



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

# Electrónica Digital

Eng.º Albino B Cuinhane

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

1

## AULA TEÓRICA 7 SUMÁRIO

### Capítulo 7 Acondicionadores de Sinais

- 7.1. Multivibradores
  - 7.1.1 Monoestável
  - 7.1.2 Circuito NE555
- 7.2. Mostradores
  - 7.2.1. Mostrador de 7 Segmentos
  - 7.2.2. Mostrador de Matriz de pontos
- 7.3. Conversores
  - 7.3.1. Conversor A/D
  - 7.3.2. Conversor D/A

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

2

## Capítulo 7 Acondicionadores de Sinais

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

3

## 7.1 Multivibradores

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

4

### 7.1 Multivibradores

#### 7.1.1. Monoestável

Os circuitos sequenciais necessitam de temporização. O primeiro dispositivo usado para a temporização é o monoestável.

Monoestável é um dispositivo que é estável num estado, Low ou High. O dispositivo pode ser levado ao estado instável mas durará nele um tempo determinado por componentes externos.

A construção do monoestável pode ser conseguida de dois modos principais: Com portas lógicas elementares ou com latch SR

#### a) Construção Com portas elementares

O objectivo principal na construção do monoestável é criar um estado em que o circuito permanece estável. O circuito a seguir realiza essa intenção:

ABC

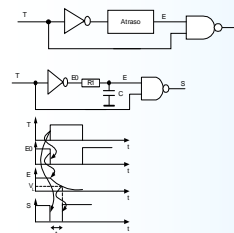
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

5

### 7.1 Multivibradores

#### 7.1.1. Monoestável – Construção com portas elementares

Suponha que T esteve sempre em 0. Então E esteve também em 1 e S em 1. Quando o sinal T passa para 1 a saída S passa para 0. No entanto passado algum tempo, ditado pelo elemento de atraso, o sinal E passa a 0 e S volta ao nível lógico 1.



A realização prática do elemento de atraso é com base num circuito RC, em que um condensador C é carregado/descarregado através dum resistor R. Ao fim dum tempo determinado pela constante de carga, o condensador adquire um nível de tensão que é identificado como 1 ou 0.

ABC

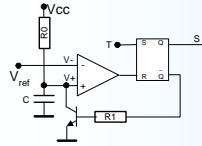
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

6

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.1. Monoestável

#### b) Construção Com latch



No estado inicial  $Q=0$  e logo  $\sim Q=1$ . Isto satura o transistor que leva o condensador C a descarregar através dele. Nestas condições  $V_+ < V_-$  donde resulta que  $R=0$ .

Quando T passa para o nível 1 Q passa também para o nível 1. O resistor R1 passa a receber tensão nula e o transistor entra na região de corte. Particular atenção de que o T deve ser devolvido para o nível 0 alguns instantes depois de ter excitado o latch.

Como a entrada do AOI tem uma elevada resistência de entrada, o condensador C não tem por onde descarregar. Inicia portanto o seu processo de carga.

ABC

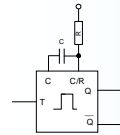
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

7

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.1. Monoestável – Construção Latch

No entanto quando a carga de C ultrapassa o nível de tensão de referência colocada em  $V_-$ , O AOI muda do estado de saída para 1. Esta acção zera Q e volta a saturar o transistor que de novo descarrega C.

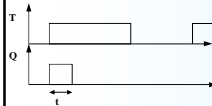


A figura a seguir mostra uma representação dum monoestável. A entrada T quando activada provoca uma mudança de estado da saída Q.

O circuito é construído de tal modo que quando o sinal em T for igual a 1 a saída Q passa o nível 1 durante um período

$$t = XRC \quad (7.1)$$

onde R é o valor da resistência R em  $\Omega$ , C é o valor da capacidade C em F e X é uma constante.



