

EEL7030 - Microprocessadores



LCS

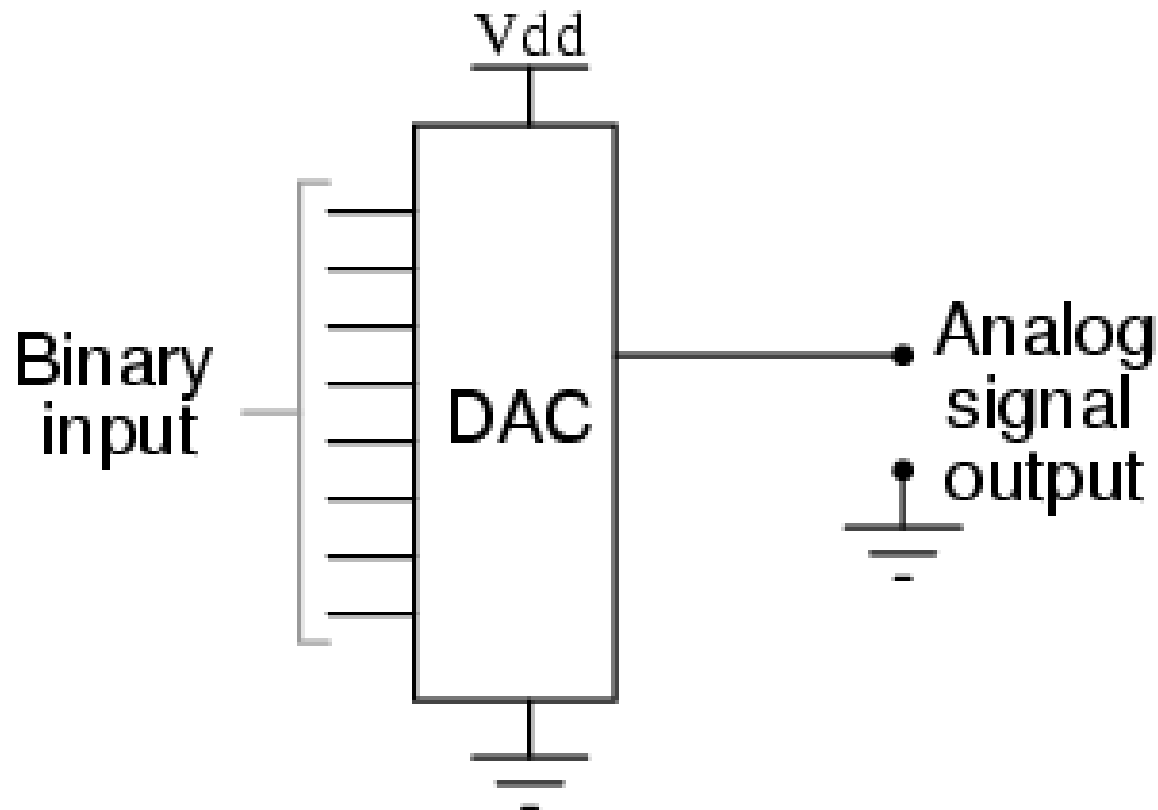
Laboratório de
Comunicações
e Sistemas
Embarcados

Prof. Raimes Moraes

EEL - UFSC

Digital Analog Converter (DAC)

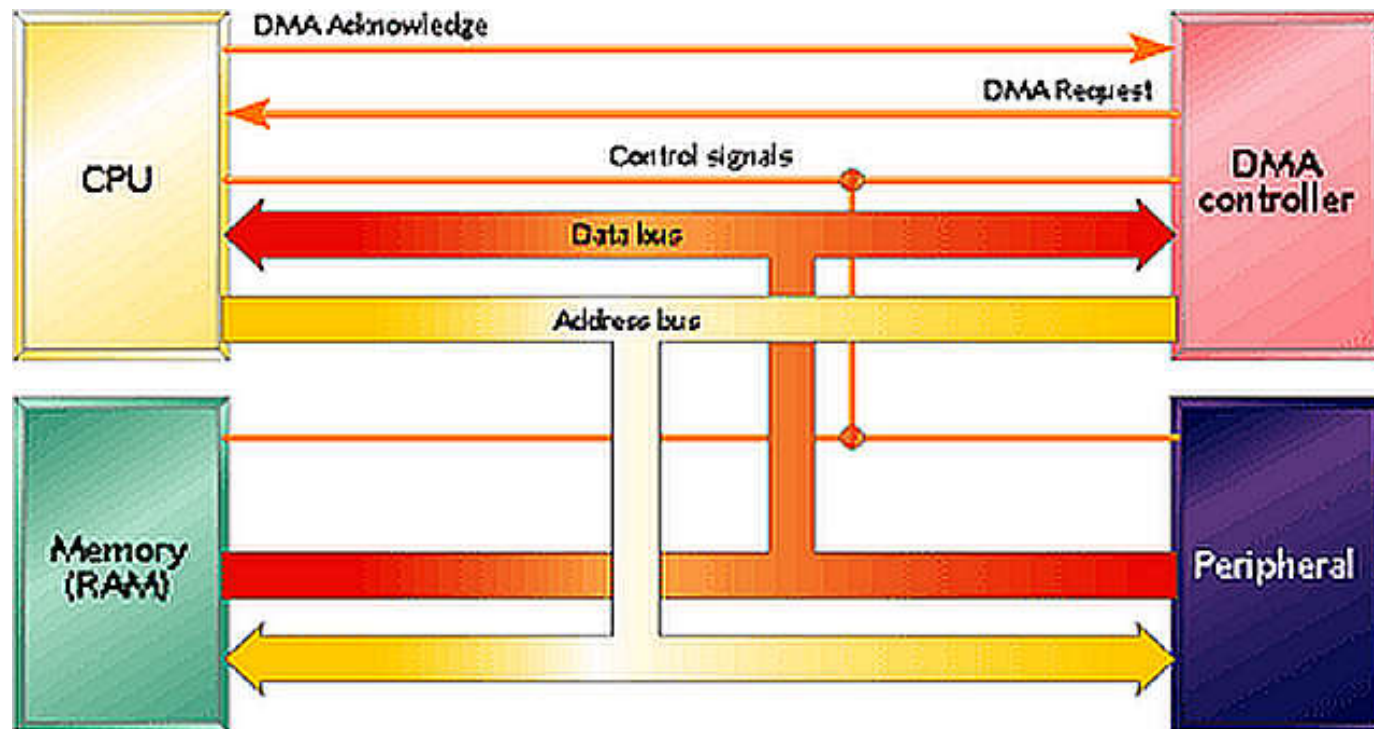
O conversor digital analógico recebe um valor binário e o converte em sinal de tensão. Como exemplo de emprego, tem-se a conversão de um sinal de audio digitalizado em sinal elétrico. Este último pode ser suprido a alto-falante que o converte em sinal de pressão (audio).



Direct Memory Access (DMA)

Periférico que acessa a memória RAM e outros periféricos, independentemente da UCP. Útil, por exemplo para transferir dados entre a UART e a memória, sem a necessidade de intervenção da UCP. Assim, o DMA permite que a CPU ocupe-se de outras tarefas mais críticas do que a lenta transferência de dados, melhorando o desempenho do microcontrolador.

