

# Finale Ultralineare Valvolare Push-Pull EL84

Giunchi Fabrizio

Edizione marzo 2010

## ***Introduzione***

Per prima cosa è opportuno definire la parte di potenza dell' amplificatore che si vuole realizzare; cioè, che tipo di valvole finali utilizzare, che configurazione si desidera Single-Ended oppure Push-Pull, ed infine valutare se è il caso di collegare più valvole in parallelo per avere più potenza di uscita.

Poi si passa a definire la parte driver che serve per pilotare le valvole finali, anche qui esistono diverse configurazioni, bisogna scegliere quella che fa al caso nostro.

Infine, si passa alla parte che riguarda il preamplificatore di ingresso, anche qui esistono diverse configurazioni, bisogna scegliere quella che fa al caso nostro.

Per iniziare è necessario consultare il data-sheet, dove sono descritte le caratteristiche delle valvole utilizzate e la configurazione scelta per i tre stadi dell'amplificatore (Finale, Driver, Preamplificatore).

Dopodichè, siamo in grado di sapere tutte le tensioni e le correnti di cui ha bisogno la valvola per funzionare. Quindi si deve definire il tipo di raddrizzatore da utilizzare per alimentare l'amplificatore.

Poi per terminare si valuta il dimensionamento del trasformatore di uscita e di seguito del trasformatore di alimentazione più adeguato.

## ***Scelta della Valvola Finale***

La scelta della valvola e la configurazione di funzionamento dipendono dalle esigenze e dall'impiego futuro dell'amplificatore che si vuole realizzare.

Nel nostro caso prendiamo in esame la realizzazione di un amplificatore Hi-Fi ad uso casalingo di media potenza utilizzando una classica configurazione Push-Pull.

Durante le prove per un corretto funzionamento è opportuno controllare le correnti e le tensioni sopra descritte con ingresso nullo cioè con  $V_i=0V_{eff}$ , verificando che non discostano di molto. Eventualmente aggiustare i valori modificando il valore ohmico delle resistenze  $R_k$  e  $R_{g2}$ .

**EL 84**

**PHILIPS**

OUTPUT PENTODE  
PENTHODE DE SORTIE  
ENDPENTODE

Heating: indirect by A.C. or D.C.; parallel supply  
Chaufage: indirect par C.A. ou C.C.; alimentation en parallèle  
Heizung: indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Parallelspeisung

$V_f = 6,3 A$   
 $I_f = 0,76 A$

Dimensions in mm  
Dimensions en mm  
Abmessungen in mm

Base, culot, Socket: NOVAL

Capacitances  
Capacités  
Kapazitäten

$C_{g1} = 10,8 pF$   
 $C_a = 6,5 pF$   
 $C_{ag1} < 0,5 pF$   
 $C_{g1f} < 0,25 pF$

1.

939 0012

3.3.1955

**EL 84**

**PHILIPS**

Operating characteristics class B, two tubes  
Caractéristiques d'utilisation classe B, deux tubes  
Betriebsdaten Klasse B, zwei Röhren

$V_a$	=	250	300	$V$
$V_{g2}$	=	250	300	$V$
$V_{g1}$	=	-11,6	-14,7	$V$
$R_{aa}$	=	8	8	k $\Omega$
$V_i$	=	0	0	10 $V_{eff}$
$I_a$	=	2x10	2x7,5	2x46 mA
$I_{g2}$	=	2x1,1	2x7,5	2x11 mA
$W_o$	=	0	11	17 W
dtot	=	-	3	4 %

Operating characteristics class AB, two tubes  
Caractéristiques d'utilisation classe AB, deux tubes  
Betriebsdaten Klasse AB, zwei Röhren

$V_a$	=	250	300	$V$
$V_{g2}$	=	250	300	$V$
$R_k$	=	130	130	$\Omega$
$R_{aa}$	=	8	8	k $\Omega$
$V_i$	=	0	0	10 $V_{eff}$
$I_a$	=	2x31	2x37,5	2x46 mA
$I_{g2}$	=	2x3,5	2x7,5	2x11 mA
$W_o$	=	0	11	17 W
dtot	=	-	3	4 %

4.

