

# ANTENNA PATCH PER 1296 MHZ

Carlo Vignali I4VIL

Dal Bollettino *ADN - Antenna Ducale News* 1 / 2001  
della Sezione ARI di Parma

Le antenne microstrip trovano applicazione per il loro basso profilo, minimo ingombro, per la facilità di ottenere polarizzazione circolare, per il basso costo e per la facilità di architettare arrays con lobi di radiazione particolari. La banda utile è, però, abbastanza limitata. Se usata in trasmissione la potenza applicabile è limitata principalmente dalla qualità e dimensioni del dielettrico.

L'antenna è costituita da un elemento conduttore piano di opportuna forma (circolare o quadrata) e dimensione (legata alla frequenza di lavoro ed al modo) posto su un sottile strato dielettrico la cui altra faccia si adagia su un piano metallico (piano di terra).

Un antenna microstrip di forma circolare, di raggio  $a$ , posta su un dielettrico con costante dielettrica relativa  $\epsilon_r$ , a distanza  $h$  dal piano di terra può essere eccitata in vari modi. Nel modo fondamentale  $TM_{110}$  produce un lobo di radiazione "broadside", mentre nei modi superiori il lobo di radiazione è di forma conica con massimi attorno a 30-60 gradi dall'asse dell'antenna. Il modo è caratterizzato da tre indici interi, di cui solo uno può essere nullo. Il primo indice ( $n$ ) è legato alle variazioni del campo nella "cavità" dielettrica (volume compreso tra l'elemento conduttore ed il piano di terra) al variare dell'angolo  $\theta$ , mentre  $m$  è legato alle variazioni del campo con il raggio  $a$ ; il terzo è legato alla variazione del campo con l'altezza  $h$  della cavità. Nel caso delle antenne patch, con altezza  $h$  molto ridotta, il terzo indice è zero (nessuna variazione di campo lungo  $h$ ), e spesso non viene indicato.

La frequenza di risonanza di un radiatore circolare è data da:

$$f_{nm} = \frac{x_{nm} c}{2\pi a_{eff} (\epsilon_r)^{1/2}}$$

dove  $a_{eff}$  è il raggio efficace (che tiene conto degli effetti di bordo) e  $x_{nm}$  è l' $m^{\text{mo}}$  zero della derivata prima della funzione di Bessel di ordine  $n$ . Alcuni valori utili sono riportati nella tabella seguente.

	$TM_{11}$	$TM_{21}$	$TM_{31}$	$TM_{41}$
$x_{nm}$	1.841	3.054	4.201	5.317

Il raggio efficace del radiatore  $a_{eff}$ , che tiene conto degli effetti di bordo, è dato da (aprox. per  $a/h \gg 1$ ):

$$a_{eff} = a \left[ 1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r} \left( \ln \frac{\pi a}{2h} + 1.7726 \right) \right]^{1/2}$$

dove:  $a$  = raggio del radiatore [ cm ]  
 $h$  = spessore del dielettrico [ cm ]

L'antenna può essere alimentata direttamente con linea su circuito stampato oppure, come nell'esempio seguente, con cavo coassiale.

## ANTENNA PATCH IN ARIA

Se infatti non si usano dielettrici, per frequenze relativamente basse (Es. 1296 MHz), le dimensioni (raggio  $a$  e altezza  $h$ ) si mantengono molto ridotte e sono possibili semplici arrangiamenti nel circuito di alimentazione. La potenza applicabile è ben maggiore, non essendoci la limitazione dovuta alle forti perdite nel dielettrico. L'alimentazione, in questo caso, può comunque essere fatta in due modi: a) il cavo coassiale è portato al piano metallico di base, mentre il conduttore centrale prosegue dentro la cavità sino a raggiungere perpendicolarmente il disco radiante. La posizione è critica; siccome l'impedenza del disco cresce allontanandosi dal suo centro occorre trovare la posizione che non produca VSWR nel cavo di alimentazione. A meno di calcoli troppo complicati (vedi bibliografia), in genere si procede sperimentalmente e .....dopo un po' di tentativi ci si ritrova con il piano metallico di base pieno di fori .....

