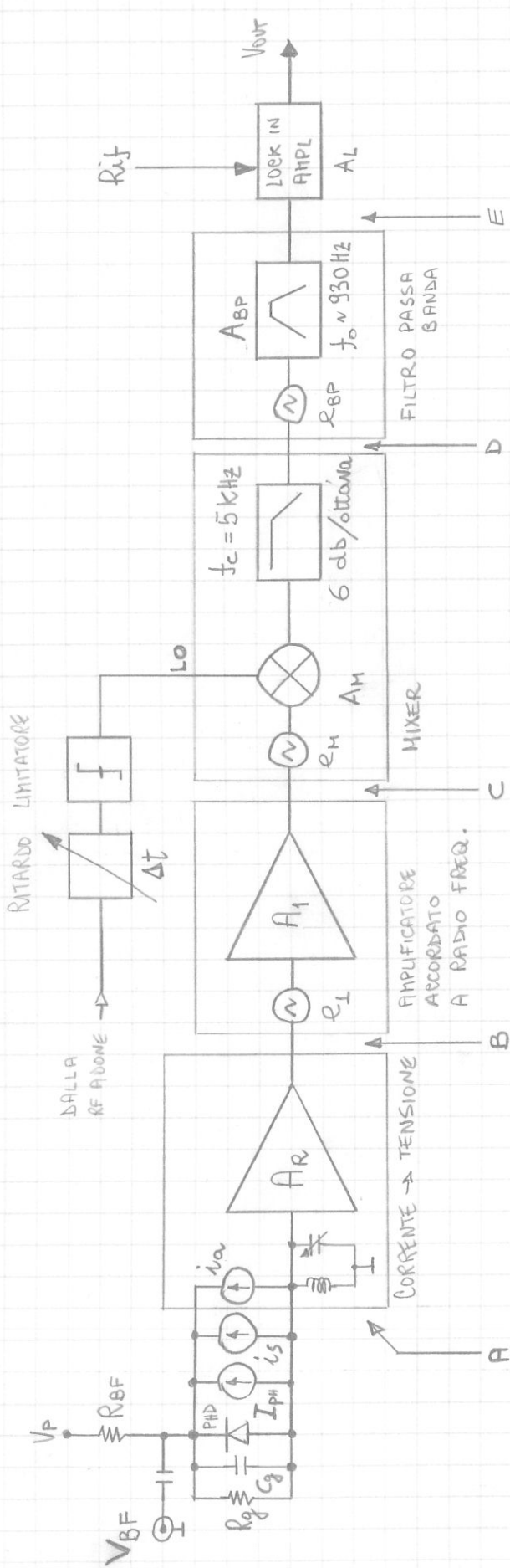


TITOLO CARATTERISTICHE DEL SISTEMA PER LA MISURA DEL GUADAGNO DI CELA

NOME R. BONI, S. DE SIMONE S. FORTEBRACCI, M. SERIO



RESISTENZA EQ. DI INGRESSO

GUADAGNO

RESISTENZA EQ.

