

# RUMORE FLICKER - $1/f$

21 GEN

ANCORA NON È TUTTO SPIEGATA L'ORIGINE

→ NEI MOS, SECONDO MODELLO DI Mc WHORTER, È LEGATO ALL'INTRAPPAMENTO DI CARICHE NEI DIFETTI DELL'OSSIDO

↳ DALLA SOVRAPPOSIZIONE DI DIVERSI SPETTRI LAURENZIANI (TROVATI PER IL RUMORE GR) SI OTTIENE RUMORE  $1/f$

QUESTA TEORIA TROVA VERIFICA SPERIMENTALE:

- MIGLIORANDO LA QUANTITÀ DELL'OSSIDO → RIDUCCO  $1/f$
- RIDUCENDO DIMENSIONI DEL CANALE → RIDUCCO CANALE,  $1/f$  AUMENTA

OSSERVAZIONE: SECONDO MODELLO DI McWHORTER UNA TRAPPOLA HA MAGGIOR PESO SE È LOCALIZZATA SUL DRAIN, PERCHÉ LE CARICHE IN QUEL PUNTO HANNO UNA MINORE DENSITÀ

Modello di Hooge INTRODUCE LE FLUTTUAZIONI TEMPORALI DELLA MOBILITÀ COME FATTORE AGGIUNTIVO AL RUMORE  $1/f$  (CARICA INTRAPPOLATA IN FLETTURA E VICINO)

# H<sub>p</sub> DISTRIBUZIONE UNIFORME DI TRAPPOLE NEU'OSSIDO, IN SENSO SPAZIALE ED ENERGETICO

utilizzo fermi dirac

→ nell'ossido indica le trappole occupate

→ nel silicio indica gli stati occupati

probabilità riemissione  $P$ , dopo cattura

→ nell'ossido →  $P = \int_0^\infty \frac{dt}{\tau^-}$

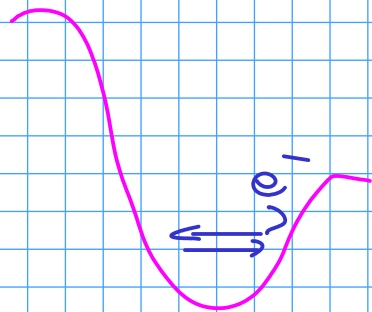
probabilità occupazione  
trappola per tempo trascorso  
rispetto a durata cattura

→ dal silicio →  $P = \int_0^\infty \nu_p (1 - f_s) dt$

prob. stato  
libero nel silicio

↑  
↑  
↑  
probabilità uscita dopo urto  
frequenza urti

bucca di potenziale



ogni urto aumenta prob. di uscita  $P$   
 $\nu$  numero di urti a secondo

UNISCO I QUE PASSAGGI, CON HP  $f_{ox} = f_s$

$$P = \cancel{f} \frac{\cancel{dt}}{z^-} = \cancel{f} v_p (1 - \cancel{f}) \cancel{dt} \rightarrow \boxed{z^- = \frac{1}{v_p (1 - f)}}$$

FERMI DIRAC PUO' ESSERE ESPRESSA:

$$f = \frac{z^-}{z^+ + z^-} = \frac{\text{TEMPO OCCUPAZIONE TRAPPOLO}}{\text{TEMPO TOTALE}}$$

$$z^- = \frac{1}{v_p (1 - f)} = \frac{1}{v_p \left(1 - \frac{z^-}{z^+ + z^-}\right)} = \frac{z^- + z^+}{v_p z^+}$$

RISCRIVO:

