ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I sessione 1996
Ingegneria Elettronica
Tema n. 2

Un satellite per DBS in orbita geostazionaria (quota 36000 km) irradia una potenza di 20 dB(W) a 12.5 GHz con antenna parabolica dal diametro di 1.5 m ed efficienza di 0.7.

Si richiede di progettare la sezione RF del sistema ricevente, costituito di: 1) un'antenna a riflettore offset (v. fig. 1); un illuminatore in microstriscia realizzato secondo lo schema di fig.2 (schiera monolitica 2 x 2 di patch quadrati); 3) un sistema di adattamento allo stadio amplificatore e convertitore.

Per la realizzazione dell'illuminatore di scelga tra i seguenti substrati: allumina (ϵ_r = 10.1, h=0.4 mm); rexolite (ϵ_r = 2.55, h=1 mm); styrofoam (ϵ_r = 1.08, h=4 mm).

Ciascuno dei 4 elementi irradianti può essere approssimato con una coppia di dipoli magnetici collegati da un tratto di linea mezz'onda (v. fig.3); la conduttanza di ciascun "dipolo" vale circa $G = d_1/(120\lambda)\ \Omega^{-1}$ (se ne trascuri la parte capacitiva). Ai fini del calcolo dell'irradiazione della schiera, si può assumere come distanza tra i dipoli magnetici un valore costante, intermedio tra d_1 e d_2.

Si progettino le dimensioni indicate in figura del riflettore e dell'illuminatore, e l'angolo d'inclinazione di quest'ultimo, tenendo conto che: a) il rapporto S/N del segnale ricevuto dev'essere di 30 dB su una banda di 70 MHz, nell'ipotesi conservativa di un'efficienza dell'antenna ricevente di 0.5, con una temperatura d'antenna di 100 K (si trascuri l'attenuazione atmosferica); b) l'illuminazione ai bordi dell'apertura del riflettore, sia nel piano di simmetria (piano E) che in quello ortogonale (piano H), deve essere di circa 12 dB rispetto al centro (con una tolleranza di ± 1 dB).

A scopo protettivo, sull'apertura dell'antenna dovrà essere posta una lastra di vetroresina (ϵ_r = 4.25, perdite trascurabili) quasi piana ed inclinata di 30° al fine di evitare le riflessioni: se ne calcoli lo spessore che minimizza l'attenuazione di trasmissione, e si valuti il valore di quest'ultima.

Si progetti l'adattatore, posto nella sezione A, 0.2λ a valle del divisore D (si trascurino gli effetti reattivi di quest'ultimo), tenendo conto che l'amplificatore è rappresentabile con un quadripolo con i seguenti parametri scattering: $S_{11} = 0.4 - j0.3$; $S_{22} = 0.1 + j0.1$; $S_{21} = 10 + j1$; $S_{12} = 0.001 + j0.002$, chiuso sulla porta 2 sulla sua impedenza di riferimento (50 Ω). Il divisore D deve essere a multipli di $\lambda/2$ dalle porte B e B'.

Si forniscano tutte le dimensioni dei tratti di linea di cui l'adattatore è costituito.

Si calcoli la tensione all'ingresso dell'amplificatore con il sistema di adattamento, alla frequenza di lavoro.

OPZIONALE: Si calcoli a quale frequenza tale tensione, a causa della variazione della lunghezza elettrica delle linee, si riduce di 6 dB.