BANDA EQ. DI RUVIDORE

FONDO SCALA = 10V

NBL

ABP

NBbp

AM

NBm

A1

NB1

AR

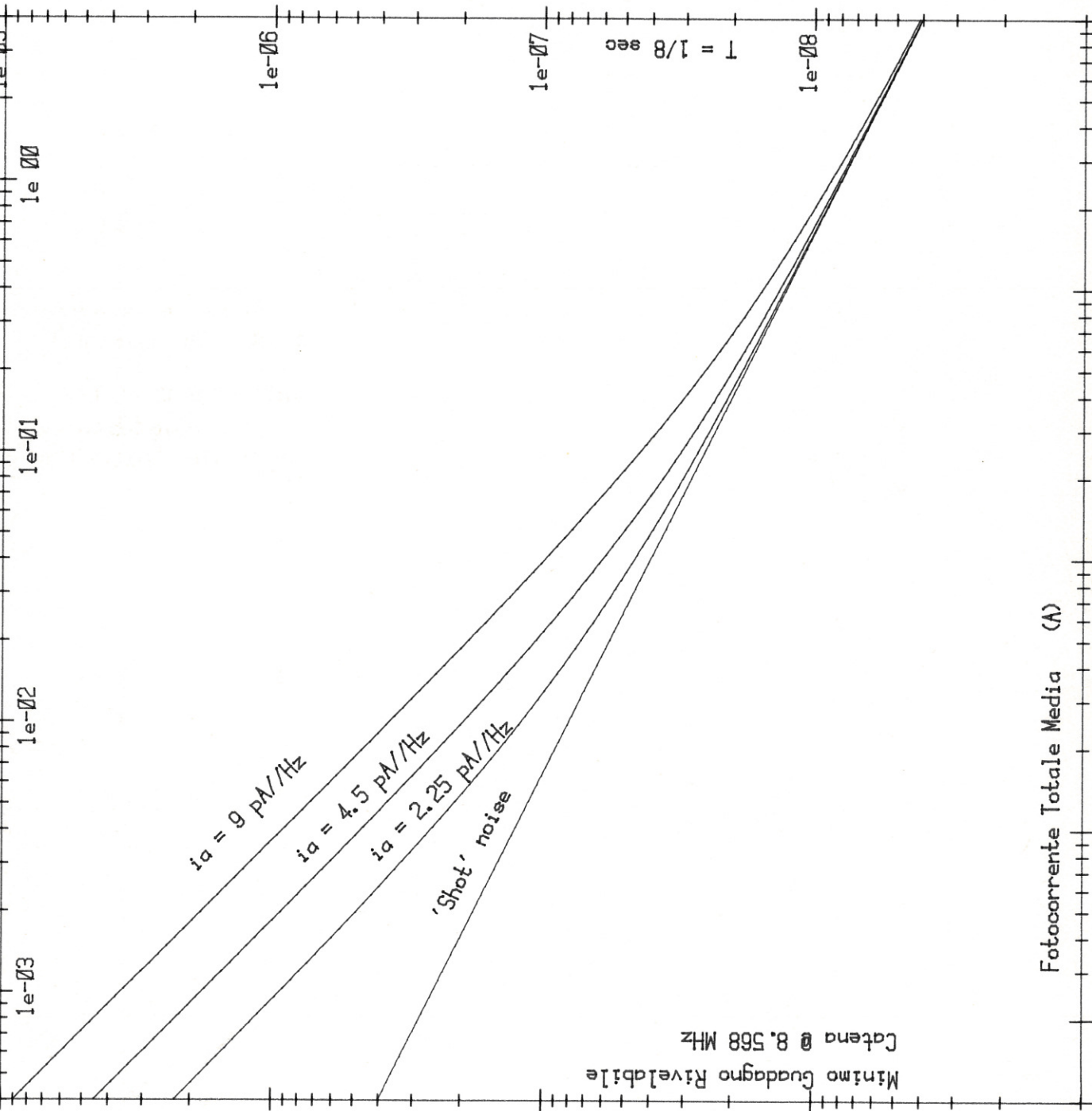
NBR

$R_{Rr} = A_R R_{in}$

TITOLO

	SIMBOLO	CATENA RF <sub>1/3</sub>	CATENA RF	UNITA'
<b>* FOTODIODO</b>	PHD	FND 100 (EG46)	5882-4204	
Responsività @ $\lambda = 5145 \text{ \AA}$	R <sub>q</sub>	~ 0.3	~ 0.3	mA/mW
Resistenza Shunt	R <sub>g</sub>	~ <math>10^7</math>	~ <math>10^{11}</math>	$\Omega$
Capacità parallela	C <sub>g</sub>	8.5	2	pF
Tensione di polarizzazione	V <sub>p</sub>	30	24	Volt
Densità di corrente di rumore shot	i <sub>s</sub>	~ <math>18.5 \sqrt{V_{BF}}</math> (picco Volt)	~ <math>28 \sqrt{V_{BF}}</math> (picco Volt)	PA/√Hz
Corrente massima ( $\lambda = 5145 \text{ \AA}$ ) media	i <sub>M</sub>	0.5	3.7	mA
Resistenza sequale BF	R <sub>BF</sub>	2200	200	$\Omega$
<math>\langle i_{TOT} \rangle = K V_{BF}</math> picco	K	2.27 · 10 <sup>-4</sup>	2.5 · 10 <sup>-3</sup>	mho
<b>* CONVERTITORE CORRENTE - TENSIONE</b>				
Resistenza equivalente di ingresso (sequale)	R <sub>in</sub>	~ 17	~ 2.2	k $\Omega$
Guadagno (sequale)	A <sub>R</sub>	~ 1.5	~ 70	mv/mv
Resistenza equivalente (V <sub>OUT</sub> = R <sub>e</sub> · I <sub>PH</sub> )	R <sub>e</sub>	25.9	156	k $\Omega$
Frequenza di accordo	f <sub>LO</sub>	2.856	8.568	MHz
Banda di rumore	NBR	4.5 · 10 <sup>4</sup>	2.9 · 10 <sup>6</sup>	Hz
Densità di rumore equivalente di ingresso	i <sub>a</sub>	3.7	4.5	PA/√Hz
Tensione di saturazione di uscita	V <sub>SR</sub>		> 100	mV rms
<b>* AMPLIFICATORE ACCORDATO</b>				
Guadagno	A <sub>1</sub>	30	50	mv/mv
Frequenza di accordo	f <sub>LO</sub>	2.856	8.568	MHz
Banda di rumore	NB <sub>1</sub>	6.9 · 10 <sup>4</sup>	6.7 · 10 <sup>5</sup>	Hz
Densità di rumore equivalente di ingresso	e <sub>1</sub>	~ 1.3	~ 0.9	mv/√Hz
Tensione di saturazione all'ingresso	V <sub>S1</sub>	~ 3.3	~ 10	mv rms
<b>* MIXER</b>				
Oscillatore locale	LO	2.856	8.568	MHz
Ritardo specifico $\Delta\varphi = \omega_L \Delta t$	$\omega_L$	1.79 · 10 <sup>-2</sup>	5.38 · 10 <sup>-2</sup>	rad/msec
Guadagno (A <sub>M</sub> = A <sub>MO</sub> cos Δφ)	A <sub>MO</sub>	~ 6		mv/mv
Densità di rumore equivalente ingresso "RF"	e <sub>M</sub>	~ 0.17		μV/√Hz
Banda di rumore	NB <sub>M</sub>	7.8 · 10 <sup>3</sup>		Hz
Angolo 1/f <sub>1</sub> (flicker noise)	f <sub>LM</sub>	~ 30		Hz
<b>* FILTRO PASSA BANDA (OPZIONALE)</b>				
Guadagno a centro banda	A <sub>BP</sub>	~ 3		mv/mv
Frequenza centrale	f <sub>BP</sub>	930		Hz
Rotazione di fase $\Delta\varphi_{in} = R_{BP} (f_{in} - f_{BP})$	R <sub>BP</sub>	1.41		gradi/Hz
Banda di rumore	NB <sub>BP</sub>	100		Hz
Densità di rumore equivalente di ingresso	e <sub>BP</sub>	non misurabile		
Angolo 1/f <sub>1</sub> (flicker noise)	f <sub>LB</sub>	2.7		Hz
<b>* LOCK-IN</b>				
Costante di tempo	T	1-3-10-30-100		msec - sec
Banda di rumore (filtro a 6db/ottava)	NBL	1/4T		
Banda di rumore (filtro a 12 db/ottava)	NBL	1/8T		
Tensione di fondo scala		1-2-5-10-20-50-100		μV - mV - V