ABC

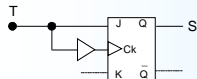
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

8

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.1. Monoestável- Construção com Latch

Se trocarmos o latch SR por um flip-flop JK como mostra a figura ao lado, teremos um monoestável sensível a flancos. O objectivo da porta identidade colocada antes do Ck é para atrasar ligeiramente a chegada do sinal T em Ck, permitindo assim que fique estável na entrada J.



ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

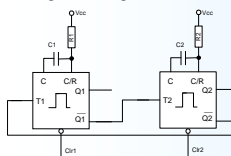
9

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.1. Monoestável - Aplicações

Uma das aplicações do monoestável é criar um sinal de espera que fica activo por um período determinado pela fórmula 7.1.

Explorando esta funcionalidade, encontramos uma segunda aplicação que é a da construção de osciladores. O circuito para o efeito é exibido na figura a seguir



Ao ligar a fonte de alimentação um dos monoestáveis pode calhar no nível 1 em Q. Suponhamos que seja  $Q_1$ . Nessa condição a saída complementar estará em 0. Como a saída  $Q_1$  não é estável em 1, regressará ao nível 0 passado o tempo  $t_1 = XC_1R_1$  o que leva a saída complementar a ir para o nível 1.

Isto excita a entrada T2 do 2º monoestável e  $Q_2$  vai para o nível 1 pelo período  $t_2 = XC_2R_2$ . Quando regressa ao nível 0 o seu complementar vai a 1 excitando  $T_1$  do 1º monostável e o ciclo repete-se

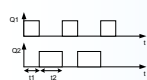
ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

10

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.1. Monoestável - Aplicações



Deste modo criamos um oscilador de onda rectangular com período

$$T = t_1 + t_2$$

Se observamos a saída do oscilador pelo terminal  $S_2$ , o sinal tem um duty cycle dado por:

$$Dc = t_2 / (t_1 + t_2) \quad (7.2)$$

Duty cycle representa a porção de tempo em que o sinal está no nível alto, durante o período todo.

A frequência do sinal gerado é dada por:

$$f = 1 / (t_1 + t_2) \quad (7.3)$$

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

11

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.2. Circuito NE555

Multivibrador 555 é outro circuito temporizador muito utilizado em sistemas digitais, e não só. É um circuito integrado gerador de onda rectangular com frequência controlada por elementos externos. O esquema desse circuito é mostrado na figura a seguir:

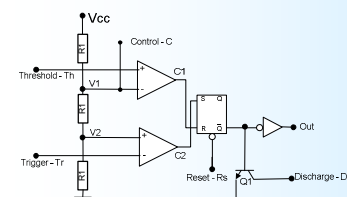
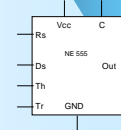


Fig. 7. Multivibrador NE 555

a) Circuito eléctrico

b) símbolo



ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

12

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.2. Circuito NE555

Para simplificar análise faz-se com que todas as resistências de entrada seja iguais. Assim  $V_1 = 2 \cdot V_{cc}/3$  e  $V_2 = V_{cc}/3$ .

Aplicando o nível 0 no terminal Tr o comparador C2 passa para 1, em virtude de o sinal na entrada (-) ser inferior a  $V_2$  e Q passa para 1. A saída passa para 1 também.

Retornando Tr ao nível 1 a saída Q permanece em 1. Para retorna-la a 0 será necessário injectar o sinal 1 em Th ou 0 em Reset.

O Circuito NE555 pode ser montado com elementos externos (Veja Figura seguinte) para funcionar de modo astável, isto é, de maneira que sozinho alterne a colocação dos níveis 1 e 0 em S e R.

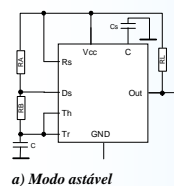
ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

13

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.2. Circuito NE555



a) Modo astável

Ao ligar a fonte de alimentação temos  $Tr=Th=0$  o que faz  $C2=S=1$ . Assim  $Q=Out=1$ . O condensador carrega e quando está no nível entre  $V_2$  e  $V_1$  tanto S como R são iguais a 0. Q mantém o estado e o transistor está em corte e o condensador continua a carregar.

