

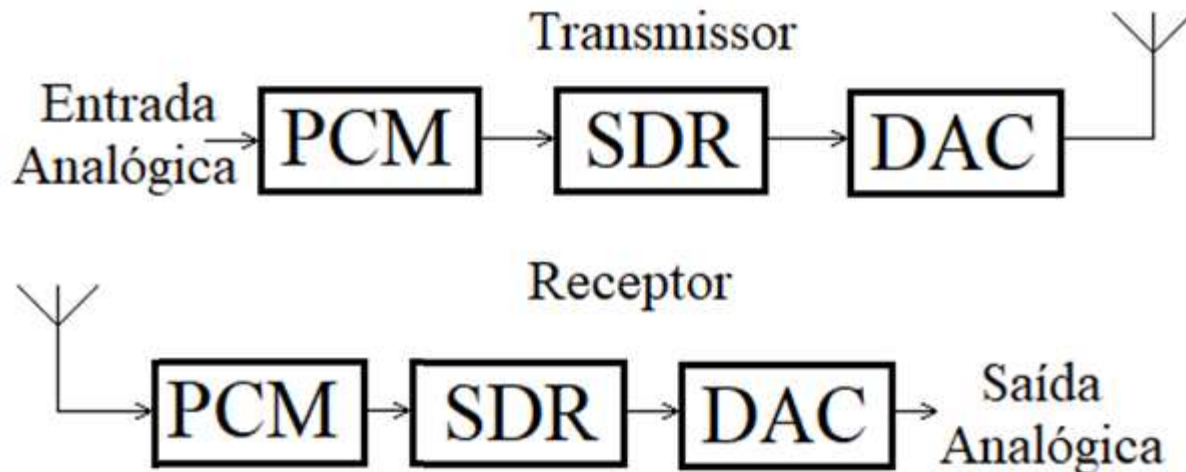
Rádio Definido por Software

Mateus A. F. C. Junqueira

mateusafcj@unifei.edu.br

Rádio Definido por Software

- Rádio Definido por Software (SDR - Software Defined Radio) é um sistema de comunicação cujos componentes geralmente implementados em hardware como moduladores e demoduladores são implementadas em software, utilizando processamento de sinais:

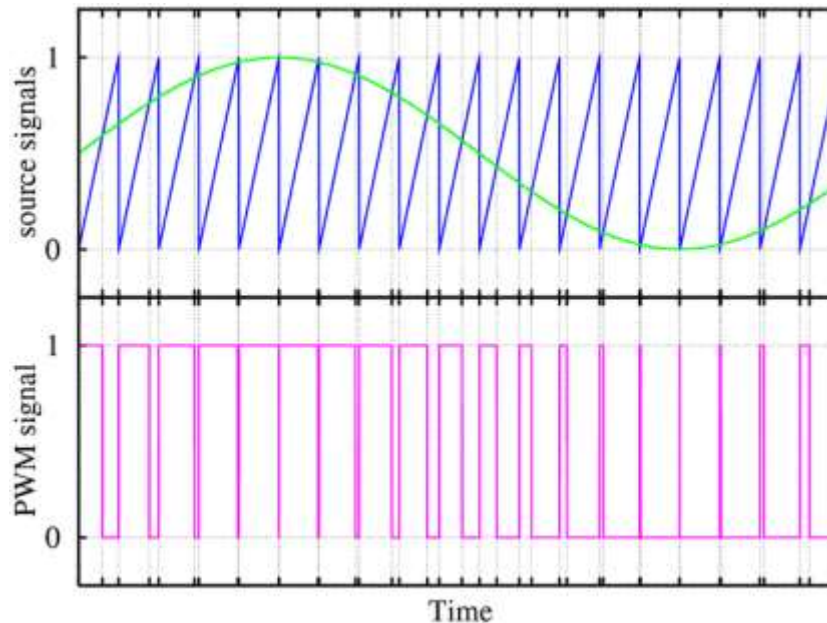


Rádio Definido por Software

- No SDR são calculados as amostras de um esquema de modulação;
- Na AM DSB-SC, por exemplo, são calculados os valores do sinal modulado $s_{AM\ DSB-SC}(t) = A_C m(t) \cos(\omega_c t)$ nos instantes $t = nT_S$;
- Com PAM ou PWM seguido por filtro passa-baixa, as amostras são convertidas para o sinal analógico correspondente e em seguida transmitido pelo canal;
- É necessário respeitar a frequência de Nyquist: $f_S > 2f_{max}$.

Rádio Definido por Software

- Geração do PWM para onda senoidal usando comparação com a onda dente de serra:



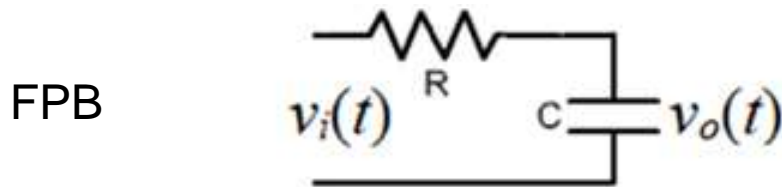
- A aplicação de um FPB sobre o sinal PWM retorna ao sinal original.

