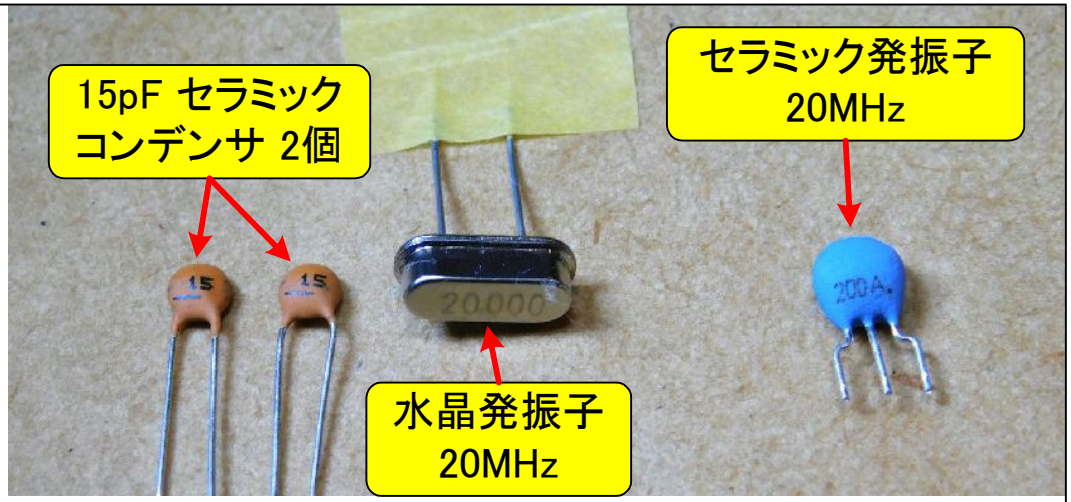
R8Cマイコンの CPUクロックの変更

前回の動画の R8C/M110Aマイコンを使用した 200Hzから 10MHzの　方形波テスト信号発生器の CPUクロック変更方法を説明します。

前回は、さしあたりCPUを動かせればいい。という事で マイコン内蔵の RC発振器を使用しました。 この発振器は　周波数精度が ±1% で、精度面では あまり良くありません。

テスト信号発生器という用途では、周波数精度を要求される場合もあります。 よって周波数精度を上げるためには、CPUクロック精度を上げる必要があります。 方法としては、水晶などの外部発振子を　接続する方法です。
水晶発振子と セラミック発振子が あります。



上の画像は、発振子部品の画像です。

水晶発振子を使用する場合は、15pF程度のセラミックコンデンサを 2個接続する必要が、あります。 セラミック発振子は、コンデンサ 2個を内蔵してます。コンデンサは必要ありません。
但し、セラミック発振子は 水晶発振子と比べ1桁ほど精度が落ちると思います。 あと 温度補償された水晶発振器を用いる選択も あります。 高精度ですが、やや高価です。

