



Conversor digital-analógico (DAC) no STM32F407

Prof. Fagner de Araujo Pereira

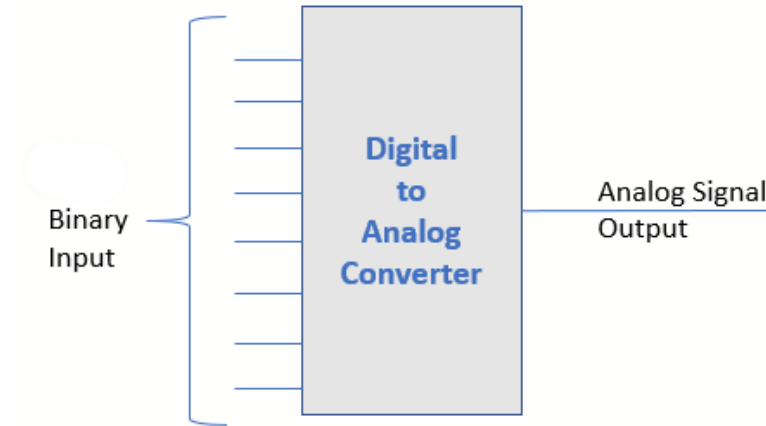
fagner.pereira@ifpb.edu.br

fagnereng@gmail.com



Conversor DA (Digital-Analógico)

Entrada digital com N bits



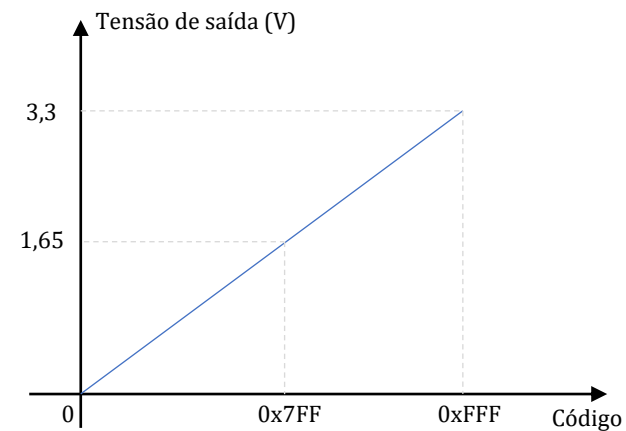
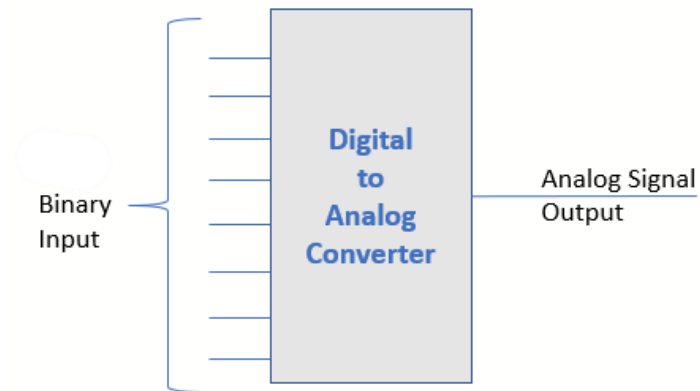
N – quantidade de bits da conversão (12 bits);

2^N – quantidade de níveis de tensão analógica na saída (4096 níveis);

Resolução = $\frac{\text{faixa de tensão de saída}}{2^N - 1}$ (805,86 μV).



Conversor DA (Digital-Analógico)