Quando a tensão no condensador ultrapassar  $V_1$ , C1 passa para 1 e limpa o latch. Nisto a saída  $\sim Q$  satura o transistor que permite a descarga de C através dele e do RB.

A tensão em C vai descendo até que seja inferior a  $V_1$  e de novo  $S=R=0$ . Q continua igual a 0 e C continua a descarregar. Quando a tensão em C for inferior a  $V_2$ , então C2 passa a 1 e faz Set do latch. Nisto o transistor vai ao corte e o processo de carga recomeça.

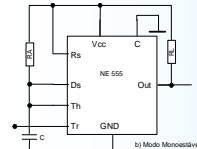
ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

14

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.2. Circuito NE555



b) Modo Monoestável

No modo monoestável ao ligarmos a fonte, Th vai subir até que Q1 curto-circuite C que baixa o seu nível de tensão até tornar  $C1=0$ .

Mudando Tr para 0, S muda para 1 e  $\sim Q$  muda para 0, e Q1 entra em corte permitindo que C carregue. Mas isso vai durar enquanto a tensão em C não exceder  $V_1$ .

No modo astável o condensador C carrega através de  $R_A$  e  $R_B$  juntos no entanto descarrega através de  $R_B$ .

O tempo de carga é dado por:

$$t_H = 0.63(R_A + R_B)C \quad (7.4)$$

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

15

## 7.1 Multivibradores

### 7.1.2. Circuito NE555

O tempo de descarga é dado por:

$$t_L = 0.63R_B C \quad (7.5)$$

O período da oscilação é dado por

$$T = t_H + t_L = 0.63(R_A + 2R_B)C \quad (7.6)$$

Donde resulta em

$$f = 1.44 / (R_A + 2R_B)C \quad (7.7)$$

Na montagem para o modo monoestável o tempo de permanência no nível instável do sinal de saída é dada por:

$$t_H = 1.1R_A C \quad (7.8)$$

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

16

## 7.2 Mostradores Digitais

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

17

## 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

Mostrador é um dispositivo para apresentação de informação de forma visual ou tátil. Eles apresentam a informação recebida na forma fonte e se esta for eléctrica, então o mostrador chama-se mostrador electrónico

O mostrador electrónico mais simples é o de 7 segmentos com os quais é possível apresentar todos os coeficientes do sistema de numeração decimal e hexadecimal.

A figura ao lado mostra uma das múltiplas aplicações dos mostradores de 7 segmentos: relógios digitais



Fig. 7.10

O mostrador é composto por 7 segmentos luminosos ou não, colocados por forma que diferentes combinações da sua exibição representa os diferentes coeficientes do sistema de numeração hexadecimal

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

18

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

Os mostradores luminosos usam diodos emissores de luz de forma rectangular dispostos como se indica na figura a seguir:

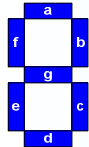


Fig. 7.11

O diodo emissor de luz, conhecido por LED – Light Emitting Diode (do inglês) tem a característica de que quando polarizado directamente, e depois de ultrapassar a barreira de potencial, a passagem de corrente pela junção pn provoca a emissão de luz na faixa do espectro visível

Fazendo uso dessa propriedade pode-se polarizar directamente os 7 diodos em momentos devidamente escolhidos de modo a configurar os coeficientes hexadecimais.