クロック変更作業に関わる具体的 作業は

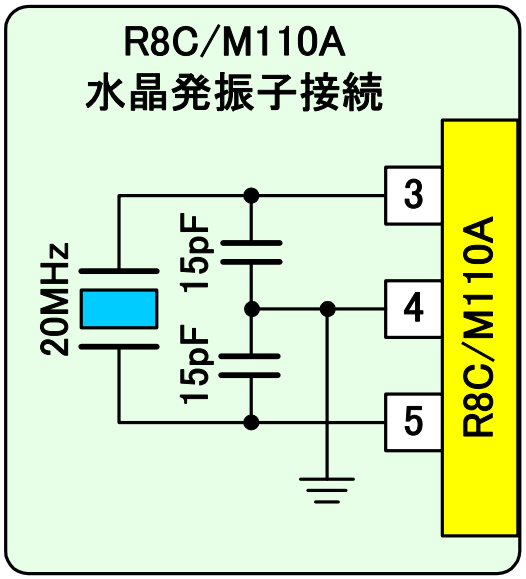
① ハード的な作業:
水晶発振子等を取り付ける。

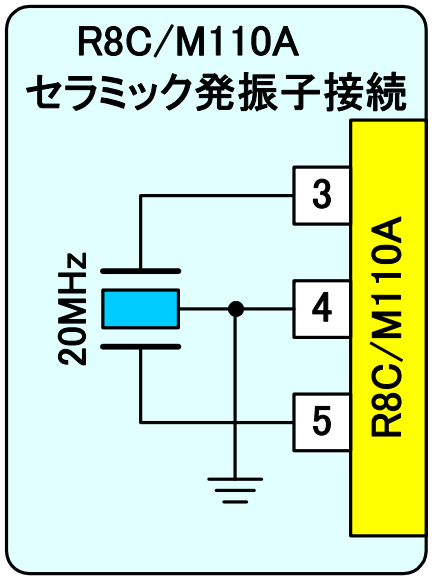
② ソフト的な作業;
外部発振子を使用する変更を
CPU周辺回路の 設定で行う。

以上です。

発振子の接続は、左下の回路図を 参照して下さい。 尚、左下の回路図は 発振子に関係する端子 3ピン、4ピン、5ピンのみ表示しています。

CPUクロックに関わる ソフトの初期設定は、098_OC_Test.c内の init_proc()関数内の先頭にある、setup_ext_osc()関数を生かすか、setup_in_osc20()関数を生かすかにより、設定します。





★★★ CPU内部発振器を使用する場合 ★★★

```
//    setup_ext_osc();  // 外部発信子使用
    setup_in_osc20(); // 内部 20MHz OSC使用
```

★★★ 外部発振子を 使用する場合 ★★★

```
    setup_ext_osc();    // 外部発信子使用
//  setup_in_osc20(); // 内部 20MHz OSC使用
```

実験の結果：各種 CPUクロックの特長

当初、CPUクロックの変更のやり方の説明だけで、各発振子の性質を、確認するつもりは、ありませんでしたが、発振周波数精度や、周波数ドリフトの傾向を、大まかに確認できたので、表に、しておきます。 あくまで 私が持っていた個体でのデータですので、大雑把な指標としてご覧下さい。

発振子種別	発振周波数	測定周波数説明	測定周波数	凡その誤差	その他
水晶発振子	20MHz	R8C/M110Aマイコンの CPUクロック 20MHzを タイマー周辺回路 TRJ2による分周を行い出力された 1KHzを測定対象とする	1.000061 KHz	1万分の1以下	今回の測定では出力周波数は全く変動しなかった
セラミック発振子	20MHz		1.000841 ～ 1.000820 KHz	千分の1以下	Power On以降周波数が、僅かに下がって行く傾向を確認。
R8Cマイコン内蔵発振器	20MHz		1.003658 ～ 1.004072 KHz	百分の1以下	百分の1 未満の周波数の値は、パラパラ変動する。

ブザー音で、チャイム サイレン音を 出す

今回のテーマで、R8Cマイコンで鳴らすブザー音(ユニモルフ振動子)で、どの程度チャイム音や、サイレン音が、模倣できるか試してみます。

上記、ユニモルフ振動子は、出せる音域が狭いので、スピーカーで音楽を鳴らすようにはいかないと思います。 特に、低い音は無理？と思います。 一応、音域が どのくらい出るのかは試してみます。

音の3要素として、音の高さ、音量、音色が ありますが、ユニモルフ振動子をマイコン制御で、音を出す場合は、

① 音量は、音を 出すか 出さないかの ON、OFF制御に なります。

② 音の高さは、分周値の分解能の影響を 受けますが、かなり自由度は、あります。

③ 音色は、基本 方形波しか 出ません。

つまり、自由に制御出来るのは音程のみです。この条件下で、何が出来るか やってみます。

まず音の高さですが、チャイム音となると、音楽で使う音の高さを理解しておく必要が あります。
標準的な音の高さとして ピアノ鍵盤中央の Aの音は、440Hzで チューニングされています。

あと、音律の話もありますが、ここでは平均律を採用します。 平均律は、学校や家庭のピアノに使われている標準的な音律です。 電子楽器も標準で平均律を採用しています。
今回は、平均律の音程を使うので 各音の周波数を計算する関係上、最低限の説明をします。

