



**“Conferenza”
Le funzioni di
correlazione nella
scoperta dei segnali
idrofonicici in mezzo al
disturbo**

Relatore: C. Del Turco

già Dirigente

USEA / Alenia Elsig Sistemi Navali

1[^] conferenza
presso Accademia
Navale

-Aprile 2015-

2[^] conferenza
“ampliata” su
Nave Margottini
-Marzo

2016-

Anteprima

www.sonar-info.info

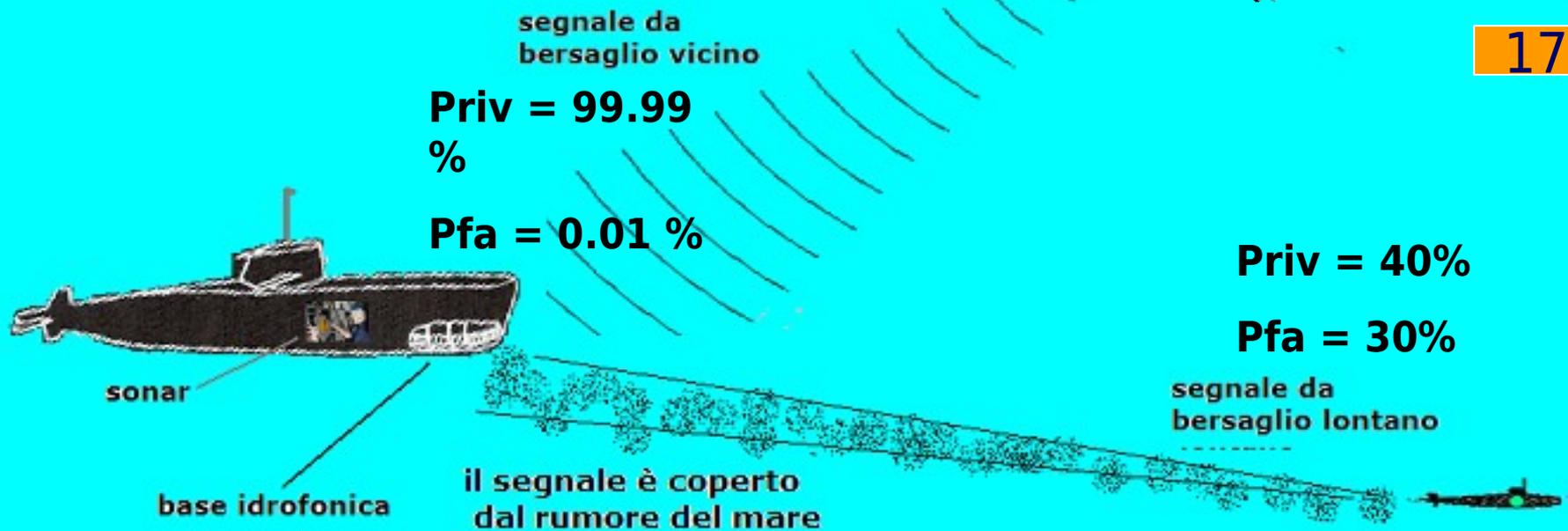
Anteprima

The background is a deep blue color. It features a subtle grid of thin, light blue lines. Overlaid on this grid are several thick, wavy, horizontal lines in a slightly darker shade of blue, creating a sense of depth and movement. The overall aesthetic is modern and digital.

Sui segnali idrofonici e sul

disturbo due delle caratteristiche unità di misura

Esempio di situazione operativa: il smg. in primo piano deve rivelare la presenza della nave e del smg. lontano



17

2

18

13

Le “ **funzioni di correlazione $C(\tau)$** ” sono algoritmi sviluppati da macchine (**correlatori**) che, tramite opportuni livelli numerici o di tensione, consentono l'individuazione di segnali elettrici specifici mascherati da disturbi a carattere **casuale**.

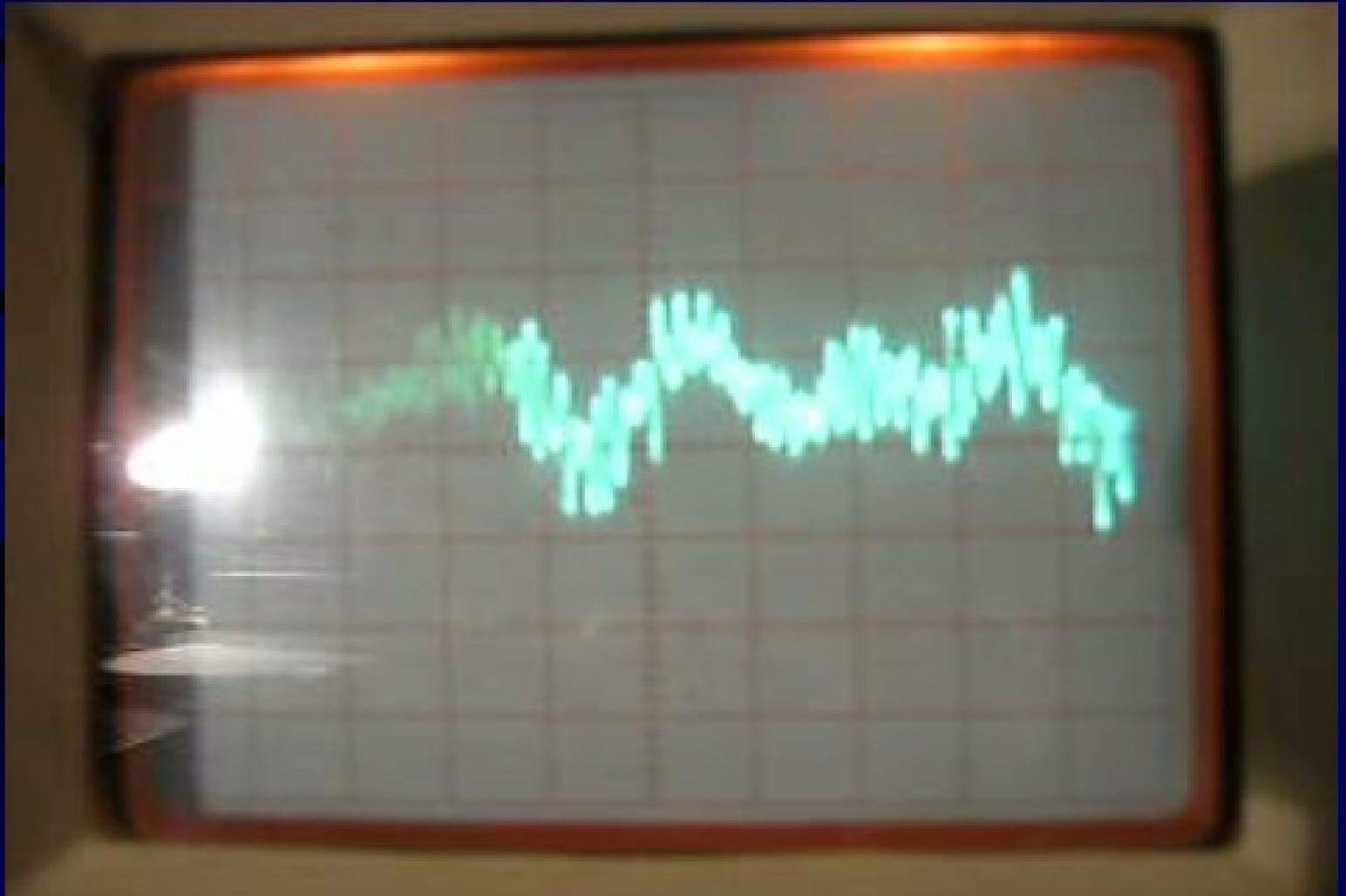
Se i segnali sono presenti tra i disturbi le macchine denunciano la presenza con un livello numerico o di tensione normalizzato $C(\tau) \pm \varepsilon$ tale che: $0 < C(\tau) \pm \varepsilon \leq 1$

Se i segnali sono assenti la presenza dei disturbi è evidenziata con un livello numerico o di tensione di rumore N che ondula di $\pm \varepsilon$ attorno al livello 0.

Segnale di ampiezza "S" con rumore casuale di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

$S = 1$

$N = 0.5$



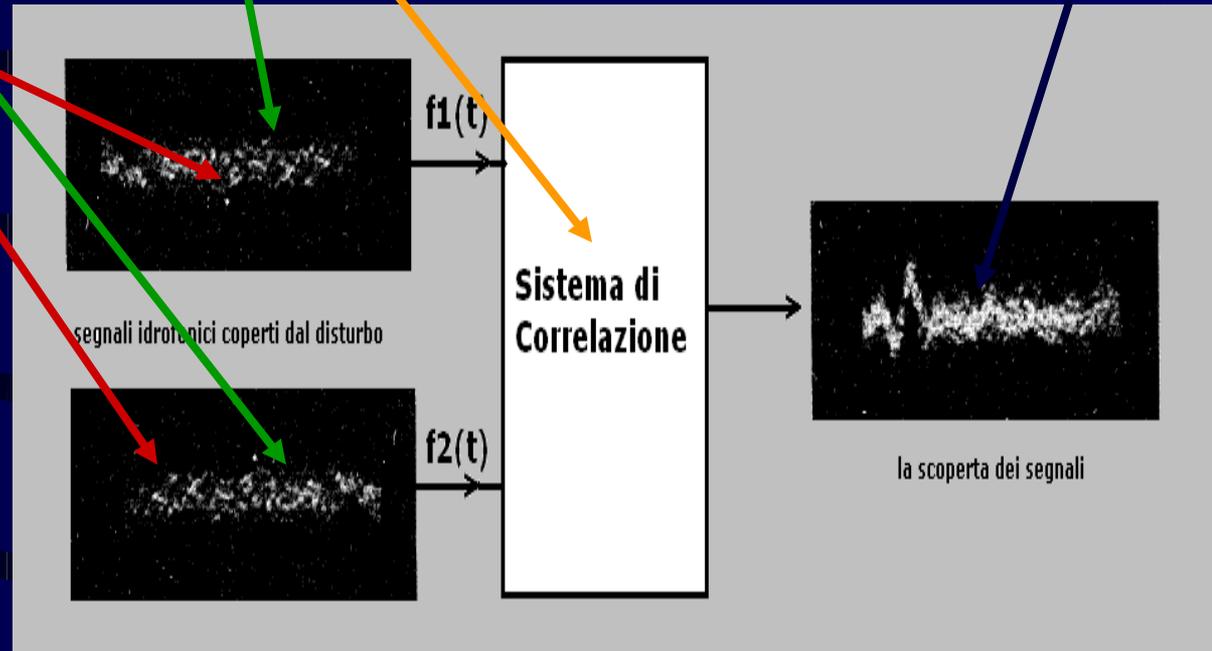
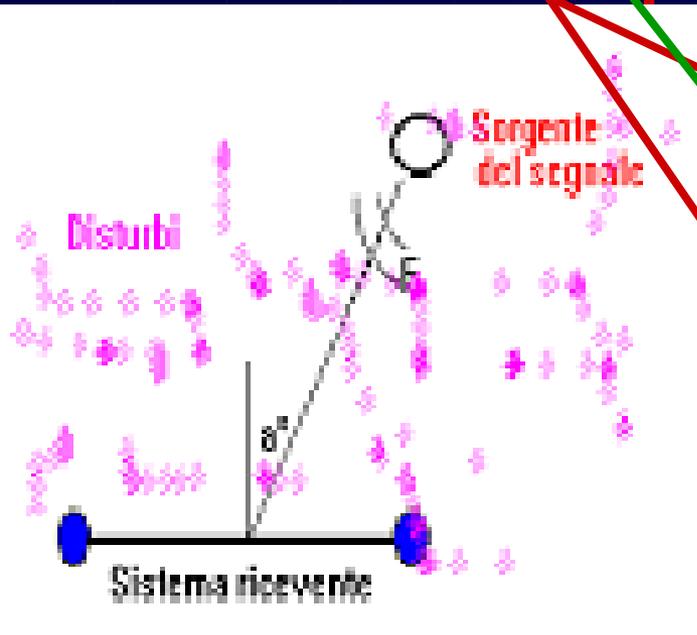
Segnale di ampiezza "S" coperto da rumore bianco di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

S =
0.1

N = 1

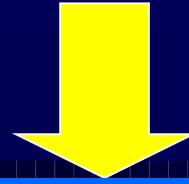


Le funzioni di correlazione nella scoperta dei segnali idrofonici di ampiezza "Si" in mezzo al rumore di ampiezza "Ni"



Con Si ed Ni s'intendono le ampiezze dei segnali "S" e dei rumori "N" all'ingresso del corr.

$$S_i / N_i = 1/4 = 0.25$$

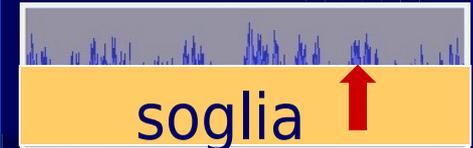


-12 dB

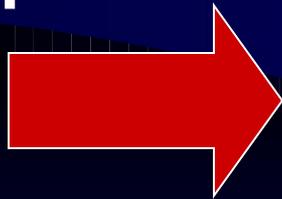
Correlator



€ Soglia di decisione



Variabili dovute alla casualità di N_i



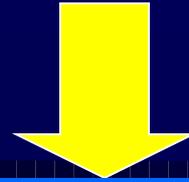
Priv = 80 %

Priv = 90 %

Pfa = 1 %

Pfa = 10 %

$$S_i / N_i = 1/10 = 0.1$$

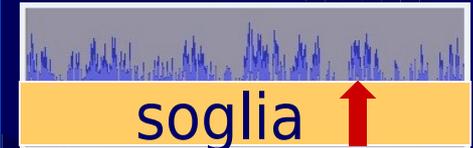


-20 dB

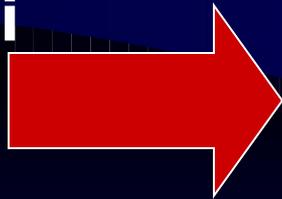
Correlator



€ Soglia di decisione



Variabili dovute
alla **casualità** di
N_i



Priv = 40
%

Pfa = 20
%

Priv = 60 %

Pfa = 30 %

La caratteristica peculiare di un correlatore è definita con la dizione:

differenziale di riconoscimento "Δ"

Il differenziale di riconoscimento è caratterizzato da tre variabili:

(Si / Ni) all'ingresso del correlatore

Priv. = X %

Pfa. = y %

all'uscita del correlatore

Il legame tra le variabili dipende da un caratteristico parametro probabilistico il "d"



Il parametro probabilistico

“d”

Il legame tra (Si / Ni) e (Priv.) ; (Pfa.)
dipende dal parametro “d” secondo le due
funzioni:

$$d = f(\text{Priv}; \text{Pfa})$$

$$\text{Si/Ni} = \left\{ \frac{d}{[2 RC (f_2 - f_1)]} \right\}$$

1/4

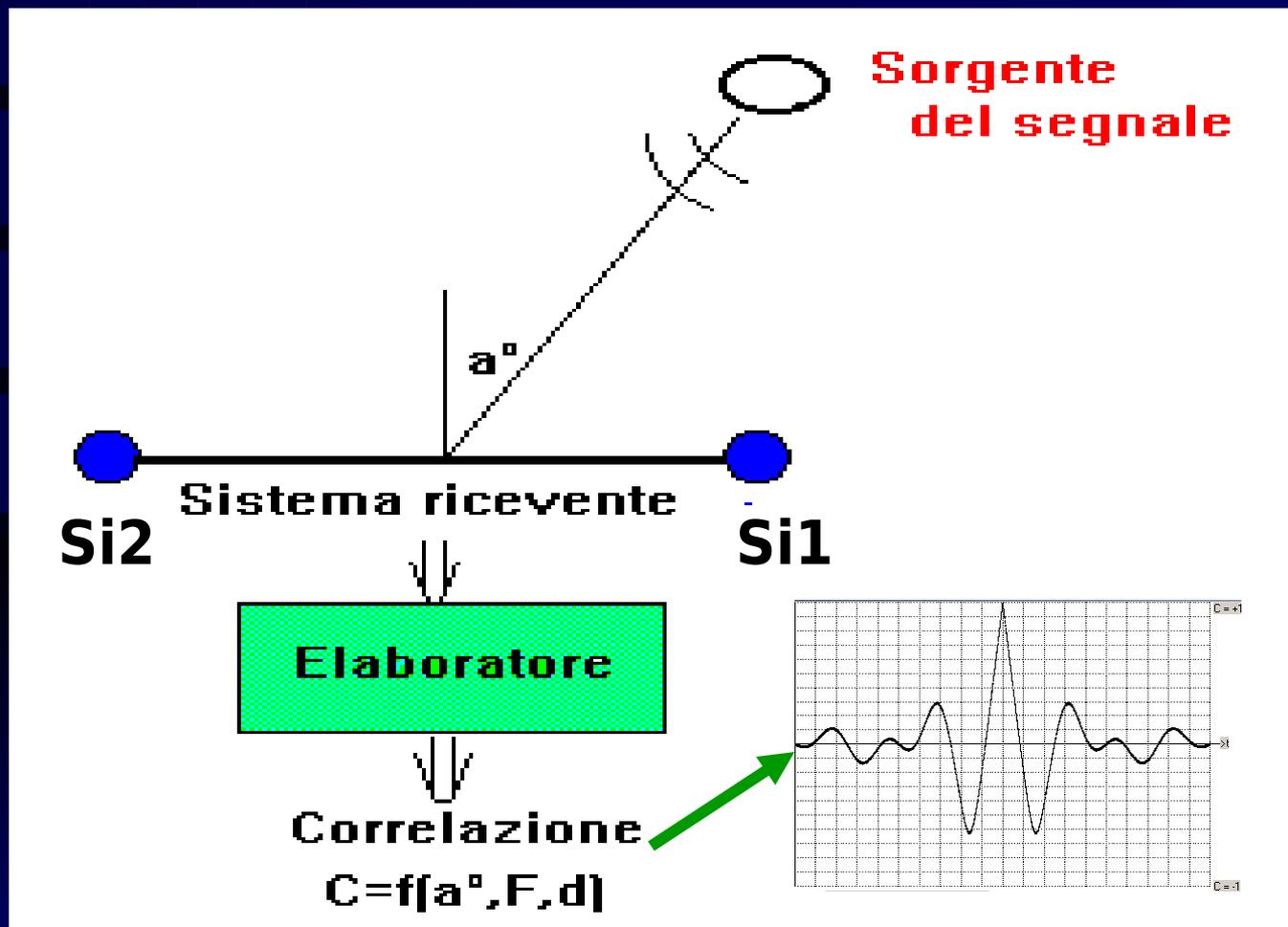
vedremo in seguito il fondamentale ruolo del “d” nel calcolo delle portate di scoperta del sonar