OBS: Em arquiteturas mais antigas, DMA e UCP compartilham os mesmos barramentos como mostrado na figura abaixo. ARM permite que DMA e UCP acessem SRAM simultaneamente.



- ADC
- DAC
- USART
- ...

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

❑ Objetivo:

- Configurar DAC, Timer e DMA no STM32CubeMX para gerar sinal de ECG
- Gerar código e utilizar funções HAL
- Transmitir dados para o DAC empregando DMA

❑ Crie projeto no STMCubeMX:

1. *New Project*

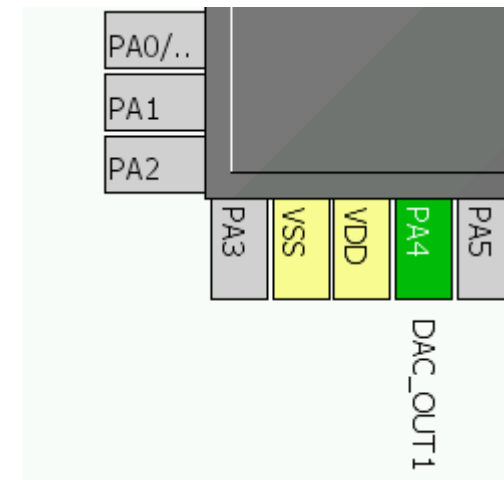
2. No MCU Selector: STM32F4 (series); STM32F429/439 (lines); LQFP144 (package); selecione: STM32F429ZITx - **OBS: Selecionar crystal em RCC e configurar clocks; Selecionar SWD para Debug em SYS**

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

3. Selecione a saída OUT1 do DAC

O pino PA5 corresponde a esta saída como poderá ser observado no painel do componente