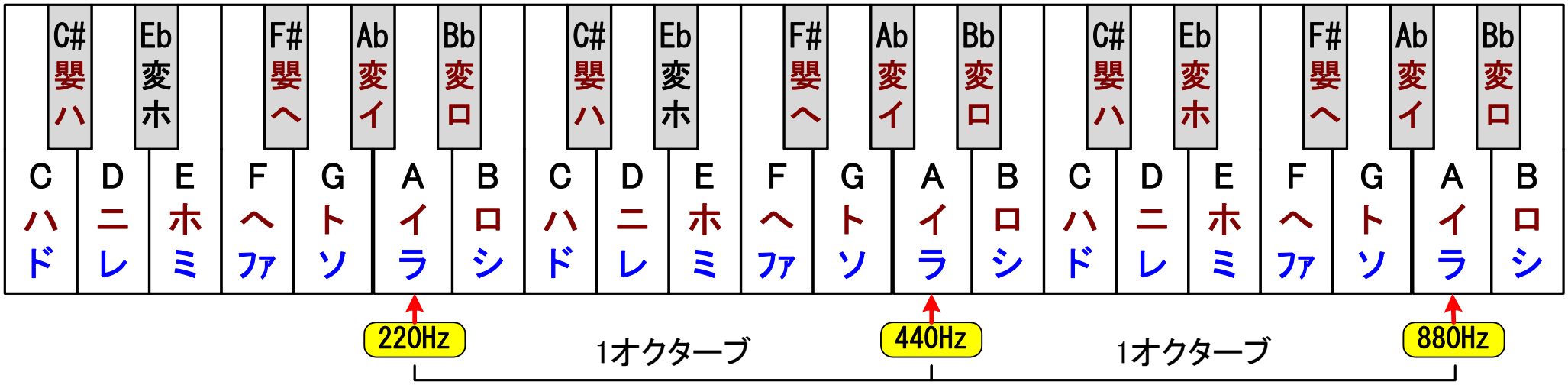
ピアノや ギターとか楽器を されてる方だと話は早いんですけど、各音の音程を決める要素に、オクターブという単位があります。

音楽でいうオクターブは、ドから 一つ上のドの範囲が、1オクターブとなります。 電子技術の世界では、周波数が、倍になる事をオクターブと表します。 例えばフィルターの カットオフ周波数を オクターブ／12dB とか表現しますよね。 で、音楽でいうオクターブも もちろん周波数が倍、あるいは 1/2になる事を表しますが、そのオクターブ内を、指数関数的に12等分して半音を作りだしているのです。

平均律は、音程を 指数関数的に 均一に12等分している関係で 平均律と呼ばれるという事です。 次は、
12音の 歴史的背景を 少し紹介します。

元々 音律は、ピタゴラスが 1オクターブ内で きれいにハモル音で 2対3の 波長の音（音楽的には5度の音といいます）を、見つけて、ドレミでいうなら、ドとソが 5度の関係です。 次にソの 5度上の音は、ソラシドレで レの音になります。 更に レの 5度上の音は レミファソラで ラ です。 それを次々に行うと 12回目に 元のドに戻る事を ピタゴラスは、発見したのです。

これが、12音 音楽の始まりだったという事です。が、一つ難点があり、完全に元の音に戻らず、少し音が 狂うというか うなりが出るらしいのです。で、ピタゴラスは とにかく 1オクターブを基準として その中に 12個の音を置く事は、決めたのです。 その12音の 音程バランスは 保留にしたのです。 その関係でいろんな音律が出て来たのですが、最終的に平均律で落ち着いて来たという事です。



YouTubeで 鍵盤の図を書いたのは、初めてですね。ヨーロッパで、音名を ABCDEFGで表現していた物を 日本では 昔 イロハニホヘトで、置き換えていたようです。 まだ、クラシックの楽曲で、曲の調性を 変ホ長調とか表現してますよね。ポピュラー音楽では、ABCDEFG表現だけですね。 あと和音の コードも Amとか CM7とか表現することも ABCDEFG表現が主流になった理由かもしれませんね。

青の ドレミファソラシド 表示は、厳密には Cメイジャースケールの ドレミファソラシド になります。 Fメイジャースケール(へ長調)の場合は、Fが ドの位置になります。 よって ABCDEFG及び イロハニホヘトは、1オクターブ内で 音の高さの絶対値を持っている事になりますが、ドレミファソラシド は 曲の調性に従う 音の高さの相対値指定となります。音楽の難しい話になり すみません。今回は ABCDEFGで 統一します。