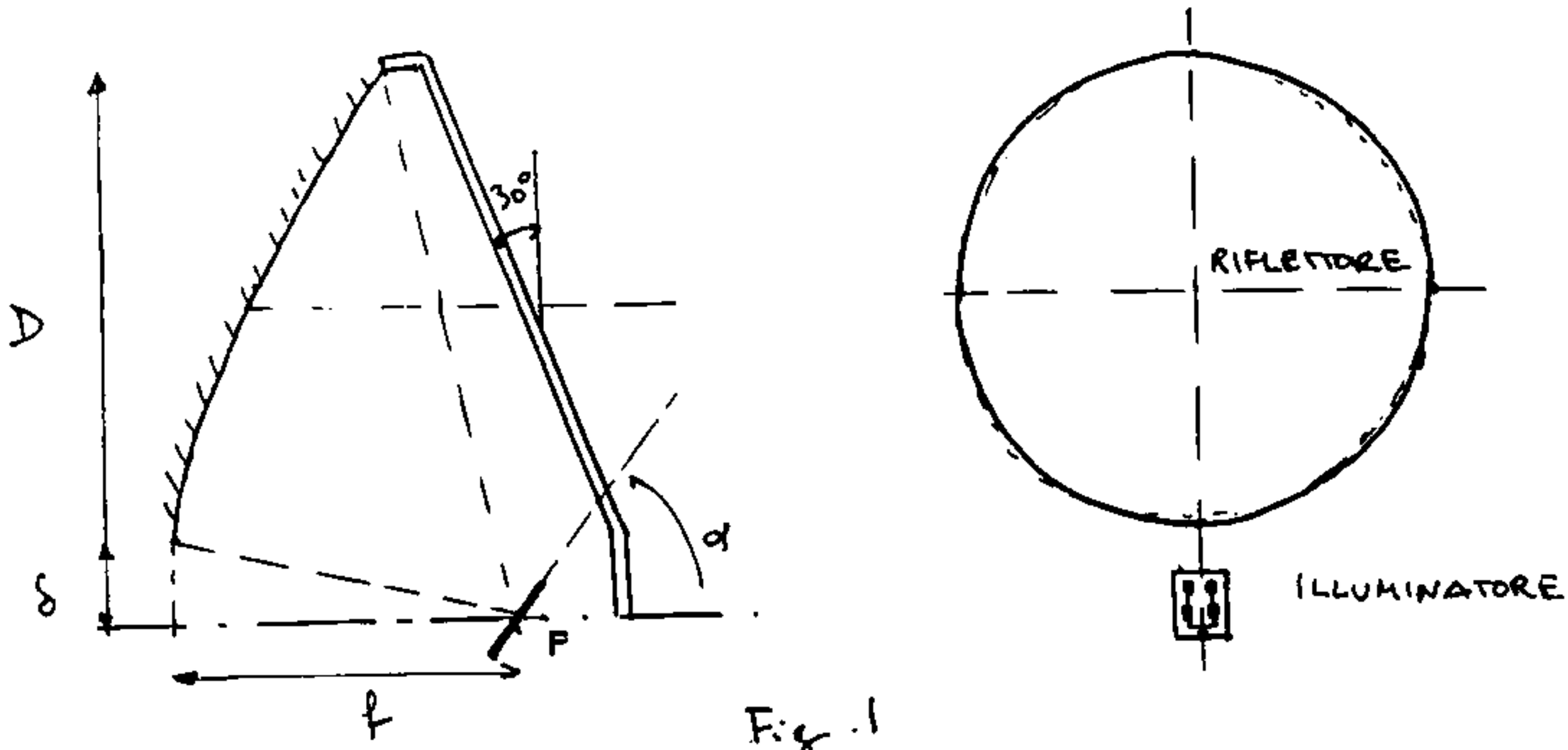


Fig. 1

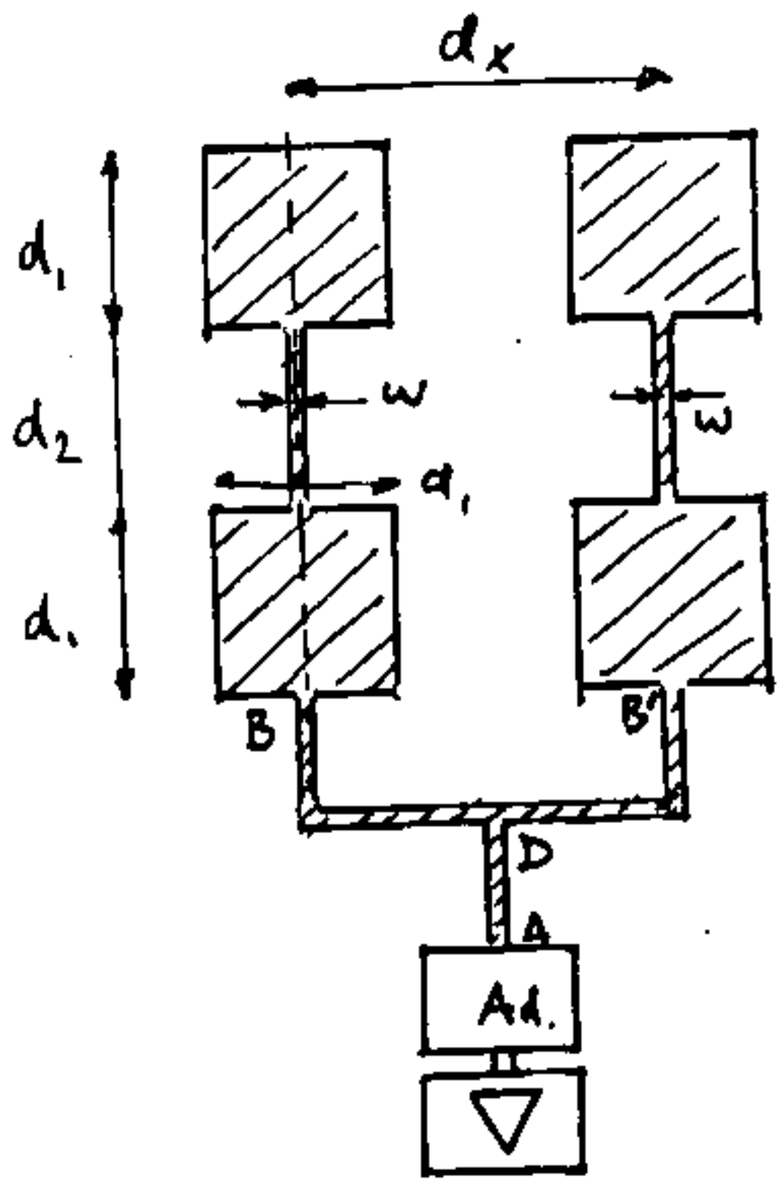


Fig. 2

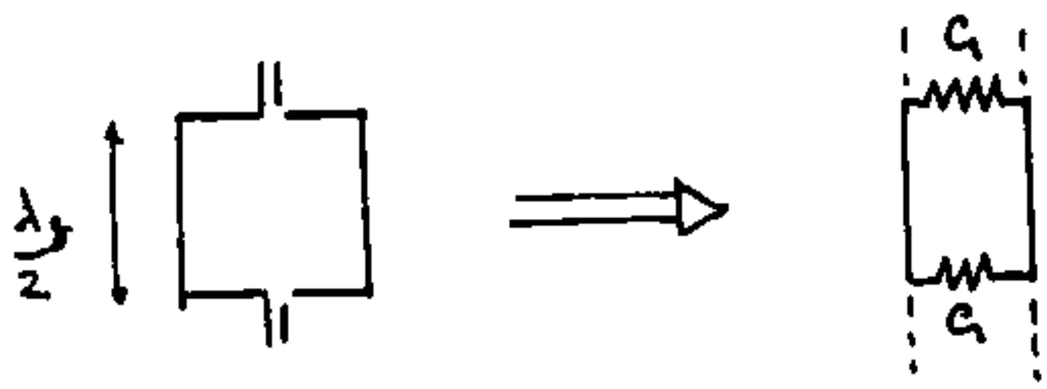


Fig. 3

. Impedenza caratteristica (Z_0).

Per $0 \leqslant w/b \leqslant 10$, le formule seguenti garantiscono un errore massimo di $\pm 0{,}25\,\%$:

$$Z_0 = 60 \ln\left(\frac{8b}{w} + \frac{w}{4b}\right) [\Omega] \,, \qquad \frac{w}{b} \leqslant 1$$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\dfrac{w}{b} + 2.42 - 0.44\dfrac{b}{w} + \left(1 - \dfrac{b}{w}\right)^6} [\Omega] \,, \qquad \frac{w}{b} \geqslant 1$$

L'andamento di Z_0 in funzione di w/b secondo le formule precedenti è diagrammato in fig. 1.32.

Nel caso di $w/b \gtrless 1$ valgono le approssimazioni seguenti, con un errore di $\pm 1\,\%$

