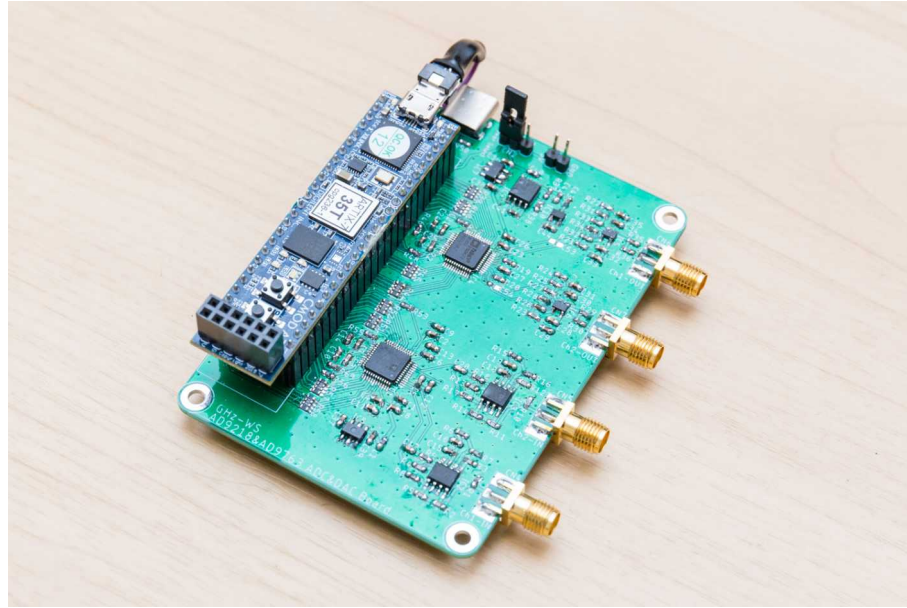
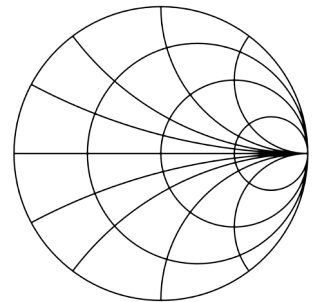


FPGAで信号処理やったる！



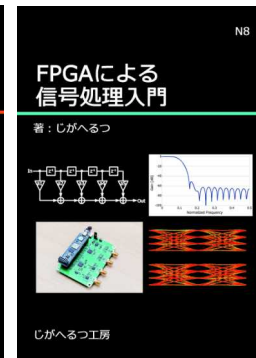
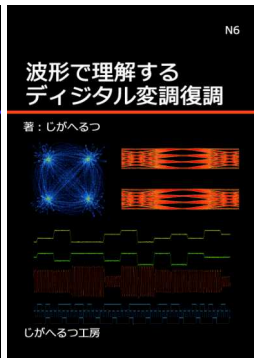
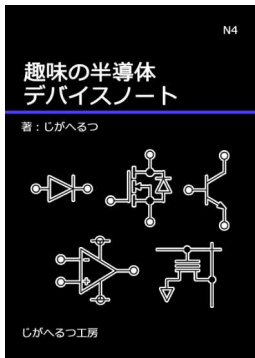
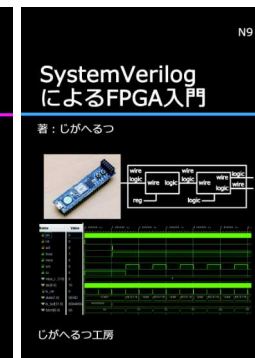
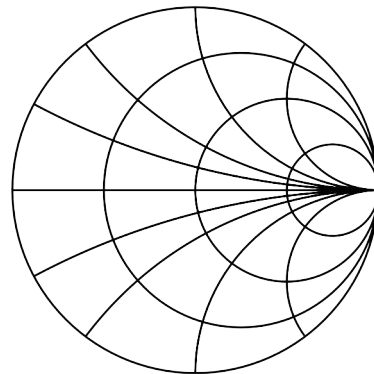
じがへるつ (@10mozet)



自己紹介

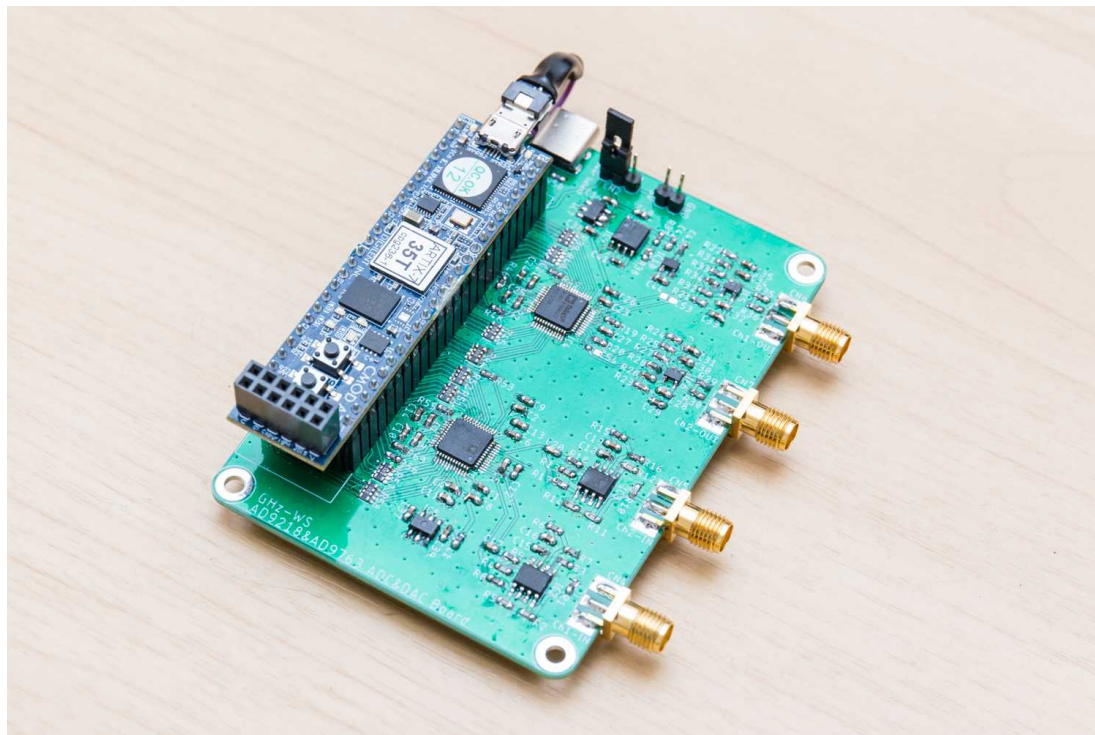
じがへるつ (@10mozet)

技術系同人「じがへるつ工房」主宰

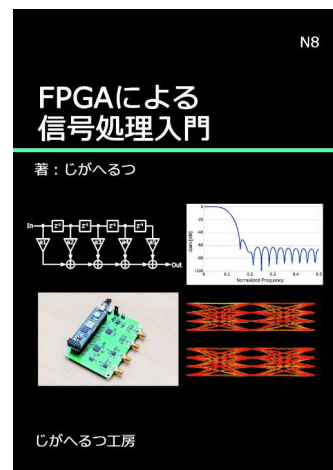


←Boothで販売中！

今日話すこと



FPGAで信号処理やったる！



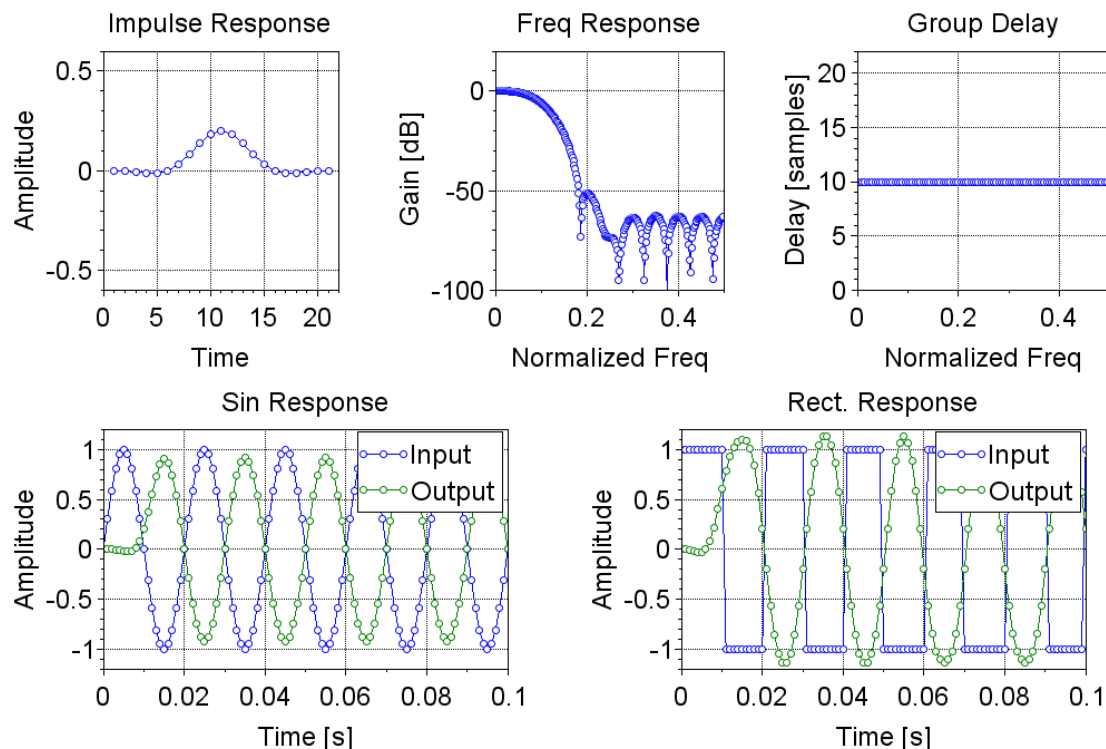
おことわり
この本のコピペ
です

Motivation

1. デジタルフィルタをFPGAで動かしてみたい
PC上で動かすのではなく、FPGAにリアルタイム処理させたい
FPGAで数値演算させる練習をしたい
2. ミックスドシグナル回路の勉強をしたい
ADC・DACの使い方、アナログフロントエンドの作り方も含めて
3. 任意波形発生器を作りたい
アイパターンを出したい

