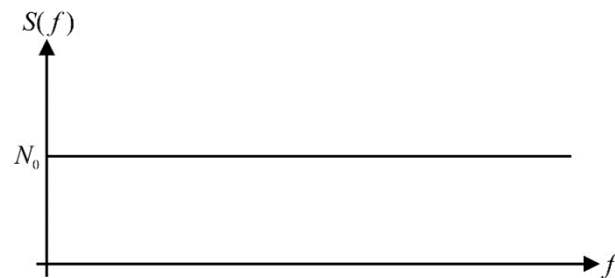


Ruído no MOSFET

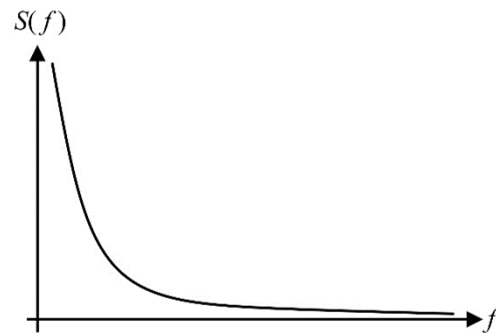
Principais Tipos de Ruídos no canal

Ruído Branco



→ Densidade espectral de potência,
PSD, constante na frequência

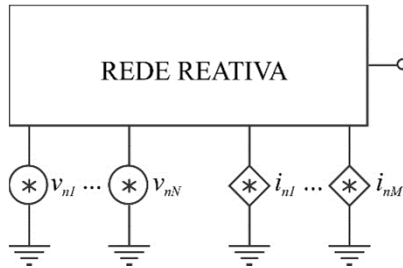
Ruído Flicker



→ Densidade espectral de potência,
PSD, proporcional a $1/f$

Ruído em Redes Reativas e Densidade Espectral de Potência (PSD)

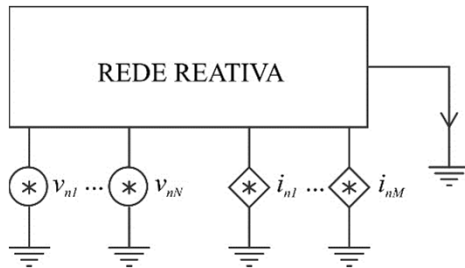
Tensão de ruído na saída



Densidade espectral de potência (PSD)

$$S_{V_{on}}(f) = \sum_{k=1}^N |H_k(j2\pi f)|^2 S_{V_k}(f) + \sum_{j=1}^M |Z_j(j2\pi f)|^2 S_{I_j}(f)$$

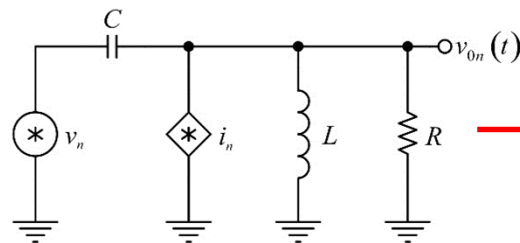
Corrente de ruído na saída



Densidade espectral de potência (PSD)

$$S_{I_{on}}(f) = \sum_{k=1}^N |Y_k(j2\pi f)|^2 S_{V_k}(f) + \sum_{j=1}^M |H_j(j2\pi f)|^2 S_{I_j}(f)$$

