

CALCOLIAMO INSIEME UN'ANTENNA «GROUND PLANE»

Angelo Barone

Ground Plane

È un'antenna a polarizzazione verticale, costituita da un radiatore verticale lungo un quarto di lunghezza d'onda, innalzantesi su un piano di terra «riportato», cioè «artificiale» (figura 1), costituito dai quattro radiali orizzontali.

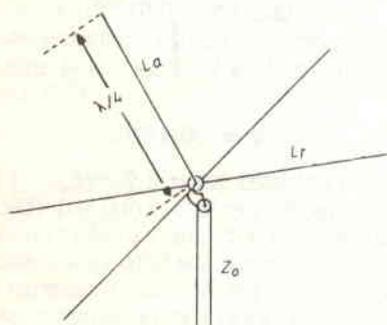


figura 1 - Antenna Ground Plane.

Continuano a pervenirmi per lettera o via radio vari quesiti relativi alla costruzione della «ground plane», specie per VHF.

Sul mio «Manuale delle Antenne» alcuni punti sono rimasti privi, purtroppo, di «errata corrige», in particolare al paragrafo 5 c. Farò allora solo alcune considerazioni di carattere generale e passerò subito ai calcoli, usando una maniera semplice di dizione, in modo che il discorso risulti più comprensibile per tutte quelle persone non molto esperte in questo campo specifico.

Aggiungerò alla fine i listati di alcuni calcoli essenziali, ottenuti con il Microcomputer Z80-56K RAM con NE-DOS più GRAFIC autocostruito.

È un'antenna omnidirezionale, avente un basso angolo di radiazione, quindi ottima per i DX (collegamenti a grande distanza).

Poiché i radiali orizzontali costituiscono una terra riportata artificialmente, la distanza reale della base dell'antenna dalle opere in muratura non ha molta importanza, purché non ci siano oggetti metallici o superfici riflettenti nelle immediate vicinanze del radiatore verticale.

Variabili introdotte:

- La** = lunghezza stilo verticale
- Lr** = lunghezza radiali orizzontali
- Za** = impedenza antenna
- Zo** = impedenza linea di alimentazione

Per ottenere le dimensioni dell'antenna, useremo la formula

$$La = Lr = \frac{300}{4 \cdot F} \quad (1)$$

dove F è la frequenza di lavoro espressa in MHz.

Con la (1) abbiamo ottenuto la lunghezza elettrica dell'antenna, che però differisce leggermente da quella fisica, in quanto bisogna tener conto delle dimensioni del conduttore usato, cosa questa che conduce al ridimensionamento degli elementi, dovendosi moltiplicare i valori ottenuti con la (1) per un fattore di accorciamento, detto K_a .

Questo fattore K_a è funzione del rapporto fra la lunghezza del conduttore usato e il diametro dello stesso considerati con la stessa unità di misura; esso è indicato dalla variabile M e si può calcolare con la formula che segue, per antenne monofilari a mezza onda (valevole anche per quelle a un quarto d'onda, ottenendosi questo dividendo per 2 il dipolo):

$$M = \frac{150000}{F \cdot D} \quad (2)$$

dove: F = frequenza in MHz

D = diametro del conduttore in mm.

Il fattore di accorciamento K_a , una volta noto M , si può ottenere velocemente mediante la tabella 1 di figura 2.

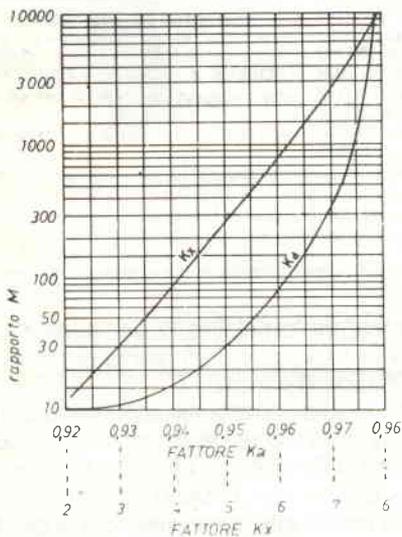


figura 2 - Tabella che serve a ricavare il fattore di accorciamento K_a .

Tuttavia occorre tener presente che anche la (R_r) resistenza di radiazione dell'antenna nello spazio libero, alla risonanza dell'elemento la cui lunghezza è stata corretta con il fattore K_a , è funzione della variabile M , come da tabella 2 di figura 3.