デジタルフィルタとは

デジタルデータの波形に対して、数値演算でフィルタするやつ
時間無いので飛ばします。



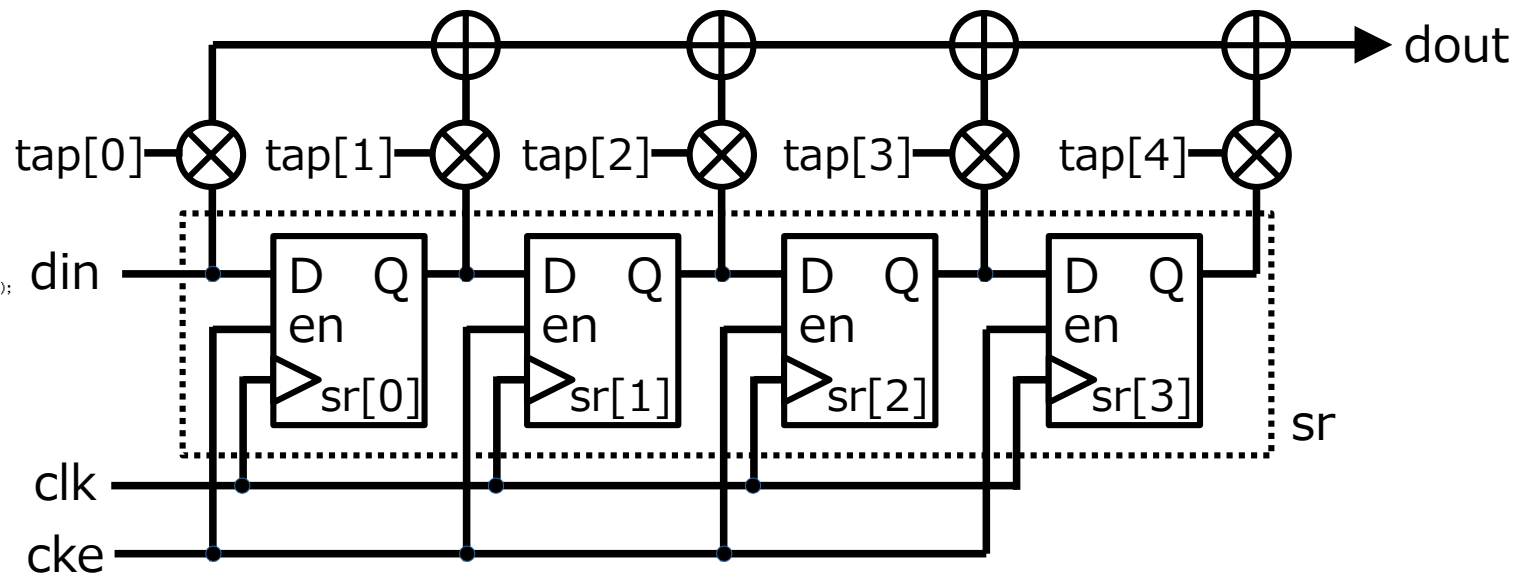
← Scilabで設計ツール作った

github.com/ghz-ws/fpga_dsp

ディジタルフィルタのHDL

```
1 module fir_direct #(parameter tap_len=1){
2   input clk,rst,cke,
3   input signed [15:0]din,
4   output signed [15:0]dout,
5   input signed [tap_len-1:0][15:0]tap
6 };
7
8   logic signed [tap_len-2:0][15:0]sr;
9   always_ff@(posedge clk)begin
10     if(rst)begin
11       sr<=0;
12     end else begin
13       if(cke)begin
14         sr<={sr[tap_len-3:0],din};
15       end
16     end
17   end
18
19   logic signed [tap_len-1:0][31:0]temp;
20   integer i;
21   always_comb begin
22     temp[0]=din*$signed(tap[0]);
23     for(i=0;i<tap_len;i=i+1)begin
24       temp[i+1]=$signed(temp[i])+$signed(sr[i])*$signed(tap[i+1]);
25     end
26   end
27
28   assign dout=$signed(temp[tap_len-1])>>>16;
29 endmodule
```