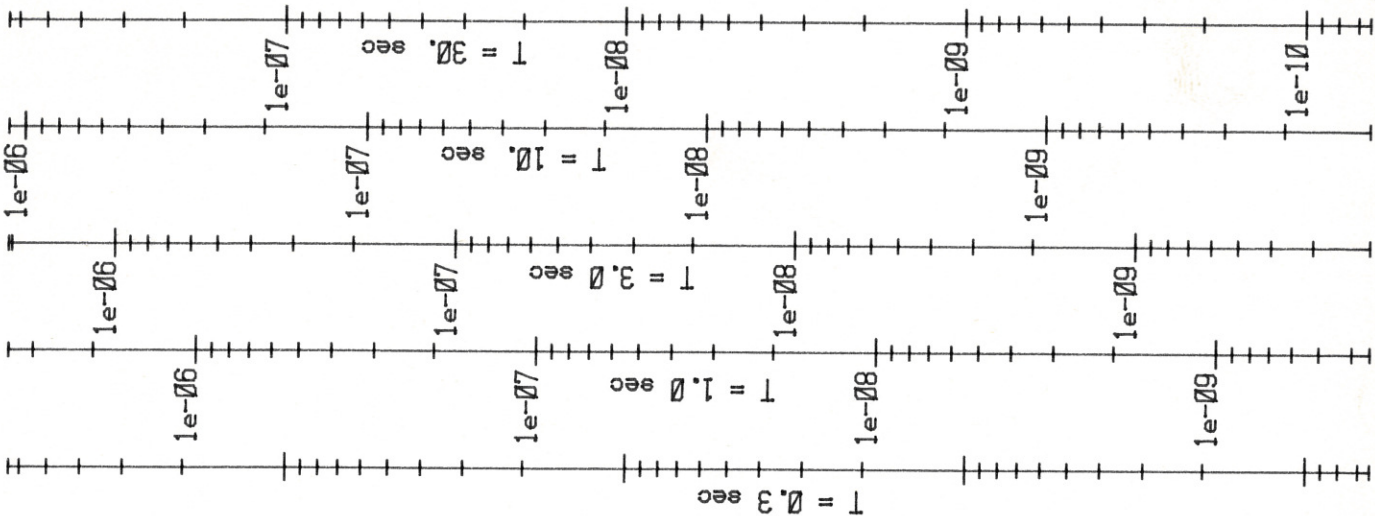
Tensione BF (V picco)



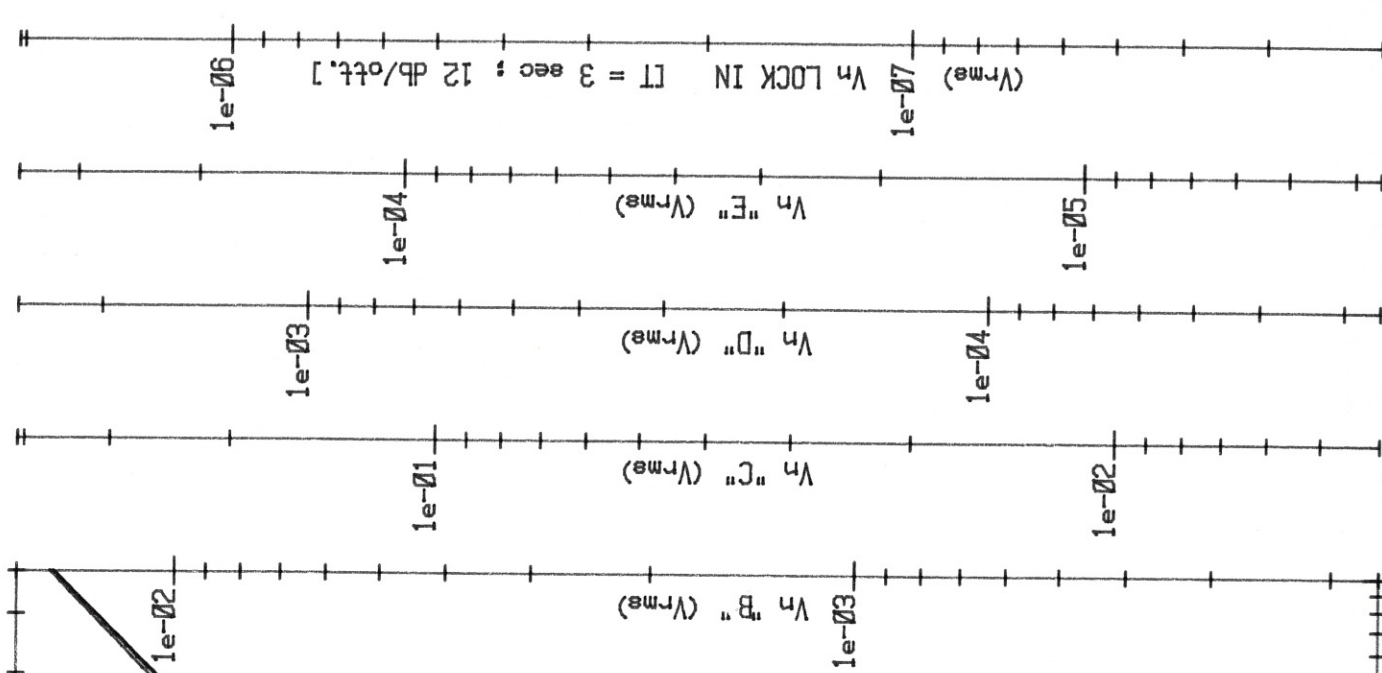
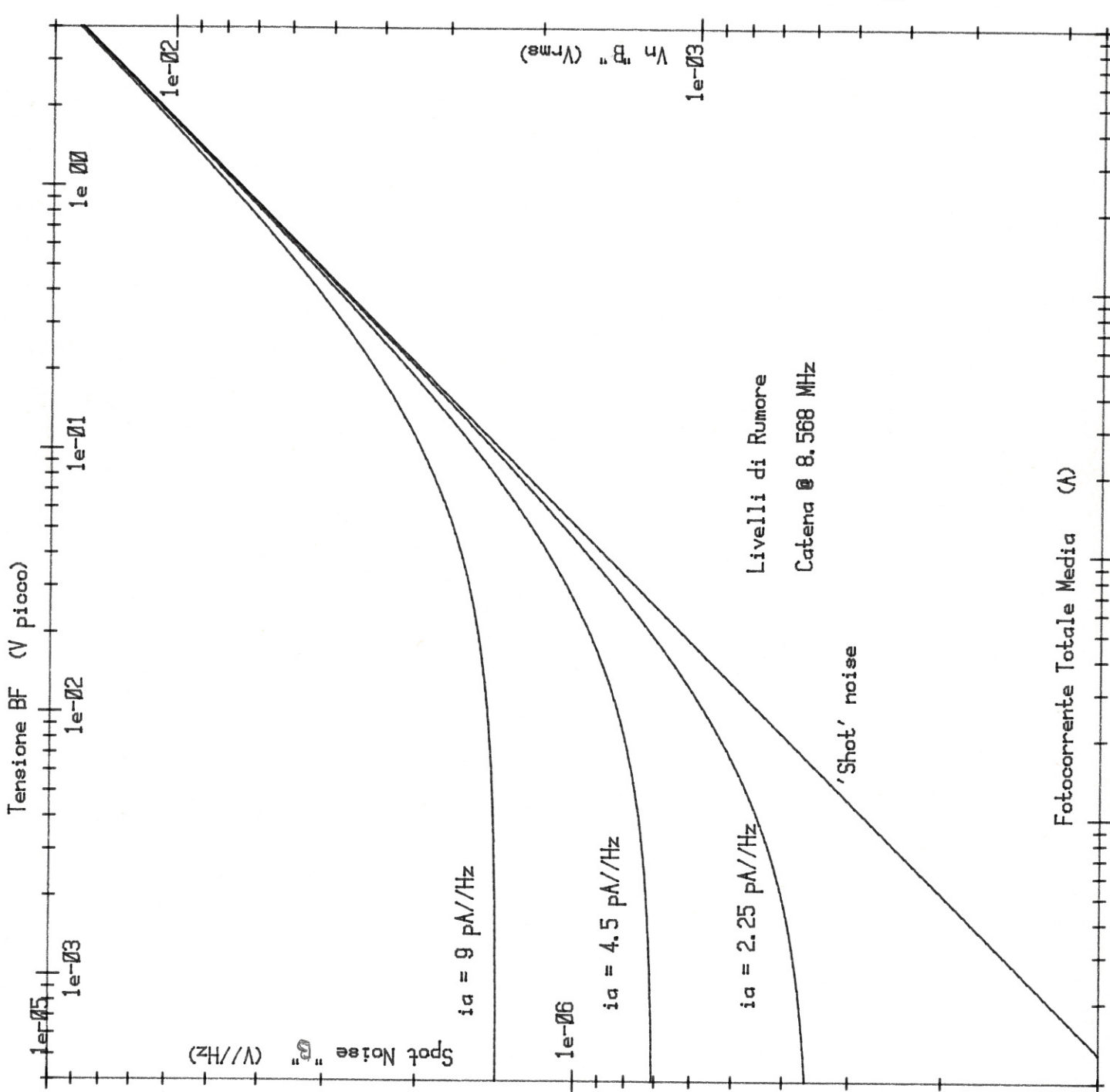
Minimo Guadagno Rivelabile  
Catena @ 8.568 MHz