939 4165

### Configurazione G

Lo scopo di queste configurazioni è quello di utilizzare tutte le spire dell'avvolgimento secondario senza lasciare avvolgimenti a vuoto (senza carico, condizione ottimale di funzionamento e di resa per il TU), ma ovviamente bisogna accettare qualche compromesso: un notevole aumento del numero di spire secondario, una maggior difficoltà nella realizzazione pratica dovuta a un aumento degli strati, e la impossibilità di avere combinazioni di impedenze di uscita di valore preciso come  $4\Omega$ ,  $8\Omega$ ,  $16\Omega$ , ecc....

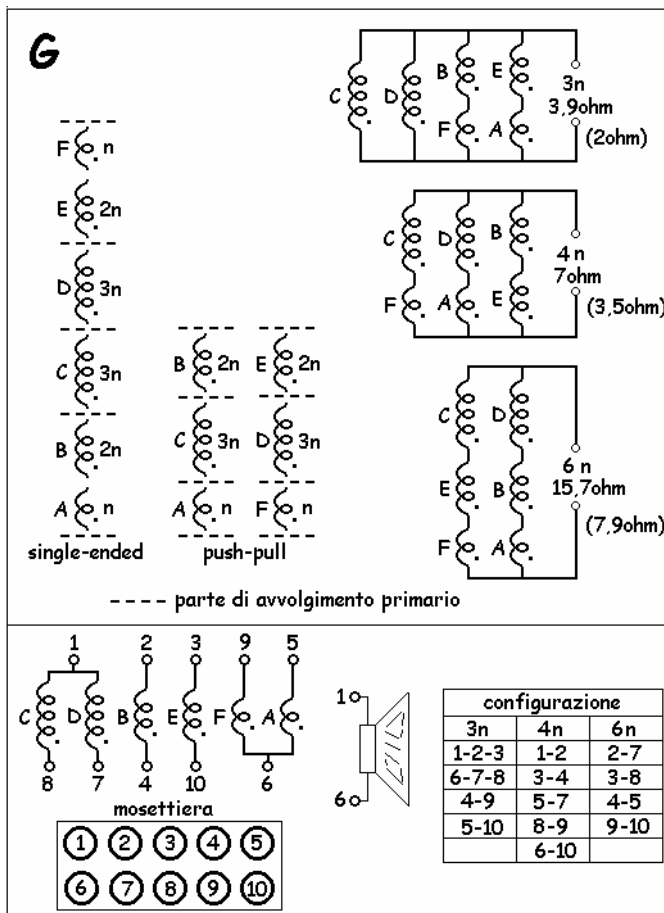
Sarebbe buona norma realizzare un trasformatore di uscita adattabile ad una sola impedenza di uscita per non ricorrere a queste complicate configurazioni di avvolgimenti secondari. Ma certe volte è necessario avere la possibilità di adattare diverse impedenze di uscita, (per esempio casse acustiche da  $4\Omega$ ,  $8\Omega$ ,  $16\Omega$ , ecc...) e le cose si complicano un pochino.

E' buona norma per un corretto dimensionamento e qualità del trasformatore di uscita con secondari multipli, che il numero di spire 'n' calcolato riesca ad occupare lo strato completo, cioè deve coprire perfettamente tutta la larghezza disponibile del rocchetto. Per fare ciò è necessario trovare il diametro di filo giusto, oppure avvolgere in bifilare, trifilare, ecc...

Ogni secondario parziale (quello indicato con 'n') o principale (tutto l'avvolgimento secondario) deve essere composto da un numero intero di spire. Mentre se necessario le spire per strato possono anche non essere in numero intero.

La linea tratteggiata indicata fra gli avvolgimenti rappresenta una parte dell'avvolgimento primario, il secondario parziale indicato con la lettera A è quello più vicino al nucleo ferromagnetico di lamierini.

La configurazione G da la possibilità di scegliere fra 3 impedenze di uscita. Avendo a disposizione molti avvolgimenti combinabili fra loro permette a questa configurazione di ottenere una differenza fra le relative impedenze di uscita più ridotta rispetto alle altre configurazioni. Il secondario è realizzato da 6 avvolgimenti (n 2n 3n 3n 2n n) che combinati fra loro in 3n in 4n ed in 6n realizzano un adattamento di impedenza di  $3,9\Omega$  di  $7\Omega$  e di  $15,7\Omega$ .



