

## Laboratórios de Telecomunicações – Modulações em Frequência

Índice	
1 Objectivos	1
2 O integrado MC14046	1
3 Experiência prática	2
3.1 Estabelecimento de um regime dinâmico na PLL	2
3.2 Estabelecimento de um novo regime dinâmico na PLL	2
3.3 Desmodulador de FM	3
3.4 Modulador e desmodulador de FM em regime estático	3
3.5 Modulador e desmodulador em regime dinâmico	4
4 Bibliografia de suporte	4
Anexo	4

### 1 Objectivos

Nestas duas aulas laboratoriais, vai-se estudar a modulação em frequência, utilizando-se para tal o integrado MC14046 da Motorola.

Pretende-se que o aluno:

- crie um sinal FM, através da modulação de uma portadora (com forma quadrada) por um sinal na banda de áudio;
- desmodule o sinal FM gerado, recuperando assim o sinal modulador original.

### 2 O integrado MC14046

O MC14046 é uma PLL (*phase locked loop* do inglês, ou malha de captura de fase, em português), que vai ser utilizada na modulação e na desmodulação. Tal como ilustrado na Figura 1, idealmente, a PLL é constituída internamente por um multiplicador analógico (comparador de fase para ondas quadradas), onde uma das suas entradas é a saída de um oscilador controlado por tensão (VCO – *voltage controlled escilator*, do inglês). O filtro passa-baixo é implementado externamente ao MC14046, através de um filtro RC de primeira ordem, tal como ilustrado na Figura 2.

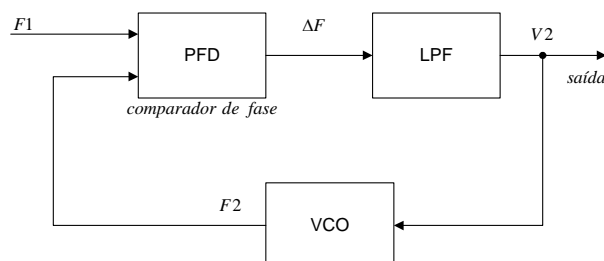


Figura 1 - Constituição interna de uma PLL.

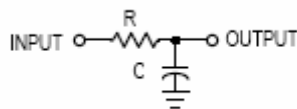


Figura 2 - Filtro RC passa-baixo de primeira ordem.

### 3 Experiência prática

#### 3.1 Estabelecimento de um regime dinâmico na PLL

- Montar o circuito da Figura 3, utilizando os valores de  $92\text{ k}\Omega$  para  $R_1$  e de  $47\text{ k}\Omega$  para  $R_2$ . Alimentar o integrado com  $+5\text{ V}$ .
- Ligar o pino 9 (entrada do VCO) à massa, e registar a partir da observação no osciloscópio do sinal no pino 4 (saída do VCO), a frequência  $F_{\min}$  do sinal de saída nessa situação.
- Ligar o pino 9 nos  $+5\text{ V}$ , registando também o valor de  $F_{\max}$ , correspondente à frequência máxima de saída do VCO.
- Estabelecer a gama dinâmica da PLL, através do cálculo da constante de desvio de frequência (Hz/V) dada por  $\Delta F/\Delta V$ .

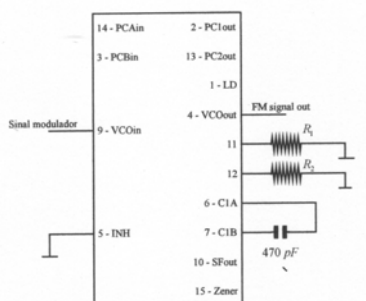


Figura 3 - Cálculo da gama dinâmica do VCO.

Nota: os pinos 16 e 8, apesar de não representados, devem ser ligados a  $V_{CC}$  e à massa, respectivamente.

- Comparar os valores  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$ , obtidos da leitura no osciloscópio, com os valores teóricos que se obteriam (consultar a folha de características do integrado).

#### 3.2 Estabelecimento de um novo regime dinâmico na PLL

- Utilizar agora um segundo circuito integrado.

- Repetir o passo 3.1 com o segundo integrado usando o circuito da Figura 3, agora com as resistências R1 e R2 a valerem 33 kΩ e 68 kΩ, respectivamente. Registrar da observação no osciloscópio, as frequências  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$ , e calcular a constante de desvio de frequência respectiva.
- A partir dos valores teóricos de  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$ , escolher qual dos pares de valores R1 e R2 vai ser utilizado no modulador e no desmodulador, tendo em conta que este último possui a capacidade de seguimento de qualquer valor instantâneo da frequência gerada no modulador (o VCO do receptor possui a maior constante de desvio de frequência).

### 3.3 Desmodulador de FM

- Uma vez seleccionado o par R1 e R2 para o desmodulador, ligar o filtro RC passa-baixo, tal como ilustrado na Figura 4.
- Ligar a saída do VCO ( $VCO_{Out}$ ) na entrada B ( $PCB_{In}$ ) do comparador de fase (pino 3).

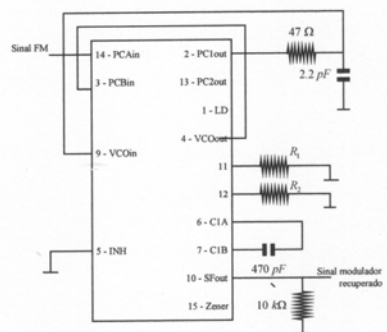


Figura 4 - Desmodulador de FM.

### 3.4 Modulador e desmodulador de FM em regime estático

- Cascadear os andares que compreendem a saída do VCO no modulador, com a entrada A ( $PCAI_{in}$ ) do comparador de fase no desmodulador.
- Medir no  $VCO_{Out}$  do modulador e do desmodulador a frequência gerada quando a entrada  $VCO_{In}$  do modulador é ligada aos +5 V e á massa.
- Preencher o seguinte quadro de valores:

$VCO_{In}$ do modulador ligado á massa	$VCO_{In}$ do modulador ligado a +5 V
$F_{\min} =$	$F_{\min} =$
$F_{\max} =$	$F_{\max} =$

### 3.5 Modulador e desmodulador em regime dinâmico

- No modulador ligar uma resistência de  $51 \Omega$  entre o pino 9 e a massa, aplicando depois nesse pino uma sinusóide com 2.5 V de amplitude e offset DC de 2.5 V, com uma frequência de 1 kHz, e observar o comportamento do sinal FM gerado.
- Aplicar agora no pino 9, uma onda quadrada de frequência o mais baixo possível, com valores máximo e mínimo de +5 V e 0 V, respectivamente.
- Tentar medir a frequência máxima  $F_{\max}$  gerada nos VCO's do modulador e do desmodulador, bem como a frequência mínima  $F_{\min}$  nesses mesmo VCO's, correspondentes aos instantes em que a onda quadrada está a valer +5 V e 0 V, respectivamente. Em caso de sucesso, preencher o seguinte quadro de valores:

VCO do modulador	VCO do desmodulador
$F_{\min} =$	$F_{\min} =$
$F_{\max} =$	$F_{\max} =$

### 4 Bibliografia de suporte

Toda a bibliografia adoptada para o ano lectivo em vigor.

Sítio da Motorola: [www.motorola.com](http://www.motorola.com)

#### Anexo

Folha de características do integrado MC1496