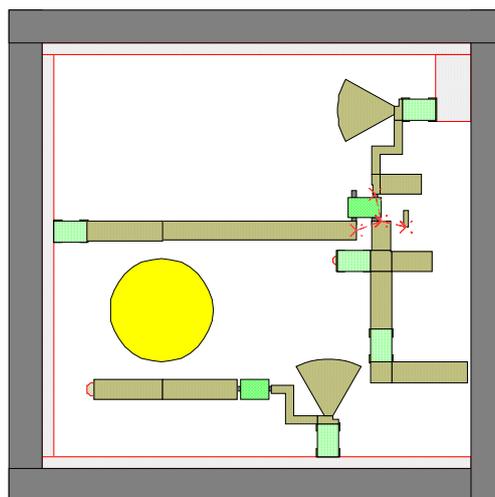


Sistemi elettronici a radiofrequenza

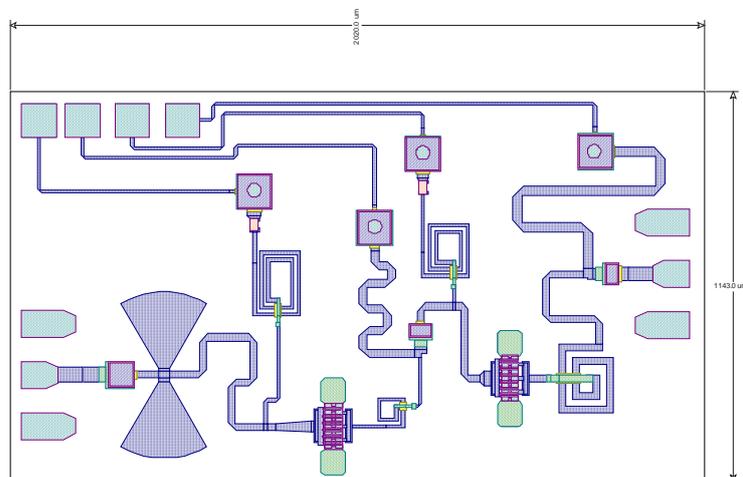
Tecnologia dei circuiti integrati a radiofrequenza

Prof. Stefano Pisa

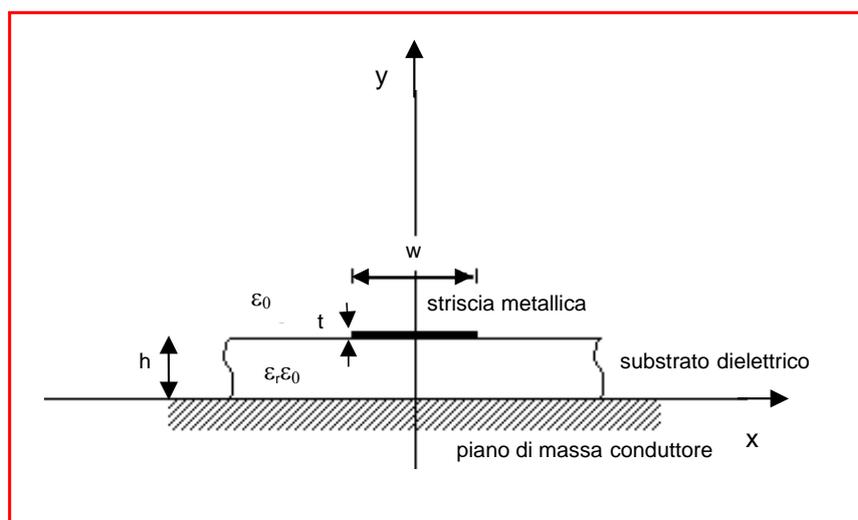
Circuito ibrido o MIC



Circuito monolitico (amplificatore a due stadi)



Linea a microstriscia

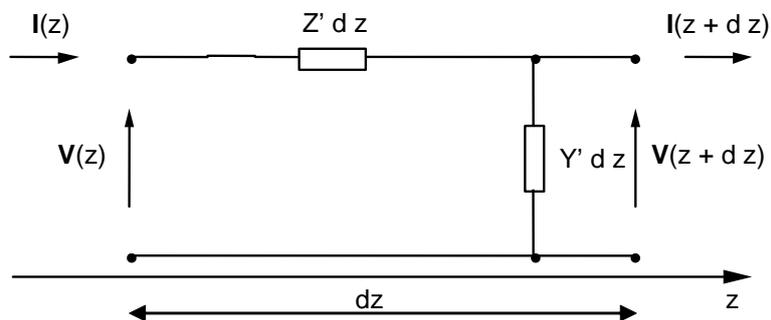


Substrati

materiale	finitura sup. (μm)	$10^4 \cdot \tan \delta$ (10 GHz)	ϵ_r	cond. termica ($\text{W}/\text{cm}^2/^\circ\text{C}$)
Allumina 99.5 %	2 - 8	1 - 2	10	0.37
Allumina 96 %	20	6	9	0.28
Allumina 85 %	50	15	8	0.20
Zaffiro	1	1	9.4	0.4
Vetro	1	20	5	0.01
Poliolefina	1	1	2.3	0.001
Duroid (Roger)	1	5 - 60	2 - 10	0.0026
Quarzo	1	1	3.8	0.01
Berillio	2 - 50	1	6.6	2.5
GaAs (alta-res)	1	6	13	0.3
Silicio(alta-res)	1	10 - 100	12	0.9
Aria (secca)	-	≈ 0	1	0.00024

$$\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon'$$

Modello a linea di trasmissione



$$Z' = R' + j\omega L' \quad Y' = G' + j\omega C'$$

Costanti secondarie

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{Z'Y'} = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')} \quad \text{costante di propagazione}$$

$$Z_0 = Z_{0r} + jZ_{0j} = \sqrt{\frac{Z'}{Y'}} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \quad \text{impedenza caratteristica}$$

$$\frac{d^2 \mathbf{V}(z)}{dz^2} = \gamma^2 \mathbf{V}(z) \qquad \frac{d^2 \mathbf{I}(z)}{dz^2} = \gamma^2 \mathbf{I}(z)$$

$$\mathbf{V}(z) = \mathbf{V}^+ e^{-\gamma z} + \mathbf{V}^- e^{+\gamma z}$$

$$\mathbf{I}(z) = \left(\frac{1}{Z_0} \right) (\mathbf{V}^+ e^{-\gamma z} - \mathbf{V}^- e^{+\gamma z}) = \mathbf{I}^+ e^{-\gamma z} - \mathbf{I}^- e^{+\gamma z}$$

Basse perdite

$$\gamma = \sqrt{R'G' + j\omega C'R' + j\omega L'G' - \omega^2 L'C'} =$$

$$\gamma = \alpha + j\beta \approx \frac{1}{2} \left(\frac{R'}{Z_0} + G'Z_0 \right) + j\omega \sqrt{L'C'}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z'}{Y'}} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$Z_0 \approx \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

Equazioni di analisi microstriscia

$$\beta = \omega \sqrt{L' C'} = \omega \sqrt{L'_0 C' \frac{C'_0}{C'_0}} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{C'}{C'_0}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{L'_0 C'_0}{C' C'_0}} = \frac{1}{c \sqrt{C'_0 C'}}$$

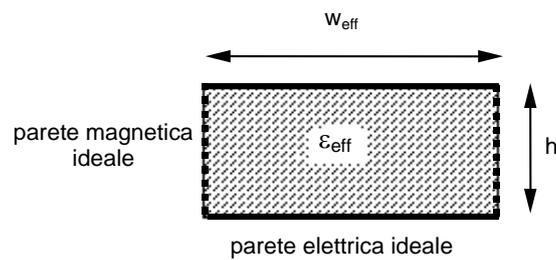
$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{C'}{C'_0} \quad \begin{array}{ll} w \rightarrow \infty & \epsilon_{\text{eff}} \rightarrow \epsilon_r \\ w \rightarrow 0 & \epsilon_{\text{eff}} \rightarrow (\epsilon_r + 1)/2 \end{array}$$

$$\beta = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

$$Z_0 = \frac{1}{c C'_0 \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

Trasformazione conforme



$$Z_0 = \frac{1}{c \frac{\epsilon_0 W_{\text{eff}}}{h} \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} = \frac{\eta_0 h}{W_{\text{eff}} \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} = \frac{120 \pi h}{W_{\text{eff}} \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

Formule di Hammerstad

Per $W/h < 1$

$$W_{\text{eff}} = \frac{2\pi h}{\ln\left(\frac{8h}{W_{\text{eq}}} + 0.25 \frac{W_{\text{eq}}}{h}\right)}$$
$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{12h}{W_{\text{eq}}}\right)^{-1/2} + 0.041 \left(1 - \frac{W_{\text{eq}}}{h}\right)^2 \right]$$

Per $W/h > 1$

$$W_{\text{eff}} = h \left[\frac{W_{\text{eq}}}{h} + 1.393 + 0.667 \ln\left(\frac{W_{\text{eq}}}{h} + 1.444\right) \right]$$
$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W_{\text{eq}}}\right)^{-1/2}$$

Larghezza equivalente

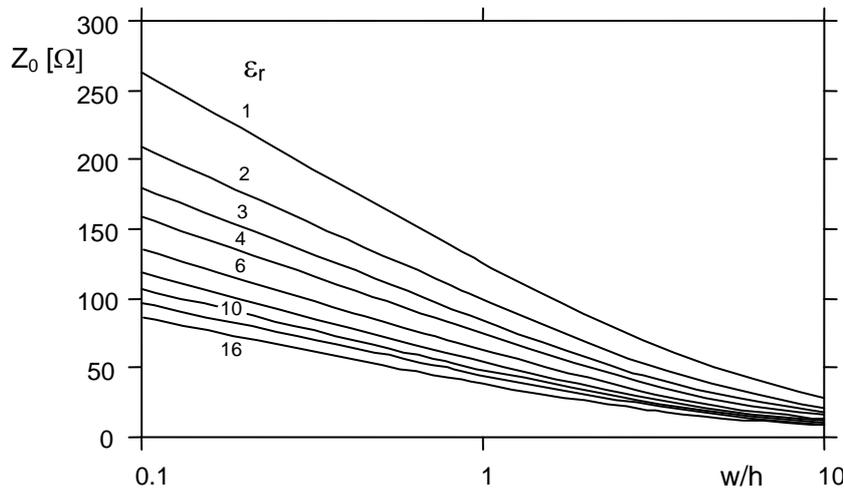
Per $W/h > 1/(2\pi)$

$$W_{\text{eq}} = W + \frac{t}{\pi} \left(1 + \ln \frac{2h}{t}\right)$$

Per $W/h < 1/(2\pi)$

$$W_{\text{eq}} = W + \frac{t}{\pi} \left(1 + \ln \frac{4\pi W}{t}\right)$$

Impedenza caratteristica (t=0)