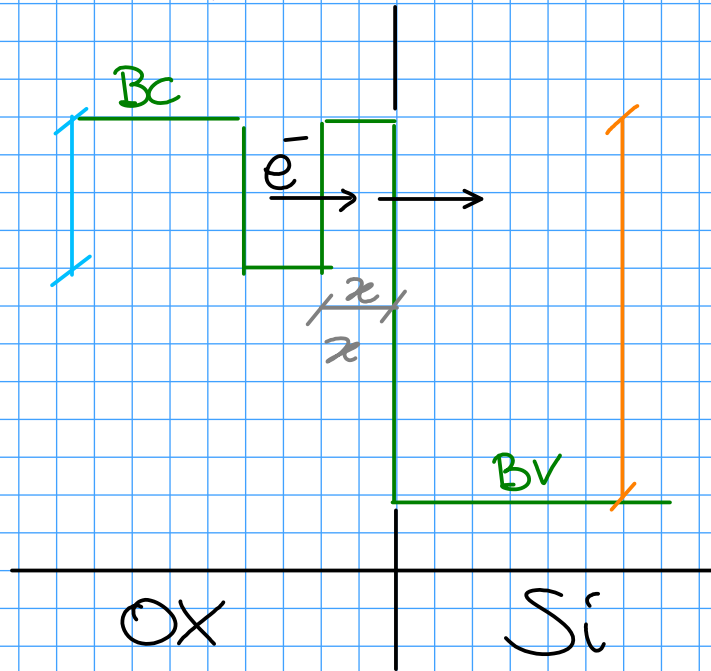
$$\boxed{z^* = \frac{1}{v_p}}$$

$$\text{CON } z^* = \frac{z^+ z^-}{z^+ + z^-} \text{ "PARAMETRO" DEI TEMPI}$$

$$\tau^* = \frac{l}{v_p}$$

PROBABILITÀ DI FUGA LEGATA A SPESORE  
OSSIDO

DA TEORIA EFFETTO TUNNEL SI TROVA  
DIPENDENZA ESPONENZIALE DECRESCENTE



$$p \propto e^{-x/l}$$

↑ ENERGIA E TIPO  
BARRIERA

$$\tau^* \propto \frac{1}{v e^{-x/l}} = \tau_0 e^{x/l}$$

$$\tau^* = \tau_0 e^{x/l}$$

come visto per il rumore GR → ogni costante tempo mi  
fornisce diverso spettro

calcolo DSP

$$S_I = \frac{\tau^*}{1 + (\omega \tau^*)^2}$$

CALCOLO DSP  $\rightarrow$  FOURIER E INTEGRO SUI VARI CONTRIBUTI

$S_I$  = SOVRAPPOSIZIONE DEI CONTRIBUTI DELLE DIVERSE COSTANTI DI TEMPO

$$S_I = \int_0^{+\infty} \frac{z^*}{1 + (\omega z^*)^2} \underbrace{\frac{dN}{dz^*}}_{\text{DENSITA' TEMPORALE DI TRAPPOLE}} dz^*$$

SU TUTTE LE TRAPPOLE,  
SAREBBE INTEGRALE IN  $dN$

$$\frac{dz^*}{dz} = z_0 \frac{1}{\lambda} e^{z/\lambda} = \frac{z^*}{\lambda}$$

$$\frac{dN}{dz^*} = \frac{dN}{dz} \cdot \frac{dz}{dz^*} = \frac{C}{\frac{dz^*}{dz}} = C \frac{\lambda}{z^*}$$

PER L'IPOTESI DI  
DISTRIBUZIONE  
UNIFORME DELLE  
BUCCHE DA  $0$  A  $+\infty$

$$S_H = \int_0^{+\infty} \frac{\cancel{z^*}}{1 + (\omega \cancel{z^*})^2} \cdot c \frac{\lambda}{\cancel{z^*}} dz^*$$

$$S_H = c \lambda \int_0^{+\infty} \frac{1}{1 + z^{*2} \omega^2} dz^*$$

CAMBIO VARIABLE

$$y = z^* \omega$$

$$dz^* \omega = dy$$

$$= c \lambda \int_0^{+\infty} \frac{1}{1 + y^2} \cdot \frac{1}{\omega} dy = \frac{c \lambda}{\omega} \left[ \arctan(y) \right]_0^{\infty}$$

$$S_H = \frac{c \lambda \pi}{2} \cdot \frac{1}{\omega}$$

OTTENGO ANDAMENTO COME  $1/f$

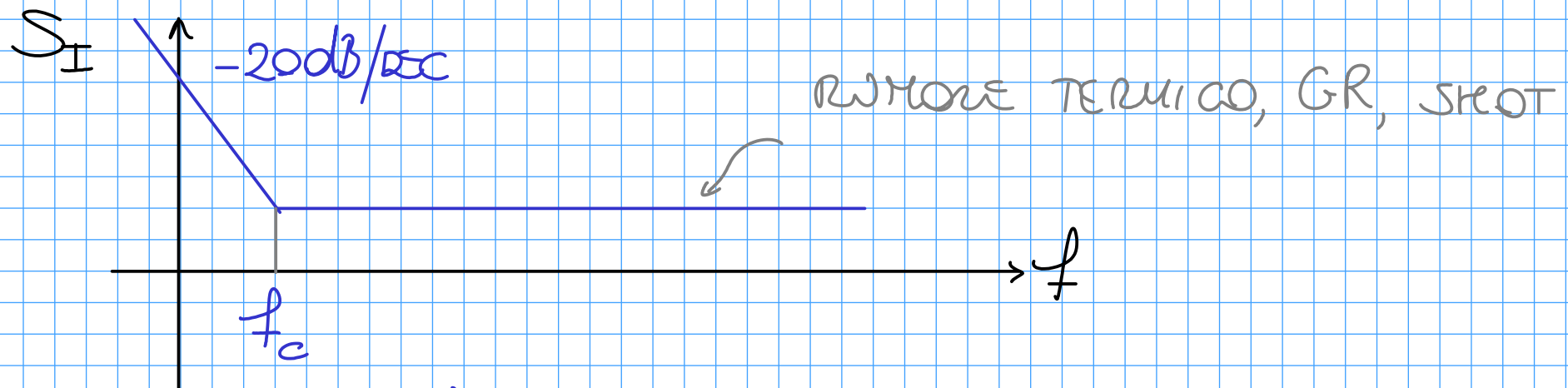
NOTA CON  $z$  INFINITESEME, RUMORE FUCKER SI ANNULLA  
PERCHÉ INTERVENGONO ALTRI ASPETTI ORA TRASCURIAMO

