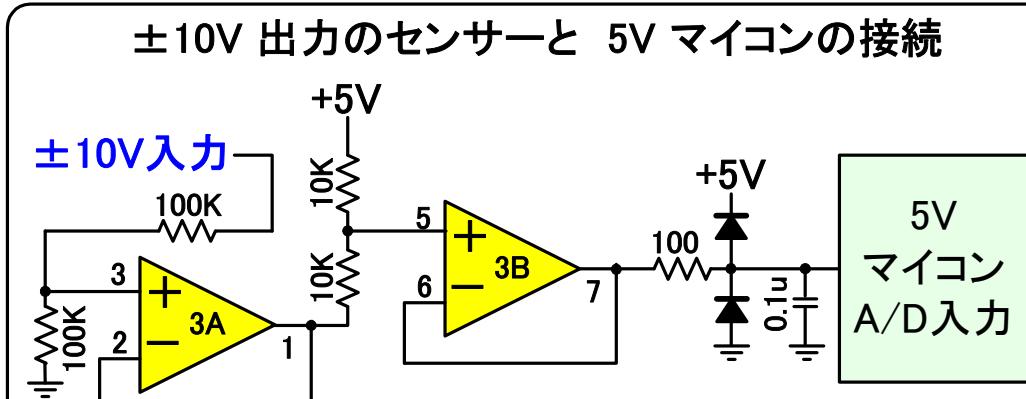
通常、A/D変換した量子化数は、A/D入力が0Vの時、0となります。5V入力された場合はA/Dコンバータの表現できる量子化数の 最大値となります。例えば 10bit分解能の ADCの場合 0 ~ 1023 の値を出力するので 5V時は 1023を出力します。12bit分解能の ADCの場合 0 ~ 4095 の値を出力するので 5V時は 4095を出力します。ここで 一つ疑問に思われる方がいるかもしれません。元々の、センサ入力は、 $\pm 5\text{V}$ ですね。

元々のセンサ入力は、 $\pm 5V$ 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。

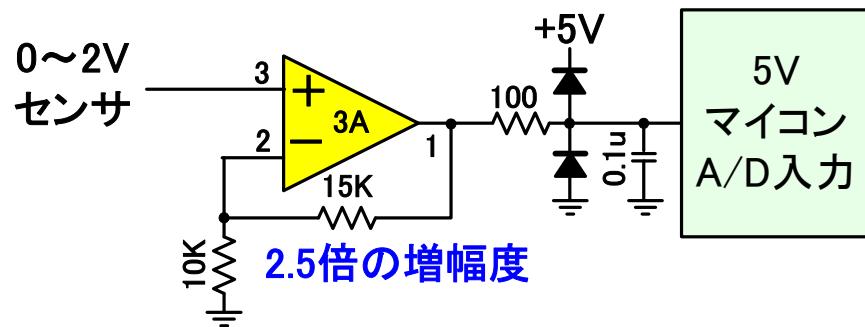
通常、10bit、12bitのデータであれば、マイコンの16bit整数にデータを格納することになるので、単純に引き算すればいいです。

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変換寄りの話になつたので、レベルシフトに話を戻します。 $\pm 10V$ 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、 $\pm 5V$ のレベルシフト回路の一段目オペアンプの前段に、 $100K\Omega$ 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 $1 \sim 2V$ と小さい場合は、オペアンプで増幅する事になります。



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。

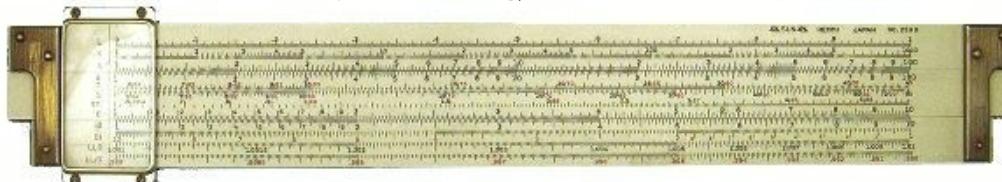
加算回路とは

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、遙か昔 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。

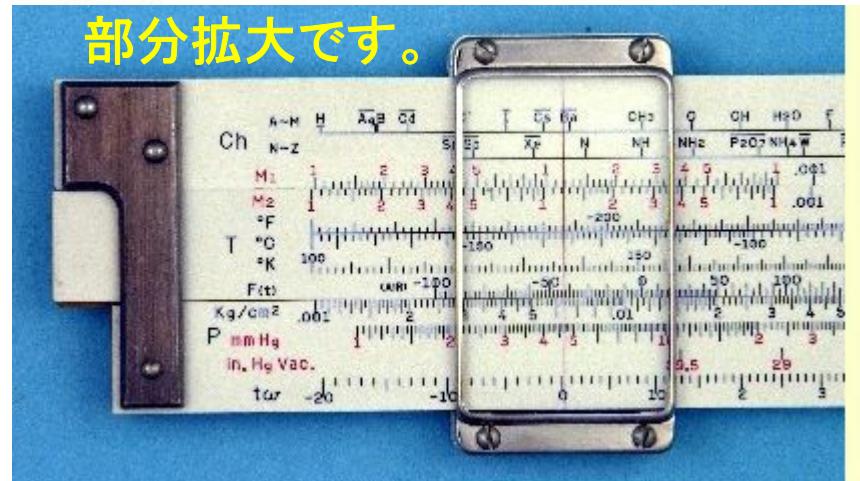
余談ですが、私は、アナログコンピュータは 遥か昔 学生の頃、実習で アナログコンピュータを、一度だけ扱いましたが、きれいさっぱり 忘れています。今は、関数電卓、パソコンもあるので

