

I QUADERNI DELLA RADIO

a cura di NERIO NERI I4NE

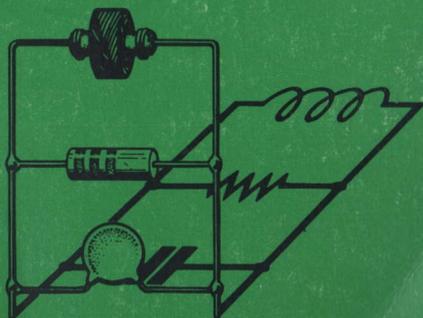
# RCL: i componenti in pratica

3

con la collaborazione di Marino Miceli I4SN  
materiale è stato tratto da Radio Rivista



realizzato sotto l'egida della  
Associazione Radiotecnica Italiana





# RESISTORI

## LE RESISTENZE IN PRATICA

### Resistenze a filo

Sono realizzate avvolgendo del filo di nichelcromo (o costantana, per tipi di miglior precisione) su un supporto in ceramica o in fibra di vetro; il tutto viene poi verniciato con opportune lacche protettive, o annegato entro una cassetina ceramica mediante speciali cementi.

La gamma di valori disponibili va da  $0,1 \Omega$  a qualche decina di  $k\Omega$ , con possibilità di dissipazione da 1 a circa 20 W (ci si riferisce naturalmente ai tipi di più normale uso).

### Resistenza a impasto

Consistono in un cilindretto di carbone impastato con resina fenolica e stampato, a sua volta racchiuso in altro cilindretto isolante.

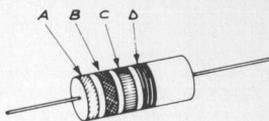
La gamma di valori normali va da  $10 \Omega$  a  $22 M\Omega$ ; si trovano però anche i valori da  $1$  a  $10 \Omega$ .

Vengono realizzate per potenze da  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 e 2 W.

### Resistenze a strato

Si realizzano depositando (a spirale) una sottile pellicola di materiale resistivo, in genere carbone (o grafite) per i tipi più normali (si usano anche degli ossidi metallici per tipi ad alta stabilità) su un cilindretto ceramico, che poi viene verniciato con lacca protettiva.

Per i valori e le potenze vale in pratica quanto detto per il tipo a impasto.



## VALORI E TOLLERANZE

Sulle resistenze a impasto ed a strato, è ormai norma generale indicare il valore con striscie di colore. Salvo sui tipi di particolare pregio, tali bande di colore sono quattro, e si cominciano a leggere dall'estremo del cilindretto cui sono più vicine.

Le prime due striscie sono le cifre significative, la terza è il moltiplicatore, (\*) la quarta è la tolleranza o precisione (se essa manca, è segno che il valore di resistenza ha una tolleranza di  $\pm 20\%$ ).

Colore	Cifre significative (AB)	Moltiplicatore decimale (C)	Tolleranza % (D)
NERO	0	$1(10^0)$	
MARRONE	1	$10(10^1)$	
ROSSO	2	$100(10^2)$	
ARANCIO	3	$1000(10^3)$	
GIALLO	4	$10^4$	
VERDE	5	$10^5$	
AZZURRO	6	$10^6$	
VIOLETTA	7	$10^7$	
GRIGIO	8	$10^8$	
BIANCO	9	$10^9$	
ORO	—	0,1	$\pm 5$
ARGENTO	—	—	$\pm 10$

La lista dei valori secondo cui vengono realizzate le resistenze è data nella tabella che segue in funzione della tolleranza di fabbricazione.

Valori standard di resistenza (e relativi multipli e sottomultipli)		
$\pm 20\%$ senza D	$\pm 10\%$ D = argento	$\pm 5\%$ D = oro
10	10	10
		11
		12
		13
		16
15	15	15
		18
		20
22	22	22
		24
		27
		30
		33
33	33	33
		36
		39
47	47	47
		51
		56
		62
		68
68	68	68
		75
		82
	82	91

Le resistenze a filo vengono più normalmente realizzate con tolleranza 20%, ma anche il 10% è abituale (possono però essere realizzate con precisioni elevatissime). Le resistenze a impasto sono normalmente al 10%, ma si possono trovare anche al 5% (ed al 20%).

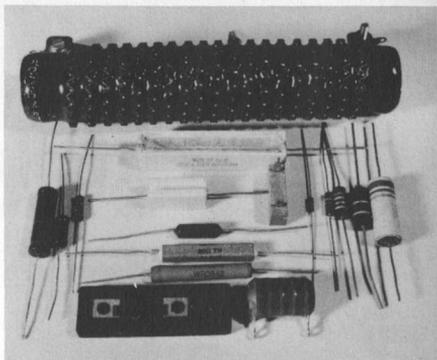
Le resistenze a strato sono normalmente al 5%, ma si possono trovare anche al 10% o al 2%.

Naturalmente, per i tipi ad alta stabilità, anche le tolleranze possono garantire precisioni molto migliori.

### Caratteristiche e impieghi

Le resistenze a filo vengono normalmente usate nei casi in cui ci sia notevole dissipazione di potenza, oppure, usando i tipi ad alta precisione, in strumenti elettrici e/o elettronici.

Per gli usi normali il tipo ad impasto



Vari tipi di resistenze.

ed il tipo a strato sono praticamente intercambiabili; in ogni caso diamo un accenno alle singole caratteristiche.

La resistenza a impasto è leggermente più robusta, meno ingombrante (a parità di potenza), meno induttiva.

La resistenza a strato è più stabile, meno rumorosa, e normalmente ottenibile con precisione più elevata (5 anziché 10%).

### Dissipazione

A seconda dei materiali impiegati e delle dimensioni fisiche, una resistenza è in grado di dissipare un certo livello di potenza, senza deteriorarsi.

In genere, la potenza massima dissipabile è riferita ad una temperatura ambiente di 40°C; se l'ambiente in cui la resistenza viene inserita ha una temperatura, diciamo, di 70°C, allora la massima potenza dissipabile diventa circa la metà di quella nominale. Questo esempio vale in particolare per resistenze di bassa potenza, cioè per i tipi a impasto ed a strato; per essi, la temperatura del corpo della resistenza, con ambiente a 40°, non supera i 65 + 70° quando la resistenza lavora alla sua massima potenza.

Per le resistenze a filo, la temperatura raggiunta dal corpo è nettamente superiore, tale da superare anche i 100°C.

Ad ogni buon conto, una regola pratica di dimensionamento è sempre la seguente: calcolata la potenza massima che una resistenza deve dissipare, montare un tipo con dissipazione doppia di quel valore.

## Effetto della temperatura

Il coefficiente di temperatura è diverso per i vari tipi di resistenze.

La resistenza del tipo a filo generalmente aumenta con l'aumentare della temperatura, mediamente in ragione del  $0,02 + 0,03\%$  per grado. La resistenza di tipo ad impasto presenta variazioni in un senso o nell'altro a seconda delle zone di temperatura in cui si trova. Sotto i  $25^\circ$ , la resistenza tende ad aumentare; sopra, cala e cresce. Per esempio, nel campo da  $25$  a  $70^\circ$ , la variazione, in più e in meno, può essere anche di molti "per cento".

## Tensione di lavoro

Anche per le resistenze va tenuta in conto la tensione applicata ai capi.

Per quelle di basso valore, la tensione applicata trova il suo limite nella dissipazione della resistenza.

Ma con resistenze di valore elevato, cui potrebbero essere applicate (senza per questo raggiungere il limite di potenza) tensioni elevatissime con correnti molto basse, subentra il rispetto della massima tensione applicabile.

Per le resistenze di uso normale, la massima tensione applicata è compresa fra i  $250$  ed i  $500$  V, a seconda della dimensione (e cioè della potenza).

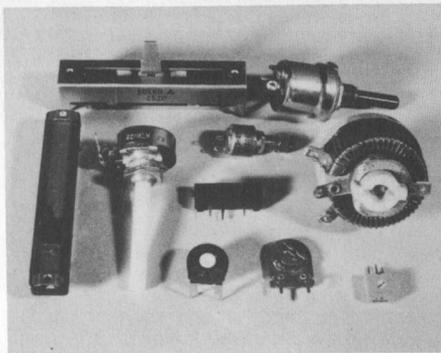
## Parametri secondari

**Induttanza** - Qualunque resistenza possiede un ben preciso valore di induttanza, in parte dovuta alla stessa resistenza, in parte ai reofori. In HF l'effetto dell'induttanza può in genere essere trascurato (non dimentichiamo però che, per esempio, una resistenza a carbone da  $1\text{ M}\Omega/1\text{ W}$  può presentare  $1 \pm 2\ \mu\text{H}$ ).

Naturalmente, le resistenze a filo sono quelle che presentano una induttanza "parassita" più elevata (è per questo che ne esistono tipi con avvolgimento del tipo fatto in modo da minimizzare tale induttanza).

**Capacità** - Ogni resistenza è affetta da un piccolo valore di capacità (per esempio, i tipi a carbone presentano una capacità di circa  $0,1 + 1\ \text{pF}$ ).

In HF (specie nella zona bassa dello spettro) tale capacità può essere semplicemente considerata in parallelo ai due estremi della resistenza.



Vari tipi di potenziometri

A frequenze elevate bisogna invece cominciare a vedere questa capacità come distribuita lungo l'elemento resistivo. Mentre, quindi, nel primo caso l'effetto della capacità può essere eliminato mettendone in conto il valore nella risonanza del circuito, nel secondo caso esso può essere solo parzialmente "estratto" ed eliminato.

Ne segue che il valore effettivo di una resistenza, a strato o impasto che sia, diminuisce al crescere della frequenza, in quanto prevale l'effetto della capacità distribuita.

Per esempio, una resistenza da  $1\text{ M}\Omega$ , a  $10\text{ MHz}$  può presentare un valore effettivo ben inferiore alla metà del suo valore in corrente continua.

## Rumore

Ogni resistenza, per colpa dell'*agitazione termica* degli elettroni nel suo interno, genera ai suoi capi una piccolissima ma ben precisa tensione di rumore; per esempio, misurata entro una larghezza di banda di  $5\text{ kHz}$ , essa va da  $0,3$  a  $10\ \mu\text{V}$  per valori di resistenza da  $1000\ \Omega$  a  $1\text{ M}\Omega$  (il tutto riferito ad una temperatura ambiente di  $30^\circ\text{C}$ ).

Esiste inoltre un'altra sorgente di rumore, legata alla tensione applicata alla resistenza; tale rumore, detto di *corrente* o per *fluttuazione di resistenza*, è mediamente, e come al solito riferendoci ad un esempio ben preciso, da  $0,1$  a  $1\ \mu\text{V}$  per volt applicato, per resistenze da  $1000\ \Omega$  a  $1\text{ M}\Omega$  (e sempre a  $30^\circ\text{C}$ ).

Va comunque detto che il rumore prodotto dalle resistenze è, per tutti i più normali impieghi, assolutamente trascurabile (specie poi al giorno d'oggi, quando, operando coi transistori, si usano resistenze di valore non troppo elevato).

### Resistenze variabili

Ci riferiamo qui ai cosiddetti *potenziometri* che, dal punto di vista costruttivo, possono essere suddivisi nelle due categorie: a filo ed a carbone.

Nel primo caso, un filo resistivo è avvolto su un tubo cilindrico isolante (attorno al suo spessore); nel secondo, un sottile film di carbone è depositato a corona circolare verso il bordo di un cerchietto isolante.

Nei tipi a carbone è bene far passare la minima corrente possibile attraverso il pattino strisciante (ciò anche allo scopo di minimizzare il rumore interno); vale a dire che, non appena si abbia a che fare con correnti e potenze non trascurabili, è consigliabile a-

dottare il potenziometro a filo (ciò, anche se la dissipazione è inferiore agli 1 + 2 W che usualmente possono sopportare i normali tipi a carbone).

I potenziometri a carbone possono essere realizzati, depositando in modo opportuno il film resistivo, con *variazione lineare*, nel senso che ad ogni spostamento del perno corrisponde un'identica variazione di resistenza, oppure con **variazione logaritmica**, nel senso che a successivi spostamenti (uguali) del perno corrispondono variazioni di resistenza sempre più piccole.

Quanto sin qui detto vale per i potenziometri rotativi, o a variazione circolare (e cioè con il pattino strisciante collegato ad un perno che permette la variazione completa di resistenza con una rotazione di 270°).

Stanno però diventando di normale utilizzazione anche i tipi (a carbone) a *variazione rettilinea* (quelli cioè in cui uno slittino percorre uno strato rettilineo di carbone, depositato per alcuni cm di lunghezza).

I tipi rotativi esistono anche nella versione a più giri (in genere 10) per applicazioni più sofisticate.

# CONDENSATORI

## I CONDENSATORI IN PRATICA

Prima di addentrarci nella trattazione di ogni singola modalità e caratteristica costruttiva dei vari tipi di condensatori, tracciamone una panoramica.

Un condensatore può presentare tolleranze anche molto ampie sul suo valore di capacità; questo parametro può quindi influire sulla scelta di un tipo o di un altro. Il valore di capacità cambia con la frequenza, e in particolare modo con la temperatura e con l'età.

Un condensatore, presentando anche una certa induttanza (e per alcuni tipi anche piuttosto elevata), presenta di conseguenza una frequenza di risonanza (serie) che può anche essere su valori vicini alla frequenza di lavoro, o compresi nelle bande interessate.

In condensatori presentano una certa resistenza alla corrente alternata, e dissipano energia sotto forma di calore; la perdita che ne consegue varia in modo circa proporzionale al quadrato della frequenza, e dipende anche dalla temperatura.

Questa perdita di energia è in parte imputabile a perdite nel dielettrico (specie a frequenze basse) e in parte a perdite negli elettrodi e nei reofori (specie a frequenze elevate); è comunque rappresentabile, nel circuito equivalente per il calcolo, ad una resistenza serie.

Da quanto sopra si può riepilogare che un condensatore, specie a frequenze alte, equivale ad una impedenza complessa, in quanto presenta le componenti resistiva, induttiva e... capacitiva! Ognuna di queste componenti può prevalere sulle altre a seconda della frequenza di lavoro.

Un condensatore con dielettrico solido

o liquido impiega più tempo a caricarsi che non un condensatore "ideale" avente la stessa capacità; questo effetto è dovuto al cosiddetto "assorbimento dielettrico".

Per lo stesso motivo, quando tale condensatore viene scaricato bruscamente, e cioè cortocircuitato, esso non riesce a scaricarsi completamente: infatti una seconda scarica (anche se molto più modesta) si può ottenere pochi secondi dopo la prima.