5タップFIRフィルタ

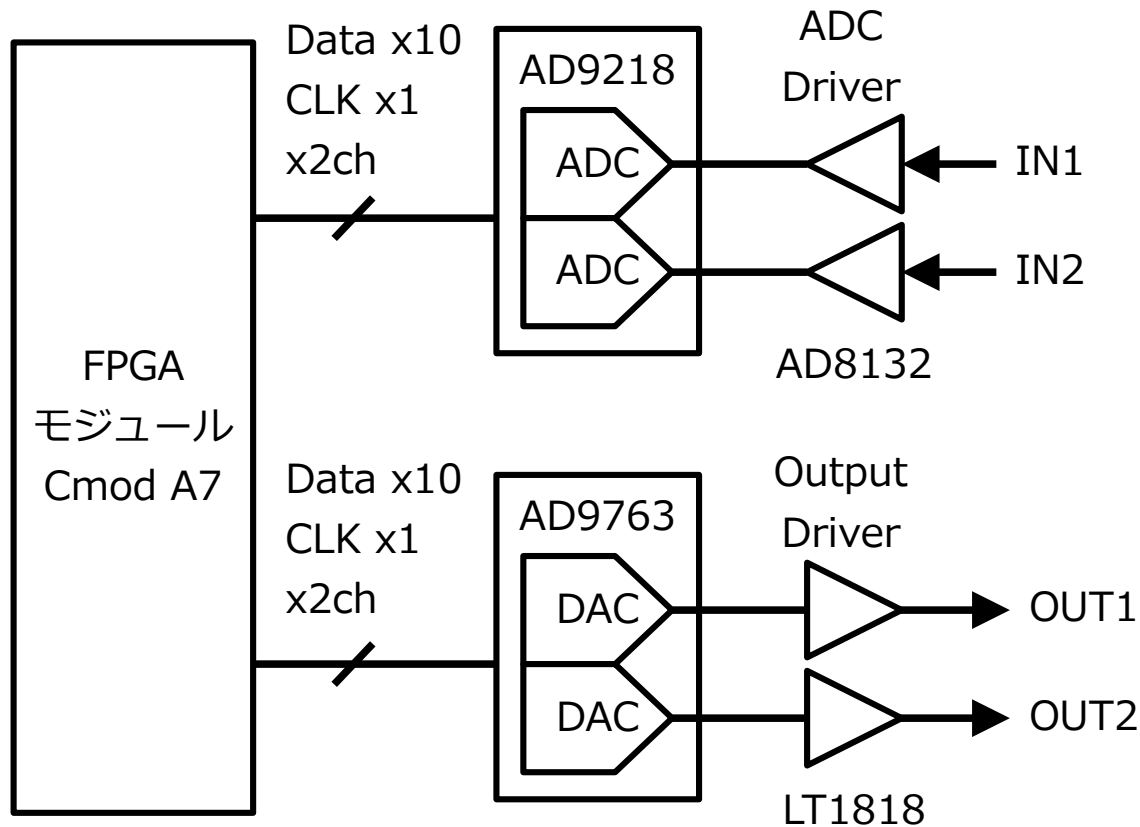


シフトレジスタ (遅延器) にひたすらバケツリレーして、乗算器に入れて、合算するだけ

デジタルフィルタが宿る依代の製作

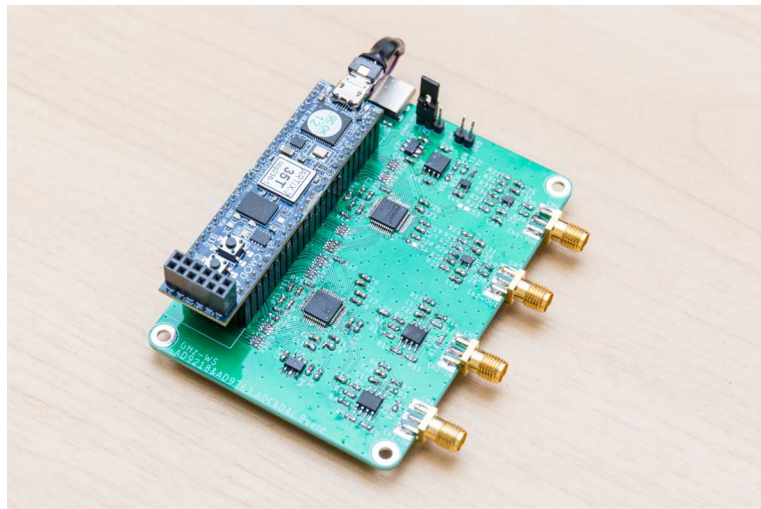
FPGAにADCとDAC繋いだボード

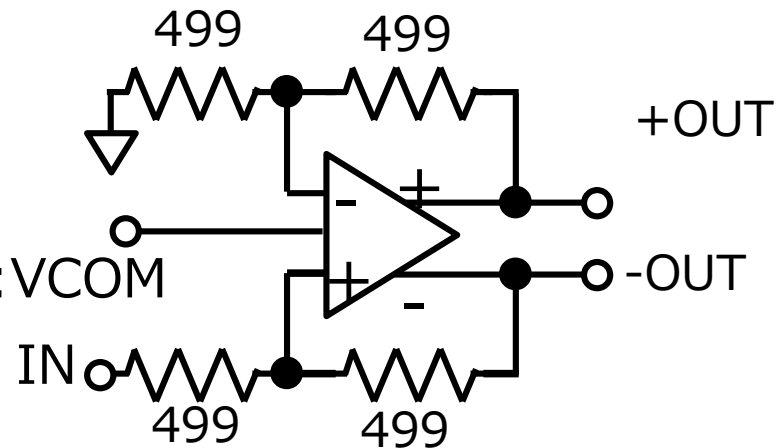
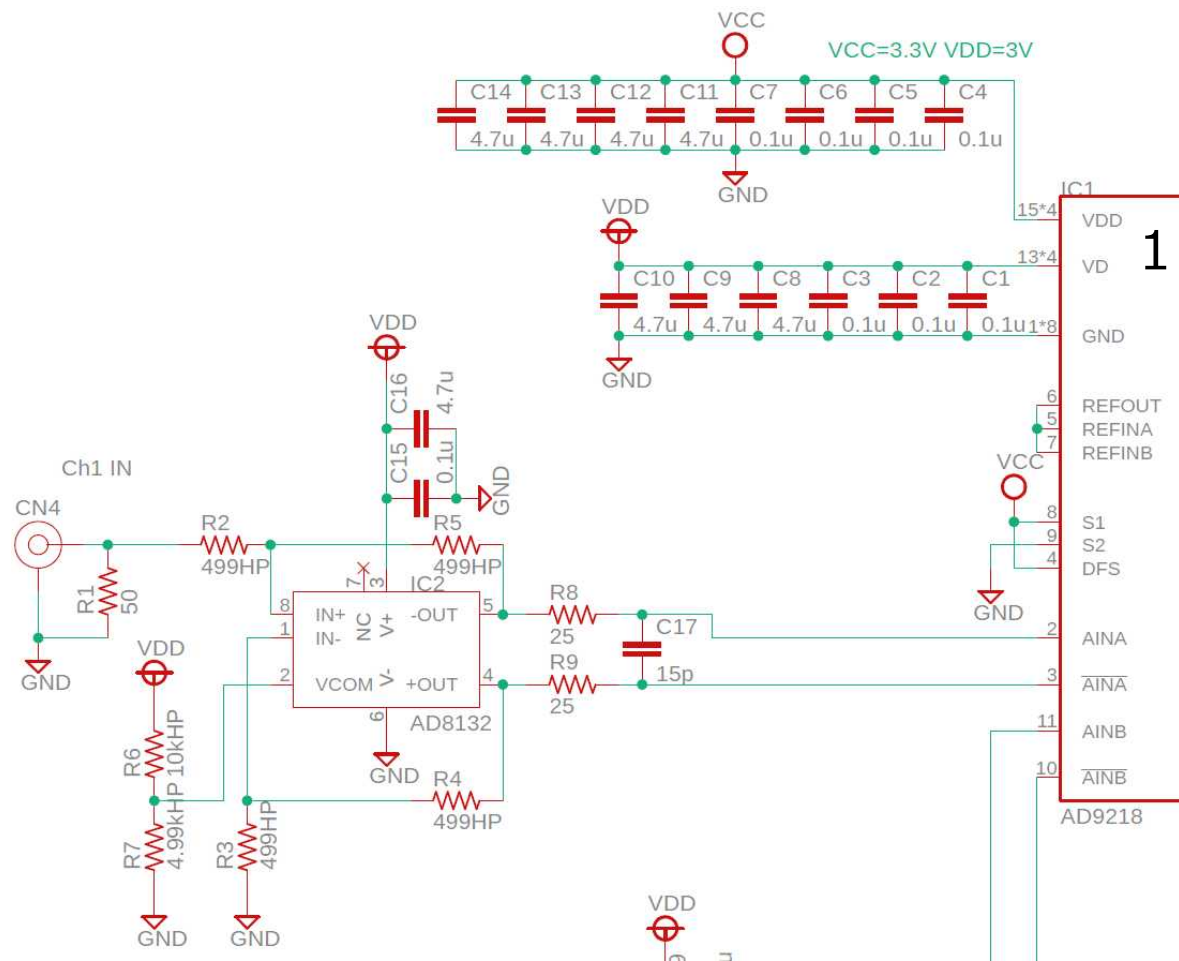
本当はEclipse Z7+Zmod Scope+Zmod AWGが理想だが高価＼(^o^)／



ADC: AD9218-40
10-bits, 40Mps, 2-ch

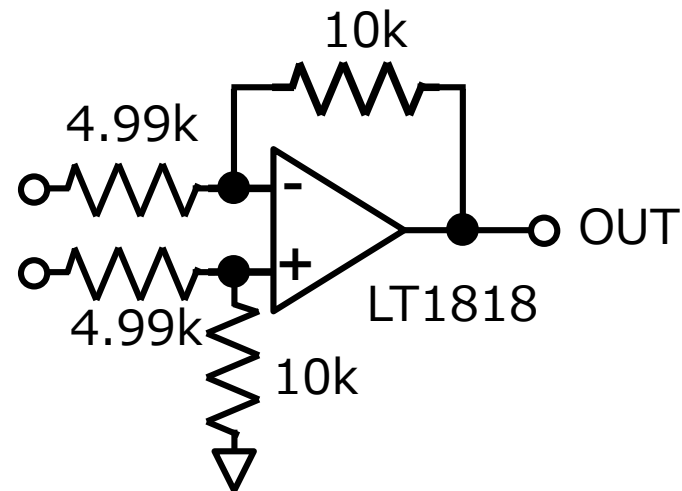
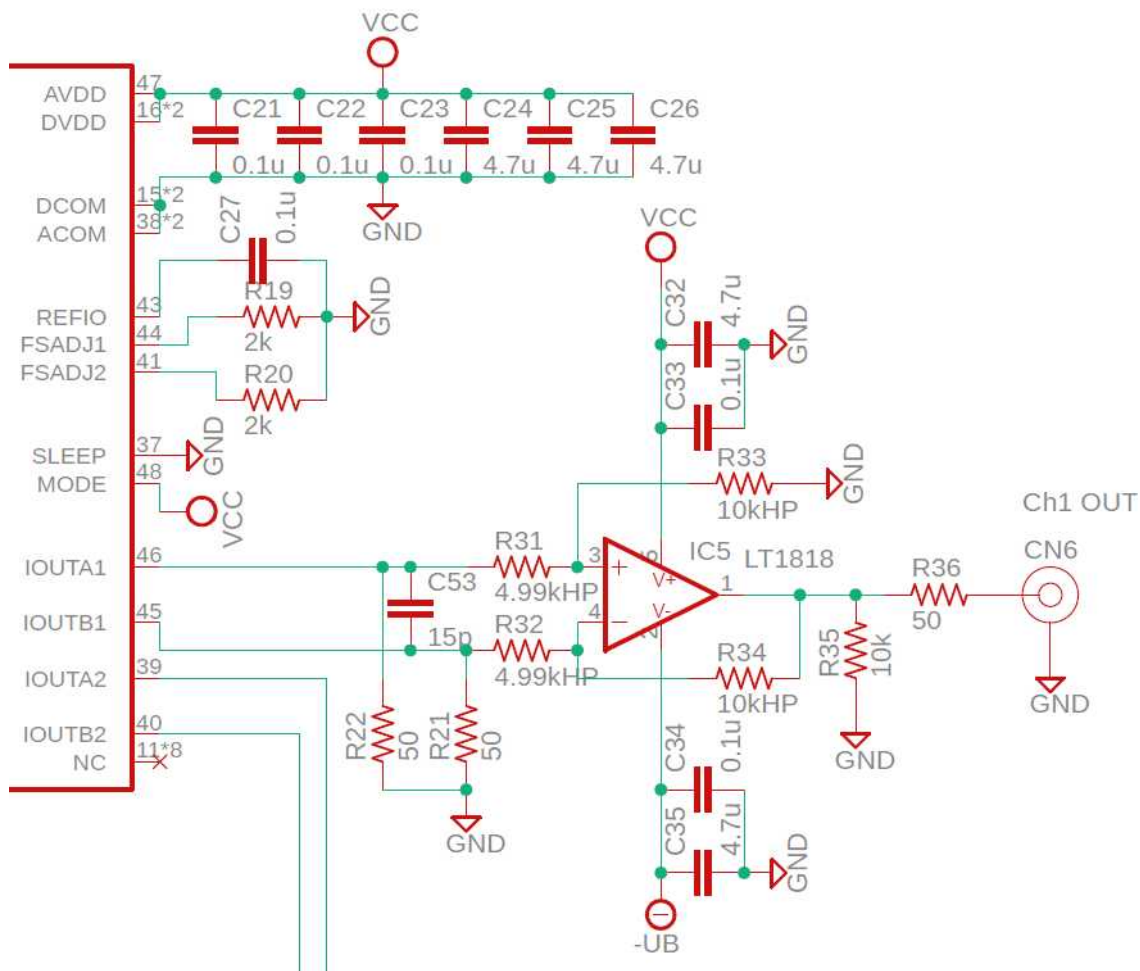
DAC: AD9763
10-bits, 125Mps, 2-ch