Dispersione

Getsinger

$$\epsilon_{\text{eff}}(f) = \epsilon_r - \frac{\epsilon_r - \epsilon_{\text{eff}}(0)}{1 + G \left(\frac{f}{f_d} \right)^2}$$

$$f_d = \frac{Z_0}{2h\mu_0}$$

$f \uparrow \quad \epsilon \uparrow$

$$G = 0.6 + 0.009 Z_0$$

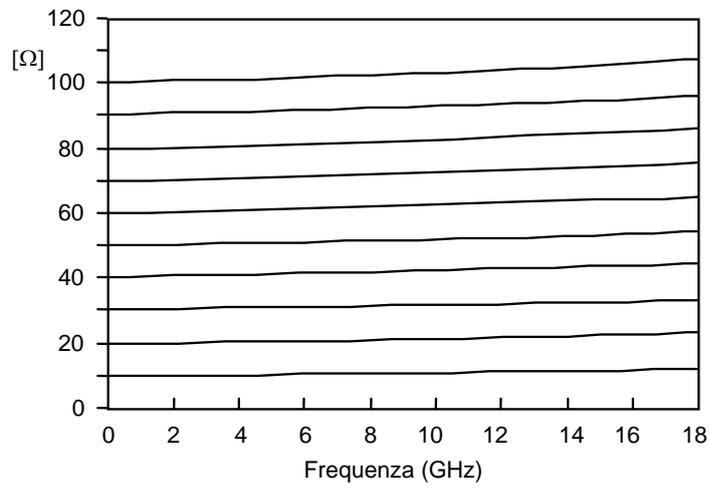
Mehran e Kompa

$$w_{\text{eff}}(f) = w - \frac{w - w_{\text{eff}}(0)}{1 + \frac{f}{f_g}}$$

$$f_g = \frac{c}{2w\sqrt{\epsilon_r}}$$

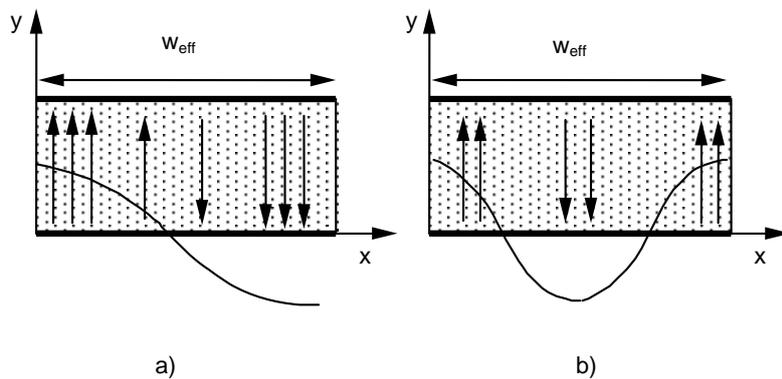
$f \uparrow \quad w \downarrow$

Andamento Z_0 - freq.



$$\epsilon_r = 10.1$$

Modi di ordine superiore



$$f_c(TE_{10}) = \frac{c/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{2W_{eff}}$$

$$f_c(TE_{20}) = \frac{c/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{W_{eff}}$$

Equazioni di sintesi

$$\frac{w}{h} \cong 4 \left[\frac{1}{2} \exp(A) - \exp(-A) \right]^{-1}$$

Per $W/h < 2$

$$A = \pi \sqrt{2(\epsilon_r + 1)} \frac{Z_0}{120\pi} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

Per $W/h > 2$

$$\frac{w}{h} \cong \frac{\epsilon_r - 1}{\pi \epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] + \frac{2}{\pi} [B - 1 - \ln(2B - 1)]$$

$$B = \frac{120\pi^2}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

Perdite nei conduttori

$$\text{Per } W/h < 1 \quad \alpha_c = 1.38 A \frac{R_s}{h Z_0} \left[\frac{32 - \left(\frac{w_{eq}}{h}\right)^2}{32 + \left(\frac{w_{eq}}{h}\right)^2} \right] \text{ [dB/m]}$$

$$\text{Per } W/h > 1 \quad \alpha_c = 6.1 \cdot 10^{-5} A \frac{R_s Z_0 \epsilon_{eff}}{h} \left[\frac{w_{eq}}{h} + \frac{0.667 \left(\frac{w_{eq}}{h}\right)}{1.444 + \left(\frac{w_{eq}}{h}\right)} \right] \text{ [dB/m]}$$

Perdite nei dielettrici

$$\alpha_d = 4.43 \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{\epsilon_{eff} - 1}{\epsilon_r - 1} \sigma_d \text{ [dB/m]}$$

Massima potenza trasportabile

Sebbene le microstrisce siano principalmente applicate in sistemi di bassa potenza, esse sono in grado di trasportare potenze medie fino ad alcuni kiloWatt.

Il limite superiore alla potenza media è fissato essenzialmente dalla conducibilità termica del substrato che determina quanto rapidamente può essere rimosso il calore generato.

La potenza di picco trasportabile è invece limitata dalla rigidità dielettrica il cui valore è di circa $3 \cdot 10^6$ V/m per l'aria mentre cresce nei dielettrici (allumina: $4 \cdot 10^8$ V/m).

Discontinuità in microstriscia

- Circuiti passivi lineari
- Strutture uniformi - guidanti
modello -> linee di trasmissione
- Strutture non uniformi - discontinuità
modello -> circuiti a costanti concentrate

discontinuità volute e non volute

Analisi qualitativa

1. In corrispondenza delle discontinuità si eccitano dei modi di ordine superiore in quanto devono essere soddisfatte delle condizioni al contorno diverse da quelle della struttura guidante
2. I modi di ordine superiore non si propagano e sono quindi confinati in una regione intorno alla discontinuità

Analisi qualitativa

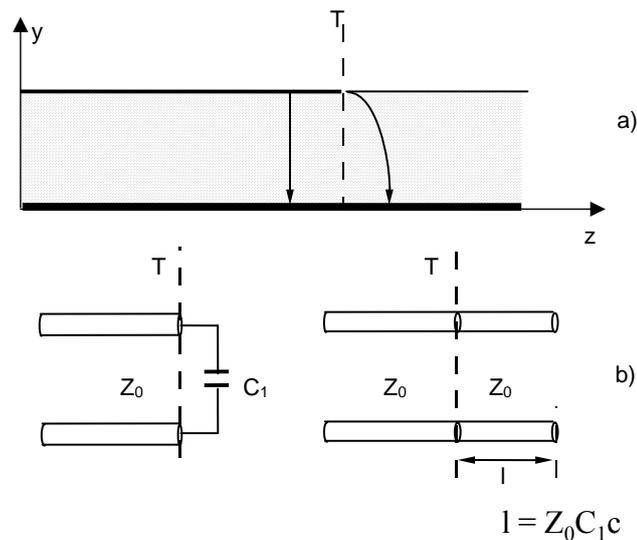
3. Poiché questi modi immagazzinano energia elettrica e magnetica, la loro presenza può essere modellata attraverso una rete reattiva.
4. Se i modi di ordine superiore sono dei TM, l'energia elettrica immagazzinata è maggiore di quella magnetica e quindi il circuito equivalente sarà costituito da una capacità.
Se i modi sono dei TE, prevale l'energia magnetica ed il circuito equivalente sarà costituito da un'induttanza

$$\eta_{TM} = K_z / j \omega \varepsilon = \alpha_z / j \omega \varepsilon \quad \eta_{TE} = j \omega \mu / K_z = j \omega \mu / \alpha_z$$

Commenti

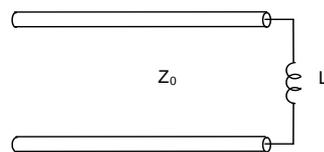
- Per discontinuità con dimensioni longitudinali ridotte il circuito equivalente è in genere costituito da una singola reattanza.
Quando le dimensioni longitudinali non sono trascurabili si rende necessaria una rete più complessa (T o Π)
- Quando si lavora con circuiti MMIC, poiché è impossibile effettuare degli aggiustamenti, si rendono necessari modelli accurati delle discontinuità.
- Per i software di progetto automatico (CAD) sono particolarmente utili espressioni per le reattanze in forma chiusa.

Aperto (Open end) (discontinuità non voluta)



Corto (Short)

Ibrido

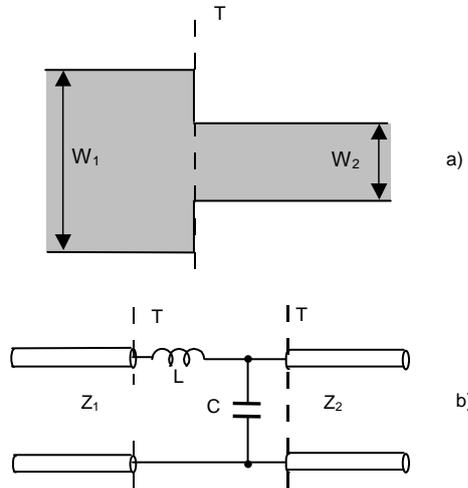


Corto

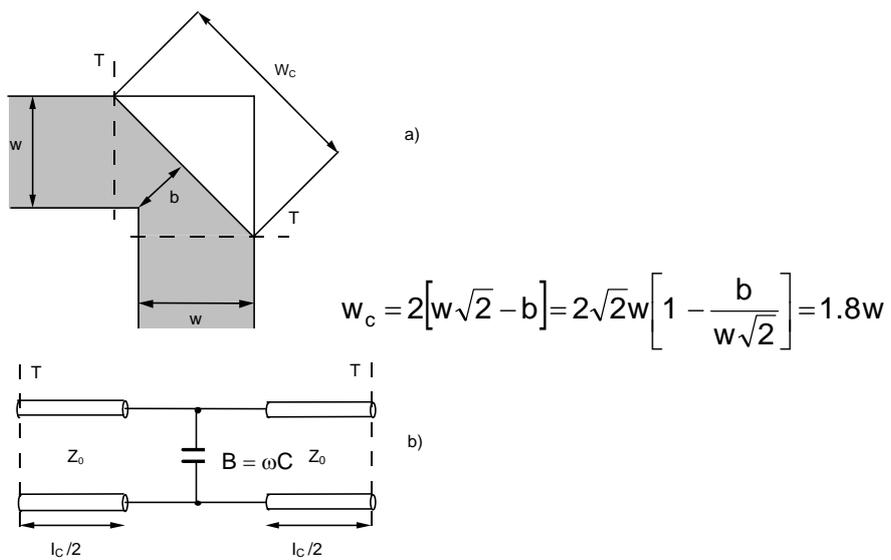
Nei circuiti monolitici, per rendere i corti più riproducibili ed indipendenti dalle dimensioni della linea di accesso si aggiunge una piazzola

