

第3回 PIC マイコン・ラジオの製作 (補足資料)

本資料は「[トランジスタ技術](#)」CQ出版社の2015年7月号の付録「[トラ技ジュニア](#)」2015年7・8月号に掲載された記事の補足資料です。本誌では紙数の制限から書ききれなかった内容をここに記しています。ラジオを作る上で必要な電子部品の基礎知識や購入先の紹介です。本誌掲載のソフトウェア・ラジオを作ってみようと思われた方の役に立つであろう情報をまとめてあります。

目次

1. [PIC マイコン](#)
2. [ICSP コネクタ](#)
3. [ソフトウェアのダウンロード](#)
4. [3端子レギュレータ](#)
5. [アンチエイリアス・フィルタの効果について](#)
6. [部品購入先](#)

なお、

[ブレッドボード](#)

[AM同調回路](#)

[高周波増幅回路](#)

[ミキサ](#)

[局部発振回路](#)

[低周波増幅回路](#)

[電池ボックス](#)

の部品の詳細は、[「トラ技ジュニア」2015年3・4月号](#)と[第1回補足資料](#)を参照してください。

また、

[FM 同調回路](#)

[局部発振回路 \(sin 波, cos 波生成回路\)](#)

の部品の詳細は、[「トラ技ジュニア」2015年5・6月号](#)と[第2回補足資料](#)を参照してください。

[本資料の Web ページ](#)

[著者の Web ページ](#)

1. PIC マイコン

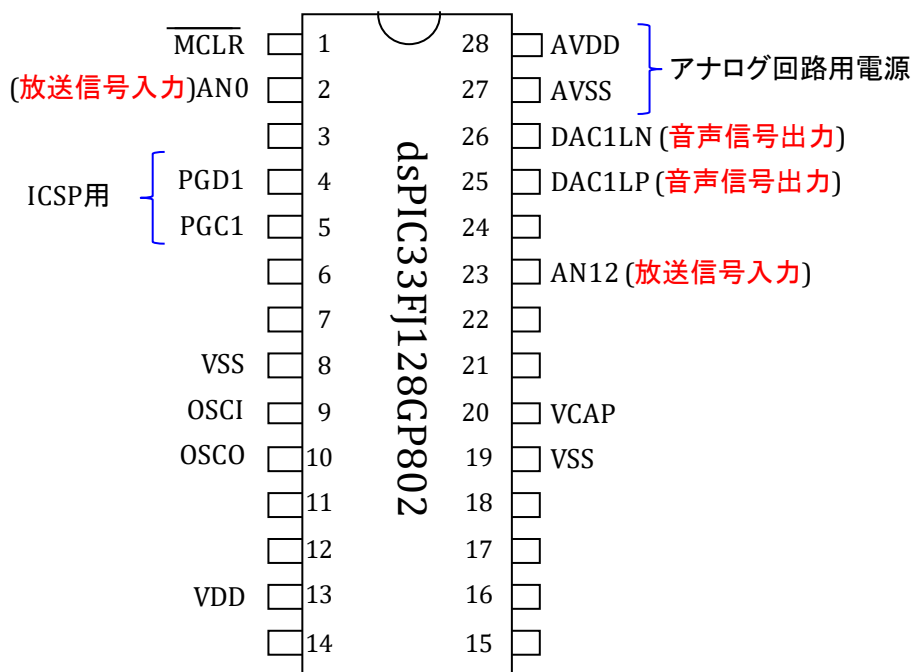


図 A.1 PIC マイコン(dsPIC33FJ128GP802)のピン配置

図 A.1 は AM/FM 両用 PIC マイコン・ラジオに用いた PIC マイコン (dsPIC33FJ128GP802)のピン配置です。10 ビット A-D 変換器の入力ピンとして AN0, AN12 をプログラムにより指定します。16 ビット D-A 変換器の出力ピンには DAC1LN, DAC1LP を指定します。