Exemplo de Rede Reativa

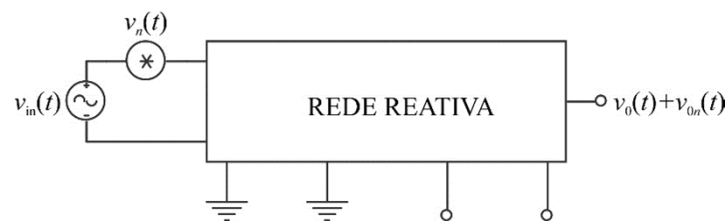
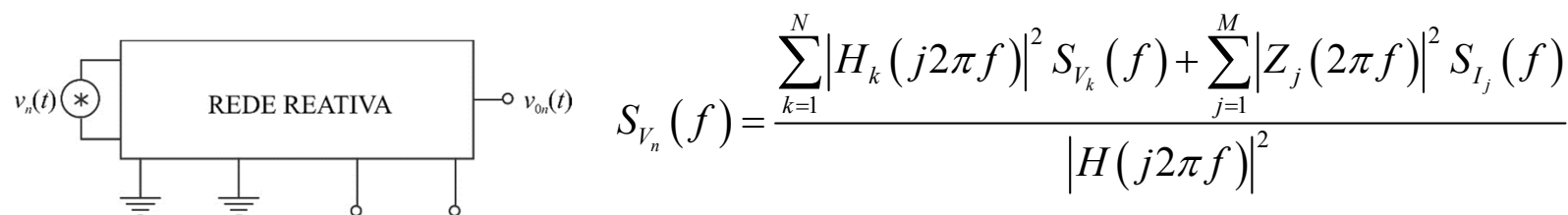
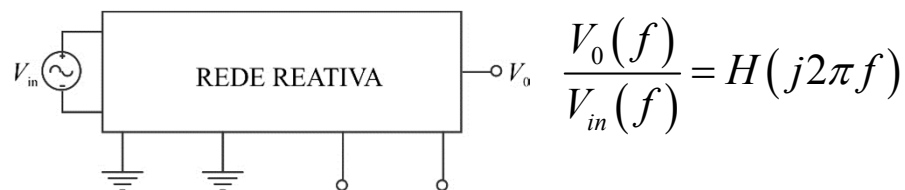
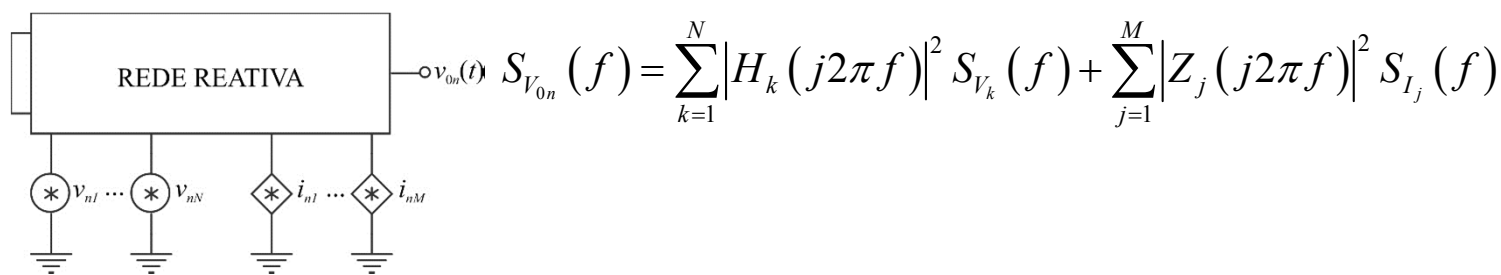


$$S_{V_{on}}(f) = \frac{(2\pi f)^4}{\left((2\pi f)^2 - \frac{1}{LC}\right)^2 + \frac{(2\pi f)^2}{R^2 C^2}} S_V(f) + \frac{\frac{(2\pi f)^2}{C^2}}{\left((2\pi f)^2 - \frac{1}{LC}\right)^2 + \frac{(2\pi f)^2}{R^2 C^2}} S_I(f)$$