Progettando opportunamente la piazzola si aggiungono degli effetti capacitivi che possono compensare (risonare) con quelli induttivi dovuti al corto. In questo modo si riescono ad avere dei corti con bassi effetti reattivi ed indipendenti dalla frequenza (almeno in certi range di frequenza)

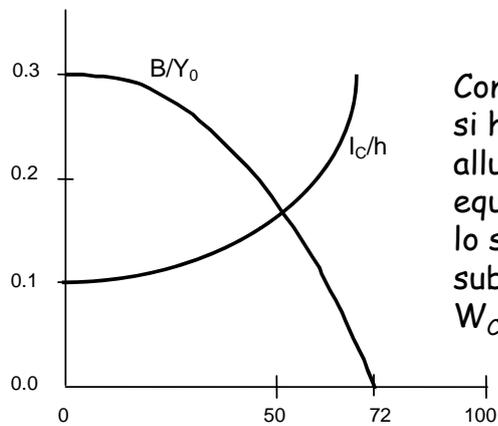
Step in W (discontinuità non voluta)



Angolo (Bend)



Angolo smussato (Chamfered bend)



Con % smussamento = 72%
si ha $B=0$ ed un
allungamento del circuito
equivalente di 0.3 volte
lo spessore del
substrato e risulta
 $W_c=1.8W$

$$\% \text{ smussamento} = \left(1 - \frac{b}{w\sqrt{2}}\right) \times 100$$

Tecnologia MIC (IBRIDI)

Substrati

materiali plastici
materiali ceramici

2) Tecniche di realizzazione dei circuiti

materiali plastici
processo fotolitografico
microforgia

materiali ceramici
processo fotolitografico
film sottile
film spesso

Materiali plastici (laminati)

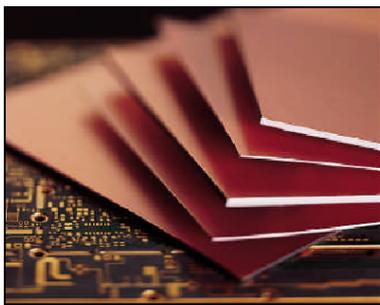
Sono venduti con coperture in rame (cladding) su un lato o su entrambi i lati

Tipicamente il rame è depositato per elettrolisi (elettrodeposition: ED) sui due lati. Per applicazioni speciali si utilizzano fogli di rame laminati (Rolled copper) che sono incollati al dielettrico con speciali resine isolanti

La copertura viene espressa in onces per piede quadrato, (0.5 oz = 0.007 pollici \cong 17 μ m)

I dielettrici sono disponibili in vari spessori da 3 a 250 mil (1 mil = 25.4 μ m) con passi da 5 o 10 mil

Rogers



RO 4003



DUROID

RO 4003 (Rogers)

Resina plastica mescolata con ceramica
immersa in una struttura di vetro-tessuto

E_r (costante dielettrica a 10 GHz) = 3.38 ± 0.05

H (spessore del dielettrico) = $508 \mu\text{m}$ = 0.020" = 20 mill

T (spessore metallizzazione) = $35 \mu\text{m}$ (1 oz su 2 lati)

ρ (resistività del rame/oro) = 0.7 ($\text{res_rame} = 1.78 \mu\Omega/\text{cm}$)

$\text{Tan}\delta$ (tangente di perdita) = 0.0027

1 Inch = 2.54 cm

Materiali ceramici (substrati)

Allumina, zaffiro e quarzo sono normalmente
venduti come piccoli fogli con o senza
rivestimento metallico (metallizzazione)

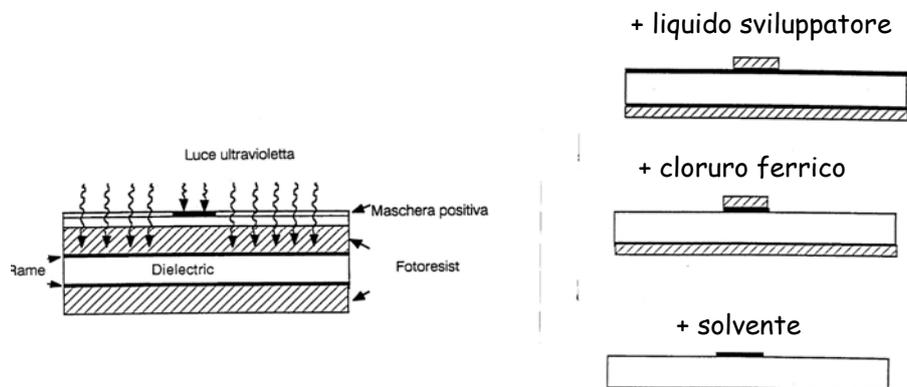
Gli spessori tipici variano da 10 a 50 mil

Realizzazione dei circuiti a partire da materiali PLASTICI

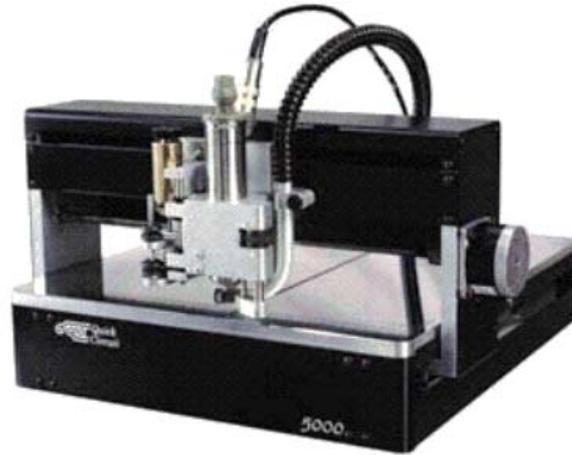
Vi sono due tecniche principali per la realizzazione dei circuiti a microstriscia a partire da materiali plastici:

- La tecnica dei circuiti stampati con processo fotografico
- La tecnica dei circuiti stampati con microforgia

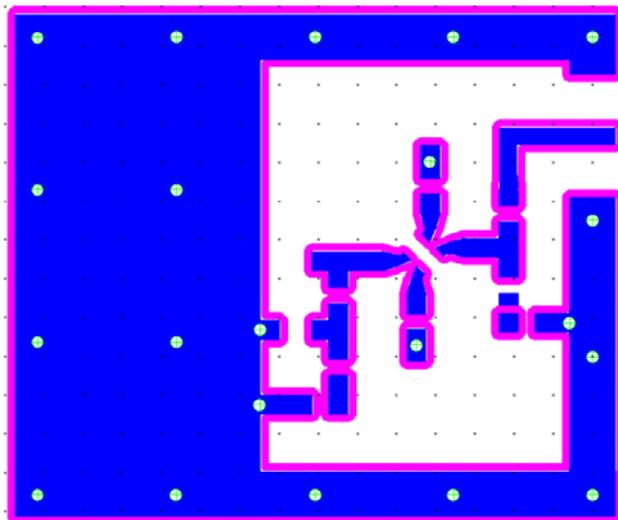
Tecnica dei circuiti stampati con processo fotografico (segue)



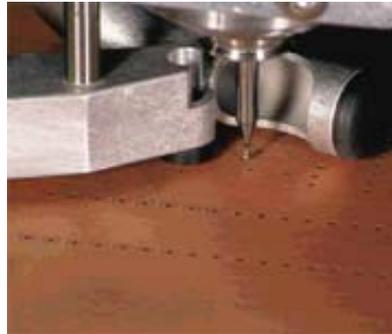
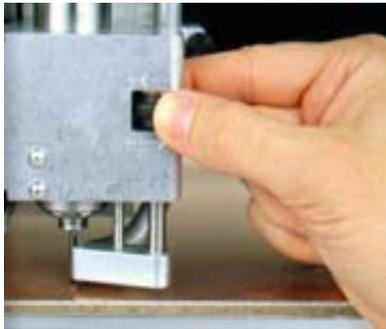
Tecnica dei circuiti stampati con microforgia



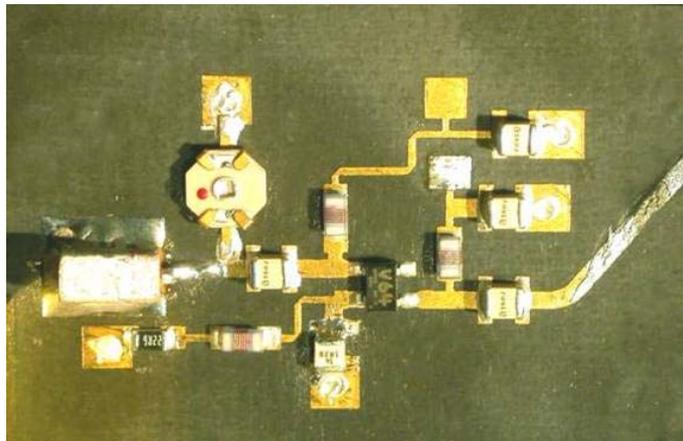
Tecnica dei circuiti stampati con microforgia (ISOPRO)



Tecnica dei circuiti stampati con microforgia (segue)



Circuiti ibridi su materiali plastici



Realizzazione dei circuiti a partire da materiali CERAMICI

Vi sono due tecniche principali per la realizzazione dei circuiti a microstriscia a partire da materiali **ceramici**:

- La tecnica del film sottile
- La tecnica del film spesso
- **NB: si può utilizzare anche la tecnica fotolitografica ma non la microforgia**

Tecnica del film sottile

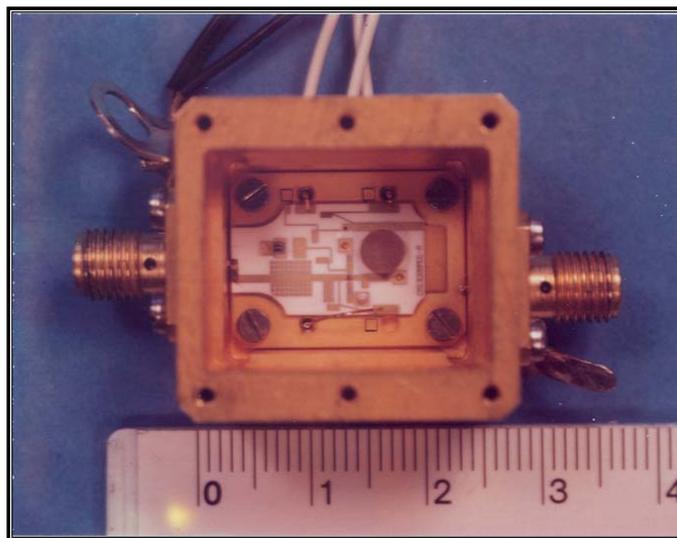
- Inizialmente si deposita sulla superficie del substrato dielettrico, per evaporazione o sputtering, un sottile strato di cromo (spessore 5-20 nm) che presenta delle buone caratteristiche di stabilità meccanica e di aderenza con il substrato stesso
- Si deposita un sottile strato di una miscela cromo-rame o cromo-oro con spessori di 5-20 nm
- Infine si realizza per evaporazione o sputtering o con deposizione elettrolitica lo strato conduttore (rame o oro) dello spessore finale desiderato
- Con un approccio simile possono essere anche depositati materiali resistivi o dielettrici per la realizzazione di resistenze e condensatori
- Per la definizione del circuito si utilizza il processo fotografico

Tecnica del film spesso

La tecnica del film spesso è simile a quella della stampa serigrafica.