Nel secondo modo (b) il conduttore centrale del cavo prosegue dentro la cavità sino a raggiungere un piccolo dischetto posizionato tra il piano di base ed il radiatore. Il partitore capacitivo così costituito è facile da modificare (cambiando le dimensioni del dischetto o la sua posizione all'interno della cavità) e si può trovare un buon adattamento.

La polarizzazione dell'onda emessa è lineare col piano di polarizzazione che giace nel piano contenente il centro del disco radiante e ed il centro dell'iniettore.

Si possono usare anche due "iniettori", simmetrici rispetto al centro del disco e alimentati con sfasamento di 180°. Questa soluzione permette di cancellare l'eventuale radiazione spuria dovuta alla presenza di modi superiori (il più vicino è il  $TM_{21}$ ) che potrebbe alterare la simmetria del lobo di radiazione.

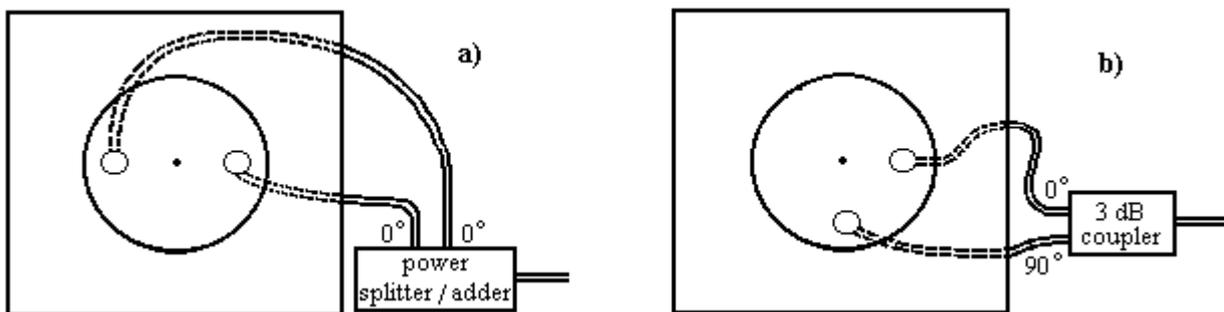
Lo sfasamento tra i due iniettori può essere ottenuto in vari modi, per esempio:

- 1) con Ibridi 180° e uguali lunghezze dei cavi di alimentazione degli iniettori. La potenza applicata alla porta differenza ( $\Delta$ ) dell'Ibrido si divide in parti uguali sulle due uscite con sfasamento di 180° tra loro.
- 2) con splitter 3 dB e cavi che differiscono di lunghezza per  $\lambda/2$  (in questo caso, dove la larghezza di banda è modesta, si può senz'altro definire la lunghezza d'onda media e calcolarsi le opportune lunghezze dei cavi).

I due iniettori potrebbero invece essere utilizzati per eccitare i modi superiori caratterizzati da lobi di radiazione più complessi (per il modo superiore  $TM_{21}$ , per esempio, occorre alimentare in fase i due iniettori, posti sempre in posizione opposta rispetto al centro del disco).

In questo caso si può usare l'Ibrido 180° con ingresso alla porta somma ( $\Sigma$ ) e uscite di uguale ampiezza ed in fase.

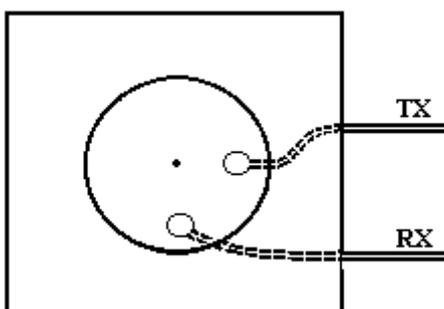
Con due "iniettori" posti a 90° l'uno dall'altro e alimentati con sfasamento  $\Delta\phi = 90^\circ$  si ottiene, invece, una polarizzazione circolare dell'onda emessa. Il comune accoppiatore 3 dB presenta due uscite con sfasamento proprio di 90° e può essere utilizzato per alimentare i due iniettori, in questo caso, con cavi di uguale lunghezza.