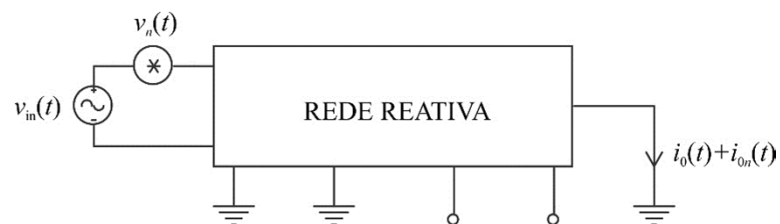
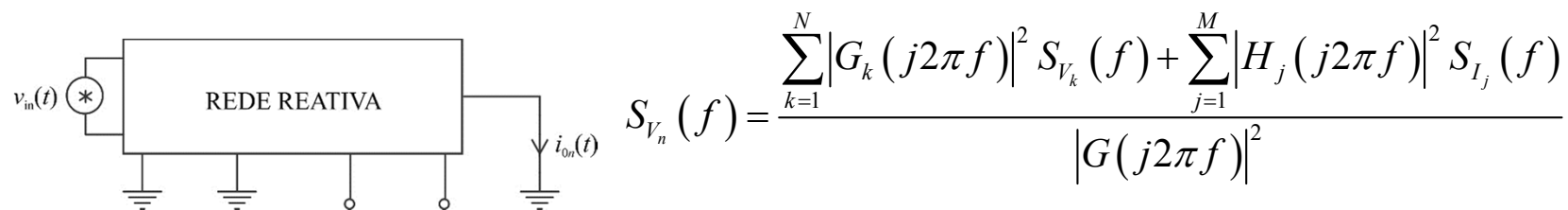
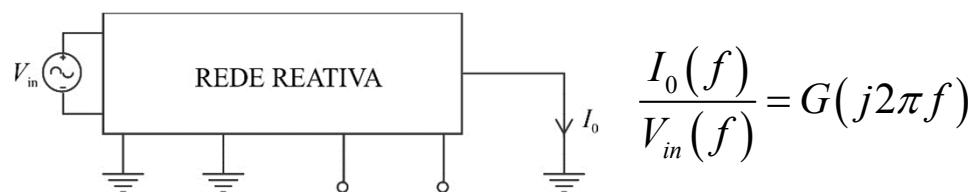
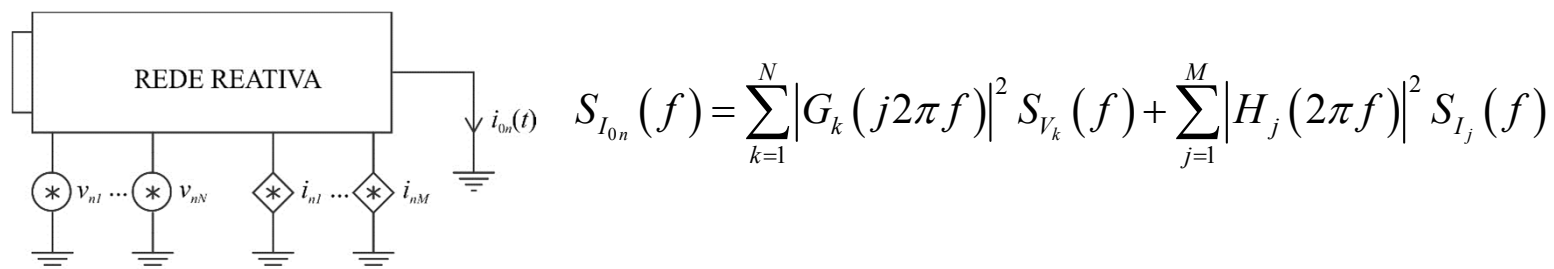
Tensão Equivalente de Ruído na Entrada

Escolher uma das entradas do circuito, calcular a função de transferência da entrada para a saída, zerar as fontes de ruído, e aplicar uma fonte de tensão ou corrente de ruído na entrada que gere a mesma densidade espectral de potência na saída.

