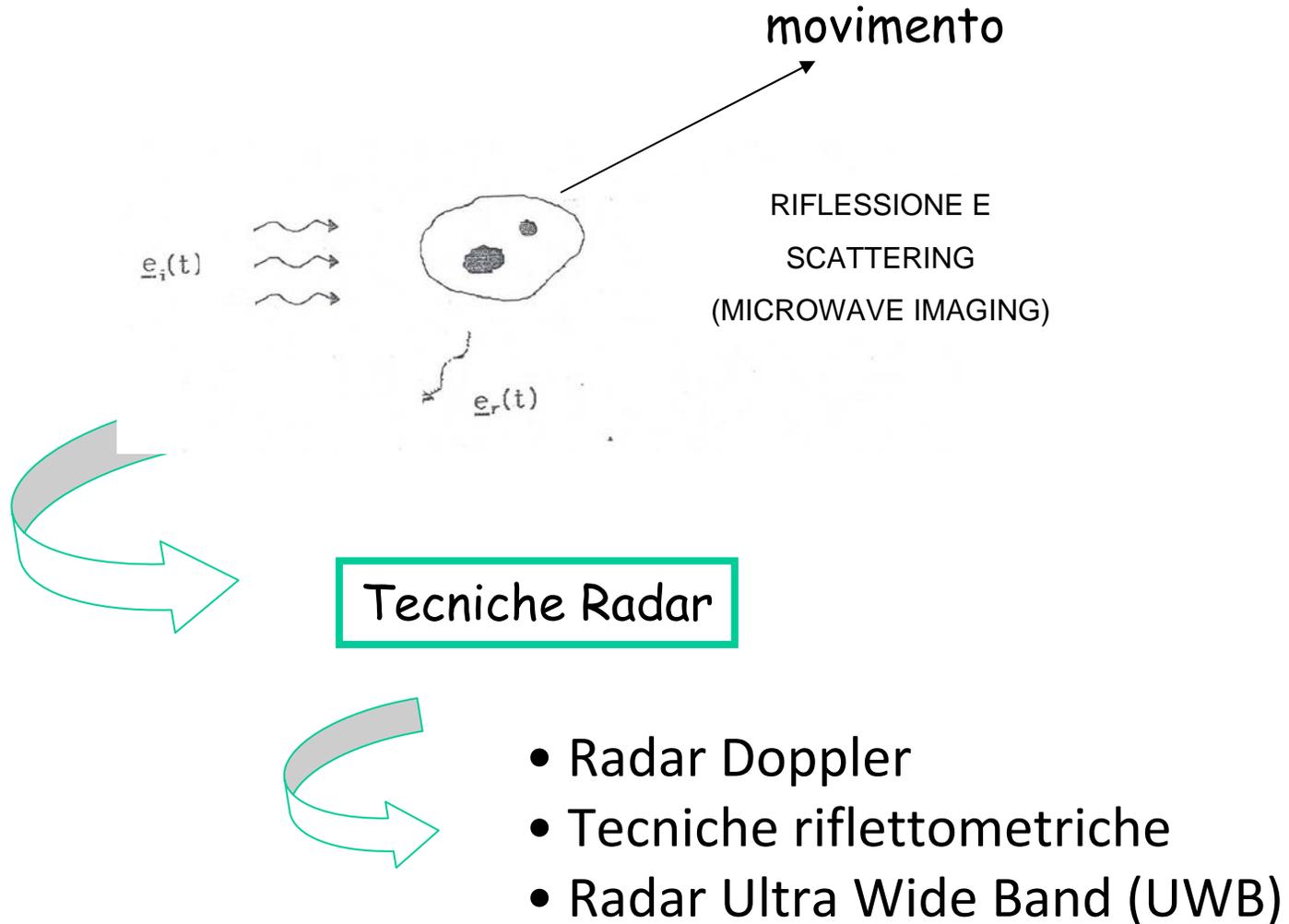


Radar UWB

Tecniche Radar
(Radar Doppler, Riflettometria e Radar UWB)
Tecniche di indagine diagnostica per immagini
Applicazione dei campi elettromagnetici in medicina

Marta Cavagnaro

Tecniche di indagini diagnostiche



Radar UWB

In un sistema UWB, il trasmettitore genera una sequenza di impulsi di durata dell'ordine delle centinaia di picosecondi.

Questi impulsi vengono trasmessi da un'antenna nello spazio, e quindi riflessi dal soggetto.

Gli impulsi riflessi tornano alla stessa antenna trasmittente (o un'altra) e, se il "bersaglio" si muove, il sistema è in grado di rilevare il movimento dalla variazione del tempo di arrivo degli impulsi riflessi

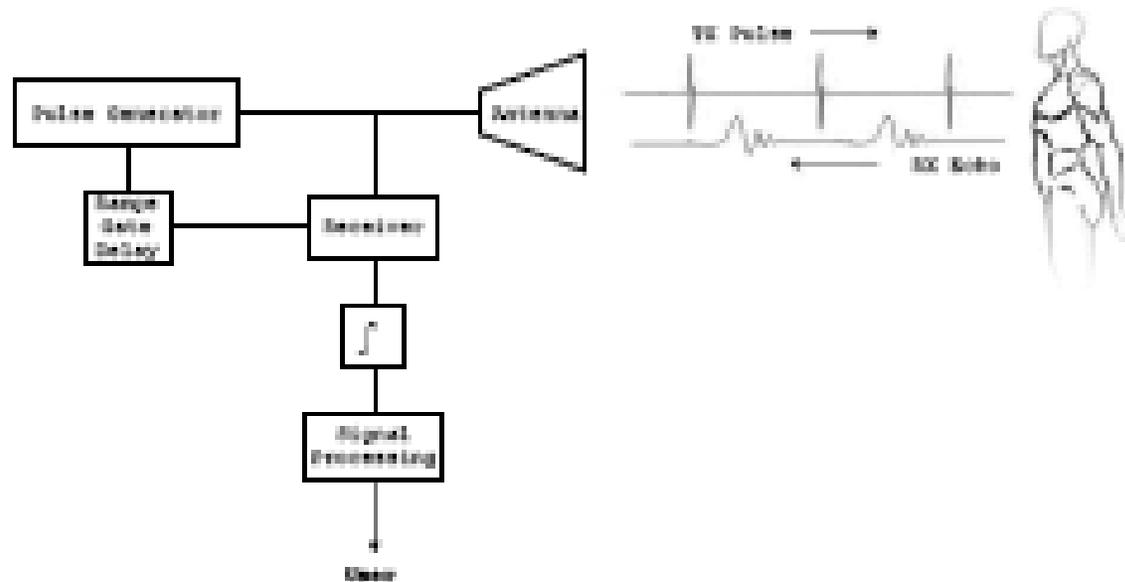
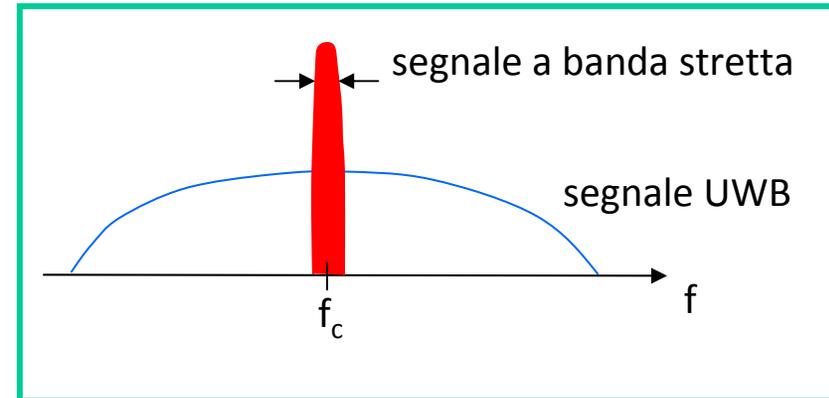


Figure 2: Micro-power Impulse Radar Sensor Block Diagram

Aspetti positivi

I maggiori vantaggi della tecnologia UWB sono:

Conventional radar sends out short bursts of single-frequency (narrowband) electromagnetic energy in the microwave frequency range. Other radars step through multiple (wideband) frequencies to obtain more information about a scene. An impulse, or ultrawide-band, radar sends individual pulses that contain energy over a very wide band of frequencies. The shorter the pulse, the wider the band, thereby generating even greater information about reflected objects. Because the pulse is so short, very little power is needed to generate the signal (microWatt). UWB is unique because it inexpensively generates and detects very fast (subnanosecond) pulses.



- Bassa densità di potenza spettrale
- Bassa interferenza con sistemi esistenti
- Abilità di rilevare oggetti fino a pochi cm di distanza dal trasmettitore
- Elevata risoluzione
- Basso costo della tecnologia
- No pericolosità per la salute (no mezzi di contrasto, bassi livelli di campo em etc.)

Ricezione

The drawback of using short, low-power pulses is that less energy can be measured on the radar returns. We solved this problem by transmitting many pulses rapidly and averaging all returns. (Azevedo, McEwan Microwave Impulse Radar, Science & Technology Review January/February 1996)

Se si utilizzasse un solo impulso il segnale ricevuto sarebbe molto debole. Pertanto, per ottenere un segnale sufficientemente elevato da poter essere elaborato occorre trasmettere più impulsi. Supponiamo di trasmettere gli impulsi con un periodo $T=1/PRF$.

Sugli impulsi ricevuti si effettua una operazione di integrazione per aumentare il rapporto segnale rumore (SNR).

Si consideri ad esempio un integratore con una costante di tempo pari a τ_1 , il numero di impulsi ricevuti sarà pari a $\tau_1 PRF$, e il livello del segnale risulterà corrispondentemente aumentato della stessa quantità.

Allora, il rapporto segnale rumore in uscita al ricevitore sarà:

$$SNR_{dB} = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right) + 10 \log (\tau_1 PRF)$$

dove $10 \log(S/N)$ rappresenta il rapporto segnale rumore relativo al singolo impulso e $10 \log(\tau_1 PRF)$ rappresenta il miglioramento dovuto all'integrazione.

Più impulsi

$$SNR_{dB} = 10\log\left(\frac{S}{N}\right) + 10\log(\tau_1 PRF)$$

Maggiore è τ_1 maggiore sarà il rapporto segnale rumore

Ma τ_1 lunghi riducono le misure che posso fare in un certo intervallo di tempo

E.g.

PRF=1 MHz e $\tau_1=1$ ms

$\tau_1 PRF = 1000$



miglioramento di 30dB

I primi studi sull'Ultra Wide Band Radar (UWB Radar) risalgono alla seconda metà degli anni '50 e sono riportati in due brevetti, di Louis A. De Rosa (9 Marzo 1954) e Conrad H. Hoepfner (5 Settembre 1961).

Il primo vero passo in avanti per uno studio sistematico delle tecnologie UWB prende spunto da alcuni lavori sui campi elettromagnetici nel dominio del tempo cominciati nel 1962, tesi a descrivere il comportamento del transitorio di alcune classi di reti a microonde attraverso la loro risposta impulsiva (Ross 1963,1966).

La possibilità di mettere in pratica i concetti UWB è divenuta reale dopo l'avvento degli oscilloscopi a campionamento (Hewlett-Packard c. 1962) e lo sviluppo di tecniche per la generazione di impulsi di breve durata, capaci di simulare con buona approssimazione una eccitazione impulsiva.

All'inizio degli anni '70 viene pubblicato il primo brevetto di un sistema per comunicazioni radio basato sui principi dell'UWB radar (Ross 1973).

Il periodo che va dal 1977 al 1989 vede molto lavoro su sistemi UWB. E' utile notare che in questi anni, per la prima volta, compare il termine "ultra wideband"; fino ad allora erano stati usati diversi sinonimi come sistemi di banda base, impulsivi o senza portante di frequenza

Il primo radar UWB per il monitoraggio remoto operante a bassissima potenza, di dimensioni ridotte e costi contenuti, è stato brevettato nel 1994 come risultato degli studi svolti presso il Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL).

T. E. McEwan, Ultra-wideband radar motion sensor, US Patent 5,361,070, 1994.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates generally to motion sensors and more particularly to motion sensors based on ultra-wideband radar.

SUMMARY OF THE INVENTION

Ultra-wideband (UWB) radar motion sensing is a completely new approach to motion sensor technology. UWB radar operates as a pulse-echo system that clocks the two-way time of flight of a very short electrical pulse. A carrier frequency is not used; instead, an electrical voltage pulse is applied directly to the antenna.

Definizione di UWB - segnale gaussiano

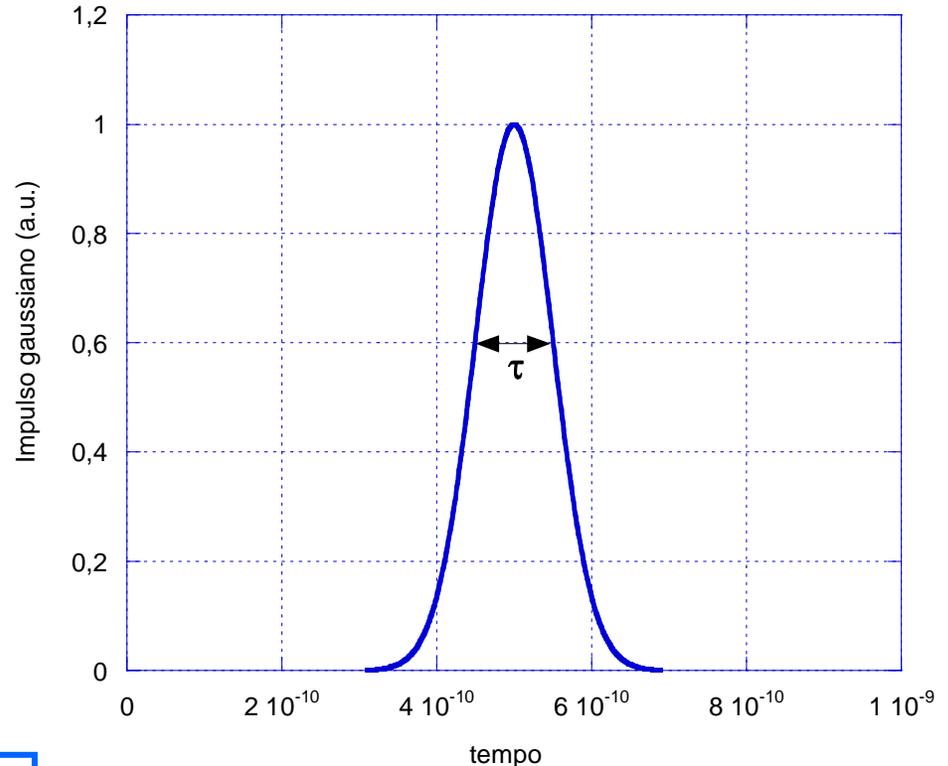
Un segnale gaussiano di ampiezza unitaria, deviazione standard σ , centrato in $t = t_0$, ha un andamento temporale del tipo:

$$s(t) = e^{-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2}}$$

Quando $t = t_0$ l'ampiezza del segnale assume il valore massimo.