- Un sottile strato di fotoresist è disposto sopra un telaio rigido costituito da una maglia di acciaio con una densità variabile da 100 a 500 linee per pollice
- Si pone la maschera del circuito sopra il telaio e la si espone alla luce ultravioletta. Si rimuove il fotoresist
- Il telaio è piazzato sopra il substrato e viene spruzzato un inchiostro speciale in pasta contenete oro. La pasta è forzata con un rullo attraverso la maglia in modo che ricopra le zone del circuito da realizzare
- Il substrato è poi posto in un forno ed il metallo presente nella pasta si salda alla superficie del dielettrico

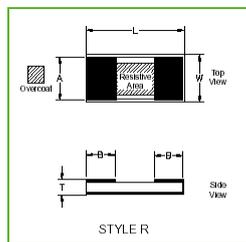
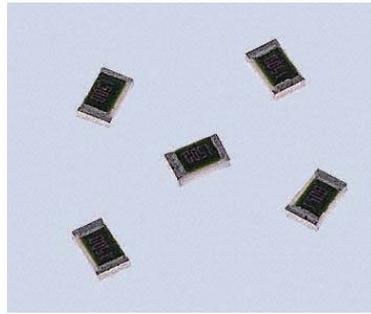
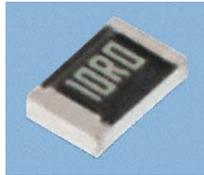
Circuiti ibridi su materiali ceramici



Resistenze (SMD)

0805 (2x1.25 mm)

0603 (1.5x0.75 mm)



Condensatori ATC 100 A



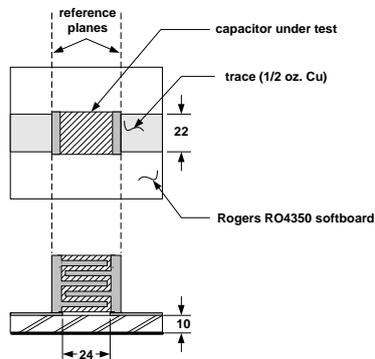
ATC 100 SERIES PORCELAIN CAPACITOR[®] MILCS
 These capacitors feature 100 pF, 0.1 μF and 0.01 μF capacitance values. They are available with an overcoat option as noted below.
 ATC 100 A MILCS - 0507 - 0509
 • Capacitors Range 0.1 pF to 100 pF

ATC 100 A Capacitors: Mechanical Configurations

ALL DIMENSIONS IN MILS UNLESS NOTED OTHERWISE	ATC CODE	MIL. REF. CODE	CASE SIZE & TYPE	DIMENSIONS				LAYER INFORMATION		LAYER INFORMATION DIMENSIONS AND MATERIALS
				W/TERMINATION CONTACT	LENGTH (L)	W/TERMINATION (W)	THICKNESS (T)	OVERCOAT (O)	TERMINALS	
	100A	TP	CCBR2005		0.20 +0.01/-0.01 1.4 +0.04/-0.04 0.20	0.85 ± 0.03 0.85 ± 0.03 1.4 ± 0.10 0.20	0.017 (1.45) mm	0.010 0.025	0.010 0.025 ± 0.010	SOLDER PLATE Aluminum barrier, solder plating Rogers RO4350 substrate Solder mask Solder tabs for lead applications.
	100A	TP	CCBR2005		0.20 +0.01/-0.01 1.4 +0.04/-0.04 0.20	0.85 ± 0.03 0.85 ± 0.03 1.4 ± 0.10 0.20	0.017 (1.45) mm	0.010 0.025	0.010 0.025 ± 0.010	BARNEE/ GAP Nickel barrier, no tin plating with the addition of lead solder plating. Solder mask 305 °C, 100°C
	100A	CA	CCBR1005		0.08 +0.01/-0.01 1.4 +0.04/-0.04 0.20	0.85 ± 0.03 0.85 ± 0.03 1.4 ± 0.10 0.20	0.017 (1.45) mm	0.010 0.025	0.010 0.025 ± 0.010	UNI-TERM[®] NICKEL BARRIER GOLD PLATED TERMINATION

For a complete military catalog, request American Technical Ceramics document ATC 001518.
 * Replaces C Termination

All dimensions in mils



ORDER ON-LINE
http://order.coilcraft.com

Designer's Kits



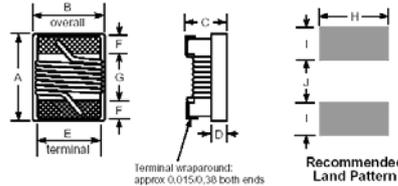
To help simplify your prototyping, we offer low-cost Designer's Kits for many of our products. Each contains an assortment of in-stock, values along with detailed product specifications. We even provide free refiles for parts you use most often.

Coilcraft Designer's Kits can save you hours of searching or winding your own. They'll help you zero in on one of our off-the-shelf parts or give you a starting point for a custom design.

To order call 800-322-2645 or place your order on-line at <http://order.coilcraft.com>.



Induttanze SMD o CHIP



SMT Products

RF Chip Inductors

0302CS Chip Inductors

Inductance: 0.67 nH - 34 µH

35 values (10 of each)

Kit C170 \$90 (5% tolerance)

0402CS Chip Inductors

Inductance: 1 nH - 10 nH

21 values (20 of each)

Kit C128A-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128B-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128C-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128D-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128E-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128F-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128G-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128H-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128I-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128J-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128K-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128L-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128M-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128N-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128O-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128P-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128Q-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128R-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128S-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128T-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128U-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128V-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128W-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128X-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128Y-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128Z-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AA-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AB-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AC-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AD-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AE-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AF-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AG-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AH-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AI-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AJ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AK-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AL-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AM-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AN-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AO-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AP-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AQ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AR-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AS-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AT-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AU-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AV-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AW-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AX-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AY-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AZ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AA-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AB-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AC-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AD-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AE-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AF-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AG-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AH-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AI-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AJ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AK-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AL-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AM-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AN-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AO-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AP-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AQ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AR-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AS-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AT-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AU-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AV-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AW-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AX-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AY-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AZ-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AA-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AB-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AC-2 \$75 (2% tolerance)

Kit C128AD-2 \$75 (2% tolerance)

0603HC Chip Inductors

Inductance: 1.0 nH - 21 nH

11 values (10 of each)

Kit C139 \$40 (5% tolerance)

0603LS Chip Inductors

Inductance: 47 nH - 10,000 nH

29 values (10 of each)

Kit C147 \$70 (5% tolerance)

0604HQ High Q Chip Inductors

Inductance: 1.5 nH - 10.4 nH

7 values (10 of each)

Kit C151 \$40 (5% tolerance)

0605CS Chip Inductors

Inductance: 2.0 nH - 620 nH

37 values (10 of each)

Kit C103 \$95 (5% tolerance)

Kit C103-2 \$115 (2% tolerance)

0605HQ Chip Inductors

Inductance: 2.5 nH - 51 nH

12 values (10 of each)

Kit C125 \$40 (5% tolerance)

0605HT Chip Inductors

Inductance: 1.0 nH - 500 nH

27 values (10 of each)

Kit C121 \$70 (5% tolerance)

0605LS Chip Inductors

Inductance: 0.078 µH - 27 µH

18 values (10 of each)

Kit C154 \$45 (5% tolerance)

1008CS Chip Inductors

Inductance: 10 nH - 620 nH

39 values (10 of each)

Kit C100 \$100 (5% tolerance)

Kit C100-2 \$120 (2% tolerance)

1008HQ High Q Chip Inductors

Inductance: 3 nH - 100 nH

14 values (10 of each)

Kit C123 \$40 (5% tolerance)

Kit C123-2 \$60 (2% tolerance)

1008HT Chip Inductors

Inductance: 3.3 nH - 560 nH

26 values (10 of each)

Kit C122 \$55 (5% tolerance)

1008LS Chip Inductors

Inductance: 1.2 µH - 10 µH

12 values (10 of each)

Kit C136 \$40 (5% tolerance)

1206CS Chip Inductors

Inductance: 3.3 nH - 1.2 µH

31 values (10 of each)

Kit C120 \$80 (5% tolerance)

QUANTITY DISCOUNTS

10% off any combination of 3 or more

20% off any combination of 5 or more

30% off any combination of 7 or more

Coilcraft

Specifications subject to change without notice. Document 125-1 Revised 03/19/04

1102 Silver Lake Road Cary, Illinois 60013 Phone 847/639-6400 Fax 847/639-1459
E-mail info@coilcraft.com Web <http://www.coilcraft.com>

TRANSISTORS

case GaAsFet e Hemt

case 70 - 85 - 100 mil
ceramico o plastico

refori corti

refori lunghi

ATF ...36

ATF ...84

ATF ...76

ATF ...77

MGF 49...