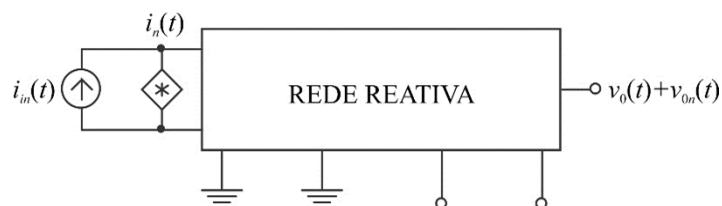
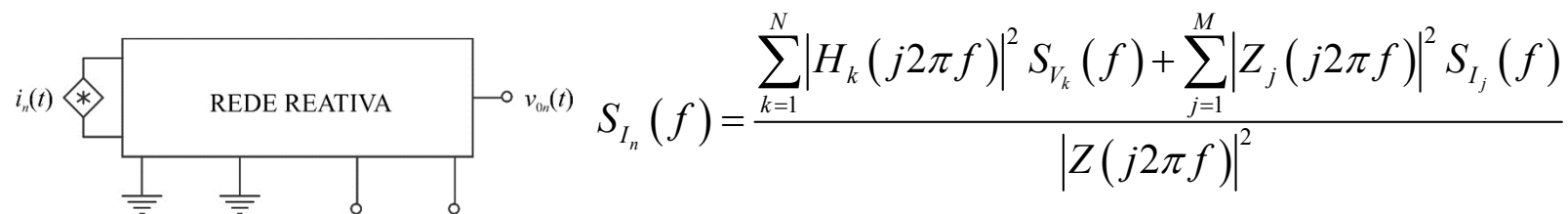
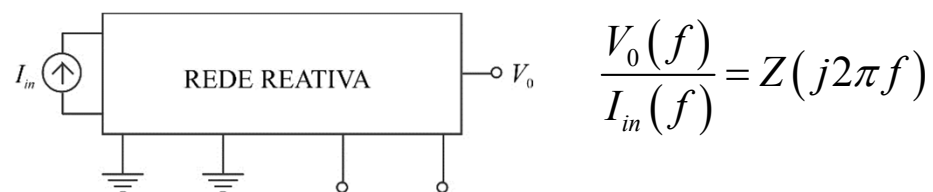
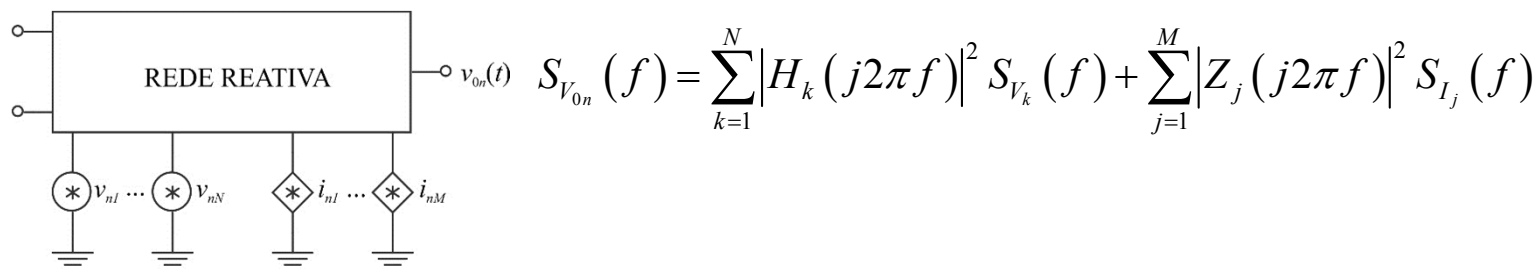
Entrada em tensão e saída em tensão