modello di riferimento per

$$S_i/N_i =$$

∞

Come si vede, in assenza di rumore, $C(a^\circ)$ ha il massimo livello

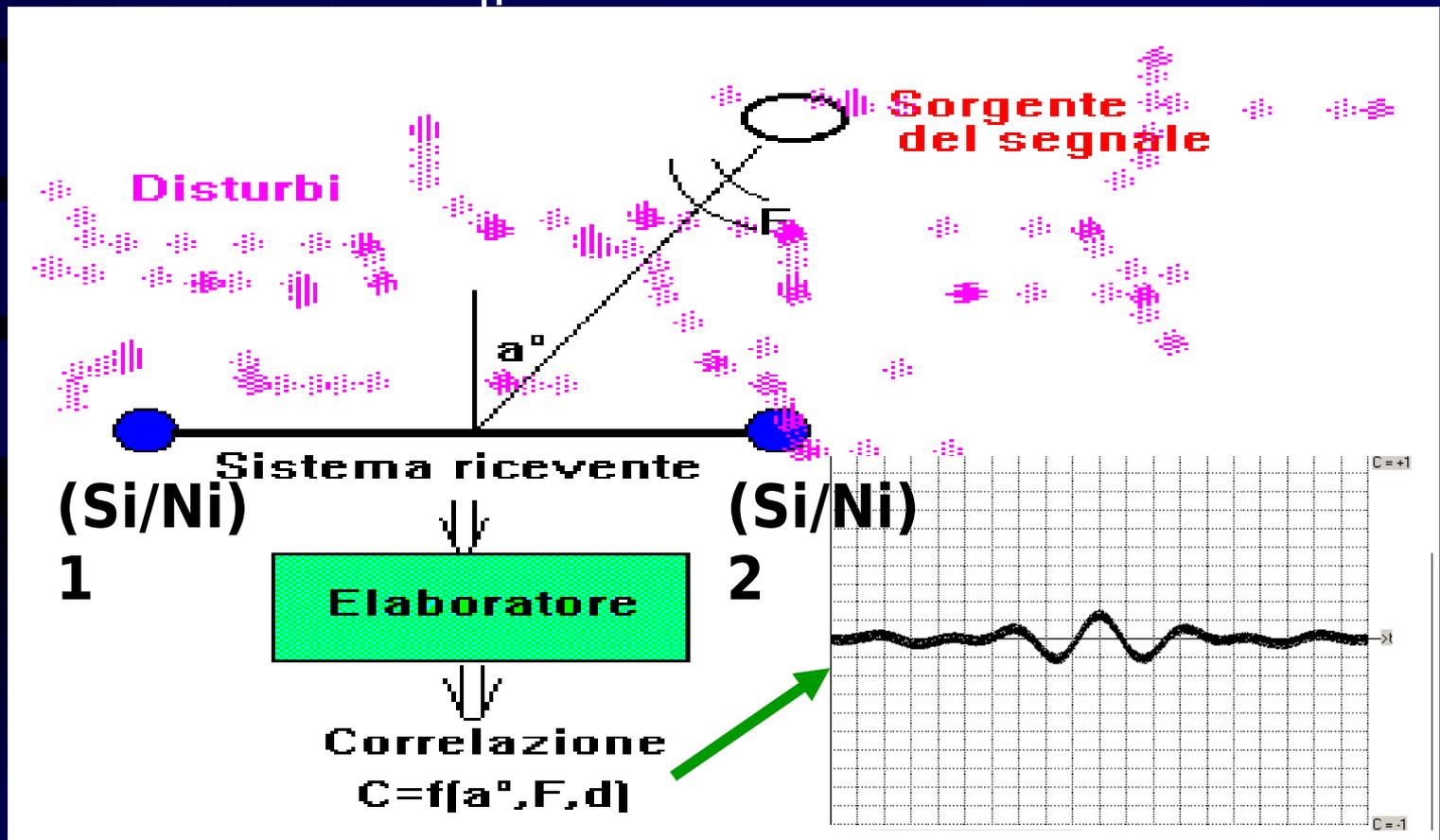


Ricevitore in correlazione

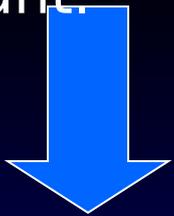
modello di riferimento per $S_i/N_i = 0.5$

-6 dB

Come si vede il massimo di $C(a^\circ)$ si riduce in

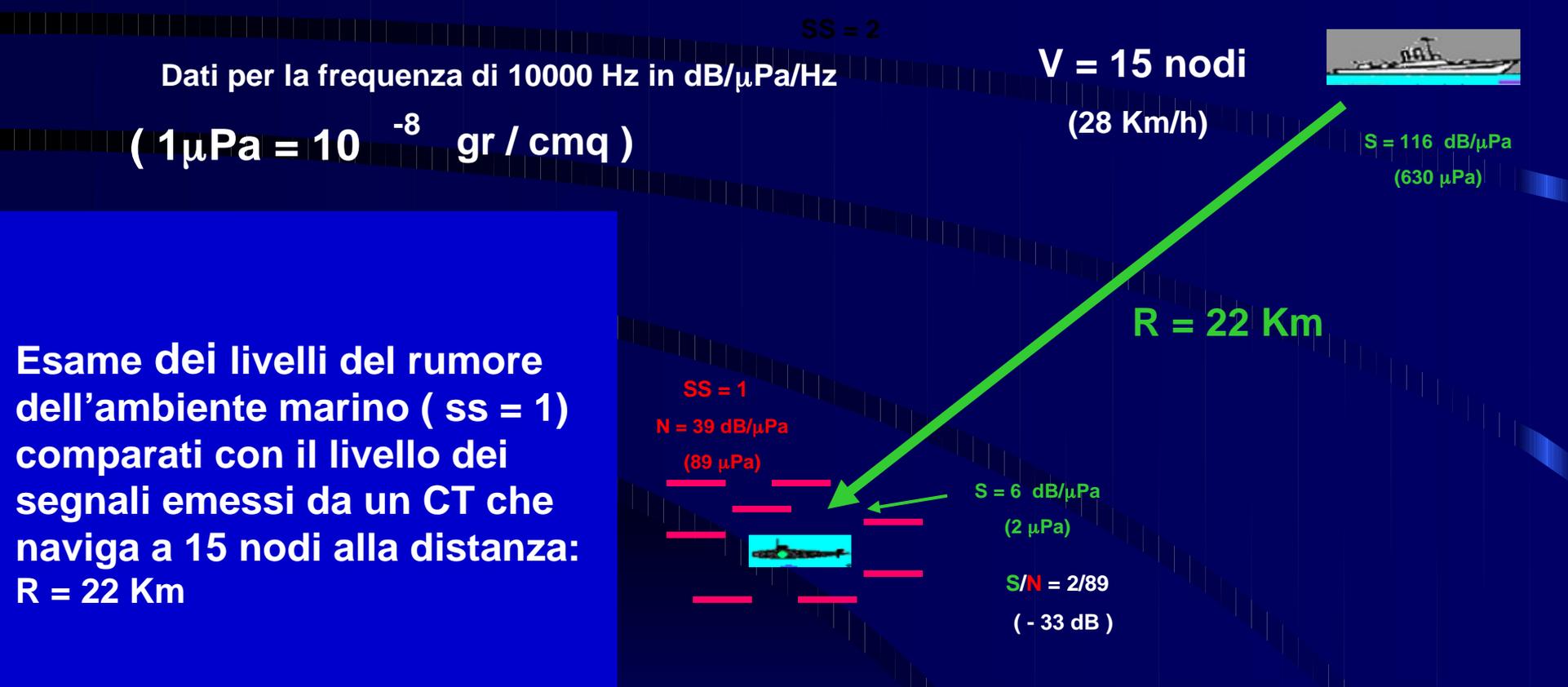
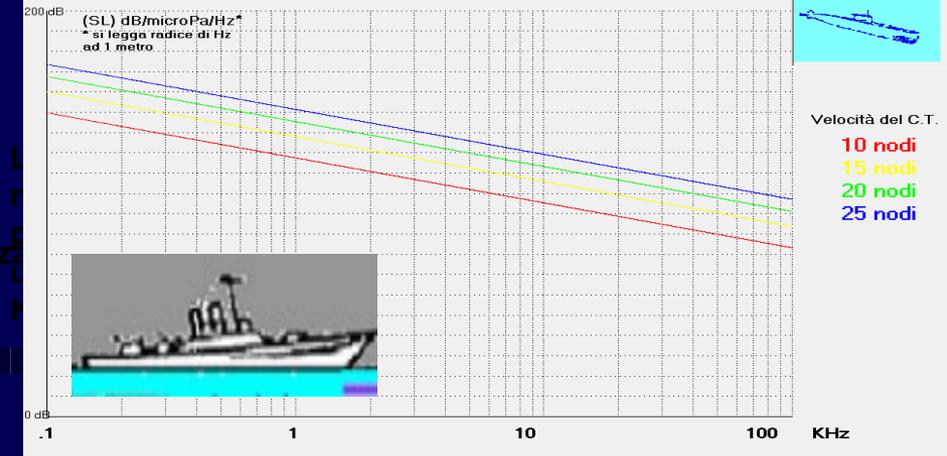
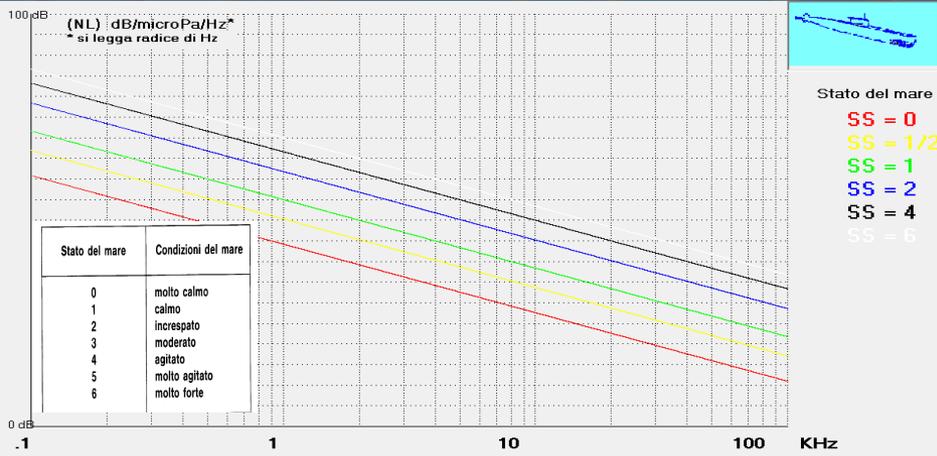


Fine
ant.



Fine anteprima

**Inizio corpo della
conferenza**



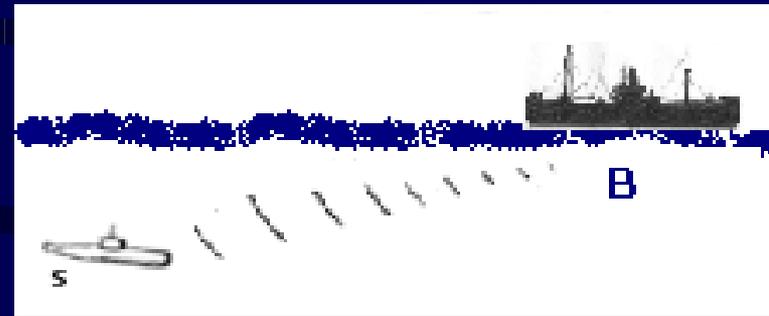
$$TL = 60 + 20 \text{ Log } (R) + a \quad R \quad (\text{prop. Sferica})$$

$$a = (0.1 \text{ fo } ^2) / (1 + \text{fo } ^2) + (40 \text{ fo } ^2) / (4100 + \text{fo } ^2) + (2.75 \text{ fo } ^2) / 10000 \quad (\text{Thorps})$$

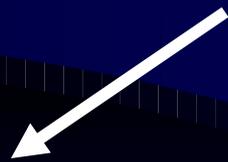
Osservazioni fondamentali sui segnali captati dal sonar



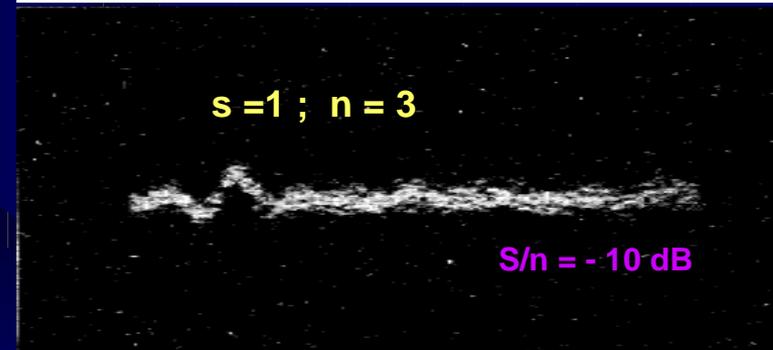
Se il bersaglio è relativamente vicino l'operatore può stabilirne la posizione mediante l'ascolto del rumore irradiato



Se il bersaglio è molto lontano il rumore del bersaglio è mascherato dal rumore del mare e l'operatore non riesce più a discriminarlo; la scoperta è affidata a rilievi strumentali



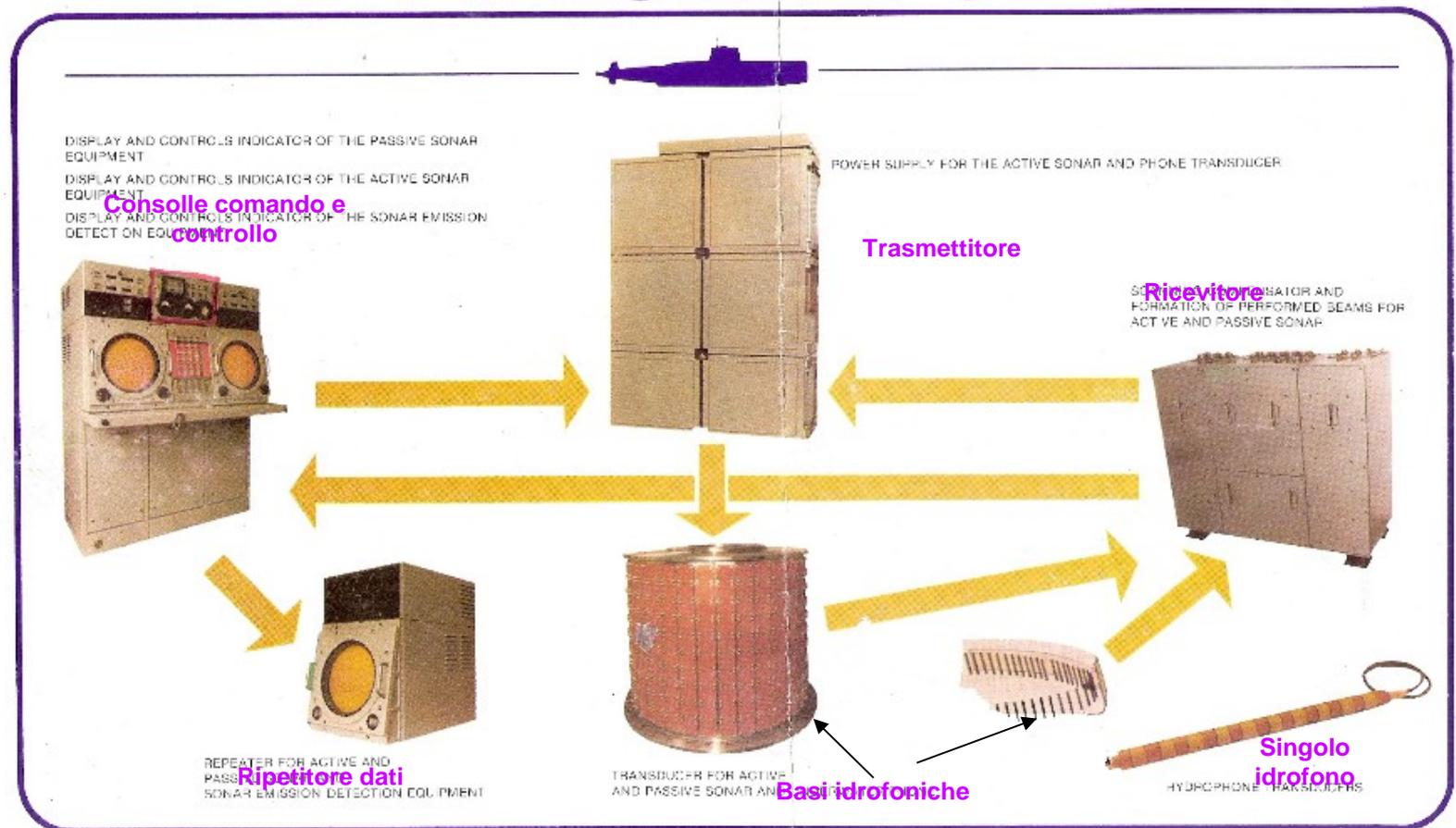
I rilievi sono basati sulle **funzioni di correlazione** che consentono di scoprire un bersaglio anche quando il suo segnale è inferiore al rumore del mare





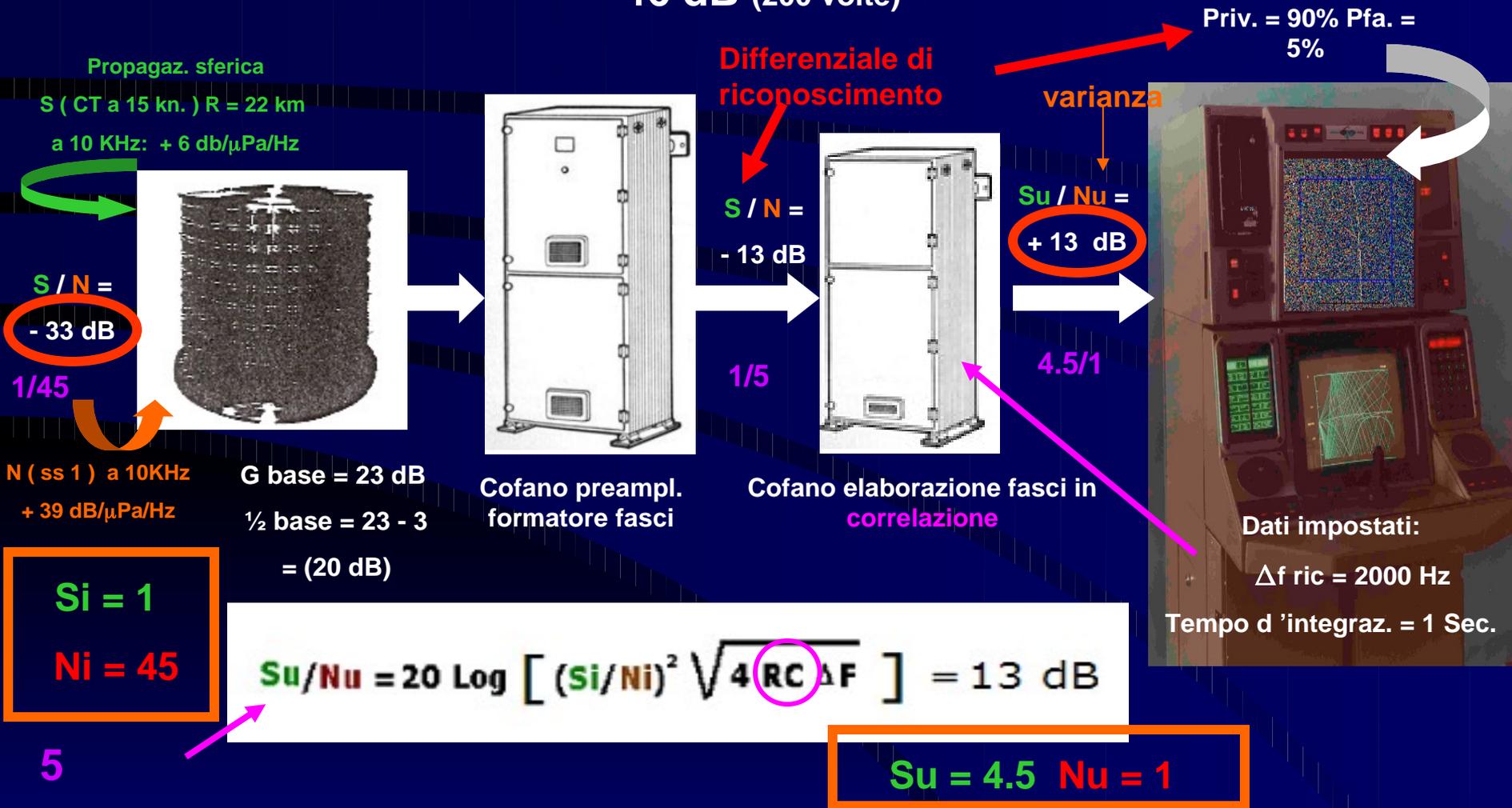
Il primo sonar italiano con rivelatori in correlazione USEA / SELENIA – 1970 -smg CIs Sauro-