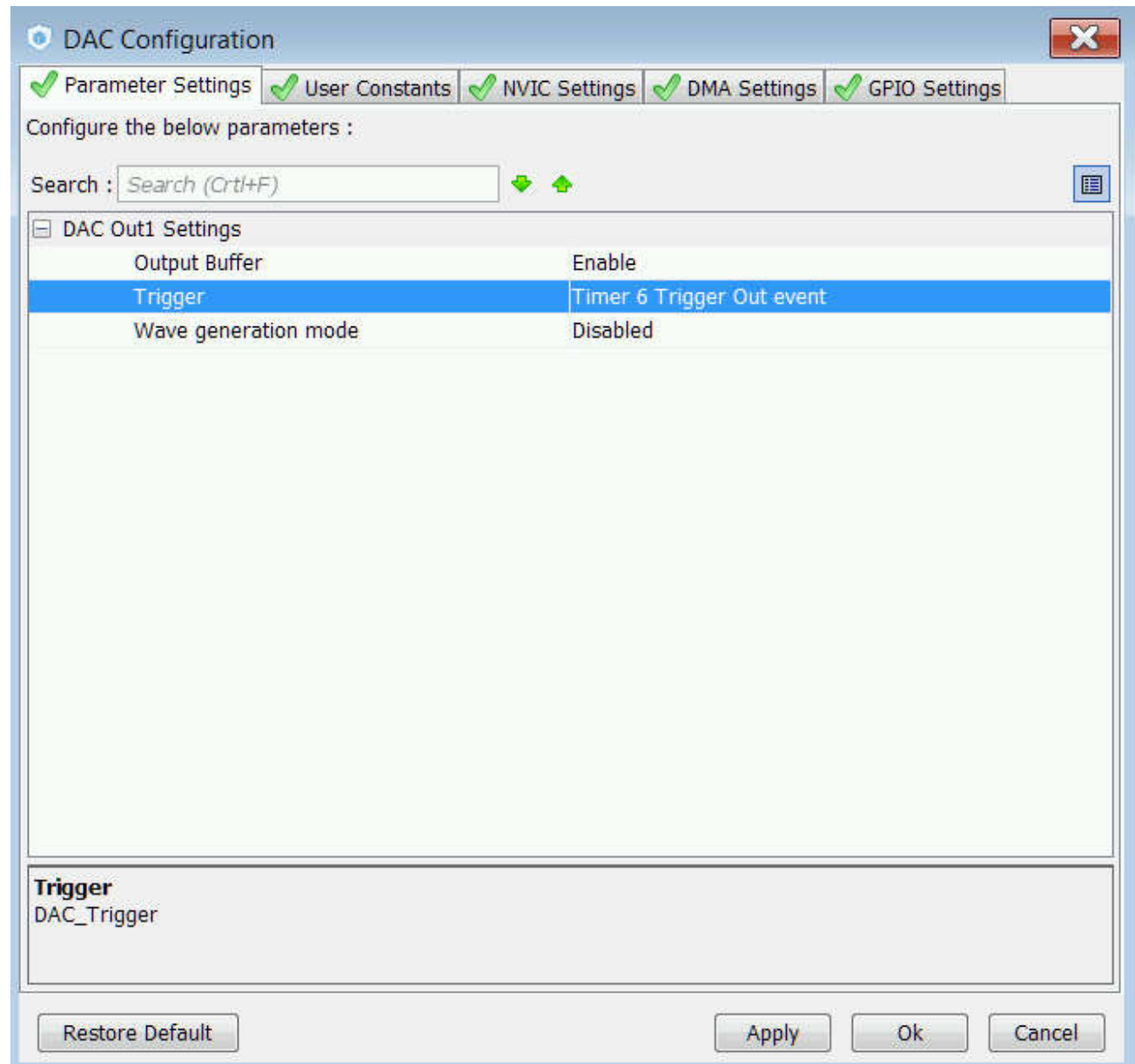
4. Ative o Timer 6



Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

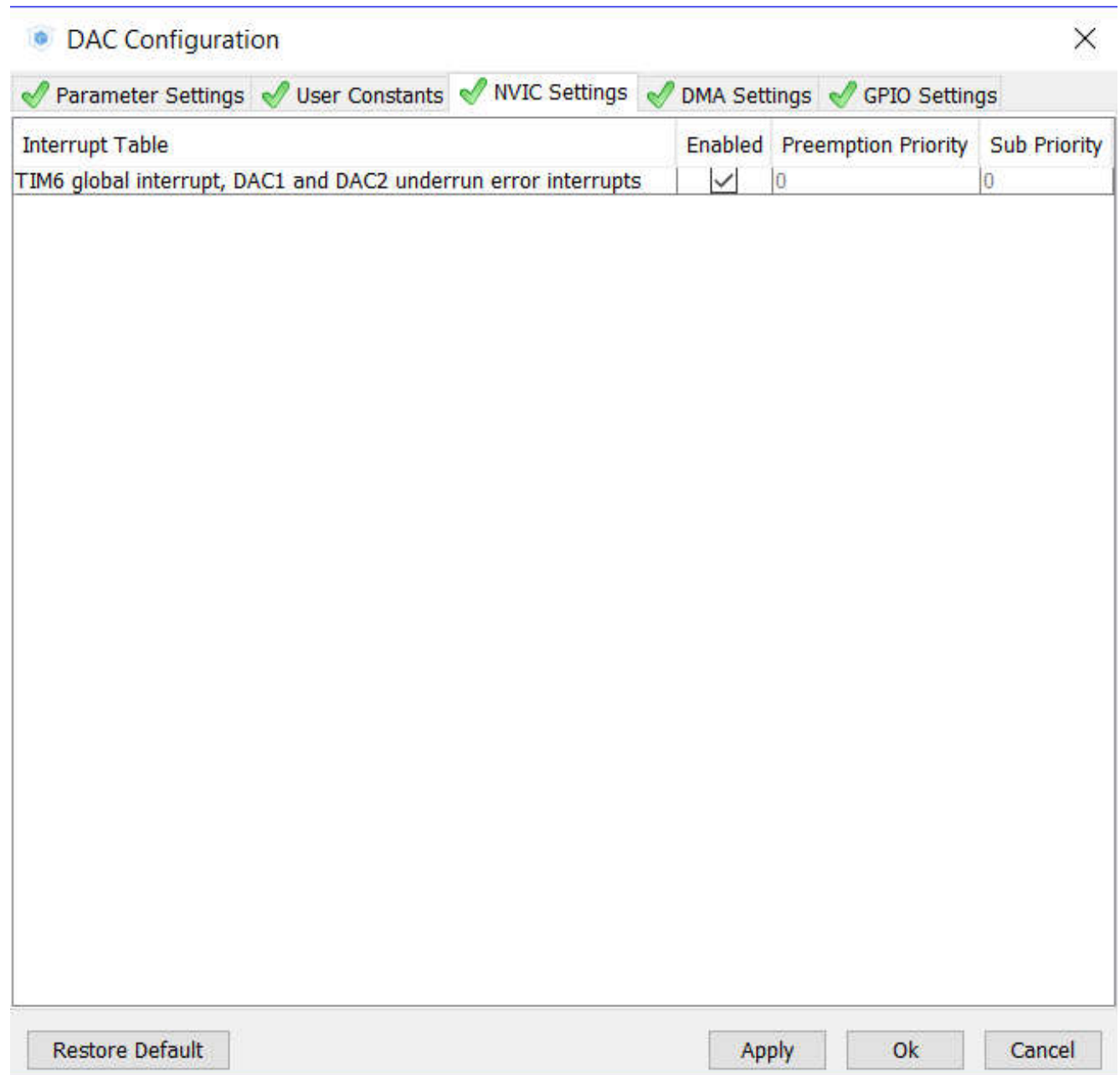
❑ Configure o DAC => Tab>Configuration>Analog>DAC

5. Especifique o Timer 6
como *trigger* do DAC



Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

6. Habilite a interrupção global do Timer 6



The image shows a 'DAC Configuration' dialog box with a close button (X) in the top right corner. It features five tabs: 'Parameter Settings', 'User Constants', 'NVIC Settings', 'DMA Settings', and 'GPIO Settings', all marked with green checkmarks. The 'NVIC Settings' tab is active, displaying an 'Interrupt Table' with the following columns: 'Interrupt Table', 'Enabled', 'Preemption Priority', and 'Sub Priority'. The table contains one entry: 'TIM6 global interrupt, DAC1 and DAC2 underrun error interrupts', with 'Enabled' checked, 'Preemption Priority' set to 0, and 'Sub Priority' set to 0. At the bottom of the dialog are four buttons: 'Restore Default', 'Apply', 'Ok', and 'Cancel'.

Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority	Sub Priority
TIM6 global interrupt, DAC1 and DAC2 underrun error interrupts	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

7. Configurar uso do DMA pelo DAC:

- Tab-> **DMA Settings**
- Clique em **Add**
- Em **Select**, selecione DAC1
- Configurar campos **Mode** e **Data Width** como ao lado

DAC Configuration

Parameter Settings User Constants NVIC Settings **DMA Settings** GPIO Settings

DMA Request	Stream	Direction	Priority
DAC1	DMA1 Stream 5	Memory To Peripheral	Low

Add Delete

DMA Request Settings

Mode **Circular** Increment Address ☐ ☒

Use Fifo ☐ Threshold Data Width **Half Word** **Half Word**

Burst Size

Restore Default Apply Ok Cancel

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

8. Especificar a base de tempo no TIM6 para atualiza a saída do DAC

❑ Configure o DAC =>
Tab>Configuration>Control>TIM6

- Tab-> Parameter Settings
- Altere os valores para a contagem como no quadro ao lado
- Altere o parâmetro de saída (*update Event*) como no quadro ao lado

TIM6 Configuration

✓ Parameter Settings ✓ User Constants ✓ NVIC Settings ✓ DMA Settings

Configure the below parameters :

Search :

☒ Counter Settings

Prescaler (PSC - 16 bits value)	900
Counter Mode	Up
Counter Period (AutoReload Register - 16 bit...	1000

☒ Trigger Output (TRGO) Parameters

Trigger Event Selection	Update Event
-------------------------	--------------

Restore Default Apply Ok Cancel

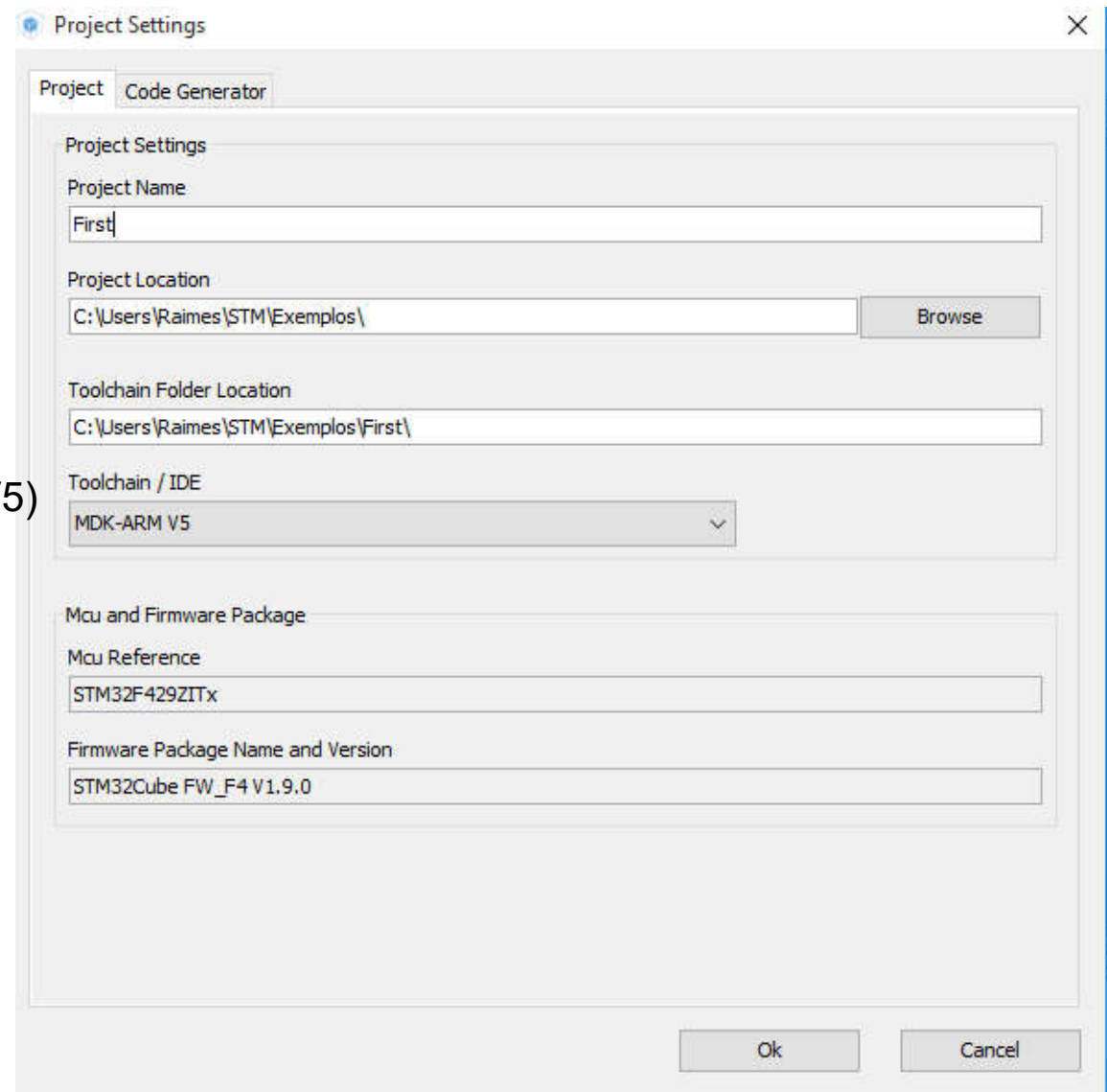
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