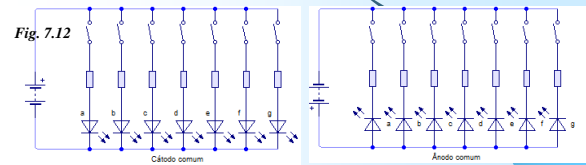
ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

19

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

Para simplificar o projecto dos circuitos que controlam o mostrador, os diodos podem ter os cátodos ligados a uma linha comum, bem como pode ser pelos ânodos, como se mostra nas figuras aqui



Na configuração em Cátodo comum, quando a chave fecha, liga o potencial mais alto ao pino livre do diodo. Isto polariza o diodo directamente fazendo-o iluminar.

O resistor colocado é para proteger o diodo em série uma vez que este não deve ser sujeito a tensões acima de 1.6V

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

20

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

Da Fig. 7.12 vemos que o mostrador em cátodo comum tem os 7 segmentos activos em High. Já o outros te-los-á activos em Low.

Agora que temos tudo sobre a parte luminosa, resta encontrar uma forma de controlar as chaves para que seja apresentada a informação desejada. Supondo que pretendemos apresentar o número 2. Partindo da Fig. 7. 11 vemos que devemos fechar as chaves para todos os LED excepto para c e f

Para controlar os LED substitui-se as chaves mecânica por electrónicas. E isto é feito pela construção do decodificador que irá converter o código pelo qual vem a informação num código visual de 7 segmentos

O decodificador mais comum é o conversor BCD-para-7 segmentos que passamos a projectar nas páginas seguintes:

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

21

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

#### 1. Determinação das variáveis de entrada e de saída:

O código BCD comporta 4 bits que se combinam de certa forma para representar os 16 coeficientes hexadecimais (que envolvem já os decimais). Então, teremos 4 variáveis de entrada no decodificador: X, Y, W, Z;

Para cada combinação XYZ os LED respondem com a sua combinação. Disto depende-se que cada um dos LED é função das 4 variáveis de entrada. Então temos 7 variáveis de saída: a,b,c,d,e,f,g

#### 2. Divisão do problema

Uma vez que temos 7 saídas independentes, dividiremos o problema em 7 sub-problemas, ou seja, como construir a, b, ..., g.

Mas por uma questão de simplicidade, vamos resolvê-los em conjunto em cada passo do projecto

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

22

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

#### 3. Tabelas de verdade

A cada variável de saída construímos uma tabela de verdade que nos revela quando em que ela é activa quando as variáveis de saída se combinam.

#### NOTAS:

A. SERÁ FEITO O DECODIFICADOR APENAS PARA O SISTEMA DECIMAL

B. AS COMBINAÇÕES DE 10 EM DIANTE FICAM X NA SAÍDA, SE TIVERMOS A CERTEZA DE QUE O DECODIFICADOR NÃO IRÁ RECEBÊ-LOS

XYZ	a	b	c	d	e	f	g
0000	1	1	1	1	1	1	0
0001	0	1	1	0	0	0	0
0010	1	1	0	1	1	0	1
0011	1	1	1	1	0	0	1
0100	0	1	1	0	0	1	1
0101	1	0	1	1	0	1	1
0110	1	0	1	1	1	1	1
0111	1	1	1	0	0	0	0
1000	1	1	1	1	1	1	1
1001	1	1	1	1	0	1	1
1010	X	X	X	X	X	X	X
1011	X	X	X	X	X	X	X
1100	X	X	X	X	X	X	X
1101	X	X	X	X	X	X	X
1110	X	X	X	X	X	X	X
1111	X	X	X	X	X	X	X

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

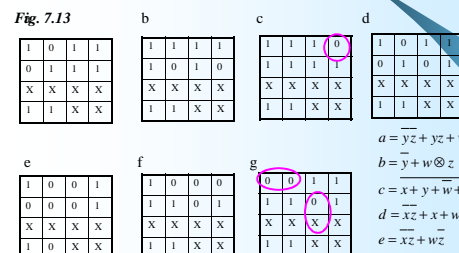
23

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

#### 4. Encontrar as expressões das variáveis de saída

Para tal usamos qualquer método para encontrar as expressões mais simples de cada variável. Usaremos aqui os mapas de V-K