IP 70 integrated sonar system



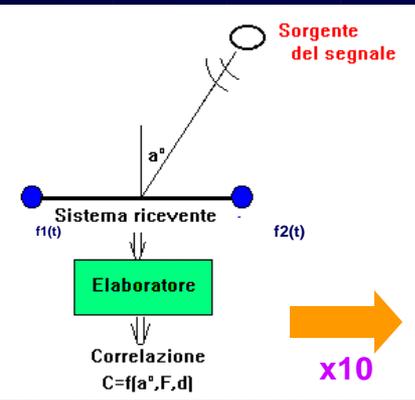
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Rapporti Si/Ni su canale di scoperta subacquea passiva **G tot. = 46 dB (200 volte)**



Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

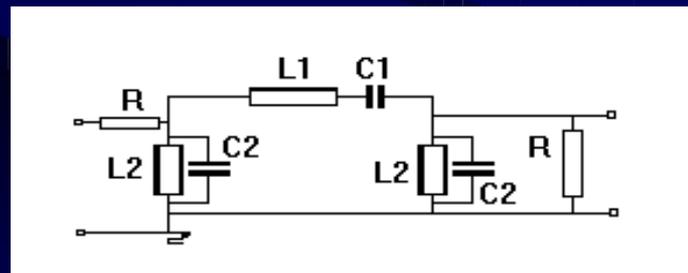
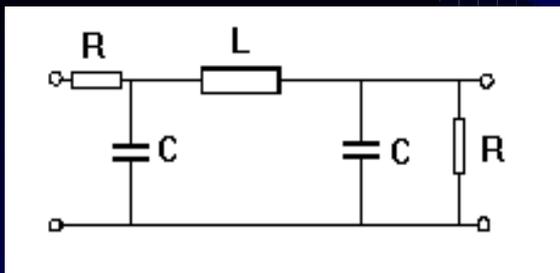
L'integrale generale dal quale discendono tutti gli algoritmi di correlazione



P12

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T f_1(t) f_2(t + \tau) dt$$

e i filtri di precorrelazione che caratterizzano le bande di frequenza dei segnali f1(t) e f2(t):



Cancella disturbo

49

Schema a blocchi

45

Algoritmi funzioni

39

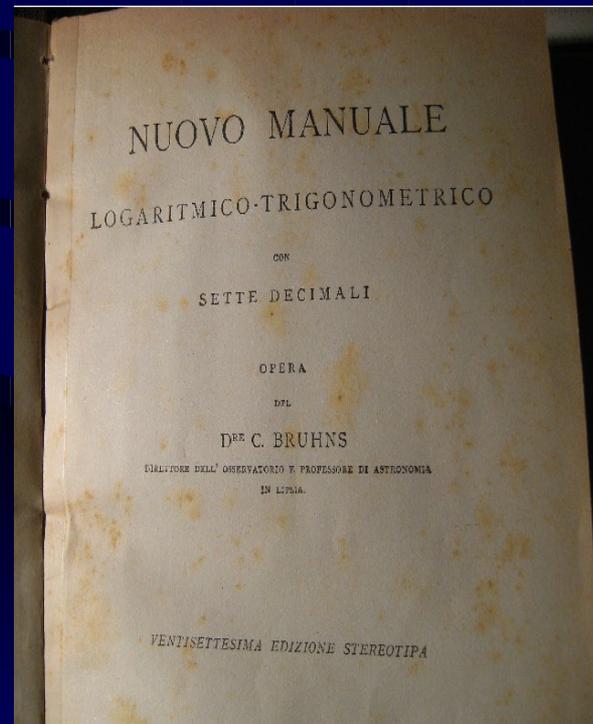
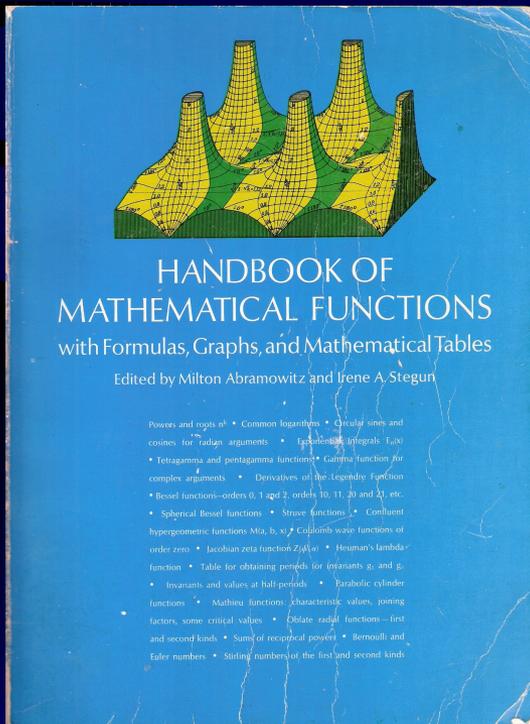
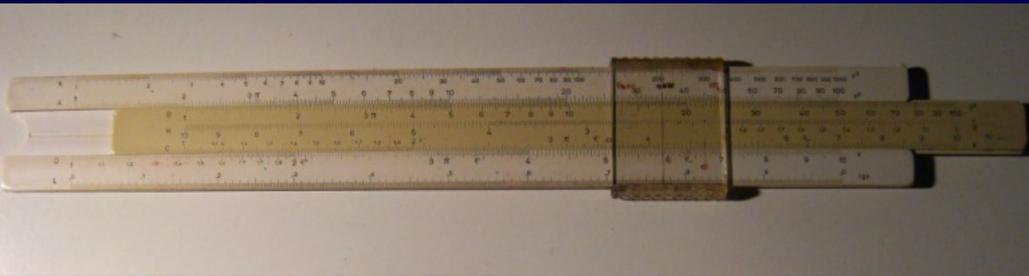
Algoritmi disturbi

40

38

Grafici

Gli strumenti di calcolo all'inizio degli studi sulla correlazione



Sui nuovi mezzi di
calcolo

43

Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Tipologia dei processi di **correlazione** con schemi a blocchi:

Correlazione analogica: prodotto tra due segnali analogici ed integrazione nel tempo 25

Correlazione digitale: EXNOR tra due segnali limitati in ampiezza ed integrazione nel tempo 26

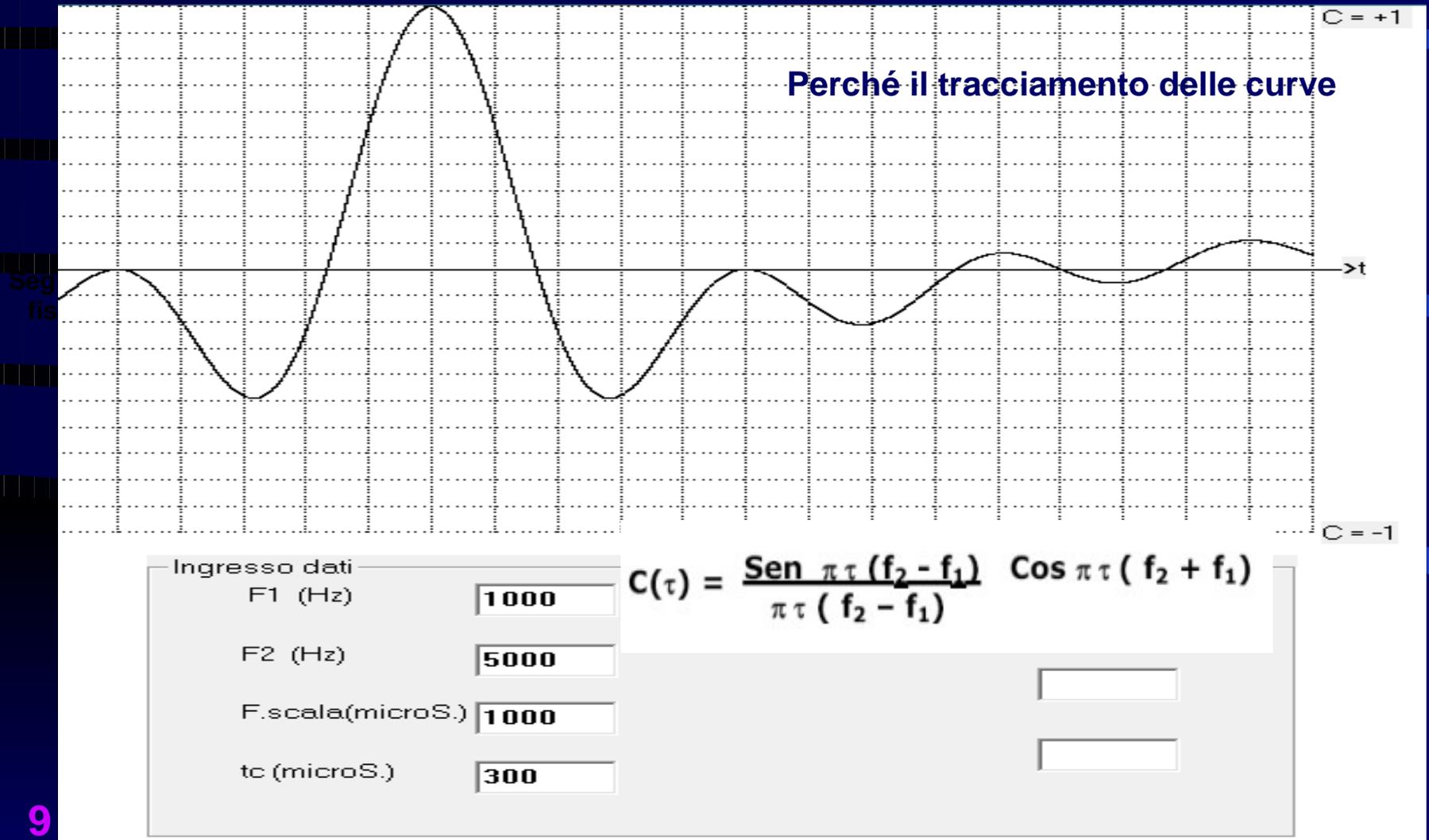
Correlazione Hdigitale: la trasformata di HILBERT 34

Correlazione FALCON: ricorso a matrice dati per n coppie contemporanee di segnali limitati in ampiezza ed integrazione nel tempo (fasci preformati) 27

Correlazione multipla: banchi di correlatori digitali (fasci preformati) 29

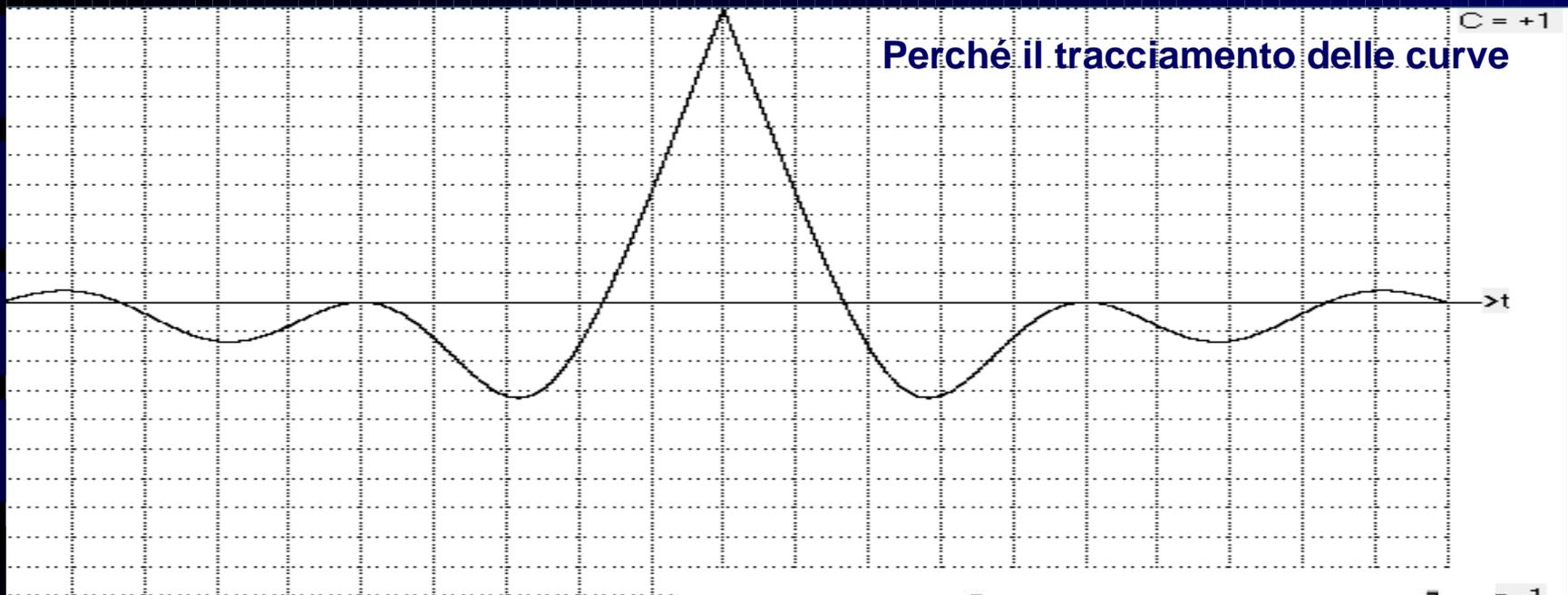
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Correlazione analogica – curva teorica per $S/N = \infty$



Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Correlazione digitale – curva teorica per $S/N = \infty$



Ingresso dati

F1 (Hz)	<input type="text" value="1000"/>
F2 (Hz)	<input type="text" value="5000"/>
F.scala(microS.)	<input type="text" value="1000"/>
tc (microS.)	<input type="text" value="500"/>

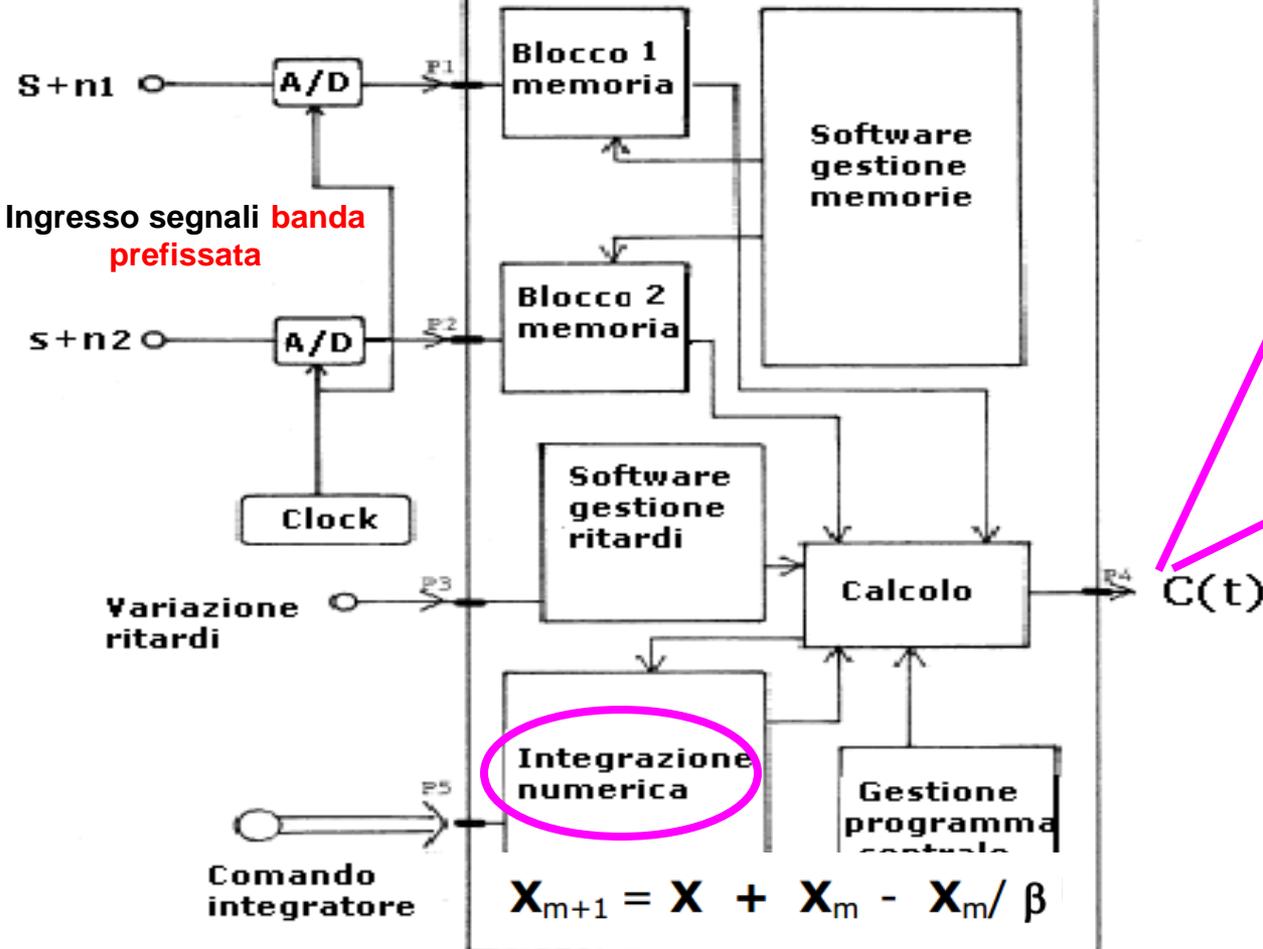
$$C(\tau)_x = 2/\pi \operatorname{Arcsen} \left[\frac{\operatorname{Sen} \pi \tau (f_2 - f_1)}{\pi \tau (f_2 - f_1)} \operatorname{Cos} \pi \tau (f_2 + f_1) \right]$$

Dato7

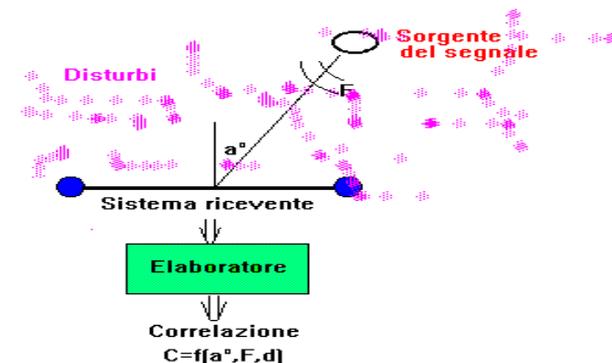
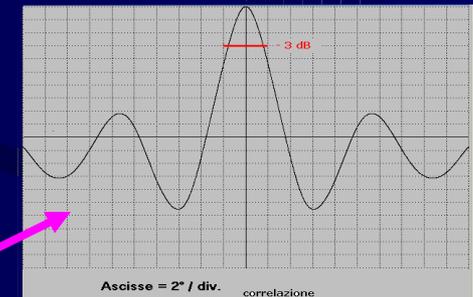
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Correlatore: Soluzione software – blocchi funzionali -

Funzione di correlazione incrociata



$$C(\tau) = \int_0^{T_s} f_1(t) f_2(t + \tau) dt$$



Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Correlazione: Soluzione software – via analitica -

OSSERVAZIONE:

La campionatura dei segnali secondo F_c , pur soddisfacendo il criterio di Nyquist, difficilmente consente la rimessa in coerenza degli stessi a causa dei minimi ritardi richiesti $\tau \ll (1 / F_c)$.