Quando $t - t_0 = \sigma$, l'ampiezza del segnale diventa 0.6 volte il valore massimo, ovvero si è ridotta del 40 %

$$s(t) \Big|_{t=t_0+\sigma} = e^{-\frac{\sigma^2}{2\sigma^2}} = 0.6065$$



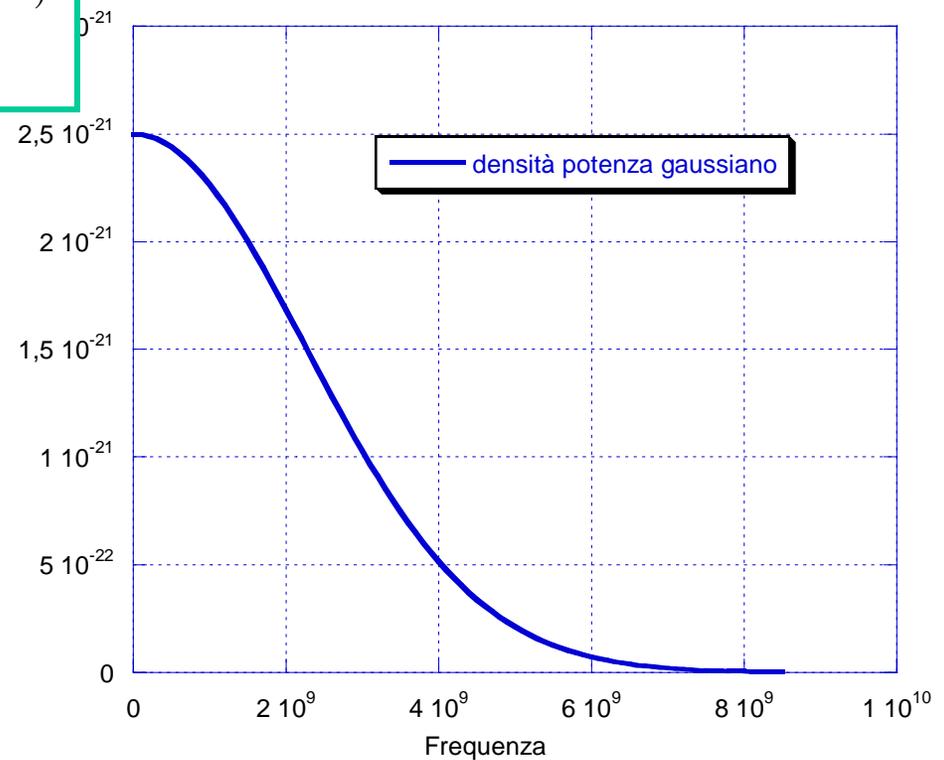
⇒ $\tau = 2\sigma$ è la larghezza dell'impulso

Trasformata impulso gaussiano

La trasformata di Fourier di un impulso gaussiano è data da

$$S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt = \sqrt{2\pi\sigma} e^{-2(\pi f\sigma)^2}$$

Il quadrato di questo segnale fornisce lo spettro di densità di potenza
Per $f=1/3\sigma$ il valore dello spettro di densità di potenza del segnale diventa 0.01 volte quello in bassa frequenza, ovvero si riduce di 20 dB.



$$S(f) = \sqrt{2\pi\sigma} e^{-2\left(\pi \frac{1}{3\sigma}\sigma\right)^2} = \sqrt{2\pi\sigma} 0.01$$



$$10 \log_{10} 0.01 = 20 \text{ dB}$$

Monociclo

Il monociclo ha un andamento nel tempo prossimo alla derivata prima di un segnale gaussiano

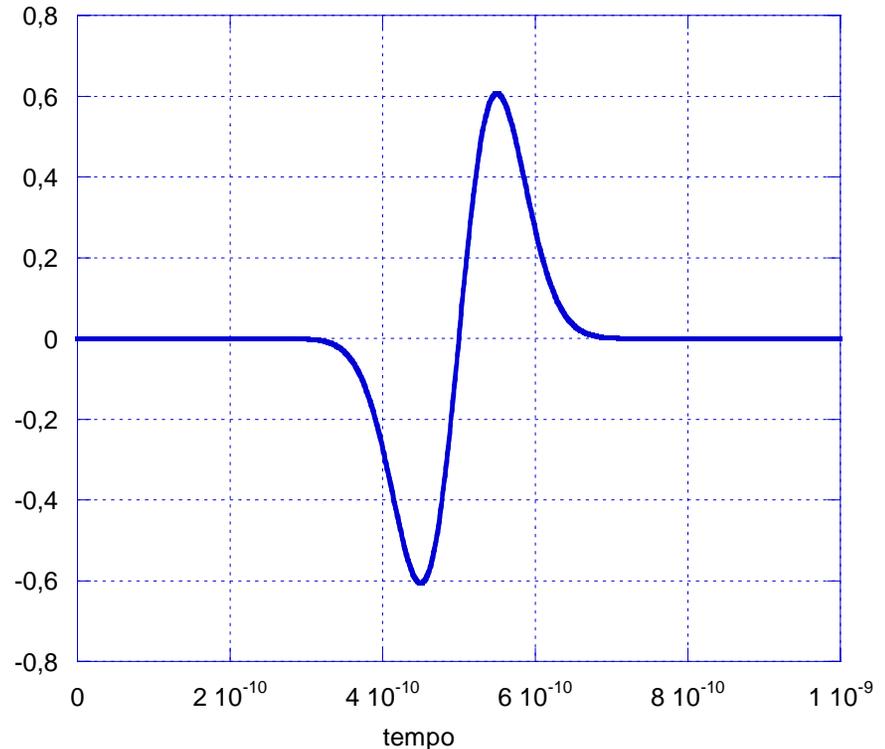
$$s(t) = \frac{d e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-t_0}{\sigma}\right)^2}}{dt} = -\frac{t-t_0}{\sigma^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-t_0}{\sigma}\right)^2}$$



monociclo

$$s(t) = \frac{d e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-t_0}{\sigma}\right)^2}}{dt} = -\frac{t-t_0}{\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-t_0}{\sigma}\right)^2}$$

Quando $t - t_0 = \sigma$ l'ampiezza del segnale assume il valore massimo (0.6).

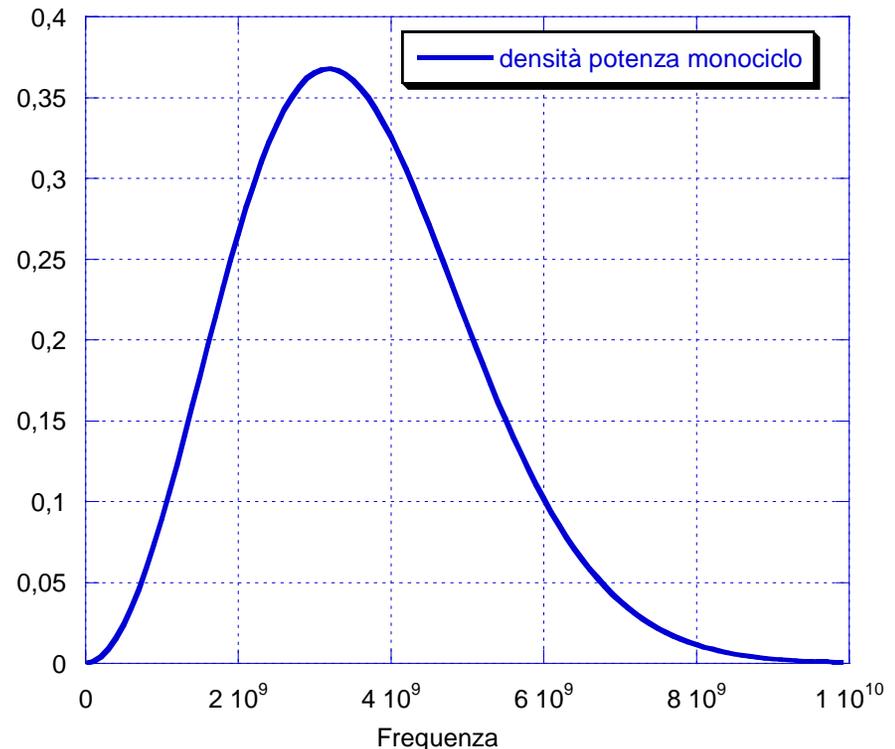


Spettro del monociclo

La trasformata di Fourier del monociclo si ottiene dalla proprietà della trasformata di Fourier della derivata di un segnale

$$S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{ds(t)}{dt} e^{-j\omega t} dt = j\omega \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt$$

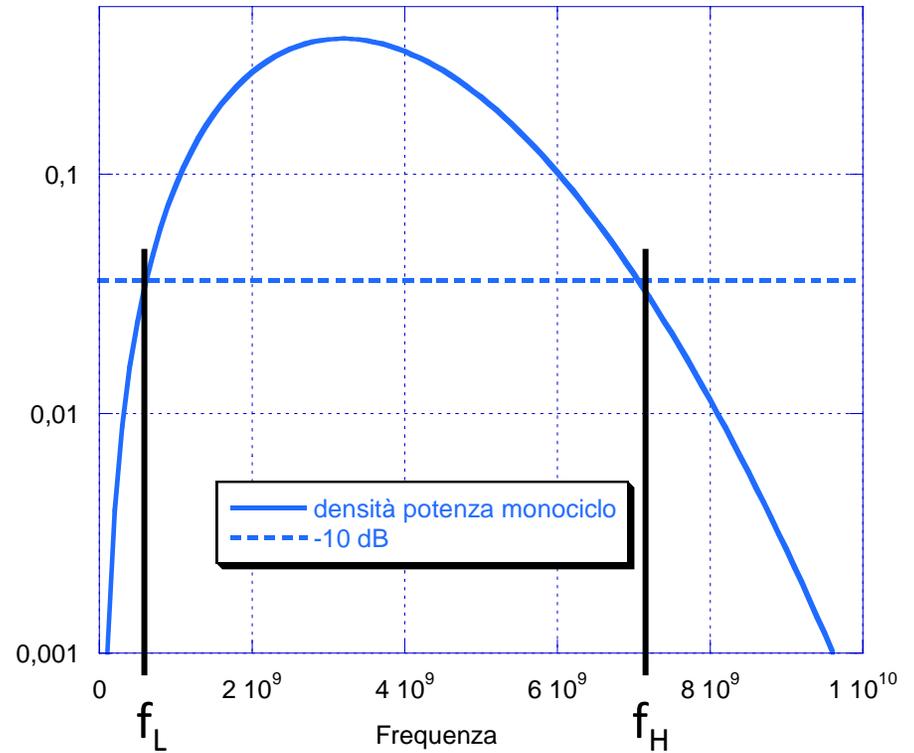
Nello spettro di densità di potenza
Si possono definire le due frequenze f_L e f_H per le quali il valore dello spettro si riduce di 10 dB rispetto al valore massimo



Banda frazionale

Si definisce banda frazionale (BF) la quantità

$$B_F = \frac{(f_H - f_L)}{\left[\frac{(f_H + f_L)}{2} \right]} = \frac{2(f_H - f_L)}{(f_H + f_L)}$$



Sistema UWB

Ci sono due possibili definizioni per i segnali UWB (pag 15 FCC). Un segnale ultra wide band è

- qualsiasi segnale la cui **Banda Frazionale sia superiore al 20%, rispetto alla frequenza centrale**
- un segnale che abbia **una banda ($B = f_H - f_L$) maggiore di 500 MHz.**

Imaging Systems:

Ground Penetrating Radar Systems (GPRs) devono operare sotto 960 MHz o nella banda di frequenza 3.1 - 10.6 GHz.

Wall Imaging Systems devono operare sotto 960 MHz o nella banda di frequenza 3.1 - 10.6 GHz.

Through-wall Imaging Systems devono operare sotto 960 MHz o nella banda di frequenza 1.99 - 10.6 GHz.

Medical Systems devono operare nella banda di frequenza 3.1 - 10.6 GHz.

Surveillance Systems devono operare nella banda di frequenza 1.99 - 10.6 GHz.

Communications and Measurement Systems devono operare nella banda di frequenza 3.1 - 10.6 GHz.

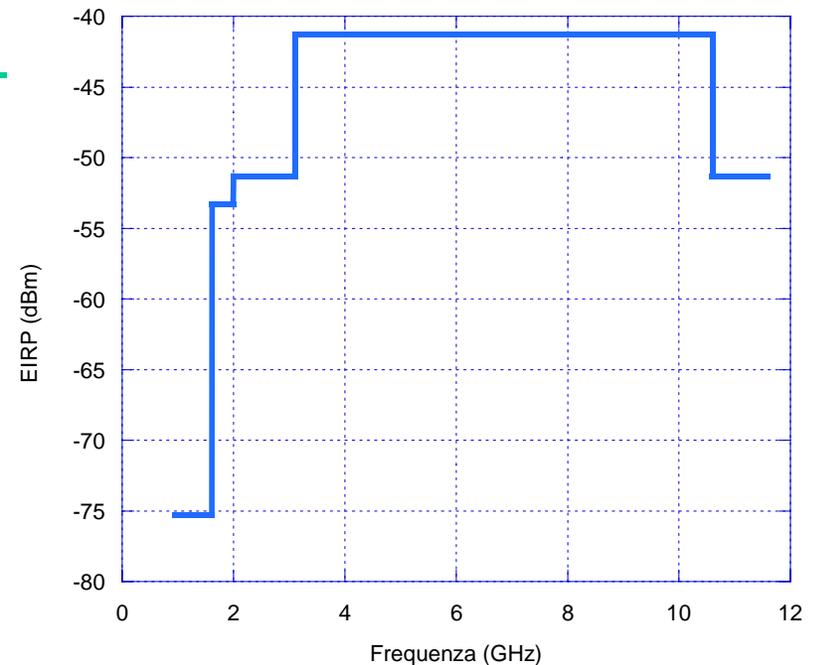
Maschere di emissione

FCC ha anche stabilito dei limiti di emissione per evitare interferenze con altri sistemi

Indoor UWB Systems (p 26). Devices operating under this category must demonstrate that the system units will fail to operate if they are removed from the indoor environment. ... we are requiring that -10 dB bandwidth of indoor UWB systems must lie between 3.1 GHz and 10.6 GHz. We are adopting a very conservative out of band emission mask to address the concerns of companies which make or market indoor electronic equipment.

Frequency in MHz	EIRP in dBm
960-1610	-75.3
1610-1990	-53.3
1990-3100	-51.3
3100-10600	-41.3
Above 10600	-51.3

dBm misurati con un ricevitore con 1 MHz di banda



Equazione del RADAR

L'equazione del RADAR definisce la distanza alla quale si può rilevare un oggetto, legata alle caratteristiche di emissione e ricezione del sistema, alle caratteristiche dell'oggetto, e alla propagazione del segnale elettromagnetico con la distanza.

Da essa si ricava il "range" del RADAR, ovvero la massima distanza alla quale (indipendentemente dalla ripetizione degli impulsi) il RADAR può arrivare.

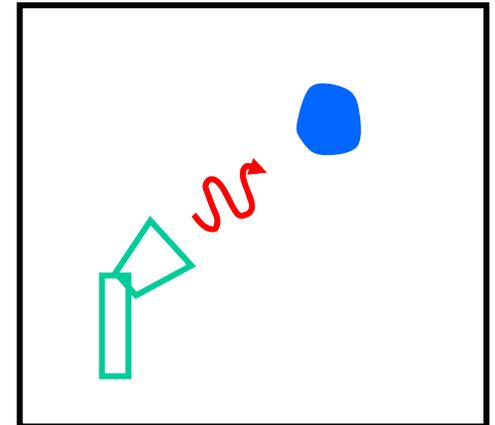
Si definisce Guadagno di un'antenna il rapporto tra la densità di potenza radiata dall'antenna e quella radiata da un'antenna isotropa

$$G(\theta, \varphi) = \frac{S(r, \theta, \varphi)}{\frac{P_{in}}{4 \pi r^2}}$$

← densità di potenza radiata

Sul bersaglio (a distanza R) incide una densità di potenza data da:

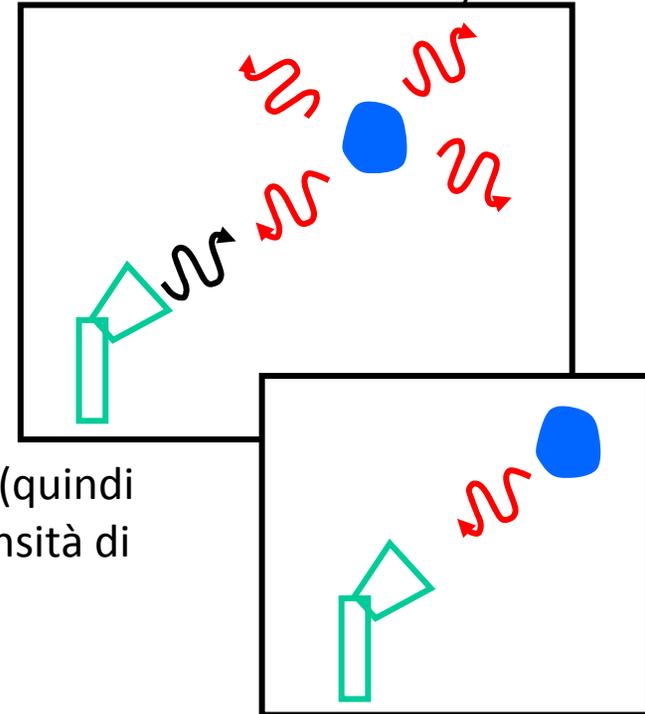
$$S(R, \theta, \varphi) = \frac{P_{in} G(\theta, \varphi)}{4 \pi R^2}$$