お好みで、入力にアンチエイリアス
フィルタを入れる。

DAC周り



差動
入力

出力

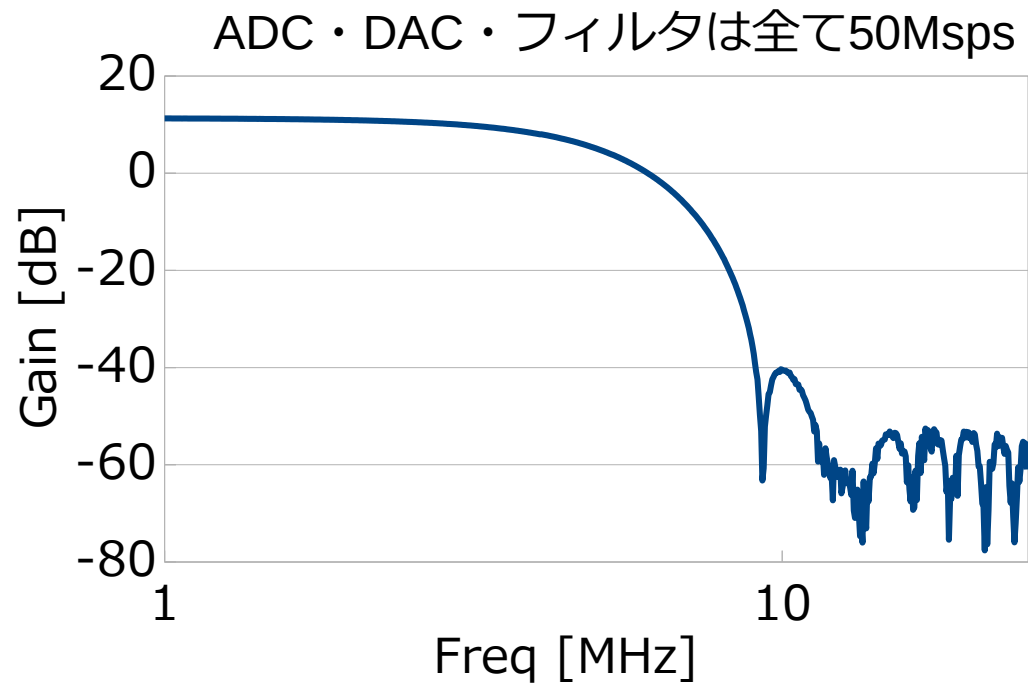
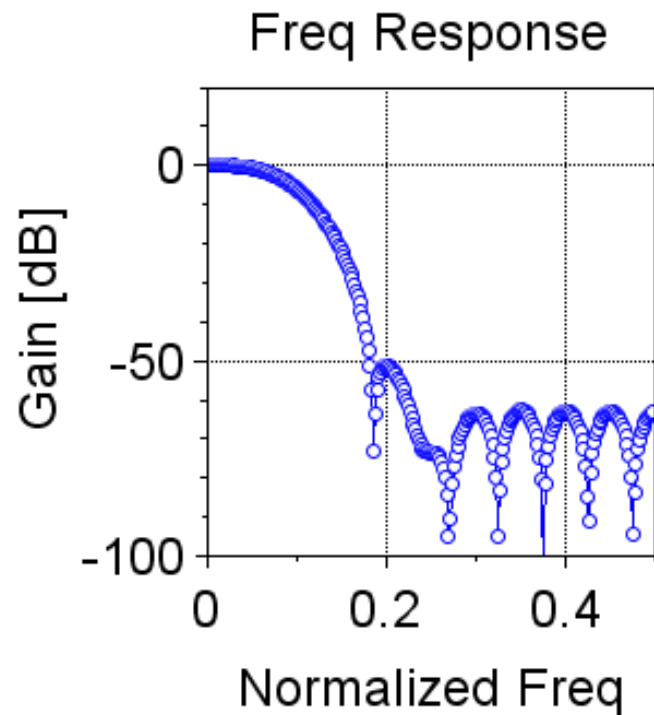
みで、出力に再構成フィルタを入れる。



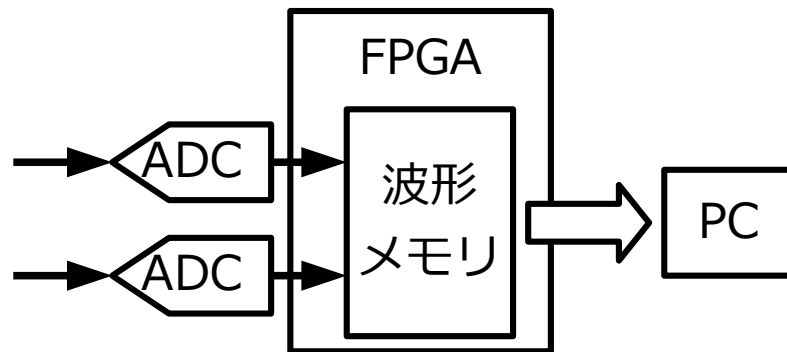
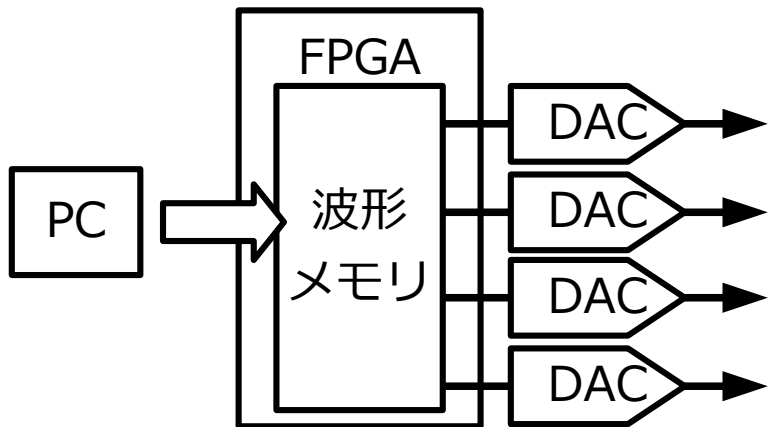
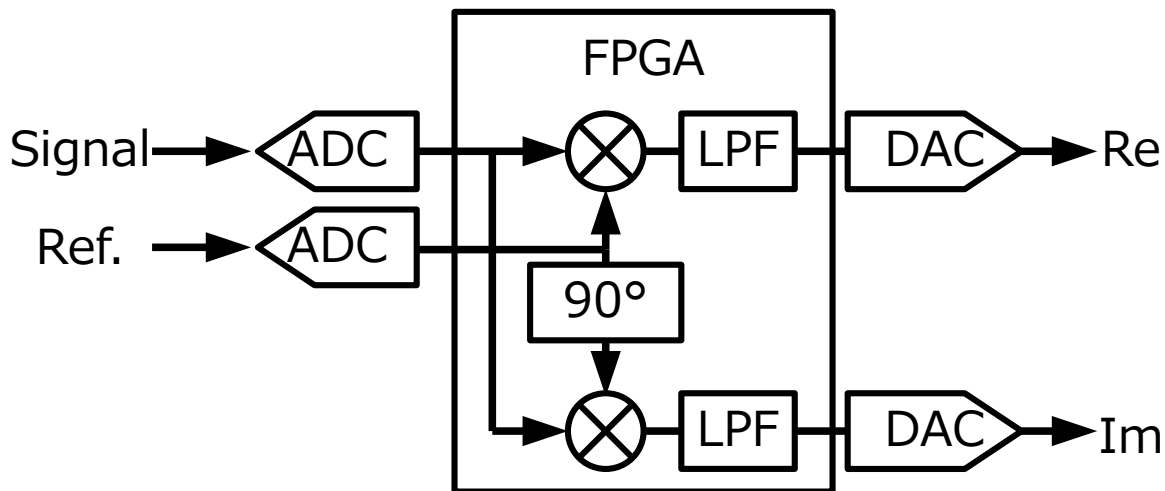
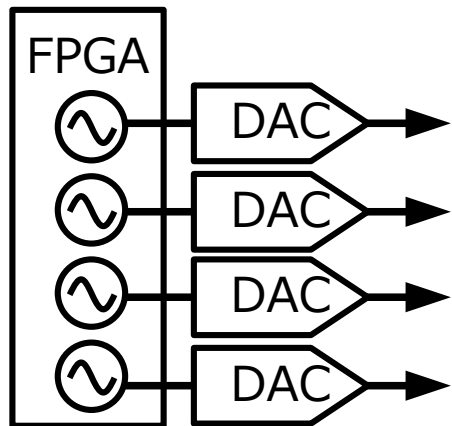
- ## 理想→LVDSのやつ & インピーダンス制御PCB