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。



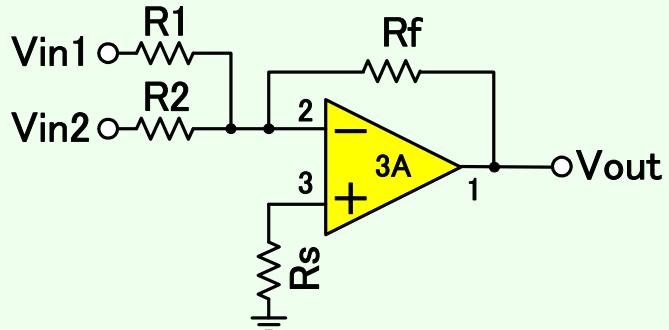
私も計算尺の画像は、何十年ぶりに見ました。この計算尺は、上下の固定の尺にカーソルを合わせ、間に挟まれた横長の尺を 横にスライドさせて位置を合わせて値を読み取るような、使い方をした記憶が あります。

私事ですが、社会人になって最初に買ったのが、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 長くなってしましましたね。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進数といえば、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



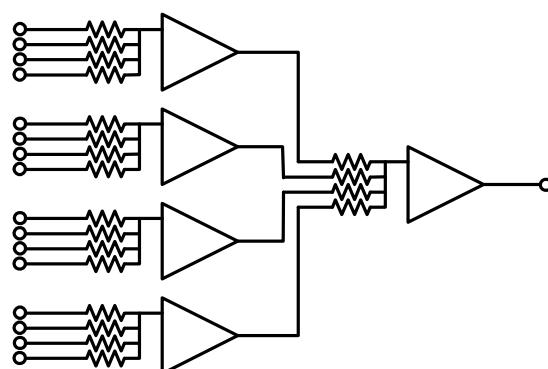
上の回路は、加算回路の基本的回路です。
Vin1 と Vin2 は 2つの電圧入力端子です。
Vout が 電圧を加算した出力電圧です。

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つたからです。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**。用途にもよると思いますが、**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チャネル接続する時は、どうするかというと、以下になります。



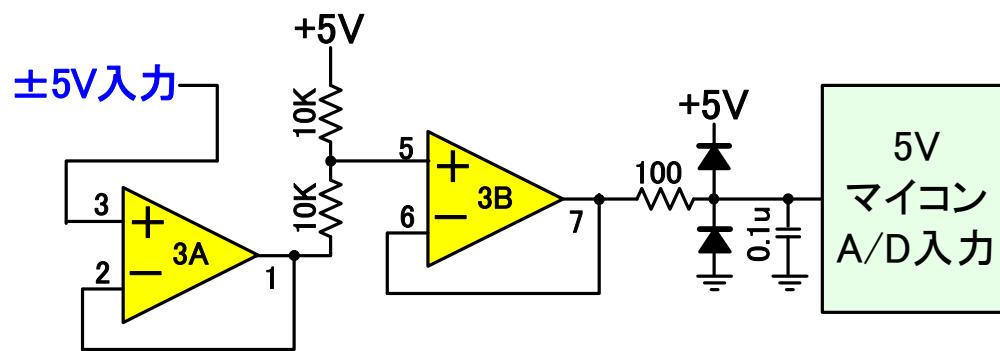
結構、面倒な物になりそうですね。

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。

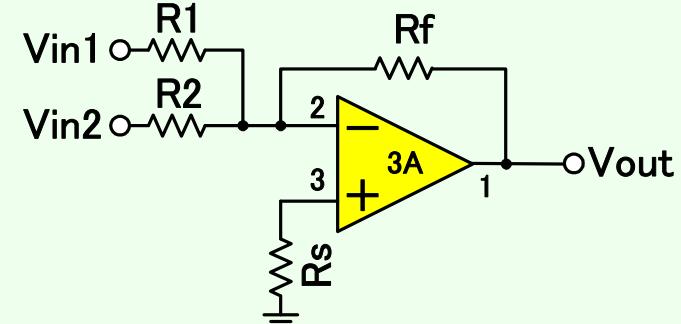
で、今回は 単純な基本回路で、レベルシフト回路と
加算回路の実験、以下の 3つを行います。

- 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

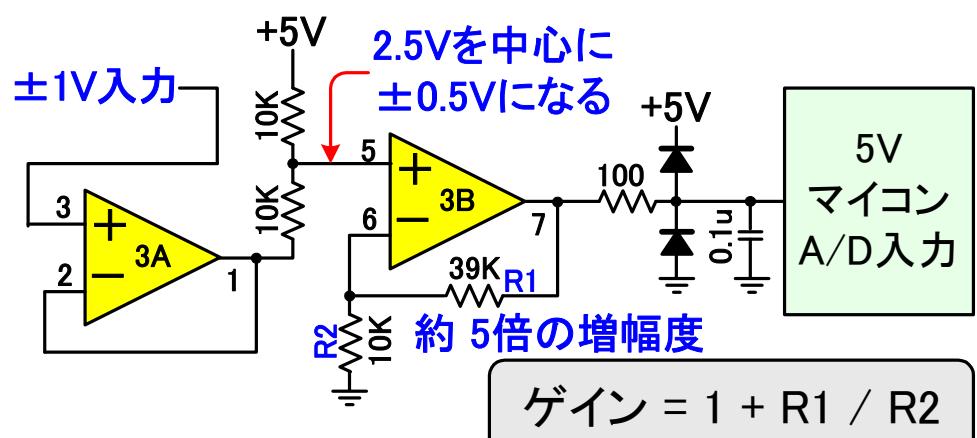
① ±5V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



③ 2入力の加算回路



② ±1V 出力のセンサーと 5V マイコンの接続



$$\text{ゲイン} = 1 + R1 / R2$$