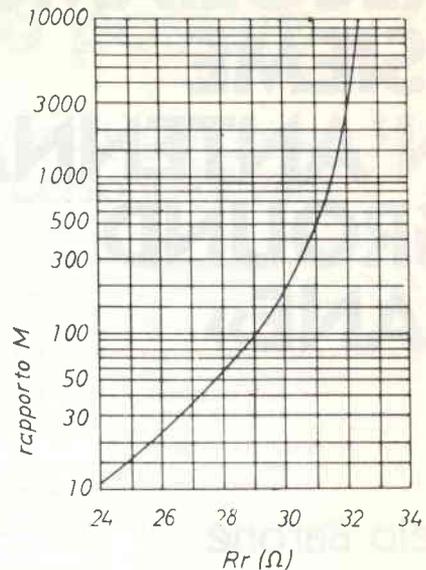


figura 3 - Tabella per il calcolo della resistenza di radiazione in funzione del rapporto M .

Esempio n 1 Si voglia calcolare la lunghezza fisica di un quarto d'onda per la frequenza di 145 MHz. Conduttore: filo rigido in rame, ottone, acciaio inox, alluminio da 3 mm di diametro.

$$\text{Per la (1) avremo: } L_a = L_r = \frac{300}{145 \cdot 4} = m \, 0,517$$

$$\text{Per la (2) } M = \frac{150000}{F \cdot D} = \frac{150000}{145 \cdot 3} = 344$$

Per la (3), il fattore K_a corrispondente a 344 è 0,97. Quindi lo stilo sarà: $L_a = 0,517 \times 0,97 = m \, 0,501$.

In funzione della frequenza scelta nell'esempio e, quindi, del valore M , la R_r della nostra antenna sarà per la (4):

$$R_r = 30,6 \, \Omega$$

Abbiamo così visto come il valore di $m \, 0,517$ di cui alla (1) sia passato per la (3) a $m \, 0,501$. Poiché (L_a) è stato accorciato, noi abbiamo introdotto una reattanza capacitiva X_c , e questo ha fatto variare anche la R_r .

Chiameremo con R_o la nuova resistenza di radiazione dell'antenna dopo l'accorciamento; sappiamo che Z_o indica l'impedenza della linea di alimentazione e indichiamo con X_a la reattanza capacitiva dell'antenna accorciata. Avremo allora:

$$R_o = R_r - \frac{Z_o}{4 \cdot R_r} \quad (5)$$

Esempio n 2

Sostituendo i valori noti nella (5), avremo:

$$R_o = 30,6 - \frac{52}{30,6 \cdot 4} = 30,6 - \frac{52}{122,4} = 30,6 - 0,4 = 30,2 \Omega$$

La nuova misura ottenuta nell'esempio n 2 ci fa notare che dopo l'accorciamento l'antenna presenta una reattanza capacitiva X_a tale che

$$X_a = S \cdot R_o \Omega \quad (6)$$

dove:
$$S = \sqrt{\frac{Z_o}{R_o}} - 1 \quad (7)$$

Esempio n 3

Sostituendo nella (7) i valori già noti avremo:

$$S = \sqrt{\frac{52}{30,2}} - 1 = 0,8$$

e pertanto, sempre per la frequenza scelta, avremo per la (6):

$$X_a = 0,8 \cdot 30,2 = 24,16 \Omega$$

Ora, ad ogni 1% di cambiamento in lunghezza dell'antenna, corrisponde un cambiamento di reattanza K_x , in ohm, ottenibile sempre mediante la tabella 1, rigo inferiore, relativo a K_x . (8)

Esempio n 4

Nel nostro caso, essendo $K_a = 0,97$, il cambiamento in lunghezza dell'antenna è stato del 3%, e quindi per la (8) avremo:

$$K_x = 5,2; \quad 5,2 \cdot 3 = 15,6 \Omega$$

La reattanza finale dell'antenna, indicata da K_b sarà allora:

$$K_b = 1 - \frac{X_a}{100 \cdot K_x} \quad (9)$$

Esempio n 5

Sostituendo i valori noti, avremo:

$$K_b = 1 - \frac{24,16}{100 \cdot 15,6} = 1 - \frac{24,16}{1560} = 1 - 0,015 = 0,985$$

