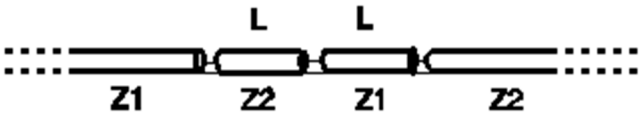
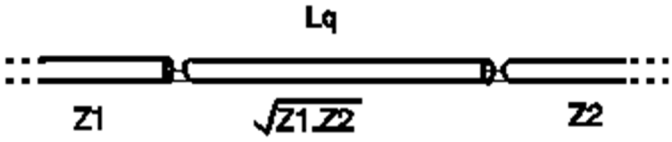
Il Trasformatore di Adattamento a un dodicesimo d'onda

di Darrel Emerson (Questo è un riassunto. Ultima modifica 25 maggio 1997). L'articolo completo è apparso in QST, Vol. 81, No. 6, giugno 1997, pp. 43-44, pubblicato dall'ARRL.

Il trasformatore a un dodicesimo d'onda è spesso un'alternativa più conveniente rispetto al più noto trasformatore a un quarto d'onda. Non è un concetto nuovo, essendo stato pubblicato per la prima volta nel 1961, ma è relativamente sconosciuto nei circoli di radioamatori.
Col trasformatore a un quarto d'onda, due impedenze Z_1e Z_2vengono adattate utilizzando un quarto d'onda di linea di trasmissione con impedenza caratteristica $\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$. Questo funziona bene, ma spesso richiede un'impedenza caratteristica non standard. Ad esempio, per adattare un carico da 50 ohm a un cavo da 75 ohm, un trasformatore a un quarto d'onda necessita di un tratto di cavo con impedenza caratteristica di 61,2 ohm.
Col trasformatore a un dodicesimo d'onda, invece, si usano due tratti di cavo in serie, ciascuno elettricamente vicino a un dodicesimo di lunghezza d'onda, ma con impedenze caratteristiche uguali alle due impedenze Z_1e Z_2 da adattare. Le figure sotto illustrano la differenza tra il trasformatore a un dodicesimo d'onda e quello a un quarto d'onda.



La figura sopra illustra il trasformatore a un dodicesimo d'onda. Per adattare le impedenze Z_1e Z_2, sono necessari due tratti di cavo, ciascuno di lunghezza L vicina a un dodicesimo di lunghezza d'onda elettrica. L'impedenza caratteristica del primo tratto è Z_1 e dell'altro è Z_2.



Come illustrato sopra, col trasformatore a un quarto d'onda è richiesto solo un cavo di adattamento, di lunghezza elettrica $L_q = \lambda/4$ ma molto spesso questa impedenza caratteristica non è standard.

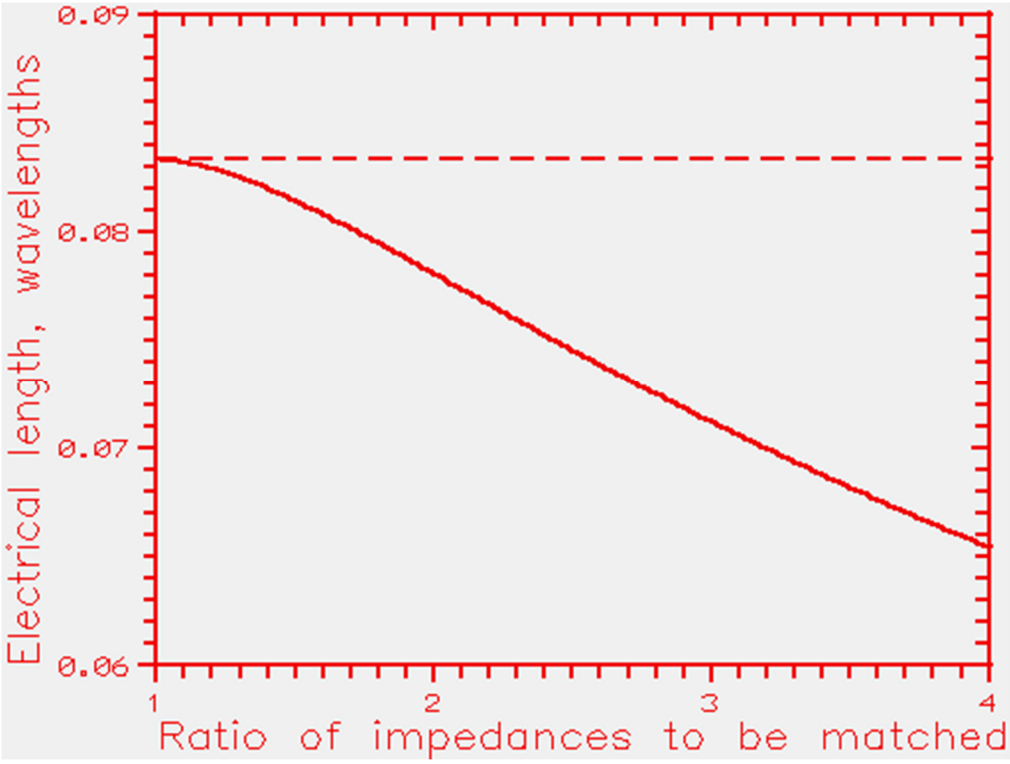
La lunghezza precisa di una sezione a un dodicesimo d'onda

