

# **ELECTRÓNICA GERAL**

**2º TRABALHO DE LABORATÓRIO**

## **CONVERSOR DIGITAL ANALÓGICO**

**1º SEMESTRE 2020/2021**

**PEDRO VITOR E JOSÉ GERALD**

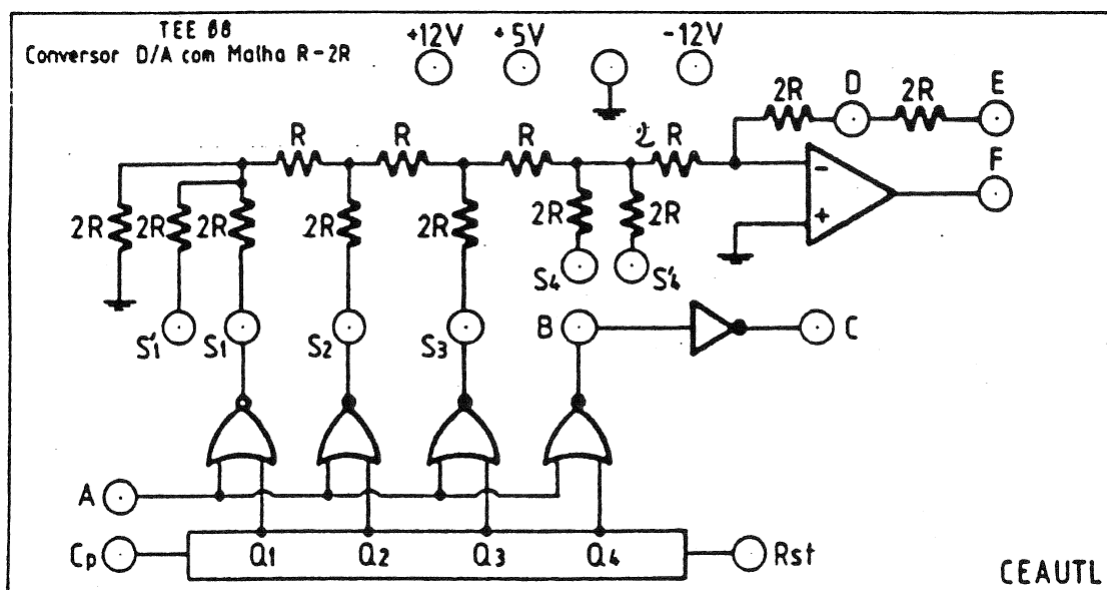
*JULHO 2020*

## 1. Objectivos

Pretende-se neste trabalho proceder ao estudo de um conversor Digital-Analógico do tipo R-2R. Todas as medições e comentários devem ser registados no guia de trabalho.

## 2. Equipamento para Ensaio Laboratorial

- (i) Base de experimentação TEE
- (ii) Módulo experimental TEE-08
- (iii) Osciloscópio digital de 4 canais
- (iv) Gerador de funções



Contador = 4520      AMPOP = 741      Portas NOR = 4001      R=12K $\Omega$   
Inversor = Porta NOR 4001 com entradas em curto-circuito

## 3. Procedimento Experimental

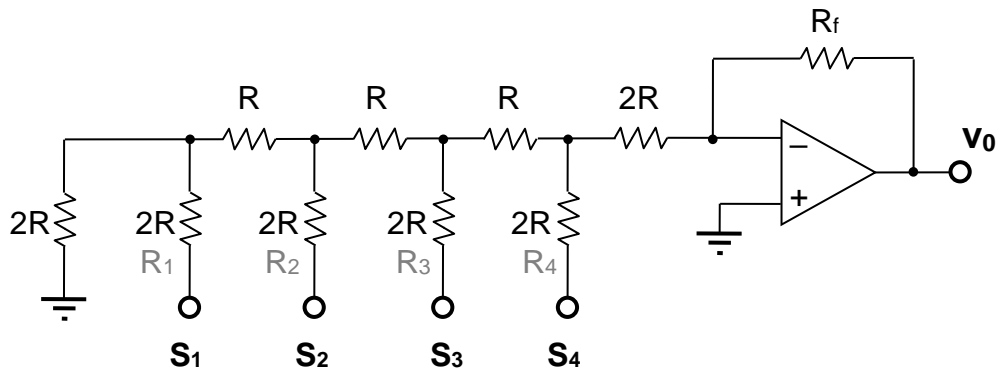
A montagem dos circuitos para ensaio é feita no módulo experimental por meio dos cabos apropriados de ligação que são fornecidos com a base de experimentação. A