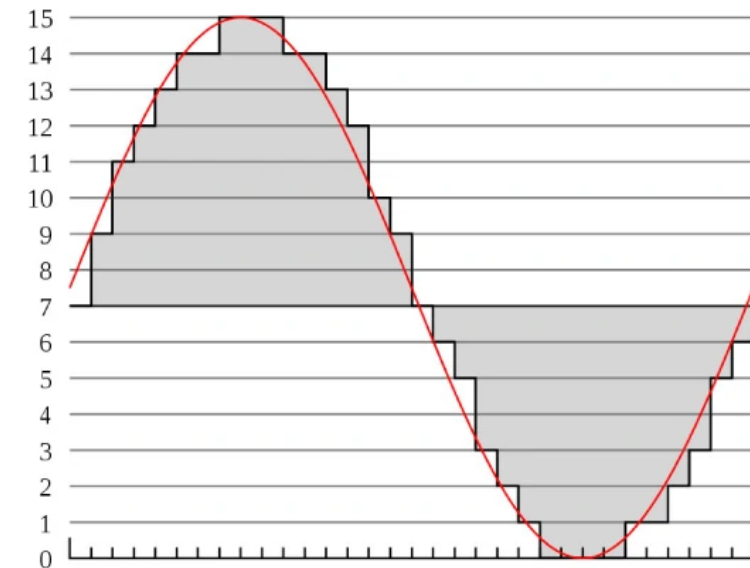
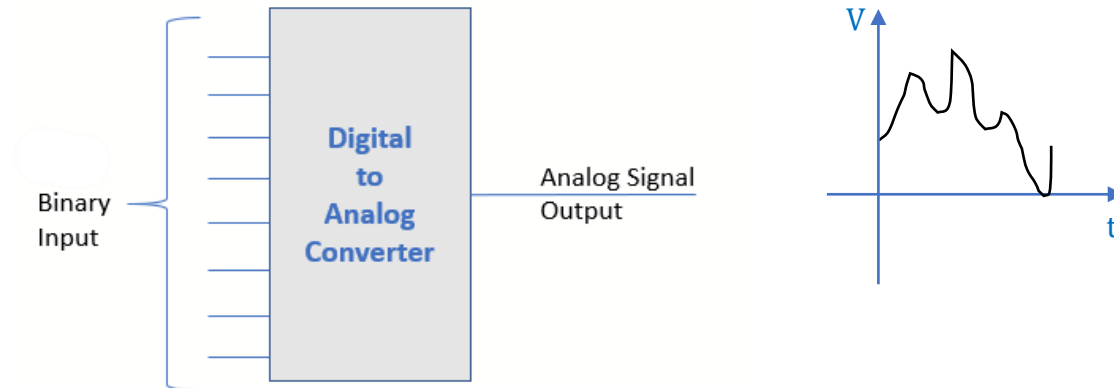


$$DAC_{output} = V_{ref} * \frac{D_{in}}{4095}$$

Relação entre código de entrada e tensão de saída no STM32F407



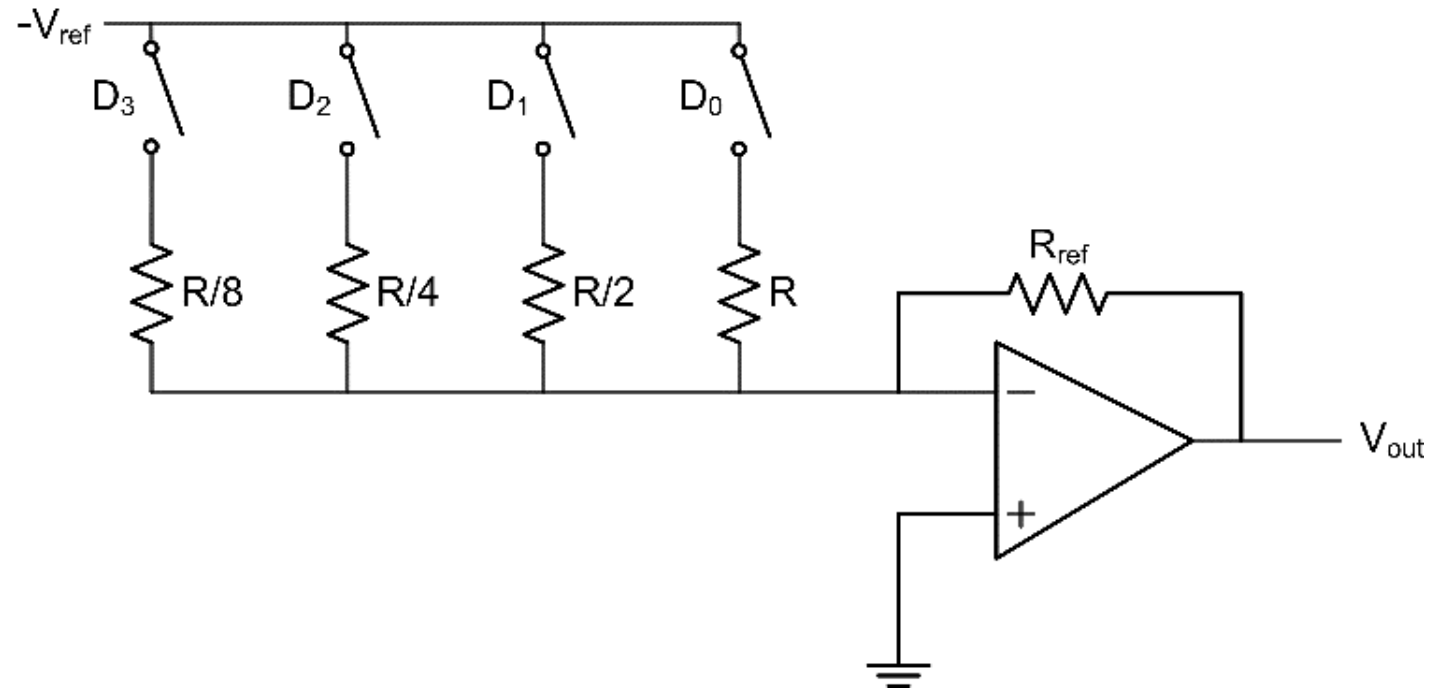
Conversor DA (Digital-Analógico)