2. ICSP コネクタ

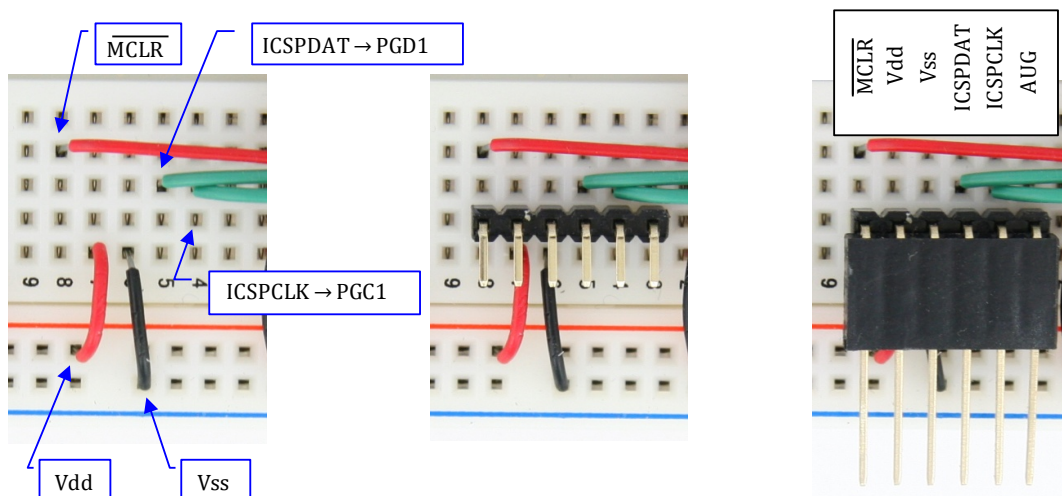


図 A.2 ICSP コネクタの製作

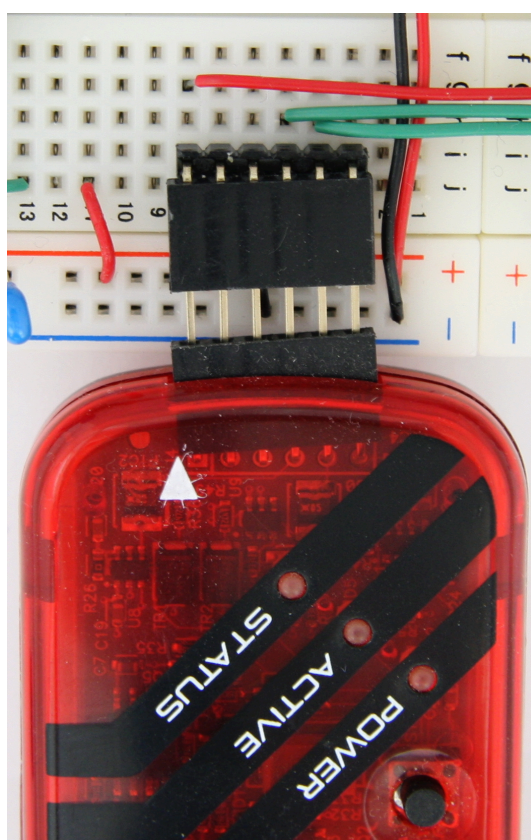


図 A.3 ICSP コネクタに PICkit3 を接続した様子

図 A.2 は ICSP コネクタを製作する様子です。ICSP コネクタは 6 個のピンからなります。左から $\overline{\text{MCLR}}$, Vdd, Vss, ICSPDAT, ICSPCLK, AUG という名前がつけられています。MCLR ピンは PIC マイコンの 1 番ピン(MCLR)と接続します。Vdd は 3.3V(デジタル)と、Vss は GND(デジタル)接続します。ICSPDAT, ICSPCLK はそれぞれ PIC マイコンの 4 番ピン(PGD1), 5 番ピン(PGC1)と接続します。AUG ピンは何処にもつなげません。図 A.2(a)の配線が済んだら、図 A.2(b)のように 6 ピンのピンヘッドを挿入します。そして、この同図(c)のように、このピンヘッドに 6 ピンのピンソケットを挿入します。最後に図 A.3 のようにこのピンソケットに PICkit3 を挿入して出来上がりです。PICkit3 とパソコンの間は PICkit3 付属の USB ケーブルで接続できます。