La conseguenza è che la capacità di tale condensatore è funzione della durata della tensione continua applicata; quando esso è inserito in un circuito a corrente alternata, la sua capacità tende quindi a diminuire con l'aumentare della frequenza.

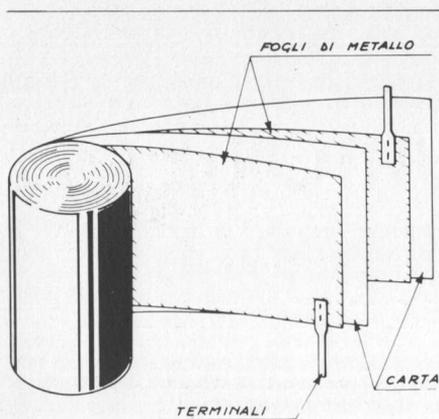
Questo effetto è naturalmente meno pronunciato nei tipi che usano materiale dielettrico di alta qualità (per esempio, è molto modesto nei condensatori a mica).

Un condensatore è sempre attraversato da una più o meno debole corrente di fuga, talché può essere rappresentato come un condensatore ideale avente una resistenza (piuttosto elevata) in parallelo.

Un condensatore con dielettrico solido tende a deteriorarsi durante il servizio, e può quindi guastarsi del tutto anche quando lavora ben entro i limiti massimi d'impiego.

### Tensione di lavoro

Subito dopo la capacità, il parametro più importante che caratterizza un condensatore è la sua tensione di lavoro; si tratta in pratica del massimo valore di tensione cui può essere sottoposto un condensatore, senza che esso abbia a deteriorarsi per fenomeni abnormi all'interno di esso, tipo corrente di fuga troppo elevata, scariche distruttive nel dielettrico, ecc.



Condensatore avvolto.

Innanzitutto, su tale valore va tenuto un margine di almeno il 10%, per evitare che possibili variazioni (in aumento) della tensione di alimentazione provochino il superamento del margine di sicurezza.

La maggior parte dei condensatori che si usano nel settore radiantistico sono contraddistinti da un ben preciso valore della tensione continua applicabile.

Questo non significa che tali condensatori non possono essere usati in circuiti in cui siano contemporaneamente presenti tensioni continue ed alternate, o addirittura solamente tensioni alternate (BF o RF che siano); neanche significa però che ci si debba preoccupare solamente della tensione continua presente.

In pratica, usando un qualsiasi condensatore di cui sia data la massima tensione continua di lavoro, occorre sincerarsi che la somma della tensione continua effettivamente presente in circuito e dei picchi di tensione alternata ad essa sovrapposti non superi il valore suddetto; chiaramente, ove fosse presente solo la componente alternata, occorre verificare che non siano i picchi di questa a superare il valore di massima tensione continua.

Per esempio, il condensatore d'ingresso di un circuito risonante a pi-greca usato in un trasmettitore di potenza elevata, nonostante non sia sottoposto ad alcuna tensione continua, deve essere scelto con opportuna tensione di isolamento, in quan-

to la tensione RF presente in quel punto può essere anche di alcune migliaia di volt.

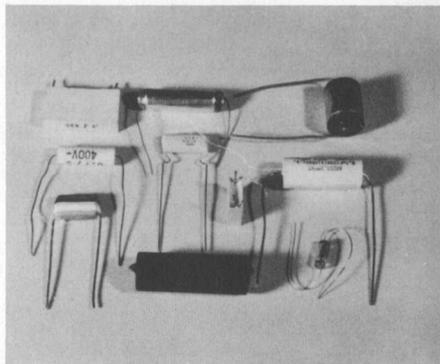
### Corrente (alternata) ammessa

È ben noto che un condensatore non dissipa alcuna potenza sulla propria reattanza; è ovvio però che potenza può essere dissipata sulla propria resistenza (in pratica, quella dei reofori e, ancor più, degli elettrodi) se questa non è trascurabile o se la corrente che lo attraversa è notevole.

Nell'esempio già citato al paragrafo precedente, quello cioè di un circuito a pi-greca all'uscita di un trasmettitore, elevata tensione RF ai capi di un condensatore vuol dire in genere elevata corrente RF attraverso lo stesso, in quanto la reattanza non sarà certamente infinita.

Ciò significa che, se le superfici metalliche (interne del condensatore) attraverso le quali deve passare la corrente RF non sono sufficientemente ampie (e ricordiamo anche l'effetto pelle), può verificarsi un eccessivo riscaldamento, e quindi un facile deterioramento.

Per esempio, se si pensa a come è costruito un normale condensatore ceramico a disco (sotto altri aspetti raccomandabile), si intuisce subito come esso non sia adatto alle forti correnti; esso infatti consiste in una piastrina di materiale ceramico sulle due facce della quale è depositato un piccolo e sottile dischetto mediante metallizzazione: la superficie attraversata dalla corrente è cioè una piccola e sottile placchetta (per parte) di film metallico, chiara-



Condensatori avvolti.

mente inadatta ad essere attraversata da forti correnti.

È per questo che, ove non siano disponibili i tipi appositamente realizzati per l'impiego di cui all'esempio, unica soluzione che rimane è quella di mettere in parallelo più condensatori (e di dimensioni maggiori possibile) a bassa capacità; uno solo, infatti, del valore desiderato, non sarebbe sufficiente per la corrente.

Più adatti ad essere attraversati da correnti alternate non trascurabili (specie se a R.F.) sono i condensatori a mica, proprio a seguito delle modalità costruttive degli stessi.

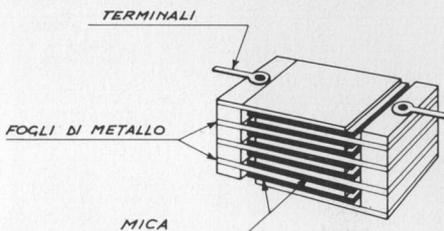
Infatti, nonostante le loro dimensioni esterne siano paragonabili a quelle dei tipi ceramici, la loro struttura interna, costituita da tante lastrine metalliche (intervallate da lastrine di mica) collegate in parallelo ed impacchettate, fa equivalere il tutto ad una superficie complessiva ben maggiore di quella fisica esterna.

La corrente quindi, distribuita su tale ampia superficie, incontra un percorso ben più ampio ed agevole (specie se confrontato con i pochi millimetri quadrati di un equivalente condensatore ceramico di tipo convenzionale).

### Q di un condensatore

Analogamente agli induttori, anche i condensatori sono caratterizzati da un coefficiente di qualità, o Q.

Nonostante esso sia facilmente più elevato che non nel caso delle bobine, biso-



Condensatore a pacchetto.

gna tenerne conto in caso di circuiti ad alta selettività o stabilità.

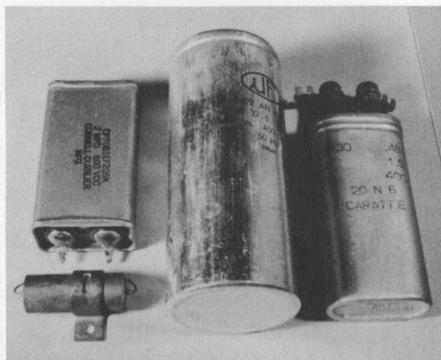
In genere, i condensatori ad aria, quelli a mica e quelli a dielettrico vetroso sono i tipi che presentano i valori di Q più elevati.

### Stabilità

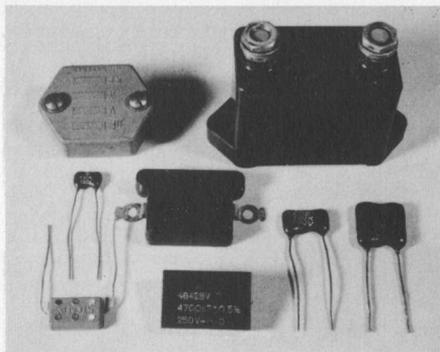
L'argomento è particolarmente importante, in quanto, a seconda del tipo di condensatore usato (cioè delle sue caratteristiche costruttive), le variazioni di capacità, o per colpa delle variazioni di temperatura o per colpa dell'invecchiamento, possono essere, anche percentualmente, elevatissime.

I condensatori ceramici, specie quelli a piccolo ingombro e/o alte capacità, sono particolarmente sensibili alle variazioni termiche ambientali (salvo certi tipi appositamente studiati e realizzati, che sono accettabilmente stabili o che presentano, comunque, una legge di variazione nota con abbastanza precisione, e quindi eventualmente compensabile).

Naturalmente, il riscaldamento di un condensatore, ed il conseguente slittamento di capacità, non sono solo imputabili a variazioni termiche ambientali, ma anche (e come già si è esaminato) a correnti interne troppo elevate; questo fatto porta ancora una volta ad optare per i condensatori a mica, o per più condensatori ceramici in parallelo (naturalmente nei casi in cui la stabilità termica è importante). Un altro tipo di condensatore molto consigliabile dal punto di vista della stabilità termica è quello con dielettrico in polistirolo (o styroflex); esso, insomma, alla buona stabilità del dielettrico, l'ampia superficie metallica (un lungo nastro di alluminio avvolto).



Condensatori a carta e olio.



Condensatori a mica.

Altri tipi di condensatori presentano gradi di stabilità peggiori, fino a giungere ai tipi cosiddetti elettrolitici, che sono disastrosamente instabili (spesso anche per usi a B.F.).

Se ci riferiamo alla variazione di capacità a lungo termine, e cioè per invecchiamento (o influenza a lungo termine dei fattori esterni), la situazione non varia di molto. Per i ceramici (specie se nei tipi di buona qualità, che presentino cioè lacche di rivestimento efficaci) la situazione è nettamente migliore che non sotto l'aspetto precedente; rimangono sempre eccellenti i tipi a mica e in polistirolo; peggiori gli altri e, ancor di più che prima (se possibile),

gli elettrolitici, particolarmente sensibili all'età (pochi anni di vita!).

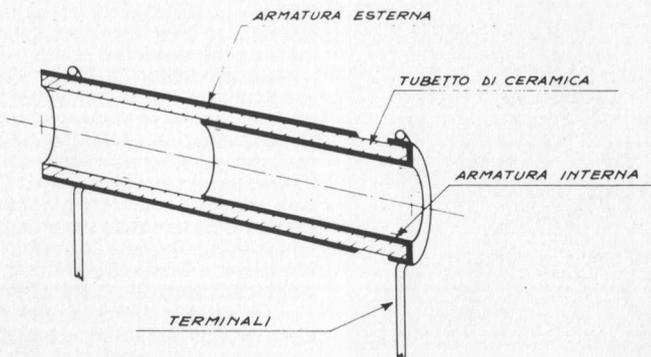
### Induttanza "parassita"

Ogni condensatore, specie poi se del tipo a nastro avvolto, presenta, chiaramente indesiderata una certa induttanza, il cui effetto, specie alle alte frequenze, è spesso indesiderato e dannoso.

Addirittura, nelle applicazioni VHF ed UHF, i soli reofori possono presentare valori inaccettabili di induttanza residua; è per questo che esistono tipi particolari di condensatori (in genere ceramici o a mica) realizzati appositamente con reofori sotto forma di bandelle larghe e corte.

Infatti, la reattanza induttiva che consegue dalla struttura interna e dai reofori, posta in serie al condensatore visto come capacità pura, ne modifica le caratteristiche ed il comportamento; l'esempio più classico può essere quello di un condensatore di fuga: la sua capacità, a certe frequenze, deve essere tale da presentare reattanza nulla, in pratica un cortocircuito perfetto, condizione che non può essere ottenibile se è presente anche una non trascurabile reattanza induttiva. Oltretutto, la capacità propria e l'induttanza parassita danno luogo a vere e proprie risonanze, solitamente nelle zone di VHF ed UHF; tali risonanze possono equivalere a vere e proprie trappole, modificando così completamente il comportamento del circuito di partenza.

Anche in questo caso, il collegamento



Condensatore ceramico a tubetto.

di più condensatori (e quindi delle rispettive induttanze parassite) in parallelo migliora la situazione (in quanto l'induttanza totale cala in proporzione).

In circuiti UHF si usano, per i motivi suddetti, addirittura dei condensatori speciali senza reofori: la saldatura al circuito viene fatta direttamente sulle piastrine che costituiscono gli elettrodi.

Da tutto quanto sopra è comunque evidente che i classici tipi di condensatori avvolti non vanno usati in circuiti RF; certi condensatori (tipo quelli in polistirolo e dielettrici simili) vengono realizzati con tecnica anti-induttiva, e quindi si prestano meglio all'uso in RF, non però a valori molto alti di frequenza.

## TIPI DI CONDENSATORI

### Condensatori a carta

Anche se ormai superato (e quasi più costruito), questo vecchio e glorioso tipo di condensatore merita un breve esame per una certa, permanente, reperibilità sul mercato (specie surplus).

Esso è costruito avvolgendo fogli sottilissimi di alluminio e di carta alternati; la carta è impregnata (per migliorarne le caratteristiche e la durata) o plastificata.

La gamma di capacità va da 1000 pF ad 1  $\mu$ F; le tensioni di lavoro massime si aggirano, per i normali tipi (e dimensioni) sui 500 ÷ 600 V.



Condensatori ceramici.

Date le considerevoli dimensioni posedute da questo tipo di costruzione, a suo tempo i fogli di alluminio furono sostituiti da un film metallico direttamente evaporato sulla striscia di carta; si sono così potuti realizzare, in dimensioni ancora accettabili, condensatori con capacità elevate, anche di molti  $\mu$ F.

In ogni caso, sia per il Q relativamente basso, sia per l'induttanza nient'affatto trascurabile, tali tipi di condensatori non sono adatti per R.F. (in particolare i tipi più vecchi, a carta e foglio di alluminio).

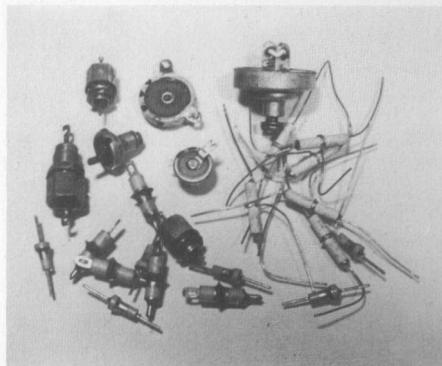
### Condensatori a carta e olio

Se il nastro di carta usato per gli omonimi condensatori viene impregnato di olio minerale, e tutto l'avvolgimento immerso in tale olio, la rigidità dielettrica risulta notevolmente aumentata, talché si possono realizzare condensatori con tensioni di lavoro fino a 2000 ÷ 3000 V. L'olio contribuisce inoltre ad una migliore stabilità di caratteristiche.

Il tipo di costruzione permette di ottenere capacità anche dell'ordine di qualche  $\mu$ F, ma con dimensioni notevolissime. Sono tipicamente usati come filtri di raddrizzatori o per usi industriali.