MGF 1903

NE 32584

AFM 04P3

CFY 15

HFET 1102

MGF 1302

MGF 1303

MGF 1412

NE 32183

NE 32183

2SK 671

case SOT143

g1 g2

s d

CF

739

NE

25129

case norm.

case reverse

case SOT343

ATF

33143

54143

case CLY 2

case SOT223

CLY 5

CLY 10

CLY 15

KGF 1323

18

11

TMD 7185

MGF 2407

MGF 2415

MGF 2430

MWT 271

FLU10XM

MGF 1801 B

(normale)

9,6

10,7

MGF1801 special

FLC252 FLX102

MGF 2445

MGF 0904

MGF 0905

FLL...ME

MGF 0906

MGF 0907

FLM... 4W

MGFC... 8W

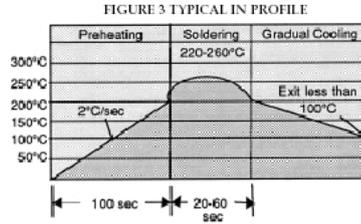
FLM... 12 W

MGFC... 24W

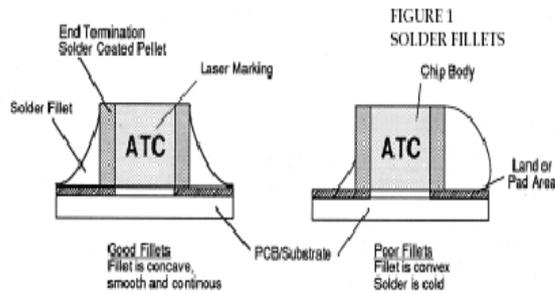
MC 6884

R.F. elettronica di Rota F. www.rfmicrowave.it info@rfmicrowave.it tel ++39.02.99 48 75 15 fax ++39.02.99 48 92 76

Tecniche di saldatura

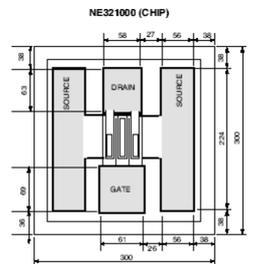


Forno ad infrarossi
TWS 800

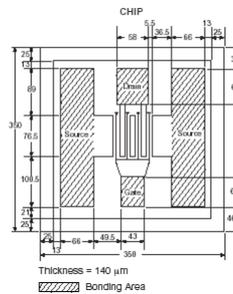


Transistor nudo

CHIP DIMENSIONS (Units in μm)



OUTLINE DIMENSIONS (Units in μm)



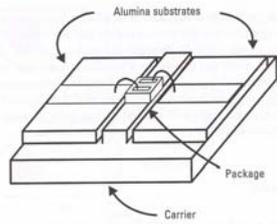


Figure 8.5 The package mounted to a copper carrier. Two alumina substrates hold input and output microstrip lines.

Wire bond

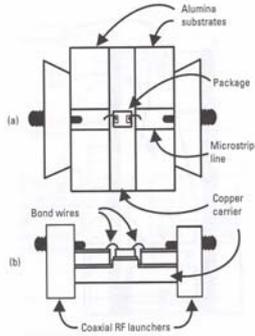
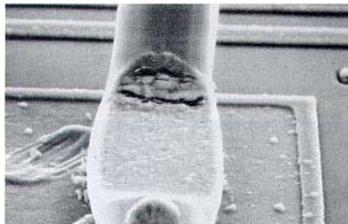


Figure 8.6 (a) Top and (b) side views of the carrier assembly and coaxial RF launchers. The package can be grounded by bonding to the center of the carrier.

Wire bond



TRANSISTOR

Figure di merito

BJT

MESFET

HBT

HEMT

Figure di merito

$$P_m f_T^2 = \frac{1}{X_c} \left(\frac{E_m v_{tm}}{2\pi} \right)^2$$

P_m = massima potenza che può essere erogata dal transistor

$f_T = 1/2\pi\tau = v_{tm}/2\pi L$ = frequenza di taglio del dispositivo

τ = tempo di transito dei portatori attraverso la regione attiva

L = lunghezza regione attiva

v_{tm} = velocità massima dei portatori

E_m = massimo campo elettrico applicabile prima del
breakdown

$X_c = 1/2\pi f_T C_c$ è la reattanza associata alla giunzione in cui
si verifica il breakdown.

Valori tipici

$v_{tm} = 0.6 \times 10^7$ cm/s nel germanio

$v_{tm} = 1.0 \times 10^7$ cm/s nel silicio

$v_{tm} = 2 \times 10^7$ cm/s nell'arseniuro di gallio

$v_{tm} = 5.5 \times 10^7$ cm/s nel 2-DEG delle eterogiunzioni

Il campo elettrico di breakdown è legato all'ampiezza della banda proibita

$E_G = 0.66$ eV nel germanio

$E_G = 1.12$ eV nel silicio

$E_G = 1.43$ eV nell'arseniuro di gallio

$E_G = 1.65$ eV nell'AlGaAs

Tecnologia

accanto a queste considerazioni generali vanno tenuti in conto altri aspetti quali la capacità a dissipare potenza dei materiali e lo stato della tecnologia.

Con riferimento al primo punto il parametro saliente è la conducibilità termica rispetto alla quale il materiale migliore è il silicio, mentre per quanto riguarda il secondo punto ancor oggi la tecnologia più evoluta è quella del silicio.

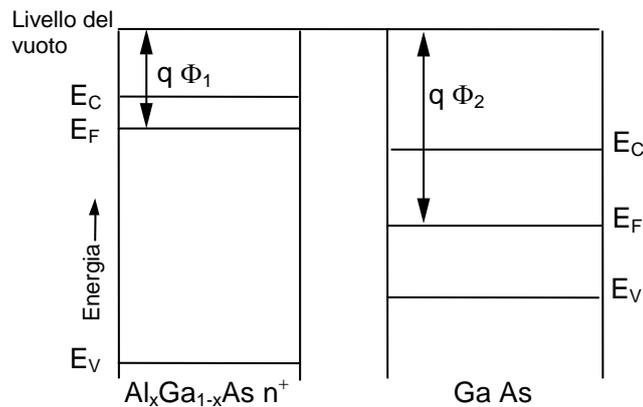
Conclusioni

Il transistor bipolare (BJT) è il dispositivo maggiormente utilizzato fino a circa 4 GHz

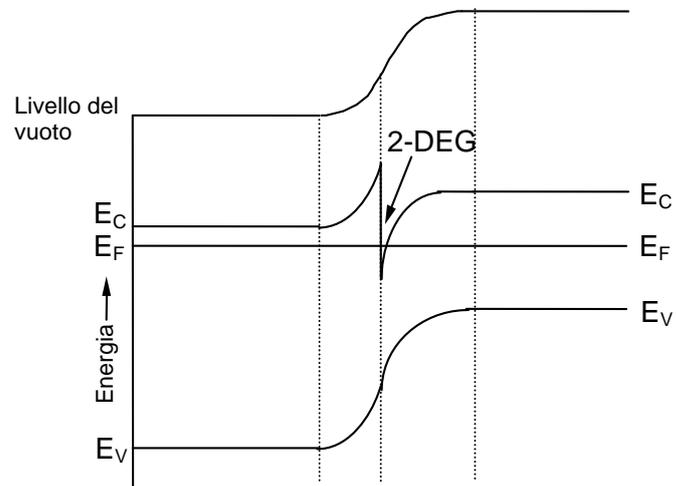
Il MESFET domina tra 4 e 20 GHz

Per applicazioni a frequenze superiori si stanno sempre più diffondendo i dispositivi ad eterostruttura (HEMT).

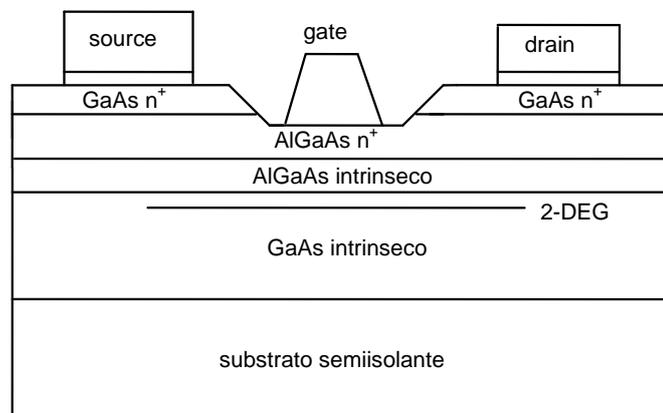
Eterogiunzioni



2-DEG



HEMT



TRASFORMATORI E MIXERS

TRASFORMATORI HF

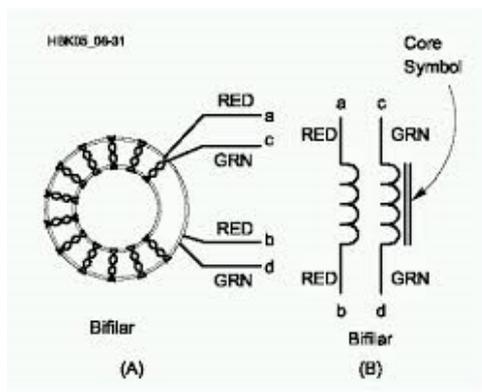
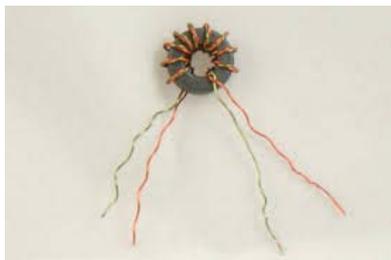
DIFFERISCONO DA QUELLI A 50 Hz perché:

- Si usa la ferrite come materiale magnetico
- La lunghezza dei fili deve essere una piccola frazione della lunghezza d'onda (< 10 %)
- Operano in banda HF su diverse decadi

Si usano come ADATTATORI DI IMPEDENZA e come BALUN (da bilanciato a sbilanciato tra antenna e cavo TV da sbilanciato a bilanciato all'ingresso dei diodi di un mixer.

TRASFORMATORI HF

Bifilar windings



TRASFORMATORI HF

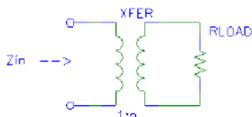
Bifilar windings

$$V_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$V_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{n} \quad P_{IN} = P_{OUT} \longrightarrow \frac{I_1}{I_2} = -n$$

$$V_2 = -R_{LOAD} I_2$$



$$V_1 = \frac{V_2}{n} = -\frac{R_{LOAD} I_2}{n} = \frac{R_{LOAD} I_1}{n^2} \longrightarrow Z_{IN} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{R_{LOAD}}{n^2}$$

TRASFORMATORI HF

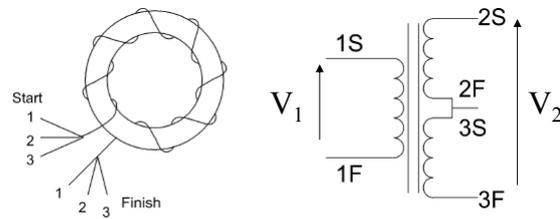


Figure 4. Trifilar winding diagram.