Equazione del RADAR

La densità di potenza incidente sul bersaglio genera su questo correnti indotte, le quali a loro volta generano un campo elettromagnetico scatterato. La “quantità” di campo scatterato, i.e. riflesso, dal bersaglio è determinata dalle proprietà del bersaglio stesso, ed è rappresentata dalla Radar Cross Section (RCS) σ , definita come il rapporto tra la potenza scatterata dal bersaglio e la densità di potenza incidente (ha le dimensioni di un’area)

$$\sigma(\theta, \varphi) = \frac{P_{rifl}}{S(R, \theta, \varphi)}$$



La potenza riflessa si propaga quindi verso l’antenna ricevente (quindi ancora per una distanza R). Sull’antenna inciderà allora una densità di potenza data da

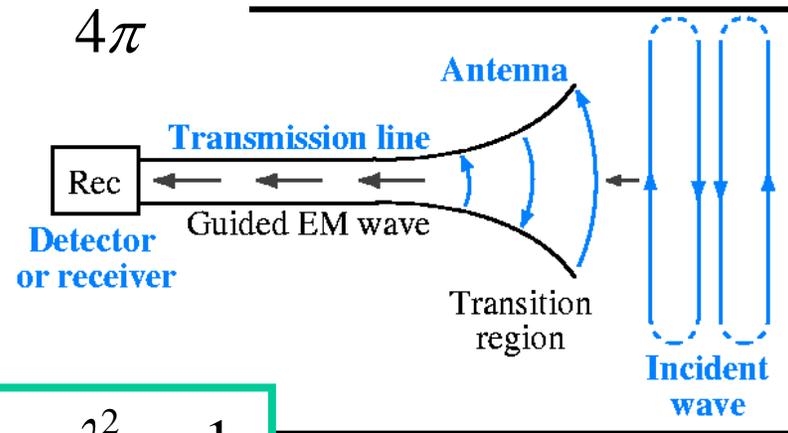
$$S_{inc,ant}(R, \theta, \varphi) = \frac{P_{rifl}(\theta, \varphi)}{4 \pi R^2} = \frac{\sigma(\theta, \varphi) S(R, \theta, \varphi)}{4 \pi R^2} = \frac{\sigma(\theta, \varphi) P_{in} G(\theta, \varphi)}{(4 \pi R^2)^2}$$

Equazione del RADAR

L'antenna riceve tale densità di potenza secondo la sua capacità in ricezione, per cui

$$P_{ric} = S_{inc,ant} A_{eff}(\theta, \varphi) \eta = S_{inc,ant} \frac{G(\theta, \varphi) \lambda^2}{4\pi}$$

Si ottiene infine



$$P_{ric} = P_{in} G_T(\theta, \varphi) \sigma(\theta, \varphi) G_R(\theta, \varphi) \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} \frac{1}{R^4}$$

L'equazione del RADAR è valida per ogni tipo di segnale. Nel caso di sistemi UWB, i guadagni e la radar cross section del bersaglio diventano dipendenti dal tempo e dai parametri degli impulsi trasmessi. Inoltre, nei RADAR UWB vi sono perdite tipicamente non presenti nei sistemi a banda stretta, come le perdite in ricezione legate al comportamento dell'antenna (disadattamenti per la parte di spettro del segnale UWB che esce dalla banda dell'antenna).

Massima distanza

$$P_{ric} = P_{in} G_T(\theta, \varphi) \sigma(\theta, \varphi) G_R(\theta, \varphi) \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} \frac{1}{R^4}$$

La massima distanza discriminabile dal RADAR è ottenuta dall'equazione del radar considerando la minima potenza ricevibile dal sistema (pari al livello del rumore)

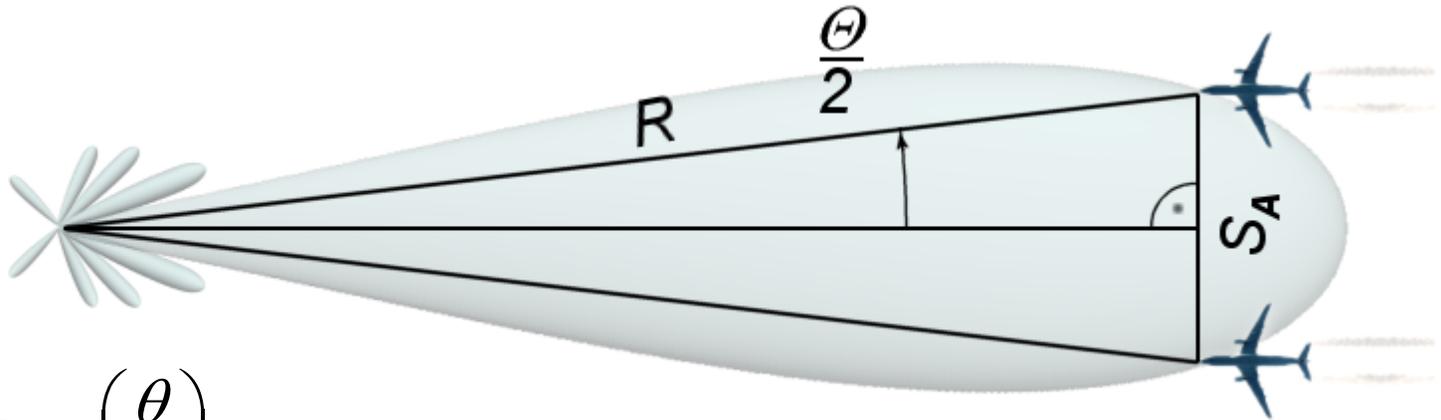
$$R_{\max} = \left(\frac{P_{in} G_T \sigma G_R}{P_{ric, \min}} \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Distanze utili

Risoluzione angolare

Rappresenta la minima distanza angolare che deve separare due bersagli posti alla stessa distanza dal trasmettitore per poter essere rilevati come distinti.

E' legata alla larghezza del fascio radiato dall'antenna (larghezza del fascio a -3dB). Da ricordare che più stretto è il fascio, maggiore è la direttività dell'antenna (i.e. la sua capacità di radiare valori elevati di potenza lungo poche direzioni).

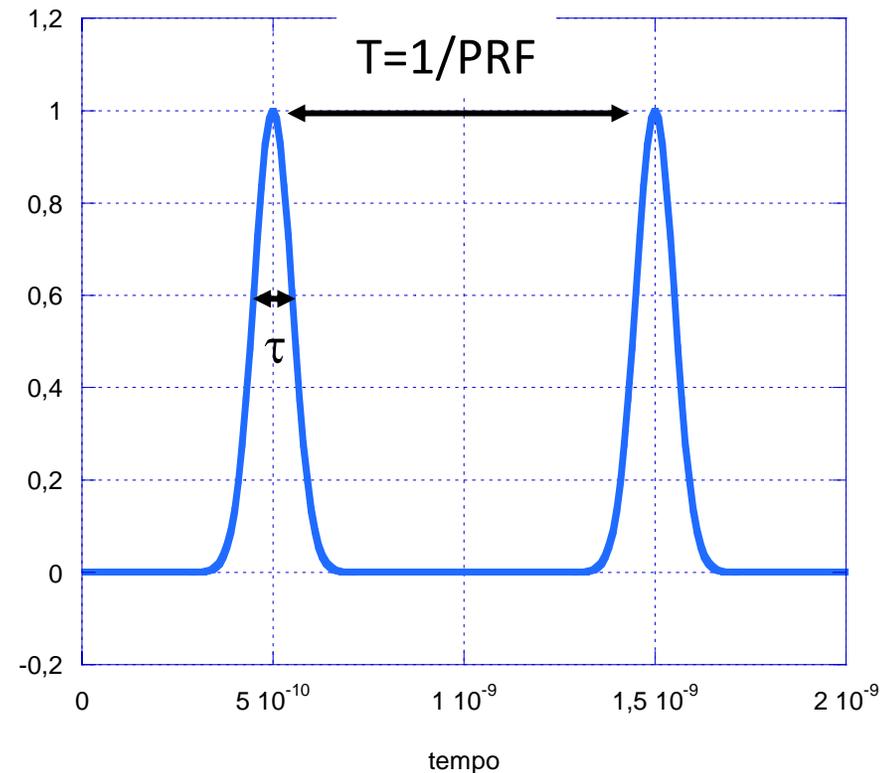


$$S_A \geq 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Definizioni

I radar UWB emettono degli impulsi di durata τ con una certa frequenza di ripetizione (PRF), che non è altro che il reciproco dell'intervallo di tempo T che trascorre tra un impulso ed il successivo

Alla frequenza di ripetizione e alla durata del singolo impulso sono legate rispettivamente la massima distanza non ambigua e la risoluzione o discriminazione in distanza

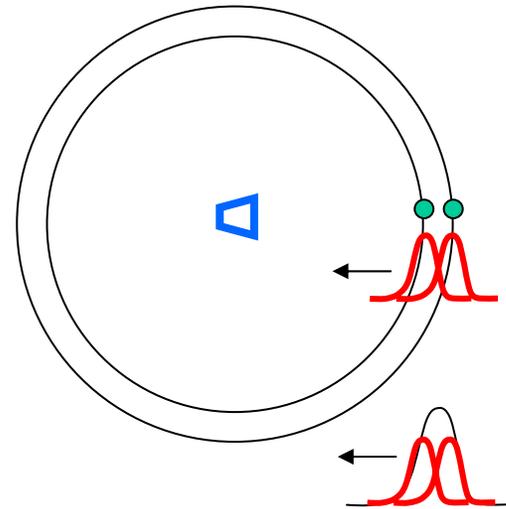


Distanze utili

Discriminazione in distanza

Rappresenta la minima distanza a cui si possono trovare due oggetti vicini per poter essere rilevati come distinti

$$R_d = \frac{c\tau}{2}$$



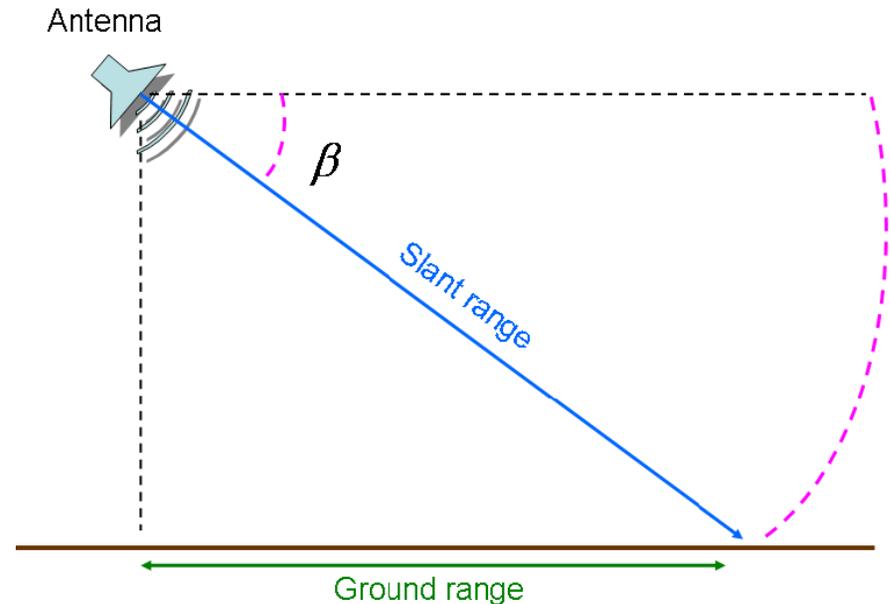
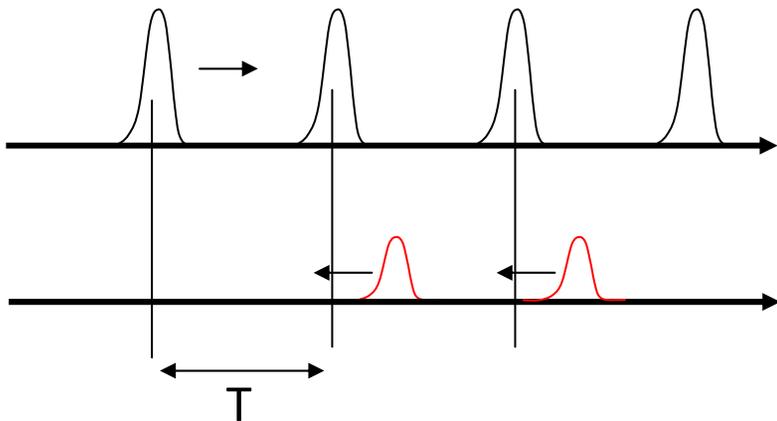
Essendo τ molto piccolo si possono discriminare oggetti molto vicini all'antenna

Distanze utili

Massima distanza non ambigua

E' la distanza massima alla quale si può trovare un oggetto per essere rilevato senza ambiguità, ovvero un oggetto che si trovi più lontano di tale distanza genera problemi di sovrapposizione degli echi (e quindi ambiguità), per cui viene visto come se fosse più vicino:

$$R_{na} = \frac{cT}{2}$$



Si può definire una distanza non ambigua inclinata (slant range) ed una a terra (ground range)

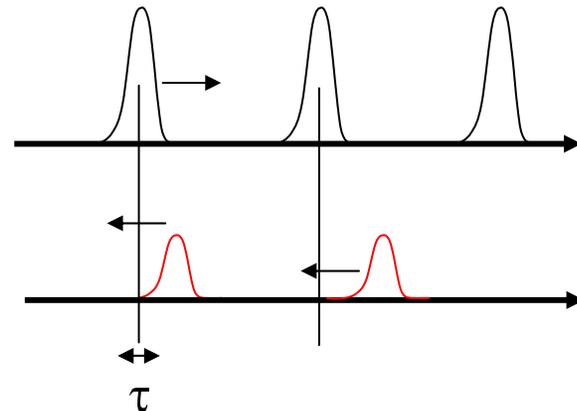
Distanze utili

Distanza minima rilevabile

Quando il fronte di salita dell'impulso riflesso è entro l'impulso trasmesso (ovvero l'eco torna all'antenna prima che l'impulso trasmesso sia terminato) non si riesce a valutare il tempo intercorso tra la trasmissione e la ricezione, pertanto, il corrispondente bersaglio non può essere rilevato

$$R_m = \frac{(\tau + t_{tr})c}{2}$$

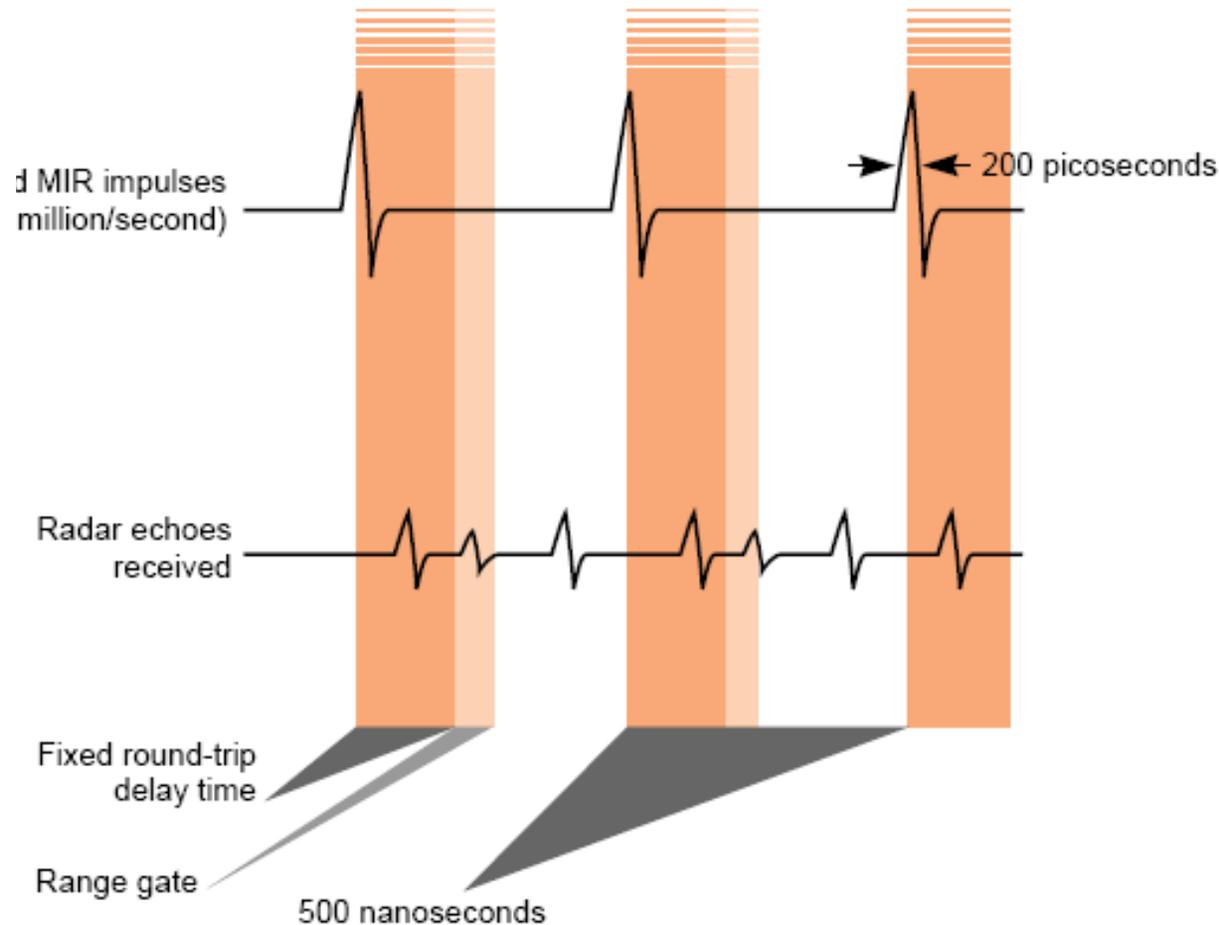
dove t_{tr} rappresenta l'intervallo di tempo relativo alla trasmissione dell'impulso, nel quale il ricevitore non "ascolta".