3. ソフトウェアのダウンロード

PIC マイコン用のプログラム Software_Radio_IQ_AM.lzh (AM 再生用)と Software_Radio_IQ_FM.lzh (FM 再生用)を以下の URL に置いてあります。

http://www.mybook-pub-site.sakura.ne.jp/TG_Jr/index.html

4. 3 端子レギュレータ

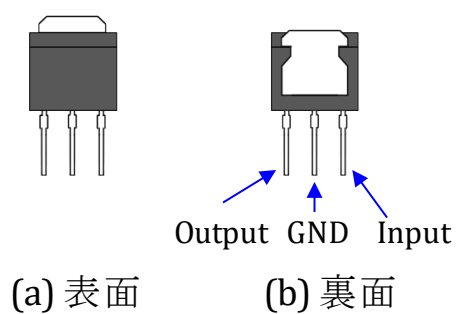


図 A.4 3 端子レギュレータ

図 A.4 は 3 端子レギュレータ TA48M033F の外観です。ピンは同図(b)の向きに見て、左から出力(Output), グラウンド(GND), 入力(Input)です。3 端子レギュレータは入力電圧が変動しても、出力電圧を一定に保つことができます。出力電圧 3.3 [V]です。また、入力電圧の許容範囲 3.95~29 [V], 出力電流最大値 0.5 [A]です。

5. アンチエイリアス・フィルタの効果について

エイリアス・ノイズは、アナログ波形をデジタル化するときが発生します。

図 A.5 にエイリアス・ノイズ発生 の原理を示します。(a)と(c)は 0.1Hz の周波数の正弦波を A-D 変換したとき、(b)と(d)は 0.9Hz のときです。A-D 変換器のサンプリング周期は 1sec です。図の横軸は時間[s]です。

マイコンは 1sec 間隔でサンプル値を得ますが、(c)、(d)いずれも全く同じサンプル値が得られています。0.1Hz の信号成分をサンプルしようとしているときに、入力信号に 0.9Hz の成分が紛れ込んでいた場合には、マイコンは両者を区別できません。この 0.9Hz の成分はエイリアス・ノイズと呼ばれます。

A-D 変換器のサンプリング周波数を f_s 、エイリアス・ノイズの周波数を f_A 、マイコン内に取り込まれた信号の周波数を f_P とすると、

$$\begin{aligned} \frac{2N-1}{2} f_s \leq f_A \leq N f_s \text{ のとき} \\ f_P = N f_s - f_A \end{aligned} \quad (\text{A.1})$$

$$\begin{aligned} N f_s \leq f_A \leq \frac{2N+1}{2} f_s \text{ のとき} \\ f_P = f_A - N f_s \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

となります。ただし、 $N=1, 2, \dots$ です。 $f_s/2$ をナイキスト周波数といい、ナイキスト周波数より大きな周波数成分がエイリアス・ノイズとなります。