Il problema è risolvibile mediante la tecnica dei campioni ausiliari inseriti ad arte negli intervalli di tempo $\Delta = (1 / F_c)$; diverse teorie, molto complesse, sono state sviluppate per affrontare questo tema.

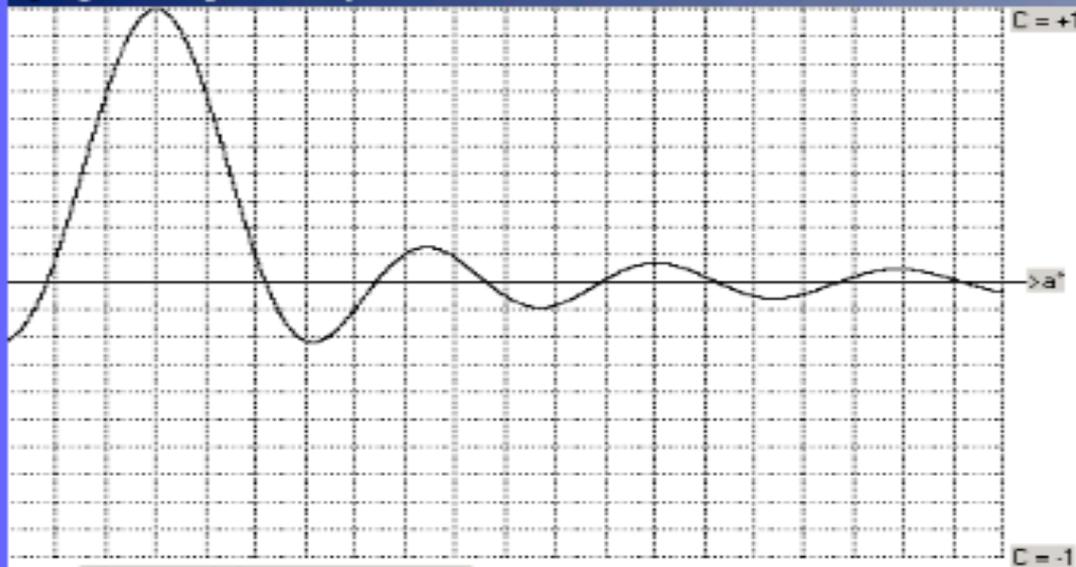
In base alla relazione di Wiener

$$c(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega) \cos(\omega t) d\omega$$

dove la $G(\omega)$, funzione dello spettro del segnale, può essere calcolata con routine per FFT nel contesto di algoritmi di calcolo per la formazione fasci del sonar

Il calcolo delle funzioni di correlazione

-sostituiscono le caratteristiche di direttività-



Ingresso dati

F (Hz)	1000
Fondo scala (a°)	40
BRQ (b°)	6
Base d(mi)	10
Dato5	
Dato6	
Dato7	

SELEZIONE PROCESSO

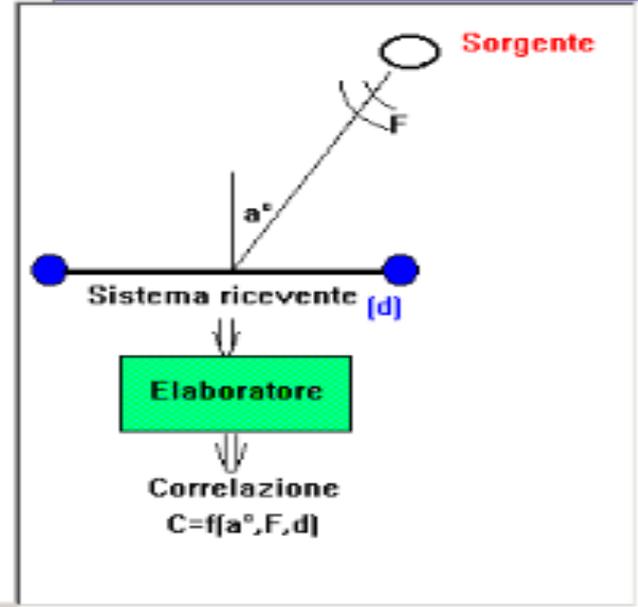
ANAL. C = f(F,b°,d)

Convalida dati

Calcolo

Compara grafici

PROCESSI DI CORRELAZIONE

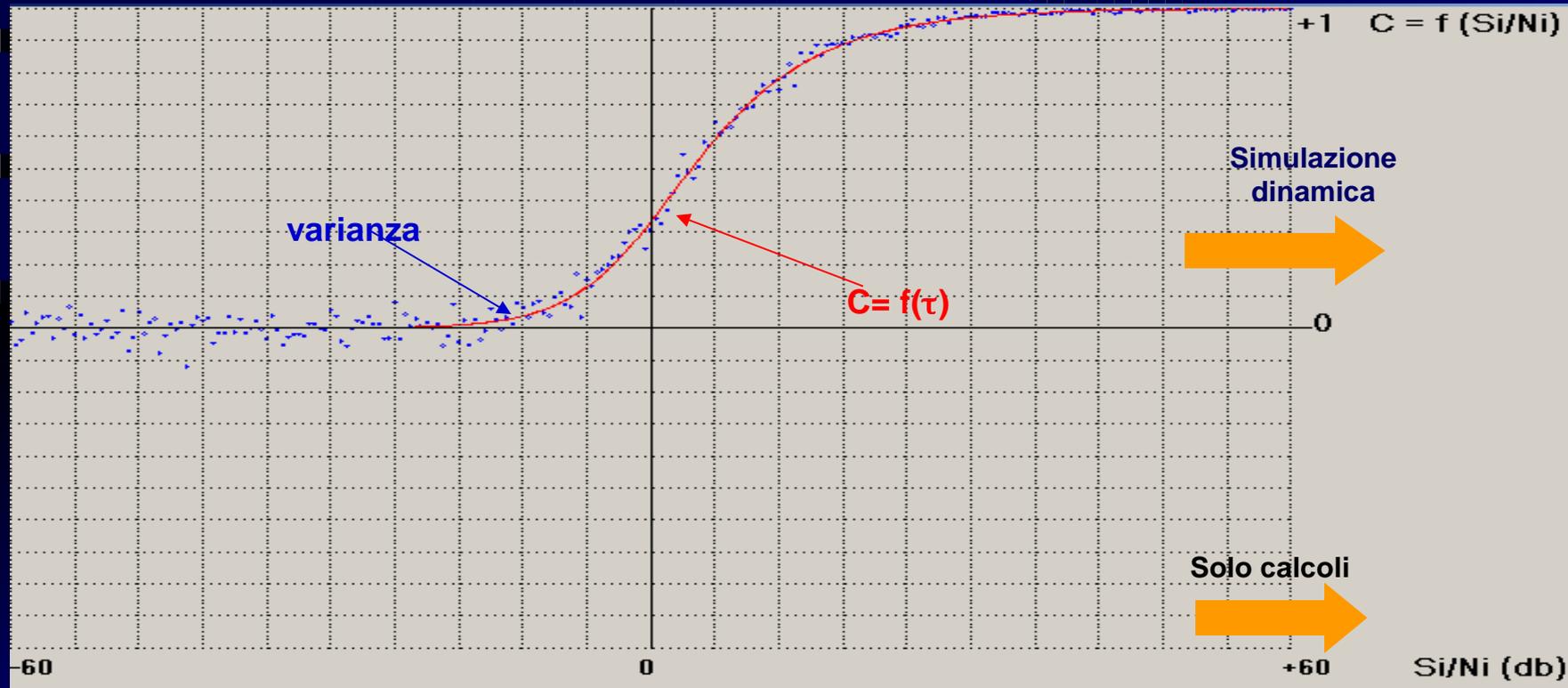


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Lo studio del comportamento delle funzioni di correlazione digitali

Come varia il massimo della funzione di correlazione $C(\tau)$ in dipendenza del rapporto segnale\disturbo

- teorico, sperimentale statico -

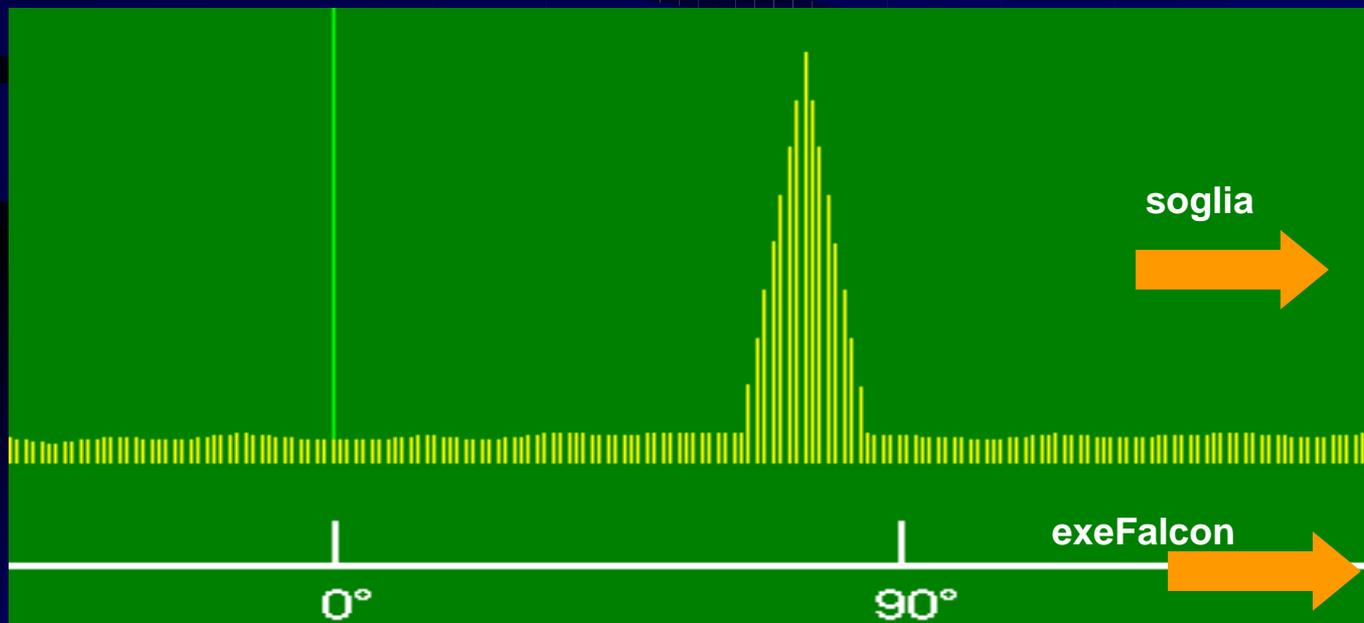


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Lo studio del comportamento delle funzioni di correlazione digitali sui fasci preformati

Come varia il massimo della funzione di correlazione $C(\tau)$ in dipendenza del rapporto segnale\disturbo

- sperimentale dinamico a fasci preformati -



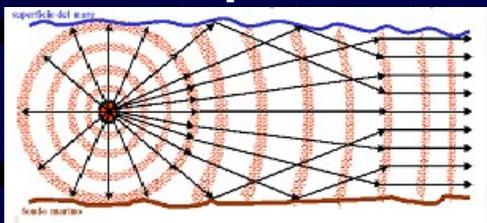


Tecniche di scoperta sonar per correlazione:

calcoli di previsione della portata in condizioni di propagazione normale

Soluzione di un sistema trascendente a 2 incognite (R e TL) e 8 parametri

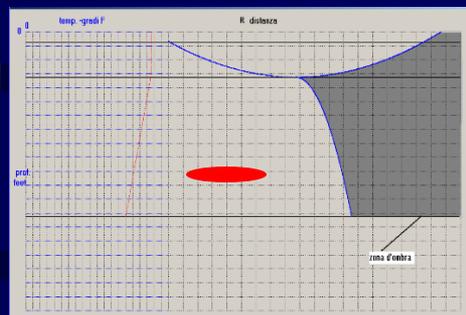
L'operazione si avvale di un software di calcolo e dei dati:



Tipo di propagazione

Stato del mare	Condizioni del mare
0	molto calmo
1	calmo
2	increspato
3	moderato
4	agitato
5	molto agitato
6	molto forte

Stato del mare



Bersaglio fuori dalla zona d'ombra

ricordiamo

35

d

3 parametri ambiente

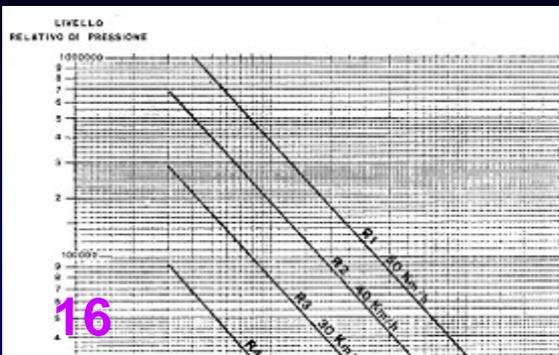
i 5 parametri del sonar

BW; Gb; RC; Priv; Pfa



Tipo e velocità del bersaglio

portata = probabile distanza di scoperta



Tecniche di scoperta sonar per correlazione:

calcoli di previsione della portata in condizioni di propagazione normale

I 4 parametri propri del sonar

- 1- Banda di lavoro
- 2- Cifra di guadagno base idrofonica
- 3- Tempo d'integrazione dati: (**RC in Sec.**)
- 4- Probabilità di falso allarme: (**Pfa in %**)
- 5- Probabilità di scoperta: (**Priv in %**)

“d”

I 3 parametri ambientali

- 1- Stato del mare
- 2- Caratteristiche del bersaglio
- 3- Tipo di propagazione

Tecniche di scoperta sonar per correlazione:

calcoli di previsione della portata in condizioni di propagazione normale

Il calcolo della variabile “d”

Il parametro “d” si computa dopo aver stabilito quali variabili probabilistiche accettare:

-Probabilità di rivelazione: es. (**Priv.** = 50 %)

-Probabilità di falso allarme: es. (**Pfa.** = 10 %)

Il calcolo del parametro “d” si esegue con il calcolatore delle curve ROC

Calcolatore

ROC

exe

Curve in alternativa al calcolatore

24

Calcolo delle portate sonar secondo l'equazione trascendente in R in funzione di "d" e "RC" (metodi di correlazione)

$$60 \text{ dB} + 20 \text{ Log } R + a R - (SL + DI - NL - DT + 10 \text{ Log } BW) = 0$$

dove:

$$a = (0.1 fo^2) / (1 + fo^2) + (40 fo^2) / (4100 + fo^2) + (2.75 fo^2) / 10000$$

$$DT = 5 \text{ Log} [d BW / (2 RC)]$$

$$d = f (Priv; Pfa)$$

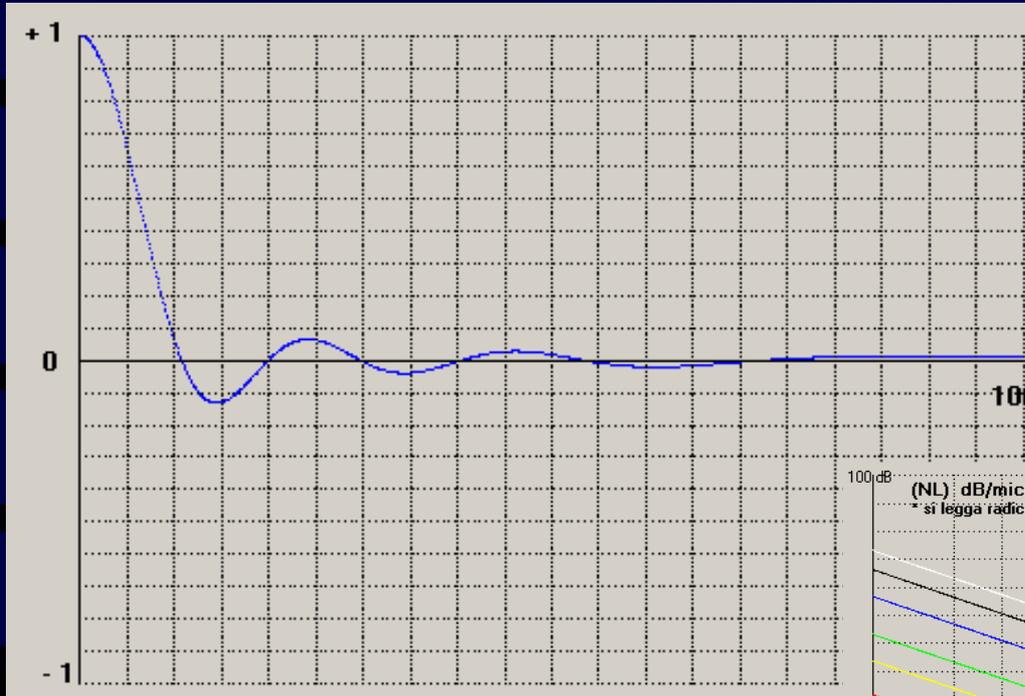


exe

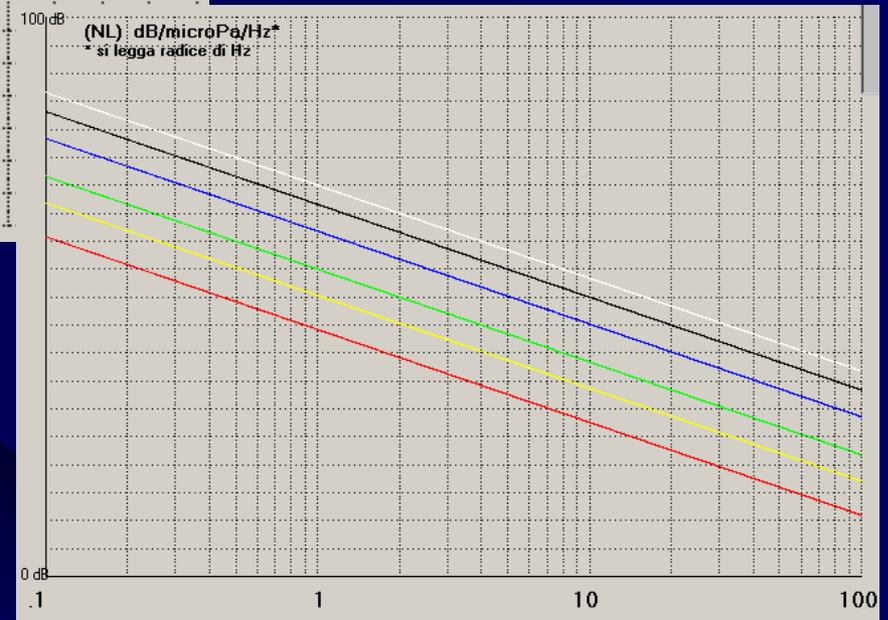
IL SONARMATH

A chiusura della conferenza:

Calcolatore dei parametri sonar e delle funzioni di correlazione



→ exe
Calcolatore sonar



“Fine della conferenza”

Grazie dell'ospitalità e dell'attenzione

Disegni, fotografie e suoni:

Marina Militare Italiana

HNSA-Historic

Testo: La correlazione

Testo: Sonar –princ-tec-appl.