Geração de formas de onda de saída



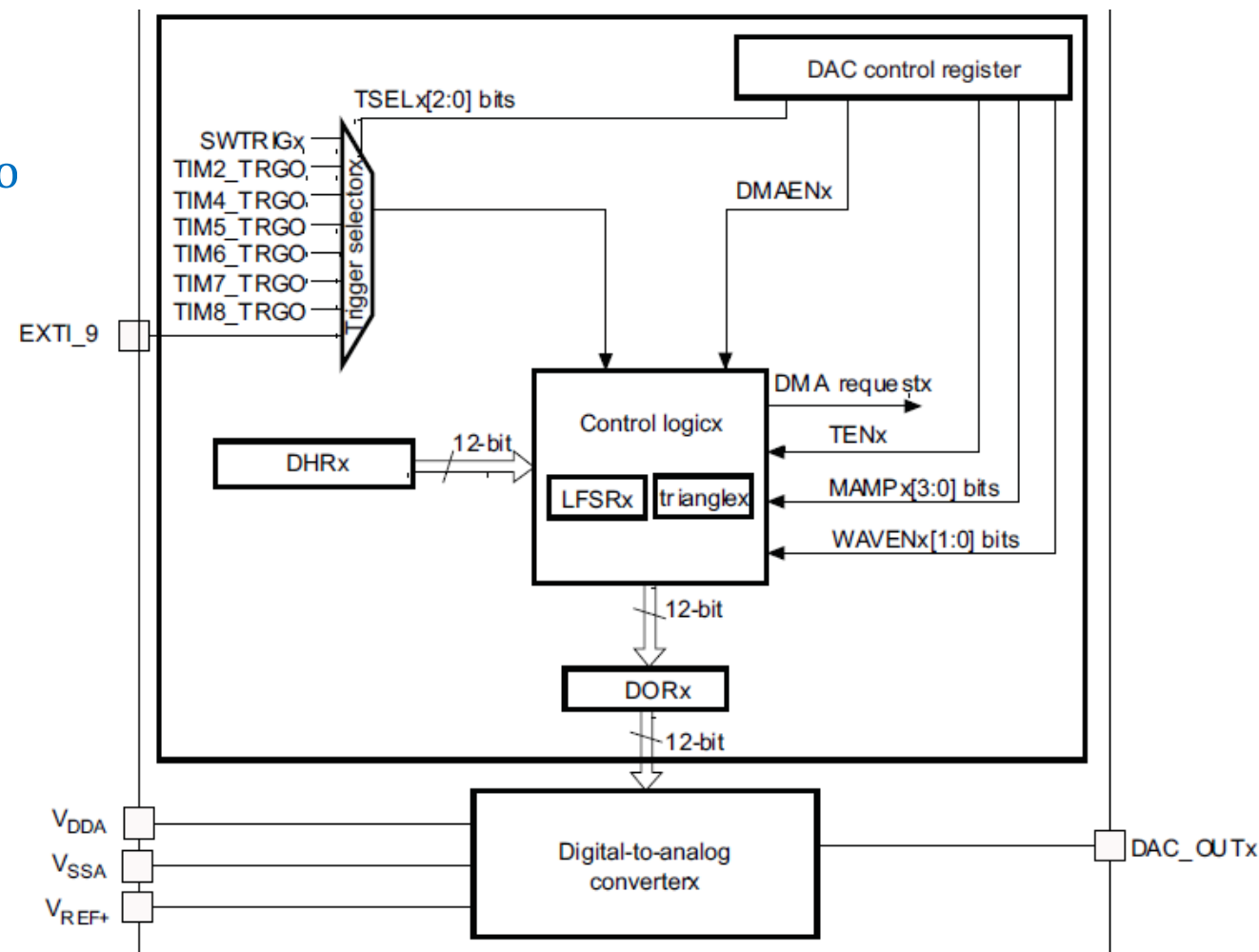
Conversor DA (Digital-Analógico) - implementação em hardware