### Condensatori a film plastico

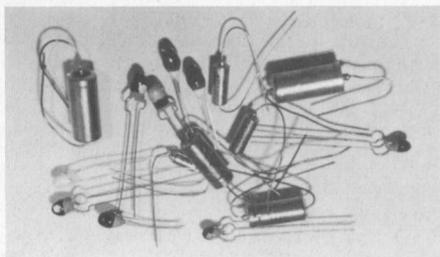
Le modalità costruttive di questi moderni tipi di condensatori sono fonamen-



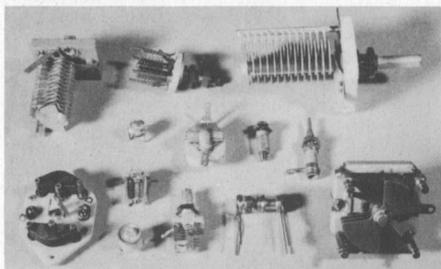
Condensatori passanti (a mica e ceramici).



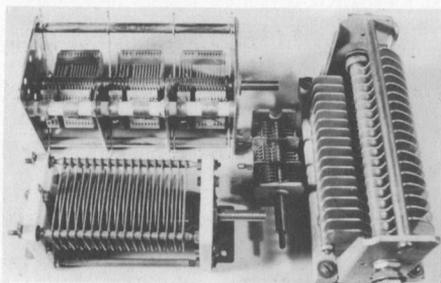
Condensatori elettrolitici.



Condensatori elettrolitici al tantalio.



Compensatori.



Condensatori variabili.

talmente analoghe a quanto visto per i tipi a carta, salvo che, come dielettrico, viene usata una sottilissima pellicola di film plastico; essa ha la proprietà (più o meno accentuata a seconda del tipo di materiale usato) di presentare una notevole stabilità termica ed all'invecchiamento, una elevata rigidità dielettrica, e dimensioni modeste e compatte (a vantaggio anche della resistenza meccanica).

I materiali più usati sono il poliestere (o mylar, per capacità e tensioni medio alte), ed il polistirolo (o styroflex, per capacità medio basse); stanno prendendo diffusione anche i condensatori con dielettrico in policarbonato (migliori caratteristiche a parità d'ingombro).

Vediamo un breve accenno alle caratteristiche dei singoli tipi.

### Poliestere (mylar)

La pellicola che costituisce il dielettrico (il cui spessore può scendere a pochi micron, o millesimi di millimetro), viene metallizzata sotto vuoto ed avvolta a pacchetto. Questo tipo di condensatore presenta coefficiente di temperatura tutt'altro che trascurabile: in pratica la costante dielettrica del materiale è sensibile alla temperatura, ed anche alla frequenza.

È per questo che, già a qualche MHz ne è sconsigliato l'uso.

Si realizzano capacità fino a diversi  $\mu\text{F}$  e tensioni di lavoro fino a 600 V (con tolleranza del  $10 \div 20\%$ ).

### Polistirolo

Costruttivamente, può seguire la tecnica della metallizzazione (come nel caso precedente) dei fogli di polistirolo ed alluminio alternati.

In genere è tubolare, mentre le tensioni possono raggiungere gli stessi valori visti precedentemente, le capacità sono nettamente inferiori (costante dielettrica e tecnica costruttiva portano a questo) ma, salvo per la stabilità nel tempo, gli altri parametri (resistenza di isolamento, Q, assorbimento dielettrico) sono eccezionalmente buoni.

Il coefficiente di temperatura è leggermente negativo, ma molto stabile; la precisione con cui possono essere realizzati (normalmente del  $5 \div 10\%$ ) può anche arrivare all'1% (e meno).

## Condensatori a mica

La mica (elemento reperibile in natura, e riducibile a fogli sottilissimi) è uno dei dielettrici più stabili che si conosca e meno "attraversabile" da correnti di fuga.

Impacchettando foglietti di mica e di alluminio alternati, si possono ottenere condensatori ad elevata stabilità, precisione e resistenza di isolamento (spesso gli elementi di perdita competono al rivestimento plastico esterno).

I valori normali di capacità variano da pochi pF ad alcune decine di nF; la tensione di lavoro può raggiungere anche molte migliaia di V. Di altre caratteristiche già abbiamo parlato.

## Condensatori a mica argentata

In questi tipi, anziché mediante foglietti di alluminio, le armature sono ottenute metallizzando (con lega di argento) direttamente le lastrine di mica, e, dopo l'impacchettamento, rivestendo il tutto con lacche di alte qualità elettriche.

Sono tipi ad alta precisione e stabilità (fino all'1%); la gamma di capacità è praticamente quella dei tipi normali, ma (date le applicazioni) vengono in genere realizzati per tensioni di 500 - 600 V.

Adattissimi nel campo delle HF, dove presentano Q elevati, presentano un coefficiente di temperatura leggermente positivo.

## Condensatori ceramici

I condensatori ceramici possono essere raggruppati (a seconda delle caratteristiche costruttive e dell'impiego) secondo la seguente tipologia:

- 1) tipi dotati di un coefficiente di temperatura ben preciso, e con tolleranze ristrette nei valori dello stesso, che può essere negativo, positivo, o praticamente zero; servono fondamentalmente per compensazione termica;
- 2) tipi di uso generale, aventi sia divisione del coefficiente termico (e cioè positivo o negativo), ma senza particolare precisione;
- 3) tipi con coefficiente di temperatura non precisato, disponibili in genere a valori anche piuttosto alti (fino a qualche centinaio di nF);

- 4) tipi ad elevatissima costante dielettrica, con coefficienti termici non precisati, ma molto forti, essi pure reperibili su valori fino a qualche centinaio di nF, ma con dimensioni modeste (cui però si accompagnano perdite elevate e basse tensioni di lavoro).

I primi due tipi sono particolarmente usati nei circuiti risonanti sia di amplificatori che di oscillatori. Il 3° e il 4° (in particolare) non sono indicati per questi usi, e tanto meno per compensazione di coefficienti termici; sono invece molto usati come condensatori di fuga, di accoppiamento ed applicazioni similari non critiche.

I condensatori dei primi due tipi sono realizzati o a tubetto o a disco; per il terzo e quarto tipo la forma costruttiva è sempre a disco.

## Condensatori elettrolitici

### *Caratteristiche costruttive*

I condensatori elettrolitici sono sostanzialmente costruiti come altri tipi di condensatori avvolti, salvo che il foglio isolante interposto fra i due fogli di alluminio non serve tanto come isolante quanto come supporto di un liquido o di una pasta (di cui è imbevuto), che serve a produrre sull'alluminio un sottilissimo strato di ossido; è quest'ultimo che funziona da isolante vero e proprio.

Il grado di ossidazione ottenuto in fase di costruzione determina lo spessore dello strato di ossido e quindi la massima tensione di lavoro.

Per ottenere maggior capacità a parità di ingombro, certi tipi di elettrolitici sono costruiti con foglio di alluminio reso ruvido (i cosiddetti tipi ad anodo inciso) che realizza così una superficie effettiva più ampia.

### *Caratteristiche d'impiego*

Il condensatore elettrolitico presenta, come caratteristica principale, la maggior capacità a parità di volume (e anche di prezzo!).

Le tolleranze sul valore di capacità sono molto ampie, normalmente -20% / +80%.

In pratica, esso è usato in applicazioni in cui sia presente quasi esclusivamente corrente continua.

Il valore massimo di tensione di lavoro che un condensatore elettrolitico può ritrovarsi applicato ai capi è 500 V.

Come già accennato, la stabilità è molto modesta: aumenta con la temperatura (sotto i  $-5^{\circ}\text{C}$  diminuisce fortemente); diminuisce con l'età (in un anno se lavora a  $40^{\circ}\text{C}$  di temperatura ambiente, il suo valore di capacità cala del  $20 \pm 25\%$ ).

La resistenza serie che il condensatore presenta è molto bassa a normali temperature ambiente, ma aumenta rapidamente a temperature elevate e basse.

I tipi ad anodo inciso presentano una resistenza serie alcune volte più elevate di quelli a foglio piano (per es., un  $8 \mu\text{F}$  a 10 kHz presenta  $8 \pm 20 \Omega$  se ad anodo inciso,  $4 \pm 6 \Omega$  se a foglio piano).

La corrente di fuga (o di perdita) è piuttosto elevata (rispetto agli altri tipi) ed è molto alta a temperature elevate e dopo lunghi magazzinaggi. Una verifica della bontà di un condensatore elettrolitico è anche data dal valore di tale corrente (dopo un po' di tempo che il condensatore è sottoposto a tensione un po' inferiore a quella di lavoro); il valore massimo per un buon condensatore è dato dalla formula

$$I_f \text{ (in mA)} = 0,04 \times C + 0,3$$

Ricordiamo che se un elettrolitico rimane inattivo per lungo tempo, la sua corrente di fuga nei primi istanti di applicazione della tensione di lavoro sarà molto alta (non confondiamola con la corrente di carica), per poi calare ai valori normali, se il condensatore non è deteriorato.

I normali condensatori elettrolitici sono previsti per funzionare a temperature massime di  $75^{\circ}\text{C}$  (ma è assolutamente sconsigliabile avvicinarsi); i tipi professionali possono invece operare anche a temperature prossime agli  $85^{\circ}\text{C}$ .

Nei casi in cui la tensione (continua) presente in circuito sia superiore a quella di lavoro tollerabile dal condensatore, se ne possono mettere due, o più in serie; ci si deve però ricordare di collegare in parallelo ad ogni elettrolitico, delle resistenze tutte uguali che permettano la regolare ripartizione della tensione ai capi di ogni condensatore (che invece presenterebbe da solo parametri troppo diversi da tipo a tipo).

### Condensatori al tantalio

Rientrano nella categoria degli elettrolitici (e sono quindi, generalmente, polarizzati); il dielettrico è costituito da un sottilissimo film di ossido di tantalio, ed il

tantalio metallico entra pure nella realizzazione dell'elettrodo positivo.

Le caratteristiche salienti, riportate a quelle dei normali elettrolitici, sono:

- dimensioni leggermente inferiori
- minor corrente di fuga e maggior stabilità
- invecchiamento migliore
- miglior precisione.

Esistono due famiglie tipiche di condensatori al tantalio: il tipo "a goccia", di caratteristiche meno pregiate, ed il tipo tubolare in custodia ermetica, nettamente professionale.

Il tipo a goccia è contraddistinto da un particolare codice a colori, che diamo nella tabella della pagina a fianco.

### Condensatori variabili

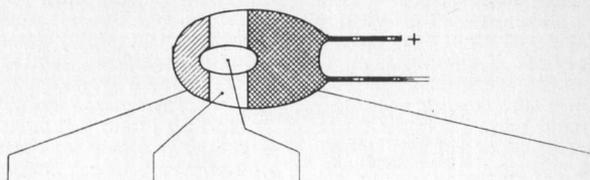
Lo schema costruttivo cui può sempre essere ricondotto un condensatore variabile consiste in due "pacchetti" di lamine parallele ed equidistanti, uno dei quali fissato al supporto meccanico e (in genere) da esso isolato elettricamente, l'altro invece fissato su un albero rotante che, inserendo più o meno questo secondo settore nel primo, realizza la variazione di capacità col modificare la superficie affacciata delle varie lamine, o armature.

La spaziatura che resta fra ogni coppia di armatura (fissa e mobile) determina la massima tensione che può essere applicata al condensatore senza che si verifichino scariche (naturalmente sempre che l'isolante di supporto dello statore sia di caratteristiche sufficienti).

Diamo qui di seguito una tabella che fornisce la spaziatura necessaria fra lamina fissa e mobile in funzione della tensione applicata.

Naturalmente è consigliabile un maggior margine di sicurezza, per tener conto di polvere e umidità.

Tensione max in V	Spaziatura in mm
1000	0,7
2000	1,2
3000	1,8
4000	2,6
5000	3,5
6000	4,5



Capacità in $\mu\text{F}$			Tensione continua nominale		
Colore	Punta 1. cifra	Anello 2. cifra	Punto Moltiplicatore Contrassegno polarità	Colore	Tensione
nero	—	0	—	bianco	3 V
marrone	1	1	—	giallo	6,3 V
rosso	2	2	—	nero	10 V
arancione	3	3	—	verde	16 V
giallo	4	4	—	grigio	25 V
verde	5	5	—	rosa	35 V
blu	6	6	—		
viola	7	7	x 0,001		
grigio	8	8	x 0,01		
bianco	9	9	x 0,1		

### Contrassegno della polarità

Punto colorato quale orientamento per la polarità: guardando il punto colorato la polarità corrisponde allo schizzo.

Poiché questi dati servono in genere nel dimensionamento degli amplificatori di potenza, occorre ricordare che la tensione massima è la somma di tutte le componenti eventualmente presenti in circuito, cioè: tensione continua di alimentazione, massimi della tensione di segnale, picchi più o meno ricorrenti, disadattamenti del carico, ecc.

Esistono diversi tipi di condensatori variabili, realizzati secondo le diverse esigenze (a volte, per esempio, anche il rotore può essere isolato).

In generale, l'isolante che sostiene meccanicamente lo statore è in resina fenolica (o bakelite) o, nei casi di alte tensioni e versioni più professionali, in cilindretti di ceramica (solo in casi speciali è in vetro o quarzo).

Uno stesso supporto meccanico può comprendere diversi settori isolati elettricamente fra di loro; è il caso dei variabili a

più sezioni.

Esistono almeno due casi particolari di queste versioni multiple: a farfalla e differenziale.

Il *variabile a farfalla* è così chiamato perché sia il doppio statore (con i due settori isolati fra di loro) che il doppio rotore sono sistemati e realizzati all'incirca come le ali di una farfalla; in pratica è un variabile doppio e simmetrico, che si presta particolarmente per gli stadi in controfase specie per frequenze elevate.

Il *variabile differenziale* ha esso pure un doppio statore, con le sezioni isolate fra di loro e disposte una di fronte all'altra (in genere, di forma convenzionale); il rotore è unico e, nel suo movimento rotatorio, di quanto entra dentro un settore, di tanto esce dall'altro. In pratica quindi, la capacità totale resta sempre la stessa,

mentre quella di ogni singolo settore varia in senso opposto da un settore all'altro; è particolarmente usato in circuiti di filtro e di adattamento (per es., d'antenna).

In casi di tensioni d'esercizio particolarmente elevate, trovano a volte impiego i condensatori variabili sotto vuoto; si tratta in genere, di due cilindri di cui uno, mobile, entra ed esce dall'altro, il tutto contenuto in un'ampolla sotto vuoto spinto. Permettono di raggiungere pochissime centinaia di pF, alcune decine di kilovolt, e sono molto costosi.