Fotocorrente Totale Media (A)

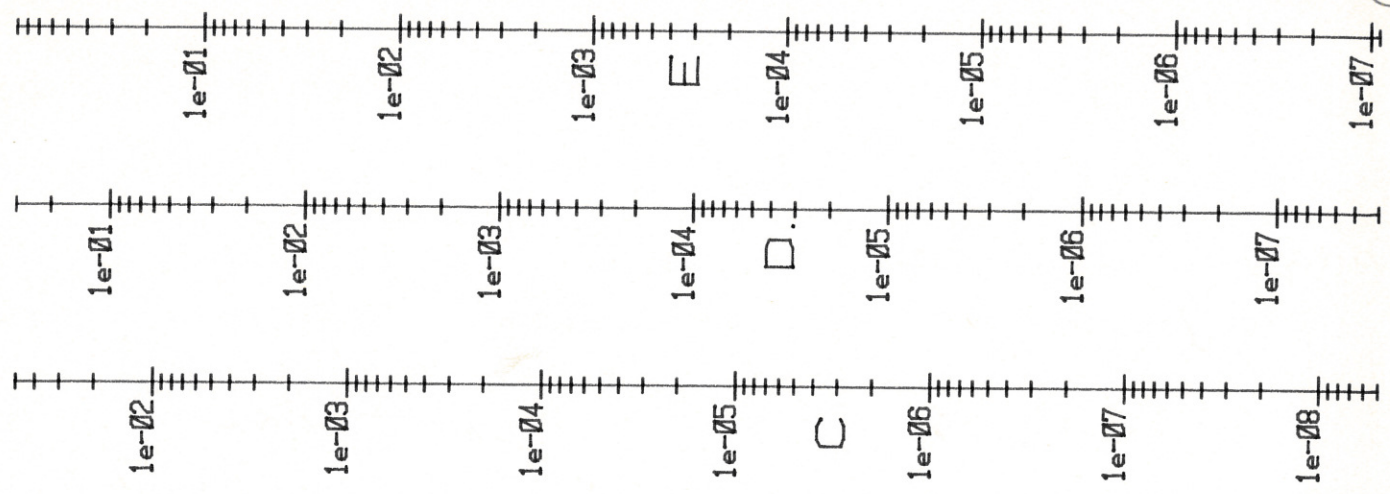
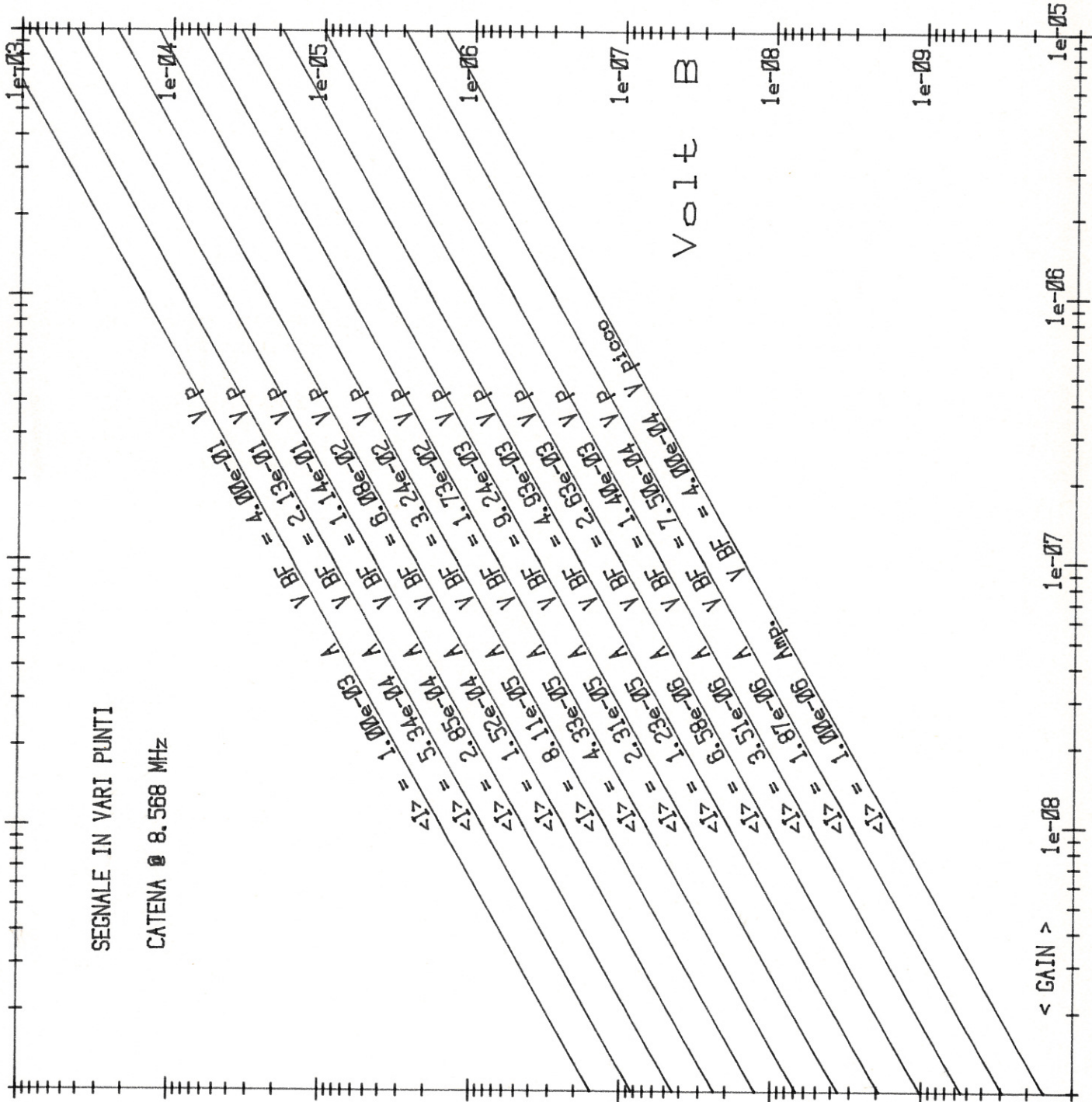
1e-05 1e-04 1e-03 1e-02