Tecnica del range gating

Distorted, low-amplitude reflections of the transmitted pulse are picked up by the receiving antenna in the time it takes for light to travel from the MIR to the object and back again.

In looking for the return signals, MIR samples only those signals occurring in a narrow time window after each transmitted pulse, called a range gate. If we choose a delay time after each transmitted pulse corresponding to a range in space, then we can open the receiver “gate” after that delay and close it an instant later. In this way, we avoid receiving unwanted signals.

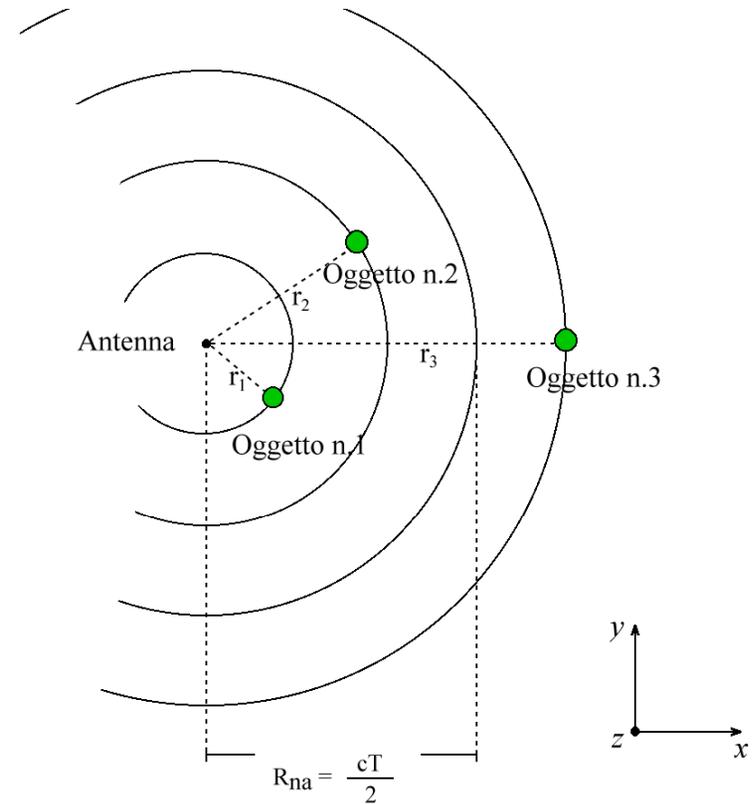


Range gating

La tecnica del range-gating consente anche di trasmettere i singoli impulsi in modo casuale ed elimina sia l'ambiguità degli echi ricevuti sia gli echi non desiderati provenienti da oggetti che non si trovano alla stessa distanza.

Ad esempio se si sintonizza il radar per ricevere gli echi da r_1 non si vogliono "sentire" gli oggetti a distanza r_2 ed r_3 .

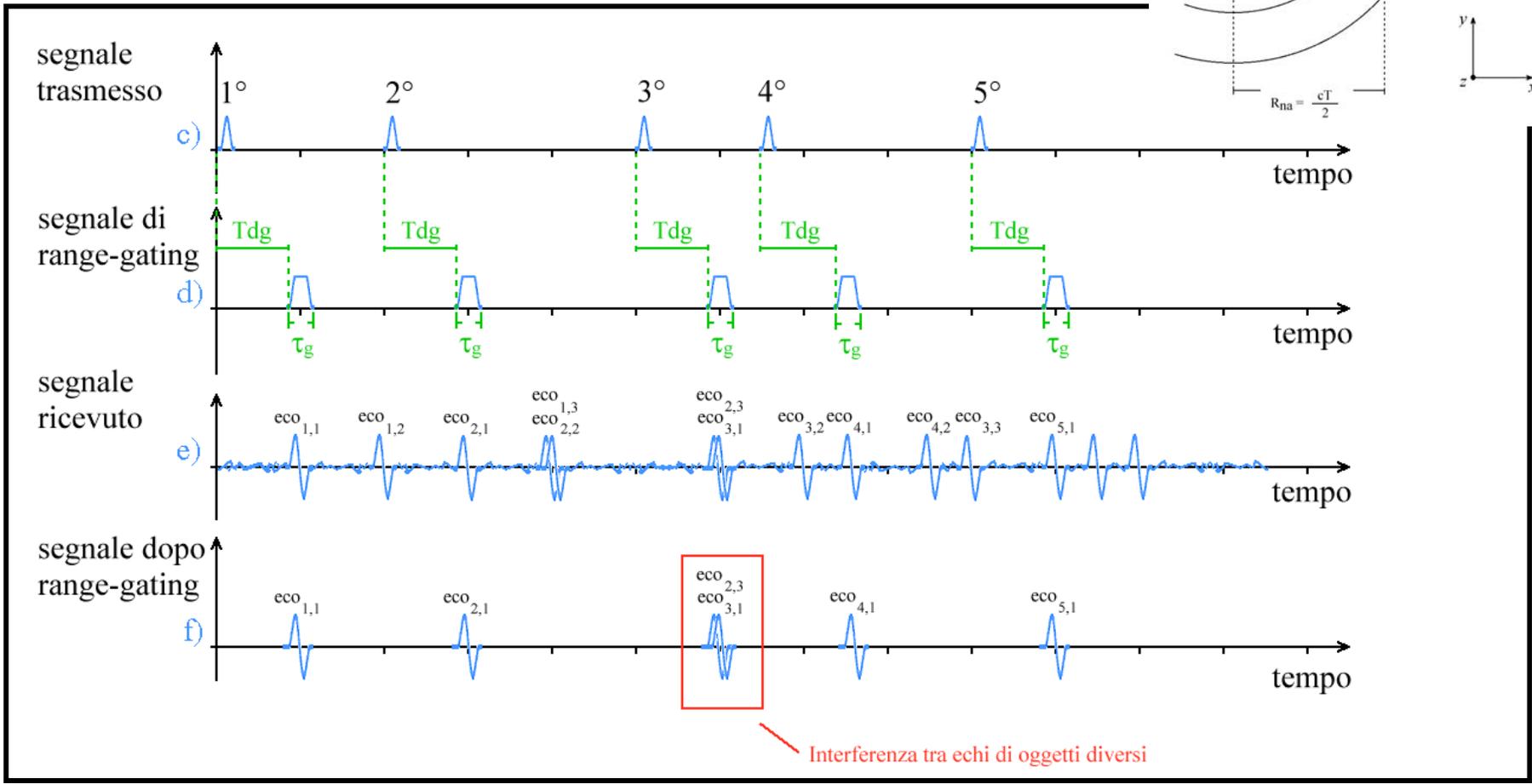
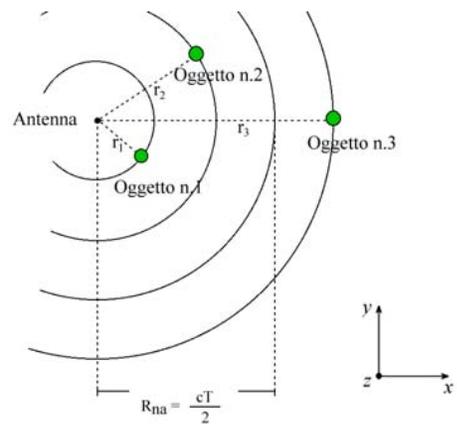
La tecnica del "range gating" consiste nell'aprire la finestra di campionamento (di durata T_c) con un ritardo T_{dg} fissato rispetto all'istante di tempo nel quale era stato trasmesso l'impulso. Tale ritardo determina la distanza alla quale si vogliono vedere gli echi.



T : è il periodo di ripetizione degli impulsi il cui reciproco è la PRF.

r_1, r_2, r_3 : sono le rispettive distanze degli oggetti dall'antenna.

Range gating



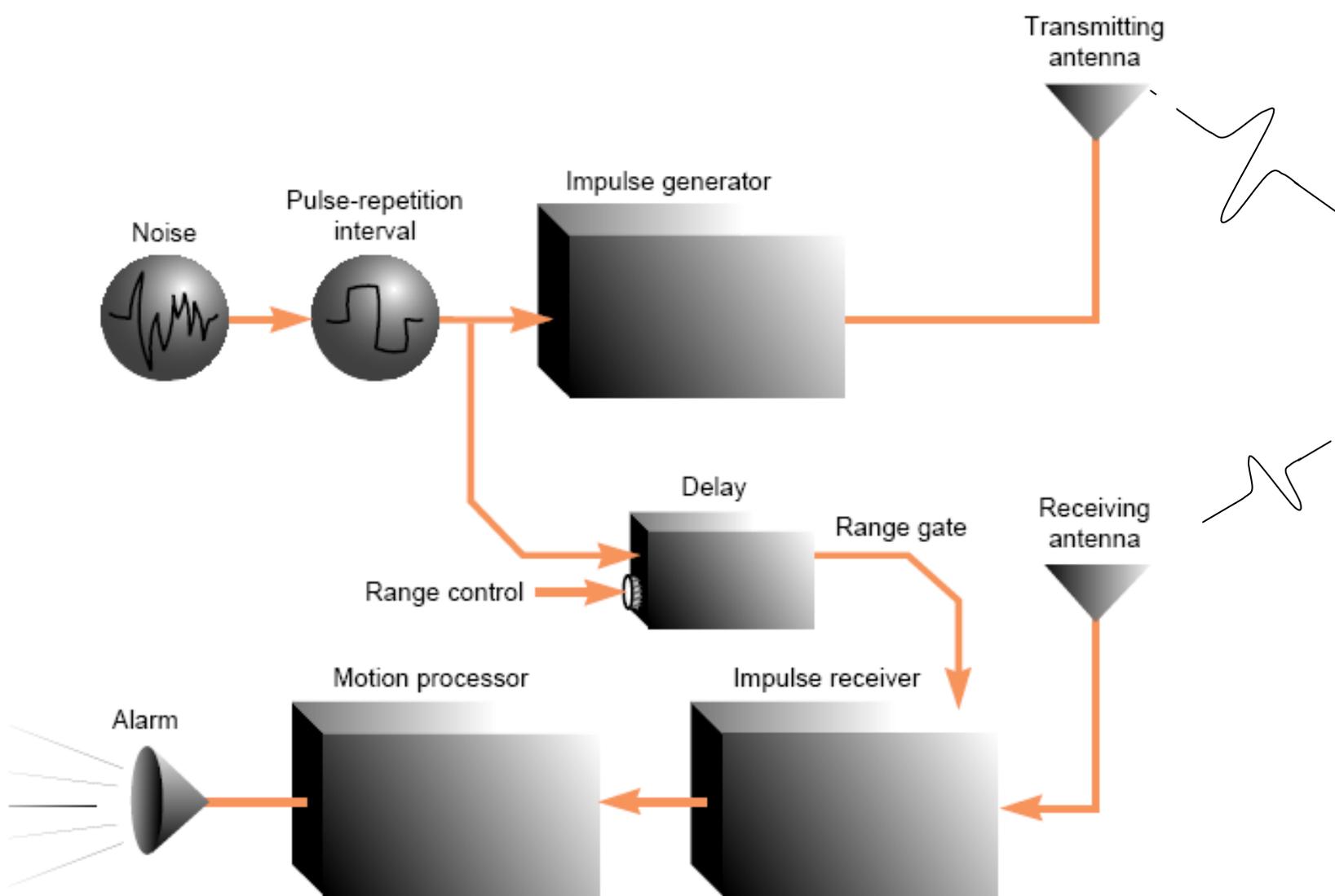
Range gating

La distanza da cui si ricevono gli echi rimane sempre la stessa finché rimane invariato T_{dg} , mentre gli impulsi possono essere trasmessi in istanti di tempo casuali.

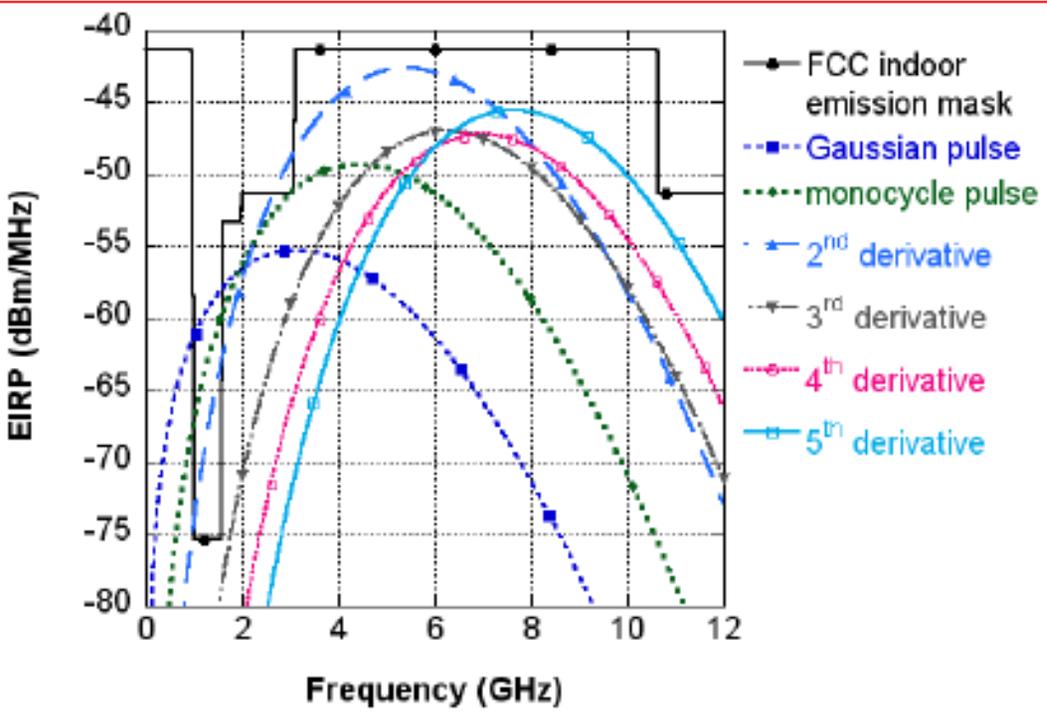
Al variare dell'istante di trasmissione degli impulsi quello che varia è il comportamento del radar nei riguardi di echi dovuti ad altri oggetti e l'eventuale ambiguità. Si può notare che si ha interferenza su un eco ogni tot (uno su cinque nell'esempio di pag prec.), ma considerando che i segnali ricevuti verranno integrati per aumentare il rapporto segnale-rumore, tale interferenza sarà praticamente trascurabile.

