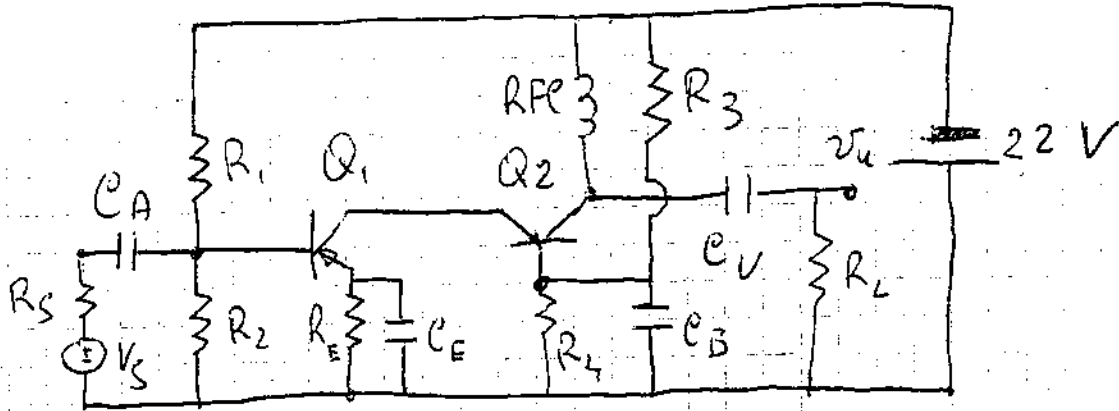


COMPITO DI ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI DEL 7-9-2000

Esercizio A.

Con riferimento all'amplificatore in figura:

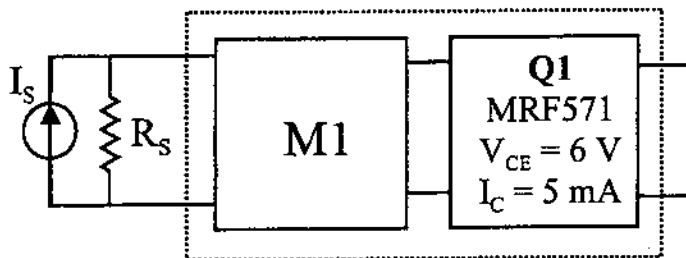


$R_1 = 19.3 \text{ k}\Omega$     $C_B = C_E = C_A = C_V \rightarrow \infty$     $Y_{RE} = Y_{RB} = 0$   
 $R_2 = 2.7 \text{ k}\Omega$     $R_L = 200 \Omega$     $V_S = V_{S\pi} \cos 2\pi f_0 t$   
 $R_3 = 9.3 \text{ k}\Omega$     $R_S = 330$     $V_{S\pi} = 1 \text{ mV}$     $f_0 = 200 \text{ MHz}$   
 $R_4 = 12.7 \text{ k}\Omega$   
 $R_E = 1 \text{ k}\Omega$

- 1) Calcolare l'ampiezza  $V_{UM}$  della tensione di uscita;
- 2) Calcolare la potenza di rumore in uscita su una banda di 1 MHz centrata su  $f_0 = 200 \text{ MHz}$ . (Si supponga a tal fine che il transistor  $Q_2$  non sia rumoroso.)
- 3) Progettare le reti di adattamento da porre in ingresso e in uscita in modo tale da massimizzare la  $V_{UM}$ .

Esercizio B.

Con riferimento alla figura seguente:



$R_s = 200 \Omega$   
 $I_s = 200 \mu\text{A}$  (ampiezza), 1 GHz

- 1) Progettare la rete M1 in modo che il quadripolo composto dalla cascata di M1 e di Q1 (indicato a tratteggio nella figura) abbia parametro  $S_{11}$  (riferito a  $50 \Omega$ ) pari a 0 alla frequenza di 1 GHz.
- 2) Valutare la corrente (valore efficace) che fluisce in un carico resistivo di  $150 \Omega$  connesso in uscita quando in ingresso è connessa la sorgente indicata in figura.
- 3) Progettare una rete M2 da connettere tra l'uscita del quadripolo composto e il carico da  $150 \Omega$  per avere la massima corrente nel carico.