Le lunghezze elettriche precise richieste nel trasformatore a un dodicesimo d'onda sono solo leggermente inferiori a un dodicesimo esatto. Quando si adattano le impedenze Z_1e Z_2, se $B = Z_1/Z_2$, allora la lunghezza elettrica precisa delle sezioni a "un dodicesimo d'onda" è data da:

$$L = \frac{\arctan\left(\sqrt{\frac{B}{B^2 + B + 1}}\right)}{2\pi}$$

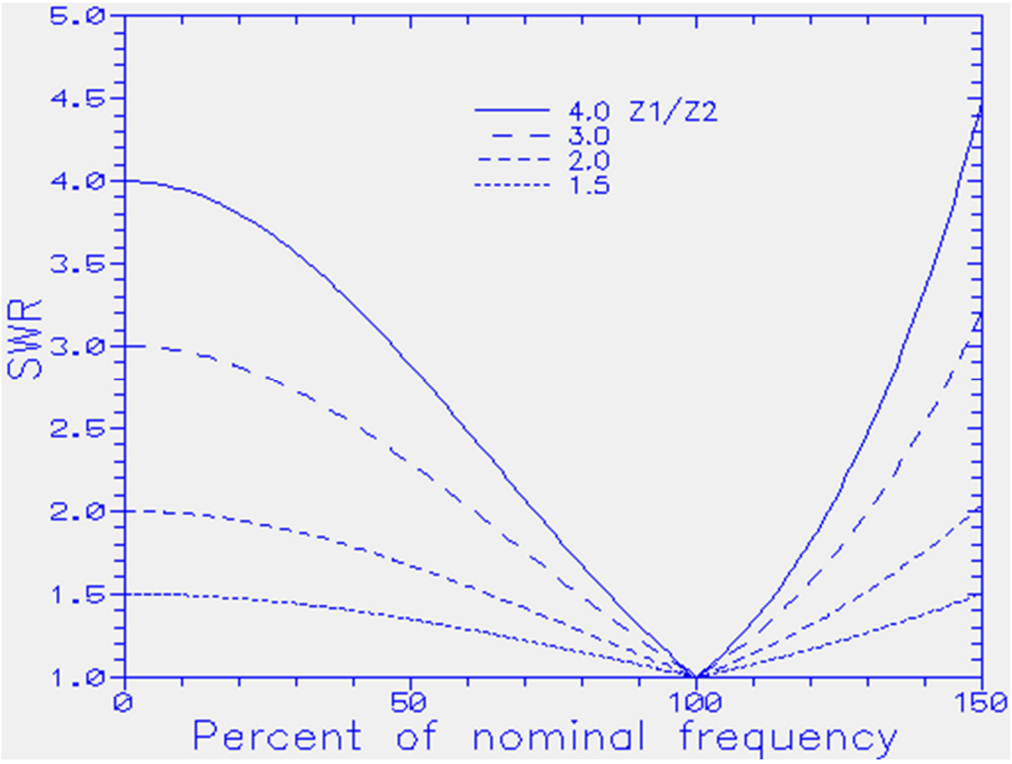
dove si assume che la funzione arco tangente restituisca un angolo in radianti. L è la lunghezza elettrica di ciascuna sezione di cavo di adattamento, misurata in lunghezze d'onda.

La lunghezza L è tracciata sotto come funzione del rapporto di adattamento di impedenza Z_1/Z_2. La linea tratteggiata orizzontale corrisponde a un dodicesimo esatto (0,0833333).