Figure 5. A trifilar wound RF Transformer

TRASFORMATORI HF

$$V_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad V_2 = -2N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

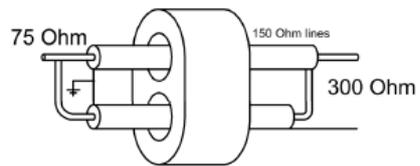
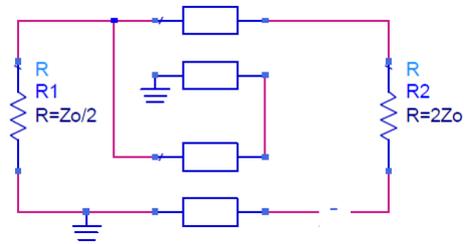
$$\longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2} \quad \text{da } P_{IN} = P_{OUT} \longrightarrow \frac{I_1}{I_2} = -2$$

$$V_2 = -R_{LOAD} I_2$$

$$V_1 = \frac{V_2}{2} = -\frac{R_{LOAD} I_2}{2} = \frac{R_{LOAD} I_1}{4} \longrightarrow Z_{IN} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{R_{LOAD}}{4}$$

Trasformatore 1:4 (balun) da antenna (300Ω) a cavo coassiale (75 Ω)

TRASFORMATORI VHF-UHF



TRASFORMATORI VHF-UHF

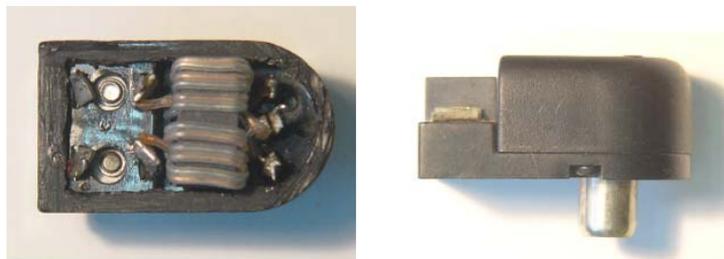


Figure 8. TV Balun using Ferrite RF transformer and transmission line windings.

Mixer con Diplexer

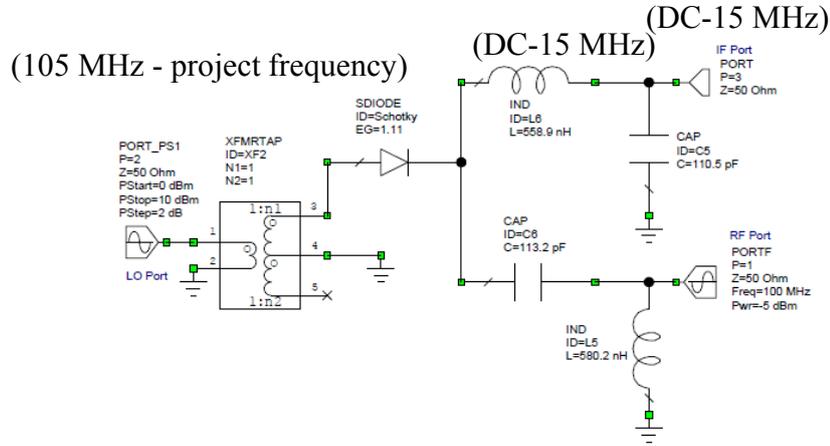
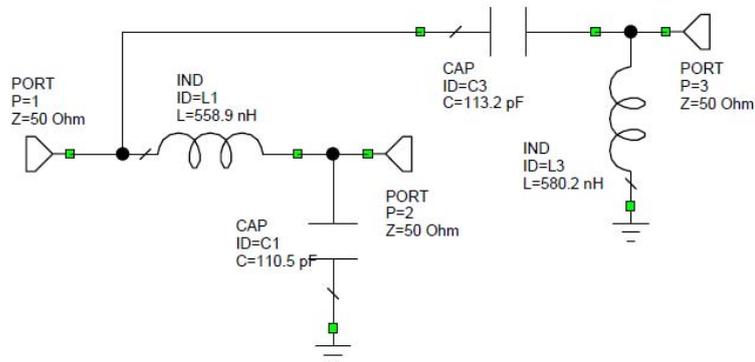


Figure 8. Circuit diagram of a single diode mixer as a down-converter.

Diplexer per mixer



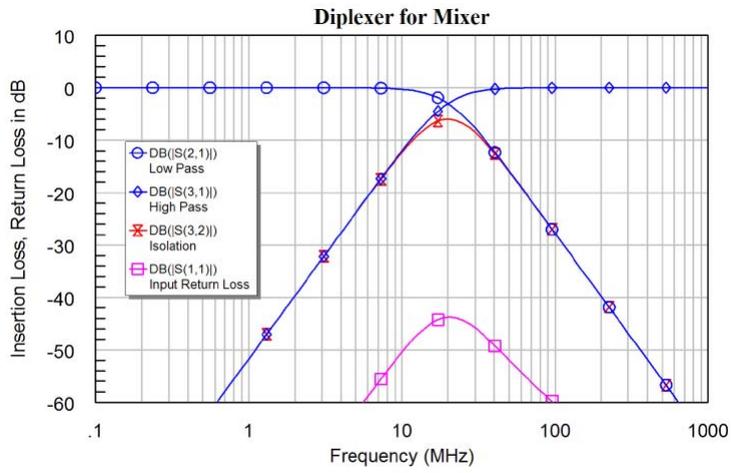


Figure 7. Frequency response of diplexer after optimisation.

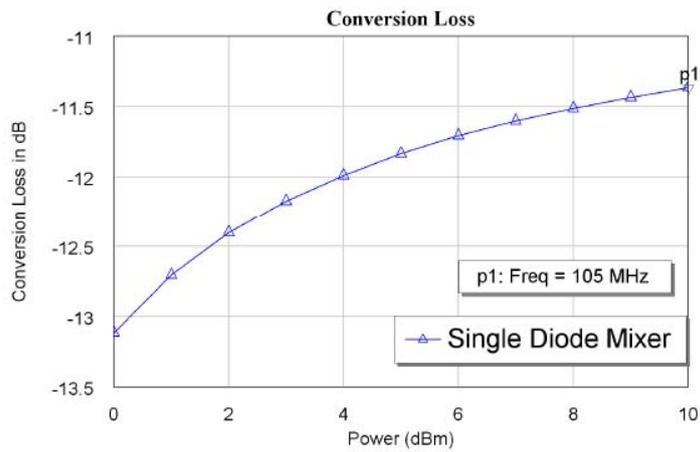


Figure 11. Conversion loss of a single diode mixer.

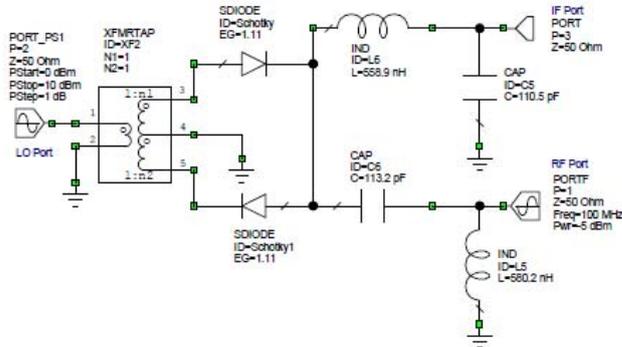


Figure 19. Circuit diagram of a balanced mixer.

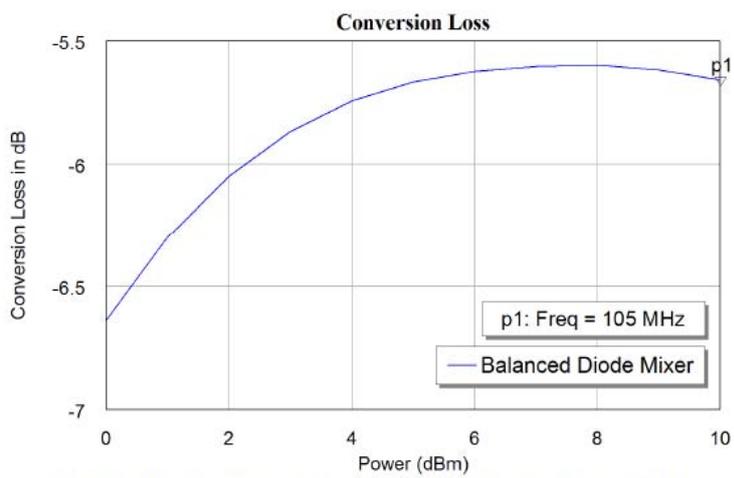
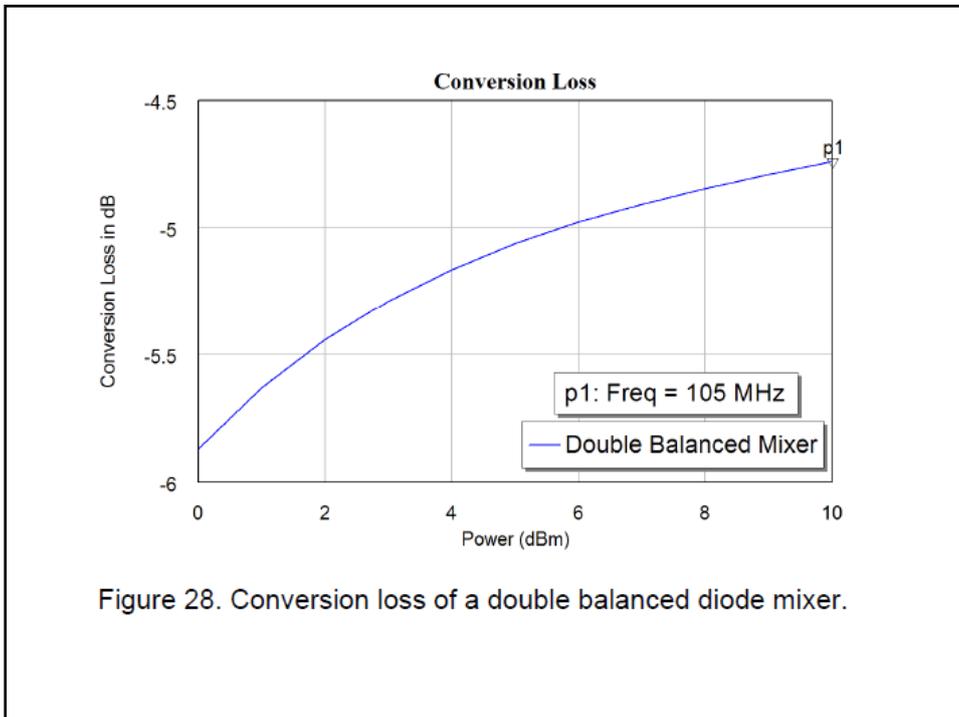
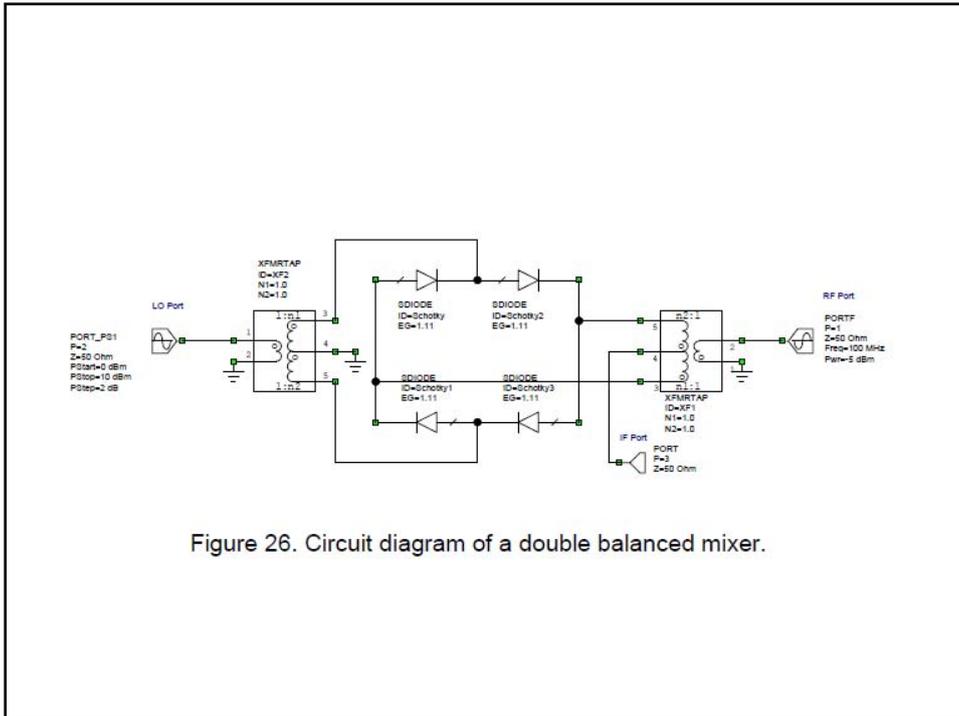