### Compensatori (o trimmer)

Sono essi pure condensatori variabili, però di uso semifisso (regolazione una tantum) e di modesta variabilità (ritocchi).

Vengono realizzati in molte forme e con materiali diversi.

I compensatori ad aria non sono altro che una ripetizione diretta, anche se in scala ridotta, dei condensatori variabili convenzionali; vale quindi, per essi, quanto già detto sulle forme costruttive.

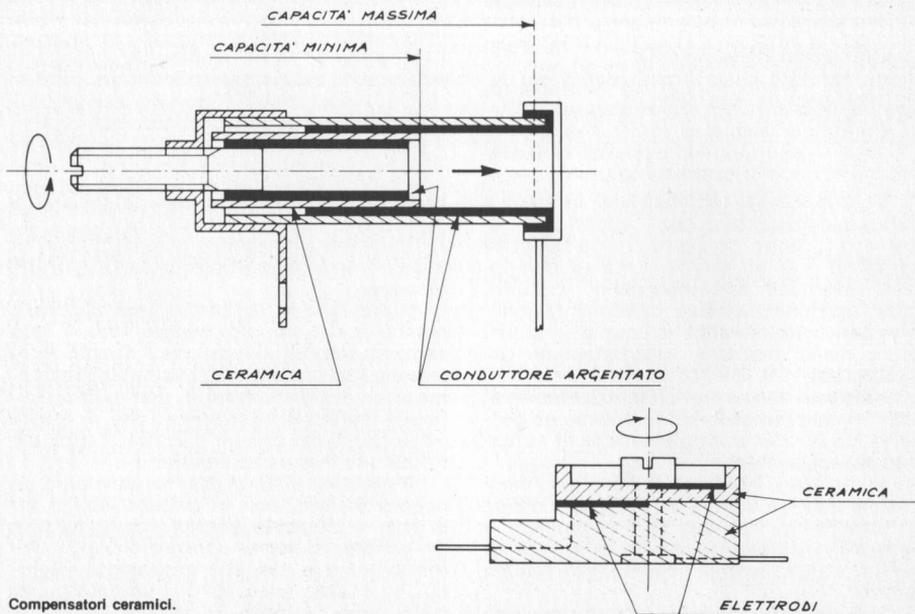
I compensatori a mica, o a compressione, sono fra i tipi più semplici ed antichi; un'armatura (a molla) viene più o meno avvicinata (ruotando una vite) all'armatura fissa: fra le due è una lastrina di mica. Questo tipo presenta scarsa stabilità meccanica.

Un tipo molto diffuso è il compensatore a tubetto ceramico: l'esterno del tubetto è metallizzato, e ciò costituisce l'armatura fissa; quella mobile è una vite che entra ed esce dall'interno del tubetto.

Esistono anche due versioni a dielettrico solido del tipo ad armature affacciate cui appartengono i condensatori variabili, (ad aria).

La versione ceramica consiste in due cilindretti (piatti e tozzi) in ceramica, sovrapposti e col bordo superiore metallizzato su un semicerchio; il piattello superiore ruota rispetto a quello inferiore affacciando più o meno le metallizzazioni.

Una versione analoga, più moderna, presenta diverse lamine sottili che ruotano restando inserite ciascuna fra due dischetti in sottile foglio plastico; sono meno stabili dei ceramici, ma permettono di ottenere capacità più elevate.



Compensatori ceramici.

# INDUTTORI

## INDUTTANZE

Contrariamente ai due componenti precedentemente esaminati, gli induttori, nella maggioranza dei casi, vengono realizzati appositamente e su misura.

Naturalmente, in questa pubblicazione tratteremo solo quei tipi di induttori, siano essi in aria o su supporto magnetico, che si riferiscono al settore specifico di nostro interesse, al campo cioè delle radiofrequenze e applicazioni direttamente connesse.

I dati applicativi e le indicazioni sulla scelta si possono quindi riferire solo ai materiali magnetici ed alle varie forme disponibili in commercio; fanno eccezione certi tipi di impedenze a R.F. (R.F.C.), disponibili (specie nel mercato U.S.A.) in realizzazioni di aspetto simile alle resistenze, di cui ripetono in parte codice e valori.

## GLI INDUTTORI CON NUCLEO

### 1 - Nuclei ferromagnetici

La presenza del nucleo ferromagnetico consente di realizzare maggiore induttanza con minore numero di spire, e con ciò si riducono le perdite nel rame; per di più, la presenza del materiale in quanto dotato di una certa permeabilità magnetica, riduce il flusso disperso. Entrambi i miglioramenti porterebbero ad un aumento del Q degli induttori, se le perdite nel nucleo ferromagnetico non ne producessero un abbassamento; quindi nella realizzazione di bobine di questo tipo si cerca un compromesso fra dimensioni, diametro del filo,

perdite del nucleo, in modo da mantenere il fattore di merito (Q) entro valori ragionevoli, anche alle frequenze molto alte (fino a 200 MHz e oltre).

Parlando di nuclei ferromagnetici occorre fare una distinzione fra due grandi categorie: le ferriti ed i poliferri.

Le prime sono ceramiche ferriche che hanno una considerevole permeabilità magnetica e presentano interessantissime applicazioni anche nel campo delle microonde; purtroppo, salvo poche eccezioni, si tratta, per noi, più di una conoscenza teorica che pratica, in quanto non è facile trovarle nel commercio al dettaglio, ed è meno facile ancora avere dati sulla permeabilità e sullo spettro di frequenze nel quale il Q si mantiene elevato.

I poliferri invece, sono di pratica applicazione, in quanto numerosi rivenditori dispongono di un certo assortimento.

Si tratta di miscugli di ossido di ferro finemente polverizzato e ferrocobaltile, stampati ad alta pressione con sostanze dielettriche, simili nella forma, ma diversi per lo spettro di frequenze in cui è conveniente l'impiego.

Come norma generale, alla minore permeabilità è associata una minore percentuale di perdite, sicché al crescere delle frequenze, il Q rimane discretamente alto: orientativamente fra 100 e 150. Prendiamo in considerazione tre modelli tipici: quello per HF, va fino a 50 MHz; quello intermedio va da 30 a 120 MHz; quello VHF è impiegabile da 60 a 250 MHz.

In poliferro sono pure la maggior parte dei nuclei toroidali di cui parla la letteratura straniera - da noi l'autocostruttore può avvalersi di questi utilissimi componenti solo con molte difficoltà di reperibilità, a volte l'unica maniera per averli è quella di ordinarli in USA.



Dalle curve si deduce che, a parte la minore stabilità termica, i nuclei MARRONE  $\emptyset$  4 mm nel supporto da 7,5 mm (curva f) non sono di molto inferiori al fattore di merito offerto dalla bobina in aria (curva c). Invece il nucleo BLU  $\emptyset$  4 (curva g) risulta inferiore, seppure sempre molto buono in gamma 2 metri (145 MHz); la stabilità termica di questo nucleo, si rammenti, è maggiore di un rapporto 1:3 rispetto al precedente in generale, e di 1:4 nei bastoncini.

### 3 - Permeabilità effettiva dei bastoncini fillettati

Nelle bobine cilindriche il flusso disperso è considerevole, quindi l'influenza del nucleo è moderata, anche quando questo è tutto inserito:

Il reale aumento dell'induttanza ottenuto avvitando completamente il nucleo nel supporto della bobina avvolta in aria determina la permeabilità effettiva ( $\mu_e$ ).

La  $\mu_e$  dipende quindi dalla  $\mu_r$  ed anche dai rapporti dimensionali della bobina cilindrica.

3.1 Nucleo ROSSO: la  $\mu_e$  va da 1,7 a 2,8; essa si avvicina al valore più alto nelle bobine della lunghezza di 10-12 mm. Decresce se le bobine sono più lunghe, ed anche se sono più corte. Una bobina  $\emptyset$  5 mm, lunga 5 mm, con la introduzione del nucleo ROSSO raddoppia la sua induttanza, quindi  $\mu_e = 2$ . A titolo orientativo, finché la bobina non eccede i 13 mm in lunghezza, si preveda  $\mu_e = 2$  per ciascuno dei tre diametri disponibili: nuclei ROSSI di 4, 5 o 6 mm.

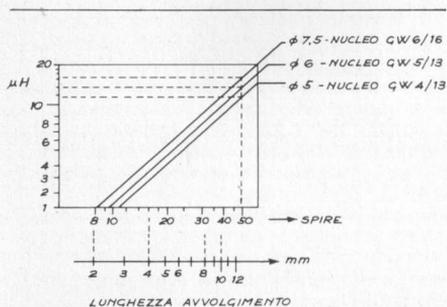


Fig. 3 - Induttanze di bobine cilindriche con nuclei FC-FU II (tipo ROSSO) avvolte con filo 0,2 smalt. - spire non spaziate - passo di avvolgimento: 4 spire per millimetro.

In fig. 3 abbiamo un grafico per il calcolo d'induttanze da 1 a 20  $\mu\text{H}$  con filo 0,2 smalt. non spaziato, con 4 spire per millimetro.

Volendo realizzare Q migliori, si sceglie il filo idoneo, si calcola quindi la bobina in aria, di una lunghezza con maggiore di 13 mm, tenendo conto che la presenza del nucleo raddoppia l'induttanza. Quindi se occorrono 18  $\mu\text{H}$ , si calcola una bobina in aria di 10  $\mu\text{H}$ , che col nucleo completamente inserito sarà certamente un po' maggiore di 20  $\mu\text{H}$ .

3.2 Nucleo BLU: la  $\mu_e$  sta intorno ad 1,35 per supporti del diametro di 5 e 6 mm, lunghezza d'avvolgimento 8 mm. Il valore scende ad 1,25 col supporto 7,5 mm, lunghezza d'avvolgimento 6 mm. Conviene assumere il valore minore, gli errori sono compensati in sede di messa a punto, inserendo più o meno il nucleo a vite.

3.3 Nucleo MARRONE: la  $\mu_e$  è circa 1,3 per i diametri minori, ed 1,25 per il diametro 7,5 (lunghezze di avvolgimento come sopra).

3.4 Dati sperimentali su bobine da 110 nH alla frequenza di 100 MHz

- Supporto 5 mm; nucleo 4 mm; 4,5 spire filo 0,8 arg. lunghezza avvolg. 6 mm = Q: senza nucleo 230; con nucleo MARRONE 200; col nucleo BLU 125; col nucleo ROSSO 45
- Supporto 6 mm; nucleo 5 mm; 4 spire filo 0,8 arg. lunghezza avvolg. 6 mm = Q: senza nucleo 240; col nucleo MARRONE 200; col nucleo BLU 160; col nucleo ROSSO 60
- Supporto 7,5 mm; nucleo 6 mm; 3,5 spire filo 0,8 arg. lunghezza avvolg. 6 mm = Q: senza nucleo 250; col nucleo MARRONE 205; col nucleo BLU 170; col nucleo ROSSO 60

Deriva termica eguale per i tre diametri di supporto:

Nucleo MARRONE +  $60 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ; nucleo ROSSO +  $40 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ; nucleo BLU +  $15 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

### 4 - Calcolo del numero delle spire

Si impiega la formula  $n = \sqrt{\frac{L \cdot 10^3}{K \cdot D}}$  le

cui grandezze sono indicate in fig. 4 - la curva fornisce il k in funzione del rapporto D/l.

Esempio: con circa 68 pF si ha la risonanza intorno a 3,5 MHz se l'induttanza è

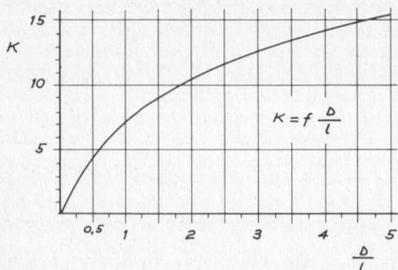


Fig. 4 - Curva del coefficiente k per il calcolo di bobine cilindriche.

$L_{\mu H} = n^2 \cdot D \cdot 10^{-3} \cdot k$   
 $n$  = numero di spire  
 $D$  = diametro del supporto in cm  
 $k$  = funzione  $D/l$  vds curva  
 $l$  = lunghezza dell'avvolgimento in centimetri.

30  $\mu H$ . Vogliamo utilizzare un supporto di 5 mm; nucleo GW4/13 tipo ROSSO.

Si calcola il numero delle spire prendendo come base una bobina in aria da 16  $\mu H$ , ossia un po' piú della metà del valore necessario.

Essendo  $D=0,5$  cm, conviene fissare una lunghezza di circa 1 cm, donde, dalla fig. 4,  $k=4$ .

$$n^2 = \frac{16 \mu H \cdot 10^3}{4 \cdot 0.5} = 8000; n = 90 \text{ circa}$$

Per potere avvolgere 90 spire sulla lunghezza di circa 10 mm, il diametro migliore è 0,11 smalt. senza spaziatura.

Queste bobine sono di uso generale, possono essere impiegate anche negli stadi a basso livello di trasmettitori HF e VHF sino alla potenza di qualche watt. Presentano il grande vantaggio della compattezza e la eliminazione di numerosi condensatori variabili o regolabili; difatti i condensatori fissi a mica argentata hanno fattori di merito non molto inferiori dei tipi ad aria.

Come tutte le bobine cilindriche, hanno l'inconveniente di un flusso disperso non trascurabile che provoca accoppiamenti di tipo magnetico fra due circuiti risonanti alla stessa frequenza, se posti troppo vicino. Una norma generale, nel montaggio su scheda o su piccoli telai, è quella di disporre gli avvolgimenti ortogonali (quindi una bobina è verticale, quella vicina sarà orizzontale); infine, quando la potenza in gioco è intorno al watt, lo stadio viene separato

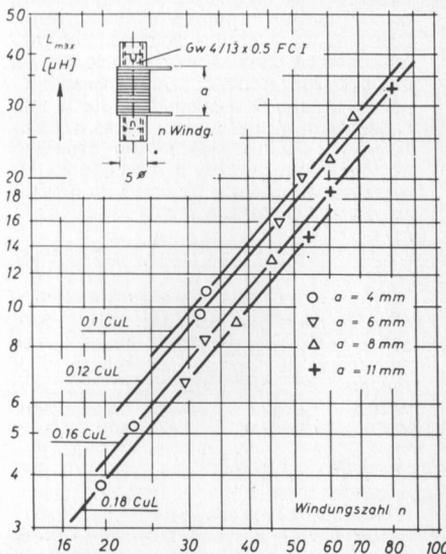
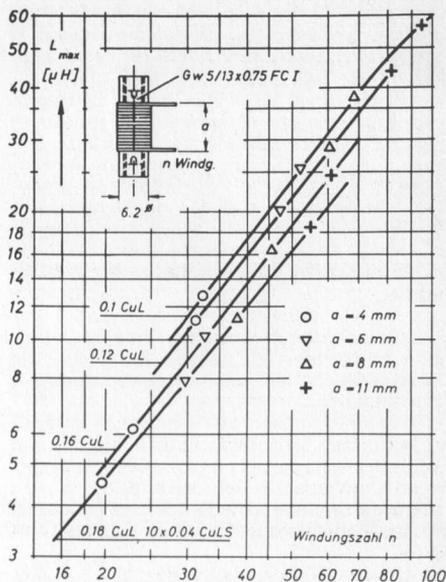


Fig. 5 - Grafici per il calcolo delle induttanze per bobine con schermo VOGT.