La tecnica di range gating permette anche di utilizzare questo tipo di sistemi per la rilevazione del movimento; infatti, il numero di impulsi che vengono mediati produce una tensione media dovuta ad un oggetto rilevato ad una certa distanza. Visto che il segnale di gating viene fatto arrivare dopo un ritardo, che fissa la distanza alla quale ci si aspetta sia presente l'ostacolo, una eventuale variazione della tensione media è sintomo di una variazione della riflettività del radar a quella distanza e quindi interpretabile come movimento dell'oggetto osservato.

Schema del radar

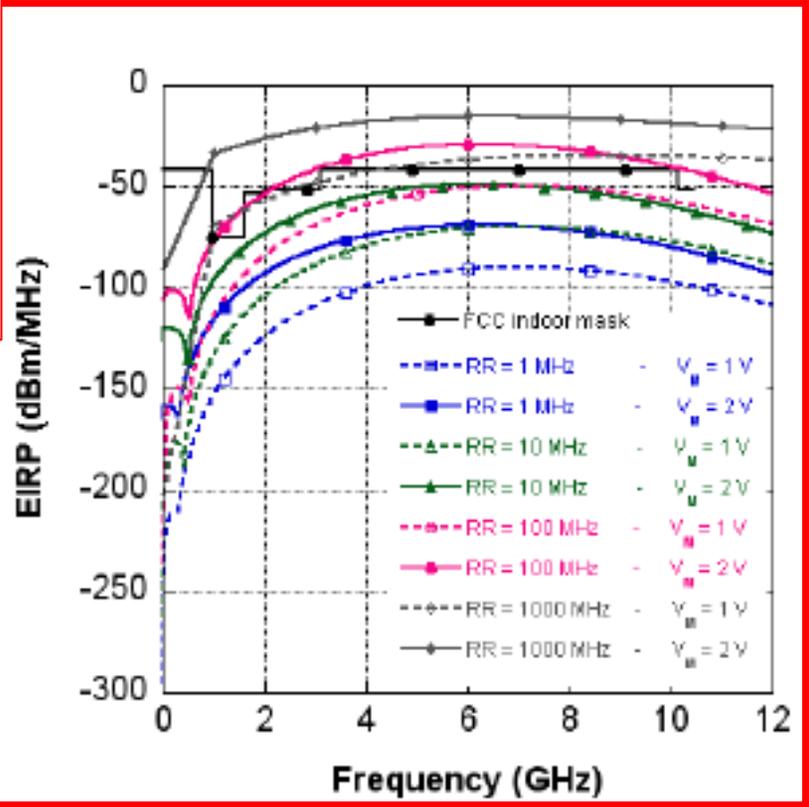


Segnale UWB conforme alla maschera FCC



Derivata quarta dell'impulso gaussiano

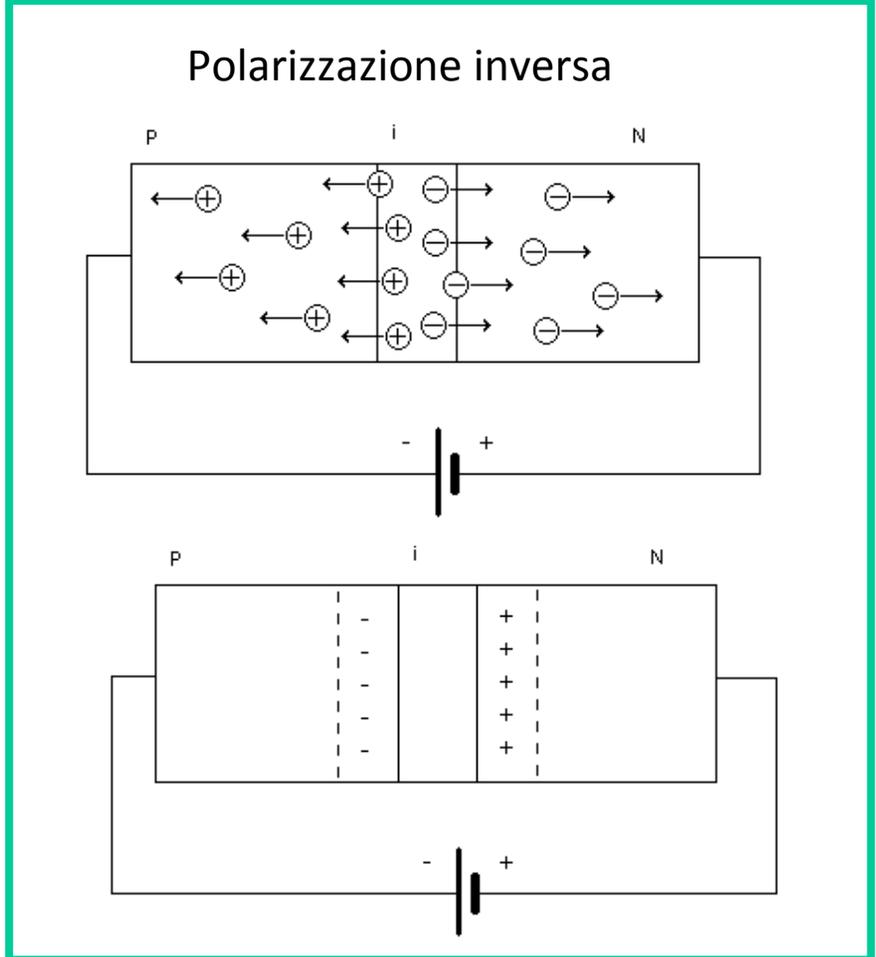
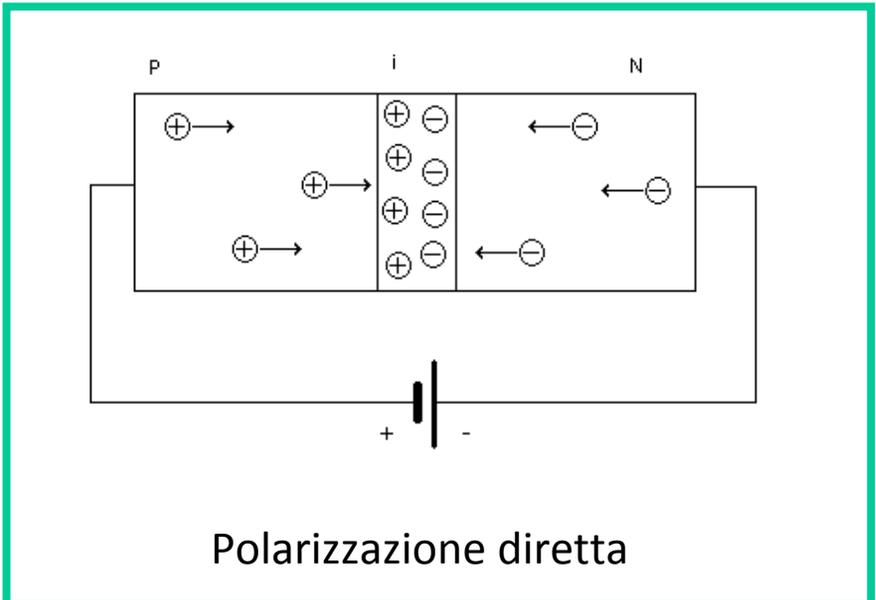
$$V_s(t) = V_0 \left[\frac{(t - t_0)^4}{\sigma^8} - \frac{6(t - t_0)^2}{\sigma^6} + \frac{3}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t - t_0}{\sigma} \right)^2}$$



Generatori

Le forme d'onda usualmente impiegate nei radar UWB sono impulsi gaussiani, monocicli, o derivate di ordine superiore, ottenute inserendo in cascata al generatore di impulsi uno o più circuiti derivatori.

Per la realizzazione di generatori di impulsi gaussiani si possono utilizzare dei **diodi step recovery**. Questi sono diodi di tipo p-i-n, dove la regione intrinseca è realizzata in modo da avere un tempo di vita media delle cariche prima della ricombinazione il più lungo possibile.



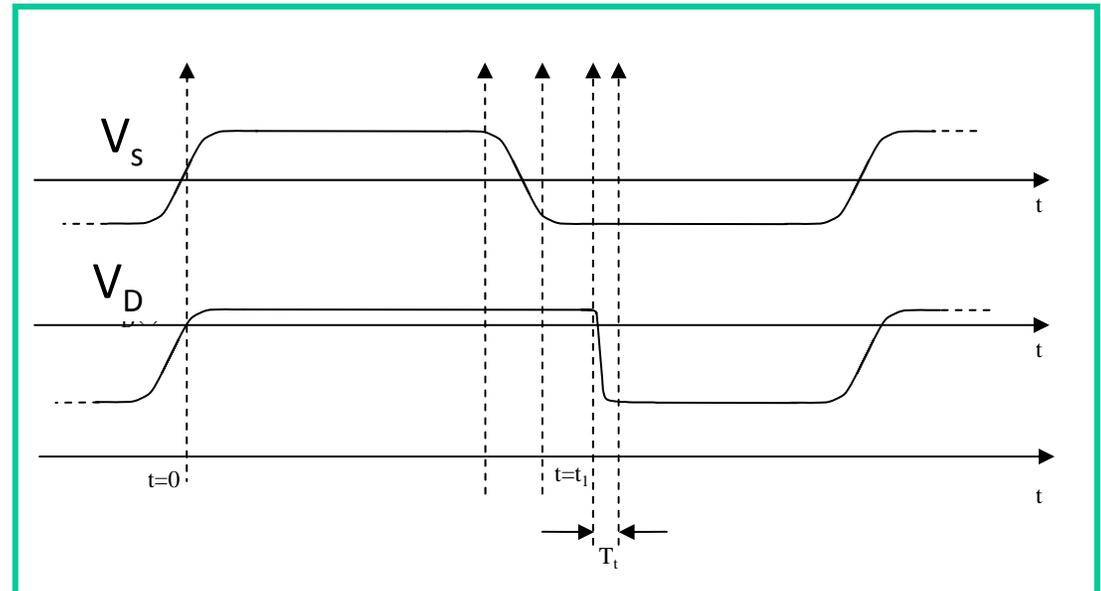
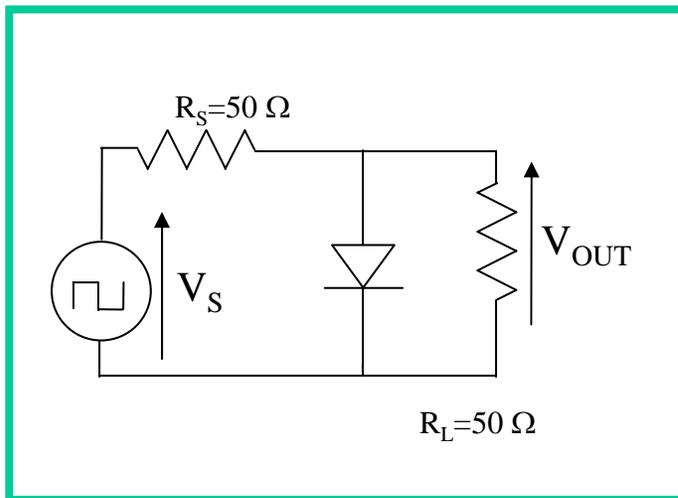
Diodi Step Recovery

Quando il diodo è polarizzato in diretta elettroni e lacune entrano nella regione intrinseca (accumulo) si ha quindi una corrente diretta nel diodo.

Quando si inverte la tensione esterna, si inverte anche la corrente. La regione intrinseca inizia a svuotarsi (svuotamento) ma, per la presenza delle cariche accumulate, la tensione ai capi del diodo inizialmente rimane al valore che aveva in diretta.

Quando tutte le cariche presenti nella regione intrinseca sono state eliminate la tensione ai capi del diodo si inverte bruscamente e il diodo si ritrova in polarizzazione inversa (transizione ed inversione).

Poiché la velocità di commutazione è piuttosto alta, il diodo è in grado di generare un fronte di tensione piuttosto ripido, ovvero un segnale con una elevata occupazione di banda.



Tempi di transizione

Il tempo di transizione, ovvero il tempo necessario all'inversione della tensione ai capi del diodo, è legato alla banda di frequenza del diodo.

Considerando solo il diodo, limitazioni alla velocità di risposta sono legate agli elementi parassiti del diodo, ovvero alla capacità di giunzione e alla resistenza del semiconduttore.

Pertanto, rappresentando il diodo mediante una capacità e una resistenza, la costante di tempo introdotta è data da

$$\tau = RC$$

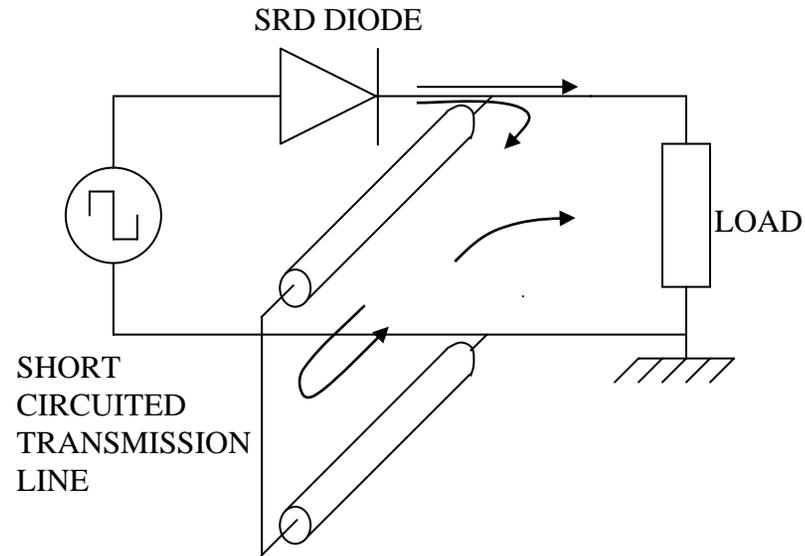
E il diodo può essere usato per frequenze minori di

$$f \leq \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Al diodo rimangono associate frequenze di cut-off dell'ordine di 300 - 350 GHz.

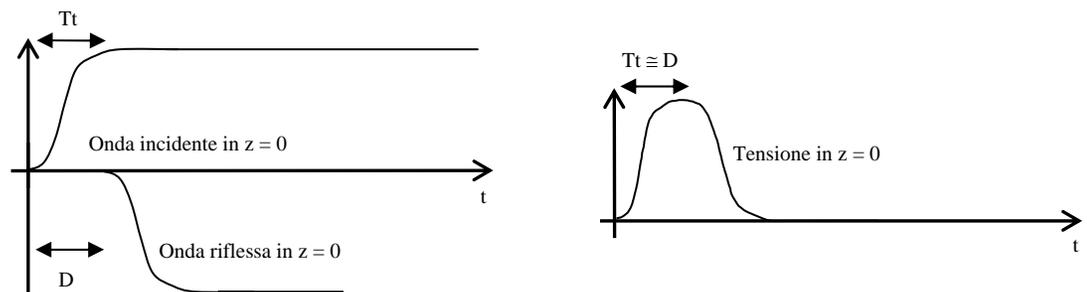
Generatore impulso gaussiano

Un impulso gaussiano può essere generato a partire dal fronte d'onda del diodo step recovery.