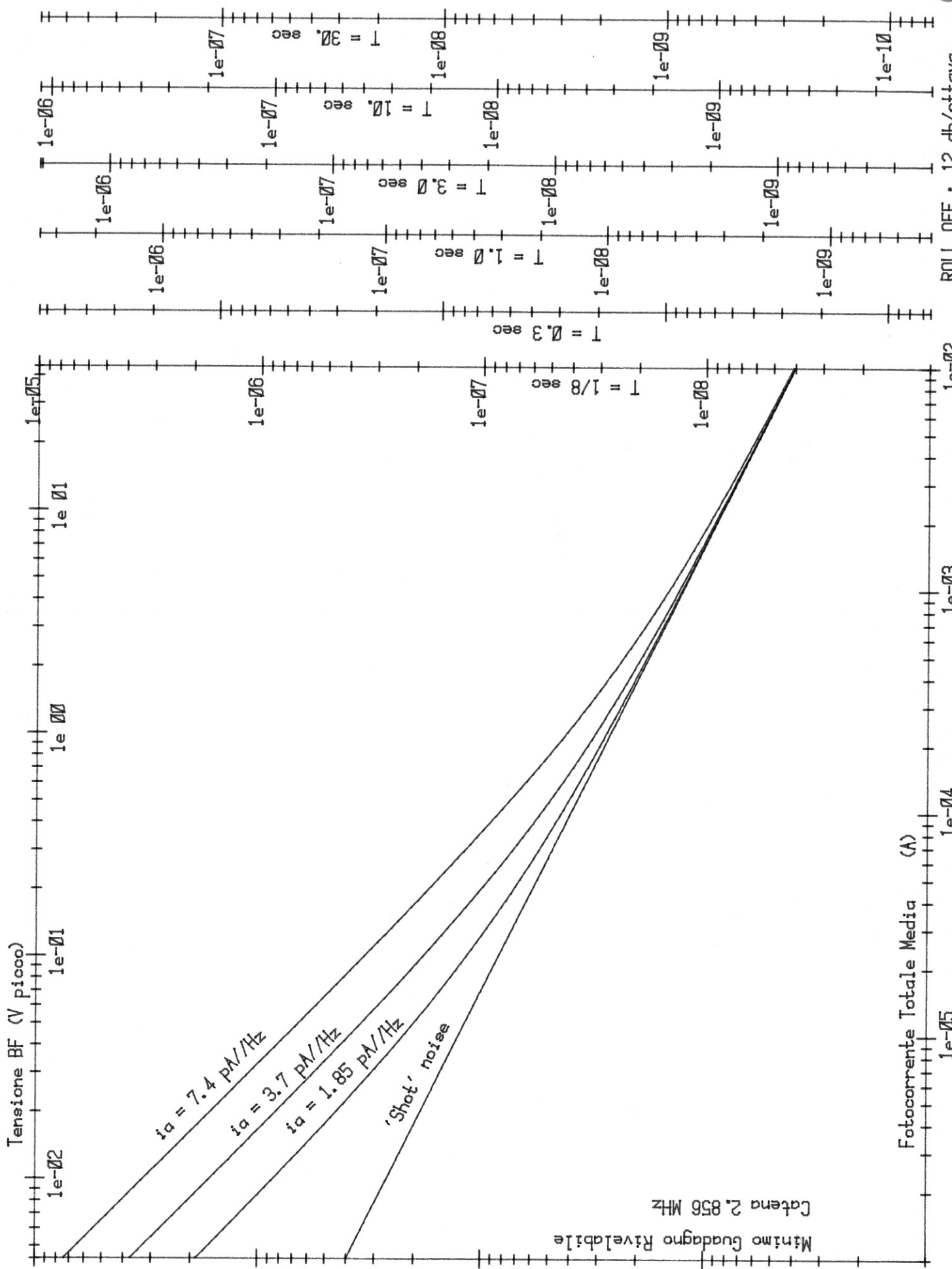


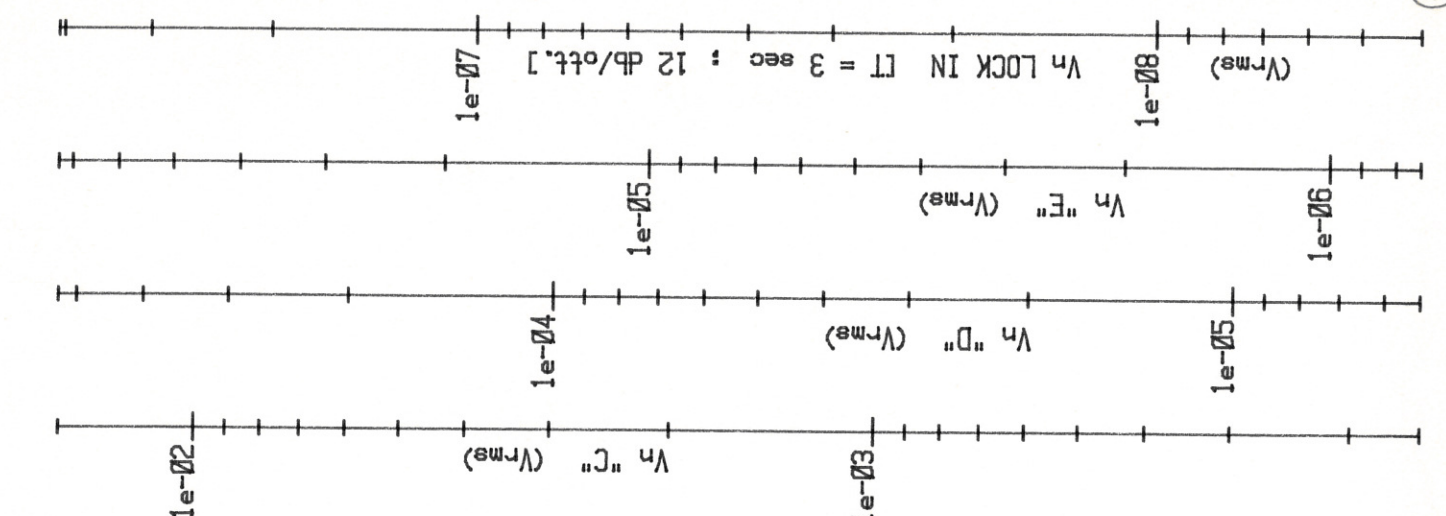
