



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE  
COMPUTADORES

ELECTRÓNICA RÁPIDA

# Projecto e Simulação de Amplificadores Lineares para Altas Frequências

Guilherme Branco Teixeira	n.º 70214
Maria Margarida Dias dos Reis	n.º 73099
Nuno Miguel Rodrigues Machado	n.º 74236

Grupo n.º 2 de quarta-feira das 11h00 - 12h30

Lisboa, 25 de Abril de 2015

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Plano de Trabalhos</b>	<b>1</b>
2.1	Projecto de um amplificador uniandar . . . . .	1
2.1.1	a) Projecto do amplificador com linhas ideais . . . . .	1
2.1.2	b) Projecto do amplificador utilizando tecnologia microfita . . . . .	3
2.2	Concretização do amplificador em tecnologia de microfita . . . . .	3
2.2.1	a) Introdução de elementos que simulam descontinuidades nas linhas . . . . .	3
2.2.2	b) Substituição do transístor e condensadores . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Conclusões</b>	<b>3</b>

# 1 Introdução

O objectivo deste laboratório é estudar técnicas de projecto de amplificadores lineares de alta frequência, análise das suas características (estabilidade, ganho, adaptação e factor de ruído) e comportamentos. A caracterização dos dispositivos do amplificador será realizada através dos parâmetros distribuídos - parâmetros S.

Utiliza-se um transistor da Hewlett-Packard (HP) ATF-35176, um transistor que utiliza tecnologia PHEMT (*Pseudomorphic High Mobility Transistor*), preparado para trabalhar em altas frequências.

## 2 Plano de Trabalhos

As especificações do amplificador a construir podem ser consultadas na tabela seguinte, tal como as características do substrato plástico para alta-frequência da Taconic (TLY -3-0310-CH/CH), sobre qual o transistor irá ser implantado.

Tabela 1: Características do amplificador a projectar.

Especificação	Símbolo	Valor
Ganho de Transdução	$G_T$	$G_{Tmax}$
Tensão <i>drain-source</i>	$V_{DS}$	1.5 V
Corrente <i>drain-source</i>	$I_{DS}$	20 mA
Resistência da fonte e da carga	$R_G$ e $R_C$	50 $\Omega$
Constante dieléctrica	$\epsilon_r$	2.3
Espessura do substrato	$h$	0.35 mm
Espessura da metalização	$t$	0.018 mm
Tangente de perdas	$\sigma$	0.001
Frequência central	$f_{01}$	22 GHz

De notar que o valor da espessura do substrato foi modificado de 0.78 mm para 0.35 mm com o objectivo de garantir propagação transversal nas linhas de microfita, ou seja, garantir que estas têm um comprimento maior que a largura.

Numa primeira fase do trabalho laboratorial é projectado e simulado o amplificador uniandar com linhas simétricas. Na segunda fase o amplificador é projectado com tecnologia de microfita.

### 2.1 Projecto de um amplificador uniandar

#### 2.1.1 a) Projecto do amplificador com linhas ideais

Nesta primeira fase, o amplificador irá ser constituído pelo transistor descrito anteriormente, no entanto, todos os dispositivos utilizados no seu projecto e simulação serão dispositivos ideais, esta fase inicial tem como objectivo definir os parâmetros do amplificador que permitem obter as especificações pedidas.

**PFR Pretendido:** Em primeiro lugar, é feita uma análise DC ao transistor que tem em vista obter o ponto de funcionamento em repouso (PFR) especificado. O circuito que nos permitiu alcançar essa análise é o que se vê na Figura 1.

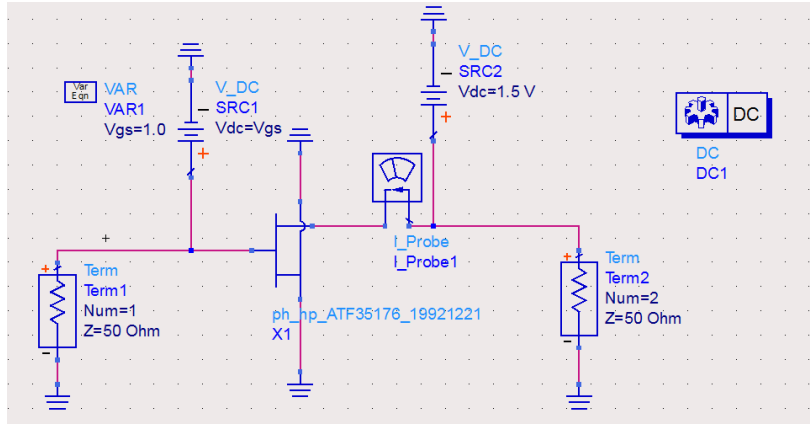


Figura 1: Circuito utilizado para obter o PFR desejado.