Figure 20. Conversion loss of a balanced diode mixer.

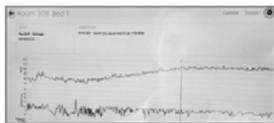


SISTEMI ELETTRONICI A RF

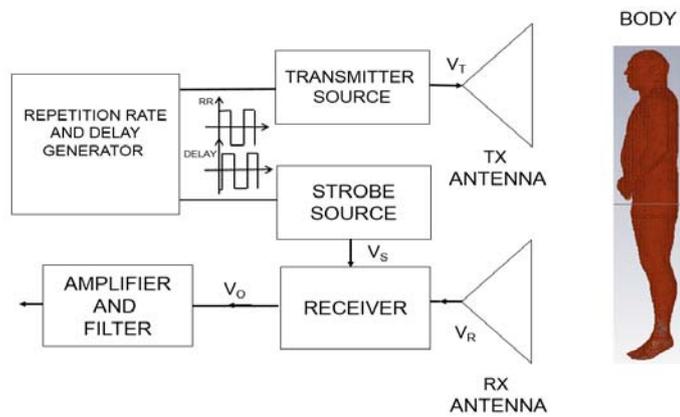
	HF	VHF-UHF	MICROONDE
OSCILLATORI	COLPITTS QUARZO	COLPITTS CRO	CRO DRO
AMPLIFICATORI			
Alto Guadagno	Elettronica II	Elettronica II	ADATTAMENTO REATTIVO
Basso Rumore	Elettronica II	Elettronica II	ADATTAMENTO REATTIVO
Alta Potenza	TRASFORMATORE HF	TRASFORMATORE VHF UHF	ADATTAMENTO REATTIVO
MIXER	Diodi Schottky Diplexer	Diodi Schottky Diplexer	DIODO SCHOTTKY IBRIDO A 180°
	TRANSISTORS	TRANSISTORS	TRANSISTORS
FILTRI	LUMPED	LUMPED (SMD)	MICROSTRISCIA
MODULATORI, DEMODULATORI ESERCITAZIONI CAD (MICROWAVE OFFICE) SU TUTTI I CIRCUITI			

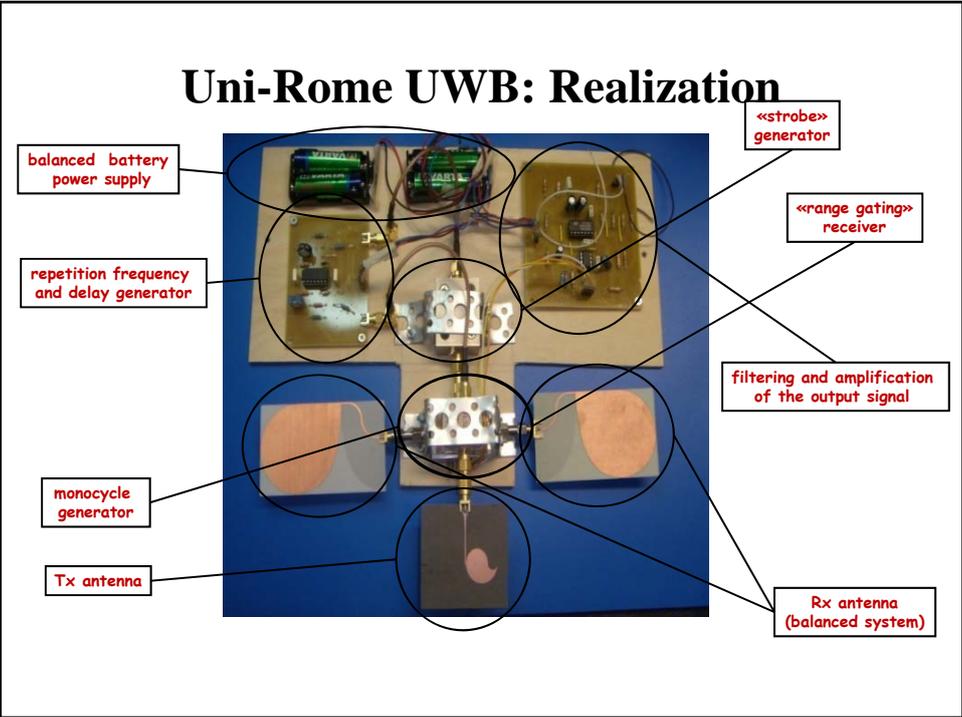
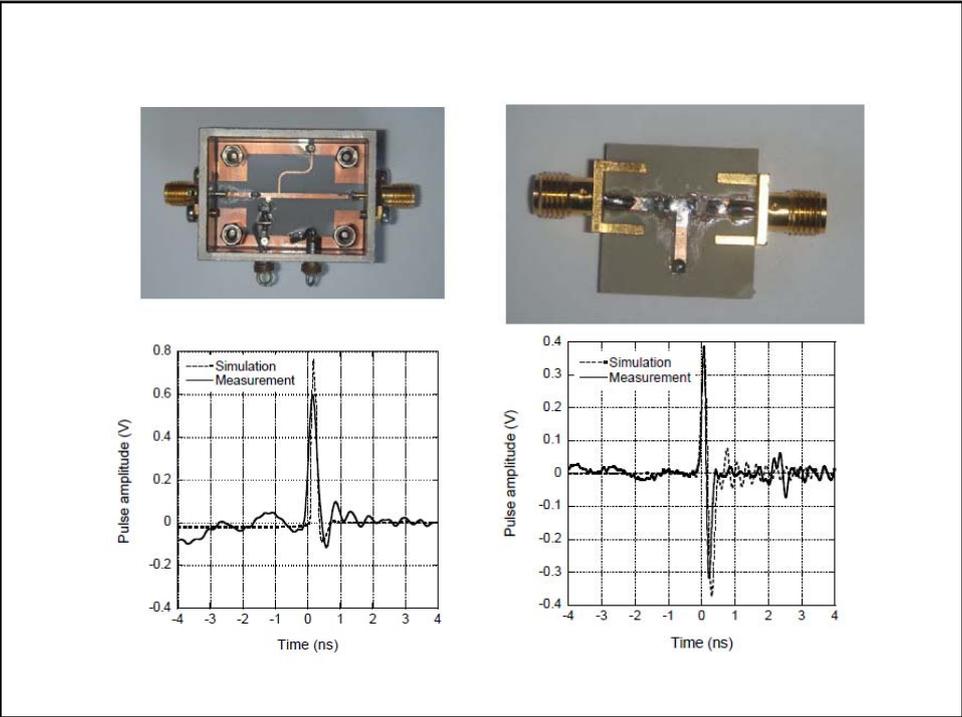
Radar in medicina

- Monitoraggio continuativo e remoto di parametri vitali
 - attività cardio respiratoria (ospedali o a casa)
 - attività cardio respiratoria (persone sotto macerie)
- Diagnostica medica
 - Lesioni tumorali
 - Presenza di liquidi nei tessuti biologici