9. Forneça dados para geração do código:

- Menu -> Project -> Project Settings
- Digite *Project name*
- Digite *Project location*
- Escolha *toolchain* (MDK-ARM V5)
- Clique em Ok

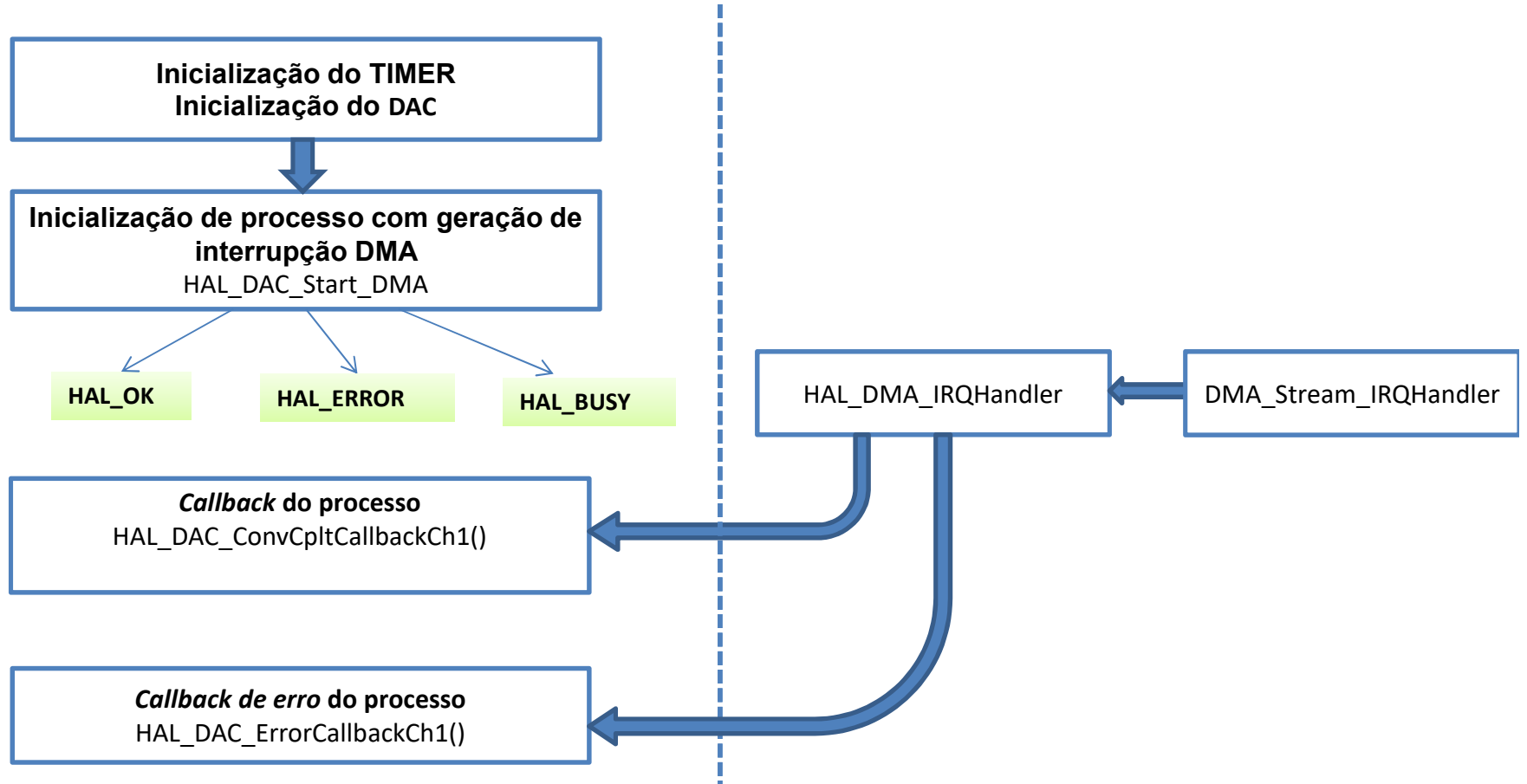
9. Gere template para código:

- Menu -> Project -> Generate Code
- *Open Project*



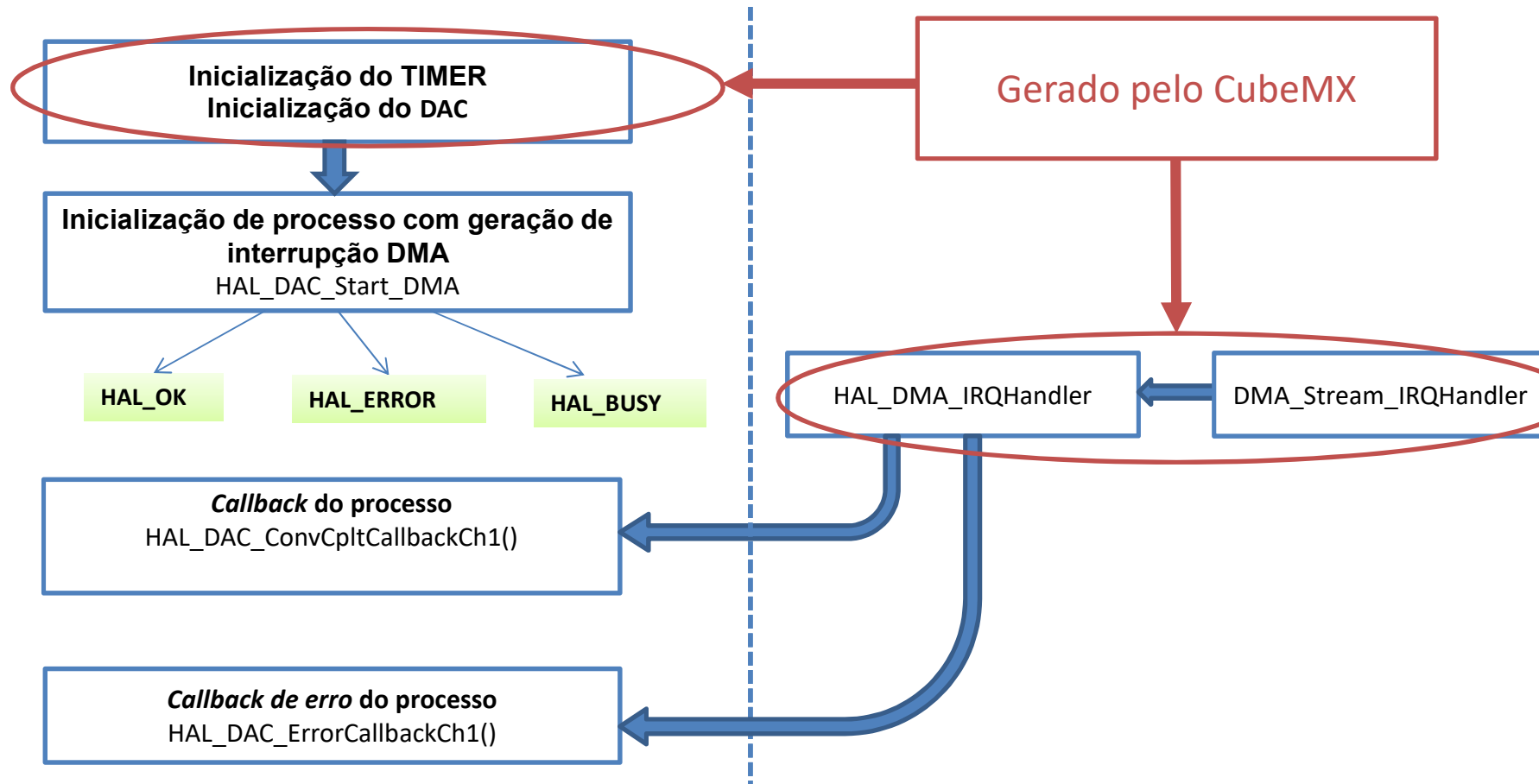
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



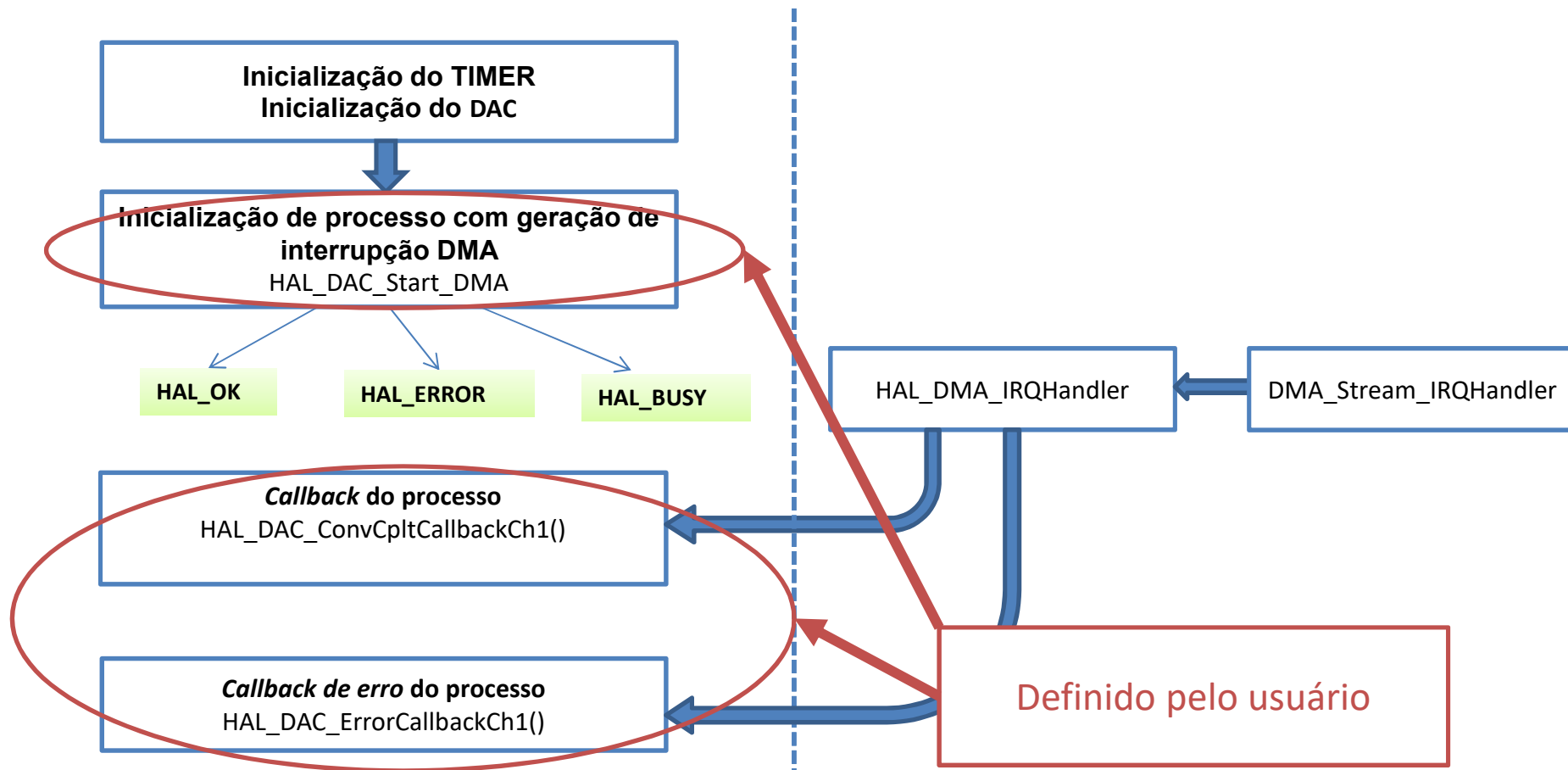
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