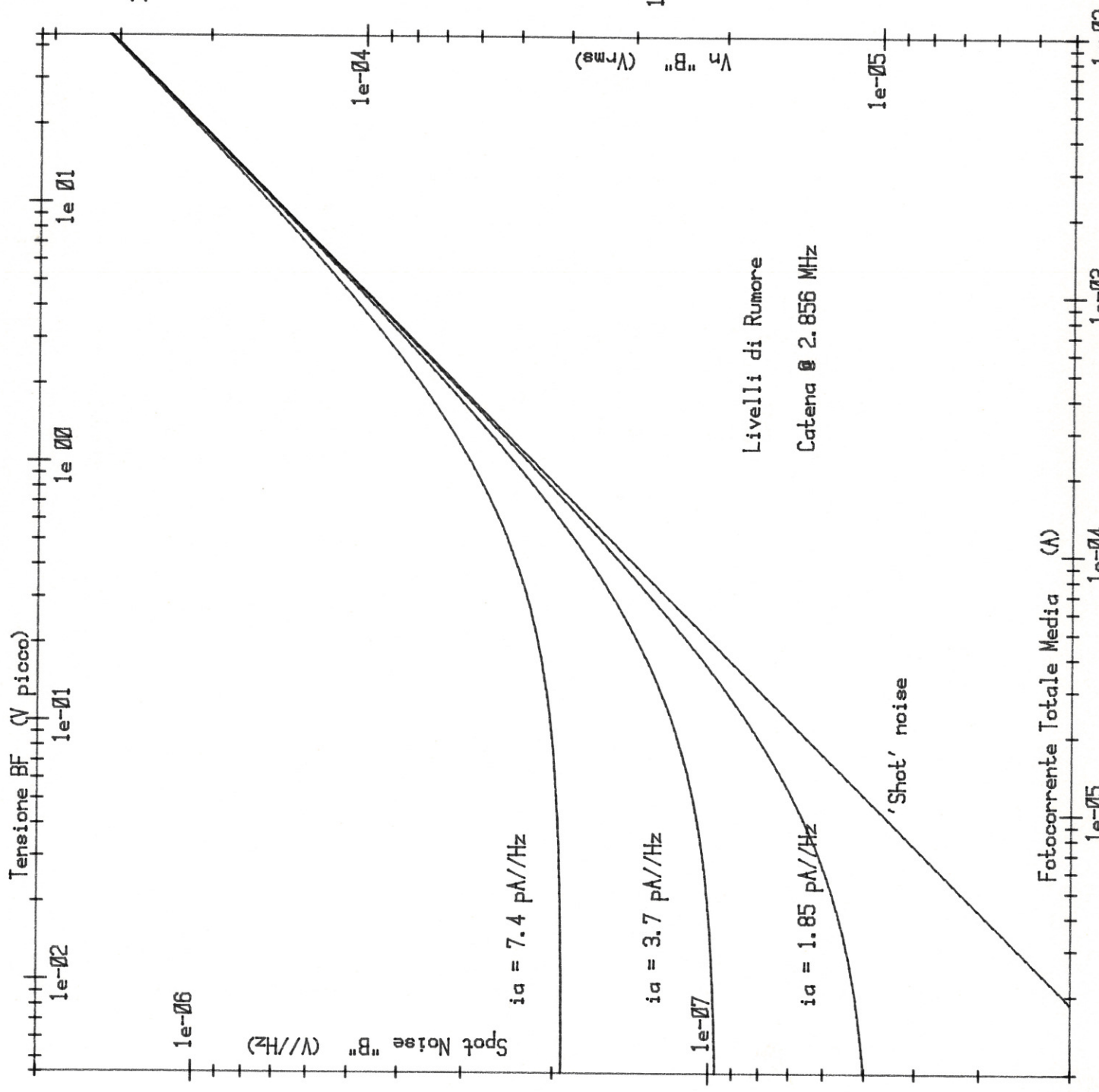
1e-06 1e-07 1e-08 1e-09 1e-10



Fotocorrente Totale Media (A)