Per facilitare i collegamenti, in modo da rendere semplice e facile il passaggio da un impedenza di uscita all'altra è possibile utilizzare una morsettiera ad 10 morsetti.

I terminali della cassa acustica e tutti gli inizi e fine di ogni avvolgimento vengono collegati nella parte dietro di questa morsettiera rispettando il numero del morsetto come visibile in figura (es. inizio avv. C sul morsetto 8, fine avv. C morsetto 1, e via di seguito).

Quindi eseguendo dei semplici passi sul davanti di questa morsettiera come indicato nella tabella 'configurazione' è possibile ottenere in uscita una delle tre l'impedenze desiderate. Se ad esempio faccio i passi 1-2 3-4 5-7 8-9 6-10 corrisponde la configurazione 4n che nell'esempio equivale a  $7\Omega$ .

Come si vede in figura l'impedenza più alta è realizzata con il collegamento 6n che è ottenuta con due rami di avvolgimenti in parallelo. Questo ci fa capire che gli avvolgimenti devono essere avvolti con un sezione filo corrispondente alla metà di quella indicata dal calcolo per 6n.

### Calcolo del Trasformatore di Uscita

**Calcolo di Trasformatore di Uscita per Amplificatore Valvolare TU\_UltraEL84PP.tuv**

File ?

Pacco Lamellare - Dati Generali Rocchetto - Isolanti - Ingombri Impedenze

Impedenze Avvolgimenti del Trasformatore di Uscita

Avv Primario	Avv Secondario	Avv Secondario	Avv Secondario
8000 Ω	17 Ω	7,6 Ω	4,3 Ω
368,0 V	14,72 V	9,85 V	7,41 V
0,046 A	0,87 A	1,30 A	1,72 A
16,9 VA	12,75 VA	12,75 VA	12,75 VA
2472 spire	114 spire	74 spire	56 spire

Configurazione Avvolgimenti Secondari: Vedi **G**

Configurazione con 3 coppie di secondari uguali combinabili fra loro. Vedi Schema

Parametri Generali del Trasformatore

Induzione Magnetica: 0,95 Wb/mq  
 Frequenza Minima Riprod.: 50 Hz  
 Densità di Corrente: 2,5 A mmq  
 Push-Pull  Single-Ended

N° Avvolgimenti Primari: 8  N° Avvolgimenti Secondari: 6

---

Primario 1,2,3 | Primario 4,5,6 | Primario 7,8,9 | Primario 10,11,12

Avv 1	Avv 2	Avv 3
1000,6 Ω	1000,6 Ω	1000,6 Ω
46,03 V	46,03 V	46,03 V
0,046 A	0,046 A	0,046 A
2,12 VA	2,12 VA	2,12 VA
309 spire	309 spire	309 spire
0,14 mm	0,14 mm	0,14 mm
0,167 mm	0,167 mm	0,167 mm
50,7 m	50,7 m	50,7 m
6,9 gr	6,9 gr	6,9 gr
57,94 Ω	57,94 Ω	57,94 Ω
0,1 watt	0,1 watt	0,1 watt
99,1 SpSt	99,1 SpSt	99,1 SpSt
3,1 Strati	3,1 Strati	3,1 Strati
9,6 mmq <b>I1</b>	9,6 mmq <b>L1</b>	9,6 mmq <b>I1</b>
20,4 mmq	20,4 mmq	20,4 mmq
3,0 A mmq	3,0 A mmq	3,0 A mmq