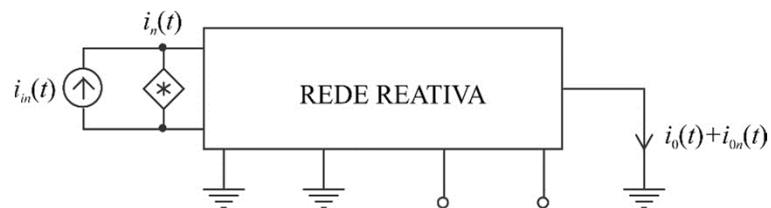
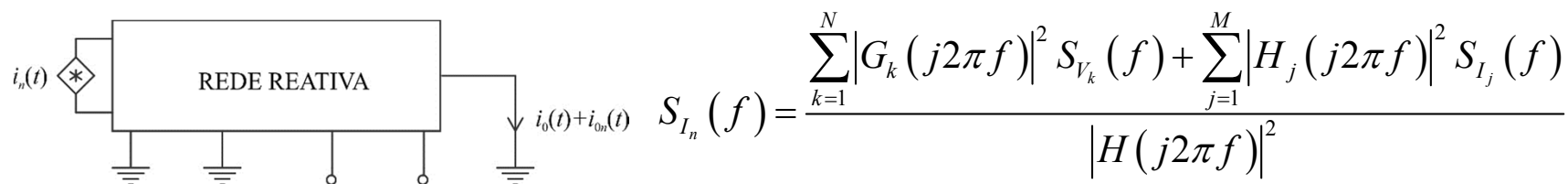
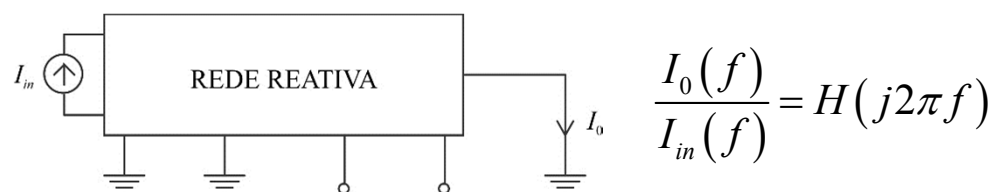
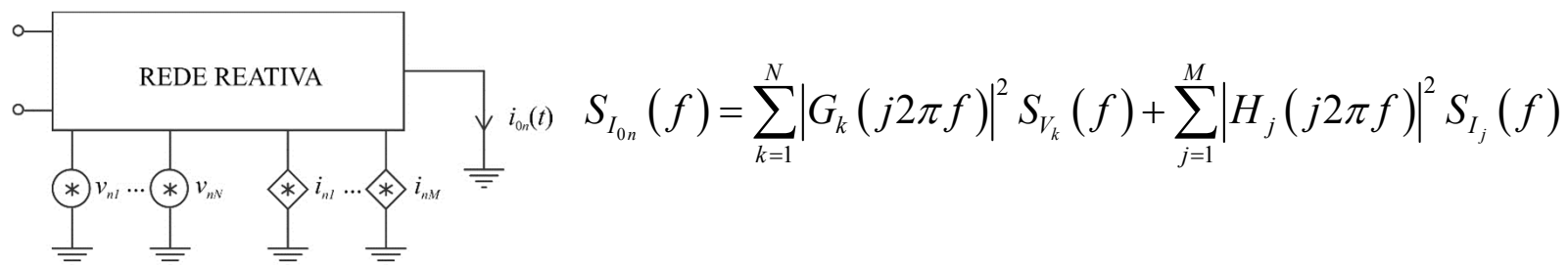
Entrada em tensão e saída em corrente



Entrada em corrente e saída em tensão



Entrada em corrente e saída em corrente



Ruído no MOSFET

Ruído Branco no NMOS na Inversão Forte

Fonte de corrente de ruído entre dreno e source

$$S_{I_W}(f) = 4k_B T \left[\frac{W}{L_{EF}} k_p (V_{GS} - V_T) \frac{2}{3} \frac{1 + \eta + \eta^2}{1 + \eta} \right] \longrightarrow \eta = \begin{cases} 1 - \frac{V_{DS}}{V_{DSsat}} & , V_{DS} \leq V_{DSsat} \\ 0 & , V_{DS} > V_{DSsat} \end{cases}$$

Situação particular

Triodo linear $\longrightarrow S_{I_W}(f) = 4k_B T G_{DS}$

Saturação $\longrightarrow S_{I_W}(f) = \frac{8}{3} k_B T \alpha g m_G$

Tensão de ruído equivalente no gate na saturação $\longrightarrow S_{V_{G_W}}(f) = \frac{8k_B T \alpha}{3g m_G}$

As expressões são válidas para o PMOS, realizando as devidas trocas de variáveis

Ruído Branco no NMOS na Inversão Fraca

Fonte de corrente de ruído entre dreno e source

$$S_{I_W}(f) = 2qI_{D0} e^{\frac{V_{GS}-V_T}{n\phi_T}} \left(1 + e^{-\frac{V_{DS}}{\phi_T}} \right)$$

Situação particular na saturação

$$g_{m_G} = \frac{I_{D0}}{n\phi_T} e^{\frac{V_{GS}-V_T}{n\phi_T}}$$

$$S_{I_W}(f) = 2qI_{D0} e^{\frac{V_{GS}-V_T}{n\phi_T}} = 2qn\phi_T \frac{I_{D0}}{n\phi_T} e^{\frac{V_{GS}-V_T}{n\phi_T}} = 2qn\phi_T g_{m_G} = 2nk_B T g_{m_G}$$

Saturação \longrightarrow $S_{I_W}(f) = 2nk_B T g_{m_G}$

Tensão de ruído equivalente
no gate na saturação

$$\longrightarrow S_{V_{G_W}}(f) = \frac{2nk_B T}{g_{m_G}}$$

O ruído branco é calculado com base na distribuição de cargas no canal. Para o caso da inversão moderada, não existe um modelo analítico simplificado.