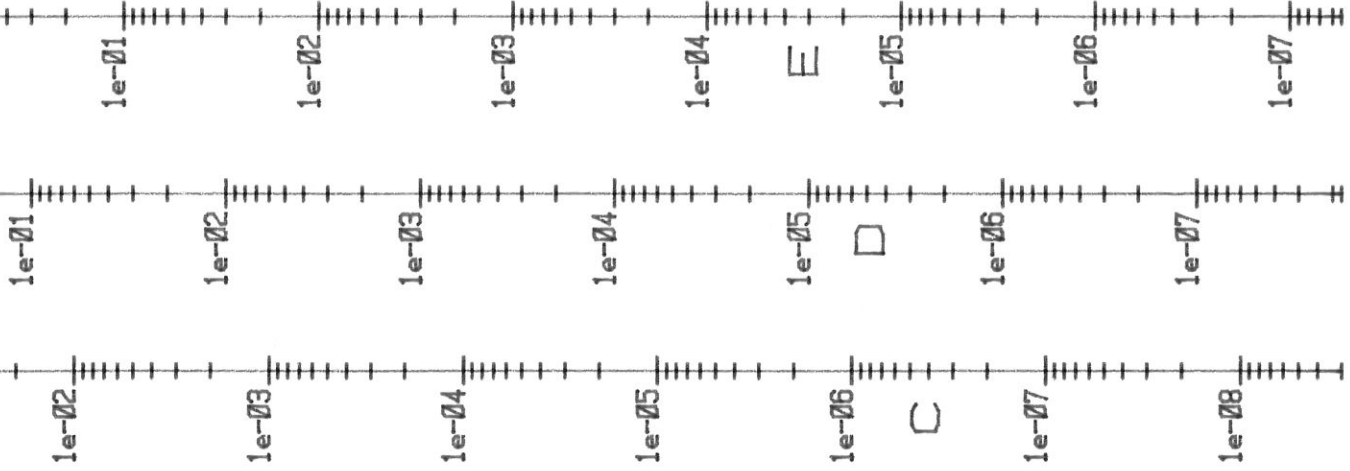
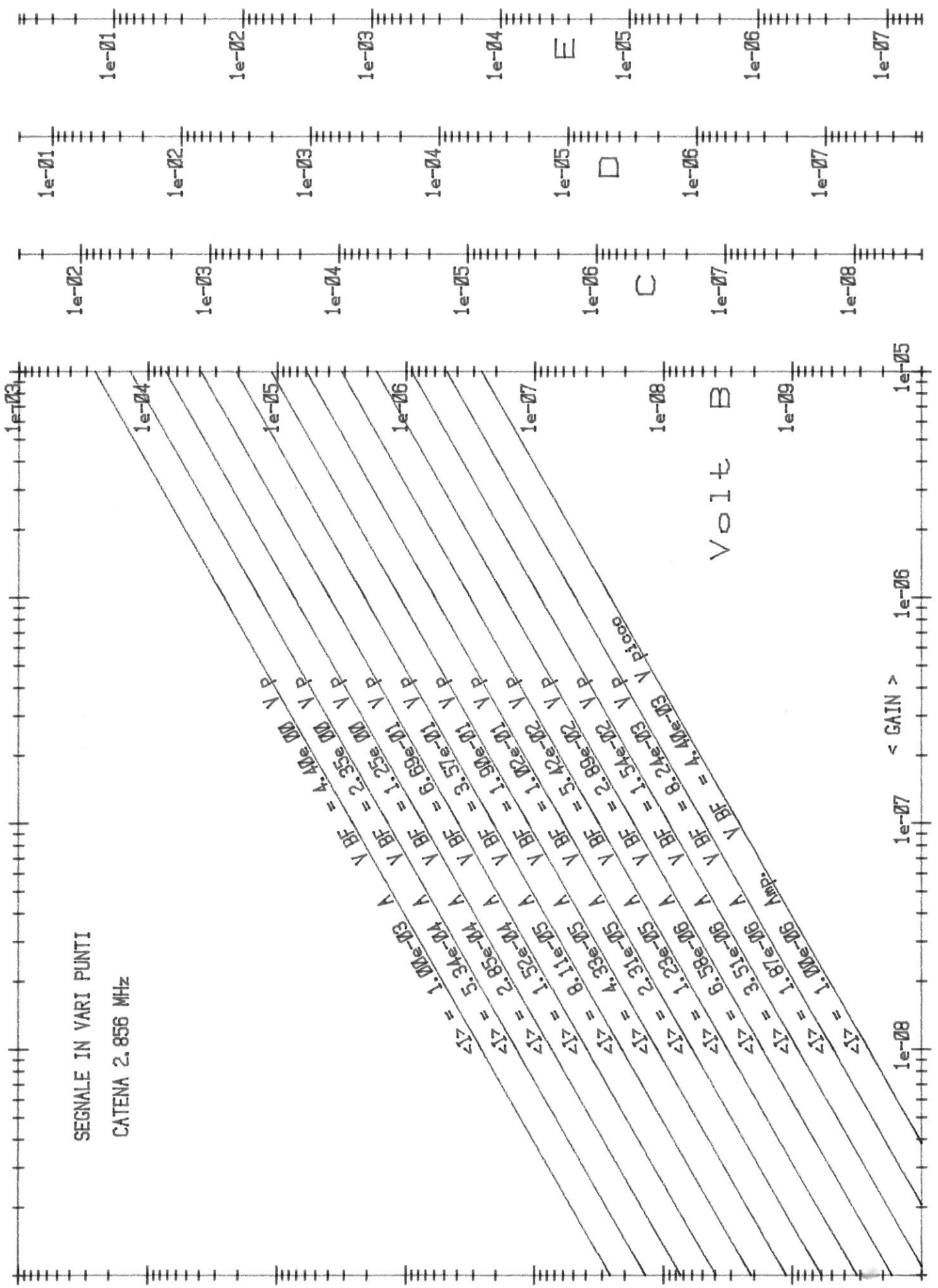






SEGNALE IN VARI PUNTI

CATENA 2.856 MHz





TITOLO

MINIMO GUADAGNO MISURABILE  $G^*$  in funzione della fotocorrente totale media (figure di pagg. 3, 6),

- Si assume che il rumore 'elettronico' sia tutto generato nello stadio iniziale (convertitore corrente-tensione) della catena elettronica.

Questo rumore viene schematizzato per mezzo del generatore (fittizio!) di corrente di rumore con densità  $i_n$  ( $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ ).

= Al rumore della catena va aggiunto il rumore 'shot' associato alle fotocorrente, con densità  $\sqrt{2q\langle i_T \rangle}$  ( $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$ )

( $q = \text{carica dell'elettrone} \approx 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $\langle i_T \rangle = \text{fotocorrente totale media}$ )

- Il SEGNALE utile alla fine della catena di rivelazione è dato da  $G \langle i_{\text{LASER}} \rangle$ , con  $G$  guadagno medio e  $\langle i_{\text{LASER}} \rangle = \text{fotocorrente media dovuta alla radiazione Laser}$ .