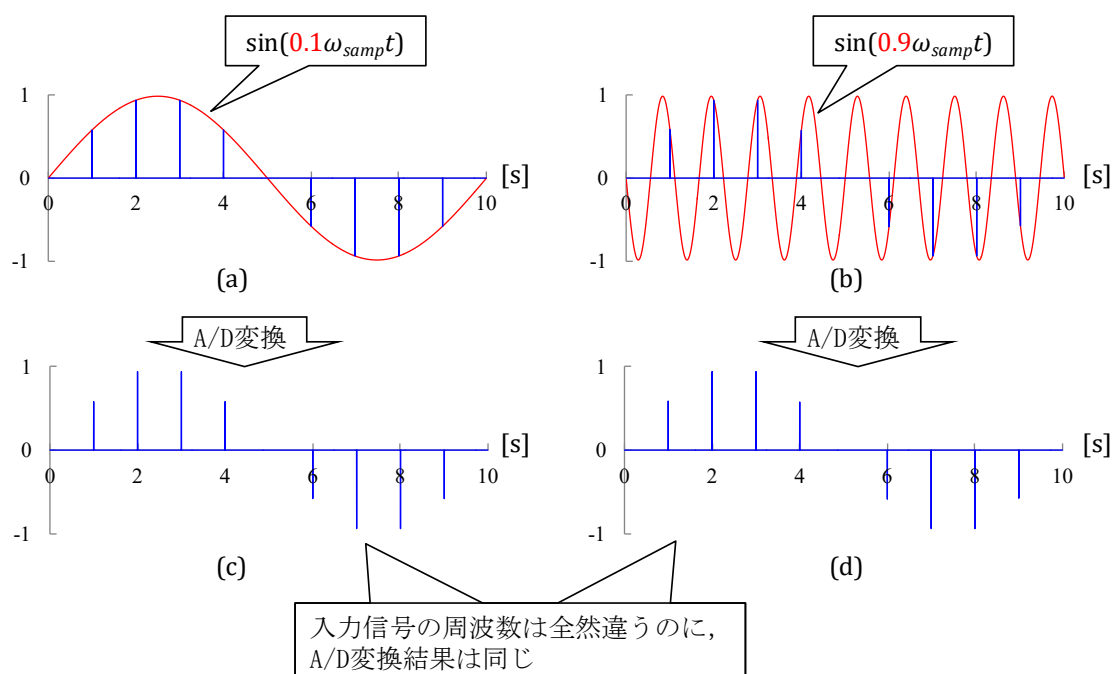


図 A.5 エイリアスノイズ発生 の原理

本文の図 4 中の測定点 1 における波形についてエイリアス・ノイズの影響を計算してみました。図 A.6(a)の波形は OP アンプ IC_{2A} または IC_{2B} のいずれにも現れる波形です。第 2 回の式(2)において搬送波の周波数 f_c を 70kHz, 音声信号の周波数 f_s を 2kHz および $m_{FM}/f_s = 2$ とした場合の実験結果です。

この測定値に対して FFT を行った結果が図 A.6 (b)です。横軸は周波数で表示してあります。2kHz 付近に音声信号成分があり, 70kHz 付近に搬送波の成分があります。マイコンの A-D 変換器のサンプリング周波数 f_s を 54kHz とします。(d)はマイコンに取り込まれた信号のもつ周波数成分です。式(A.2)より, 70kHz 付近の成分は 16kHz 付近のエイリアス・ノイズとなっています。マイコン内のローパス・フィルタで 15kHz より大きな成分をカットしたとしても, 逆 FFT をかけて波形を見てみると, (c)のようにひずんでしまっています。