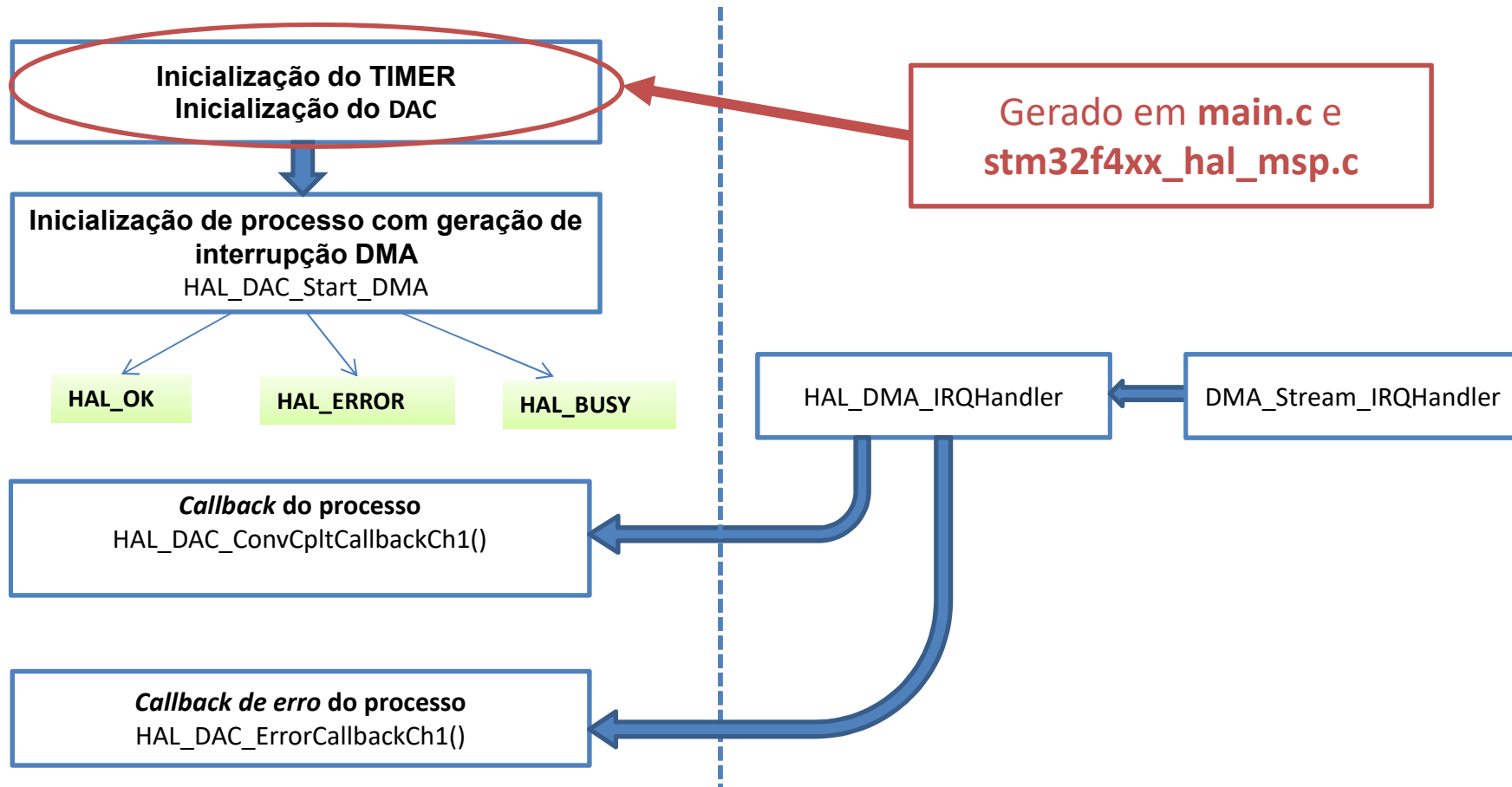
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



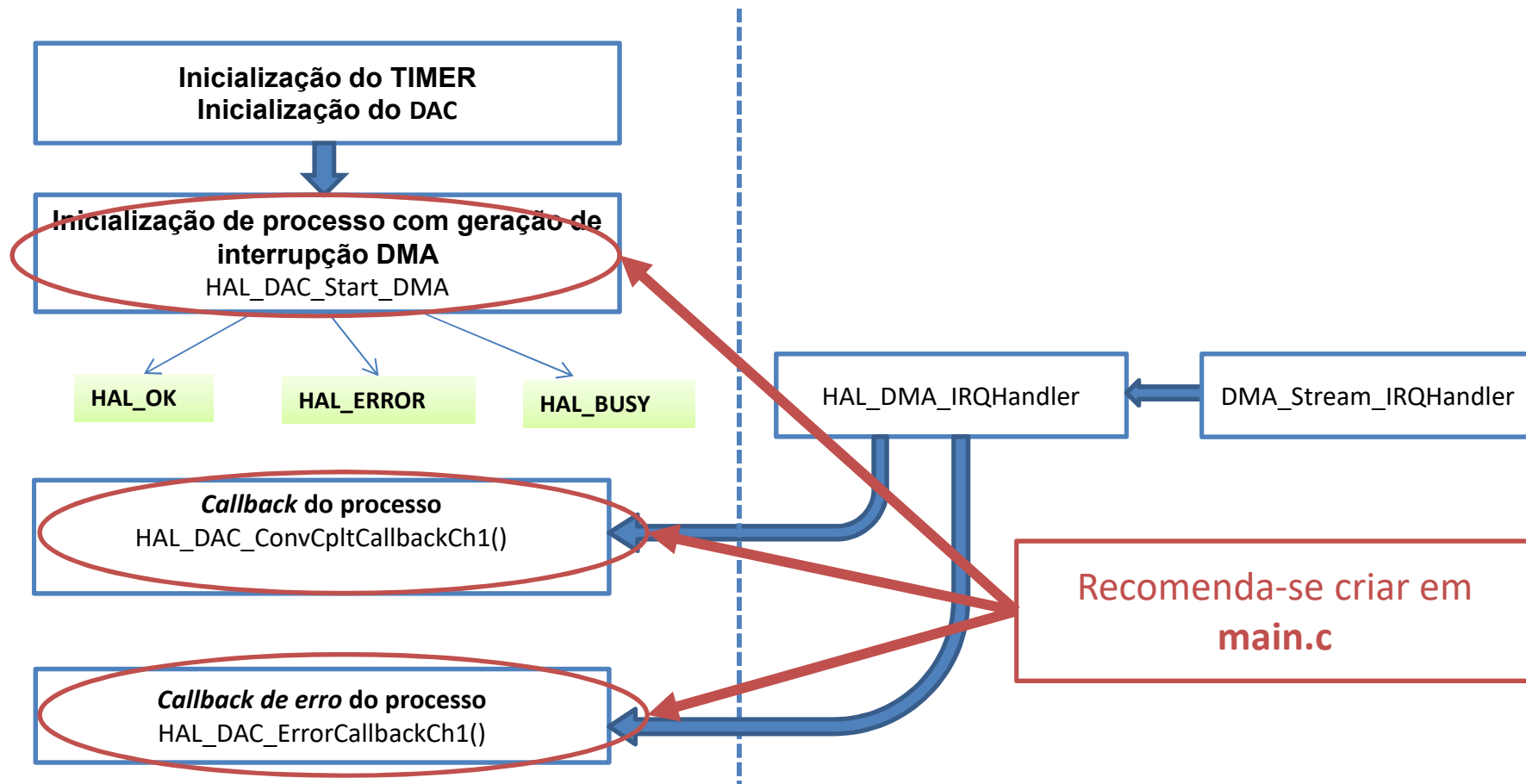
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