Museo Toti

Doc. USEA/SELENIA

Testo Urick

Sonar-info.info

Seguono immagini
richiamate dalle frecce del
testo



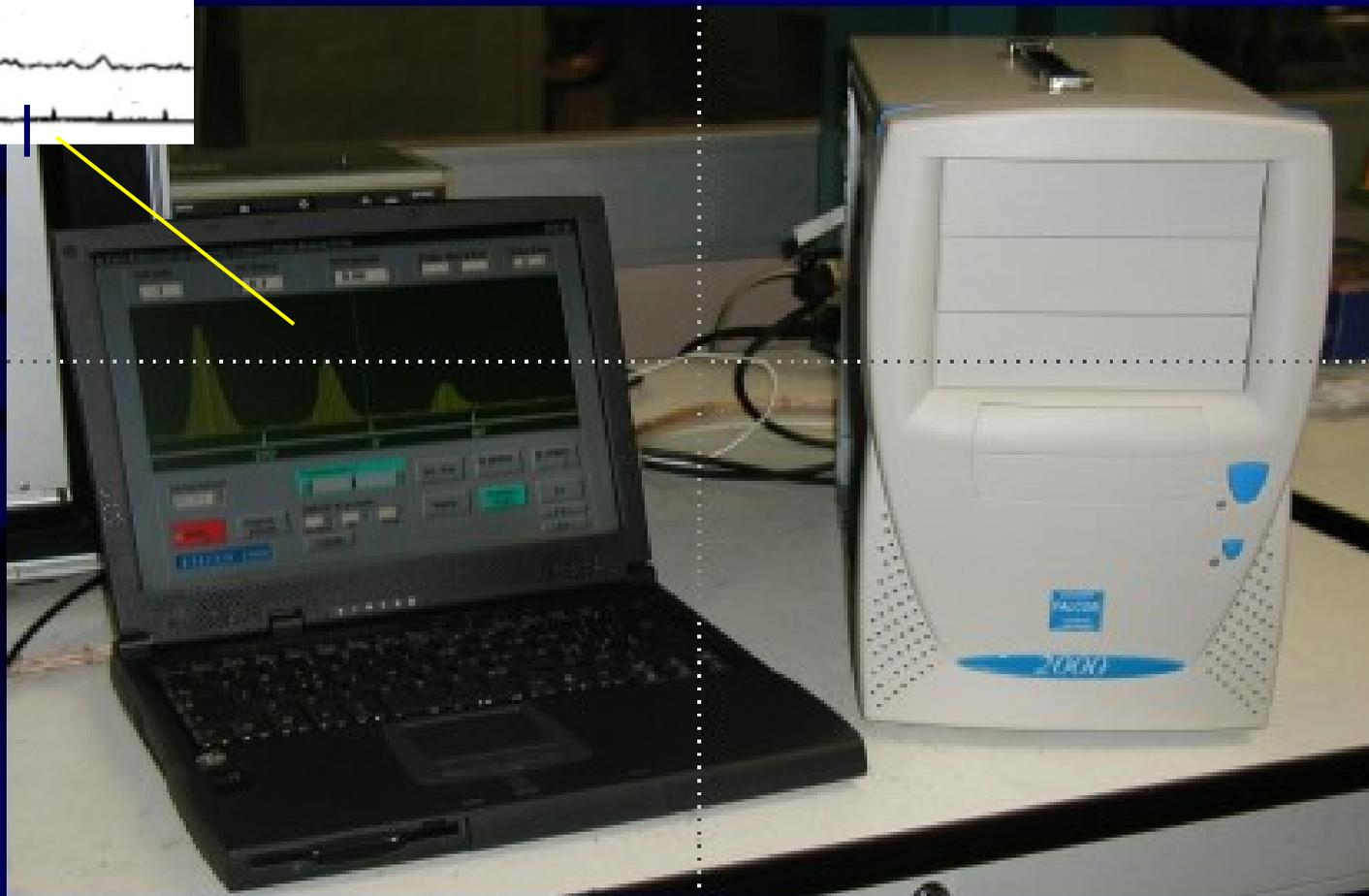
Immagini richiamate dalle freccette nel testo



Correlazione FALCON

- sonar d' emergenza -

Sviluppato presso Marinarsen La Spezia -2002-

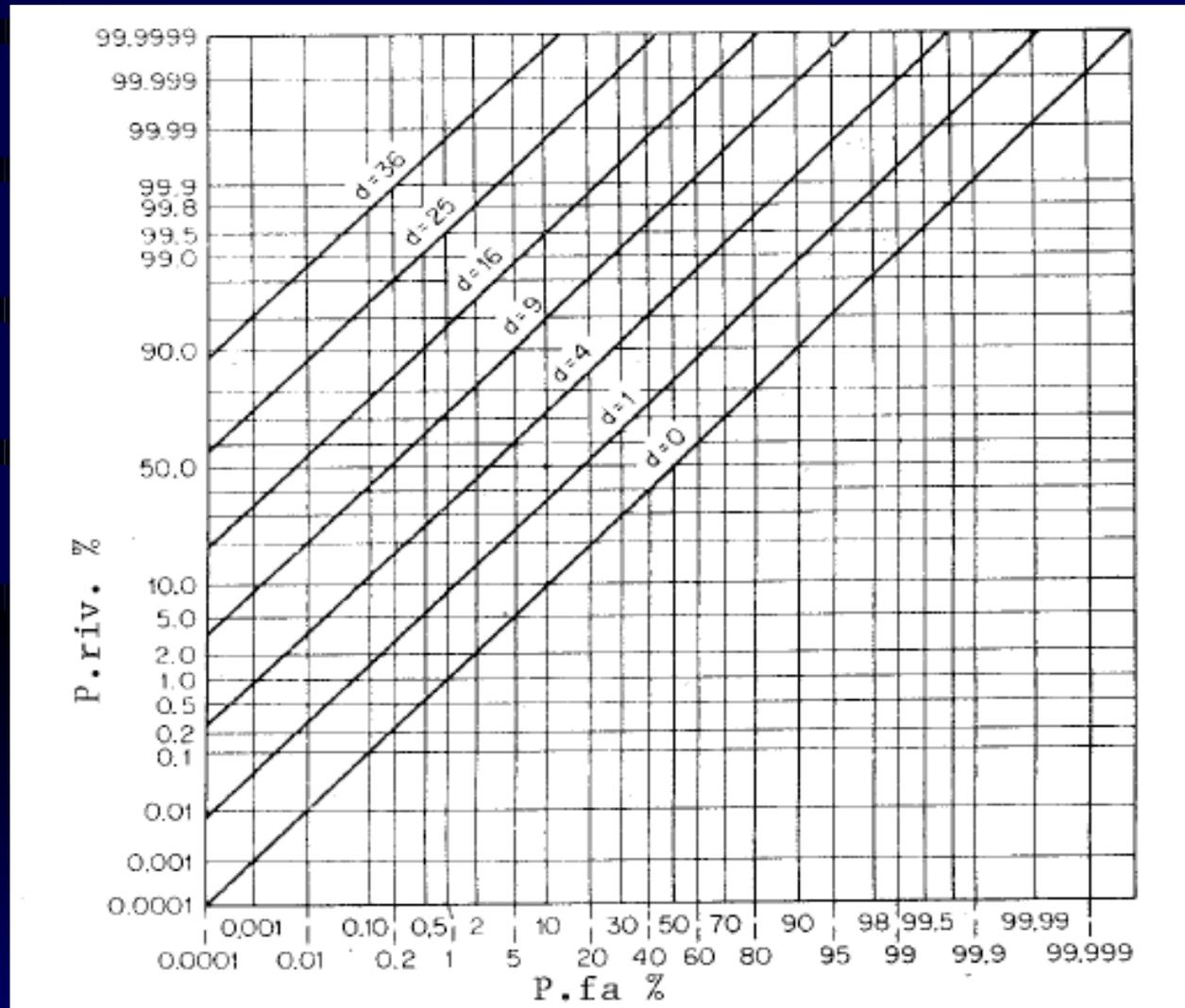


27

23

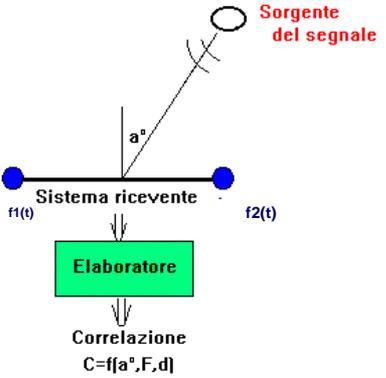
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

In alternativa al calcolatore ROC le curve classiche



18

24

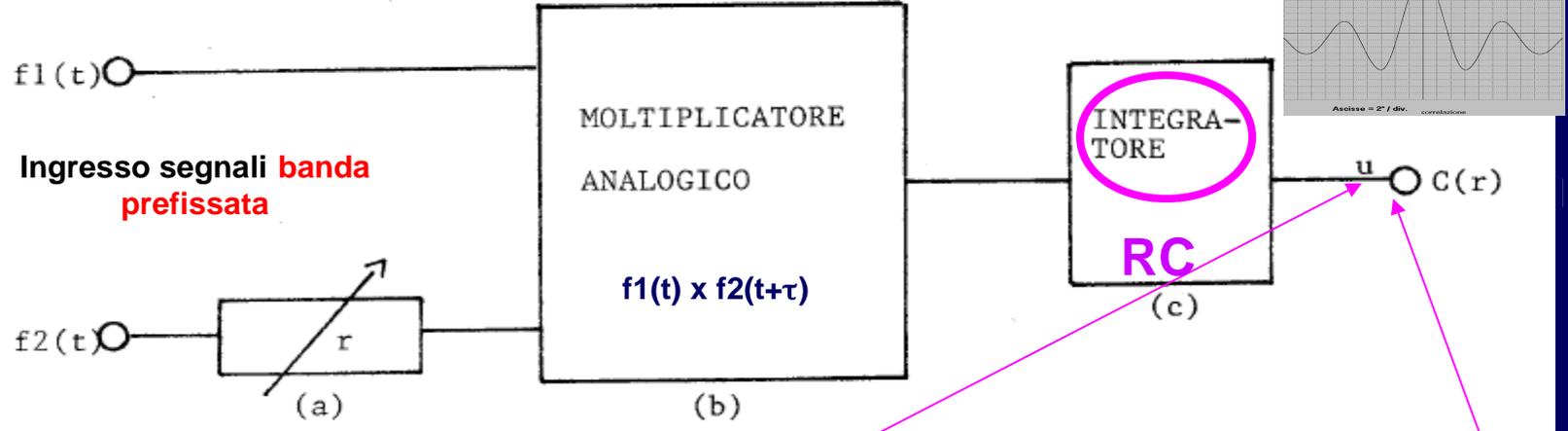


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Il correlatore analogico

le variabili
32

Correlazione incrociata



$$C(r)_{1,2} = \frac{\text{Sen}(6.28 DF r)}{(6.28 DF r)} \text{Cos} (6.28 Fo r)$$

$$Nu = \sqrt{\frac{(Si^2 + Ni^2)^2 + (Si^2)^2}{4 R C (F2-F1)}}$$

varianza

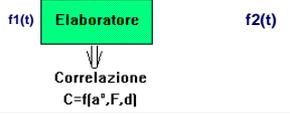
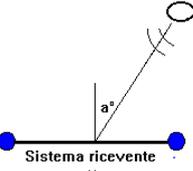
Due soluzioni
41

25

$$Fo = \frac{F2+F1}{2} \quad DF = \frac{F2-F1}{2}$$

8

Sorgente del segnale

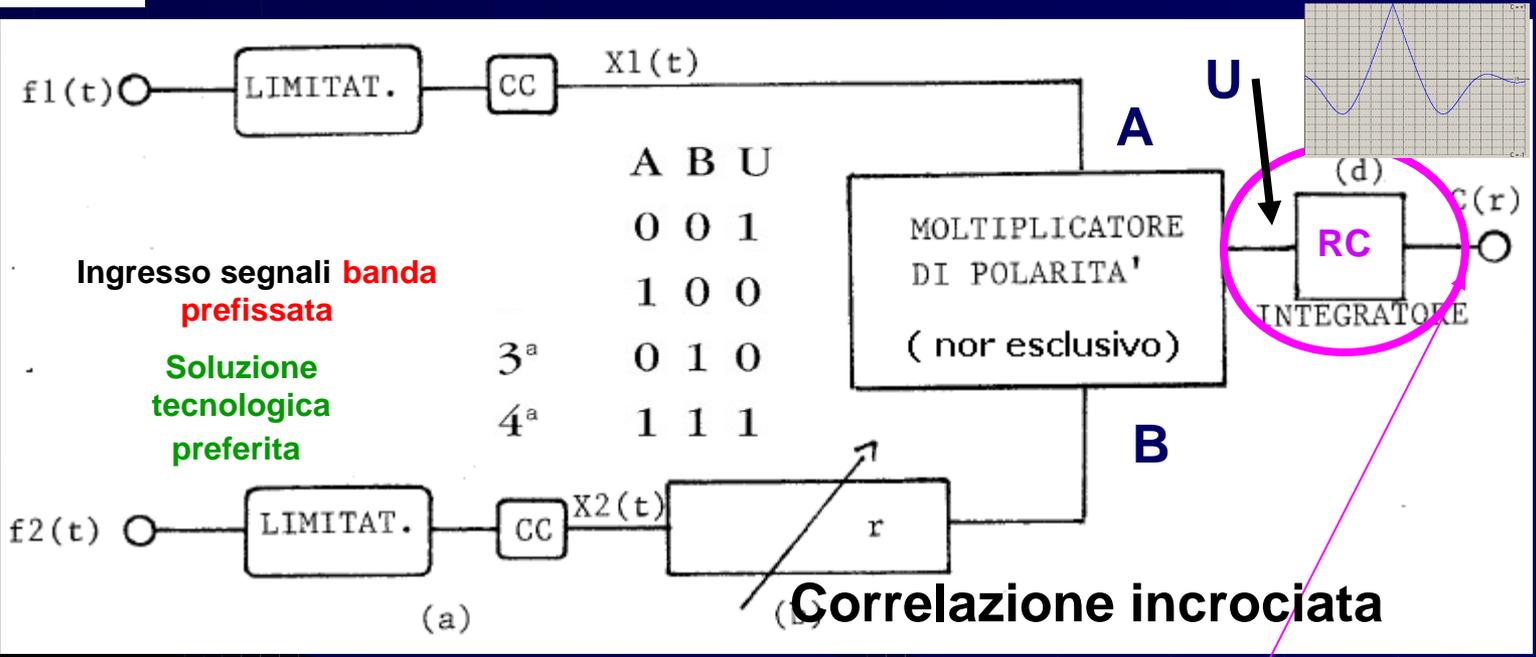


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Il correlatore digitale

le variabili

32



$$C(r)_{1,2} = \frac{1}{3.14} \text{Arcsen} \left\{ \frac{1}{[1 + (N_i/S_i)^2]} \left[\frac{\text{Sen}(6.28 DF r)}{(6.28 DF r)} \text{Cos}(6.28 F_o r) \right] \right\}$$

Due soluzioni

42

26

8

$$F_o = \frac{F_2 + F_1}{2} \quad DF = \frac{F_2 - F_1}{2}$$

varianza

$$Nu = \frac{1}{3.14 \sqrt{(6/7) 4 R C (F_2 - F_1)}}$$

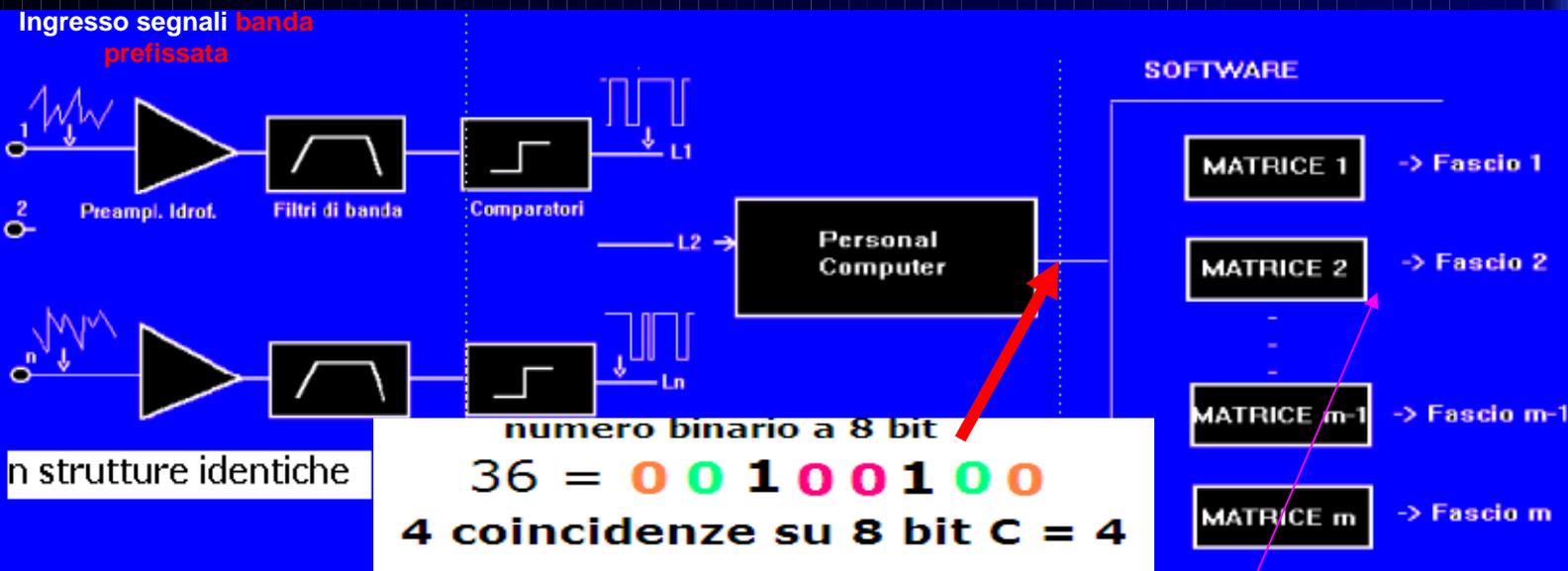
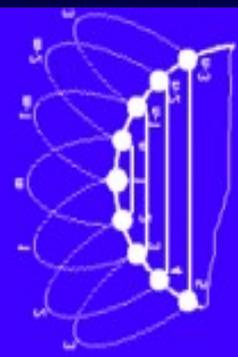
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