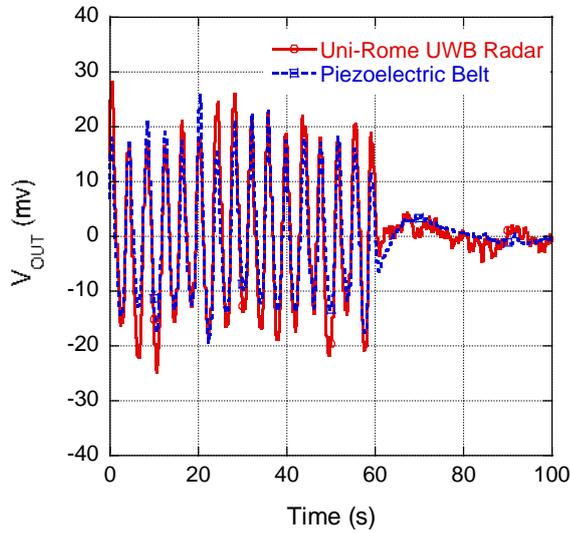


Radar UWB



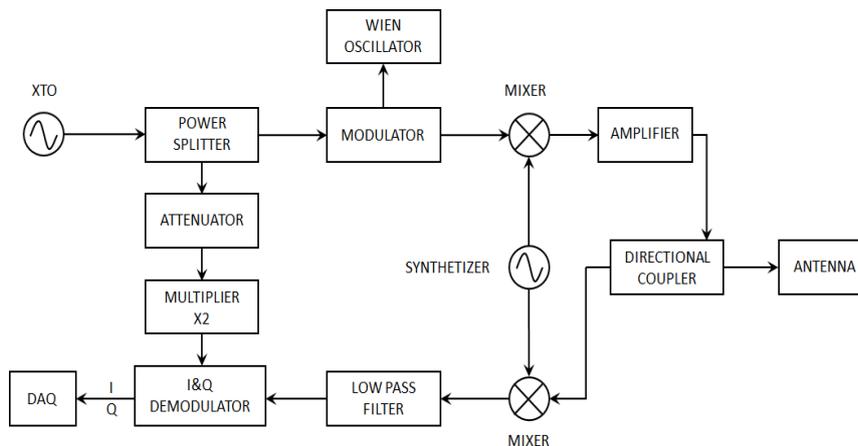


Uni-Rome UWB RADAR: breathing

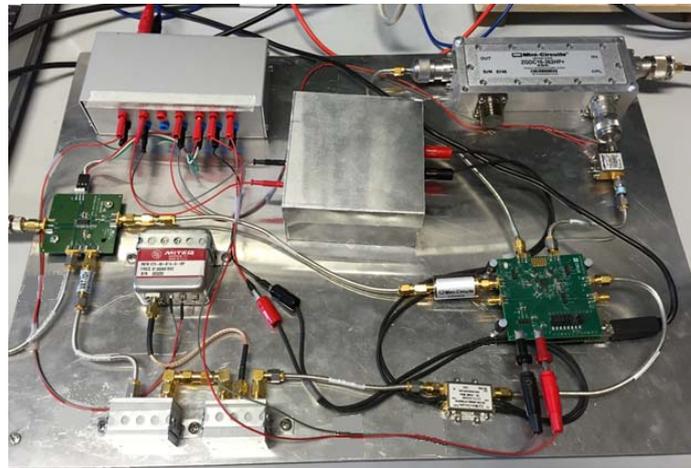


Breath activity of a subject placed 25 cm far from the RADAR antennas

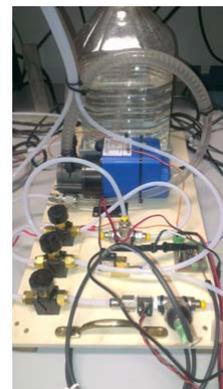
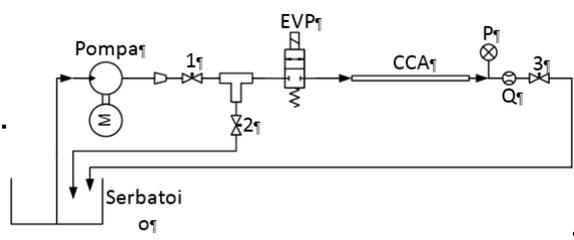
RADAR CW con banda laterale doppia



CW radar - Realizzazione

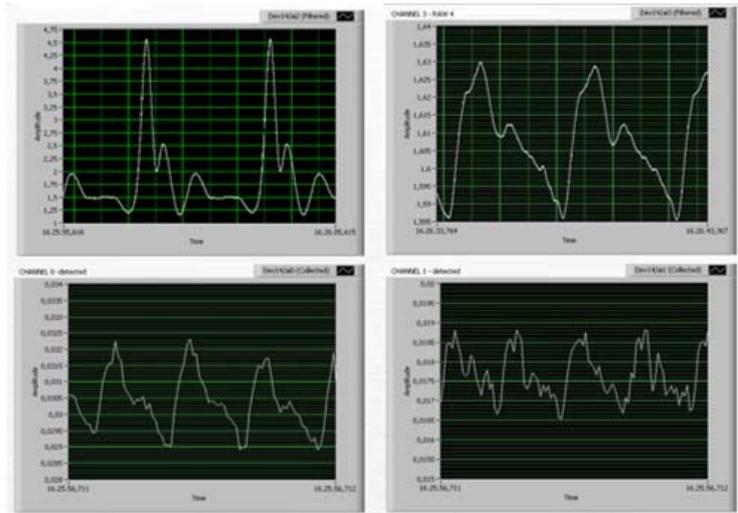


Sistema idraulico – simulatore di carotide

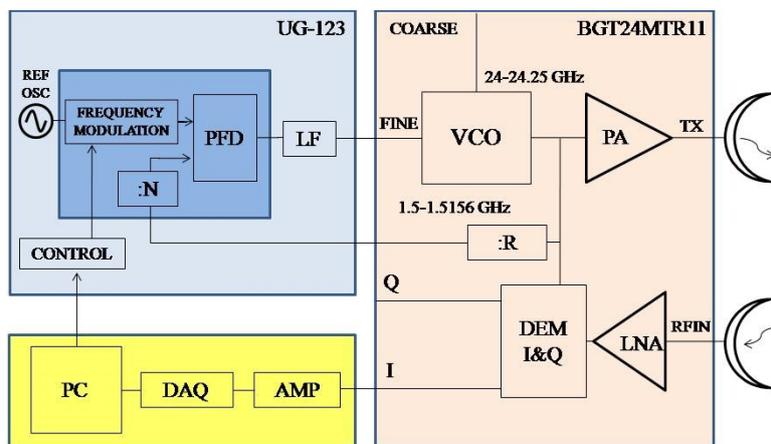


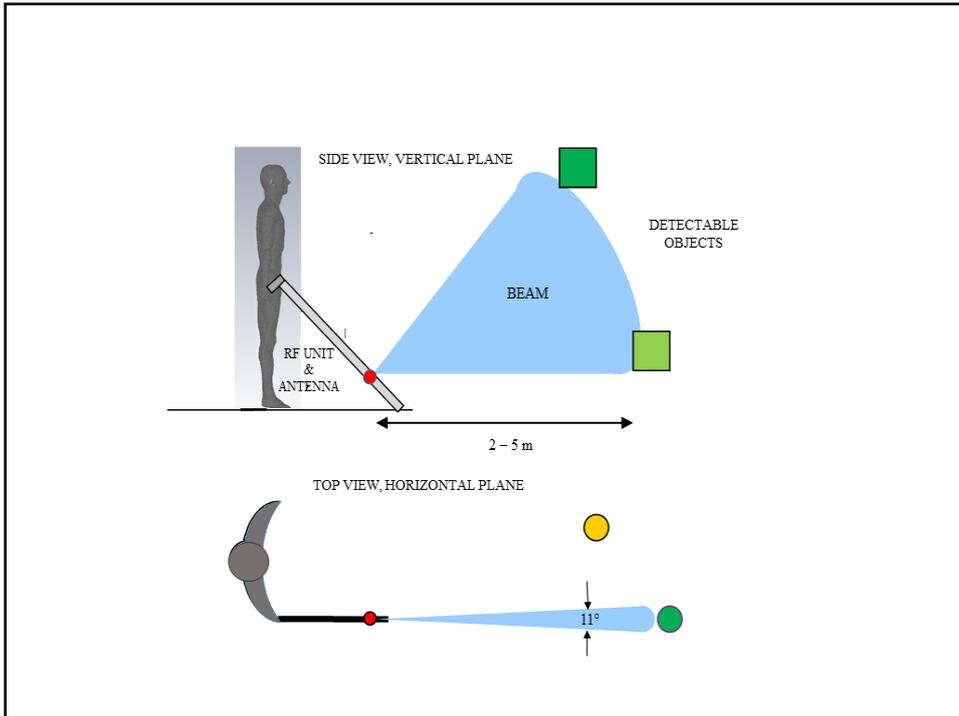
ACCA = Arduino Controlled Common Artery model

Misure

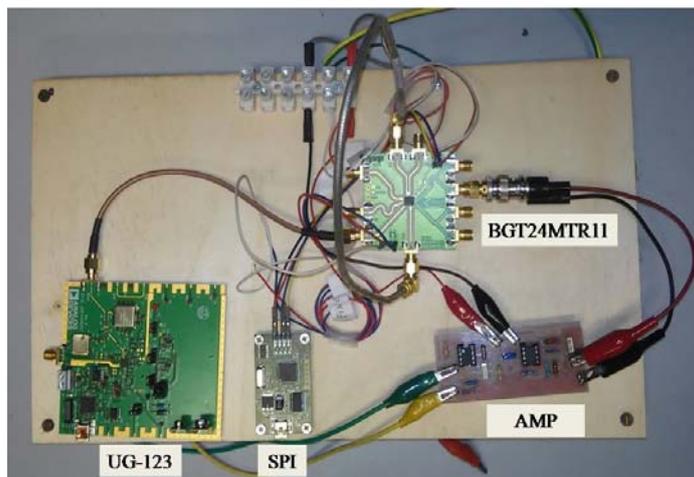


Radar FMCW

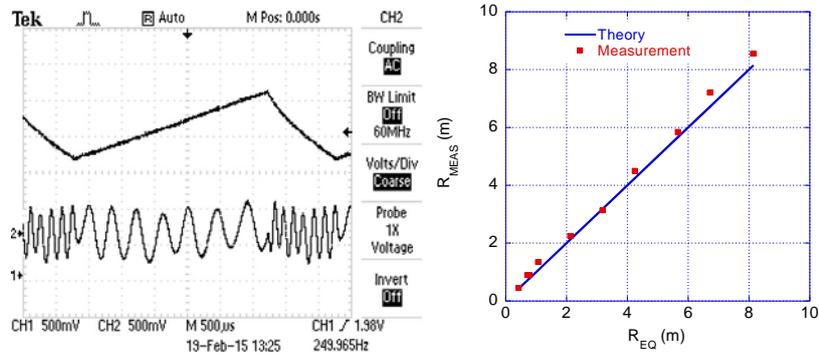




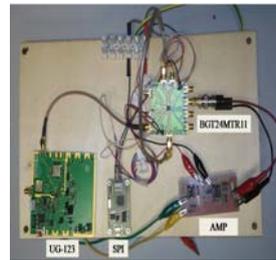
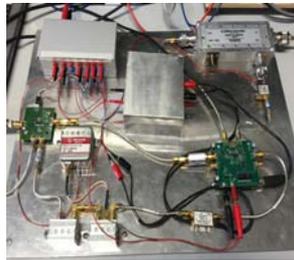
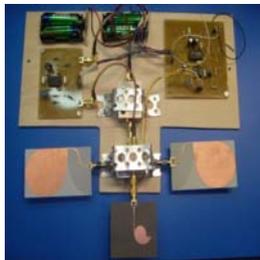
FMCW radar - Realizzazione



Misure



Laboratorio M&C Microonde e Compatibilità EM



STRUMENTAZIONE E TECNICHE PER LA DIAGNOSTICA



RMN



ECOGRAFIA



MONITOR



EIT



RADAR