



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE  
COMPUTADORES

SISTEMAS INTEGRADOS ANALÓGICOS  
*Design de um Amplificador e ADC de 4 bits*

João Bernardo Sequeira de Sá	n.º 68254
Maria Margarida Dias dos Reis	n.º 73099
Nuno Miguel Rodrigues Machado	n.º 74236

Lisboa, 1 de Maio de 2015

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abordagem do Circuito</b>	<b>1</b>
2.1	Identificação dos Blocos do Circuito . . . . .	1
2.2	Definicação das Dimensões dos Transístores . . . . .	2

# 1 Introdução

Pretende-se projectar um amplificador *folded cascode* CMOS OTA de dois andares de acordo com as especificações da seguinte tabela.

Tabela 1: Características do amplificador a projectar.

Especificação	Símbolo	Valor
Tensão de Alimentação	$V_{DD}$	3.3 V
Ganho para Sinais de Baixa Amplitude	$A_v$	70 dB
Largura de Banda	Bw	60 kHz
Margem de Fase	PM	60°
Capacidade da Carga	$C_L$	0.25 pF
<i>Slew-Rate</i>	SR	200 V/ $\mu$ s
<i>Budget</i> da Corrente	$I_{DD}$	400 $\mu$ A
Área de <i>Die</i>	/	0.02 mm <sup>2</sup>

O circuito de ponto de partida para a realização do projecto é apresentado de seguida.



Figura 1: Circuito do amplificador a projectar.

## 2 Abordagem do Circuito

### 2.1 Identificação dos Blocos do Circuito

Analisando o circuito da Figura 1 em pormenor identificam-se 5 blocos, sendo importante analisar a função de cada um, para que melhor se possa compreender o funcionamento e comportamento do circuito na sua totalidade.

O Bloco 1 representa o transistor responsável pela polarização do circuito. O Bloco 2 representa

um par diferencial PMOS. O Bloco 3 corresponde a um espelho de corrente *cascade* básico do tipo PMOS.

## 2.2 Definição das Dimensões dos Transístores

A primeira fase no projecto do amplificador passou por decidir as dimensões dos vários transístores. Sabe-se que a dimensão de um transístor é dada pelos parâmetros  $W$  (*width* - largura) e  $L$  (*length* - comprimento).

O valor de  $L$  ficou decidido à partida como sendo  $1\ \mu\text{m}$  para todos os transístores do circuito, isto porque se tem como *rule of thumb* que, para se evitar o efeito de modulação do comprimento do canal, o valor de  $L$  deve ser maior ou igual a  $1\ \mu\text{m}$ . O valor de  $W$  pode ser calculado recorrendo à equação que determina a corrente num transístor:

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \times \left( \frac{W}{L} \right) \times (V_{GS} - V_{TH})^2 = k \times \left( \frac{W}{L} \right) \times V_{OD}^2. \quad (2.1)$$

Da equação anterior pretende-se determinar o valor de  $W$  dos vários transístores, sendo então necessário saber o valor de  $L$  (já determinado anteriormente), o valor da corrente que passa nos transístores,  $I_D$ , o valor de  $k$  e o valor da tensão de *overdrive*,  $V_{OD}$ .

O valor da tensão de *overdrive* definiu-se como sendo de  $0.2\ \text{V}$  para todos os transístores. Este valor deriva de outra *rule of thumb* que indica que se deve escolher para  $V_{OD}$  um valor de  $0.2\text{V}$  - menos do que isso e fica-se demasiado sensível a  $V_{TH}$  e mais do que isso e fica-se com pouca margem de saturação, que é uma medida do quão dentro da saturação se está, sendo calculada por  $V_{DS} - V_{OD}$ .

O valor de  $k$  pode ser obtido com recurso aos *process parameters*, sendo de referir que os valores que se retiram das *datasheets* representam apenas  $\mu_n C_{ox}$ , pelo que têm de ser multiplicados por  $1/2$  para que se obtenha o factor de ganho final, como se pode ver na próxima equação, para o caso de um transístor do tipo P:

$$k_P = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} = \frac{1}{2} \times K P_P. \quad (2.2)$$

Os valores já conhecidos que ajudam a obter o valor de  $W$  através da equação (2.1) encontram-se esquematizados na seguinte tabela.

Tabela 2: Valores especificados para algumas das características que definem os transístores.

Especificação	Método de Cálculo	Símbolo	Valor
Comprimento	<i>rule of thumb</i>	$L$	$1\ \mu\text{m}$
Tensão de <i>Overdrive</i>	<i>rule of thumb</i>	$V_{OD}$	$0.2\ \text{V}$
Factor de Ganho (tipo P) <i>datasheet</i>	<i>process parameters</i>	$K P_P$	$58\ \mu\text{A}/\text{V}^2$
Factor de Ganho (tipo N) <i>datasheet</i>	<i>process parameters</i>	$K P_N$	$175\ \mu\text{A}/\text{V}^2$
Factor de ganho (tipo P)	equação (2.2)	$k_P$	$29\ \mu\text{A}/\text{V}^2$
Factor de ganho (tipo N)	equação (2.2)	$k_N$	$87.5\ \mu\text{A}/\text{V}^2$