La correlazione FALCON

apparato

23

Sistema a fasci preformati



n strutture identiche

Link su 44

$$C(r)_{1,2} = \frac{1}{3.14} \text{Arcsen} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + (N_i/S_i)^2}} \left[\frac{\text{Sen}(6.28 DF r)}{(6.28 DF r)} \text{Cos}(6.28 F_0 r) \right] \right\}$$

$$F_0 = \frac{F_2 + F_1}{2} \quad DF = \frac{F_2 - F_1}{2}$$

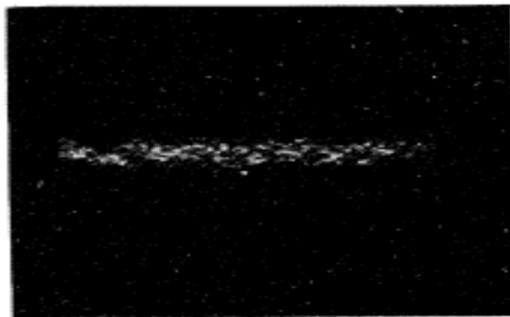
Valida per ciascun fascio

27

8

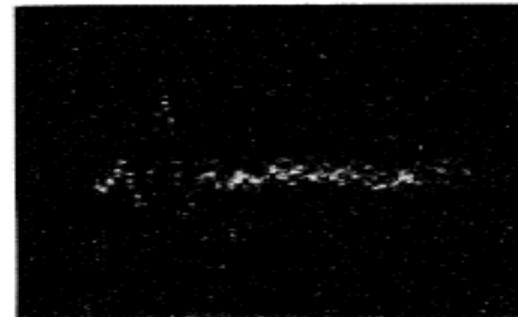
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Rilevi oscilloscopici all'uscita di un sistema di correlazione digitale multiplo



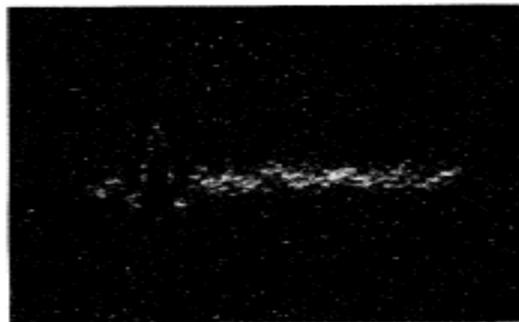
FOTOGRAFIA 0

Solo rumore



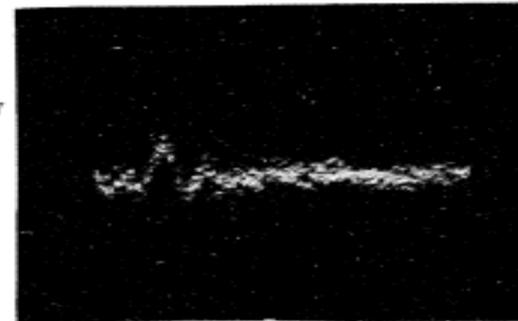
FOTOGRAFIA 1

$S_i/N_i = -8\text{dB}$



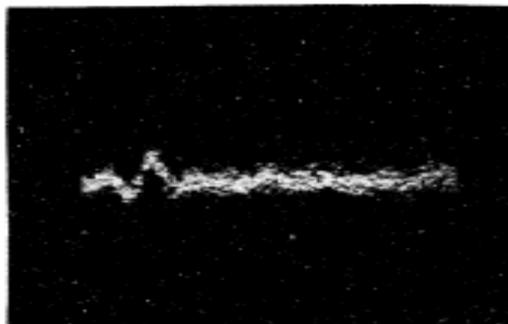
FOTOGRAFIA 2

$S_i/N_i = -10\text{dB}$



FOTOGRAFIA 3

$S_i/N_i = -12\text{dB}$



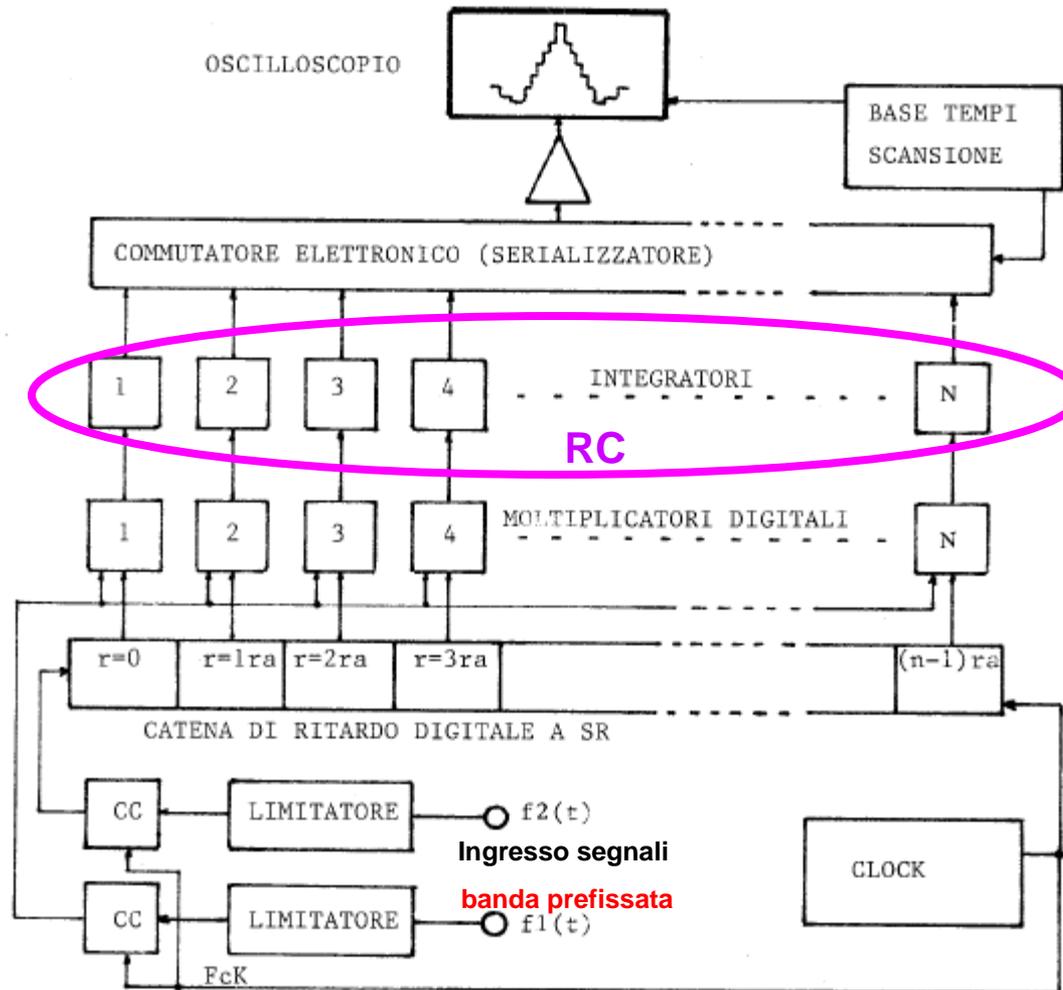
FOTOGRAFIA 4

$S_i/N_i = -14\text{dB}$

N.B. Le fotografie non hanno tutte la stessa scala sull'asse y; i raffronti devono essere fatti soltanto in base ai valori delle tensioni indicate su ciascuna.

Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

La formazione dei fasci preformati tramite la **correlazione** multipla con banchi di correlatori digitali



Rilievi fot.

28

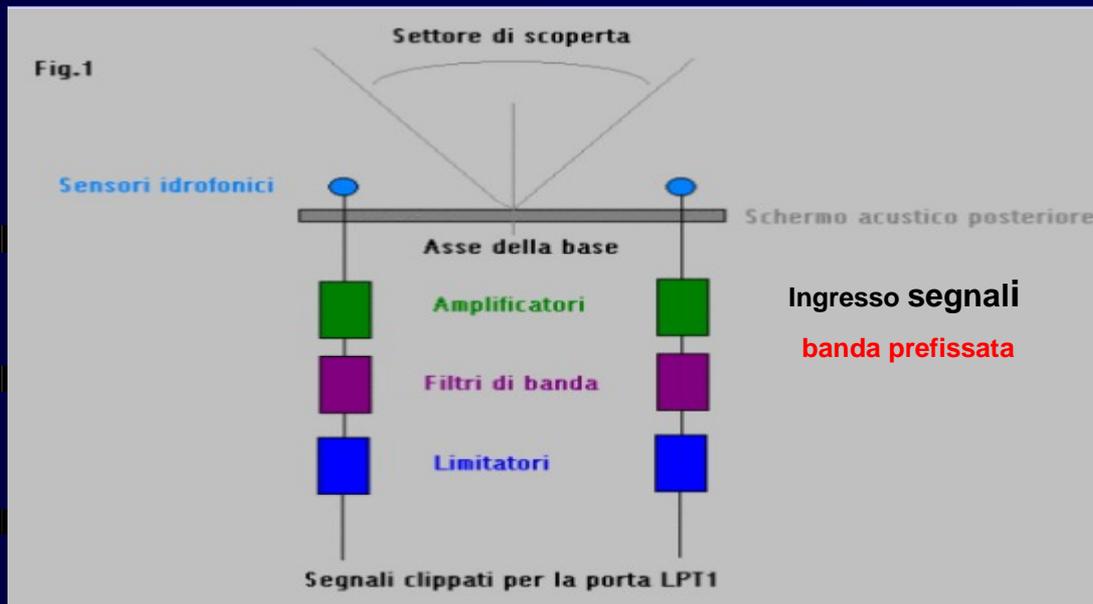
Sistema sperim. su P.C.

30

8

29

Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar



Funzione di correlazione incrociata digitale

8

CORRELATORE PANORAMICO SETTORIALE 2 X 120 PUNTI



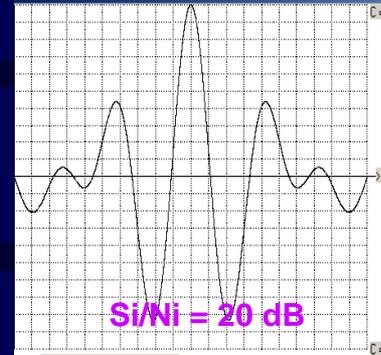
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

La varianza all'uscita dei correlatori

Correlatore analogico

$$Nu = \sqrt{\frac{(Si^2 + Ni^2)^2 + (Si^2)^2}{4 R C (F2-F1)}}$$

La varianza dipende dal livello dei rumori d'ingresso



varianza

SEMPRE:

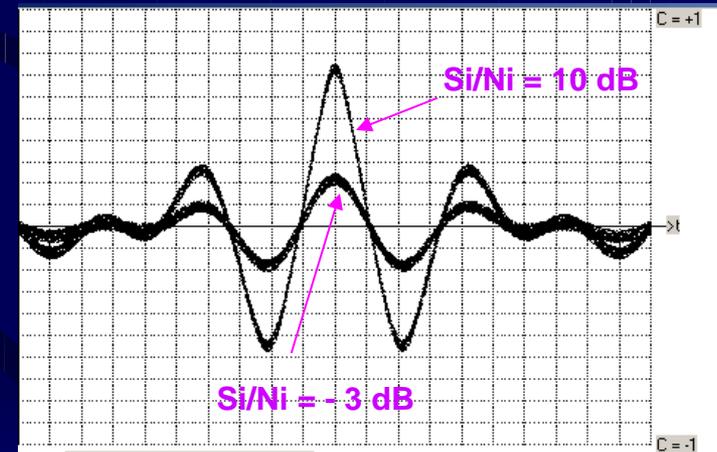
con segnali in **-banda prefissata-**

Correlatore digitale

$$Nu = \frac{1}{3.14 \sqrt{(6/7) 4 R C (F2-F1)}}$$

varianza

La varianza **non** dipende dal livello dei rumori d'ingresso



8

31

Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Sulle variabili dei correlatori

SEMPRE:

con segnali in **-banda prefissata-**

esempi

31

N_i = rumore d'ingresso



segnale d'uscita = $C(\tau) = S_u$

rumore all'uscita = N_u = varianza

S_i = segnale d'ingresso

S_i/N_i = rapporto segnale/disturbo all'ingresso

S_u/N_u = rapporto segnale/disturbo
in uscita

Nota: nella gran parte delle configurazioni di correlazione è sempre presente in uscita una quota di varianza "propria" N_u^* anche quando il rumore d'ingresso N_i è nullo; ciò dipende dal fatto che il tempo d'integrazione è FINITO; il problema è superabile, non semplicemente, con l'adozione del circuito indicato

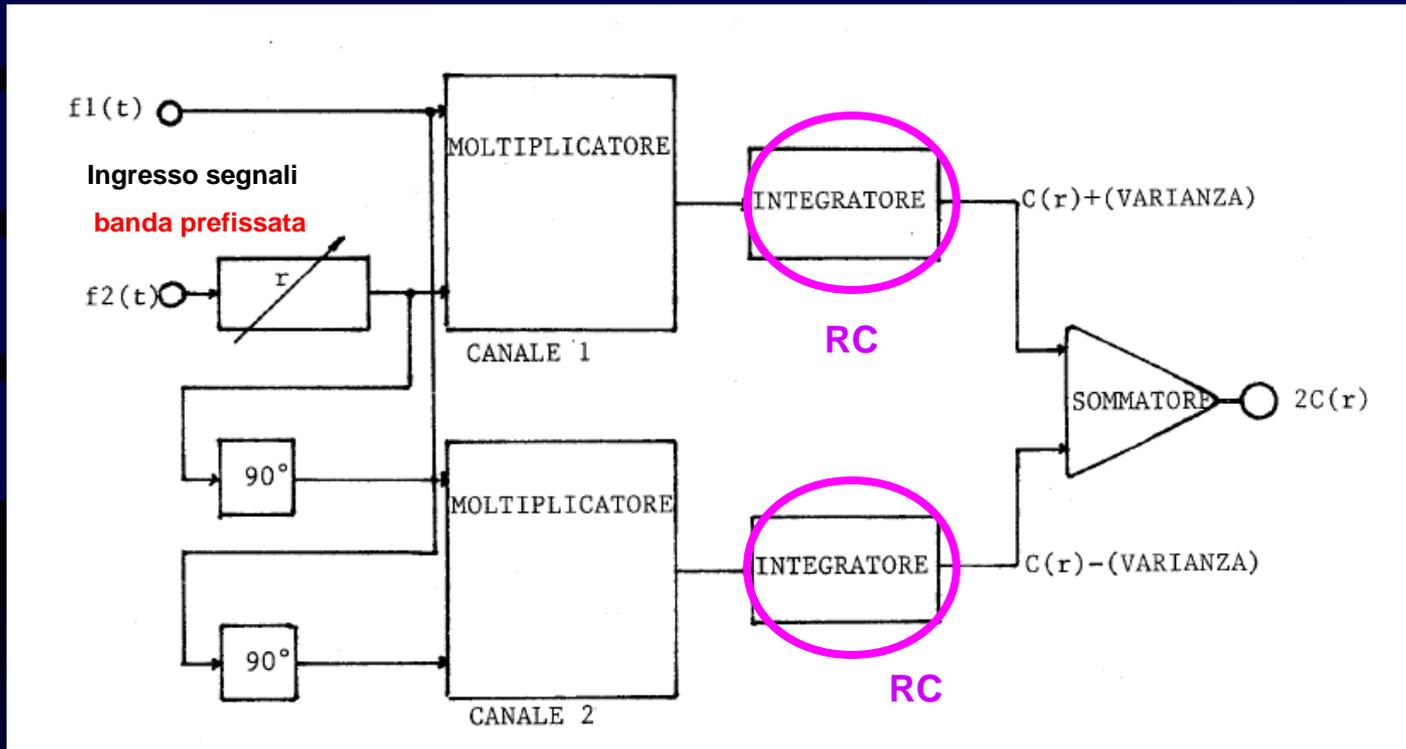
8

32

33

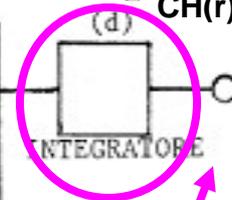
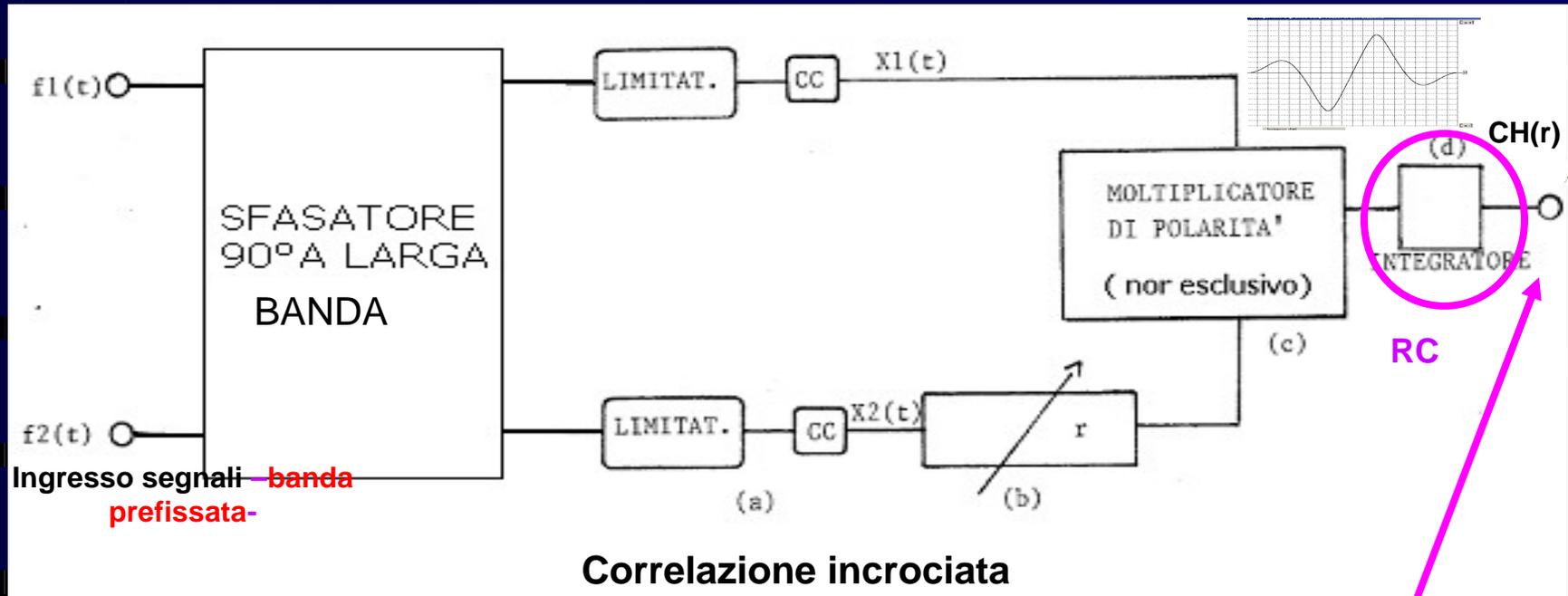
Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

La configurazione circuitale di laboratorio per la cancellazione della varianza propria Nu^*



Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

Il correlatore Hdigitale: transf. HILBERT



RC

varianza

$$CH(r)_{1,2} = \frac{1}{3.14} \text{Arcsen} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + (N_i/S_i)^2}} \left[\frac{\text{Sen}(6.28 DF r)}{(6.28 DF r)} \text{Sen}(6.28 Fo r) \right] \right\}$$

34



8

$$F_o = \frac{F_2 + F_1}{2} \quad DF = \frac{F_2 - F_1}{2}$$

$$Nu = \frac{1}{3.14 \sqrt{(6/7) 4 R C (F_2 - F_1)}}$$

Il parametro probabilistico

“d”