Conversor DA (Digital-Analógico) no STM32F407

- * 2 conversores de 12 bits (DAC1 e DAC2)
- * Resolução configurável de 8 ou 12 bits
- * Modos de conversão independente ou simultâneo
- * Possibilidade de operação com o periférico DMA
- * Diversas fontes de gatilhos.
- * Geração automatizada de formas de onda





Conversor DA (Digital-Analógico) no STM32F407

Tabela 1. Definição dos pinos de saída do DAC

Canal de saída analógico	Pino
DAC1	PA4
DAC2	PA5



Conversor DA (Digital-Analógico) no STM32F407 - Utilização

- * O pino de saída correspondente, PA4 ou PA5, deve inicialmente ser configurado no modo analógico.
- * Cada canal é ligado setando o bit ENx correspondente no registrador CR (*Control Register*) do módulo DAC. O bit ENx ativa apenas a macro célula analógica do DACx.
- * A interface digital do DACx, onde estão os registradores de controle e de dados, é ativada ao ligar o clock do módulo DAC por meio do bit DACEN do registrador APB1ENR do módulo RCC.

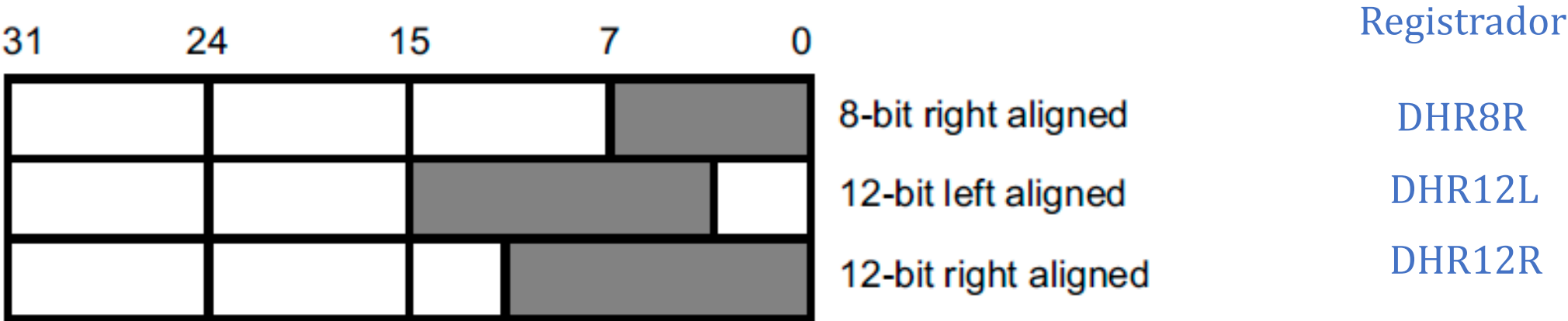
Os *buffers* analógicos de saída podem ser ativados ou desativados usando o bit BOFFx correspondente no registrador CR do módulo DAC.