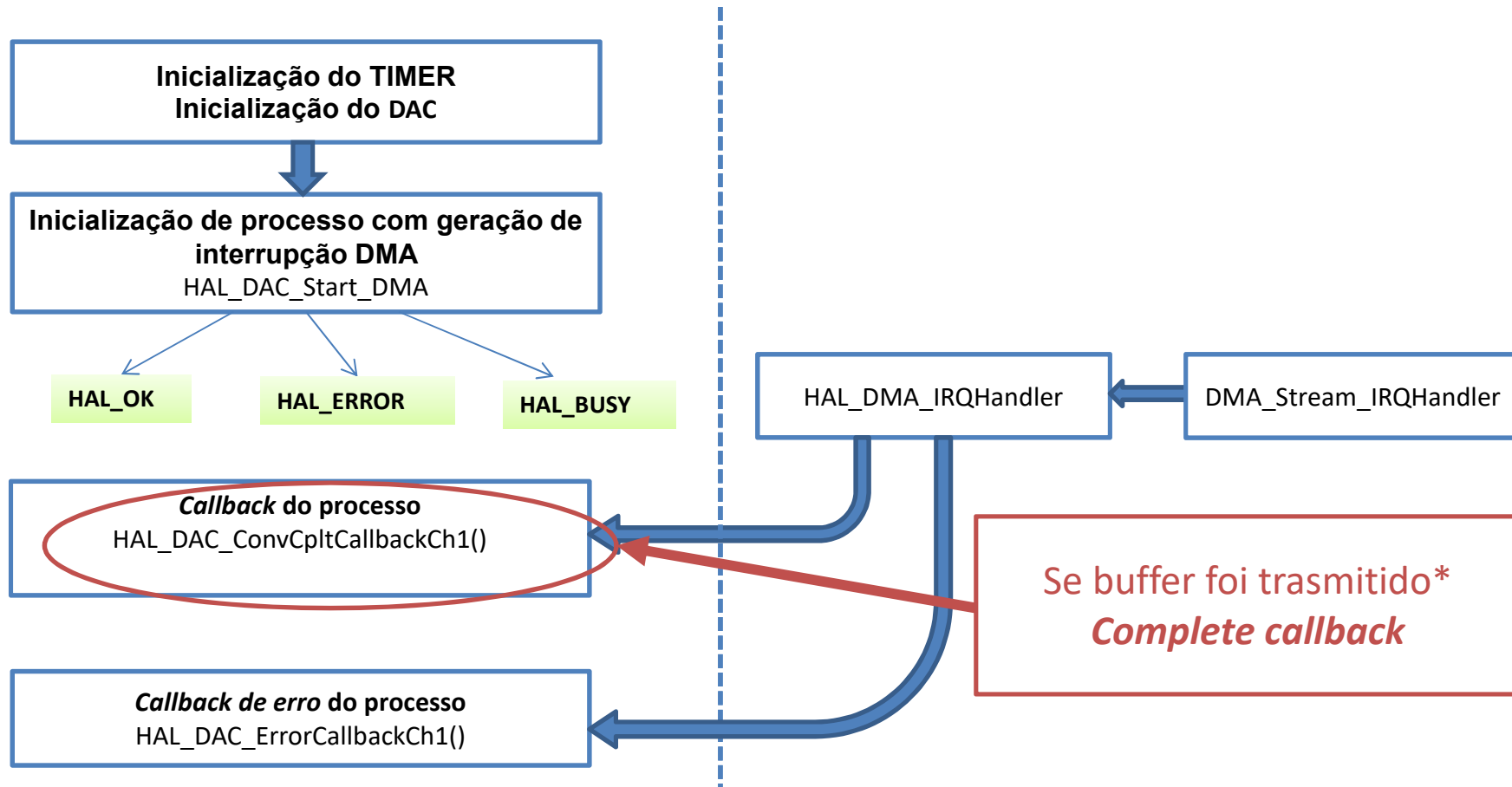
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