**Fig.1 - Esempi di antenna patch con due iniettori (per uso sia TX sia RX):**

- a) alimentazione con cavo attraverso Wilkinson splitter/adder. Con cavi di uguale lunghezza si eccita il modo  $TM_{21}$ . Per eccitare il modo fondamentale  $TM_{11}$  occorre utilizzare cavi la cui lunghezza differisca di  $\lambda/2$ .
- b) alimentazione di due iniettori posti su piani ortogonali per mezzo di accoppiatore 3 dB. Con cavi di uguale lunghezza si eccita la cavità nel modo fondamentale, ed essendo gli iniettori alimentati con sfasamento di 90° si ottiene un'antenna con polarizzazione circolare.

Nel modo fondamentale  $TM_{11}$  l'isolamento tra i due iniettori posti a 90° l'uno dall'altro è notevole tanto da poter alimentare lo stesso risonatore con due trasmettitori a frequenze differenti oppure utilizzarlo per ponte radio (ricezione e trasmissione). Le due polarizzazioni sono a 90° tra loro.

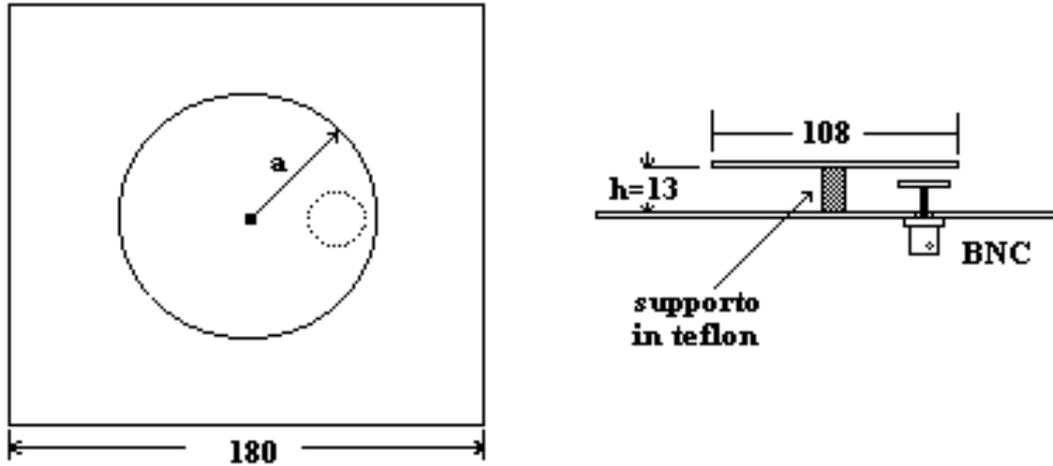


**Fig. 2 - Antenna patch con due iniettori. Può essere usata come unica antenna di un ponte radio. In questo caso un iniettore è collegato al trasmettitore e l'altro iniettore al ricevitore (con frequenze di lavoro diverse, ma all'interno della banda di funzionamento dell'antenna). Può essere usata con due trasmettitori (di bassa potenza), ognuno collegato a un iniettore. In questi casi si può contare su un isolamento tra le porte di circa 30 dB.**

Visto il buon isolamento osservato sperimentalmente tra due iniettori posti a  $90^\circ$  ( maggiore di 25 dB ), si è provato a costruire un'antenna per polarizzazione lineare con un solo iniettore , a tutto vantaggio della semplicità di costruzione.

**ESEMPIO :**

Usando iterativamente le equazioni precedenti si possono ottenere per una antenna da usarsi in banda 1296 MHz (modo fondamentale) le seguenti dimensioni: diametro disco radiatore = 108 mm , altezza dal piano metallico  $h=13$  mm , in aria ( $\epsilon_r=1$ ), dimensioni del piano di base almeno 180 x 180 mm ( questi ultimi valori non sono critici ) .