7/8/2000



Punto di ripasso

Supponendo presenti i partitori di tensione

$$V_{B1} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = -2.7 \text{ V}$$

$$V_{B2} = V_{EE} \frac{R_4}{R_3 + R_4} = -12.7 \text{ V}$$

$$I_{E1} = \frac{V_{B1} - V_E}{R_E} = -2 \text{ mA}$$

$$V_{E2} = V_{B2} + V_E = -12 \text{ V}$$

$$V_{CE1} = -10 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = -10 \text{ V}$$

$$I_{B1 \text{ MAX}} = I_{B2 \text{ MAX}} = \frac{I_E}{h_{FE \text{ MIN}}} = 50 \mu\text{A} \ll I_1 = I_2 = \frac{V_{EE}}{R_1 + R_2} = 1 \text{ mA}$$

Pertanto l'ipotesi di partitori passivi risulta verificata.

A 200 MHz si ottengono i seguenti parametri  $Y$  e emettitore a base comune.

$$Y_{IE} = 3 + j6.8 \text{ mS}$$

$$Y_{IB} = 55 - j15 \text{ mS}$$

$$Y_{FE} = 53 - j22 \text{ mS}$$

$$Y_{FB} = 53 + j17 \text{ mS}$$

$$Y_{OE} = 0.1 + j2.5 \text{ mS}$$

$$Y_{OB} = 0.1 + j2.55 \text{ mS}$$

$$Y_{RE} = 0$$

$$Y_{RB} = 0$$

Per il calcolo della potenza di rumore in uscita e dell'impedenza  $V_{RN}$ , bisogna conoscere il  $G_T$  del sistema

$$G_{TOT} = G_{A1} \cdot G_{T2}$$

$$G_{A1} = \frac{|Y_{FE}|^2 \cdot G_{S1}}{R_E \{ [Y_{IE} Y_{OE} - Y_{RE} Y_{FE} + Y_{OE} Y_{S1}] - [Y_{IE} + Y_{S1}]^2 \}}$$

$$\text{con } Y_{S1} = \frac{1}{330} = 3 \text{ mS}$$

$$Y_{IE} Y_{OE} = -8.9 + j5.18 \text{ (mS)}^2$$

$$[Y_{IE} + Y_{S1}]^2 = 6 - j6.85 \text{ mS}$$

$$Y_{OE} Y_{S1} = 0.3 + j4.55 \text{ (mS)}^2$$

$$G_{A1} = 1122$$

$$G_{T2} = \frac{4 G_{S2} G_{L2} |Y_{FB}|^2}{|[Y_{IB} + Y_{S2}] (Y_{OB} + Y_{L2}) - Y_{RB} Y_{FB}|^2} = 0.03$$

$$Y_{LE} = 5 \text{ mS}$$

$$Y_{S2} = Y_{OUT1} = Y_{OE} = 0.1 + 1.5 \text{ mS}$$

$$Y_{IB} + Y_{S2} = 55.1 - 13.5 \text{ mS}$$

$$|Y_{FB}|^2 = 3088$$

$$Y_{OB} + Y_{L2} = 5.1 + 1.5 \text{ mS}$$

Pertanto

$$G_{TTOT} = 78$$

$$P_{AIN} = 0.578 \text{ mW}$$

Quindi  $P_L = P_{AIN} \cdot G_{TTOT} = 29 \text{ mW}$

$$P_L = \frac{V_{in}^2}{2R_L} \Rightarrow V_{in} = 3.4 \text{ mV}$$

Dalle caratteristiche si ricava, in corrispondenza di  $R_S = 330 \Omega$ , una cifra di rumore pari a 2 dB

$$NF/dB = 2 \quad NF = 1.58$$

Se  $N_{TOT}$  è la potenza di rumore in uscita, essendo la cifra di rumore complessiva coincidente con quella del I stadio, si può scrivere

$$NF = \frac{N_{TOT}}{N_{AIN} \cdot G_{TTOT}} \Rightarrow N_{TOT} = NF \cdot N_{AIN} \cdot G_{TTOT}$$

dove  $N_{AIN}$  è la potenza disponibile di rumore in ingresso

$$N_{AIN} = kT \cdot B_f = kT \cdot 10^6 = 4.6 \cdot 10^{-15} \text{ W}$$

$$N_{TOT} = 5.1 \cdot 10^{-13} \text{ W}$$

Poiché i due quadripoli attivi sono unilaterali e presentano in sede di ingresso e di uscita a parte reale positive, il sistema risultante della cascata di due è incondizionatamente stabile e unilaterale. Il massimo  $G_{TTOT}$  si ottiene quindi in condizioni di adattamento.

complesso coniugato tra in ingresso che |3  
in uscita:

A causa della unilaterale,  $Y_{IN} = Y_{IE}$   
e  $Y_{OUT} = Y_{OB}$ . Quindi per ottenere

l'adattamento complesso coniugato le  
reti  $H1$  ed  $H2$  devono trasformare

rispettivamente  $R_3 = 330 \Omega$  in  $\frac{1}{Y_{IE}^*}$  e

$R_L = 200 \Omega$  in  $\frac{1}{Y_{OB}^*}$

Per il dimensionamento delle reti di  
adattamento si segue la procedura nota  
descritta ~~in~~ nelle soluzioni di  
esercizi d'esame precedenti.