Para converter um valor digital para analógico, basta escrever o dado no registrador de saída.



Conversor DA (Digital-Analógico) no STM32F407

Alinhamento dos dados no registrador DHR – *Data Holding Register*





Conversor DA (Digital-Analógico) no STM32F407

Exemplo de programação

```
void Configure_DAC1()  
{  
    RCC->AHB1ENR |= 1;           //habilita o clock do GPIOA  
    GPIOA->MODER |= 0b11 << 8;  //inicialização do pino PA4 no modo analógico  
  
    RCC->APB1ENR |= 1 << 29;     //habilita o clock da interface digital do DAC  
    DAC->CR |= 1;                 //habilita o canal 1 do DAC  
}
```

```
uint16_t valor;  
DAC->DHR12R1 = valor;           //escreve um dado para ser convertido
```



Conversor DA (Digital-Analógico) – geração de formas de onda

```
//array com amostras do sinal
const uint16_t samples[100]={
    2048, 2176, 2304, 2431, 2557, 2680, 2801, 2919, 3034, 3145,
    3251, 3353, 3449, 3540, 3625, 3704, 3776, 3842, 3900, 3951,
    3995, 4031, 4059, 4079, 4091, 4095, 4091, 4079, 4059, 4031,
    3995, 3951, 3900, 3842, 3776, 3704, 3625, 3540, 3449, 3353,
    3251, 3145, 3034, 2919, 2801, 2680, 2557, 2431, 2304, 2176,
    2048, 1919, 1791, 1664, 1538, 1415, 1294, 1176, 1061, 950,
    844, 742, 646, 555, 470, 391, 319, 253, 195, 144,