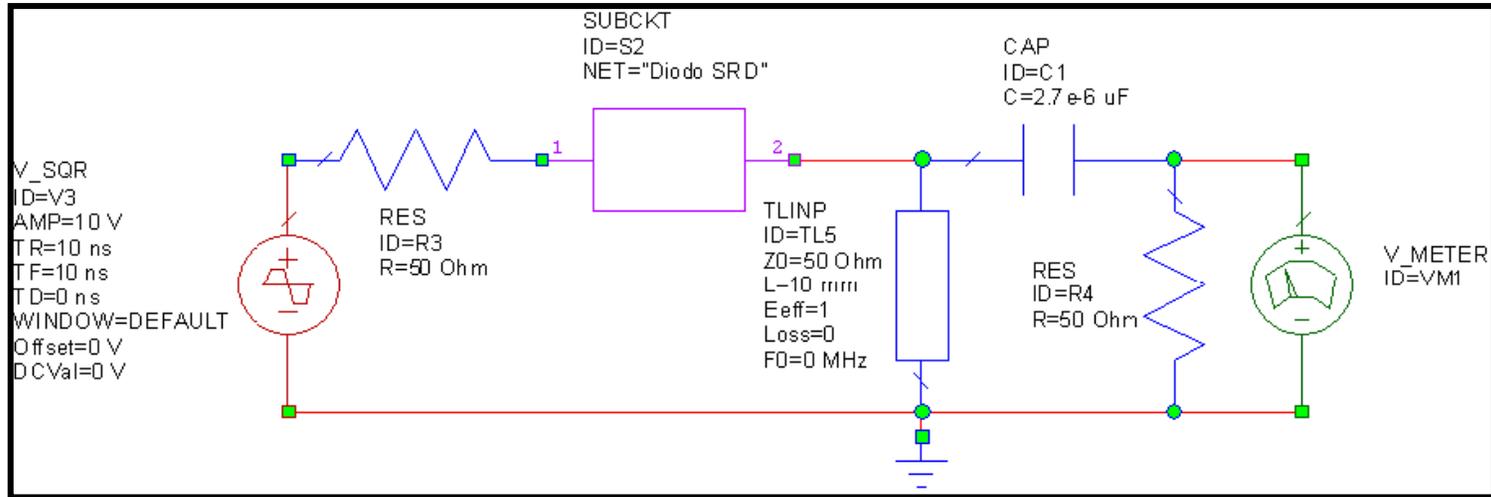


Il tratto di linea chiuso in corto genera una replica rovesciata e traslata nel tempo della transizione che si ricombina con quella incidente. Aumentando la lunghezza della linea, aumenta la durata dell'impulso.

In questo modo si riescono ad ottenere impulsi con ampiezze di qualche volts e durate di alcune centinaia di picosecondi.



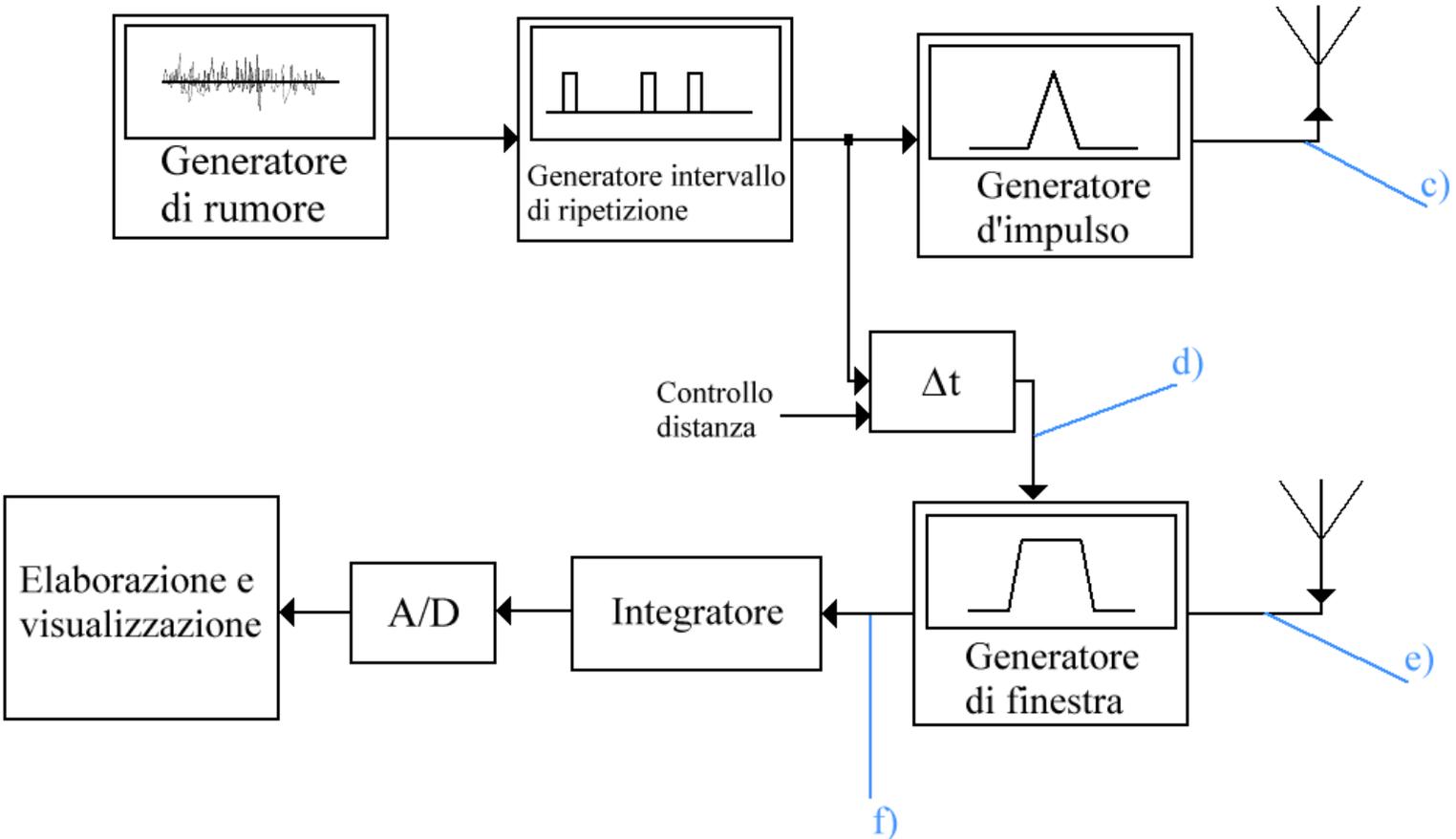
Generatore monociclo



Il monociclo si ottiene dall'impulso gaussiano con un processo di derivazione.

La derivazione può essere semplicemente svolta da una capacità....

Schema

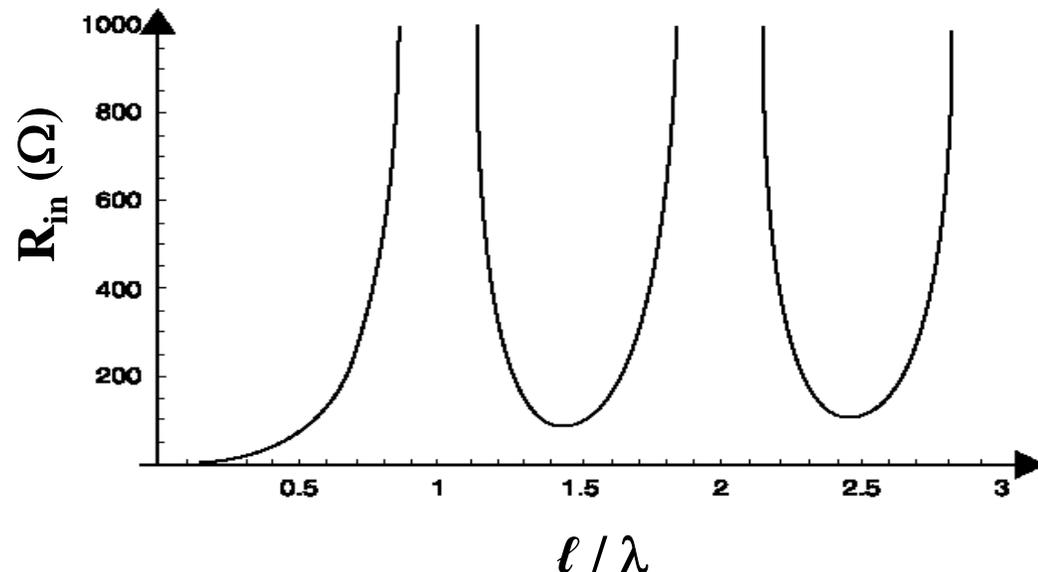


Antenna

Le proprietà di radiazione dell'antenna influenzano la forma dell'impulso radiato.

Ad esempio, se si utilizzasse un dipolo a $\lambda/2$, questo trasmette con efficienza solo le frequenze in uno stretto intorno della frequenza per cui la sua lunghezza è pari a $\lambda/2$. Di conseguenza, lo spettro del segnale emesso dall'antenna non corrisponde allo spettro del segnale dato in ingresso all'antenna stessa e si hanno delle distorsioni. Antenne come i dipoli o i monopoli sono chiamate *standing wave antennas* o *resonant antennas*.

$$P_{irr} = \frac{1}{2} R_A I^2$$



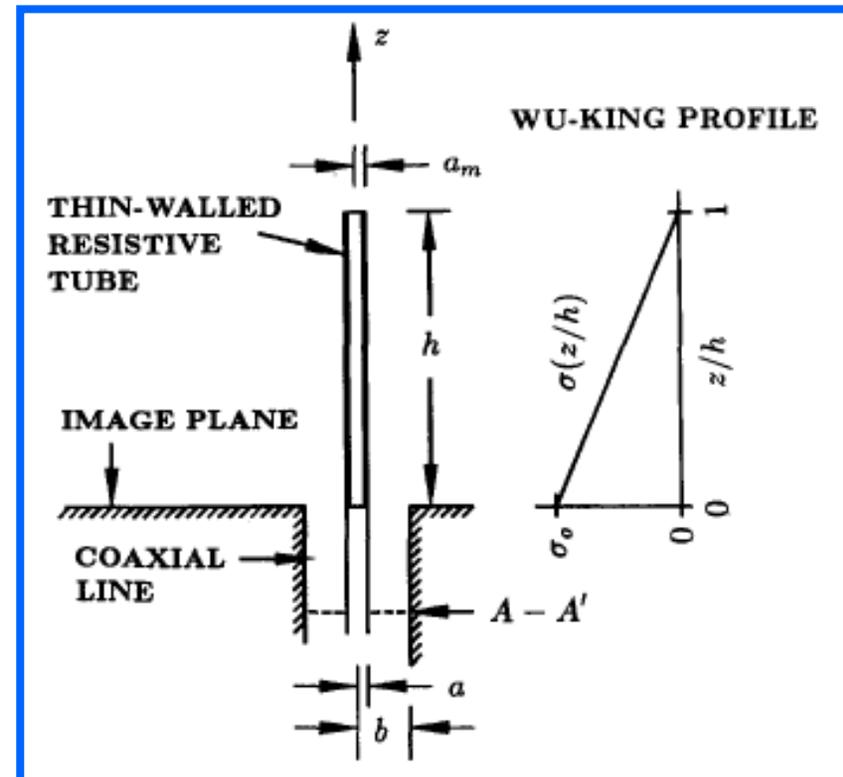
Monopolo a larga banda

Un modo per ottenere un'antenna a banda larga da un monopolo è quello di realizzare il conduttore con un profilo di conducibilità decrescente verso le estremità dell'antenna. In questo caso l'antenna diventa una *Traveling wave antenna*.

Le Travelling wave antennas è come se avessero alle estremità dei carichi adattati, così che la corrente scorre come in un tratto di linea di trasmissione adattata.

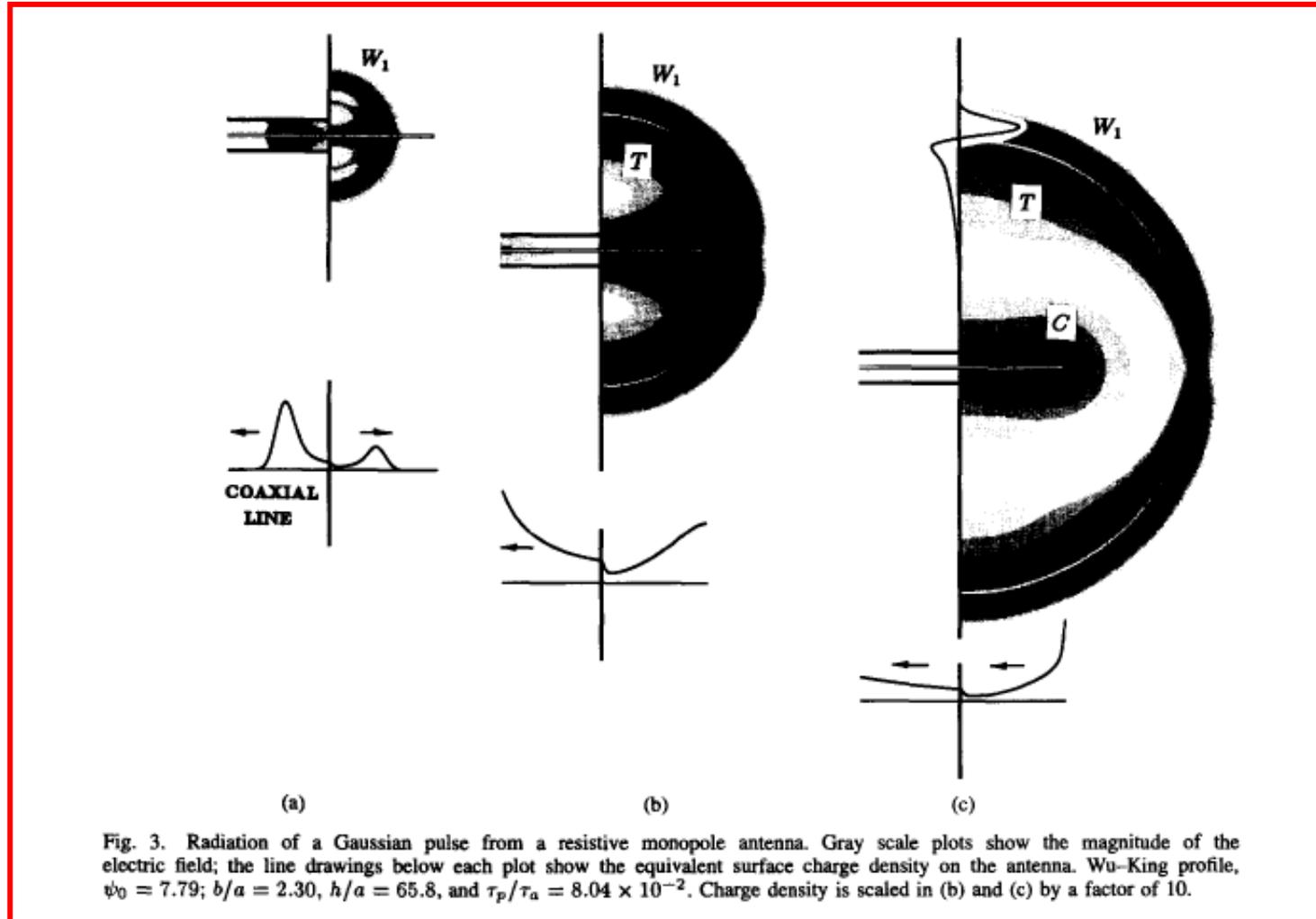
In modo analogo, la resistenza di radiazione dell'antenna è puramente reale, esattamente come l'impedenza di ingresso di un tratto di linea di trasmissione adattato.

Di conseguenza la resistenza di radiazione di tali antenne risulta molto più uniforme delle antenne risonanti. Per questo **sono classificate come antenne a banda larga**.