A análise DC serve para descobrir o valor de  $V_{GS}$  correspondente ao PFR desejado. No circuito da Figura 1 existe um componente denominado de **I\_Probe** que tem como objectivo controlar o valor de  $I_D$  à medida que o valor de  $V_{GS}$  varia. Um excerto dos resultados desta análise pode ser consultado na Figura 2, onde se pode concluir que o valor da tensão  $V_{GS}$  que melhor corresponde a uma corrente  $I_D$  de 20 mA (20.03 mA) é de  $-0.277$  V.

Vgs	I_Probe1.i
-0.290	19.06 mA
-0.289	19.13 mA
-0.288	19.21 mA
-0.287	19.28 mA
-0.286	19.35 mA
-0.285	19.43 mA
-0.284	19.50 mA
-0.283	19.58 mA
-0.282	19.65 mA
-0.281	19.73 mA
-0.280	19.80 mA
-0.279	19.88 mA
-0.278	19.95 mA
-0.277	20.03 mA
-0.276	20.11 mA

Figura 2: Valores de  $V_{GS}$  correspondentes à corrente de **I\_Probe**.

**Análise em Alta-Frequência:** Com o transistor a funcionar no PFR desejado, é preciso construir um novo circuito que contenha condensadores e bobines ideais, **DC\_Block** e **DC\_Feed**, respectivamente, para que seja possível realizar a simulação dos parâmetros S. Este circuito apresenta-se de seguida.

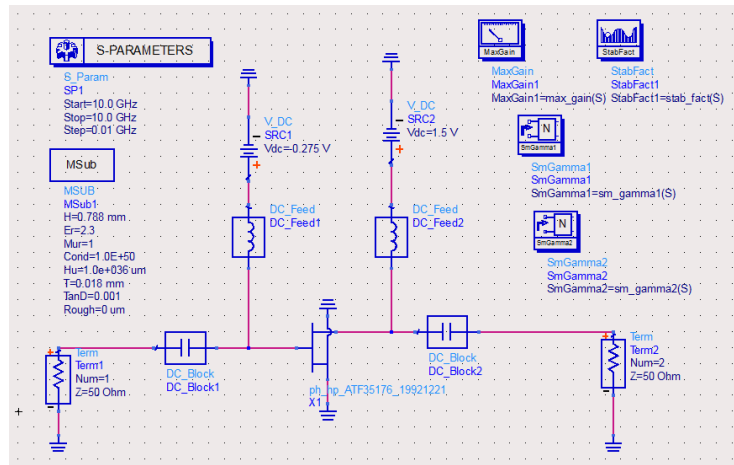


Figura 3: Circuito utilizado para obter o valores dos parâmetros S.

Simulando o circuito anteriormente projectado foram obtidos os seguintes valores para os parâmetros S, K (parâmetro de estabilidade), MAG (ganho de transdução máximo) e para as cargas de adaptação para o transistor à frequência central.

Tabela 2: Parâmetros que definem o transistor.

$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{21}$	$S_{22}$	K	MAG	$\rho_{S(ACS)}$	$\rho_{L(ACS)}$
0.621 / 57.573°	0.108 / -135.258°	1.962 / -117.047°	0.312 / 31.335°	1.235	9.688	0.784 / -59.521°	0.629 / -38.962°

De notar que os valores obtidos experimentalmente para os parâmetros S não podem ser verificados na *datasheet* do transistor, uma vez que esta apenas especifica o comportamento do ATF-35176 para frequências entre 2 GHz e 18 GHz.

Com os valores da Tabela 2 determinados pode-se calcular o valor de  $\Delta$ , ou seja, o determinante da matriz de dispersão:

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{21}S_{12} = 0.069 / -6.83^\circ. \quad (2.1)$$

Como se pode ver,  $K = 1.235 > 1$ ,  $|\Delta| = 0.069 < 1$  e  $|S_{ii}| < 1$ , pelo que o transistor é incondicionalmente estável.

#### Projectão da Malha de Entrada e de Saída:

4.

##### 2.1.2 b) Projecto do amplificador utilizando tecnologia microfita

#### 2.2 Concretização do amplificador em tecnologia de microfita

##### 2.2.1 a) Introdução de elementos que simulam descontinuidades nas linhas

##### 2.2.2 b) Substituição do transistor e condensadores

### 3 Conclusões