Banda passante

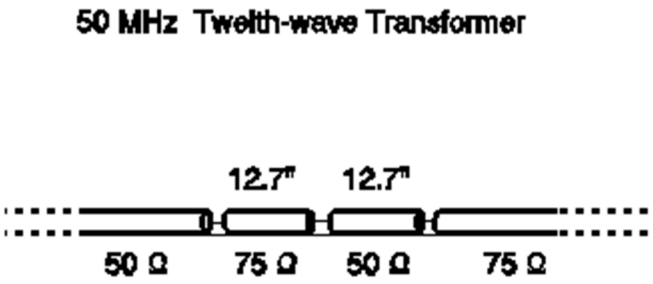
La larghezza di banda SWR del trasformatore a un dodicesimo d'onda è molto ampio ed è paragonabile a quella del trasformatore a un quarto d'onda. Il grafico sotto mostra l'SWR risultante in funzione della frequenza, dove un trasformatore a un dodicesimo d'onda è usato per adattare rapporti di impedenza Z_1/Z_2 di 1,5, 2, 3 e 4. L'asse delle frequenze si estende dalla corrente continua (D.C.) fino al 50% oltre la frequenza nominale di progetto.



Esempi:

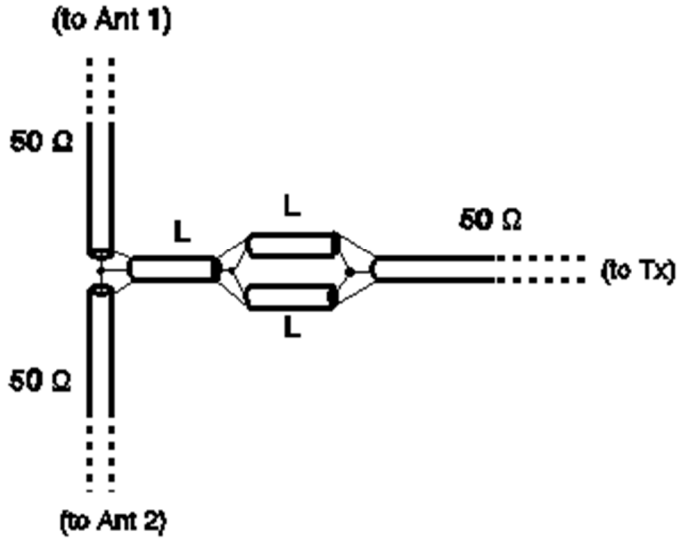
(1) Trasformatore di adattamento a un dodicesimo d'onda per 50 MHz

Un trasformatore per 50 MHz, che adatta 75 a 50 ohm:
dalla figura, o dall'equazione, la lunghezza richiesta della sezione di adattamento è 0,0815 lunghezze d'onda. A 50 MHz (= lunghezza d'onda di 6 metri) questo diventa 0,489 metri. Tenendo conto di un fattore di velocità di 0,66, la lunghezza fisica diventa 0,323 metri, ovvero 12,7 pollici. La figura sotto illustra il trasformatore completo.



(2) Adattamento di due impedenze Z_0 uguali, in parallelo, con un cavo d'impedenza Z_0

Supponiamo di voler adattare due elementi di un array sfasato, alimentati individualmente da un cavo da 50 ohm. Collegando lei due alimentazioni in parallelo si ottiene un'impedenza combinata di 25 ohm.
Per adattare questa impedenza di 25 ohm a un cavo convenzionale da 50 ohm, servono un tratto da 50 ohm e un tratto da 25 ohm. Il tratto da 25 ohm può essere costruito mettendo due tratti da 50 ohm in parallelo. La figura sotto mostra la disposizione generale.



Nella figura sopra, poiché stiamo adattando un rapporto di impedenza di 2:1, ciascuna lunghezza L è (dall'equazione sopra o dalla figura che dà la lunghezza richiesta della sezione di adattamento per un dato rapporto di trasformazione) 0,0781 lunghezze d'onda. Se questo fosse usato a 28 MHz (10,7 metri) la lunghezza diventerebbe 0,836 metri. Tenendo conto di un fattore di velocità di 0,66, questo diventa una lunghezza fisica di 0,552 metri, ovvero 21,7 pollici. Tutte le lunghezze L sarebbero di 21,7 pollici, e tutti i cavi avrebbero la stessa impedenza caratteristica (ad esempio 50 ohm).
Si noti che questo è un metodo perfettamente generale per risolvere il problema di adattamento mettendo N alimentazioni, ciascuno di impedenza Z_0, in parallelo. Le impedenze richieste delle sezioni di adattamento sono Z_0 e Z_0/N. È sempre possibile realizzare un'alimentazione con impedenza caratteristica Z_0/N semplicemente mettendo N sezioni di impedenza Z_0in parallelo.

Riferimenti
Sebbene relativamente sconosciuto nei circoli di radioamatori, il trasformatore a un dodicesimo d'onda fu descritto per la prima volta nel 1961, quando era in uso per adattare componenti a 200 MHz presso l'acceleratore del CERN.

Vedi: "A Convenient Transformer for Matching Coaxial Lines" di B. Bramham, in *Electronic Engineering*, Vol. 33, pp. 42-44, Gennaio 1961.