alimentação dos circuitos em ensaio é feita directamente através da base de experimentação que fornece tensões DC de +12V, +5V, 0V ("ground") e -12V. A entrada de sinais para alimentação do circuito, bem como a saída de sinais para observação e medida, é feita através dos micro-alvéolos no painel frontal que, por sua vez, se encontram ordenadamente ligados ao painel posterior da base de experimentação.

## 4. Estudo funcional do conversor D/A

### 4.1. Análise teórica

**4.1.1** Considerando o circuito da figura em que  $S_i = b_i V_{REF}$  onde  $b_i$  representa o bit de ordem  $i$  e  $V_{REF}$  uma tensão de referência que no caso  $V_{REF} = 5V$ , determine o valor de  $v_0$  em função de  $S_1 S_2 S_3 S_4$  e de  $b_1 b_2 b_3 b_4$ . Considere duas possibilidades:  $R_f = 2R$  e  $R_f = 4R$



**Figura 1: Esquema do circuito DAC a testar.**

### 4.2. Montagem

Pretende-se que as entradas ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ) do DAC sejam fornecidas directamente pelas saídas das quatro gates NOR, sendo para tal necessário ligar o ponto B a  $S_4$ . Os pontos Rst e A devem ser ligados à massa para o contador poder contar e essa contagem poder ser transferida para o conversor D/A.

O valor de  $R_f$  (resistência de realimentação) poderá ser 2R ou 4R consoante se ligar o ponto D ou E à saída do Amplificador Operacional F.

Em resumo deverão ser realizadas as seguintes ligações:

$A \leftrightarrow R_{st} \leftrightarrow \text{Ground}$

$B \leftrightarrow S_4$

$$\begin{cases} D \leftrightarrow F \Rightarrow R_f = 2R \\ E \leftrightarrow F \Rightarrow R_f = 4R \end{cases}$$

### 4.3. Procedimento Experimental

4.3.1 Aplique uma onda quadrada positiva entre 0 e 5V, com frequência de 100 kHz, no ponto Cp (*clock*) do Contador.

4.3.2 Com este sinal de *clock* preencha a tabela seguinte para os 2 valores de  $R_f$  possíveis ( $R_f = 2R$  e  $R_f = 4R$ ).

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$V_0$ ( $R_f = 2R$ )	$V_0$ ( $R_f = 4R$ )

4.3.3 Utilizando o osciloscópio represente a forma da onda observada na saída do circuito ( $V_0$  no ponto F), em conjunto com o sinal de *clock* (Cp), considerando o valor de 2R e de 4R.

4.3.4 Comente a variação da diferença de tensão de saída observada entre dois níveis consecutivos, para os dois valores de  $R_f$  considerados.

## 5. Influência das resistências de entrada

### 5.1. Análise teórica

5.1.1 O valor nominal das resistências  $R_1$  a  $R_4$  é  $2R$ . Determine a influência da variação das resistências  $R_1$  a  $R_4$  nas características do conversor, considerando que varia uma resistência de cada vez.

5.1.2 Calcule as alterações das características de conversão do circuito nas seguintes situações particulares:

- a)  $R_1=R$  (em vez de  $2R$ )
- b)  $R_2=R$  (em vez de  $2R$ )
- c)  $R_3=R$  (em vez de  $2R$ )
- d)  $R_4=R$  (em vez de  $2R$ )

### 5.2. Montagem

5.2.1 Ainda com o ponto B ligado a  $S_4$  e os pontos Rst e A à massa, e com  $R_f=4R$ , pretende-se observar o efeito das alterações das resistências de entrada.