Fig. 7.13



$$a = yz + yz + w + x$$

$$b = y + w \oplus z$$

$$c = x + y + w + z$$

$$d = xz + x + wz + xw + ywz$$

$$e = xz + wz$$

$$f = wz + x + yw + yz$$

$$g = xyw + ywz$$

ABC

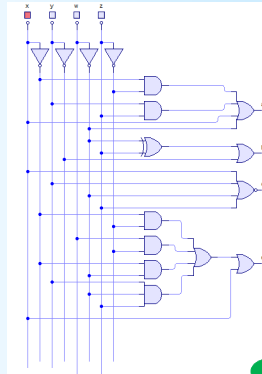
UEM - Digital I

24

### 7.2.1 Mostrador de 7 segmentos

Finalmente o circuito  
(parte do circuito!)  
Bastará ligar cada saída ao  
segmento respectivo

Fig. 7.14. circuito do decoder  
BCD-par-7 segmentos  
(somente a, d, c e d)



ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

25

### 7.2.2 Mostrador de matriz de pontos

Em muitas ocasiões há necessidade de visualizar informação que não apenas numérica. Nestes casos o mostrador de 7 segmentos é pobre e conseguirá apresentar apenas uns poucos caracteres

A solução para apresentar caracteres alfanuméricos é encontrada no mostrador de matriz de pontos. Este contém vários diodos organizados em M fileiras e N colunas e são referenciados como "Matriz MxN".

Os mais populares são do tipo 8x8 ou 7x5. Em qualquer dos casos o princípio de funcionamento é o mesmo.

ABC

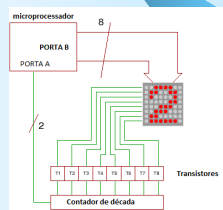
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

26

### 7.2.2 Mostrador de matriz de pontos

Um mostrador 8x8 possui 64 LED. Projectar a função de cada LED em simultâneo implicaria construir 64 funções!

Felizmente a persistência do olho permite multiplexar a activação dos LED por forma que acendam numa fileira de cada vez. As fileiras revezam-se à alta velocidade de modo que o olho não percebe que os LED se apagam. Felizmente o olho retém o ponto luminoso na retina.



ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

27

### 7.2.2 Mostrador de matriz de pontos

O controle dos LED é feito com ajuda dum microprocessador nos seguintes moldes (para mostrar o 2, por exemplo):

1. Num dado momento a porta A activa a linha T1 (Transistor 1) colocando-se em LOW.
2. Enquanto esta linha for activa as saídas 3, 4, 5 e 6 das 8 vão para High e as restantes permanecem em Low.  
Deste modo os LED 3, 4, 5 e 6 da linha 1 acendem
3. A seguir a linha T2 vai para Low.
4. Acto contínuo as saídas 2, 3, 5 e 7 vão para High acendendo os respectivos LEDs da linha 2.

O processo visto atrás se repete até que todas as linhas tenham sido apresentadas. Depois tudo se repete e à alta velocidade dando ao olho a impressão de que os LEDs estão sempre acesos.

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

28

## 7.3 Conversores A/D

### 7.3.1 Conversores A/D

Como na natureza as grandezas físicas são analógicas é sempre necessário converter os sinais para o formato digital, compatível com os sistemas digitais

Há duas formas de realizar a conversão A/D – Analógico para Digital:

- a) Por aproximação sucessiva
- b) Por comparação simultânea

ABC

UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

29

ABC

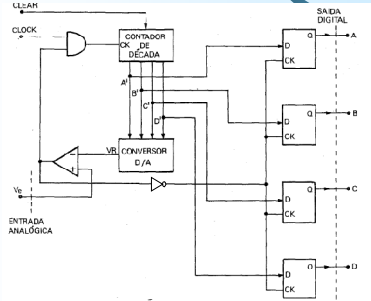
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