A) Modelli D21-1551 e D22-1436  
 B) Modello D11-1274

TIPO DI POLIFERRO		$\mu_e$ del bastoncello			Deriva termica per °C
Colore	Sigla	Ø 4	Ø 5	Ø 6	
ROSSO	FC-FU II	2,2	2	1,7	+ 40.10 <sup>-6</sup>
BLU	FCZ-FUV	1,35	1,32	1,25	+ 15.10 <sup>-6</sup>
MARRONE	FR	1,3	1,3	1,26	+ 60.10 <sup>-6</sup>

Nota: La variazione della permeabilità con la temperatura: deriva termica dei bastoncini è minore essendo  $\mu_e$  minore di  $\mu_r$

dagli altri mediante paratia-schermo, che nel caso delle VHF può essere semplicemente realizzata con un rettangolino di vetronite ramata sulle due facce.

## 5 - Bobine con schermo

Nei ricevitori, particolarmente per gli stadi F.I. e nei generatori di SSB, come pure nei convertitori per traslare il segnale SSB a basso livello nelle gamme radiastiche, è conveniente impiegare bobine con schermo proprio.

La Vogt produce tre modelli interessanti per impiego fino a 40 MHz:

- D 21 - 1551, schermo di base quadrata 15×15 mm, che monta all'interno un supporto da 5 mm, con nucleo FC-FU I da 4 mm, di permeabilità leggermente maggiore del tipo ROSSO di dianzi. Come vedesi dalla figura 5 A, si possono realizzare induttanze da 3 a 38  $\mu$ H, impiegando adatti diametri di filo. Il Q è leggermente inferiore a quello ricavabile dalla fig. 1.
- D 11 - 1274, dimensione della base 19×19; supporto e nucleo simili al precedente; Q leggermente migliore. Induttanze da 3 a 60  $\mu$ H (vedi fig. 5B).
- D 22 - 1436, dimensione di base 15×29 millimetri, all'interno dello schermo si trovano due supporti da 5 mm; ciascuno ha il suo nucleo e l'accordo è indipendente. Le bobine si calcolano con la fig. 5A, però sono accoppiate induttivamente ed il coefficiente di accoppiamento raramente soddisfa le esigenze dell'amatore. Poiché questo montaggio è molto compatto e quindi interessante, specie per i passa-banda, conviene modificare il supporto, inserendo una piccola paratia di sottile lamierino d'ottone, saldata verticalmente al centro della bassetta di supporto (per la descrizione parti-

colareggiata della variante vds RR/10-73 pag. 496, articolo di I4LDA).

Le due bobine indipendenti verranno, poi, accoppiate a passa-banda mediante una piccolissima capacità esterna (accoppiamento capacitivo "in testa").

## LE BOBINE TOROIDALI

Le bobine toroidali, tornate di moda da poco tempo, non sono una novità; le loro proprietà erano note fino dai primordi della radio, ma poi, ad eccezione della radiotecnica francese e tedesca, tutti le avevano dimenticate, o meglio, si pensava ad esse come un indispensabile accessorio alle bassissime frequenze - chi non conosce le bobine di pupinizzazione da 88 mH - e, forse per motivi commerciali, se ne evitava l'impiego a frequenze più alte. La miniaturizzazione, i nuclei ferromagnetici in poliferro ed in ferrite le hanno riportate in voga negli ultimi 10 anni; però, nella opinione di molti, i pregi sono principalmente racchiusi nel nucleo ferro-magnetico; invece i principali meriti delle toroidali, e cioè minimo flusso disperso e di conseguenza Q elevato, stanno nella forma.

La bobina cilindrica ha il flusso disperso apprezzabilmente grande, perché le estremità opposte sono relativamente lontane e quindi le linee di campo percorrono un certo spazio d'aria per richiudersi: però se si prende una bobina cilindrica avvolta in aria, e la si curva in modo che le estremità si tocchino, il discorso cambia, in quanto le linee di forza uscenti dalle estremità opposte si richiudono concatenandosi nello spazio fra le spire (in pratica, non escono più). Il flusso disperso ora è divenuto così piccolo, che avvicinando il dip-

-meter non si riesce più a realizzare l'accoppiamento necessario per ottenere l'indicazione di risonanza<sup>1</sup>.

Quindi la forma toroidale, con o senza supporto ferromagnetico, è sempre vantaggiosa, sia dal punto di vista del Q, sia perché non occorre più mantenere le distanze di rispetto al fine di non degradare la qualità dell'induttore; per di più, si possono mettere vicino due bobine accordate alla stessa frequenza senza schermatura e l'accoppiamento che ne deriva sarà bassissimo, più di tipo capacitivo che induttivo.

Le bobine toroidali permettono, quindi, di realizzare una maggiore compattezza nel montaggio su scheda o su piccoli telai, mentre il fattore di merito è generalmente più alto di quello offerto dai piccoli induttori cilindrici, specie se racchiusi in minuscoli schermi.

Se non si dispone degli speciali supporti ferro-magnetici, per valori di induttanza non troppo grandi, si possono realizzare gli avvolgimenti sopra supporti di materiale plastico: polistirolo, nylon, teflon, in modo da limitare le perdite dielettriche. Sono appunto le perdite nel campo elettrostatico che limitano l'impiego delle forme toroidali; anzi, in generale, da qualche centinaio di chilohertz fino ad alcuni megahertz, il loro impiego non risulta conveniente, a meno di non disporre degli speciali nuclei ferro-magnetici sviluppati nell'ultimo decennio.

La formula per il calcolo dell'induttanza in microhenry (L) è la seguente:

$$L = 4,6 \mu \cdot n^2 \cdot 10^{-3} \cdot h \left( \log \frac{D}{d} \right)$$

in cui:

- n = numero delle spire
- h = altezza del supporto in cm
- D = diametro esterno
- d = diametro del foro

Per la massima induttanza a parità di spire, occorre che d sia piccolo, rispetto a D; ma questo fatto limita il numero delle spire, se non vogliamo usare diametri di filo troppo sottili.

Utilizzando supporti ottenuti tagliando fettine alte 10 mm da una barretta del diametro di 15 mm, forata al centro in modo da realizzare rapporti D/d compresi fra 3 e 5, si possono ottenere valori di induttanze utili per le HF. Non conviene eccedere nel numero delle spire utilizzando fili sottili, a causa delle perdite elettrostatiche che rovinano il Q; per questo motivo l'avvolgimento sarà ad un solo strato, con spire affiancate lungo la circonferenza del foro. Poiché  $\mu$  dipende dalla permeabilità magnetica del supporto, tale grandezza, per bobine come quelle che stiamo descrivendo, vale 1.

In un foro di 5 mm si possono affiancare 33 spire di filo 0,5 smalt; si ottengono così 2,5  $\mu$ H, ed il Q si mantiene alto. Lavorando con i transistori bipolari, date le basse impedenze in gioco, le induttanze non sono grandi e pertanto esclusa la gamma degli 80 m, queste bobine vanno bene tanto per la F.I. di 9 MHz, quanto per tutte le gamme HF, sia in ricezione, che in trasmissione anche nel caso di potenze di parecchi watt; difatti sul supporto indicato si possono avvolgere 10 spire di filo 1,5 smalt. per realizzare 250 nH.

In VHF bobine di 100 nH sono sufficienti per molti scopi: il supporto può essere costituito da alcune rondelle del diametro di 7 mm, sovrapposte in modo che h sia = 5 mm; il diametro del foro sarà 3,5 mm (9 spire di filo 0,8 smalt si avvicinano a 100 nH; il Q si aggira sui 150).

I nuclei ferromagnetici in poliferro hanno valori di  $\mu$  compresi fra 3,5 e 10; pertanto, con essi, si realizzano bobine di parecchi microhenry con un limitato numero di spire, ed il Q rimane alto anche alle più basse HF.

## Supporti ferro-magnetici

I nuclei toroidali sono prodotti utilizzando poliferri, ovvero ferriti; occorre fare una ben chiara distinzione fra le due categorie: nei primi, il  $\mu$  equivale al  $\mu_r$  del miscuglio e quindi si hanno valori compresi fra 10 e 3,5 a seconda della composizione, da cui dipende la gamma di lavoro entro la quale il Q manterrà valori alti. Nelle ferriti, il  $\mu$  è altissimo, bastano quindi poche spi-

<sup>1</sup> Se ripetete l'esperimento, non vi meravigliate se la bobina cilindrica divenuta toroidale presenta all'incirca la stessa frequenza di risonanza - naturalmente se il condensatore fisso saldato alle estremità è lo stesso. Semmai, facendo una misura precisa si troverà una frequenza leggermente più alta perché minore è la capacità parassita essendo nel secondo caso le spire più distanziate. Ma l'induttanza, che dipende dalla lunghezza del filo, è eguale. Il Q è maggiore perché a parità di  $\mu L$ , la resistenza equivalente alle perdite per irradiazione è minore, difatti

$$Q = \frac{\omega L}{r}$$

re per realizzare induttanze grandi: ad esempio, con un supporto di poliferro di 10 mm, 10 spire realizzano 500 nH; ma su un supporto eguale, in ferrite a 10 spire corrispondono 3  $\mu$ H.

I nuclei ferro-magnetici, essendo chiusi, hanno una riluttanza bassa quindi sono facilmente saturabili, specie quando sono percorsi da c.c.; negli stadi di potenza di qualche watt, si preferisce alimentare il collettore del transistor in parallelo, in modo che il risonatore - o il trasformatore a larga banda - siano percorsi solo dalla corrente A.F. Ad ogni modo, anche con questo accorgimento, è bene impiegare, oltre il watt, diametri maggiori del comune mezzo pollice, specie se si tratta di ferrite.

### 1 - Supporti in poliferro

Ci riferiamo ai dati della Micro-Metals, per il semplice motivo che questi componenti vengono venduti al dettaglio, indirizzandosi alla:

Amidon Associates USA 91607 California - 12033 Otsego Street - North Hollywood, aggiungendo all'ordine 1 dollaro per le spese di spedizione. Il pacchetto giunge per posta aerea in brevissimo tempo. La rimessa del denaro si può fare tramite Banca; dato il piccolo importo, generalmente i funzionari non fanno difficoltà riguardo al fatto che manca la fattura.

I tipi più impiegati, per la ricezione, filtri e simili, nonché per livelli di potenze modesti, sono visibili in tabella 2. La seconda cifra del numero di catalogo indica il tipo di miscuglio, secondo questi dati:

- n. 2 = Ferrocobaltite tipo E - colore di codice ROSSO -  $\mu = 10$
- n. 6 = Ferrocobaltite tipo SF - colore di codice GIALLO -  $\mu = 8$
- n. 10 = Ferrocobaltite tipo W - colore di codice NERO -  $\mu = 6$
- n. 12 = Tipo speciale VHF (60 - 200 MHz) colore di codice BIANCO/VERDE -  $\mu = 3,5$ .

Riguardo al Q, esso dipende anche dal diametro del filo e dal numero di spire; in figura 1 riportiamo in grafico l'adempienza del supporto T50-6 per induttanze comprese fra 1,6 e 31,5  $\mu$ H. Come si vede, le perdite, dovute soprattutto alla componente elettrostatica, tendono ad una frequenza ottima entro un ristretto campo; ma con i diametri maggiori di filo e le induttanze minori, la gamma d'impiego, con Q abbastanza costante, si allarga.

Per il calcolo dell'induttanza, si impie-

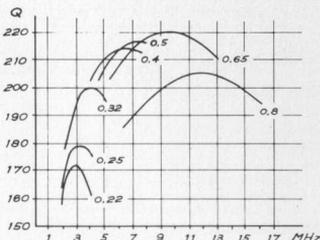


Fig. 1 - Adempienza del nucleo toroidale T 50-6 della Micro-Metals.

Filo	Spire	Induttanze $\mu$ H
0,8	19	1,6
0,65	25	2,6
0,5	34	4,7
0,4	42	7,5
0,32	62	14,4
0,25	82	25
0,22	92	31,4

ga la formula di dianzi, dando a  $\mu$  il valore indicato, per un certo tipo di miscuglio; appare evidente che, se  $\mu = 10$ ; il numero di spire per ottenere una certa induttanza è circa 1/3 di quello necessario quando il supporto, delle stesse dimensioni (D, d, h), non è ferro-magnetico.

### 2 - Supporti di ferrite

Gli inconvenienti principali sono dovuti alla elevata permeabilità: a causa di essa, l'errore di una spira porta a forti differenze nella induttanza per di più, si hanno notevoli variazioni di Q e di induttanza per variazioni anche limitate della temperatura; inoltre il materiale è più saturabile del poliferro.

All'inizio della saturazione si ha un notevole aumento di spurie, nel caso di un ricevitore, ed una considerevole generazione di spurie - distorsione e intermodulazione - nel caso di un amplificatore lineare.

I supporti toroidali di ferrite sono utili tanto negli stadi di ingresso dei ricevitori (per realizzare la massima selettività possibile, grazie al fattore di merito della bobina, molto più alto del normale), quanto per costruire dei trasformatori "larga banda" per accoppiare l'ingresso e l'uscita di amplificatori di potenza con transistori bipolari (trasformatori del genere che coprono da 3 a 30 MHz ed accettano potenze di un centinaio di watt, si realizzano con relativa facilità).

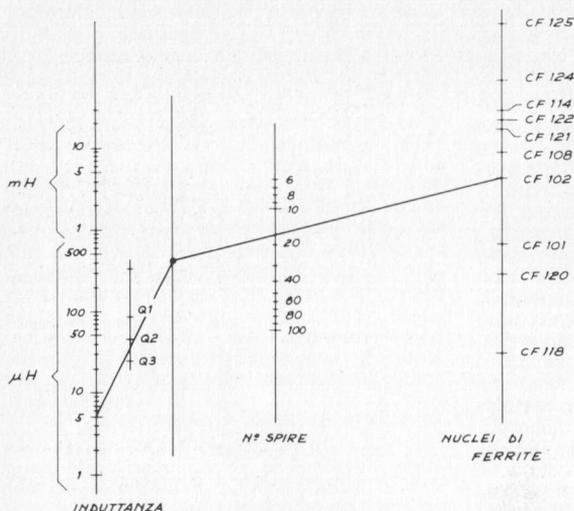


Fig. 2 - Nomogramma per l'impiego dei nuclei toroidali in ferrite prodotti dalla Indiana Corp. Le rette tracciate sul nomogramma si riferiscono ad un tipico esempio d'impiego: per ottenere 5  $\mu$ H col nucleo delle dimensioni CF 102, tipo di impasto Q2; occorre avvolgere 16 spire.