Il legame tra (Si / Ni) e (Priv.) ; (Pfa.)
dipende dal parametro “d” secondo le due
funzioni:

$$d = f(\text{Priv}; \text{Pfa})$$

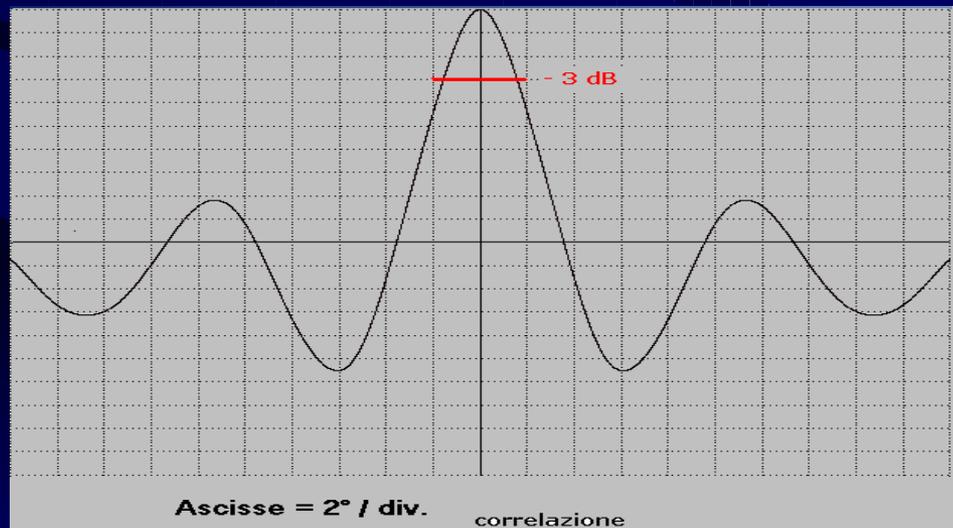
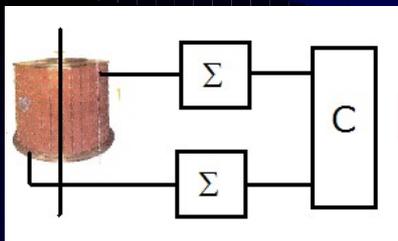
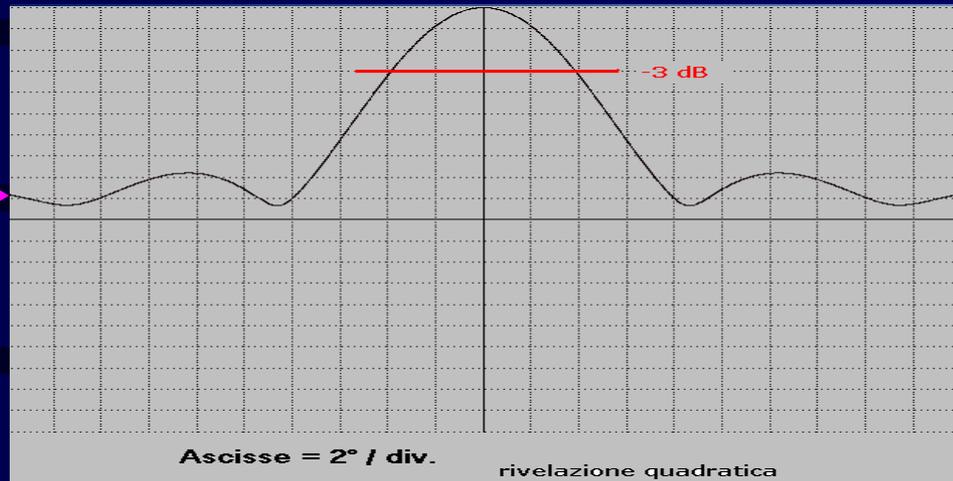
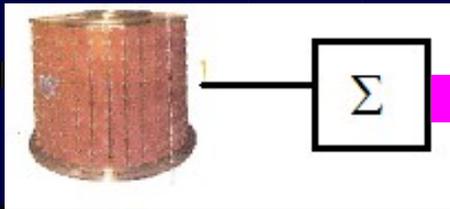
$$\text{Si/Ni} = \left\{ \frac{d}{[2 RC (f_2 - f_1)]} \right\}$$

1/4

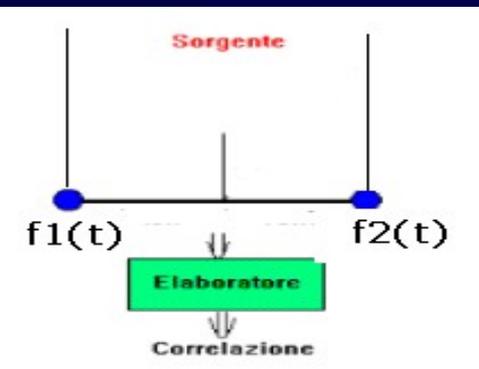


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

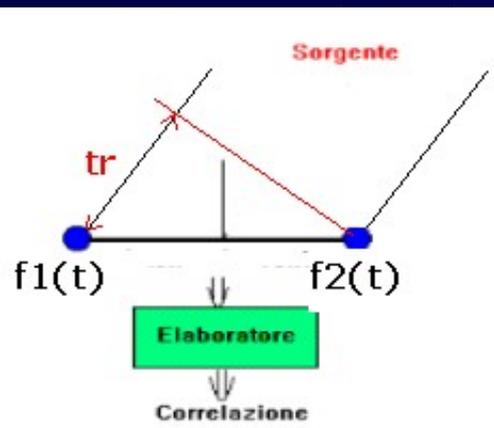
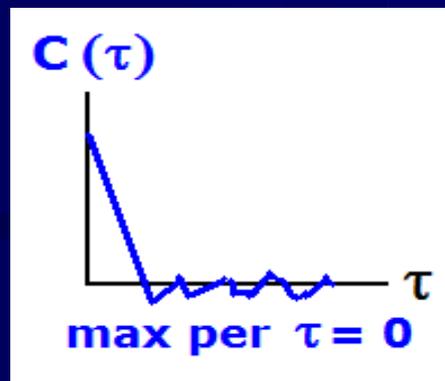
- Variazione del lobo di direttività -



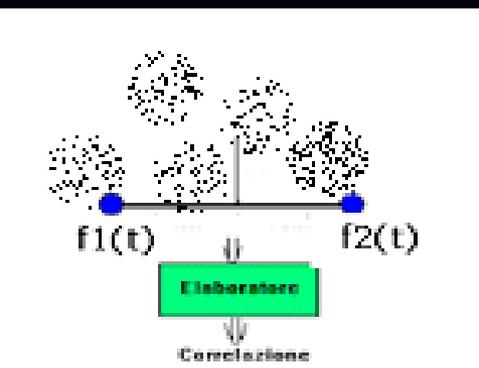
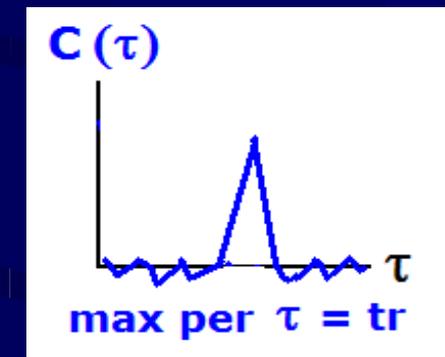
Con l'integrale generale si definisce la funzione di correlazione $C(\tau)$ dipendente dai segnali idrofonicici $f_1(t)$ e $f_2(t)$.



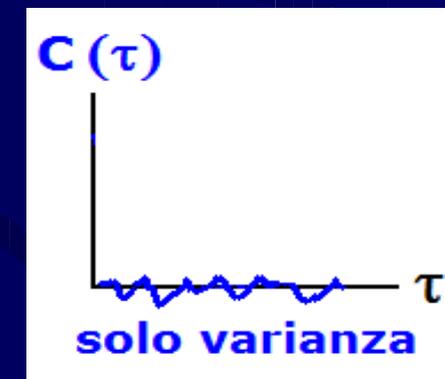
Se i due segnali $f_1(t)$ e $f_2(t)$ arrivano contemporaneamente sulla base il massimo di $C(\tau)$ si troverà per $\tau = 0$;



Se $f_2(t)$ colpisce la base per primo e $f_1(t)$ dopo il tempo "tr" $f_2(t)$ deve essere ritardato di un tempo tr ed il massimo si troverà per $\tau = tr$



Se $f_1(t)$ e $f_2(t)$ sono generati da rumori casuali del mare la $C(\tau)$ sarà a livello zero con sola varianza



Sviluppi su P12 del sito

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T f(t) f(t + \tau) dt$$

integrale generale

dall'integrale generale discendono la 1) e la 2)

$$1) \quad C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T A \cos \omega t \cdot A \cos \omega(t + \tau) dt = (A^2/2) \cos(\omega\tau)$$

$$2) \quad C(\tau) = \int_{f_1}^{f_2} \cos(2\pi f \tau) df = C(\tau) = \frac{\text{Sen } \pi\tau (f_2 - f_1)}{\pi\tau (f_2 - f_1)} \cos \pi\tau (f_2 + f_1)$$

$$C(\tau)_x = 2/\pi \text{ Arcsen } C(\tau)$$

funzione di Van Vleck

dalla funzione di Van Vleck discende la 3)

$$3) \quad C(\tau)_x = 2/\pi \text{ Arcsen} \left[\frac{\text{Sen } \pi\tau (f_2 - f_1)}{\pi\tau (f_2 - f_1)} \cos \pi\tau (f_2 + f_1) \right]$$

6

Il rumore nella correlazione analogica

$$C(\tau) = \text{Si}^2 \frac{\text{Sen}(6.28 \text{ DF } \tau)}{(6.28 \text{ DF } \tau)} \text{Cos} (6.28 \text{ Fo } \tau)$$

$$\text{Fo} = \frac{\text{F2} + \text{F1}}{2} \quad \text{DF} = \frac{\text{F2} - \text{F1}}{2}$$

$$\text{Nu} = \sqrt{\frac{(\text{Si}^2 + \text{Ni}^2)^2 + (\text{Si}^2)^2}{4 \text{ R C (F2-F1)}}} \quad \text{Su/Nu} = (\text{Si/Ni})^2 \sqrt{4 \text{ R C (F2-F1)}}$$

varianza

Il rumore nella correlazione digitale

$$C(0) = \frac{1}{3.14} \text{Arcsen} \left\{ \frac{1}{1 + (\text{Ni/Si})^2} \right\}$$

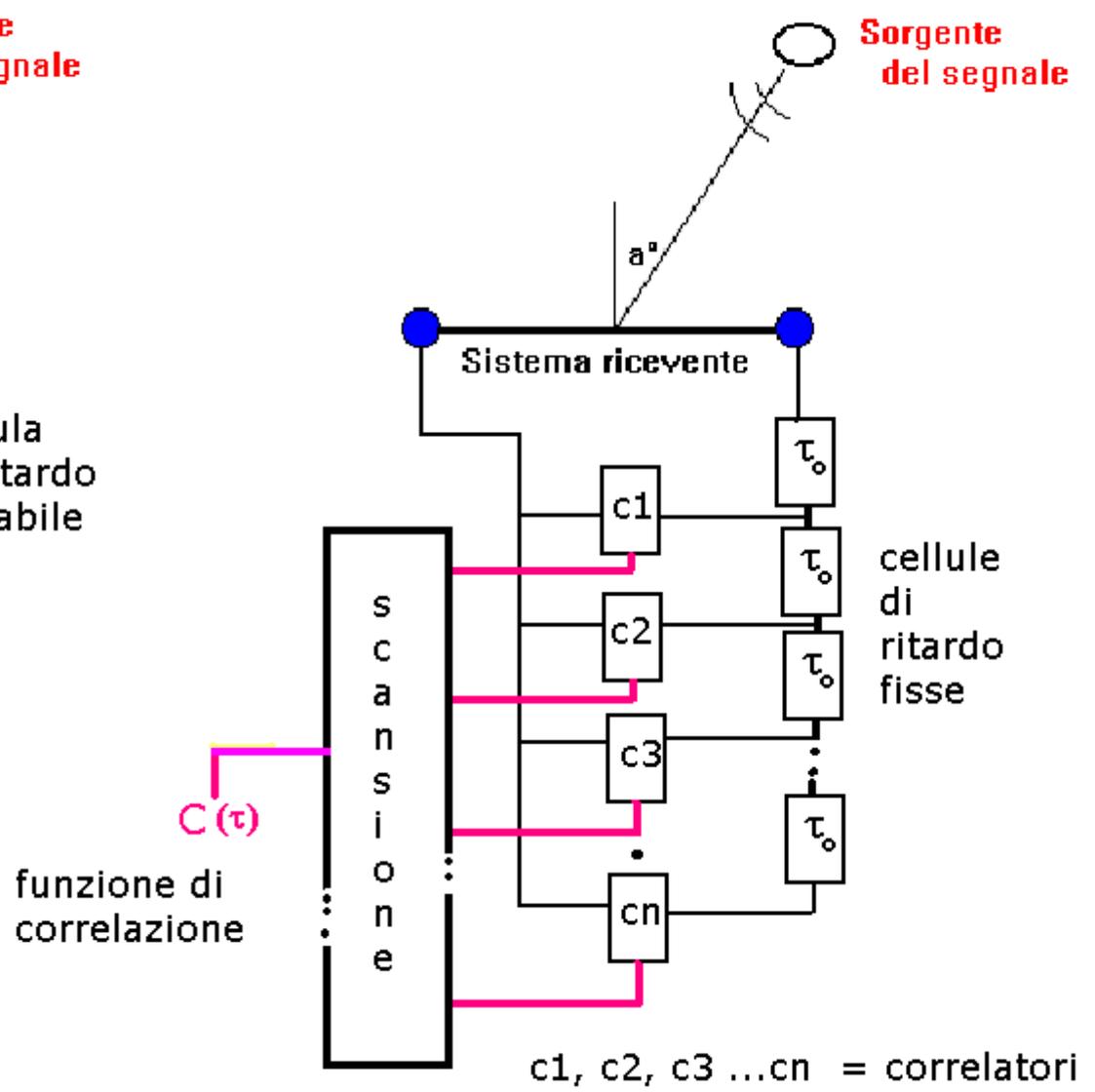
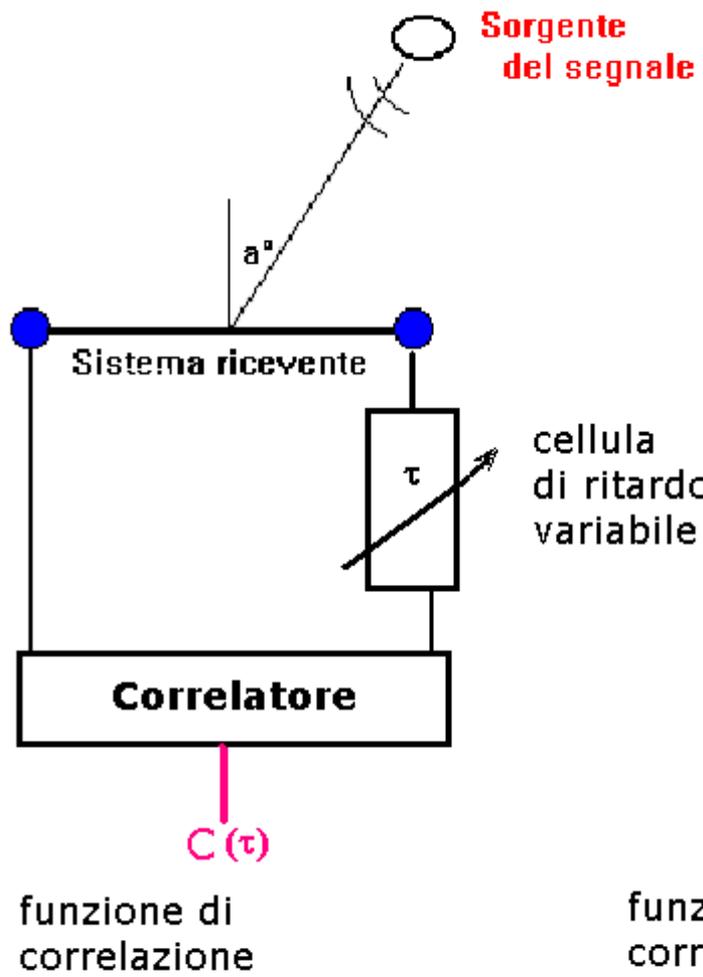
$$\text{Nu} = \frac{1}{3.14 \sqrt{(6/7) 4 \text{ R C (F2-F1)}}}$$

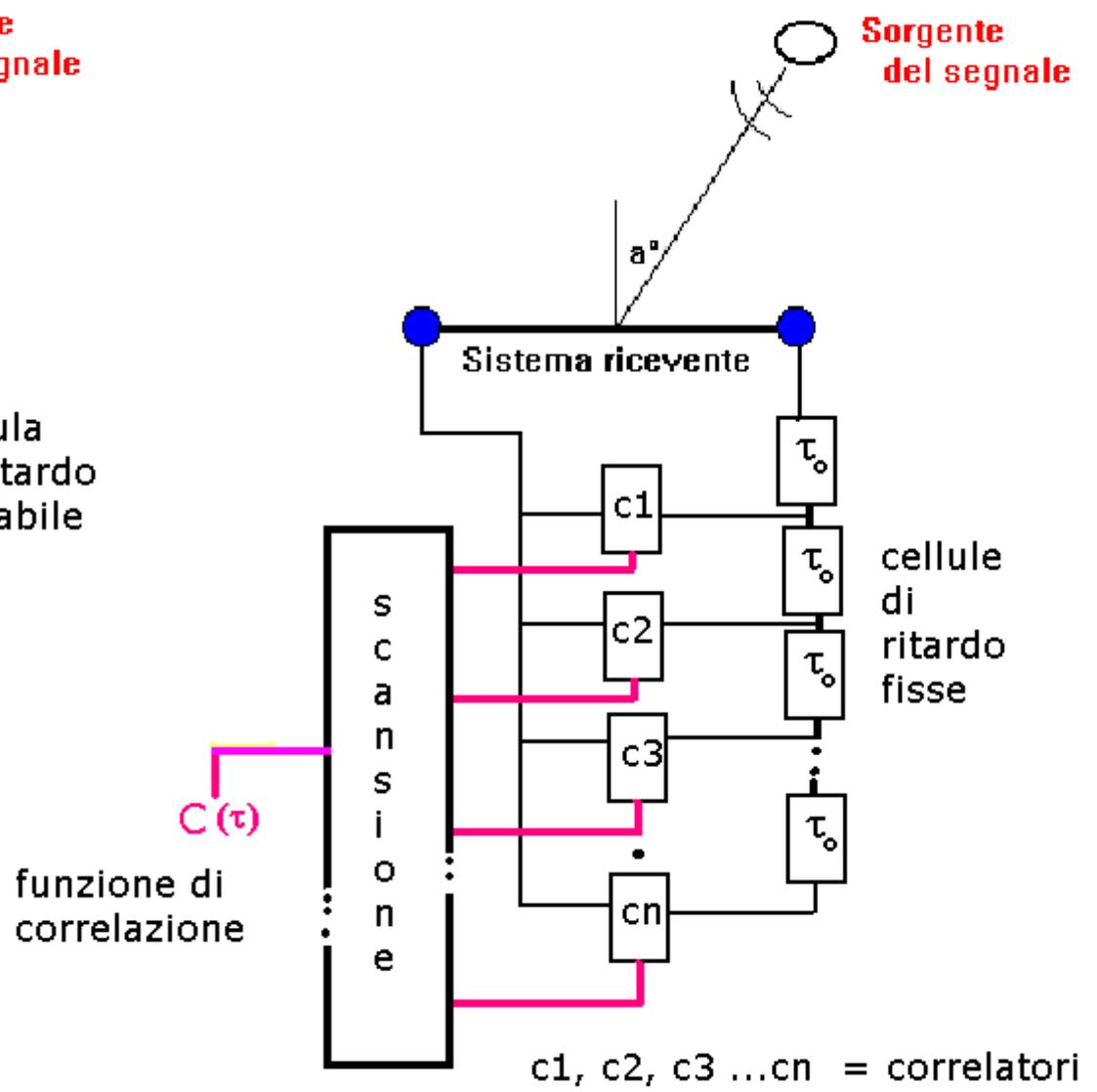
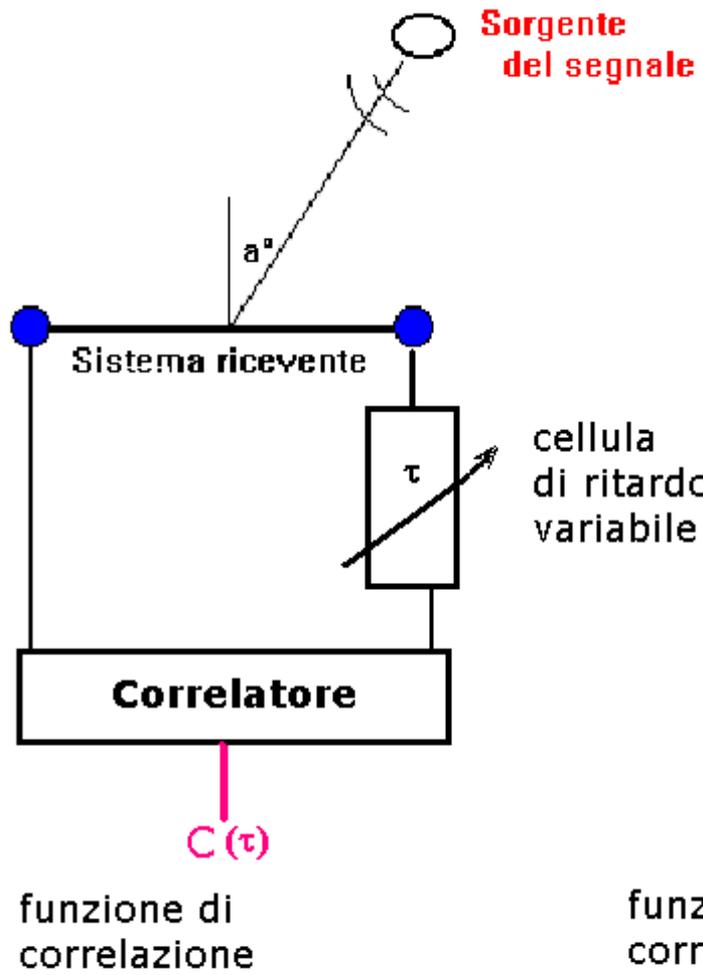
$$\text{Su/Nu} = (\text{Si/Ni})^2 \sqrt{(6/7) 4 \text{ R C (F2-F1)}}$$