理想→LVDSのやつ & インピーダンス制御PCB

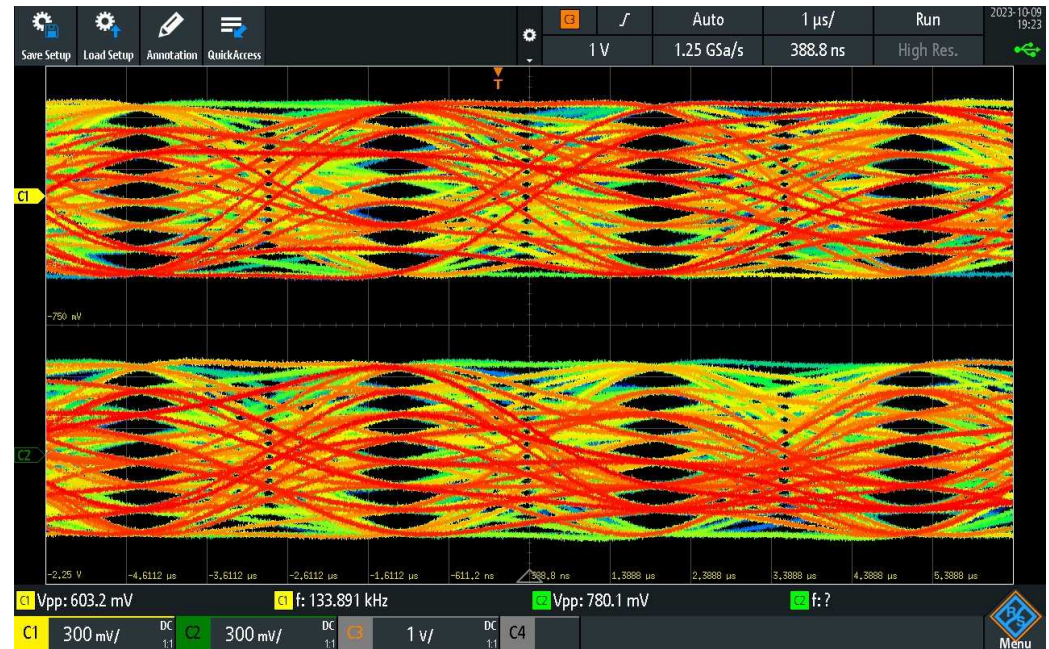
実際に動かしてみた



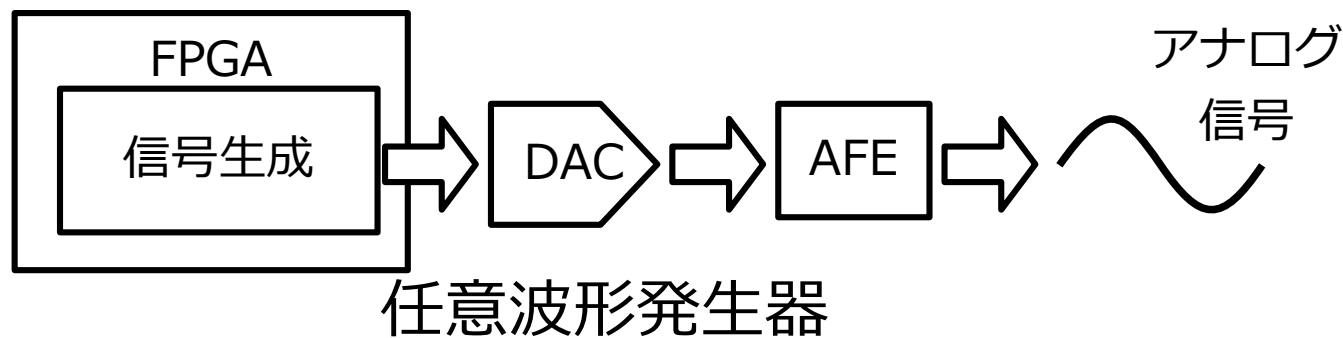
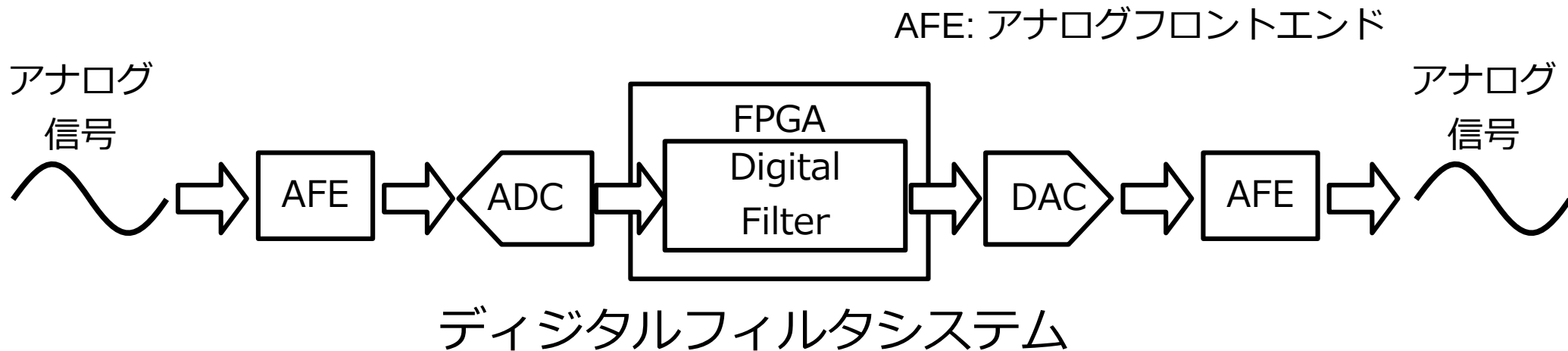
FPGAだからアナタ次第



Thank you.