Es. B<sub>1</sub>

(4)

Dalle caratteristiche si ricavano i parametri S del quadripolo attivo Q<sub>1</sub>:

$$S_{11} = 0.61 \angle 178^\circ \quad S_{12} = 0.09 \angle 37^\circ$$

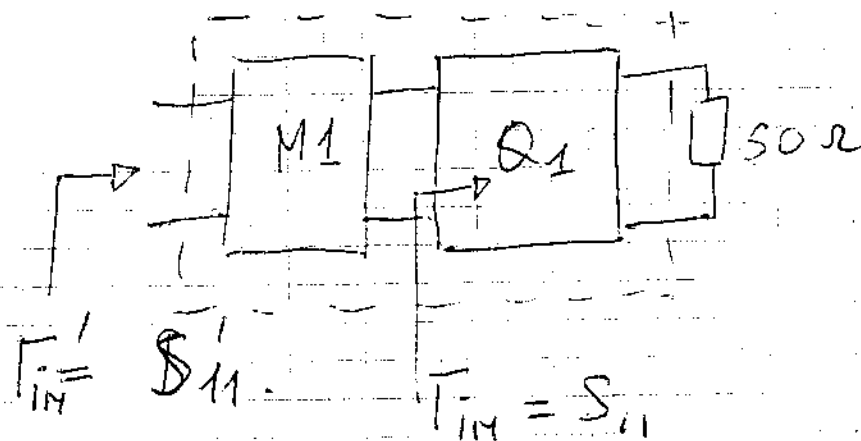
$$S_{21} = 3 \angle 78^\circ \quad S_{22} = 0.28 \angle -69^\circ$$

avvento 1)

Il parametro S<sub>11</sub> è il coefficiente di riflessione visto in ingresso ad un quadripolo quando sull'uscita si mette l'impedenza di normalizzazione Z<sub>0</sub>, quindi nel nostro caso 50 Ω. In tali condizioni risulta

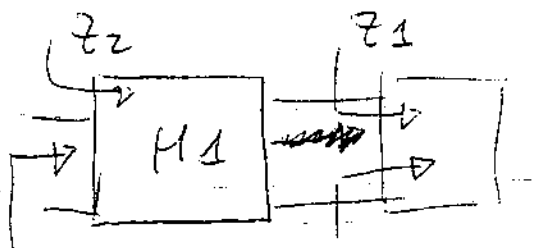
$$\Gamma_{EV} = \phi$$

Abbiamo quindi la situazione:



S'<sub>11</sub> è il parametro S<sub>11</sub> del quadripolo composto. Possiamo subito calcolarne  $\Gamma'_{IN}$  che risulta uguale a S<sub>11</sub> (del quadripolo Q<sub>1</sub>) = 0.61 ∠ 178°

LA RETE M1 DEVE QUINDI FARE  
L'OPERAZIONE SINTETIZZATA NELLA FIGURA  
SEGUENTE:



$$\Gamma_2 = 0 \quad \Gamma_1 = 0.61 \angle 178$$

Per fare ciò ci sono almeno 3  
vie possibili:

-) Considerare  $178 \approx 180^\circ \rightarrow \Gamma_1 = -0.61$

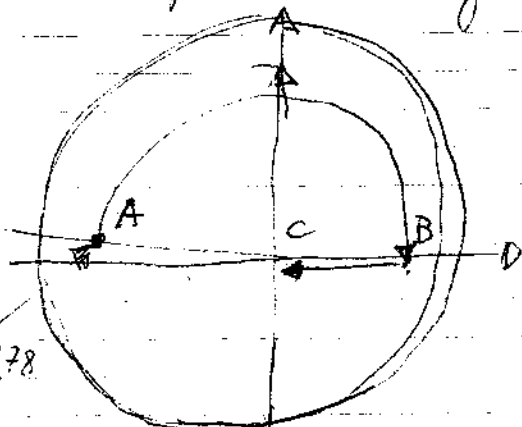
e  $Z_1 = 0.24 \cdot 50 = 12 \Omega$  (dalla c.d.s. o applicando)