RICAPITOLANDO  $H_p$ :

→ TRAPPOLE UNIFORMEMENTE DISTRIBUITE (IN  $x$ ,  $E$ )

→ SU AMPIO NUMERO DI COSTANTI DI TEMPO

↓  
COMBINAZIONE SPETTRI GENERA RUMORE  $1/f$   
(ANCORA "VISIBLE" A 100 KHz)

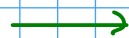


FREQUENZA DI CORNER  
(QUANDO  $1/f$  EGUAGLIA FONDO DI RUMORE)

OSSERVAZIONE: A CAUSA DI  $1/f$  NOS NON SONO INDICATI  
PER CAMPO AUDIO ( $f < 20\text{KHz}$ ), SONO PREFERIBILI JFET

# LEGGE DI HOOGE

DA METODO  
SPERIMENTALE



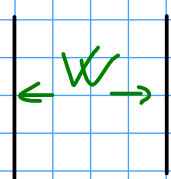
$$S_I = \frac{\alpha_H I^2}{N f}$$

RELAZIONE TRA RUMORE  
 $1/f$  E NUMERO  
PORTATORI  $N$

$\alpha_H$  COSTANTE DI HOOGE  
(PARAMETRO TECNOLOGICO)

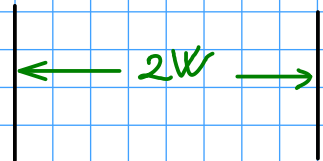
UTILIZZANDO RELAZIONE DI HOOGE È POSSIBILE VISUALIZZARE  
COMPORTAMENTO  $1/f$  AL VARIARE DI PARAMETRI GEOMETRICI

AUMENTO  $W$  MOS, COME CAMBIA  $1/f$  (A PARITÀ DI  $I$ )?



$$S_{I_1} = \frac{\alpha_H I_1^2}{N_1 f}$$

$$S_{I_1} = \frac{\alpha_H I^2}{\frac{N}{2} f} = \underline{\underline{\frac{2 \alpha_H I^2}{N f}}}$$



$$S_{I_2} = \frac{\alpha_H I_2^2}{N_2 f}$$

$$S_{I_2} = \frac{\alpha_H I^2}{\frac{N}{2} f} + \frac{\alpha_H I^2}{\frac{N}{2} f} = \frac{\alpha_H I^2}{N f}$$

CON:

$$I_1 = I_2 = I$$

AUMENTO  $W \rightarrow$  RIDUCCI  $1/f$

NOTA:

RAGIONAMENTO VALIDO CON  $H_p$  DI INCORRELATIONE DELLE  
CORRENTI NELLE DUE SEZIONI DEL CANALE



OSSERVAZIONE:

→ MIGLIORAMENTO TECNOLOGIA → RIDUCCI  $\alpha_H$  → RIDUCCI  $1/f$

RISULTATI IN ACCORDO CON MODELLO DI McWHORTER ( $1/f$  LEGATO A IMPURITA')

IN CONCLUSIONE, È POSSIBILE RAPPRESENTARE IL RUMORE IN ECCESSO (FUORI DALL'EQUILIBRIO) COME:

$$S_I = \frac{\alpha I^\beta}{f^\gamma}$$

FORMULA GENERALE

IN BASE A  $\alpha, \beta, \gamma$  RAPPRESENTO  
RUMORE SHOT O FUKER

SHOT →  $\gamma = 0, \beta \neq 0, \alpha = 2q$

FUKER →  $\alpha = \frac{\alpha_H}{N}, \gamma = 1, \beta = 2$

# NOTAZIONE PAZZA (UTILIZZATA IN LETTERATURA)

$$S_{\pm} = 2qI \left( \frac{f_c}{f} \right)^{\delta}$$

DA NON UTILIZZARE  
CONFONDE LE IDEE

SHORT  $\rightarrow \delta = 0$

FUKER  $\rightarrow \delta = 1, f_c \propto I$  PER ADJUSTARE LOSS