A questo punto possiamo calcolare la lunghezza (L_a) dell'antenna avente la giusta reattanza, per mezzo della formula

$$L_a = \frac{7500 \cdot K_a \cdot K_b}{F} \quad (10)$$

Esempio n 6

$$L_a = \frac{7500 \cdot K_a \cdot K_b}{145} = \frac{7500 \cdot 0,97 \cdot 0,98}{145} \text{ (arroton.)} = 49,1 \text{ cm}$$

Poiché $0,97 \times 0,98 = 0,95$ possiamo, senza fare tutti i precedenti calcoli, una volta stabilita la frequenza VHF e il diametro del conduttore (nel solo caso di 145 MHz e 3 mm) applicare la formula

$$L_a = \frac{\lambda \cdot 0,95}{4} \quad (11)$$

per avere la lunghezza esatta dello stilo verticale.

Per i radiali basta farli il 5% più lunghi, quindi essi saranno esattamente $\frac{\lambda}{4}$, sempre che si usi il

medesimo conduttore.

L'antenna ora calcolata **dovrebbe** risuonare alla frequenza di 145 MHz e comportarsi da resistenza pura. Anche se verifichiamo questo, abbiamo però visto che la sua impedenza di radiazione (R_r) è di 30,2 Ω e questa non si adatta a quella della linea di alimentazione Z_o che, essendo un cavo RG 8/U, è di 52 Ω .

Occorre adattare l'impedenza dell'antenna, non potendo cambiare quella della linea. Questo si può fare in **tre modi**.

1. Compensando la reattanza capacitiva con l'inserire alla base dello stilo verticale una reattanza induttiva X_l del medesimo valore, in modo da cancellarla, realizzabile con una bobina, e che si ottiene con la formula

$$L = \frac{X_l}{6,28 \cdot F} \quad (12)$$

In cui L = induttanza in microhenry ed F la frequenza in MHz

X_l = un valore uguale alla X_c da compensare.

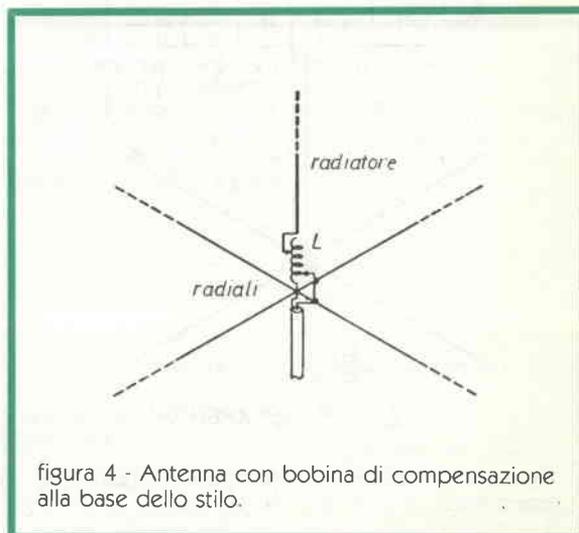


figura 4 - Antenna con bobina di compensazione alla base dello stilo.

2. Connettendo ad una certa distanza dall'antenna un pezzo di cavo «adattatore d'impedenza», aperto alla estremità (open stub, in inglese) ottenibile mediante la formula

$$L_s = \frac{83 \cdot V \cdot L}{F} \quad (13)$$

in cui:

L_s = lunghezza dell'adattatore (stub)

V = fattore di velocità del cavo (per l'RG 8/U=0,66)

L = lunghezza stub in gradi elettrici, relativamente alla XI

Ora, i gradi elettrici relativi alla $XI = X_c$ corrispondono all'angolo la cui tangente è data da

$$\text{Gradi elettrici} = \frac{X_s}{Z_o} \quad (14)$$

in cui: X_s è l'impedenza dell'adattatore e Z_o è già nota.