In fig. 2 è visibile il monogramma per il calcolo di bobine toroidali avvolte su nuclei prodotti dalla Indiana Gen. Corp.; ottimi nuclei in Ferroxcube sono pure prodotti in Europa dalla Philips, ma a meno che non si disponga di particolari entrate, è più facile avere materiali e dati tecnici dall'USA che dalla ditta che si trova vicino a casa.

Col metodo della rimessa bancaria anticipata, la Indiana, invia anche pochi esemplari per via aerea, e dà corso ad ordini non minori di 5 dollari: l'ordine va inviato a: Termag Corp. USA - 11418 N.Y. - 88-06 Express way - Jamaica<sup>2</sup>.

I nuclei più usati nei ricevitori, negli stadi di 9 MHz in quelli HF e simili sono i CF 102 e CF 103. Il CF 118 è piccolissimo; il CF 125 ha un diametro di 15 cm ed accetta potenze di circa 20 kW. Il numero di catalogo che identifica le dimensioni, è accompagnato dalla sigla dell'impasto (Q):  
 $Q_1$  = permeabilità 125, uso fino a 10 MHz  
 $Q_2$  = permeabilità 40, uso fino a 50 MHz  
 $Q_3$  = permeabilità 16, uso fino a 250 MHz

Per l'amatore quindi, i CF 102/Q3 e CF 102/Q2 sono i più indicati: in generale sono sufficienti circa 50 spire per la gamma 80 m e 8 spire per la gamma 10 m.

### 2.1 - Trasformatori larga banda per HF

Questi trasformatori sono ormai di uso generale per adattare le impedenze di ingresso e d'uscita degli amplificatori di potenza e transistori. Poiché le resistenze di ingresso e d'uscita del transistor sono molto basse, si realizzano, di norma, trasformatori con rapporto 4:1 per la base e 1:4 per il collettore.

L'amplificatore da 10 W con RCA 40977 visibile in fig. 3 copre le 5 gamme HF senza accordo in ingresso od uscita, però prima del cavo di antenna si deve mettere il filtro, da sostituire, quando si cambia gamma; essendo senza polarizzazione fissa, per il funzionamento in AB, questo amplificatore non è idoneo ad amplificare segnali SSB.

Per adattare l'impedenza di ingresso vengono usati due trasformatori (T1 e T2) difatti la resistenza di base è circa 1/16 di quella del cavo da 50 ohm, attraverso cui viene applicata l'eccitazione di 2 W.

Sul collettore vi è il trasformatore T3 con rapporto in salita 1:4, che adatta la resistenza di uscita al cavo da 50 ohm; il fil-

<sup>2</sup> I nuclei in ferrite della Indiana sono venduti al dettaglio anche da HAL DEVICES-USA - 61801 Illinois - BOX 365 HF - URBANA.

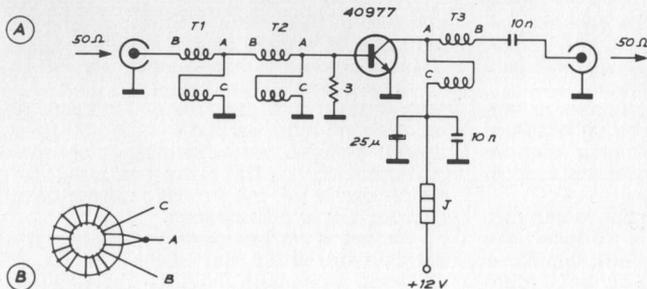


Fig. 3 - Amplificatore HF a transistor.

- A) Stadio da 10 W con trasformatori a larga-banda T1 + T2 abbassano di 16 volte l'impedenza del cavo di ingresso (50 ohm)  
 T3 moltiplica per 4 la resistenza di uscita del transistor, portandola circa 50 ohm, in modo da coniugarsi col cavo.  
 B) Collegamento degli avvolgimenti bifilari, per ottenere il rapporto di trasformazione 4:1 ovvero 1:4.

tro di banda, inseribile mediante connettori, è realizzato con nuclei toroidali in poli-ferro T80-2.

Costruzione dei trasformatori di fig. 3. Due fili di 0,8 smaltati, meglio se ricoperti in teflon, vengono intrecciati fra loro, per realizzare le 13 spire bifilari; ogni pezzo di conduttore sarà lungo circa 40 cm. I nuclei in ferrite della Amidon sono siglati FT 75-601. Si avvolgono le 13 spire attorno al nucleo, quindi si collegano come in fig. 3B; sarà bene fermare le estremità dei fili mediante un collante resistente al calore, in modo che le spire restino ben ferme (il rapporto di trasformazione è 4:1). Con avvolgimenti trifilari, si possono realizzare diversi rapporti di trasformazione.

Su QST Jan. 75 a pag. 34 - OZ1AM descrive trasformatori larga banda per un amplificatore lineare da 100 W che impiega 2 transistori Philips BLX 14, montati in opposizione. Occorrono circa 3 W d'eccitazione; però, a meno che il segnale d'ingresso non sia eccezionalmente privo di spurie, e l'amplificatore non lavori in condizioni pressoché ideali, l'impiego di filtri di banda intercambiabili - passando da una gamma all'altra - è indispensabile. Questa complicazione annulla in gran parte i vantaggi offerti dai "larga banda".

### 3 - Come si avvolgono le bobine toroidali

Specialmente quando le spire sono numerose ed il filo sottile, il metodo migliore è quello illustrato in fig. 5. Con del consistente cartoncino fibrato si prepara un supporto la cui larghezza sia minore del foro, la lunghezza sarà di una decina di centimetri.

Si passa questa specie di spoletta en-

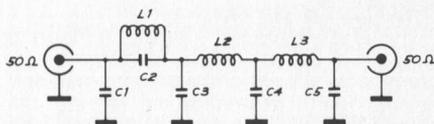


Fig. 4 - Filtro di banda da inserire nel cavo di antenna. Impiegando per gli induttori nuclei Amidon T80-2 e filo 0,8 smaltato la massima potenza RF ammissibile è 15 W.

Le induttanze e capacità necessarie per i 4 filtri sono riportate in tabella 4.

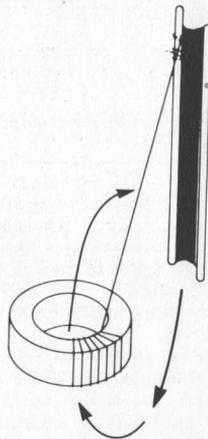


Fig. 5 - Un pratico metodo per avvolgere le bobine.

tro il foro, per formare la spira, avendo cura di posizionare la spira in modo giusto e tesando il filo in modo che aderisca bene al nucleo: il metodo migliore è quello di spaziare le spire in modo da occupare tutta la circonferenza del foro.

Se le spire vengono raggruppate in modo da occupare solo una parte dello spazio disponibile, il Q sarà leggermente inferiore a quello realizzabile quando le spire occupano tutta la circonferenza.

Le estremità si fissano con polistirolo fuso in trielina oppure con il "Q dope" che è poi la stessa cosa, ma di alta qualità: è bene non ricoprire tutto di collante, però si può fare un rivestimento omogeneo di "Q dope", ovvero con delle cere dielettriche apposite.

#### 4 - Misure col Dip Meter

Il metodo migliore è quello raffigurato in fig. 6: si salda il solito condensatore di valore noto, alle estremità dei terminali dell'avvolgimento. Si avvolge sul toroide una spira di filo flessibile per collegamenti; poi si intrecciano i due codini e si forma all'altra estremità, una doppia spirale, infine si saldano i due estremi.

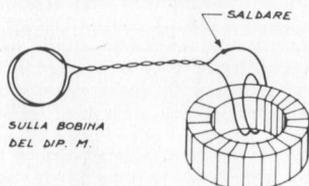


Fig. 6 - Accoppiamento del Dip-meter alle bobine toroidali, mediante links.

Le due spire libere avranno un diametro leggermente maggiore di quello della bobina del dip-meter, su cui si imposteranno.

Si realizza in questo modo un accoppiamento magnetico a link, che risulta di gran lunga migliore dell'incerto accoppiamento capacitivo.

Il "dip" dello strumento risulta, in genere, molto marcato, essendo il Q alto; misure di Q col dip-meter sono possibili, seppure non esattissime usando uno dei metodi escogitati dagli amatori<sup>3</sup>.

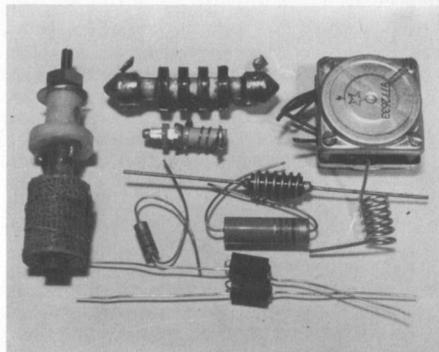
#### 5 - Le perline di ferrite

Si tratta di minuscoli nuclei toroidali con foro di 0,85 mm e diametro esterno di circa 3 mm, altezza eguale al diametro - il  $\mu$  del composto si aggira intorno a 900.

Queste perline sono prodotte da numerose ditte; il loro scopo è di smorzare gli impulsi in certe parti dei circuiti logici, dove il disturbo provocherebbe false commutazioni. Per gli OM alle prese con i transistori sia in HF che in VHF, queste perline sono un vero toccasana.

Da una a tre perline infilate su un filo del diametro di 0,8 mm (come J di fig. 3) ne fanno aumentare l'induttanza, al punto che un centimetro di conduttore diritto equivale ad una bobina d'arresto VHF. Per di più si tratta di un'induttanza con Q basso che generalmente scoraggia l'insorgere della risonanza in circuiti a bassissima impedenza, come ad esempio il tratto base-massa di un transistor, od il conduttore d'alimentazione del collettore. Oltre a questi tipici impieghi, le perline sono utilissime per disaccoppiare, tanto in HF quanto in VHF ed anche in 432 MHz, circuiti comuni di alimentazione che possono creare accoppiamenti reattivi fra stadi.

Con tre spire di filo 0,3 avvolte come una toroidale, attorno alla perlina, si realizza una bobina d'arresto VHF, simile alla VK 200.



Vari tipi di induttori.

<sup>3</sup> Vds MICELI - Strumenti e Misure Radio - pag. 37 (Ed. IL ROSTRO).

Tab. 1

Rapporti D/d	log D/d
2/1	0,3
2,5/1	0,4
3/1	0,48
3,5/1	0,54
4/1	0,6
4,5/1	0,65
5/1	0,7

Tab. 4

Com- ponenti	Gamme			
	80 m	40 m	20 m	15 e 10 m
C <sub>1</sub>	800 pF	400 pF	210 pF	105 pF
C <sub>2</sub>	680	340	180	90
C <sub>3</sub>	2,2 nF	1,1 nF	590 pF	300 pF
C <sub>4</sub>	2,8 nF	1,4 nF	750 pF	380 pF
C <sub>5</sub>	1150 pF	575 pF	300 pF	150 pF
L <sub>1</sub>	1,2 μH	590 nH	320 nH	160 nH
L <sub>2</sub>	1,6 μH	800 nH	450 nH	230 nH
L <sub>3</sub>	2 μH	1 μH	520 nH	260 nH

Per le bobine nuclei T80 fino a 15 W - gamme 80 e 40 m supporti T80-2; supporti T80-6 per le altre gamme.

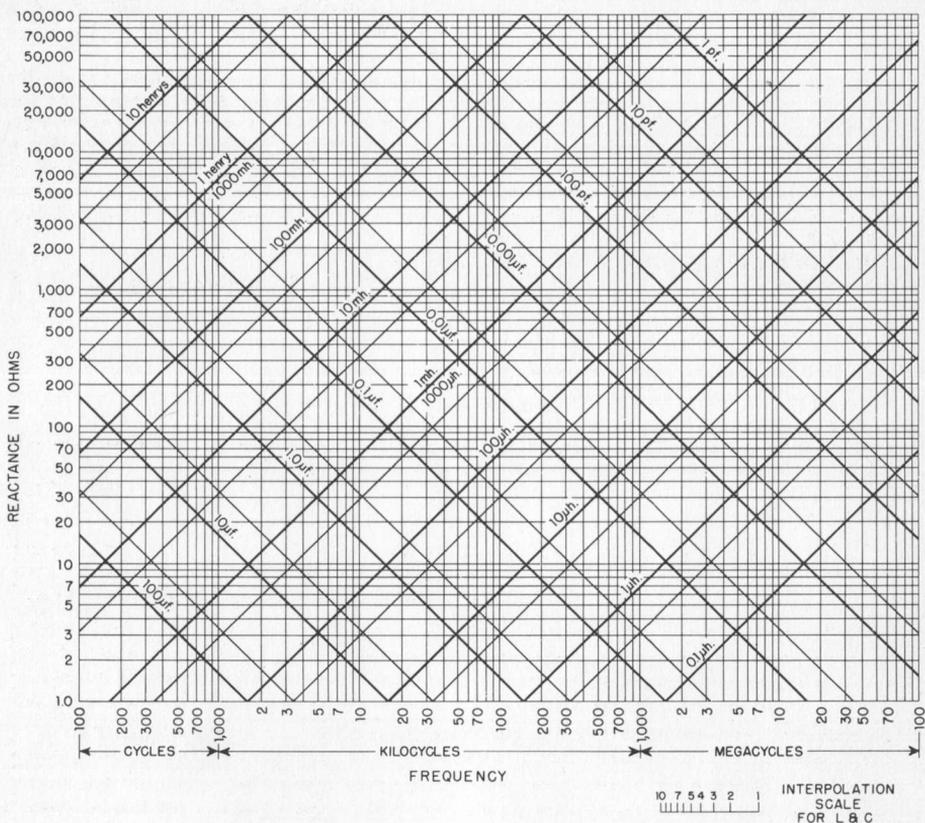
Tab. 2 - Nuclei toroidali Micro-Metals - Dimensioni dei tipi più convenienti

Modello	Diam esterno	Diam foro	Altezza (h)
T50- 2 6 10	0,5"	0,3"	0,19"
T37- 2 6 10	0,37"	0,21"	0,12"
T25- 2 6 10	0,25"	0,12"	0,09"
Significato della 2ª cifra			
2 gamma d'impiego da 500 kHz a 10 MHz			
6 gamma d'impiego da 6 a 30 MHz			
10 gamma d'impiego da 30 a 60 MHz			

Tab. 3 - Esempi tipici d'impiego

Modello	Filo smalt	N. di spire	Induttanza (μH)	Q alla Frequenza di
T50-2	0,8	19	2,1	207
6	1 mm	14	0,86	225
10	0,8	10	0,37	178
T50- 2	0,25	79	33	200
6	0,65	25	2,6	220
10	0,8	15	0,8	190
T50- 2	0,2	200	218	124
6	0,4	42	7,5	214
10	0,65	20	1,38	188

# TABELLA REATTANZE



**Reattanze induttiva e capacitiva in funzione della frequenza.** Le linee più grosse rappresentano i multipli di 10, le linee medie i multipli di 5; per esempio, la linea leggera fra 10 uH e 100 uH rappresenta 50 uH, la linea leggera fra 0,1 uF e 1 uF rappresenta 0,5 uF. I valori intermedi vanno approssimati fra quelli riportati. Le

reattanze fuori dalla gamma compresa nella carta possono essere ottenute apportando gli opportuni fattori di moltiplicazione ai valori compresi nella carta. Per esempio, la reattanza di 10 H a 60 Hz si può ottenere prendendo il valore di 10 H a 600 Hz e dividendo per 10 (in quanto la frequenza è più bassa 10 volte); l'inverso vale per le reattanze capacitive.