Per tanto M1 di modulo A un

trasformazione a  $\lambda/4$  di tipo caratteris-

tica:  $R_{01} = \sqrt{12 \cdot 50} = 24.5 \Omega$

-) Non fare ~~ciò~~ e l'approssimazione  
precedente e agire come mostrato  
nella figura seguente:



$$R_B = 4.2 \cdot R_0 = 210 \Omega$$

Tratto A-B: Linea A  $50 \Omega$  con  $\Gamma = 0.247$

Tratto B-C: Trasm.  $\lambda/4$  con  $R_{01} = 102.5 \Omega$

-) Valutare l'ammittenza corrispondente  
A  $\Gamma_1$  che risulta:  $Y_1 = \frac{1}{Z_1} = 83 - j6 \text{ mS}$

quindi si annulla la reattanza con  
 uno stub parallelo terminato in corto  
 circuito e di lunghezza pari a  $0.09\lambda$   
 (dalla C.d.S.) e poi si applica un  
 trasformatore a  $\lambda/4$  a quello che rimane  
 che è una resistenza pura pari a  
 circa  $12\ \Omega \Rightarrow$  il  $\lambda/4$  ha impedenza  
 caratteristica come nel caso precedente.

Adesso 2)

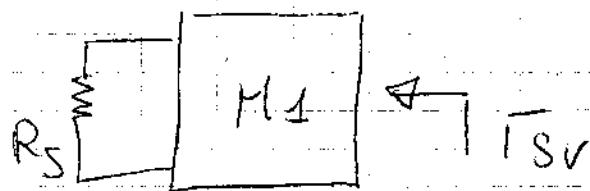
La corrente è legata alla potenza  
 sul carico dalle relazioni:

$$P_u = I_L^2 \cdot R \quad (\text{val. efficace})$$

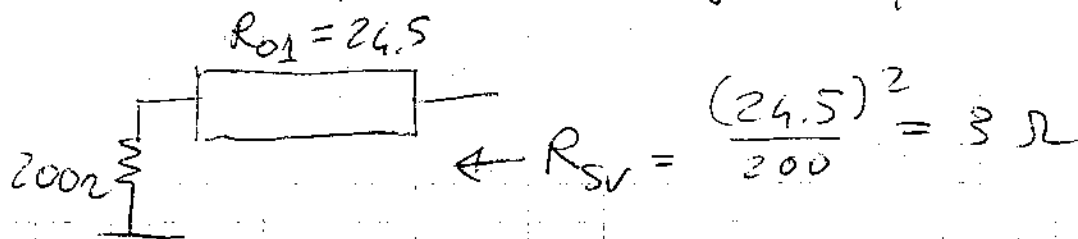
$$\text{Per tanto } I_L = \sqrt{\frac{P_u}{R}}$$

$$\text{Ma } P_u = G_T \cdot P_{\text{in}}$$

Possiamo valutare la  $T_{SV}$  dal  
 quadrupolo  $Q_1$ :



Mettiamo nel caso più  
 semplice in cui si dica sintetizzata  
 $M1$  con un semplice transf.  $\lambda/4$ .



per cui  $T_{sv} = \frac{30 - 50}{50 + 3} = -0.887 = 0.887 \angle 180^\circ$  (7)

LA P.A.M. IN INGRESSO A Q1 È LA STEREA DELLA SORGENTE PERCHÉ M1 È NON DISSIPATIVA.

ABBIAMO:

$$G_T = \frac{1 - |T_{sk}|^2}{|1 - S_{11} T_{sv}|^2} \cdot |S_{21}|^2 \frac{1 - |T_{lv}|^2}{|1 - T_{out} \cdot T_{lv}|^2}$$

$$T_{out} = \frac{S_{22} + S_{12} S_{21} T_s}{1 - S_{11} T_s} = 0.8 \angle 67.9^\circ$$

$$T_{lv} = \frac{R_L - R_0}{R_L + R_0} = 0.5$$

$$\Rightarrow G_T = 7.94$$

$$P_{aim} = \frac{I_s^2 \cdot R_s}{8} = 1 \mu W$$

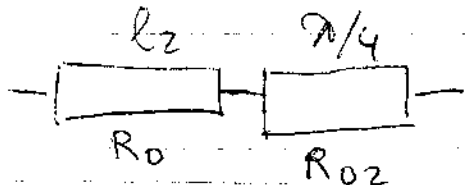
$$P_u = 7.94 \mu W \Rightarrow I_L = 230 \mu A$$

Quanto 3)

LA RETE M2 DEVE TRANSFORMARE

$$T_{sk} = 0.5 \text{ in } T_{out}^* = 0.8 \angle 67.9^\circ$$

SI OTTIENE LA RETE M2 (VEDI C.D.S.)