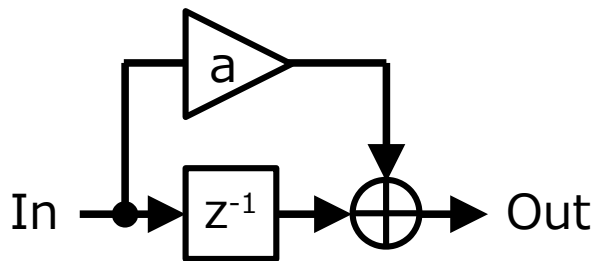
最終的に目指すもの



デジタルフィルタとは

デジタルデータの波形に対して、数値演算でフィルタする。

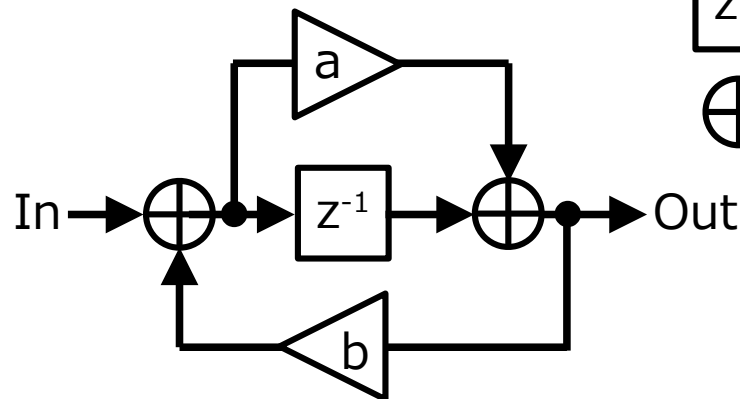
ex)無線送受信でのベースバンド生成・再生、SDR、MRI



FIR

フィードバックがない

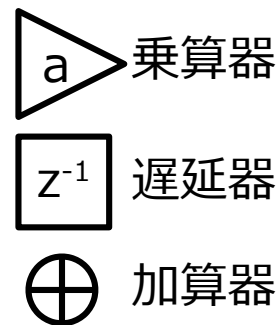
設計&作るの簡単だけど特性が微妙



IIR

フィードバックがある

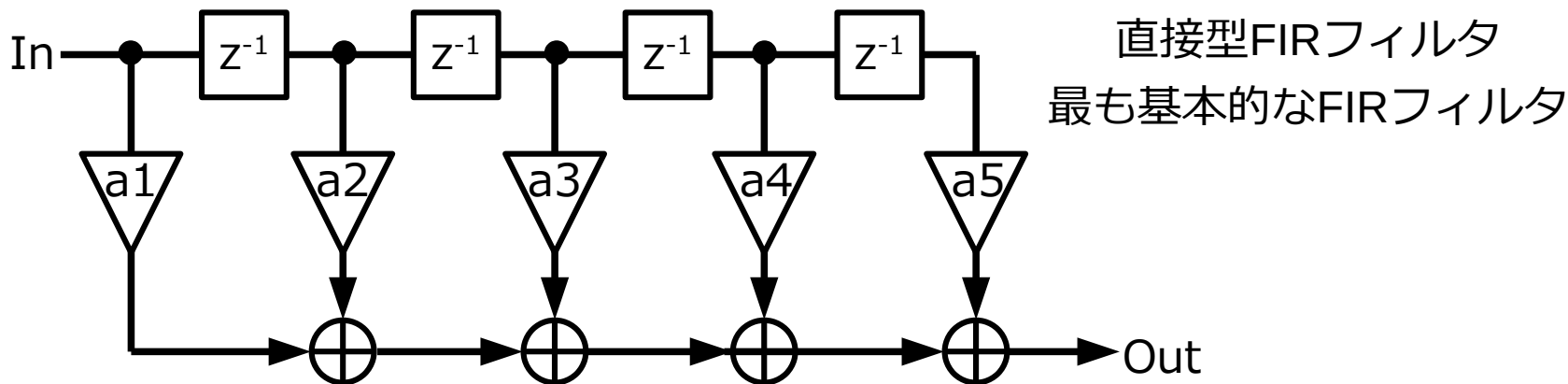
設計&作るの難しいけど特性は良い



IIRはよく分からなかったなので、FIRで行きます！

ディジタルフィルタの設計

ディジタルフィルタ設計の厳密な論理は専門書参照
コンピュータを用いた数値演算でフィルタ係数を求める。



乗算器の数はタップ長と呼ばれ、タップ長が長いほどより急峻な特性を持つ。

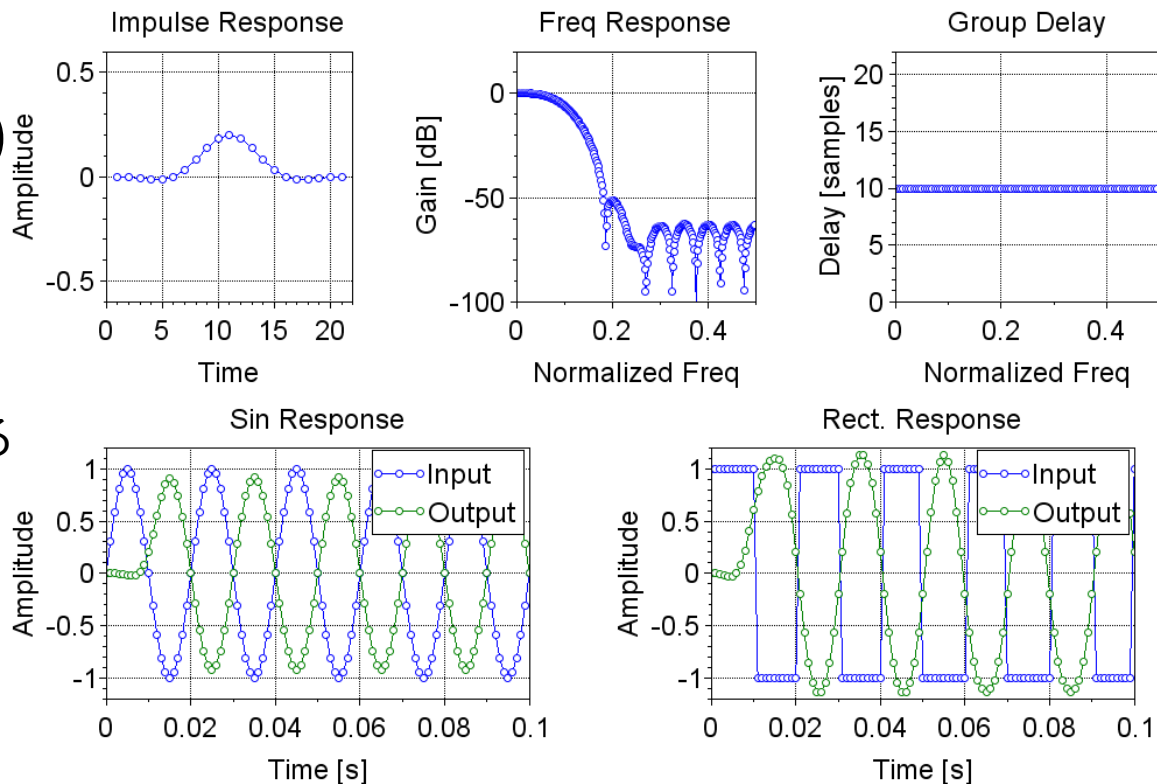
$a_1 \sim a_5$ はフィルタ係数と呼ばれ、入力信号とフィルタ係数とを乗算する。

ディジタルフィルタ設計は、フィルタ係数を求める。

デジタルフィルタ設計ツール

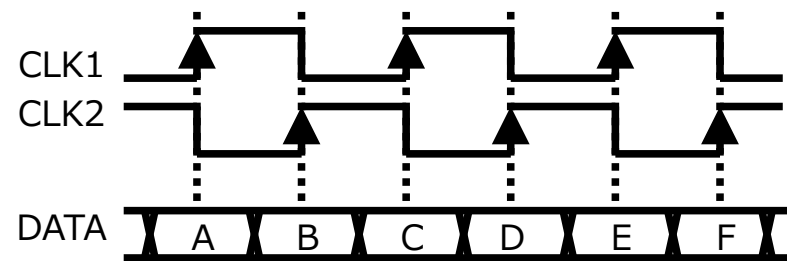
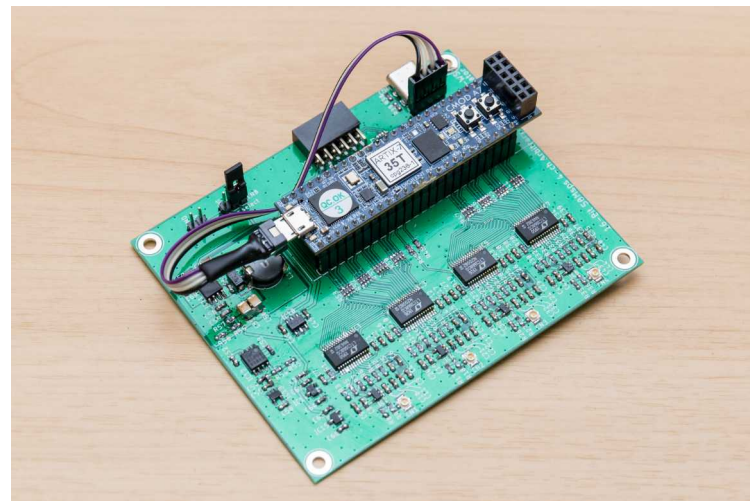
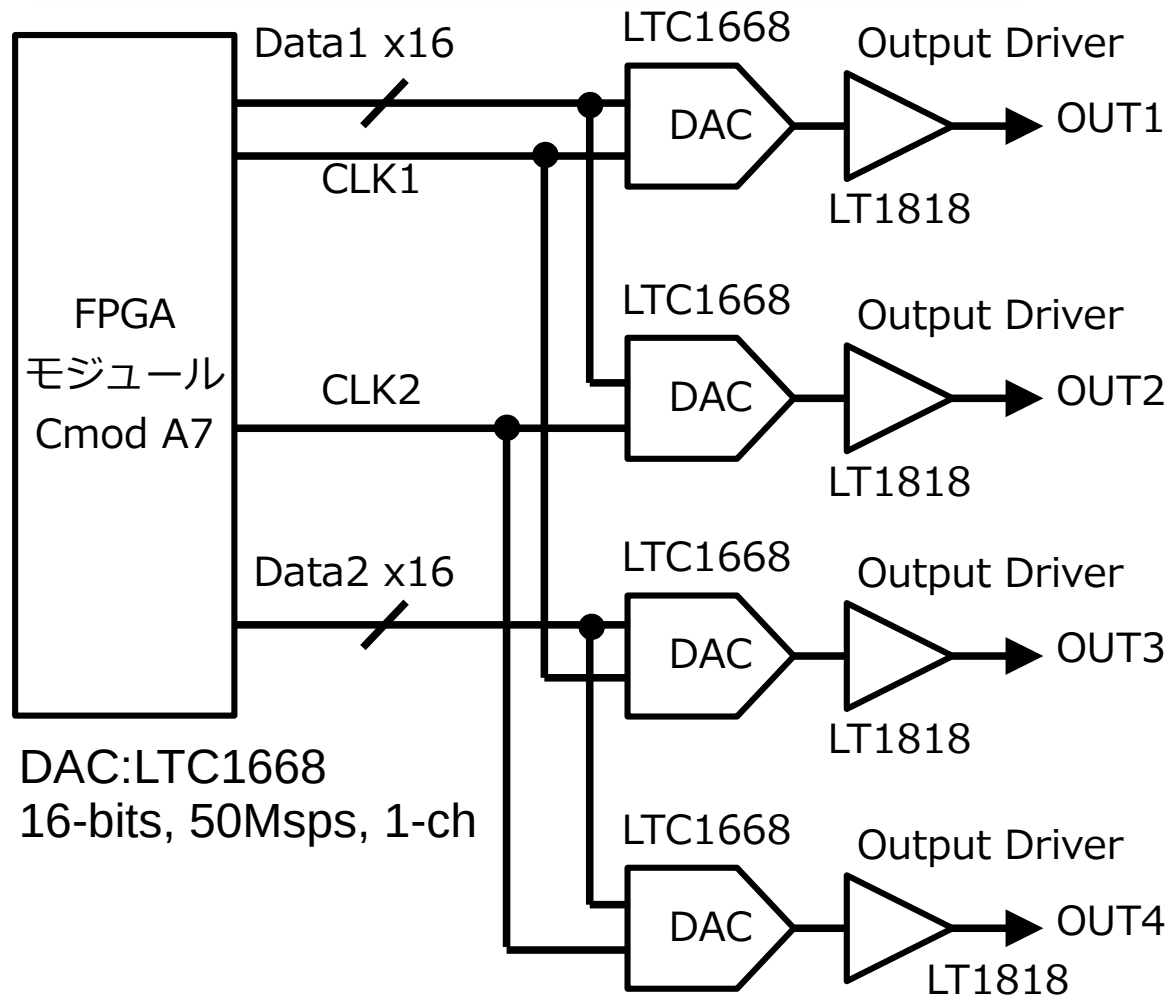
1. Matlab (金で解決)
2. Python (今思えばこれが正解)
3. 書籍付属のツール (??)
4. WEB上のツール (石川高専)
5. **Scilab** (貧乏人の味方!)