    100, 64, 36, 16, 4, 0, 4, 16, 36, 64,
    100, 144, 195, 253, 319, 391, 470, 555, 646, 742,
    844, 950, 1061, 1176, 1294, 1415, 1538, 1664, 1791, 1919};

void main()
{
    Configure_Clock();           //configura o sistema de clock
    Delay_Start();               //inicializa funções de Delay

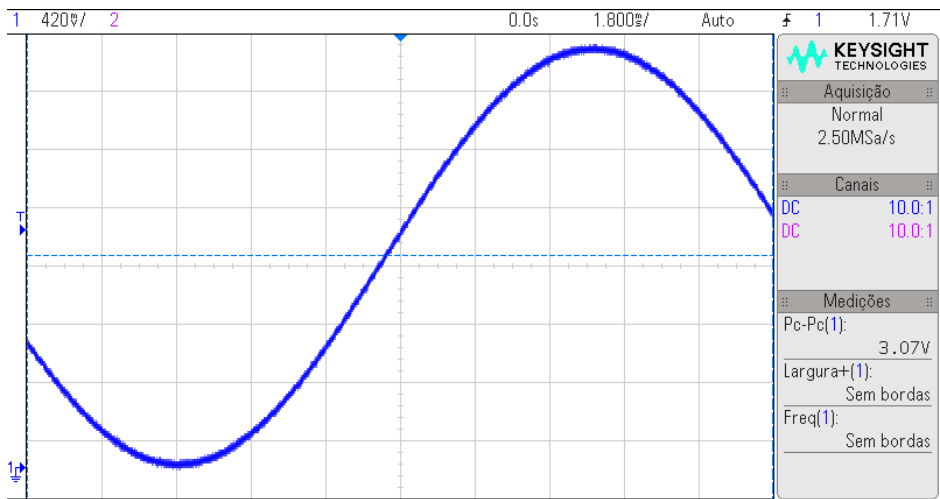
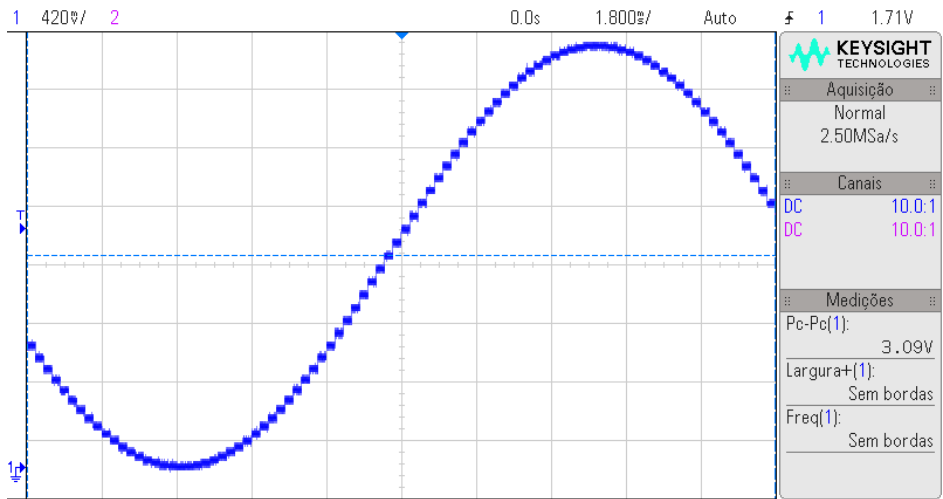
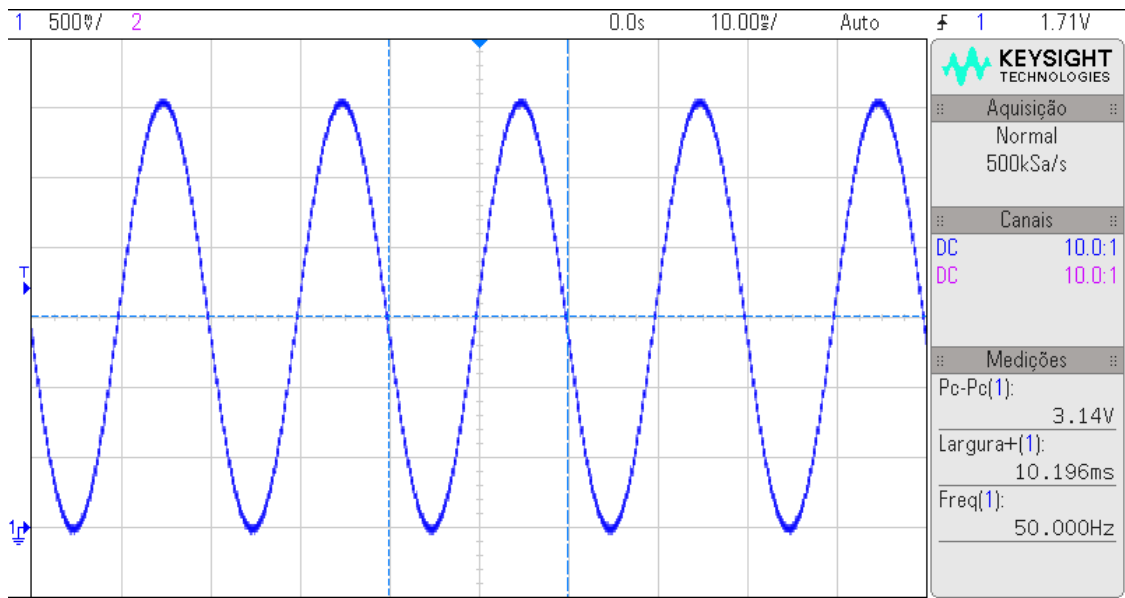
    RCC->AHB1ENR |= 1;           //habilita o clock do GPIOA
    GPIOA->MODER |= 0b11 << 8;   //inicialização do pino PA4 no modo analógico

    RCC->APB1ENR |= 1 << 29;      //habilita o clock da interface digital do DAC
    DAC->CR |= 1;                 //habilita o canal 1 do DAC

    uint8_t contador =0;         //indexador do array de amostras do sinal
    while(1)
    {
        DAC->DHR12R1 = samples[contador]; //escreve no DAC1
        ++contador;                 //atualiza o indexador
        if(contador == 100) contador = 0; //verifica se chegou ao final do array
        Delay_us(200);              //aguarda para a próxima amostra
    }
}
```



Conversor DA (Digital-Analógico) – geração de formas de onda





Conversor digital-analógico (DAC) no STM32F407

Prof. Fagner de Araujo Pereira

fagner.pereira@ifpb.edu.br

fagnereng@gmail.com