$$Z_0 = 60 \ln \frac{8b}{w} [\Omega] \,, \qquad w \ll b$$

$$Z_0 = \frac{120\pi b}{w} [\Omega] \,, \qquad w \gg b$$

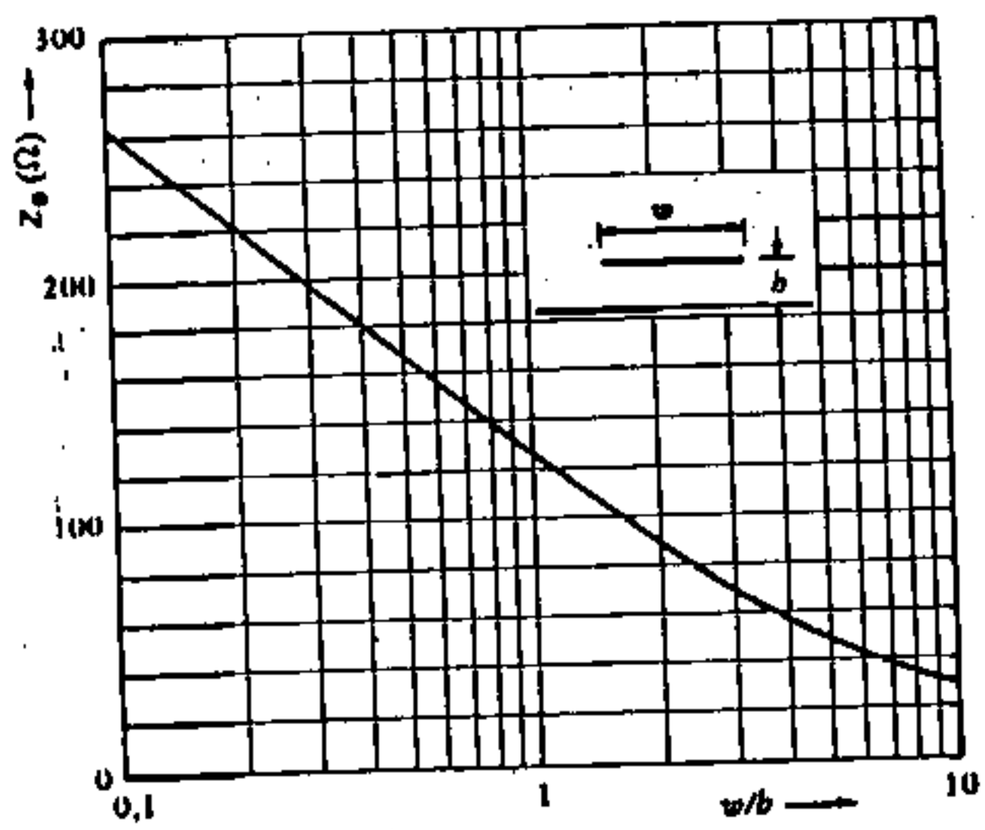
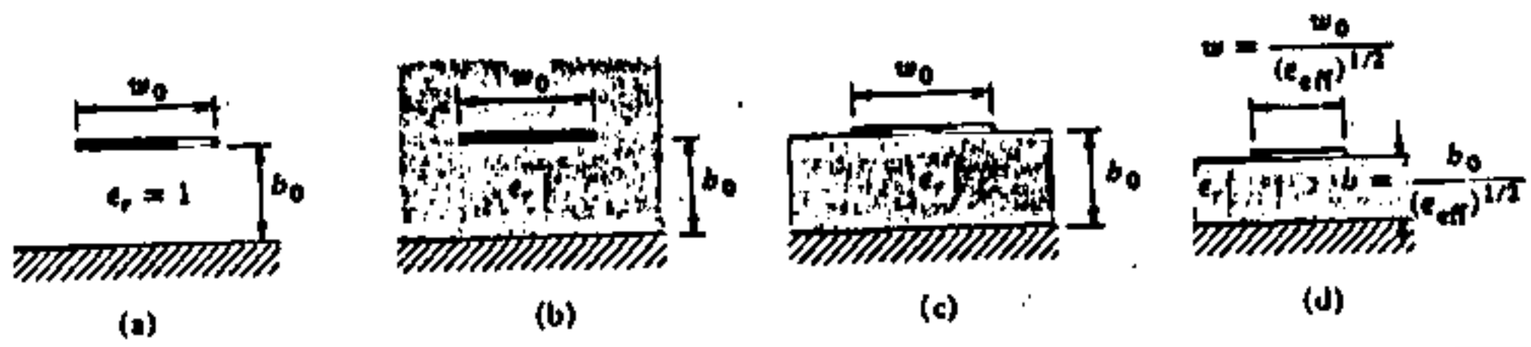


Fig. 1.32 - Andamento dell'impedenza caratteristica, in funzione di w/b, per la struttura ideale di microstriscia sospesa.

Le caratteristiche delle microstriscie di impiego comune vengono calcolate a partire dalla struttura ideale già descritta, introducendo una costante dielettrica modificata ϵ_{eff}, secondo la tabella di fig. 1.35.



Z_0	$Z_m = \frac{Z_0}{(\epsilon_r)^{1/2}}$	$Z_m = \frac{Z_0}{(\epsilon_{eff})^{1/2}}$	$Z_m = \frac{Z_0}{(\epsilon_{eff})^{1/2}}$
λ_0	$\lambda = \frac{\lambda_0}{(\epsilon_r)^{1/2}}$	$\lambda = \frac{\lambda_0}{(\epsilon_{eff})^{1/2}}$	$\lambda = \frac{\lambda_0}{(\epsilon_{eff})^{1/2}}$
α_0	$\alpha = (\epsilon_r)^{1/2}\alpha_0$	$\alpha = (\epsilon_{eff})^{1/2}\alpha_0$	$\alpha = \epsilon_{eff}\,\alpha_0$