**Fig. 3 . Antenna patch con un solo iniettore e sue dimensioni per funzionamento con modo fondamentale  $TM_{11}$ , in aria, per frequenza 1296 MHz .**

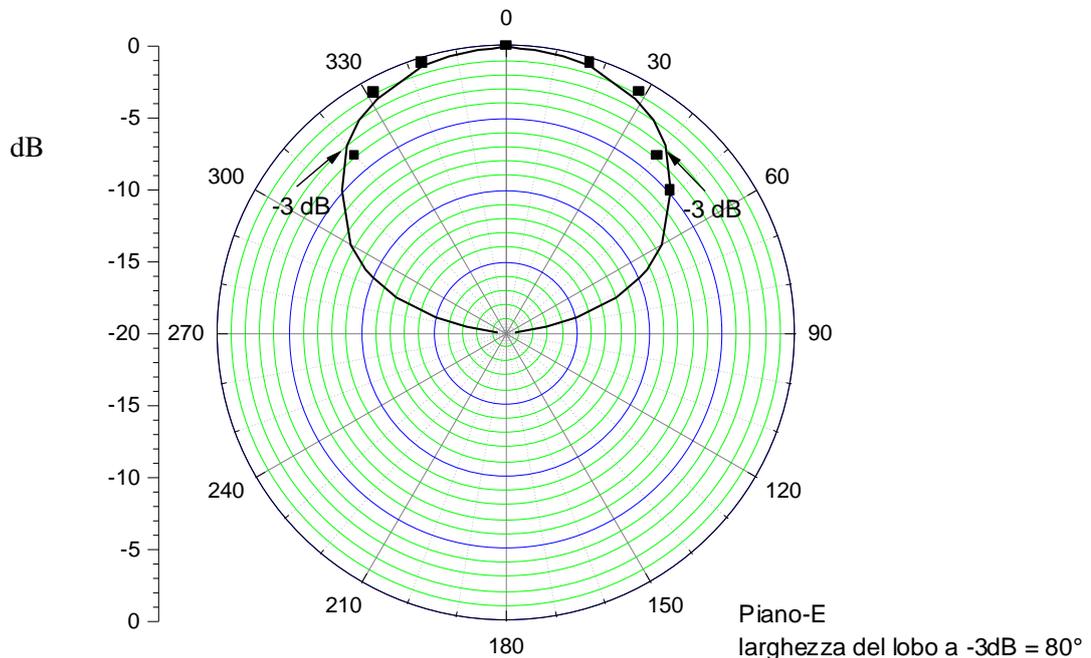
L'alimentazione è effettuata a mezzo dischetto capacitivo di diametro 22 mm posto a  $2/3$  dell'altezza  $h$  e a 40 mm dal centro del disco radiatore.

Questo dischetto è saldato direttamente sul pin del connettore BNC . Variando leggermente la sua posizione si può ottimizzare l'adattamento di impedenza. Per questo controllo occorre un accoppiatore direzionale o, almeno , un misuratore di R.O.S. adatto a queste frequenze.

La risposta in frequenza è : 1280-1300 MHz con  $VSWR < 1.3$  .

La presenza del dischetto e del conduttore dentro la cavità fa diminuire leggermente la frequenza di risonanza effettiva di circa 1% . Il calcolo valuta, infatti, la frequenza di risonanza in 1304 MHz.

L'antenna può essere utilizzata con polarizzazione verticale od orizzontale, basta ruotarla di  $90^\circ$  sul suo supporto. Il lobo di radiazione nel piano E ( piano che contiene il centro del radiatore ed il centro del dischetto di accoppiamento) è riportato nella figura seguente.



La curva è teorica (cavity model) - Sono stati riportati anche alcuni punti sperimentali.  
La larghezza del lobo a -3dB è di  $80^\circ$  nel piano E ed è abbastanza simile anche nel piano H . Il guadagno è di circa 8 dB<sub>i</sub> . Il rapporto fronte-retro è migliore di 18 dB.

## **CONCLUSIONI**

Vista la buona simmetria del lobo di radiazione si conferma la validità della scelta di un solo iniettore in questa applicazione con banda relativamente stretta..

E' senz'altro possibile utilizzare questa antenna come elemento di array per costruire antenne più complicate e ottenere maggiore guadagno.

Sono a disposizione per chiarimenti a tutti gli OM autocostruttori al mio indirizzo E-mail :  
carlo.vignali@unipr.it .

## **BIBLIOGRAFIA**

ANALYSIS, DESIGN, AND MEASUREMENT OF SMALL AND LOW-PROFILE ANTENNAS -  
*K.Hirasawa, M.Haneishi* - Artech House, 1992 .

ANTENNA THEORY - ANALYSIS AND DESIGN - *C.Balanis* - John Wiley & Sons, 1997 .