Esempio n 7

Nel nostro caso, essendo la reattanza da compensare di 24Ω , avremo:

Gradi elettrici = $TAN (X_s/Z_o) = TAN (24/52) = 28^\circ$
Di conseguenza, per la (13) e la (14) avremo

$$L_s = \frac{83 \cdot V \cdot L}{F} = \frac{83 \cdot 0,66 \cdot 28^\circ}{145} = 10,5 \text{ cm}$$

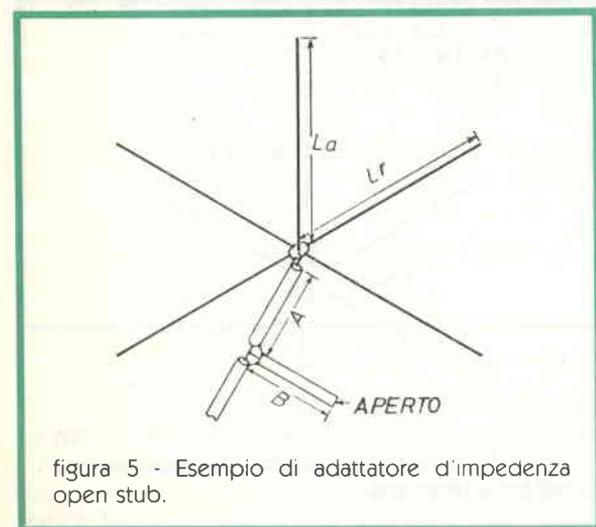
Sapere la lunghezza dell'adattatore però, non basta. Occorre anche conoscere a quale distanza dal carico (l'antenna) deve essere posto.

Pertanto, osservando bene la figura 5 occorre conoscere: A, B, nonché le distanze in frazione di λ .

Le formule da tener presente sono le seguenti:

$$\text{Gradi elettrici} = 360^\circ \cdot \lambda f \text{ (fraz. di } \lambda) \quad (15)$$

$$A \text{ (in cm)} = \frac{30022 \cdot V}{F} \cdot \lambda f \quad (16)$$



$$B \text{ (in cm)} = \frac{30022 \cdot V}{F} \cdot \lambda f \quad (17)$$

dove V è il fattore di velocità del cavo usato e viene fornito dalla ditta costruttrice.

Esempio n 8

Per le (13) (14) (15) (16) e (17) avremo:

$$\lambda f = \frac{\text{gradi el.}}{360^\circ} = \frac{28^\circ/360^\circ}{1} = 0,077$$

$$A \text{ (in cm)} = \frac{30022 \cdot 0,077 \cdot 0,66}{145} = 10,5$$

$$B \text{ (in cm)} = \frac{30022 \cdot 0,077 \cdot 0,66}{145} = 10,5$$

Come fare il collegamento? Vedere il disegno di figura 6 nella speranza che sia chiaro:

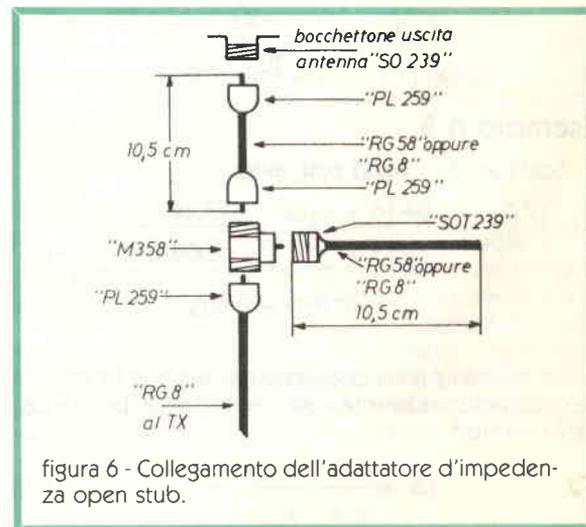
3. Inclinando i radiali a 135° rispetto al radiatore verticale, come da figura 7.

Io uso quest'ultimo sistema risparmiando due PL 259, un SOT 239, un connettore a T tipo M358, più le perdite d'inserzione, però tenendo presente la frequenza dell'esempio, cioè 145 MHz.

Per le frequenze di 28 MHz, 27 MHz, 14,2 MHz e 21,5 MHz, la soluzione n. 2 è la migliore.

Seguono i vari listati, sui quali grava il diritto di copyright, essendo stati pensati ed elaborati dallo scrivente.

Poiché la mia modesta cultura in questo campo si è fatta assieme agli OM e per mezzo degli OM, diventando autocultura, ora posso mettere le mie modeste conoscenze, a servizio degli altri OM affinché il ciclo ricominci (ad età matura comincio a sentire davvero intellettualmente ed emotivamente, l'essenza della filosofia post-kantiana).