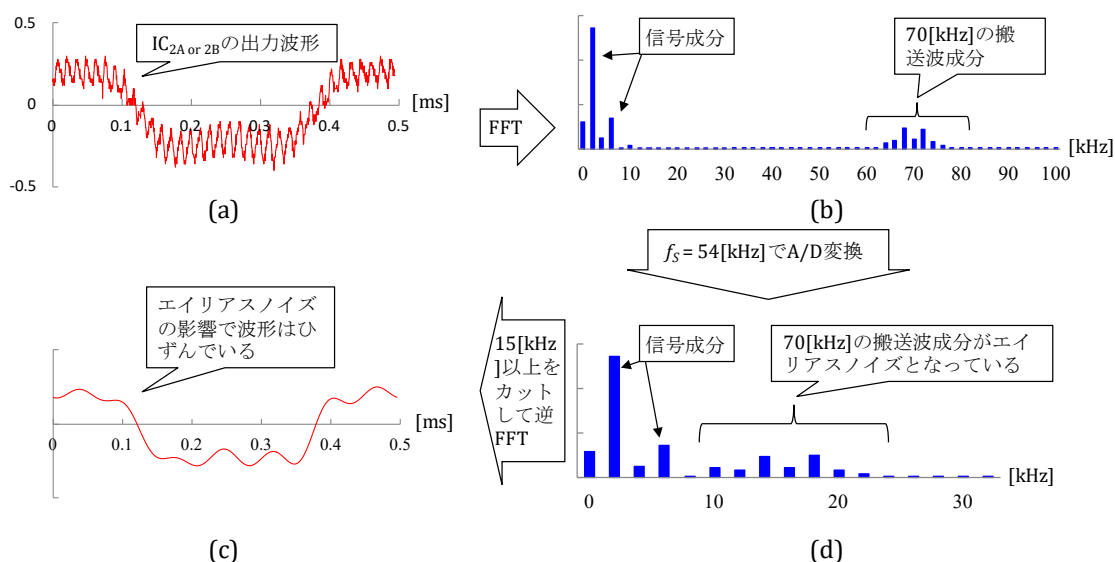


図 A.6 エイリアスノイズの影響 (1次フィルタの場合)

▲ 3次フィルタの場合

図 A.7 は本文の図 4 の測定点 2 における波形についてエイリアス・ノイズの影響を計算した結果です。(a)が IC_{5A} (IC_{5B})の出力端子にて測定された波形の例です。IC_{2A} と IC_{5A} (IC_{2B} と IC_{5B})による 3 次のローパス・フィルタを通したために, 70kHz 付近の搬送波成分は抑えられています。FFT の結果においても搬送波成分は小さくて見えません。逆 FFT をかけると, きれいな I(Q)信号が得られています。

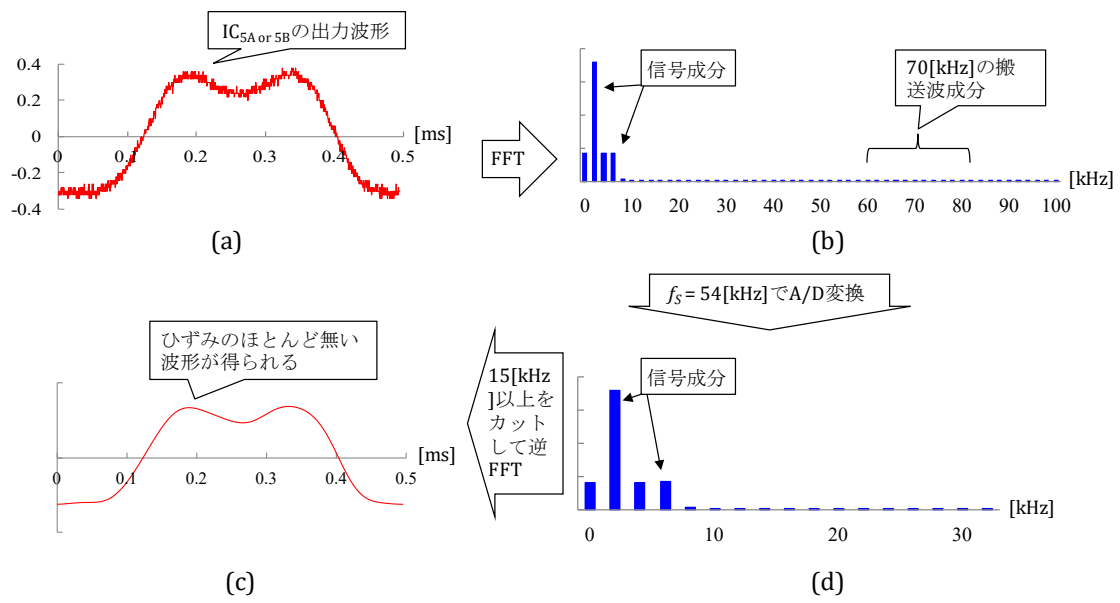


図 A.7 エイリアスノイズの影響 (3次フィルタの場合)