Rádio Definido por Software

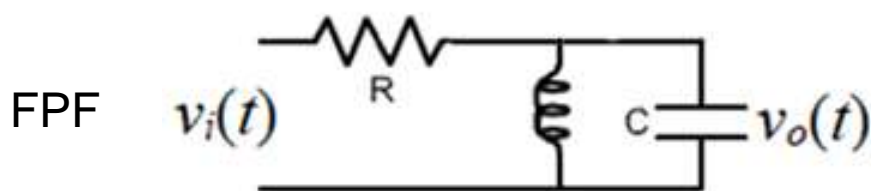
- Uma técnica correlata ao SDR é o DDS (Direct Digital Synthesis);
- No DDS as amostras de uma forma de onda são representadas com PAM ou PWM e depois filtradas com FPB;
- O DDS pode ser aplicado em geradores de funções.

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:
 - Modular e Demodular um sinal BASK ($f_c = 100$ kHz) com SDR;
 - O processamento do SDR deve ser realizado em FPGA;
 - O filtros podem ser realizados com os circuitos abaixo:



$$H(j\omega) = \frac{1}{RC(j\omega) + 1}$$



$$H(j\omega) = \frac{(j\omega)/RC}{(j\omega)^2 + (j\omega)/RC + \frac{1}{LC}}$$

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:

- Etapas:

1 - Gerar o sinal modulante $m(t) = 3\cos(2\pi t) + 2\cos(4\pi t + \pi/6)$ por DDS com FPB de 1ª ordem. Prazo: 09/04/25. (15 pontos)

2 - Conversão analógico para digital de $m(t)$ com o MCP3002 colocando os bits sequencialmente na FPGA. Considerar 8 bits por amostra e $f_s = 200\text{Hz}$. Prazo: 30/04/25. (15 pontos)

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:

- Etapas:

3 - Obter a representação PWM do sinal BASK com a FPGA e obter o espectro no osciloscópio. Prazo: 14/05/25. (15 pontos)

4 - Obter o sinal BASK usando um FPF (2ª Ordem) sobre o sinal da etapa 3. Obter o espectro deste sinal BASK no osciloscópio. Prazo: 21/05/25. (10 pontos)

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:

- Etapas:

5 - Elaborar o circuito detector de envelope para demodular o sinal BASK. Prazo: 04/06/25. (15 pontos)

6 - Realizar a conversão digital para analógico dos bits obtidos do sinal BASK usando PWM e FPB de 1ª ordem. Prazo: 18/06/25. (15 pontos)

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:

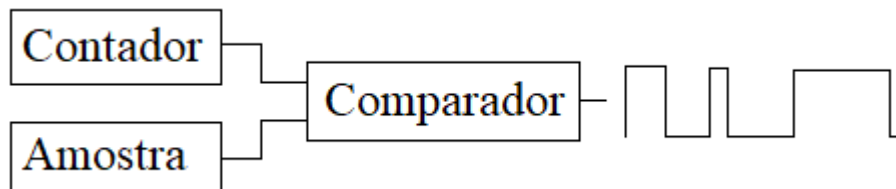
- Etapas:

7 - Refazer as etapas 3 e 4 considerando 4-ASK. Prazo: 02/07/25.
(15 pontos)

- Entrega do relatório final descrevendo todas as atividades realizadas: 09/07/25.

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:
- O sinal PWM pode ser gerado na FPGA comparando a amostra e o valor em um contador (que incrementa com o clock):



Quando o contador reinicia deve-se atualizar a amostra utilizando a próxima.

- A frequência de amostragem se relaciona com a frequência do clock: $f_s = f_{CLK} / (c_{max} + 1)$, com c_{max} o valor máximo do contador;
- O c_{max} também define o número máximo de bits de quantização n pois deve-se garantir que $c_{max} > 2^n$.

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:
 - Para o cálculo de funções trigonométricas na FPGA pode-se empregar uma tabela relacionando x e $\cos(x)$ com $0 < x < 2\pi$. A tabela é armazenada na memória do FPGA;
 - O filtro passa baixa pode ser definido com a função `analpf()` do Scilab;
 - Os resistores e capacitores disponíveis são os valores comerciais. Indutores disponíveis: $18\mu\text{H}$ e 1mH .

Rádio Definido por Software

- Projeto PBLE04:
 - Para a geração da portadora pode-se empregar um clock com a frequência da portadora f_c seguido por filtro passa-faixa centrado em f_c ;
 - A variação do duty cycle do clock permite controlar a amplitude da portadora produzida após a filtragem no filtro passa-faixa e essa abordagem pode ser explorada para obter a modulação 4-ASK.