# TABELLE PER CIRCUITI RISONANTI

Ci sono alcune persone che sanno stimare a occhio una bobina per circuito risonante entro il 10 per cento. Per sviluppare ed esercitare questa specie di senso ci vogliono decine di anni di esperienza: oggi l'elettronica cammina troppo in fretta e le giovani generazioni non hanno pazienza.

Perciò dietro sollecitazione di I4BBE Junior ho ripescato da un vecchio Handbook una formula per il calcolo delle induttanze cilindriche.

Questa formula, trasformata da pollici a millimetri e semplificata per bobine a un solo strato, è stato "programmata" da I4BBEXYL e in circa dieci minuti un calcolatore IBM 1130 ha fornito le tabelle qui pubblicate. Le tabelle A e B permettono di stabilire il valore di L necessario per risuonare a qualunque frequenza compresa tra 1 e 300 MHz con capacità comprese tra 3,3 e 390 pF.

Le tabelle da 1 a 18 forniscono il numero di spire necessarie per ogni combinazione di diametro e lunghezza comprese tra 2,5 e 25 mm e per induttanze tra 0,05 uH e 100 uH. Cambiando una sola scheda è stato possibile ottenere tabelle con valori superiori delle dimensioni della bobina (tab. 15 + 65).

**Gianfranco Sinigaglia I4BBE**

TABELLA A  
FREQUENZA DI RISONANZA IN HZ

L IN MICRO H	CAPACITÀ IN PICO FARAD												
	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	10.0	12.0	15.0	18.0	22.0	27.0	33.0
0.05	392.01M	360.59M	328.47M	300.92M	273.08M	248.68M	225.19M	205.57M	183.86M	167.84M	151.82M	137.04M	123.96M
0.07	331.30M	304.76M	277.61M	254.32M	230.80M	210.17M	190.32M	173.74M	155.39M	141.85M	128.31M	115.82M	104.76M
0.10	277.19M	254.98M	232.26M	212.78M	193.10M	175.84M	159.23M	145.36M	130.01M	118.68M	107.35M	96.90M	87.65M
0.20	196.00M	180.29M	164.23M	150.46M	136.54M	124.34M	112.59M	102.78M	91.93M	83.92M	75.91M	68.52M	61.98M
0.30	160.03M	147.21M	134.10M	122.85M	111.48M	101.52M	91.93M	83.92M	75.06M	68.52M	61.98M	55.94M	50.60M
0.50	123.96M	114.03M	103.87M	95.16M	86.35M	78.64M	71.21M	65.00M	58.14M	53.07M	48.01M	43.33M	39.20M
0.70	104.76M	96.37M	87.78M	80.42M	72.98M	66.46M	60.18M	54.94M	49.14M	44.85M	40.57M	36.62M	33.13M
1.00	87.65M	80.63M	73.44M	67.28M	61.06M	55.60M	50.35M	45.96M	41.11M	37.53M	33.94M	30.64M	27.71M
2.00	61.98M	57.01M	51.93M	47.58M	43.17M	39.32M	35.60M	32.50M	29.07M	26.53M	24.00M	21.66M	19.60M
3.00	50.60M	46.55M	42.40M	38.84M	35.25M	32.10M	29.07M	26.53M	23.73M	21.66M	19.60M	17.69M	16.00M
5.00	39.20M	36.05M	32.84M	30.09M	27.30M	24.86M	22.51M	20.55M	18.38M	16.78M	15.18M	13.70M	12.39M
7.00	33.13M	30.47M	27.76M	25.43M	23.08M	21.01M	19.03M	17.37M	15.53M	14.18M	12.83M	11.58M	10.47M
10.00	27.71M	25.49M	23.22M	21.27M	19.31M	17.58M	15.92M	14.53M	13.00M	11.86M	10.73M	9.69M	8.76M
20.00	19.60M	18.02M	16.42M	15.04M	13.65M	12.43M	11.25M	10.27M	9.19M	8.39M	7.59M	6.85M	6.19M
30.00	16.00M	14.72M	13.41M	12.28M	11.14M	10.15M	9.19M	8.39M	7.50M	6.85M	6.19M	5.59M	5.06M
50.00	12.39M	11.40M	10.38M	9.51M	8.63M	7.86M	7.12M	6.50M	5.81M	5.30M	4.80M	4.33M	3.92M
70.00	10.47M	9.63M	8.77M	8.04M	7.29M	6.64M	6.01M	5.49M	4.91M	4.48M	4.05M	3.66M	3.31M
100.00	8.76M	8.06M	7.34M	6.72M	6.10M	5.56M	5.03M	4.59M	4.11M	3.75M	3.39M	3.06M	2.77M

TABELLA B

FREQUENZA DI RISONANZA IN HZ

L IN MICRO H	CAPACITA' IN PICO FARAD												
	39.0	47.0	56.0	68.0	82.0	100.0	120.0	150.0	180.0	220.0	270.0	330.0	390.0
0.05	114.03M	103.87M	95.16M	86.35M	78.64M	71.21M	65.00M	58.14M	53.07M	48.01M	43.23M	39.20M	36.05M
0.07	96.37M	87.78M	80.42M	72.98M	66.46M	60.18M	54.96M	49.14M	44.85M	40.57M	36.62M	33.13M	30.47M
0.10	80.63M	73.44M	67.28M	61.06M	55.60M	50.35M	45.96M	41.11M	37.53M	33.94M	30.64M	27.71M	25.49M
0.20	57.01M	51.93M	47.58M	43.17M	39.32M	35.60M	32.50M	29.07M	26.53M	24.00M	21.66M	19.60M	18.02M
0.30	46.55M	42.60M	38.84M	35.25M	32.10M	29.07M	26.53M	23.73M	21.66M	19.60M	17.69M	16.00M	14.72M
0.50	36.05M	32.84M	30.09M	27.30M	24.86M	22.51M	20.55M	18.38M	16.78M	15.18M	13.70M	12.39M	11.40M
0.70	30.47M	27.76M	25.43M	23.08M	21.01M	19.03M	17.37M	15.53M	14.18M	12.83M	11.58M	10.47M	9.63M
1.00	25.49M	23.22M	21.27M	19.31M	17.58M	15.92M	14.53M	13.00M	11.86M	10.73M	9.69M	8.76M	8.06M
2.00	18.02M	16.42M	15.04M	13.65M	12.43M	11.25M	10.27M	9.19M	8.39M	7.59M	6.85M	6.19M	5.70M
3.00	14.72M	13.41M	12.28M	11.14M	10.15M	9.19M	8.39M	7.50M	6.85M	6.19M	5.59M	5.06M	4.65M
5.00	11.40M	10.38M	9.51M	8.63M	7.86M	7.12M	6.50M	5.81M	5.30M	4.80M	4.33M	3.92M	3.60M
7.00	9.63M	8.77M	8.04M	7.29M	6.64M	6.01M	5.49M	4.91M	4.48M	4.05M	3.66M	3.31M	3.04M
10.00	8.06M	7.34M	6.72M	6.10M	5.56M	5.03M	4.59M	4.11M	3.75M	3.39M	3.06M	2.77M	2.54M
20.00	5.70M	5.19M	4.75M	4.31M	3.93M	3.56M	3.25M	2.90M	2.65M	2.40M	2.16M	1.96M	1.80M
30.00	4.65M	4.24M	3.88M	3.52M	3.21M	2.90M	2.65M	2.37M	2.16M	1.96M	1.76M	1.60M	1.47M
50.00	3.60M	3.28M	3.00M	2.73M	2.48M	2.25M	2.05M	1.83M	1.67M	1.51M	1.37M	1.23M	1.14M
70.00	3.04M	2.77M	2.54M	2.30M	2.10M	1.90M	1.73M	1.55M	1.41M	1.28M	1.15M	1.04M	963.73K
100.00	2.54M	2.32M	2.12M	1.93M	1.75M	1.59M	1.45M	1.30M	1.18M	1.07M	969.07K	876.56K	806.32K

TABELLA 1 NUMERO SPIRE PER L = 0.05 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	5.6	7.4	8.9	10.1	11.3	12.3	13.2	14.1	14.9	15.7
5.0	3.1	4.0	4.6	5.2	5.8	6.3	6.7	7.2	7.6	8.0
7.5	2.3	2.8	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	4.8	5.1	5.4
10.0	*****	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1
12.5	*****	*****	2.1	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3
15.0	*****	*****	*****	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8
17.5	*****	*****	*****	*****	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	
20.0	*****	*****	*****	*****	*****	2.0	2.0	2.1		
22.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
25.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

TABELLA 2 NUMERO SPIRE PER L = 0.07 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	6.6	8.8	10.5	12.0	13.3	14.5	15.6	16.7	17.7	18.6
5.0	3.7	4.7	5.5	6.2	6.8	7.4	8.0	8.5	9.0	9.4
7.5	2.7	3.3	3.8	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	6.1	6.4
10.0	2.2	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6	4.8
12.5	*****	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9
15.0	*****	*****	2.1	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3
17.5	*****	*****	*****	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8
20.0	*****	*****	*****	*****	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
22.5	*****	*****	*****	*****	*****	2.0	2.1	2.2	2.3	
25.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

TABELLA 16 NUMERO SPIRE PER L = 1.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0
20.0	8.9	9.7	10.4	11.1	11.8	12.4	13.0	13.6	14.1	14.6
25.0	7.3	8.0	8.5	9.1	9.6	10.1	10.5	11.0	11.4	11.8
30.0	6.3	6.8	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.6	10.0
35.0	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.4	7.7	8.0	8.3	8.6
40.0	5.0	5.3	5.7	6.0	6.3	6.6	6.8	7.1	7.4	7.6
45.0	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	5.9	6.2	6.4	6.6	6.8
50.0	4.1	4.4	4.7	4.9	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2
55.0	3.8	4.1	4.3	4.5	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.7
60.0	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3
65.0	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9

TABELLA 26 NUMERO SPIRE PER L = 2.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0
20.0	12.6	13.7	14.8	15.8	16.7	17.6	18.4	19.2	20.0	20.7
25.0	10.4	11.3	12.1	12.8	13.6	14.3	14.9	15.5	16.1	16.7
30.0	8.9	9.6	10.3	10.9	11.5	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1
35.0	7.8	8.4	9.0	9.5	10.0	10.5	10.9	11.4	11.8	12.2
40.0	7.0	7.5	8.0	8.5	8.9	9.3	9.7	10.1	10.4	10.8
45.0	6.4	6.8	7.3	7.6	8.0	8.4	8.7	9.1	9.4	9.7
50.0	5.9	6.3	6.6	7.0	7.3	7.6	8.0	8.2	8.5	8.8
55.0	5.5	5.8	6.1	6.5	6.8	7.0	7.3	7.6	7.8	8.1
60.0	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.5	6.8	7.0	7.3	7.5
65.0	4.8	5.1	5.4	5.6	5.9	6.1	6.3	6.5	6.8	7.0

TABELLA 3 NUMERO SPIRE PER L= 0,10 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5	8,0	10,5	12,6	14,4	16,0	17,4	18,7	20,0	21,1	22,2
5,0	4,4	5,6	6,6	7,4	8,2	8,9	9,5	10,1	10,7	11,3
7,5	3,2	4,0	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5	6,9	7,3	7,6
10,0	2,6	3,1	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,2	5,5	5,8
12,5	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7
15,0	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
17,5	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6
20,0	*****	*****	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0
22,5	*****	*****	*****	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
25,0	*****	*****	*****	*****	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

TABELLA 3 B NUMERO SPIRE PER L= 3,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0
20,0	15,4	16,8	18,1	19,3	20,4	21,5	22,5	23,5	24,4	25,3
25,0	12,7	13,8	14,8	15,7	16,6	17,5	18,3	19,0	19,8	20,5
30,0	10,9	11,8	12,6	13,4	14,1	14,8	15,4	16,1	16,7	17,3
35,0	9,6	10,3	11,0	11,7	12,3	12,9	13,4	13,9	14,5	15,0
40,0	8,6	9,2	9,8	10,4	10,9	11,4	11,9	12,3	12,8	13,2
45,0	7,8	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,7	11,1	11,5	11,9
50,0	7,2	7,7	8,1	8,6	9,0	9,4	9,7	10,1	10,5	10,8
55,0	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3	8,6	9,0	9,3	9,6	9,9
60,0	6,3	6,7	7,0	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2
65,0	5,9	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,0	8,3	8,5

TABELLA 4 NUMERO SPIRE PER L= 0,20 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5	11,3	14,9	17,8	20,3	22,6	24,6	26,5	28,2	29,9	31,4
5,0	6,3	8,0	9,3	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2	16,0
7,5	4,6	5,6	6,5	7,3	8,0	8,6	9,2	9,7	10,3	10,8
10,0	3,7	4,4	5,0	5,6	6,1	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2
12,5	3,2	3,7	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,0	6,4	6,6
15,0	2,8	3,2	3,6	4,0	4,3	4,6	4,8	5,1	5,4	5,6
17,5	2,5	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,7	4,9
20,0	2,3	2,6	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3
22,5	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9
25,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5