6. 部品購入先

表 A.1 は部品の購入先の例です。必要な部品は全てネットで購入できます。表の例に限らず、ネットには多くの通販の店があります。

表 A.1 部品購入先

					2015年6月10日現在
記号	部品	型式・定格	単価(円)	数量	購入先
Tr1	MOS-FET	2SK241-Y	(5個入り) 200	1	秋月電子通商
IC4	Dフリップフロップ	SN74HC74N	20	1	〃
IC1	アナログスイッチ	SN74HC4066N	30	1	〃
L2	インダクタ(マイクロインダクタ)	470μH	(10個入り) 100	1	〃
IC3	オシレータモジュール	LTC1799モジュール	450	1	〃
IC2, IC5	オペアンプ	NJM4580DD	40	2	〃
VR24, VR25	可変抵抗 (半固定ボリューム)	2kΩ	40	2	〃
VR2		5kΩ	40	1	〃
VR15, VR21		20kΩ	40	2	〃
Reg1	三端子レギュレータ	TA48M033F	100	1	〃
CO1	水晶発振子	10MHz	30	1	〃
	ステレオジャック	3.5mmΦ	60	1	〃
SW1	スライドスイッチ	1回路2接点	(4個入り)100	1	〃
C20, C21	積層セラミックコンデンサ	10p, 100V	10	2	〃
C10~C12, C14~C16		680p, 50V	(10個入り)100	6	〃
C2, C3		0.1μ, 50V	(25個入り) 100	2	〃
C18, C19		10μ, 25V	30	2	〃
C4~C9, C13, C17, C22~C26		100μ, 6.3V	(10個入り) 400	13	〃
	耐熱通信機器用ビニル電線 (ブレッドボード配線用)	協和ハーモネット 2m×10色 外径0.65mm	620	1	〃
	耐熱電子ワイヤー (ステレオジャック用)	協和ハーモネット 2m×7色 外径1.22mm	480	1	〃
VR6	多回転可変抵抗 (多回転半固定ボリューム)	100Ω	80	1	〃
VR16, VR22		5kΩ	80	2	〃
VR5		50kΩ	80	1	〃
R7, R8	抵抗	2.2kΩ 1/4W	(100本入り) 100	4	〃
R11~R14, R17~R20, R23		15kΩ 1/4W	(100本入り) 100	9	〃
R1		1MΩ 1/4W	(100本入り) 100	1	〃
	電池ボックス	単三×4本, スイッチ付	110	1	〃
L1	バーアンテナ	SL-55X 600±20μH	340	1	電子パーツ通販KURA
	ピンソケット	メス, 1×6 (6P)	30	1	〃
	ピンヘッダ	L型, 1×6 (6P)	10	1	〃
	ブレッドボード	EIC-801もしくは BB-801	270, 200	4	秋月電子通商
C1	ポリバリコン	2連, 150pF+70pF	250	1	電子パーツ通販KURA
	ポリバリコン用ダイヤル		80	1	電子パーツ通販KURA
IC6	マイコン	PIC33FJ128GP802-I/SP	857	1	Digi-Key, RSコンポーネンツ, チップワンストップなど
	マイコン書き込みツール	PICkit3	4500	1	秋月電子通商
	FMラジオキット	TK-734R	1863	1	アマゾン
	はんだごて	30W	800	1	秋月電子通商
	こて先クリーナー	ST030	270	1	〃
	はんだ	0.8mm	210	1	〃
	ワイヤーストリッパー	YS-2	1300	1	〃
	ニッパー	NI3-120	1850	1	〃
	デジタルマルチメータ(テスタ)	M-830B	1000	1	〃

著者 古橋 武
名古屋大学名誉教授(令和2年4月より)
Email: furuhashi.takeshi

後ろに @gmail.com を付けてください.