N.B.:  $\langle i_{\text{LASER}} \rangle \approx \langle i_T \rangle$

- RAPPORTO SEGNALE/RUMORE  $\frac{S}{N} \approx \frac{(G \langle i_T \rangle)^2}{(2q \langle i_T \rangle + i_n^2) N_{BL}}$  (1)

con  $N_{BL} = \text{Banda equivalente di rumore del lock-in}$

( $N_{BL} = 1/8T$  dove  $T$  è la costante di tempo del lock-in, col suo filtro sintonizzato a 12 db/ottava)

- Quando  $S/N = 1$ , avremo il minimo guadagno rivelabile,  $G^*$

$$G^* = \sqrt{\left( \frac{2q}{\langle i_T \rangle} + \frac{i_n^2}{\langle i_T \rangle^2} \right) N_{BL}} \quad (2)$$

Valori misurati di  $i_n$  sono  $i_n \approx 3.7 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$  - Catena RF/3

$i_n \approx 4.5 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$  - Catena RF

TITOLO

NOME

Nelle figure delle pagine 3,6  $G^*$  viene riportato in funzione di  $\langle i_T \rangle$  per diversi valori di  $i_a$  corrispondenti a: solo rumore shot; corrente di rumore nominale; metà corrente di rumore nominale; il doppio della corrente di rumore nominale. Si vede che il rumore dell'amplificatore è dominante per piccole intensità di  $\langle i_T \rangle$ , mentre il rumore shot prevale per valori grandi di  $\langle i_T \rangle$ . Il cambio di pendenza avviene in corrispondenza delle condizioni:

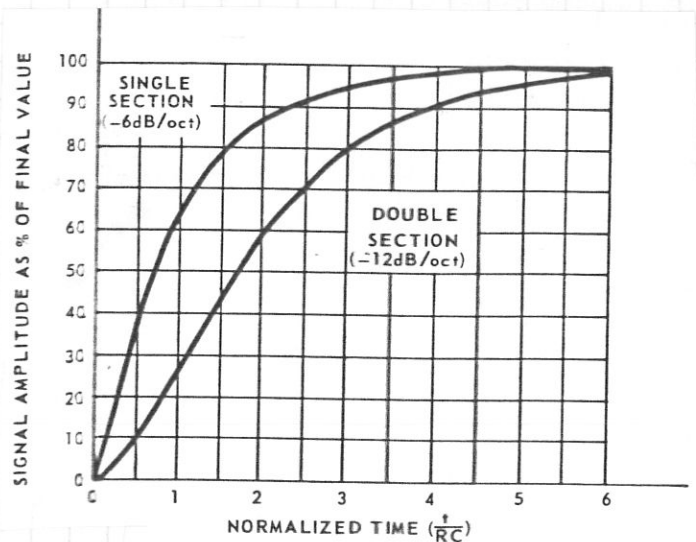
$$\langle i_{T*} \rangle = \frac{i_a^2}{2q} \quad ; \quad \langle i_{T*} \rangle \approx 3.13 \cdot 10^{18} i_a^2 \quad (3)$$

cui corrisponde  $\langle i_{T*} \rangle = \begin{cases} \sim 40 \mu A & \text{con le catene a } RF/3 \\ \sim 60 \mu A & \text{con le catene a } RF \end{cases}$

- Le diverse scale verticali riportano ai valori di  $G^*$  ottenibili con varie costanti di tempo del lock-in.

N.B. Il tempo richiesto perché il lock-in si stabilizzi

al valore del segnale di ingresso è dato da circa 5 costanti di tempo (vedi figure a lato).



LOW-PASS FILTER RESPONSE TO STEP INPUT

TITOLO

LIVELLI DI RUMORE in funzione della fotocorrente totale media e per vari valori del rumore di ingresso (pagine 4, 7).

Si suppone che tutto il rumore della catena dipenda dalle correnti  $i_c$  e delle correnti shot.

Le diverse scale verticali riportano ai vari punti della catena dove il rumore rms viene amplificato (attenuato) secondo la relazione

$$\text{Amplificazione (attenuazione) del rumore} = \text{Guadagno} = \sqrt{\frac{BN_{OUT}}{BN_{IN}}}$$

con BN bande equivalente di rumore.

Si noti come il rumore rms si approssima in corrispondenza delle correnti  $\langle i_T^2 \rangle$ , date dalle (3).

N.B. la fotocorrente totale media non può superare un valore massimo che corrisponde a  $\approx 1/2$  mA per il fotodiode della catena a RF/3 e  $\approx 3.5$  mA per quello della catena a RF, tuttavia riteniamo che queste vadano intese come soglie di danneggiamento e che la fotocorrente totale media debba essere mantenuta al valore più basso compatibilmente coi livelli misurabili.

TITOLO

NOME

SEGNALI IN VARI PUNTI DELLA CATENA, in funzione del guadagno medio e a vari valori delle fotocorrenti totale medie.

Si assume che il SEGNALE è  $G \langle I_{LASER} \rangle \cong G \langle I_T \rangle$ .

Per i simboli riferirsi allo schema e blocchi di pag. 1 e alle tabelle di pag. 2

$$\text{PUNTO B : } G \langle I_T \rangle R_e$$

$$C : G \langle I_T \rangle R_e \cdot A_1$$

fino a questo punto il "segnale" utile è una modulazione su una portante (radiazione spontanea) a  $RF/3$  ( $RF$ )

$$\text{PUNTO D : } G \langle I_T \rangle R_e A_1 A_M$$

Qui il segnale è stato demodulato e riportato in basse frequenze

$$\text{PUNTO E : } G \langle I_T \rangle R_e A_1 A_M A_{BP}$$

l'amplificatore basse bande serve solo per limitare il rumore all'ingresso del lock-in e a evitare che venga sovraccaricato. È consigliabile non usarlo, in quanto piccole variazioni di frequenza del chopper sul laser comportano una rotazione di fase (rispetto al riferimento e il segnale) di circa  $1.4 \cdot \Delta f_{ch}$  (radi) ed una corrispondente variazione del guadagno del lock-in (come  $\cos \Delta \varphi$ ).