github.com/ghz-ws/fpga_dsp



窓関数法を用いたフィルタ係数を求める関数(wfir)が用意されている。
wfirを用いたフィルタ設計スクリプトを作った。

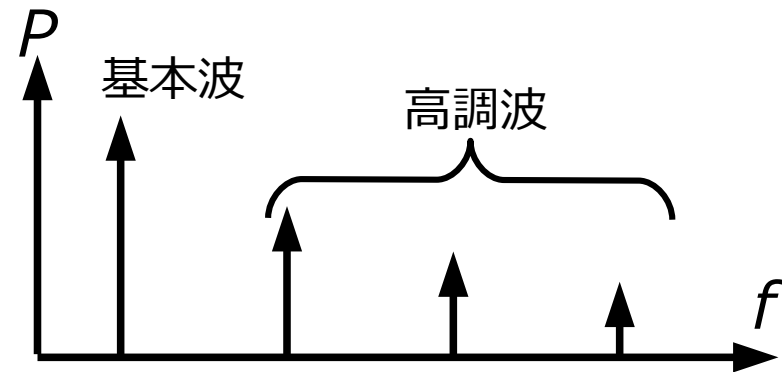
任意波形発生器の製作



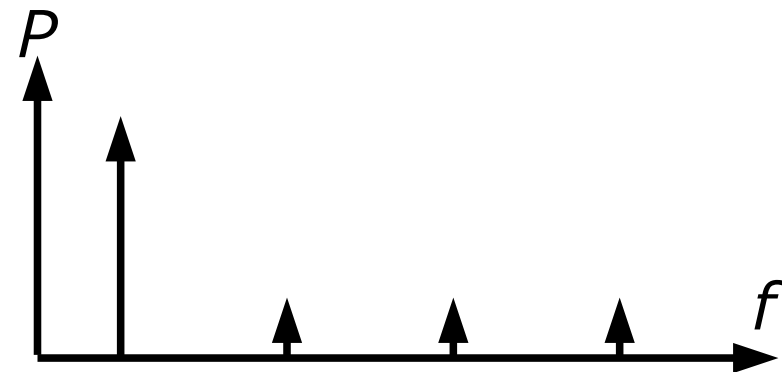
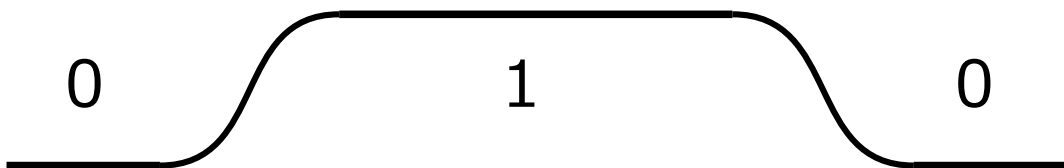
ピンが足らるので無理やり動かす

ローパスフィルタ

フィルタ前

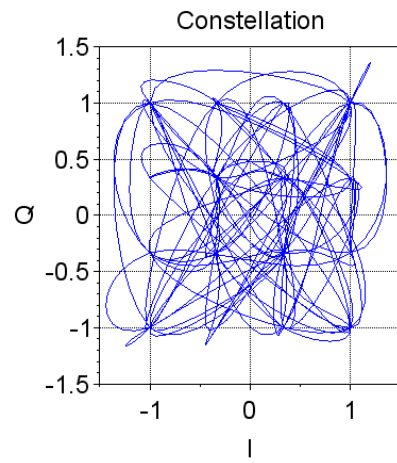
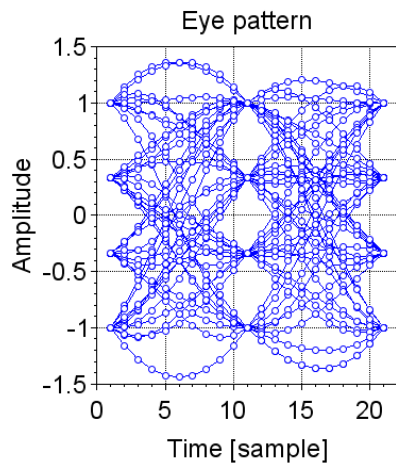
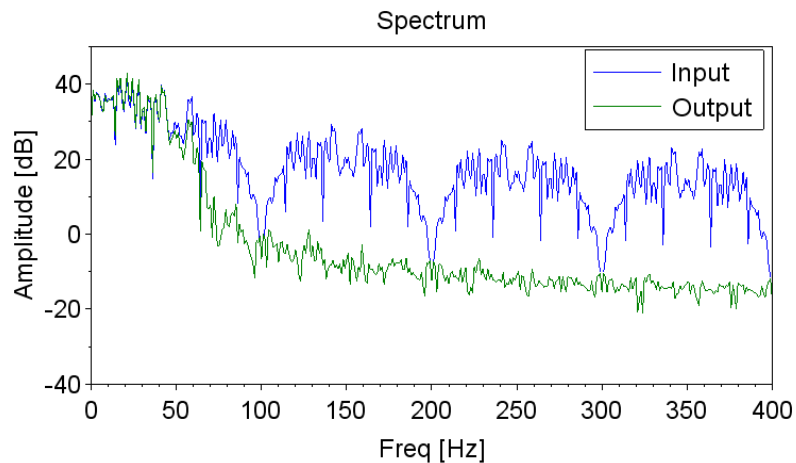
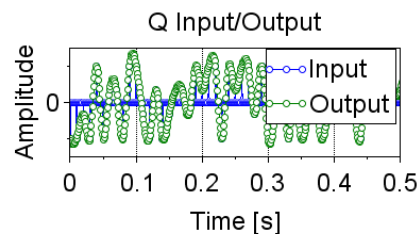
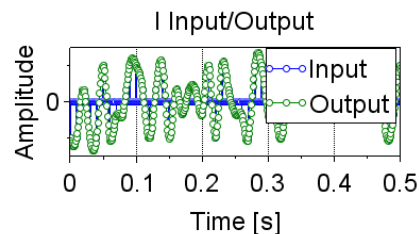
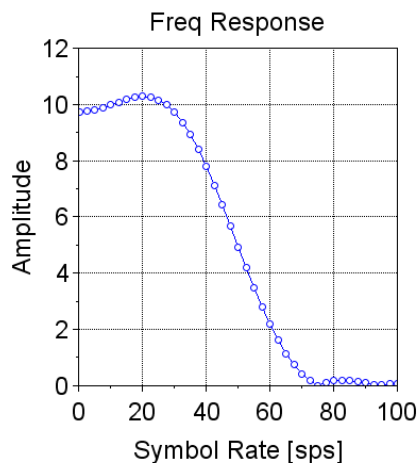
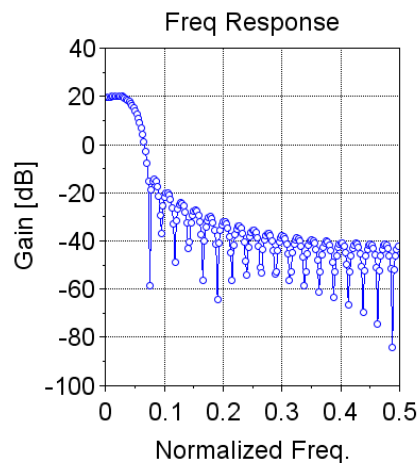
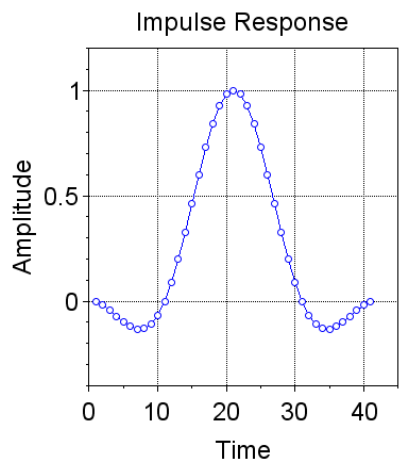