30

### 7.3.1 Conversores A/D

#### a) Aproximação sucessiva

O sinal analógico é injectado na entrada positiva dum comparador. O contador governado por um relógio de alta frequência conta de modo crescente



ABC

31  
Digital I, Fev\_Jun/08

### 7.3.1 Conversores A/D

O conversor D/A faz a conversão do sinal digital gerado pelo contador e produz um sinal analógico que é comparado com o sinal à entrada positiva do AOI

Assim que os dois sinais comparados forem iguais, o comparador muda de estado para Low, bloqueando a passagem do sinal de Ck.

O sinal C é usado no controle do conversor para informar que já foi alcançada a amplitude do sinal analógico. A informação é guardada na memória e o contador é inicializado

No final obter-se uma série de valores discretos representativos das amplitudes instantâneas do sinal analógico

ABC

32  
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

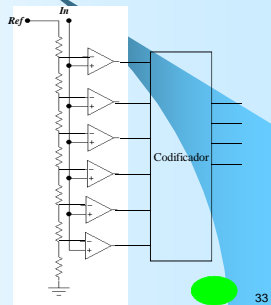
### 7.3.1 Conversores A/D

#### b) Comparação simultânea

O circuito anterior tem a desvantagem da demora na conversão. É necessário esperar um certo tempo até que o contador atinja o valor do sinal analógico

Para contornar este problema usa-se o circuito ao lado. Assim que o sinal analógico é injectado cada comparador detecta se está abaixo ou acima do seu nível de referência

A combinação de todas as saídas é codificada para gerar um sinal discreto representativo do sinal analógico



ABC

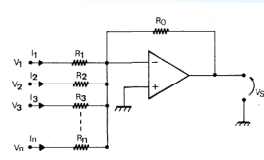
33  
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

### 7.3.2 Conversores D/A

Quando o sinal original é gerado por um sistema digital e deve ser entregue a um sistema analógico, surge a necessidade de efectuar a conversão Digital/Analógico

Há vários circuitos utilizados para esta conversão mas a que mais nos interessa é a que utiliza o AOI como elemento principal

O sinal de saída  $V_s$  é dado pela soma ponderada dos sinais de entrada. Cada uma das tensões à entrada,  $V_i$ , produz na saída uma resposta  $V_{si}$  dada por:



$$V_{si} = -\frac{R_o}{R_i} V_i$$

ABC

34  
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

### 7.3.2 Conversores D/A

O sinal resultante  $V_s$  é obtido por sobreposição de todos os sinais  $V_i$ :

$$V_s = -R_o \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

Reduzamos o circuito a um com 4 entradas nas quais  $R_4=8R$ ,  $R_3=4R$ ,  $R_2=2R$  e  $R_1=R$ . Nestas montagem o valor de  $V_s$  se torna:

$$V_s = -\frac{R_o}{R} \left( \frac{V_1}{1} + \frac{V_2}{2} + \frac{V_3}{4} + \frac{V_4}{8} \right)$$

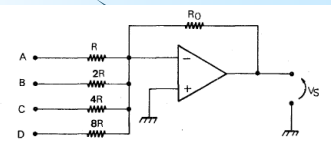
ABC

35  
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08

### 7.3.2 Conversores D/A

Se as tensões  $V_i$  assumem apenas dois valores, 0 ou 1, então a expressão acima pode ser convertida para:

$$V_s = -\frac{R_o}{R} V \left( \frac{A}{1} + \frac{B}{2} + \frac{C}{4} + \frac{D}{8} \right)$$



Na expressão anterior, A, B, C e D podem assumir os dois valores lógicos representando um sinal digital de 4 bits. O factor  $R_o \cdot V/R$  é fixado tendo em conta o passo desejado e o valor máximo a obter.

ABC

36  
UEM - Digital I, Fev\_Jun/08