Em resumo deverão ser realizadas as seguintes ligações:

$A \leftrightarrow Rst \leftrightarrow \textit{Ground}$

$B \leftrightarrow S_4$

$E \leftrightarrow F \Rightarrow R_f=4R$

### 5.3. Procedimento experimental

5.3.1 Aplique de novo no ponto Cp (clock) do contador a onda quadrada de frequência 100kHz e amplitude 5V, que utilizou atrás. Observe e registe a forma de onda da tensão de saída ( $V_0$  no ponto F), em conjunto com o sinal de clock (Cp), nas seguintes situações:

$$\text{a) } R_1=R \quad S'_1 \leftrightarrow S_1$$

$$\text{b) } R_4=R \quad S'_4 \leftrightarrow S_4 \quad (\text{voltando a desligar } S'_1 \text{ de } S_1)$$

5.3.2 Comente os resultados observados no que se refere à monotonicidade do conversor.

## 6. Tempo de estabelecimento

### 6.1. Análise teórica

6.1.1 Considerando que o tempo de estabelecimento está relacionado com o “slew rate” do AMPOP e que para o circuito 741 o valor típico  $SR=0.5\text{V}/\mu\text{s}$ , estime o valor do tempo de estabelecimento para  $R_f=2R$  e assumindo que a saída tem a sua maior variação, correspondente à variação de  $0 \rightarrow 1$  ( $S_1S_2S_3S_4=0000$  para  $S_1S_2S_3S_4=1111$ ) ou à variação de  $1 \rightarrow 0$  ( $S_1S_2S_3S_4=1111$  para  $S_1S_2S_3S_4=0000$ ).

### 6.1. Montagem

6.1.1 Com o ponto B ligado a S4 e  $R_f=2R$ , ligue o reset do contador (Rst) ao estado lógico “1” (5V). Deverão estar desligados  $S'_1$  de  $S_1$  e  $S'_4$  de  $S_4$ . O contador ficará em estado reset com todas as saídas a zero ( $Q_1Q_2Q_3Q_4=0000$ ), e os bits de entrada do conversor valem:

$$\begin{cases} S_1S_2S_3S_4 = 1111 & \text{para } A = 0 \\ S_1S_2S_3S_4 = 0000 & \text{para } A = 1 \end{cases}$$

Em resumo deverão ser realizadas as seguintes ligações:

$R_{st} \leftrightarrow 5V$

$B \leftrightarrow S_4$

$D \leftrightarrow F \Rightarrow R_f = 2R$

$C_p$  pode ficar desligado

## 6.2. Procedimento experimental

**6.2.1** Aplique no ponto A uma onda quadrada de frequência 100kHz e amplitude 5V. Observe e registe a forma de onda da tensão de saída do conversor, em conjunto com o sinal aplicado a A.

**6.2.2** Com base na observação determine o tempo de estabelecimento (“*settling time*”) do conversor ( $t_s$ ).

## 7. Picos de tensão nas transições entre estados

### 7.1. Montagem

**7.1.1** Ligue o inversor à saída B do quarto NOR juntando o ponto C a  $S_4$  e tome  $R_f = 2R$ . O contador ficará em estado *reset* com todas as saídas a zero ( $Q_1Q_2Q_3Q_4 = 0000$ ). Os bits de entrada do conversor valem:

$$\begin{cases} S_1S_2S_3S_4 = 1110 & \text{para } A = 0 \\ S_1S_2S_3S_4 = 0001 & \text{para } A = 1 \end{cases}$$

Em resumo deverão ser realizadas as seguintes ligações:

$R_{st} \leftrightarrow 5V$

Desligando B de  $S_4$

$$C \leftrightarrow S_4$$

$$D \leftrightarrow F \Rightarrow R_F = 2R$$

Cp pode ficar desligado

## 7.2. Procedimento experimental

7.2.1 Aplique novamente no ponto A uma onda quadrada de frequência 100kHz e amplitude 5V. Observe e registre a forma de onda da tensão de saída do conversor, em conjunto com o sinal aplicado a A.

7.2.2 Constate e registre a existência de picos de tensão espúrios ("*glitches*") nas transições entre os estados 0001→1110. Comente os resultados observados.

## 8. Relatório

O relatório deve obrigatoriamente respeitar a seguinte sequência de capítulos/secções:

- Estudo funcional do conversor D/A
  - Análise teórica
  - Trabalho experimental
  - Comparação de resultados
- Influência das resistências de entrada
  - Análise teórica
  - Trabalho experimental
  - Comparação de resultados
- Tempo de estabelecimento
  - Análise teórica
  - Trabalho experimental
  - Análise de resultados
- Picos de tensão nas transições entre estados
  - Trabalho experimental
  - Análise de resultados
- Conclusões