varianza

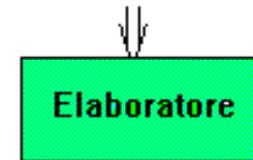
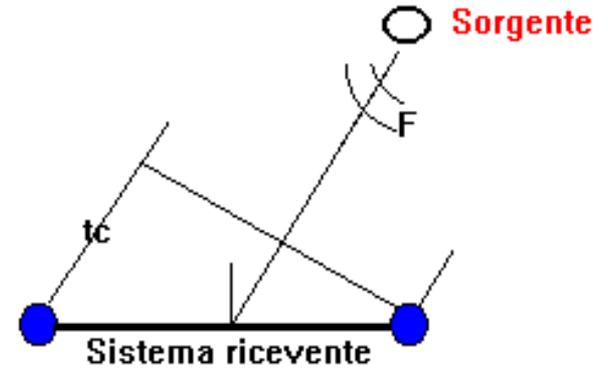
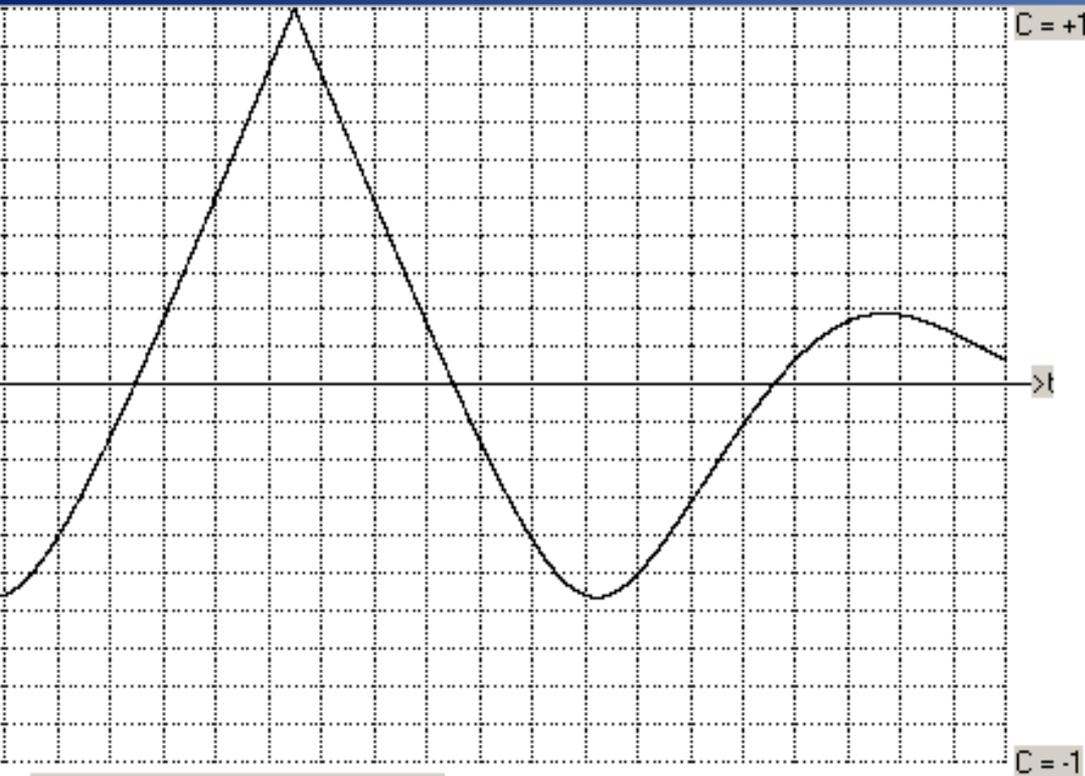
$$d \cong 2(\text{F2-F1}) \text{ R C (Si/Ni)}^4$$

$$(\text{Si/Ni})_{\text{dB}} = 20 \log \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\text{Sen}[3.14 C(0) \times 1,2 / \text{Val.}]^{-1}}}}$$





PROCESSI DI CORRELAZIONE



Correlazione
 $C=f(F,tc)$

Ingresso dati

F1 (Hz)

F2 (Hz)

F.scala(microS.)

t_c (microS.)

Dato5

Dato6

Dato7

SELEZIONE PROCESSO

DIG. $C = f(F1,F2,t_c)$

Convalida dati

Compara grafici

Calcolo

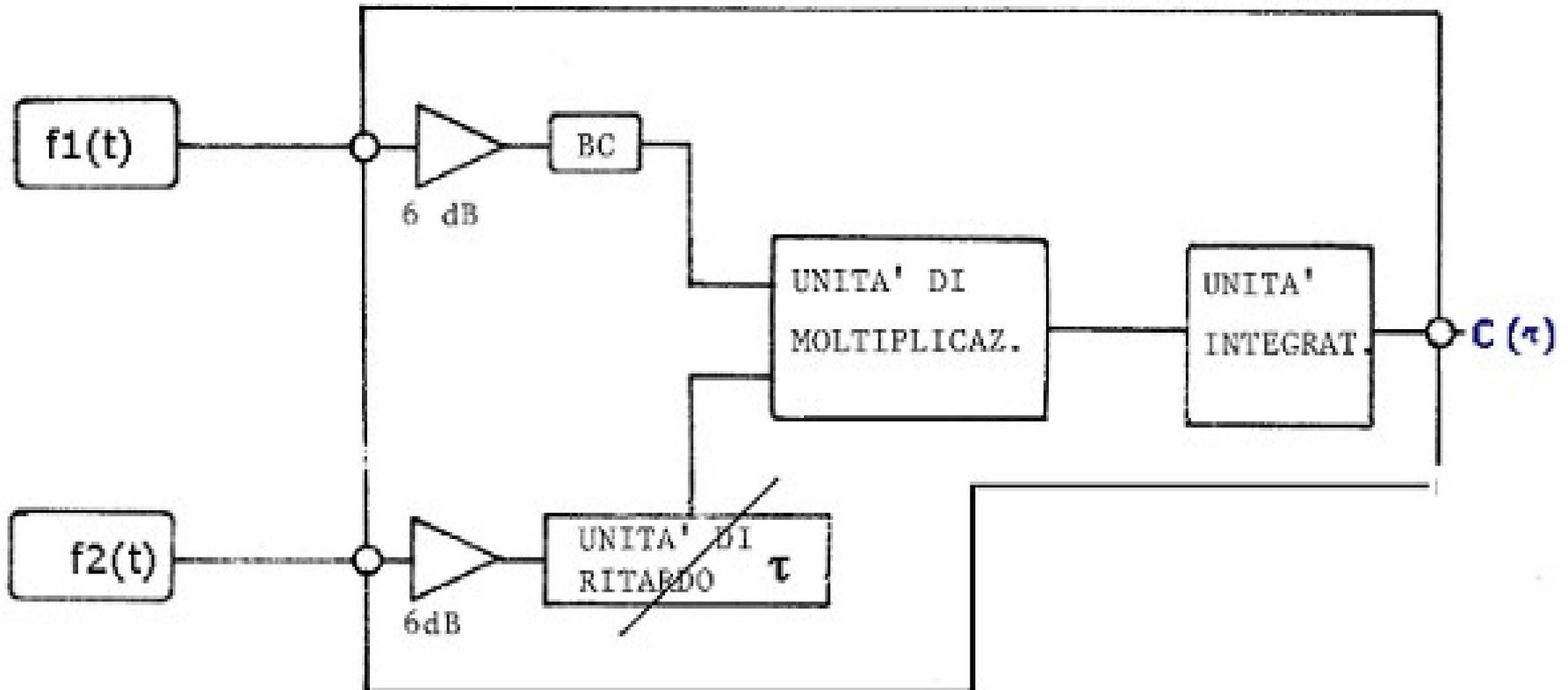
7

x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)	x	i(x)
0	4	22	1	44	3	66	4	88	3	110	3	132	2	154	2	176	1	198	2	220	1	242	1		
1	3	23	0	45	2	67	3	89	2	111	2	133	3	155	3	177	2	199	3	221	2	243	2		
2	3	24	4	46	2	68	2	90	4	112	1	134	1	156	2	178	0	200	1	222	2	244	1		
3	2	25	3	47	1	69	1	91	3	113	0	135	2	157	3	179	1	201	2	223	3	245	2		
4	3	26	3	48	2	70	3	92	2	114	2	136	2	158	1	180	2	202	2	224	1	246	2		
5	2	27	2	49	1	71	2	93	1	115	1	137	3	159	2	181	3	203	3	225	2	247	3		
6	2	28	3	50	1	72	2	94	3	116	2	138	1	160	2	182	1	204	0	226	2	248	1		
7	1	29	2	51	0	73	1	95	2	117	1	139	2	161	3	183	2	205	1	227	3	249	2		
8	3	30	2	52	3	74	3	96	2	118	3	140	1	162	1	184	2	206	1	228	2	250	2		
9	2	31	1	53	2	75	2	97	1	119	2	141	2	163	2	185	3	207	2	229	3	251	3		
10	2	32	3	54	2	76	1	98	3	120	2	142	0	164	3	186	1	208	1	230	3	252	2		
11	1	33	2	55	1	77	0	99	2	121	1	143	1	165	4	187	2	209	2	231	4	253	3		
12	2	34	2	56	3	78	2	100	3	122	3	144	2	166	2	188	3	210	2	232	0	254	3		
13	1	35	1	57	2	79	1	101	2	123	2	145	3	167	3	189	4	211	3	233	1	255	4		
14	1	36	4	58	2	80	2	102	4	124	3	146	1	168	1	190	2	212	0	234	1				
15	0	37	3	59	1	81	1	103	3	125	2	147	2	169	2	191	1	213	1	235	2				
16	3	38	3	60	4	82	3	104	1	126	4	148	1	170	0	192	0	214	0	236	3				
17	2	39	2	61	3	83	2	105	0	127	3	149	2	171	1	193	1	215	1	237	2				
18	2	40	2	62	3	84	1	106	2	128	3	150	0	172	2	194	2	216	2	238	1				
19	1	41	1	63	2	85	0	107	1	129	4	151	1	173	3	195	1	217	1	239	3				
20	2	42	1	64	3	86	2	108	2	130	2	152	3	174	1	196	2	218	2	240	2				
21	1	43	0	65	2	87	1	109	1	131	3	153	4	175	2	197	1	219	1	241	1				



44

Schema a blocchi di un correlatore analogico



Il legame tra (Si / Ni) e (Priv.) ; (Pfa.)

dipende dalla variabile “d” secondo le due
funzioni:

$$d = f(\text{Priv}; \text{Pfa})$$

$$\text{Si/Ni} = \left\{ d / [2 RC (f_2 - f_1)] \right\}$$

1/4

18

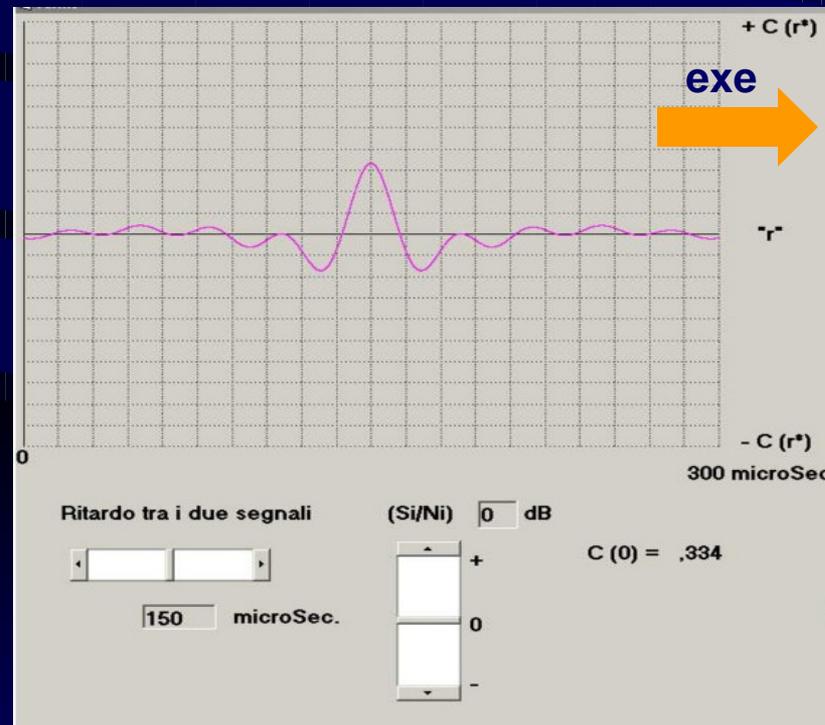


Le funzioni di correlazione nella scoperta sonar

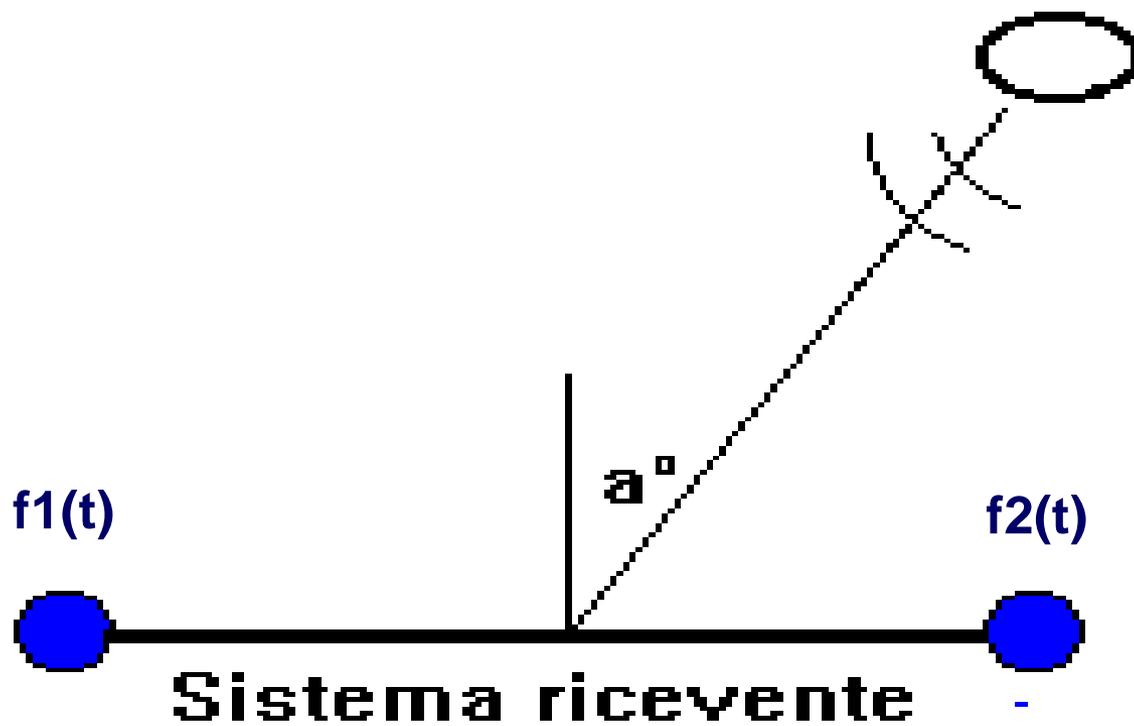
Lo studio del comportamento delle funzioni di correlazione digitali

Andamento della funzione di correlazione $C(\tau)$ in dipendenza del rapporto segnale\disturbo

- simulazione dinamica -



**Sorgente
del segnale**

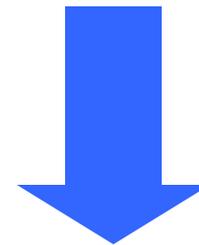


Sistema ricevente



Correlazione

$$C = f[a^\circ, F, d]$$



La cancellazione del disturbo

$f_1(t)$

$f_2(t + \tau)$



$$\varphi_{nA}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [S(t) + N(t)] [S(t + \tau) + N(t + \tau)] dt$$

Svolgendo questo integrale si
dimostra che per $T \rightarrow \infty$ il
disturbo si cancella

Calcolo della portata sonar secondo l'equazione trascendente in R in funzione di "d" e "RC"

$$60 \text{ dB} + 20 \text{ Log } R + a R - (SL + DI - NL - DT + 10 \text{ Log } BW) = 0$$

dove:

$$a = (0.1 fo^2) / (1 + fo^2) + (40 fo^2) / (4100 + fo^2) + (2.75 fo^2) / 10000$$

$$DT = 5 \text{ Log} [d BW / (2 RC)]$$

$$d = f (Priv; Pfa)$$