平均律の音程を計算する

前ページで Aの音の周波数が 440Hzで、
1オクターブ上が 880Hzと 表示してました。
その間を、計算で指数関数的に 12等分して
計算する事になります。 累乗の計算をする関
数を使えば 求める事が出来ます。C言語では
pow関数、Delphiでは Power関数です。
引数並びは、どちらも同じと思いますが
Delphiで例を 示すと

```
freq := 440 * Power( 2, n/12 );
```

で、n を 0 ～ 12 まで 回すと 欲しい周波数
1オクターブ分が 求められます。
n = 0 の場合 2の 0乗 なので Power関数値は
1 で freq = 440 となります。
n = 12 の場合 12/12 なので 2の 1乗で、
Power関数値は 2 で freq = 880 となります。
n = 24 であれば freq = 1760 に なります。

Delphiで計算した 平均率音程の一覧表を
次のページで 示します。
広範囲の音程を 入れました。

ユニモルフ振動子で、出力するのであれば
880Hzの音 以上が、実用範囲と 思われます。
一応 試しに 440Hzから出してみます。

平均律の音程一覧表

次に、各音程の周波数を出すための
分周値を計算します。

	1	2	3	4	5	6
A	55.00Hz	110.00Hz	220.0Hz	440.0Hz	880.0Hz	1760.0Hz
Bb	58.27Hz	116.54Hz	233.1Hz	466.2Hz	932.3Hz	1864.7Hz
B	61.74Hz	123.47Hz	246.9Hz	493.9Hz	987.8Hz	1975.5Hz
C	65.41Hz	130.81Hz	261.6Hz	523.3Hz	1046.5Hz	2093.0Hz
C#	69.30Hz	138.59Hz	277.2Hz	554.4Hz	1108.7Hz	2217.5Hz
D	73.42Hz	146.83Hz	293.7Hz	587.3Hz	1174.7Hz	2349.3Hz
Eb	77.78Hz	155.56Hz	311.1Hz	622.3Hz	1244.5Hz	2489.0Hz
E	82.41Hz	164.81Hz	329.6Hz	659.3Hz	1318.5Hz	2637.0Hz
F	87.31Hz	174.61Hz	349.2Hz	698.5Hz	1396.9Hz	2793.8Hz
F#	92.50Hz	185.00Hz	370.0Hz	740.0Hz	1480.0Hz	2960.0Hz
G	98.00Hz	196.00Hz	392.0Hz	784.0Hz	1568.0Hz	3136.0Hz
Ab	103.83Hz	207.65Hz	415.3Hz	830.6Hz	1661.2Hz	3322.4Hz

各音程周波数の 分周値　一覧表

分周値を　出すための計算式は
dv = 10000000 / freq; です。

10000000 は、TRJ2出力側にトグルFFが入っているので、周波数が　1/2 に 落ちるので　その分見越して　20MHz を 10MHz に　しています。

	周波数.1	分周値.1	周波数.2	分周値.2	周波数.3	分周値.3
A	440.0Hz	22727	880.0Hz	11364	1760.0Hz	5682
Bb	466.2Hz	21452	932.3Hz	10726	1864.7Hz	5363
B	493.9Hz	20248	987.8Hz	10124	1975.5Hz	5062
C	523.3Hz	19111	1046.5Hz	9556	2093.0Hz	4778
C#	554.4Hz	18039	1108.7Hz	9019	2217.5Hz	4510
D	587.3Hz	17026	1174.7Hz	8513	2349.3Hz	4257
Eb	622.3Hz	16071	1244.5Hz	8035	2489.0Hz	4018
E	659.3Hz	15169	1318.5Hz	7584	2637.0Hz	3792
F	698.5Hz	14317	1396.9Hz	7159	2793.8Hz	3579
F#	740.0Hz	13514	1480.0Hz	6757	2960.0Hz	3378
G	784.0Hz	12755	1568.0Hz	6378	3136.0Hz	3189
Ab	830.6Hz	12039	1661.2Hz	6020	3322.4Hz	3010