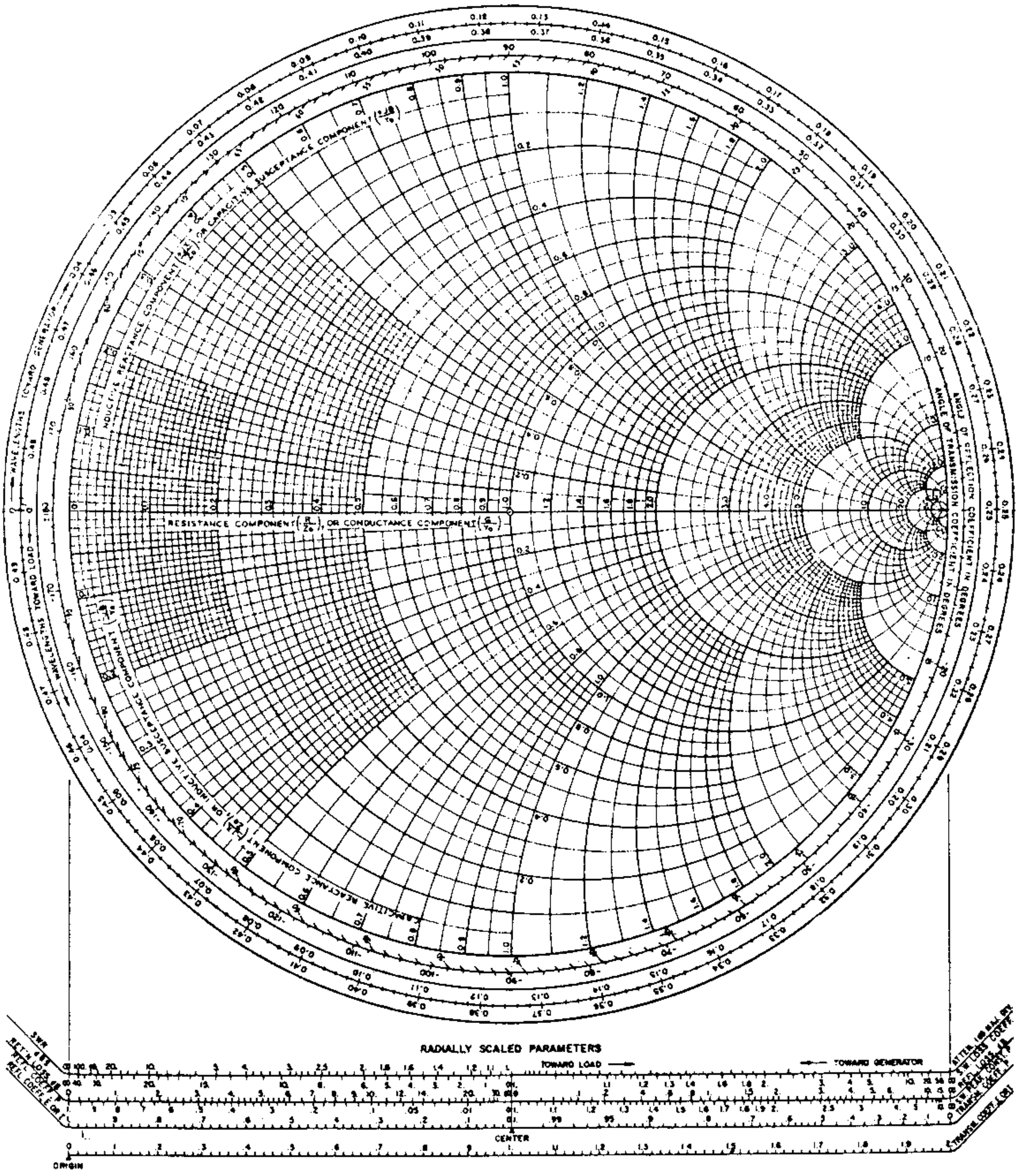
Fig. 1.35 - Caratteristiche delle strutture reali determinate in funzione della struttura ideale (a). Riducendo in proporzione le dimensioni (caso d) si mantiene lo stesso valore di Z_m, ma aumenta l'attenuazione.

La costante ϵ_{eff} dipende da ϵ_r e dalle dimensioni della microstriscia secondo la relazione (con errore massimo di $\pm 2\,\%$)

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2}\left(1 + \frac{10b}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

NAME	TITLE	DWG. NO. A
SMITH CHART FORM 82-85PR (9-66)	RAY ELECTRIC COMPANY, PINE BROOK, N.J. © 1966. PRINTED IN U.S.A.	DATE

IMPEDANCE OR ADMITTANCE COORDINATES



A MEGA-CHART