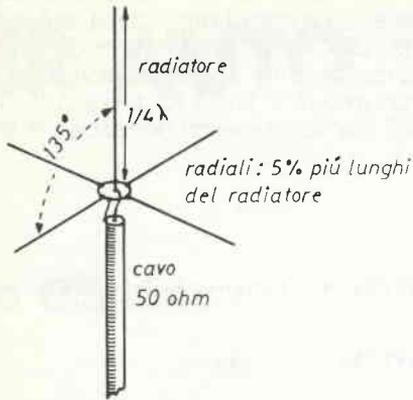


figura 7 - G.P. con radiali a 135°.

AVVERTENZE: Nel listato n. 4 alla linea 210 il fattore K_a è stato battuto soltanto K perché alcuni calcolatori non hanno il minuscolo. (Lo stesso dicasi per **XS** e **ZS** nel listato n. 1)

— alla linea 230 mettere al posto di 0,66 il valore d'impedenza del cavo usato, se diverso da quelli citati sopra.
— se il calcolatore non è quello da me usato, omettere la linea 220 e alla 250 scrivere soltanto PRINT L.
— se non si ha l'alta risoluzione saltare le linee da 20 a 120

— mutare le istruzioni PRINT G numero, con la istruzione PRINT AT se non si possiede la precedente istruzione.
Buon lavoro. 17ABA

Listato n 1

Una volta caricato il programma e battuto RETURN, dopo aver scritto RUN, sul monitor appare la domanda:
Calcolatore: Valore reattanza da compensare?

Operatore: Introdurre il numero e battere RETURN

Calcolatore: Valore impedenza del cavo?

Operatore: Introdurre il numero e battere RETURN.

Sul video appare il valore dei gradi elettrici.

```

10 CLS
20 PRINT@84,:REVDN:PRINT"Gradi elettrici in funzione della Xs da compensare"::R
EVDOFF
30 PRINT@164,:PRINT:PRINT:INPUT"Valore reattanza da compensare---":XS
40 INPUT"Valore della impedenza del cavo--":ZS
50 R#=TAN(XS/ZS)
60 G#=R#*180/PI
70 PRINT INT(G#)

```

Listato n 2

Una volta caricato il programma, scrivere RUN e battere RETURN.

Sul video appare, in alta risoluzione, la **TABELLA** di conversione da gradi (sinistra) a frazione di lunghezza d'onda (sotto), con intervallo di 45° a cominciare da 0.

Questa **TABELLA** è per una veduta d'insieme; per un approccio più preciso, usare il listato n. 3.

```

5 MODE 16:CLS:CURSOR OFF
10 SETLINE(0,32)-(0,160)
30 SETLINE(12,32)-(12,160)
40 SETLINE(24,32)-(24,160)
50 SETLINE(36,32)-(36,160)
60 SETLINE(48,32)-(48,160)
70 SETLINE(60,32)-(60,160)
80 SETLINE(72,32)-(72,160)
90 SETLINE(84,32)-(84,160)
100 SETLINE(96,32)-(96,160)
110 SETLINE(0,32)-(96,32)
120 SETLINE(0,48)-(96,48)
130 SETLINE(0,64)-(96,64)
140 SETLINE(0,80)-(96,80)
150 SETLINE(0,96)-(96,96)
160 SETLINE(0,112)-(96,112)
170 SETLINE(0,128)-(96,128)
180 SETLINE(0,144)-(96,144)
190 SETLINE(0,160)-(96,160)
200 SETLINE(96,32)-(0,160)
210 PRINT@0,"360 ";
220 PRINT@160,"315 G";
230 PRINT@320,"270 R";
240 PRINT@480,"225 A";
250 PRINT@640,"180 D";
260 PRINT@800,"135 I";
270 PRINT@960,"90 ";
280 PRINT@1120,"45 ";
290 PRINT@1280,"0 ";
300 PRINT@1451,"1/8";
310 PRINT@1455,"1/4";
320 PRINT@1459,"3/8";
330 PRINT@1463,"1/2";
340 PRINT@1467,"5/8";
350 PRINT@1471,"3/4";
360 PRINT@1475,"7/8";
370 PRINT@1480,CHR$(249)
380 PRINT@1520,:REVDN:PRINT"CONVERSIONE
DA GRAD: ELETTRICI A FRAZIONE
DI "":PRI
NTCHR$(249)::REVDFF