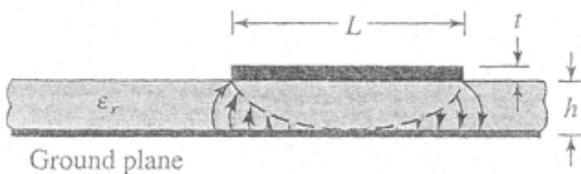
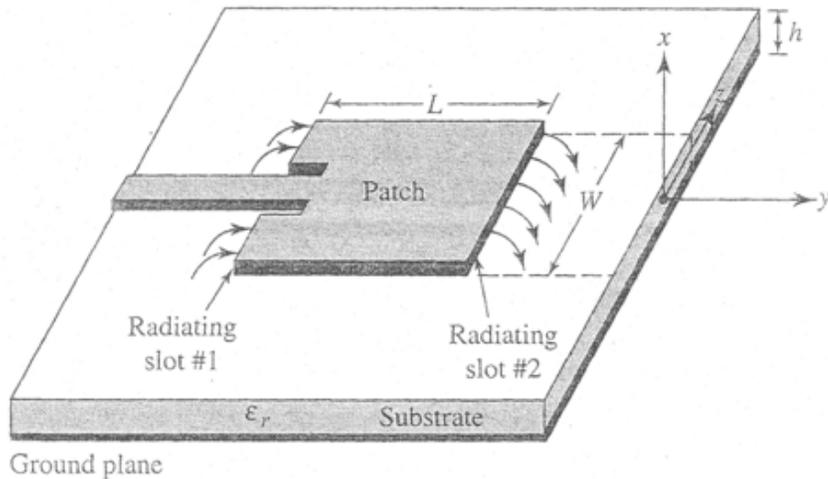
Monopolo con profilo resistivo

Radiazione di un impulso gaussiano da un monopolo con profilo resistivo

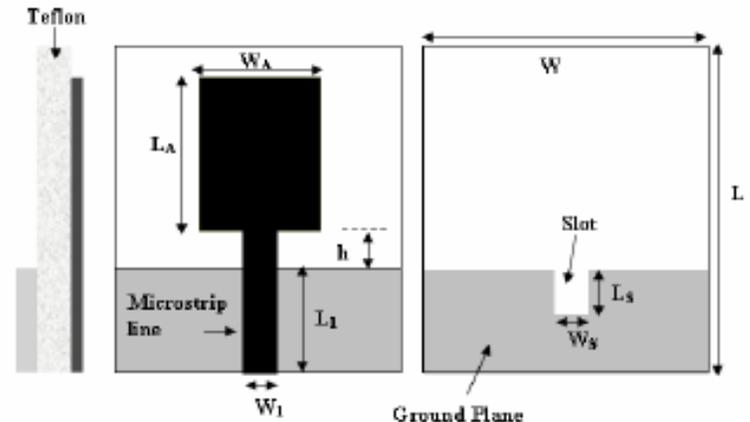


Antenne planari

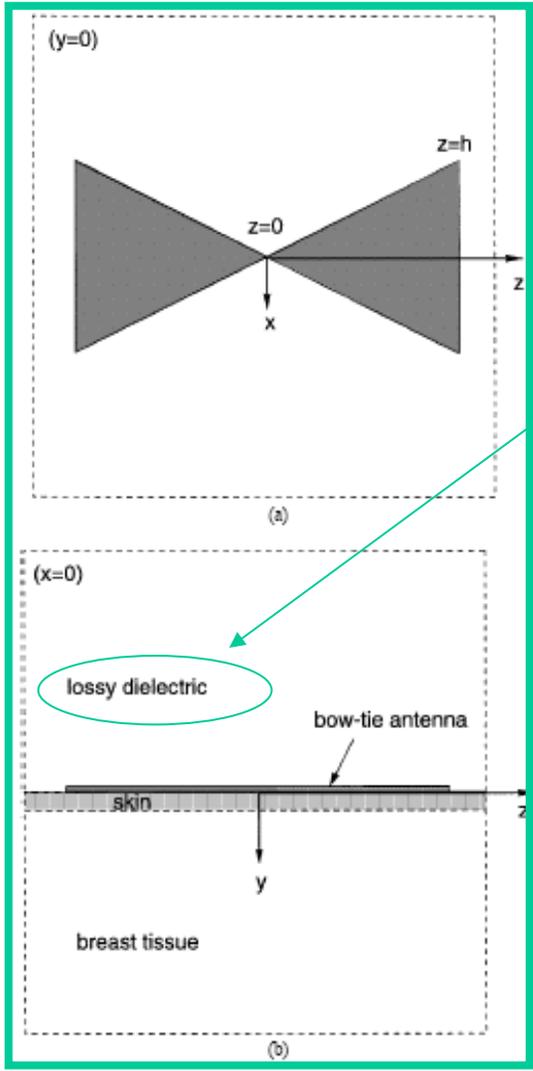
Le antenne a patch in genere sono a banda stretta perché sono antenne di tipo risonante. Sono state sviluppate diverse forme con lo scopo di aumentarne la banda.



Se il piano di massa non si estende per tutta la struttura, la banda dell'antenna si allarga notevolmente. Slot nel piano di massa aiutano a "confinare" la radiazione nella banda voluta. D'altra parte l'antenna così ottenuta irradia in tutte le direzioni

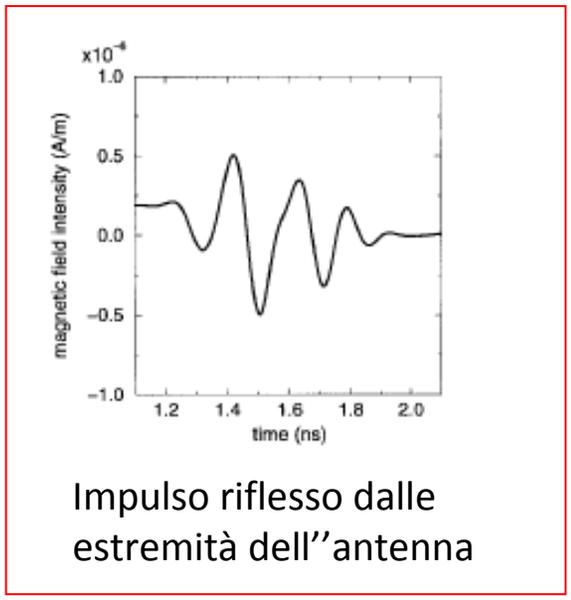
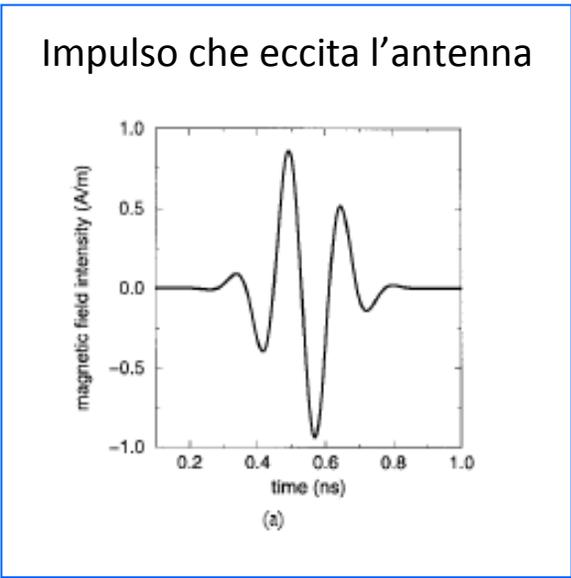


Bow-tie antenna



Analoga al monopolo, ha un profilo variabile di conducibilità decrescente verso le estremità dell'antenna.

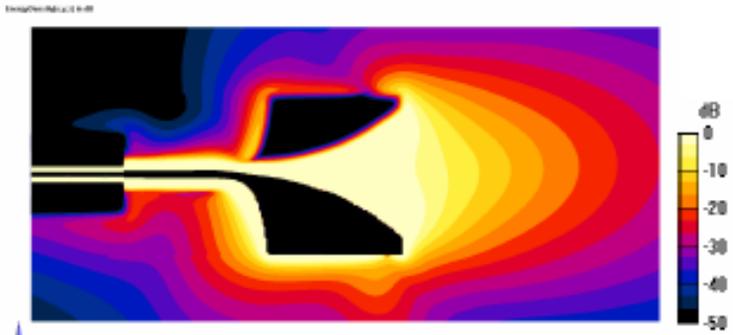
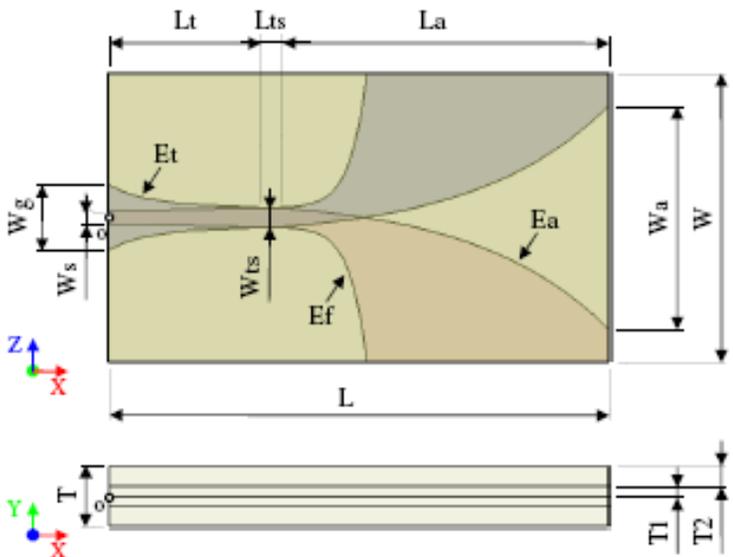
Usata in sistemi di "microwave imaging" direttamente a contatto con il corpo



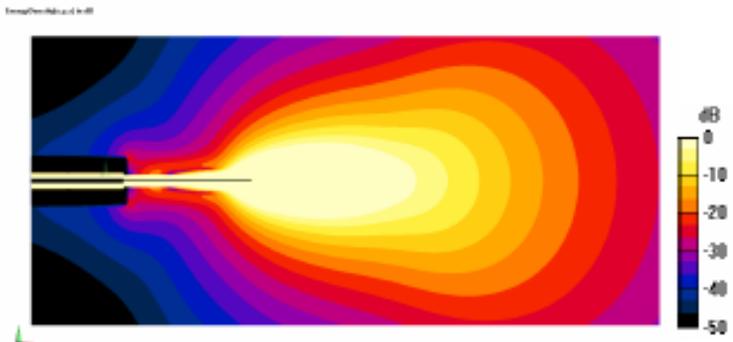
Hagness, Taflove, Bridges, Three-Dimensional FDTD Analysis of a Pulsed Microwave Confocal System for Breast Cancer Detection: Design of an Antenna-Array Element, IEEE Trans. On Ant. And Propagat. 47(5):783-791, MAY 1999

Antenne antipodali

Un altro modo per ottenere antenne planari a banda larga è quello di realizzare il piano di massa in modo antipodale, ovvero con una struttura simmetrica rispetto quella dell'antenna.



(a)



(b)

Antenna antipodale direttiva

Una antenna antipodale può essere resa direttiva troncando il patch metallico (e corrispondentemente il piano di massa).

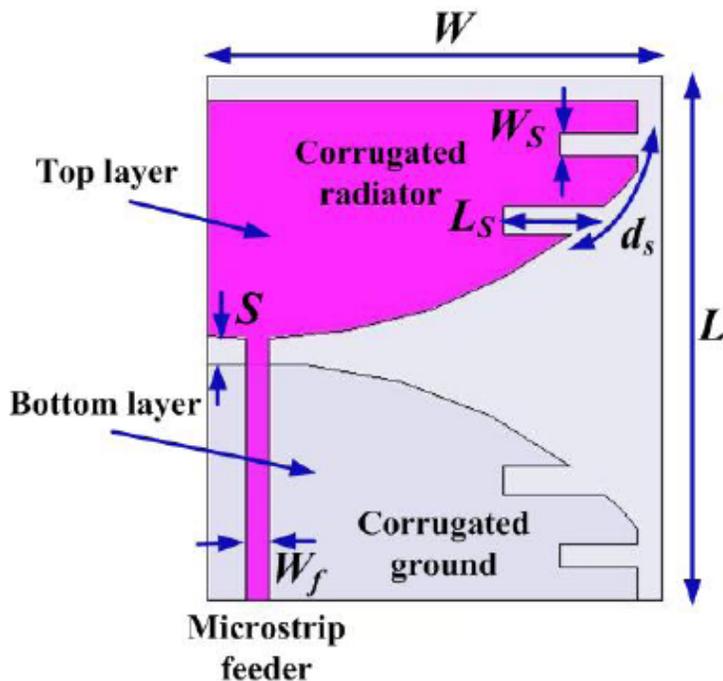


Fig. 1 Configuration of the proposed antenna.

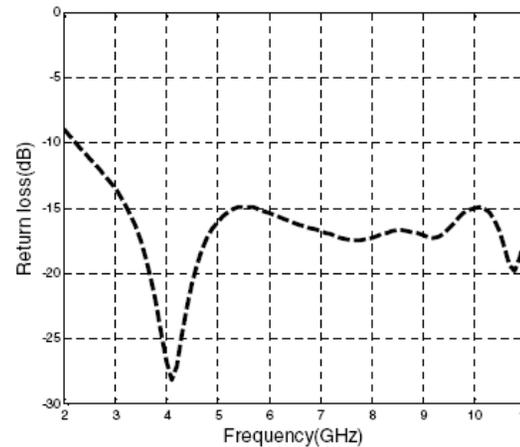


Fig. 2 Variation of the return loss with frequency.

The antenna shows directive properties with an average front-to-back ratio which is greater than 10 dB making it a good candidate for microwave imaging applications.

Antenna antipodale direttiva

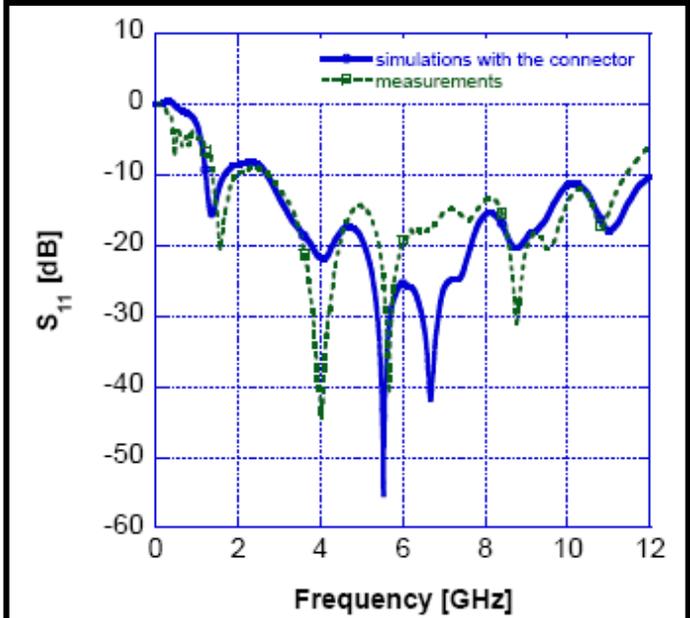
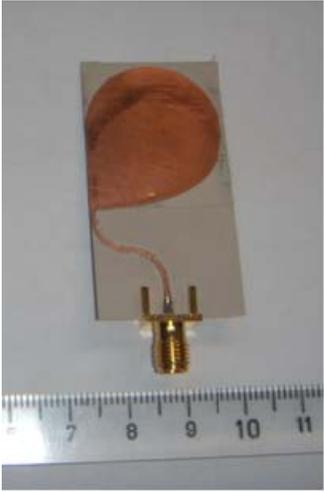


Fig. 10 Comparison between simulations and measurements for the fixed system antenna.