TABELLA 4 B NUMERO SPIRE PER L= 3,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0
20,0	20,0	21,7	23,4	25,0	26,4	27,8	29,1	30,4	31,6	32,7
25,0	16,4	17,8	19,1	20,3	21,5	22,6	23,6	24,6	25,6	26,5
30,0	14,1	15,2	16,3	17,3	18,2	19,1	20,0	20,8	21,6	22,3
35,0	12,4	13,4	14,2	15,1	15,9	16,6	17,3	18,0	18,7	19,3
40,0	11,1	11,9	12,7	13,4	14,1	14,7	15,4	16,0	16,5	17,1
45,0	10,1	10,8	11,5	12,1	12,7	13,3	13,8	14,4	14,9	15,3
50,0	9,3	10,0	10,5	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	14,0
55,0	8,7	9,2	9,7	10,2	10,7	11,2	11,6	12,0	12,4	12,8
60,0	8,1	8,6	9,1	9,5	10,0	10,4	10,8	11,1	11,5	11,9
65,0	7,6	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,0	10,4	10,7	11,0

TABELLA 5 NUMERO SPIRE PER L= 0,30 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5	13,8	18,3	21,9	24,9	27,7	30,1	32,4	34,6	36,6	38,5
5,0	7,7	9,7	11,4	12,9	14,2	15,4	16,6	17,6	18,6	19,5
7,5	5,6	6,9	8,0	8,9	9,7	10,5	11,3	12,0	12,6	13,2
10,0	4,5	5,4	6,2	6,9	7,5	8,1	8,6	9,1	9,6	10,0
12,5	3,9	4,5	5,1	5,7	6,1	6,6	7,0	7,4	7,8	8,1
15,0	3,4	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3	6,6	6,9
17,5	3,1	3,5	3,9	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,7	6,0
20,0	2,8	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,6	4,8	5,1	5,3
22,5	2,6	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
25,0	2,4	2,7	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3

TABELLA 5 B NUMERO SPIRE PER L= 7,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0
20,0	23,6	25,7	27,7	29,5	31,3	32,9	34,4	35,9	37,4	38,7
25,0	19,5	21,1	22,6	24,1	25,4	26,7	28,0	29,1	30,3	31,3
30,0	16,7	18,0	19,3	20,4	21,6	22,6	23,6	24,6	25,5	26,4
35,0	14,7	15,8	16,9	17,8	18,8	19,7	20,5	21,3	22,1	22,9
40,0	13,2	14,1	15,0	15,9	16,7	17,5	18,2	18,9	19,6	20,2
45,0	12,0	12,8	13,6	14,4	15,1	15,7	16,4	17,0	17,6	18,2
50,0	11,0	11,8	12,5	13,1	13,7	14,3	14,9	15,5	16,0	16,5
55,0	10,3	10,9	11,5	12,1	12,7	13,2	13,7	14,2	14,7	15,2
60,0	9,6	10,2	10,8	11,3	11,8	12,3	12,7	13,2	13,6	14,0
65,0	9,1	9,6	10,1	10,6	11,0	11,5	11,9	12,3	12,7	13,1

TABELLA 6 NUMERO SPIRE PER L= 0,50 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5	17,8	23,6	28,2	32,2	35,7	38,9	41,9	44,7	47,3	49,7
5,0	10,0	12,6	14,8	16,7	18,4	20,0	21,4	22,8	24,0	25,2
7,5	7,3	8,9	10,3	11,5	12,6	13,6	14,6	15,4	16,3	17,1
10,0	5,9	7,0	8,0	8,9	9,7	10,4	11,1	11,8	12,4	13,0
12,5	5,0	5,9	6,6	7,3	8,0	8,5	9,1	9,6	10,1	10,5
15,0	4,4	5,1	5,7	6,3	6,8	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9
17,5	4,0	4,6	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,4	7,7
20,0	3,7	4,1	4,6	5,0	5,3	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8
22,5	3,4	3,8	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	5,9	6,2
25,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	4,9	5,2	5,4	5,6

TABELLA 6 B NUMERO SPIRE PER L= 10,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0
20,0	28,2	30,8	33,1	35,3	37,4	39,3	41,2	43,0	44,7	46,3
25,0	23,3	25,2	27,1	28,8	30,4	32,0	33,4	34,8	36,2	37,5
30,0	20,0	21,6	23,0	24,4	25,8	27,0	28,2	29,4	30,5	31,6
35,0	17,6	18,9	20,2	21,3	22,4	23,5	24,5	25,5	26,4	27,4
40,0	15,8	16,9	18,0	19,0	20,0	20,9	21,7	22,6	23,4	24,2
45,0	14,4	15,3	16,3	17,2	18,0	18,8	19,6	20,3	21,0	21,7
50,0	13,2	14,1	14,9	15,5	16,4	17,2	17,8	18,5	19,1	19,7
55,0	12,3	13,1	13,8	14,5	15,2	15,8	16,4	17,0	17,6	18,1
60,0	11,5	12,2	12,9	13,5	14,1	14,7	15,2	15,8	16,3	16,8
65,0	10,8	11,5	12,1	12,6	13,2	13,7	14,2	14,7	15,2	15,6

TABELLA 7 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 0.70 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	21.1	28.0	33.4	38.1	42.3	46.1	49.6	52.9	56.0	58.9
5.0	11.8	16.9	17.5	19.7	21.8	23.6	25.3	26.9	28.4	29.9
7.5	8.5	10.5	17.2	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3	20.2
10.0	7.0	8.3	9.5	10.5	11.5	12.4	13.2	14.0	14.7	15.4
12.5	5.9	7.0	7.9	8.7	9.4	10.1	10.7	11.3	11.9	12.5
15.0	5.2	6.1	6.8	7.4	8.0	8.6	9.1	9.6	10.1	10.5
17.5	4.7	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	7.9	8.4	8.8	9.1
20.0	4.3	4.9	5.4	5.9	6.3	6.7	7.1	7.4	7.8	8.1
22.5	4.0	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3
25.0	3.8	4.2	4.6	4.9	5.2	5.6	5.8	6.1	6.4	6.6

TABELLA 8 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 1.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	33.4	40.0	45.6	50.5	55.1	59.3	63.2	66.9	70.4	
5.0	14.1	17.8	20.9	23.6	26.0	28.2	30.3	32.2	34.0	35.7
7.5	10.3	12.6	14.6	16.3	17.8	19.3	20.6	21.9	23.0	24.2
10.0	8.3	10.0	11.4	12.6	13.7	14.8	15.8	16.7	17.6	18.4
12.5	7.1	8.3	9.4	10.4	11.3	12.1	12.8	13.6	14.3	14.9
15.0	6.3	7.3	8.1	8.9	9.6	10.3	10.9	11.5	12.1	12.6
17.5	5.7	6.5	7.2	7.8	8.4	9.0	9.5	10.0	10.5	10.9
20.0	5.2	5.9	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	8.9	9.3	9.7
22.5	4.8	5.4	5.9	6.4	6.8	7.3	7.6	8.0	8.4	8.7
25.0	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.6	7.0	7.3	7.6	8.0

TABELLA 9 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 2.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	47.3	56.5	64.4	71.5	77.9	83.9	89.4	94.6	99.5	
5.0	20.0	25.7	29.6	33.4	36.8	40.0	42.8	45.6	48.1	50.5
7.5	14.6	17.8	20.6	23.0	25.2	27.3	29.2	30.9	32.6	34.2
10.0	11.8	14.1	16.1	17.7	19.4	20.9	22.3	23.6	24.8	26.0
12.5	10.1	11.8	13.3	14.7	16.0	17.1	18.2	19.2	20.2	21.1
15.0	8.9	10.3	11.5	12.6	13.6	14.6	15.4	16.3	17.1	17.8
17.5	8.0	9.2	10.2	11.1	11.9	12.7	13.5	14.2	14.9	15.5
20.0	7.4	8.3	9.2	10.0	10.7	11.4	12.0	12.6	13.2	13.7
22.5	6.8	7.6	8.4	9.1	9.7	10.3	10.8	11.4	11.9	12.4
25.0	6.4	7.1	7.7	8.3	8.9	9.4	9.9	10.4	10.8	11.3

TABELLA 10 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 3.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	69.2	78.9	87.6	95.4	102.7	109.5	115.9	121.9		
5.0	24.4	30.9	36.3	40.9	45.1	48.9	52.5	55.8	58.9	61.9
7.5	17.8	21.9	25.2	28.2	30.9	33.4	35.7	37.9	40.0	41.9
10.0	14.4	17.3	19.7	21.9	23.8	25.6	27.3	28.9	30.4	31.9
12.5	12.3	14.5	16.3	18.0	19.5	21.0	22.3	23.5	24.7	25.9
15.0	10.9	12.6	14.1	15.4	16.7	17.8	18.9	20.0	20.9	21.9
17.5	9.8	11.2	12.5	13.6	14.6	15.6	16.5	17.4	18.2	19.0
20.0	9.0	10.2	11.2	12.3	13.1	13.9	14.7	15.4	16.2	16.8
22.5	8.4	9.4	10.3	11.1	11.9	12.6	13.3	13.9	14.6	15.2
25.0	7.8	8.7	9.5	10.2	10.9	11.5	12.1	12.7	13.3	13.8

TABELLA 11 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 5.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	113.1	123.2	132.6	141.4	149.6	157.4				
5.0	40.0	46.9	52.9	58.3	63.2	67.8	72.1	76.1	80.0	
7.5	23.0	28.7	32.6	36.5	40.0	43.2	46.1	48.9	51.6	54.1
10.0	18.7	22.3	25.4	28.2	30.8	33.1	35.3	37.4	39.3	41.2
12.5	16.0	18.7	21.1	23.3	25.2	27.1	28.8	30.4	32.0	33.4
15.0	14.1	16.3	18.2	20.0	21.6	23.0	24.4	25.8	27.0	28.2
17.5	12.7	14.5	16.1	17.6	18.9	20.2	21.3	22.4	23.5	24.5
20.0	11.7	13.2	14.5	15.8	16.9	18.0	19.0	20.0	20.9	21.7
22.5	10.8	12.1	13.3	14.4	15.3	16.3	17.2	18.0	18.8	19.6
25.0	10.1	11.3	12.3	13.2	14.1	14.9	15.7	16.4	17.2	17.8

TABELLA 12 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 7.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	145.8	156.9	167.3	177.0	186.3					
5.0	47.3	55.4	62.6	68.9	74.8	80.2	85.3	90.1	94.6	
7.5	33.4	38.6	43.2	47.3	51.1	54.6	57.9	61.1	64.0	
10.0	27.1	26.4	30.1	33.4	36.4	39.2	41.8	44.2	46.5	48.7
12.5	18.9	22.1	25.0	27.5	29.9	32.0	34.1	36.0	37.8	39.5
15.0	16.7	19.3	21.6	23.6	25.5	27.3	28.9	30.5	32.0	33.4
17.5	15.1	17.2	19.1	20.8	22.4	23.9	25.2	26.6	27.8	29.0
20.0	13.8	15.6	17.2	18.7	20.1	21.3	22.5	23.6	24.7	25.7
22.5	12.8	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.3	23.2
25.0	12.0	13.3	14.5	15.6	16.7	17.7	18.6	19.5	20.3	21.1

TABELLA 13 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 10.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	200.0	211.6	222.7							
5.0	66.3	74.8	82.4	89.4	95.9	101.9	107.7	113.1		
7.5	40.0	46.1	51.6	56.5	61.1	65.3	69.2	73.0	76.5	
10.0	31.6	36.0	40.0	43.5	46.9	50.0	52.9	55.6	58.3	
12.5	27.6	26.5	29.9	32.9	35.7	38.3	40.7	43.0	45.2	47.3
15.0	20.0	23.0	25.8	28.2	30.5	32.6	34.6	36.5	38.2	40.0
17.5	18.0	20.6	22.8	24.9	26.8	28.5	30.2	31.8	33.3	34.7
20.0	16.5	18.7	20.6	22.3	23.9	25.4	26.9	28.2	29.5	30.8
22.5	15.3	17.2	18.8	20.3	21.7	23.0	24.3	25.5	26.6	27.7
25.0	14.4	16.0	17.4	18.7	20.0	21.1	22.2	23.3	24.3	25.2

TABELLA 14 NUMERO SPIRE PER L<sub>w</sub> 20.00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
2.5	116.6	126.4	135.6	144.2	152.3	160.0				
5.0	66.3	73.0	80.0	86.4	92.3	97.9	103.2	108.2		
7.5	44.7	50.9	56.5	61.6	66.3	70.7	74.8	78.7	82.4	
10.0	37.5	42.3	46.6	50.5	54.2	57.6	60.9	64.0	66.9	
12.5	32.6	36.5	40.0	43.2	46.1	48.9	51.6	54.1	56.5	
15.0	29.1	32.3	35.2	37.9	40.4	42.7	44.9	47.1	49.1	
20.0	23.4	26.4	29.1	31.6	33.9	36.0	38.0	40.0	41.8	43.5
22.5	21.7	24.6	26.6	28.8	30.7	32.6	34.4	36.1	37.7	39.2
25.0	20.3	22.6	24.6	26.5	28.2	29.9	31.4	32.9	34.4	35.7

TABELLA 15 NUMERO SPIRE PER L= 30,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	7,5	5,0	7,5	10,0	17,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5										
5,0										
7,5										
10,0										
12,5										
15,0										
17,5										
20,0										
22,5										
25,0										

TABELLA 16 NUMERO SPIRE PER L= 50,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	7,5	5,0	7,5	10,0	17,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5										
5,0										
7,5										
10,0										
12,5										
15,0										
17,5										
20,0										
22,5										
25,0										

TABELLA 17 NUMERO SPIRE PER L= 70,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	7,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5										
5,0										
7,5										
10,0										
12,5										
15,0										
17,5										
20,0										
22,5										
25,0										

TABELLA 18 NUMERO SPIRE PER L=100,00 MICROHENRY

DIAM. (MM)	LUNGHEZZA IN MILLIMETRI									
	7,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
2,5										
5,0										
7,5										
10,0										
12,5										
15,0										
17,5										
20,0										
22,5										
25,0										

Corrispondenza fra codice dei fili di rame standard U.S.A. e diametro in millimetri (più prossimo)

n.	Ø mm	n.	Ø mm
42	0,1	21	0,82
40	0,12	20	0,92
38	0,15	19	1
36	0,20	18	1,2
34	0,25	17	1,4
32	0,28	16	1,6
30	0,32	15	1,8
29	0,35	14	2
28	0,38	13	2,3
27	0,42	12	2,6
26	0,48	11	2,9
25	0,52	10	3,2
24	0,58	9	3,6
23	0,62	8	4
22	0,72		

realizzato dalla **C&C** per conto della  
**ASSOCIAZIONE RADIOTECNICA ITALIANA**