```

```

10 CLS
20 DIM A(16), B(16)
30 FOR J=1TO16
40 READ A(J),B(J):NEXT
50 FOR K=1TO15: M=0
60 FOR J=KTO16
70 IF B(J) <= M THEN 90
80 M=B(J):L=J
90 NEXT J
100 B(L)=B(K):B(K)=M
110 A1=A(L):A(L)=A(K):A(K)=A1
120 NEXT K
130 CLS
140 PRINT"Tabella di conversione gradi in frazione di lunghezza d'onda"
150 PRINT
160 PRINT"GRADI":
170 PRINT TAB(14):"FRAZ.di "":PRINTCHR$(249):PRINT
180 FOR J=1TO16
190 PRINT A(J):TAB(14):B(J):NEXT J
200 END
210 DATA0,0,5,.0138,10,.0276,15,.0416,20,.0555,25,.0694,30,.0833,35,.0972,40,.1
111,45,.125,90,.25,135,.375,180,.5,225,.625,270,.75,315,.875

```

Listato n 3

Dopo aver caricato il programma, scrivere RUN e battere RETURN. Dopo qualche secondo si ottengono sul video due colonne: a sinistra i valori in gradi elettrici con intervallo di 5° fino a 45° e poi di 45° in 45° fino a 360° e a destra i valori di frazione di lambda.

Listato n 4

Una volta caricato il programma, scrivere RUN e battere RETURN.

```

10 CLS:MODE16
20 SETLINE(0,120)-(40,120)
30 REVON:PRINT@84,"Ground Plane":;REVDFF
40 SETLINE(24,164)-(40,120)
50 SETLINE(24,78)-(40,120)
60 SETLINE(56,78)-(40,120)
70 SETLINE(40,120)-(56,164)
80 PRINT@112,"(-----Stilo verticale":
90 PRINT@680,"(-----Radiali":
100 SETLINE(40,120)-(84,120):SETLINE(84,120)-(84,78)
110 PRINT@1152,"(-----Cavo alimentazione":
120 REM QUESTO PROGRAMMA FORNISCE I DATI PER COSTRUIRE UN'ANTENNA DI TIPO
130 REM---GROUND PLANE---PER FREQUENZE VHF
140 REM LA ELABORAZIONE E' DEL DOTT.ANGELO BARONE, I7ABA, AL QUALE SPETTANO
150 REM TUTTI I DIRITTI DI COPYRIGHT; NE POSSONO BENEFICIARE TUTTI I RADIO-
160 REM AMATORI CUI E' DEDICATA, NONCHE' GLI ALTRI INTERESSATI A SCOPO DIDAT-
170 REM TICO.
180 REM "F=Frequenza in MHz; C=Velocita' della luce in migliaia di Km;
L(lambda)=Lunghezza d'onda in metri;AC=adattatore a 1/4 oppure a 1/2 onda"
190 REM "Ka=Fattore di accorciamento degli elementi corrispondente al rapporto
lunghezza/diametro del conduttore usato (LC in metri D in mm)
200 K=95/100
210 L$=CHR$(249)
220 PRINT@1120,: INPUT"Frequenza in MHz=":F
230 C=300: L=C/F: AC=C/F*0.66
240 PRINTL$::PRINT"="::PRINTL
250 PRINT "Lunghezza stilo verticale=":L*0.25*K
260 PRINT "Lunghezza radiali =" :L *0.262*K
270 PRINT "Lunghezza adattatore coassiale 1/4 d'onda=":AC*0.25
280 PRINT "Lunghezza adattatore coassiale 1/2 onda =" :AC*0.50:PRINT
290 PRINT"Vuoi calcolare un'altra antenna (rispondi: s/n)":;INPUT A$
300 IF A$="s" THEN GOTO 10
310 IF A$="n" THEN REVON :PRINT@1680," ARRIVEDERCI e BUON LAVORO
":;REVDFF:WAIT 300:CLS
320 END

```

Sul video appare il disegno di una «Ground Plane» e sotto la domanda:

Calcolatore: Frequenza in MHz?

Operatore: Introdurre la frequenza di cui si vuole la «Ground Plane» e battere RETURN.

Sul video appaiono le misure del radiatore verticale, dei radiali, di un adattatore a 1/4 d'onda fatto con cavo coassiale RG 8, RG 58, RG 11, RG 59, di un adattatore a 1/2 onda fatto con i medesimi cavi.