As expressões são válidas para o PMOS, realizando as devidas trocas de variáveis

Ruído Flicker no NMOS na Inversão Forte, Moderada e Fraca

Flutuação Randômica do Número de Portadores

Neste processo, cargas são capturadas e expelidas por armadilhas (falhas nas ligações químicas) na interface do óxido de gate com o substrato. Isto afeta a tensão de banda plana V_{FB} , e, conseqüentemente, a transcondutância gm_G .

Satuação $\longrightarrow S_{I_F}(f) = \frac{K_1}{C_{ox}^2} \frac{gm_G^2}{WL} \frac{1}{f^c}$

Tensão de ruído equivalente no gate na saturação $\longrightarrow S_{V_{GF}}(f) = \frac{K_1}{C_{ox}^2} \frac{1}{WL} \frac{1}{f^c}$

$$0.7 \leq c \leq 1.2$$

Flutuação Randômica de Mobilidade

Satuação $\longrightarrow S_{I_F}(f) = \frac{K(V_{GS})}{C_{ox}} \frac{gm_G^2}{WL} \frac{1}{f^c} \longrightarrow K(V_{GS}) \text{ é uma função de } V_{GS}$

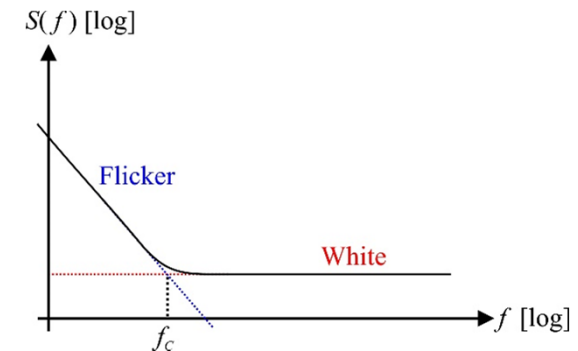
Tensão de ruído equivalente no gate na saturação $\longrightarrow S_{V_{GF}}(f) = \frac{K(V_{GS})}{C_{ox}} \frac{1}{WL} \frac{1}{f^c} \longrightarrow K(V_{GS}) \text{ é uma função de } V_{GS}$

$$0.7 \leq c \leq 1.2$$

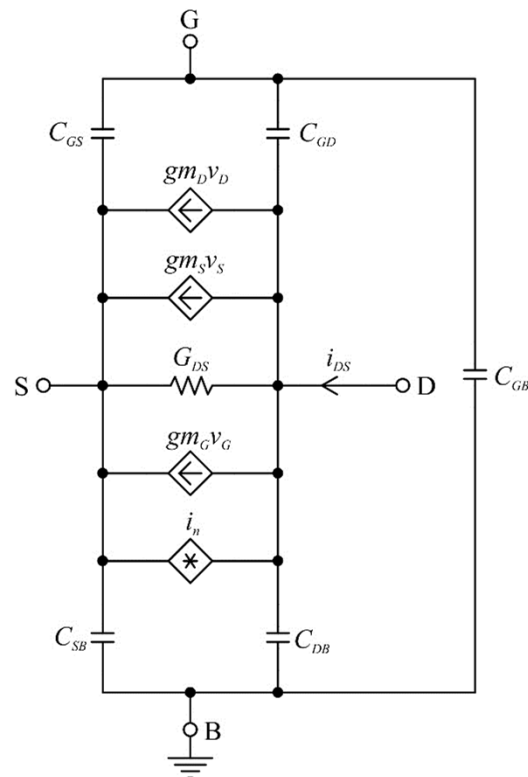
As expressões são válidas para o PMOS, realizando as devidas trocas de variáveis

1/f noise corner frequency

A frequência f_c é a interseção entre as curvas do ruído flicker e o branco, e marca o ponto onde a faixa de frequência é mais corrompida pelo ruído flicker. Abaixo de f_c , o ruído flicker é dominante, e acima de f_c , o ruído branco é dominante.



Representação no Modelo de Pequenos Sinais



→ Fonte de corrente de ruído entre dreno e source.

Referência

Operating and Modeling of the MOS Transistor

Third Edition

Yannis Tsividis

Colin MacAndrew

Oxford University Press

**Final deste
Tópico**