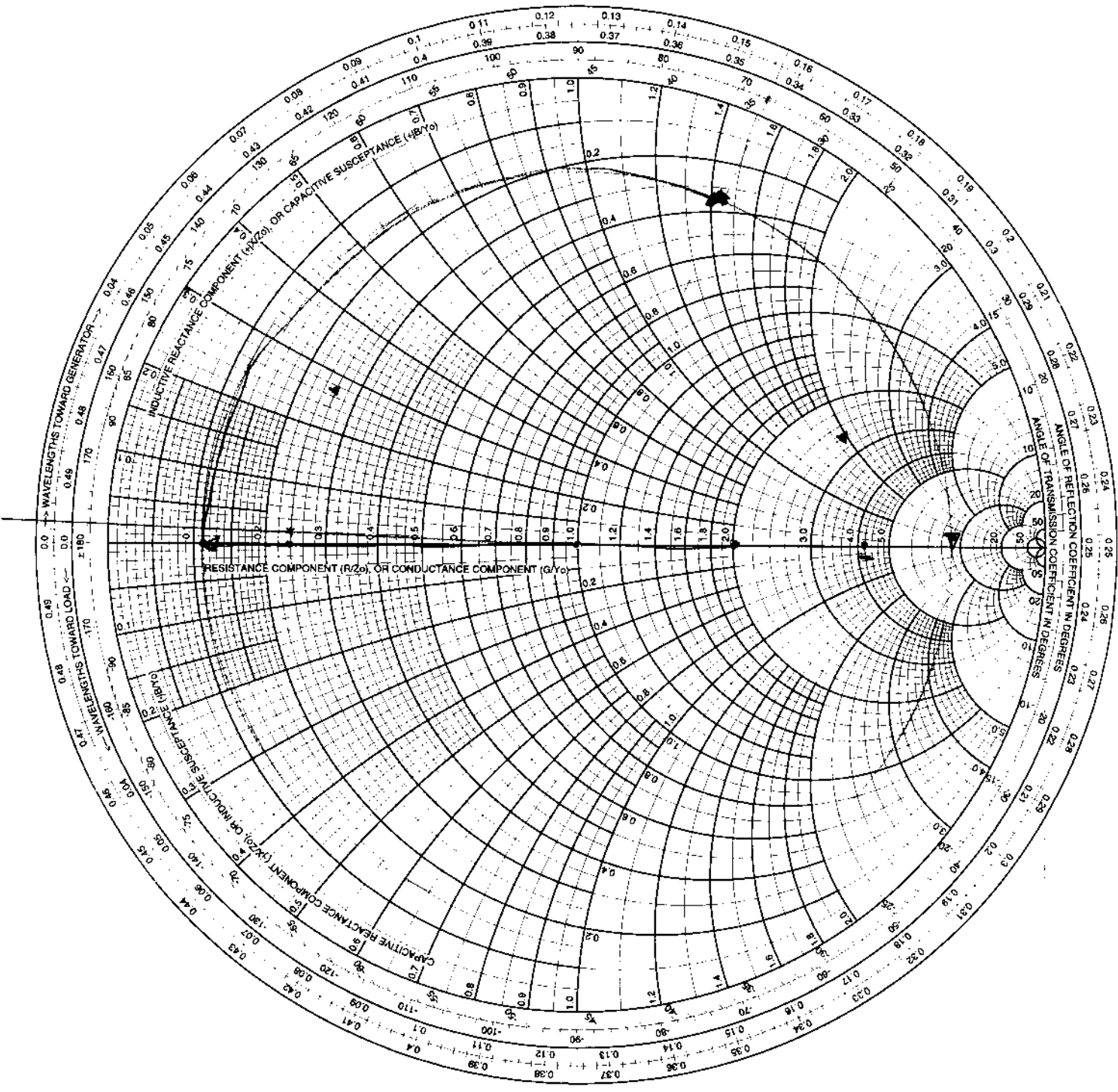


$$R_{02} = 28.7$$

$$l_2 = 0.157 \lambda$$



$R_{02} = 28.7$   
 $L_2 = 0.157\lambda$



RADIALLY SCALED PARAMETERS