フィルタ後

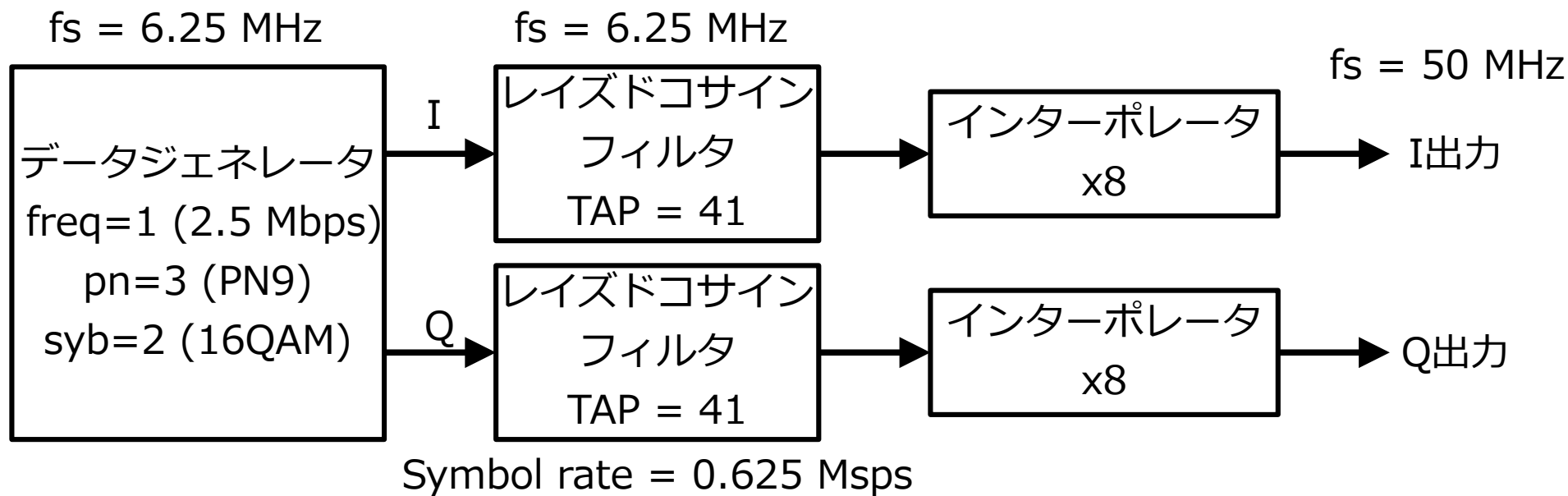


データ信号に対してフィルタして高調波をカットする

レイズドコサインフィルタ設計ツール

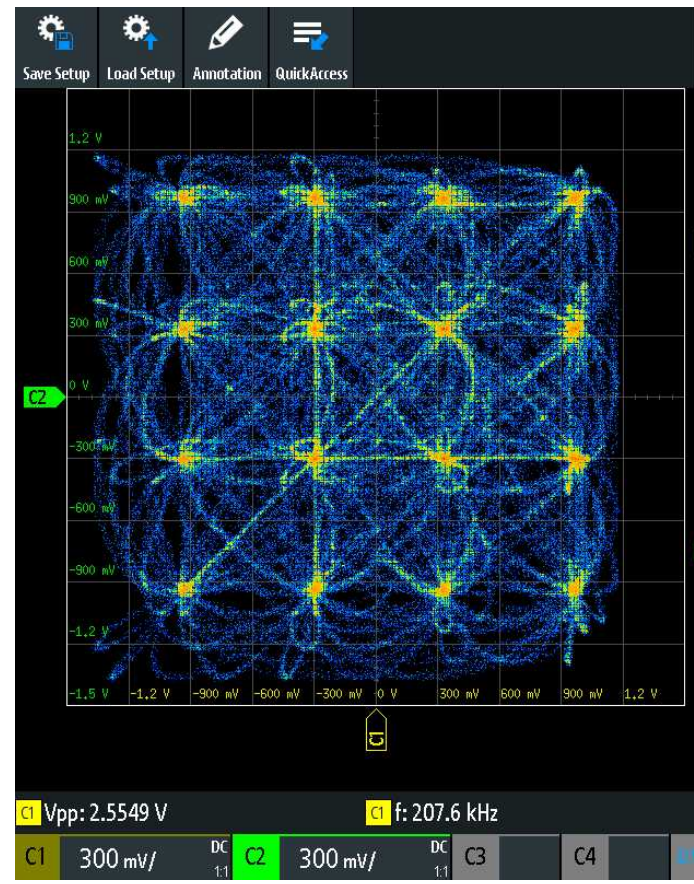
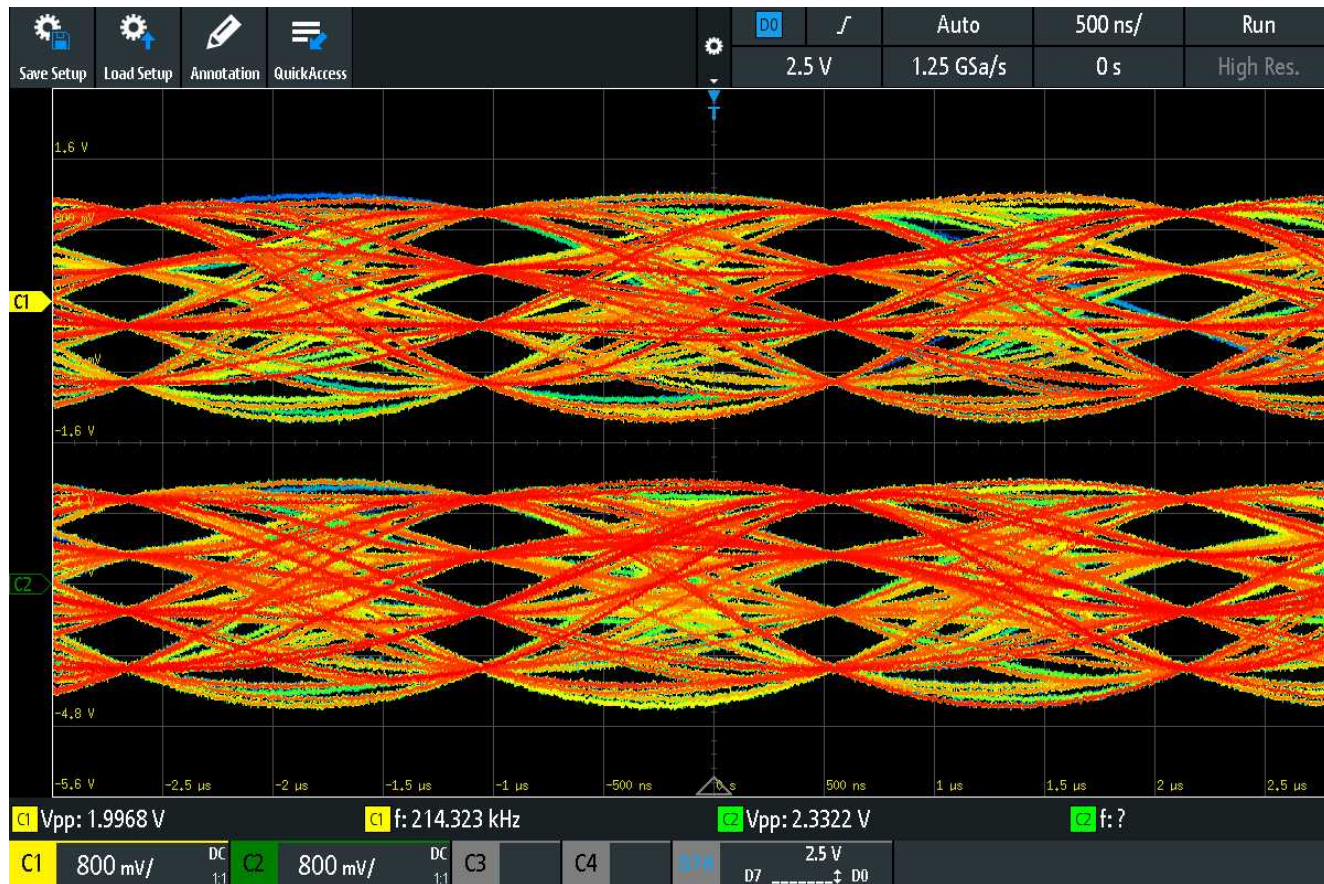


ベースバンドジェネレータ

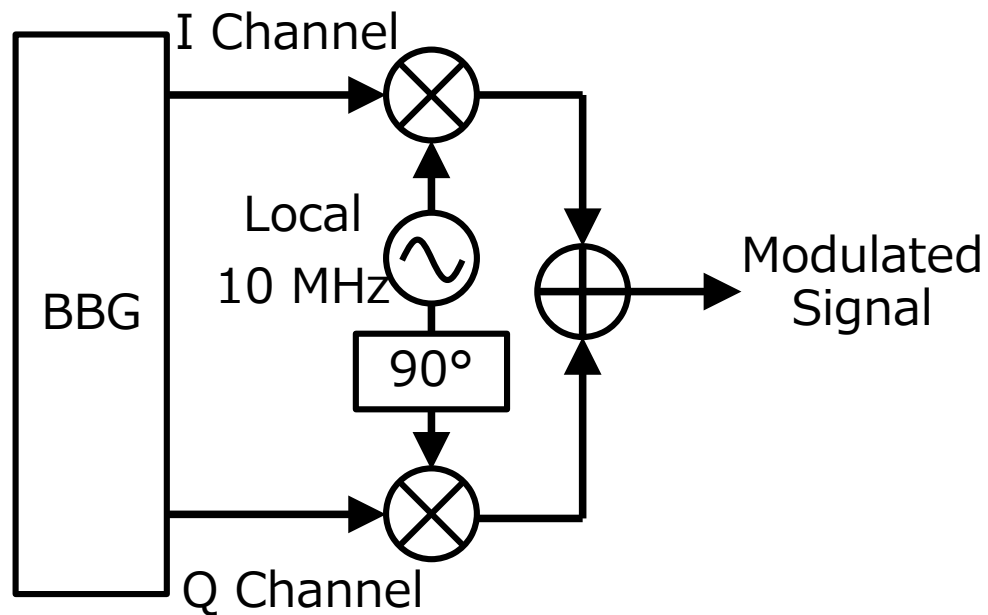


データジェネレータでランダムデジタル信号(PRBS)を作り、レイズドコサインフィルタでロールオフする。

ベースバンドジェネレータ



トランスミッタ



アンテナに繋いで撒き散らすのはNG