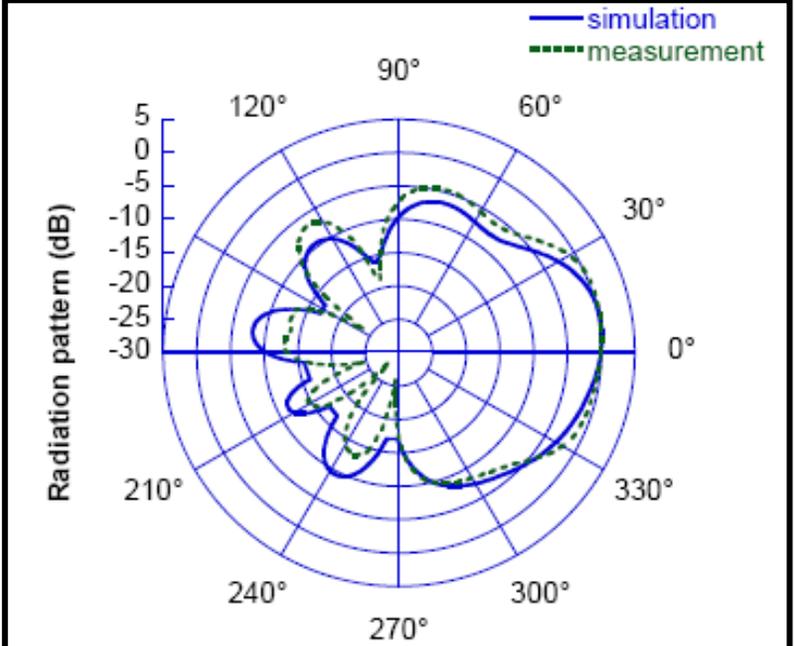
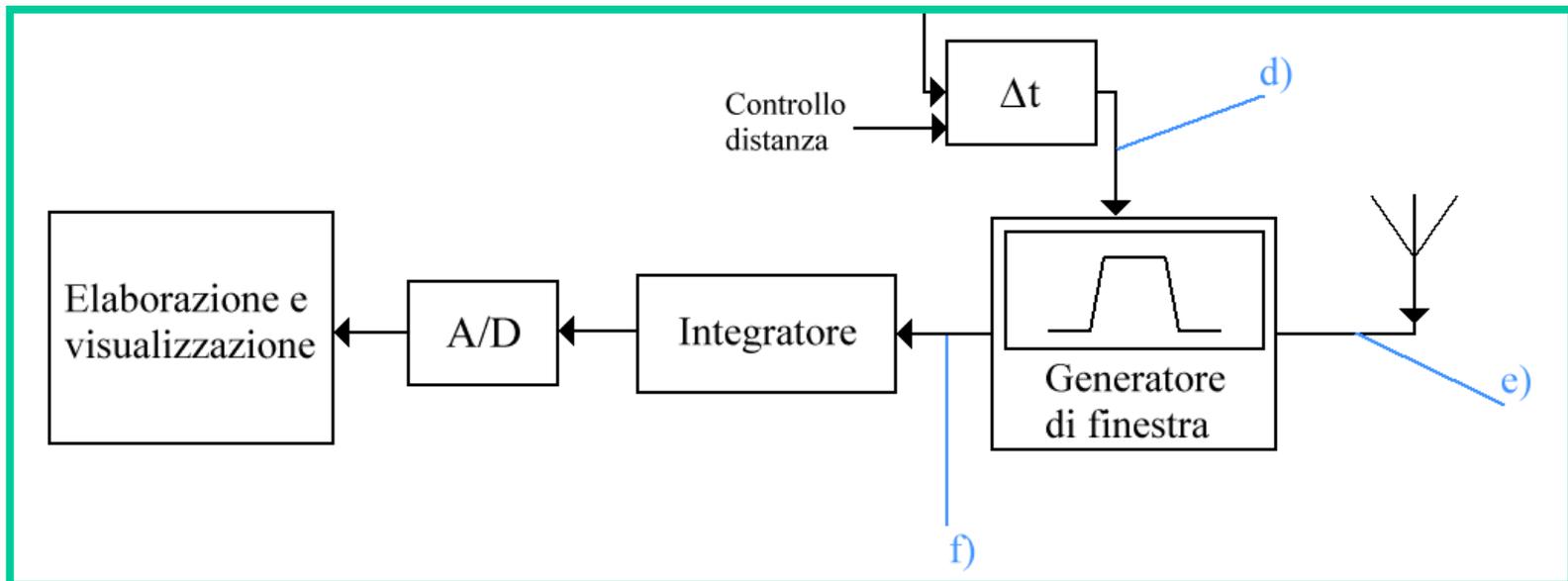


Fig. 13 Radiation pattern at 6 GHz.

Ricevitore

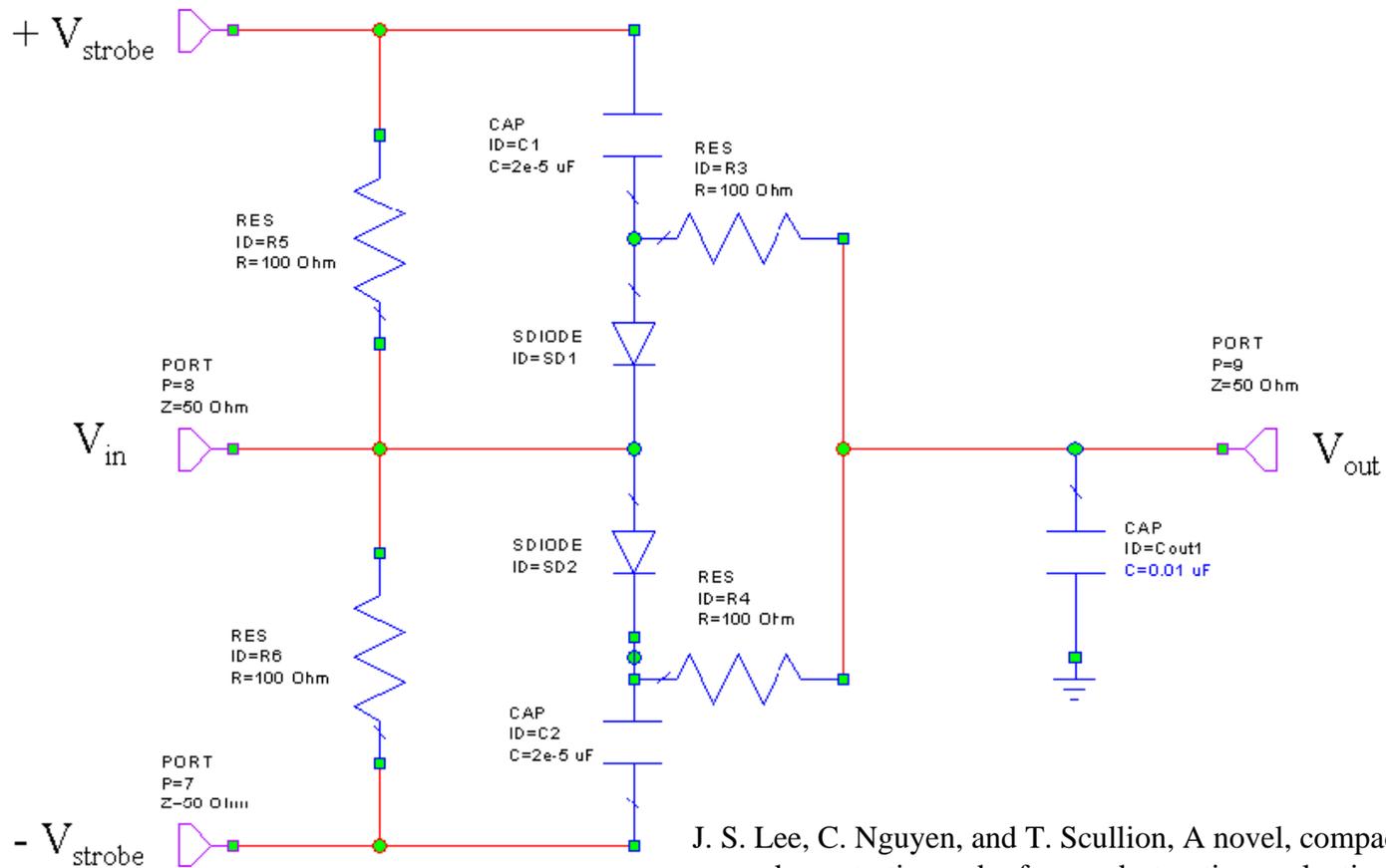
Il ricevitore accetta solo echi da oggetti posti ad una prefissata distanza ovvero che arrivano al ricevitore con un prefissato ritardo (range-gating). Questo controllo avviene tramite un generatore di finestra che è attivato dallo stesso generatore che eccita gli impulsi trasmessi, con però un certo ritardo fissato dal controllo di distanza (strobe signal).

Gli echi che attraversano il generatore di finestra sono sommati dall'integratore. In seguito il segnale è convertito in digitale (convertitore A/D) e visualizzato.



Schema ricevitore

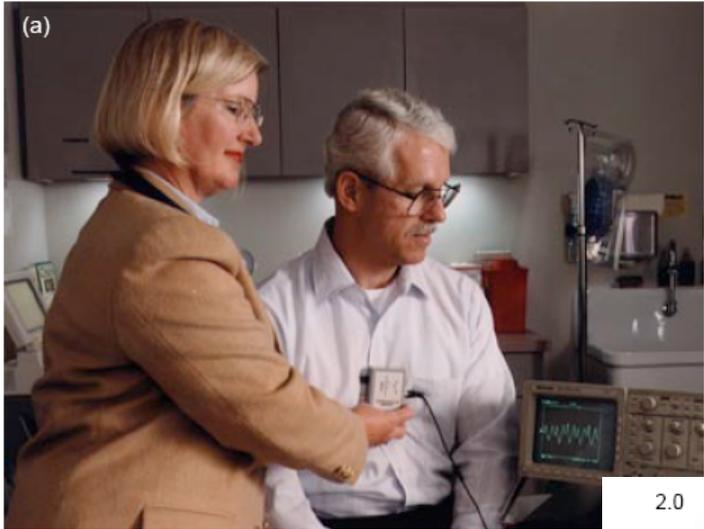
Quando si vuole ricevere il segnale di eco, il segnale di strobe porta i diodi in conduzione e permette di caricare le capacità con il segnale di ingresso (V_{in}). Poiché il segnale ha una breve durata, le capacità immagazzinano solo una piccola parte del segnale. Integrando diversi impulsi si può però aumentare la tensione ai capi delle capacità.



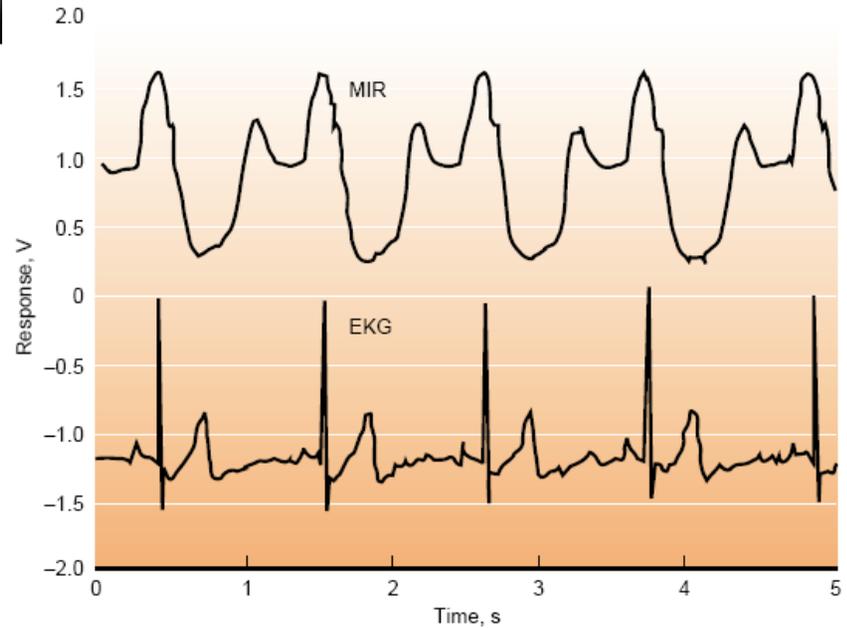
J. S. Lee, C. Nguyen, and T. Scullion, A novel, compact, low-cost, impulse ground-penetrating radar for nondestructive evaluation of pavements," IEEE Trans. on Instr. and Meas., 53(6), pp. 1502-1509, Dec. 2004

McEwan

Figure 10. (a) An MIR cardiac monitor. (b) Its output (upper trace) is distinctly different from that obtained by a conventional EKG (lower trace). We are working with physicians to correlate the radar signals with physiological functions.

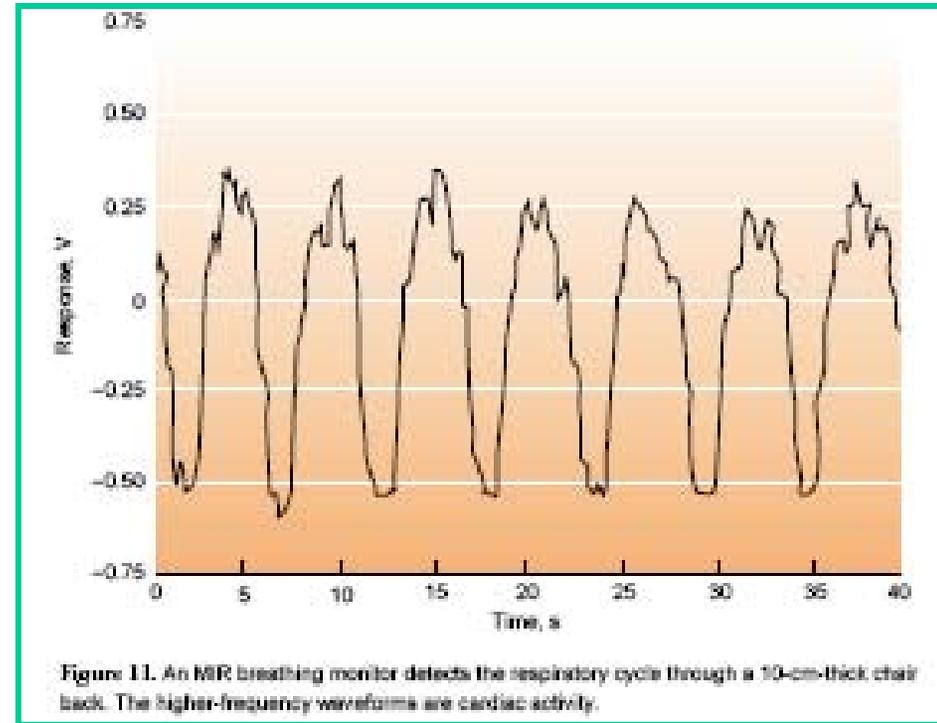


Our MIR heart monitor (Figure 10a) measures muscle contractions (responses of the heart) rather than the electrical impulses (stimuli) measured with an electrocardiogram (EKG). Figure 10b shows the output waveform of a prototype heart monitor compared to that obtained from a standard EKG.



Possibili applicazioni

An MIR-based breathing monitor (Figure 11) does not have to make contact with a person's body, and it can operate through a mattress, wall, or other barriers. The detection of breathing motion can be a valuable asset in hospitals and homes, could guard against sudden-infant-death syndrome, and might be used by people with breathing disorders such as sleep apnea, in which the affected individual occasionally stops breathing.



We are exploring the use of MIR for additional medical devices, including speech-sensing devices and a polygraph sensor. Devices for the blind could warn of obstacles and variations in terrain and help to train individuals in using canes. We are initiating clinical studies to optimize medical radars for heart, respiration, and speech applications.

Radar UWB con range gating

Con la tecnica del range gating, l'uscita del ricevitore fornisce direttamente il segnale nel tempo dell'attività respiratoria.

Author	Year	Main Features	Results
McEwan [12]	1994	noise generator, RC derivator, wire dipoles, and bow-tie antenna	detection of heart beats and arterial pulses (surface contact)
Azevedo [4]	1996	same of [12]	signal correlated to breath and cardiac activity
Staderini [10]	2002	similar to [12]	predicted attenuation of pulse-echo intensity traveling from the TX to the RX antenna
Immoreev [64]	2002	oscillator and shaper, dipole antenna	oscillograms and spectrograms enable to perform monitoring of people vital activity
Zito [16]	2007	CMOS technology	theoretical channel model system analysis by CAD simulations

Table 3.1: UWB radar systems using range gating receiver.

Radar UWB

Usando tecniche di correlazione, si può ricavare il ritardo tra l'impulso ricevuto e un impulso di riferimento per ottenere la posizione del bersaglio.

Inoltre, usando oscilloscopi a campionamento si può ricostruire la dipendenza dal tempo del segnale ricevuto e analizzarla per estrarne le informazioni relative all'attività cardiaca e respiratoria

Author	Year	Main Features	Results
Dederer [70]	2007	5 th derivative Gaussian pulse, differential mixer, 0.8 μm SiGe HBT technology,	range resolution in the mm range
Leib et al. [71]	2009	time delay adjustment using a variable phase setting for the trigger signals	measurements of human vital signs achieved with success
Leib et al. [72]	2010	signal post-processing with a Wiener filter	improved resolution performance for the realized UWB radar system

Table 3.2: UWB radar systems using correlation detection.

Radar UWB

Author	Year	Main Features	Results
Pourvoyeur [66]	2003	pulse generator and pulse forming network CWT technique, Tektronix 11801C sampling oscilloscopes	received impulse reconstruction by 4 parameters without pulse shape knowledge
Ossberger [13]	2004	CWT method PPL pulser and also SRD shaper, Tektronix 11801C sampling oscilloscope	detection of respiration with background subtraction method 5 m range and 0.85 m behind walls
Yeap [67]	2004	SRD pulse generator Skycross's Antenna Agilent Infiniium wideband oscilloscope	preliminary study and investigations of UWB signal TX propagation and RX
Tan [68]	2004	pulser 100 ps (10% max amp.) at 1 MHz RR, TEM horn antenna, sampling oscilloscope	multiple reflection detection from planar object and from scattered signal of the heart and stomach cross sections

Table 3.3: Assembled UWB radar systems.

Esempio segnale attività respiratoria