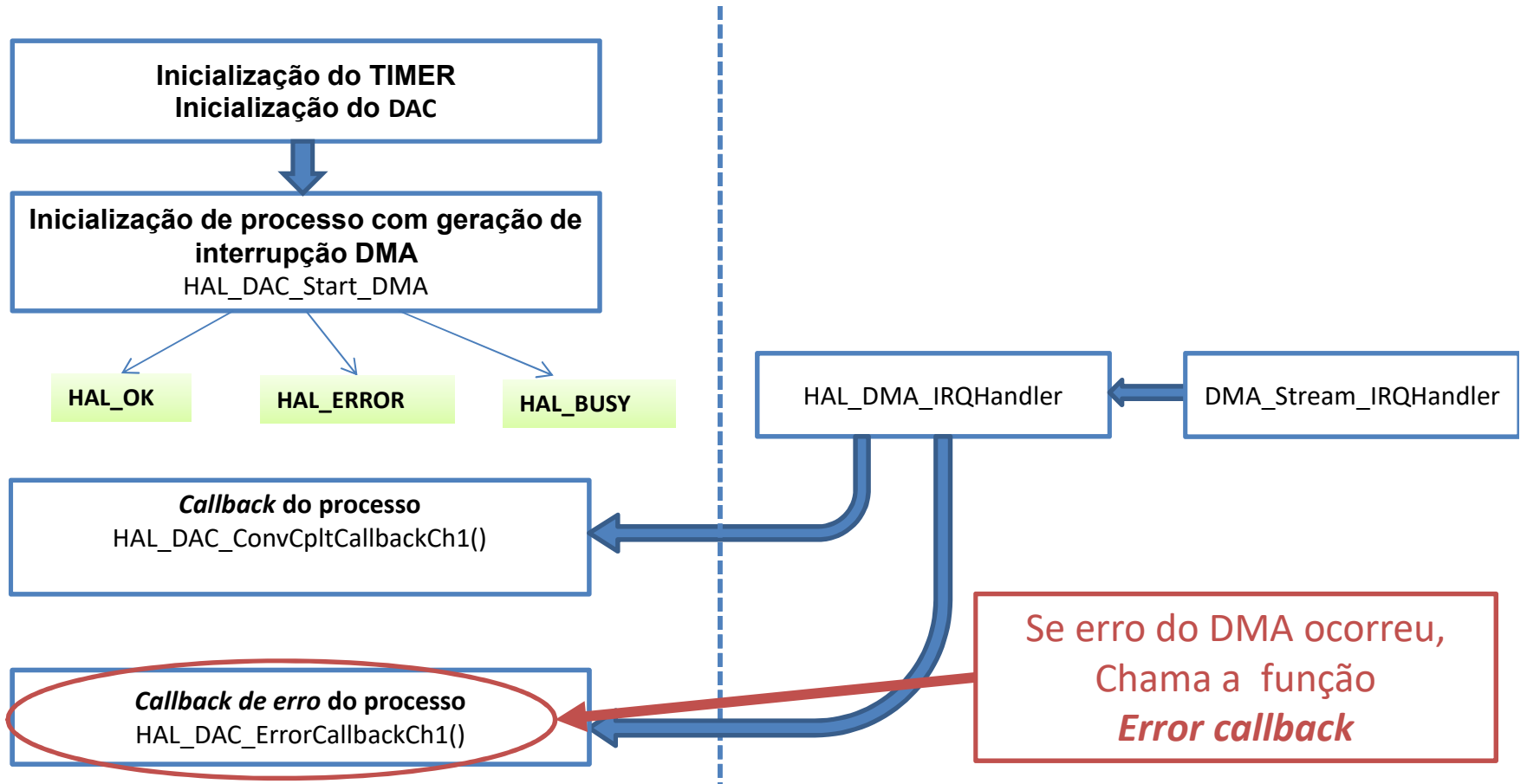
HAL Library DAC COM DMA Ch1



***OBS:** Não utilizado, pois foi selecionado modo circular

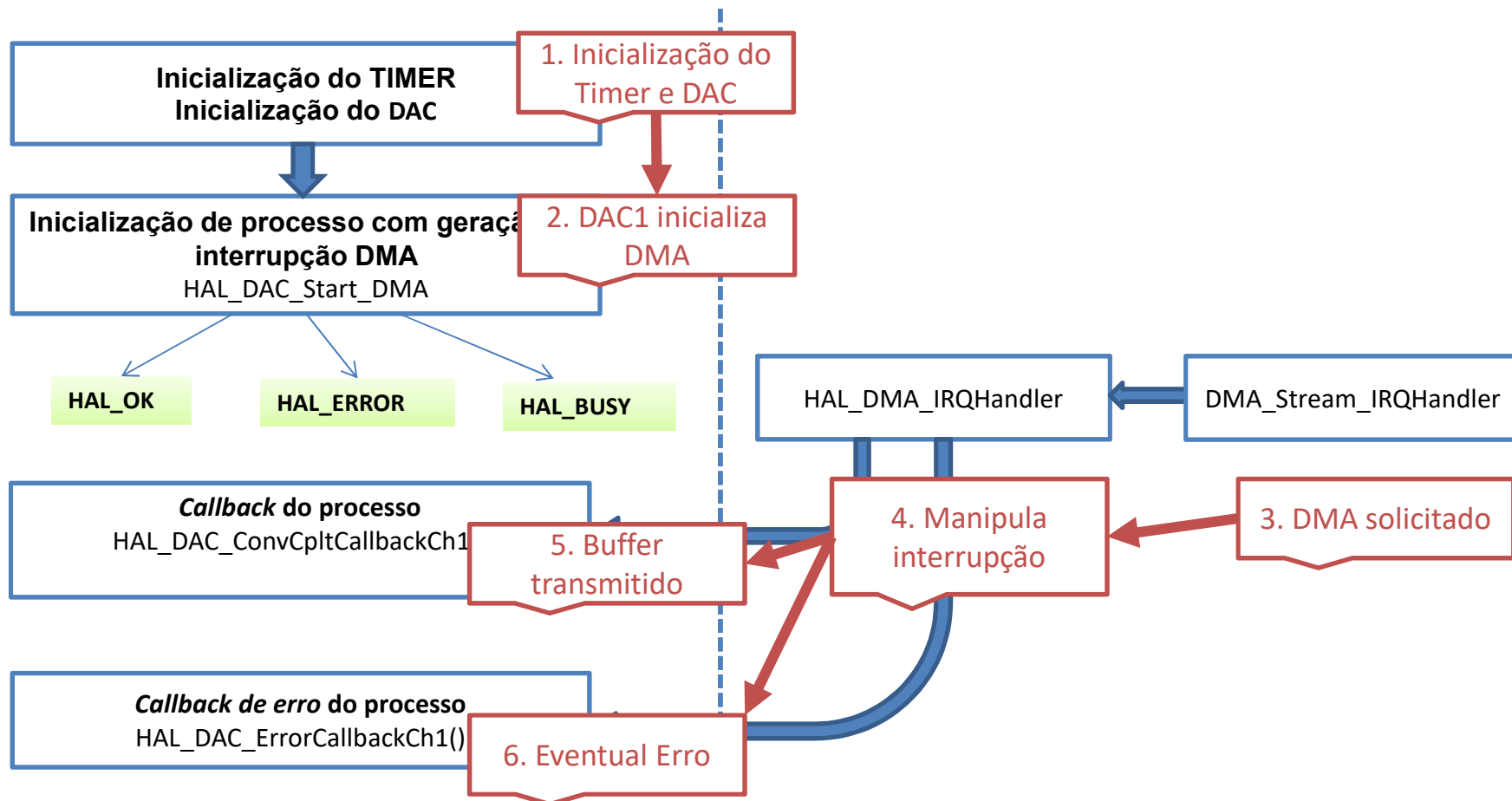
Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



Exemplo 9 - Configurar DAC com DMA

HAL Library DAC COM DMA Ch1



Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

10. Abra o projeto no Keil

11. Deve-se inserir funções para configurar periféricos em **main.c** (em **Application User**) entre os rótulos */* USER CODE BEGIN 2 */* e */* USER CODE END 2 */*

- Utilize as funções:

```
HAL_TIM_Base_Start(&htim6);           // inicia timer
HAL_DAC_Start(&hdac,DAC_CHANNEL_1);    // inicia DAC
HAL_DAC_Start_DMA(&hdac, DAC_CHANNEL_1, (uint32_t*)ecg_samples,
170, DAC_ALIGN_12B_R); // Passa endereço do vetor de dados para o DMA
```

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

O código deve ficar como abaixo:

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
```

```
HAL_TIM_Base_Start(&htim6);           // inicia timer  
HAL_DAC_Start(&hdac,DAC_CHANNEL_1);    // inicia DAC  
HAL_DAC_Start_DMA(&hdac, DAC_CHANNEL_1, (uint32_t*)ecg_samples,  
170, DAC_ALIGN_12B_R); // Passa endereço do vetor de dados para o DMA
```

```
/* USER CODE END 2 */
```

Exemplo 8 - Configurar DAC com DMA

12. Copie para o Keil (entre `/* USER CODE BEGIN PV */` e `/* USER CODE END PV */`) o vetor de dados a ser enviado para o DAC:

```
/* USER CODE BEGIN PV */
/* Private variables -----
-----*/
uint16_t  ecg_samples[170] =
{310,310,350,390,410,390,370,390,430,430,410,410,430,390,370,390,390,
370,330,320,300,300,300,300,300,300,300,300,300,320,300,300,300,300,280,3
00,380,600,970,1550,2270,
        /*Ponto da onda R-*/
2550,2200,1400,620,70,50,00,90,270,390,370,370,370,350,370,370,370,37
0,390,390,390,410,410,410,410,430,430,450,450,450,450,450,470,490,490
,490,490,490,490,510,510,530,550,530,550,570,570,590,590,590,610,610,
630,630,630,650,640,660,660,660,660,660,660,660,660,640,620,600,5
80,540,480,460,440,430,410,370,350,350,330,330,330,310,310,310,310,33
0,330,330,330,340,360,360,360,360,360,360,360,360,380,360,360,360,380
,360,360,360,360,360,340,340,340,340,340,350,330,350,350,330,330,
330,330,330,330,330,310,310,310,330,310};
/* USER CODE END PV */
```

Exemplo 8 - Configurar **DAC** com **DMA**

Para visualizar a forma de onda, será necessário conectar osciloscópio ao pino PA4.

Como nem sempre se tem tal equipamento, o próximo laboratório mostra como utilizar o conversor ADC e ferramenta de software da ST para visualizar a forma de onda gerada.