Secondario 1,2,3 | Secondario 4,5,6 | Secondario 7,8,9 | Secondario 10,11,12

Avv 1	Avv 2	Avv 3
5,83 Ω	11,65 Ω	17,48 Ω
2,83 Vo	5,66 Vo	8,49 Vo
2,52 V	5,05 V	7,57 V
0,433 A	0,433 A	0,433 A
1,09 VA	2,19 VA	3,28 VA
19 spire	38 spire	57 spire
0,45 mm	0,45 mm	0,45 mm
0,51 mm	0,51 mm	0,51 mm
3,1 m	6,2 m	9,3 m
4,4 gr	8,8 gr	13,2 gr
0,34 Ω	0,69 Ω	1,03 Ω
0,1 watt	0,2 watt	0,2 watt
32,5 SpSt	32,5 SpSt	32,5 SpSt
0,6 Strati	1,2 Strati	1,8 Strati
5,5 mmq <b>I1</b>	11,0 mmq <b>L1</b>	16,5 mmq <b>I1</b>
9,3 mmq	13,0 mmq	13,0 mmq
2,7 A mmq	2,7 A mmq	2,7 A mmq

Inserire i Parametri Desiderati, per ottenere il Calcolo del Trasformatore TU\_UltraEL84PP.tuv

**Scelta Tipo Lamierino Monofase**

Lamierini Tipo: Mantello per Monofase

AxB cmq	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	Tipo	Peso Kg
<input type="radio"/> 10,8	30,0	36,0	<b>12,0</b>	6,0	18,0	6,0	6,0	E136/30	0,066
<input type="radio"/> 14,7	35,0	42,0	<b>14,0</b>	7,0	21,0	7,0	7,0	E142/35	0,090
<input type="radio"/> 19,2	40,0	48,0	<b>16,0</b>	8,0	24,0	8,0	8,0	E148/40	0,118
<input type="radio"/> 24,3	45,0	54,0	<b>18,0</b>	9,0	27,0	9,0	9,0	E154/45	0,149
<input type="radio"/> 30,0	50,0	60,0	<b>20,0</b>	10,0	30,0	10,0	10,0	E160/50	0,184
<input type="radio"/> 36,3	55,0	66,0	<b>22,0</b>	11,0	33,0	11,0	11,0	E166/55	0,222
<input type="radio"/> 46,9	62,5	75,0	<b>25,0</b>	12,5	37,5	12,5	12,5	E175/62,5	0,287
<input checked="" type="radio"/> 58,8	70,0	84,0	<b>28,0</b>	14,0	42,0	14,0	14,0	E184/70	0,360
<input type="radio"/> 76,8	80,0	96,0	<b>32,0</b>	16,0	48,0	16,0	16,0	E196/80	0,470
<input type="radio"/> 97,2	90,0	108,0	<b>36,0</b>	18,0	54,0	18,0	18,0	E1108/90	0,595
<input type="radio"/> 120,0	100,0	120,0	<b>40,0</b>	20,0	60,0	20,0	20,0	E1120/100	0,735
<input type="radio"/> 151,9	112,5	135,0	<b>45,0</b>	22,5	67,5	22,5	22,5	E1135/112,5	0,930
<input type="radio"/> 187,5	125,0	150,0	<b>50,0</b>	25,0	75,0	25,0	25,0	E1150/125	1,149
<input type="radio"/> 270,0	150,0	180,0	<b>60,0</b>	30,0	90,0	30,0	30,0	E1180/150	1,654
<input type="radio"/> 367,5	175,0	210,0	<b>70,0</b>	35,0	105,0	35,0	35,0	E1210/175	2,251
<input type="radio"/> 480,0	200,0	240,0	<b>80,0</b>	40,0	120,0	40,0	40,0	E1240/200	2,941
<input type="radio"/> 607,5	225,0	270,0	<b>90,0</b>	45,0	135,0	45,0	45,0	E1270/225	3,722
<input type="radio"/> 750,0	250,0	300,0	<b>100,0</b>	50,0	150,0	50,0	50,0	E1300/250	4,595

Lamierino Fuori Formato

0,0    0,0    0,0    **0,0**    0,0    0,0    0,0    0,0    0,000

   0,0    0,0    0,0    0,0    0,0    0,0    0,0    0,000

Inserire le misure in mm indicate, poi click su 'Calcola Lam'

File Libreria: D:\Archivio\WinTrasfo\LIBRERIA\LamMantelloStandard.lam

Spessore Pacco Lamellare Sp **28** mm

File ?

Pacco Lamellare - Dati Generali | Rocchetto - Isolanti - Ingombri | Impedenze

Scelta Pacco Lamellare

Lamierino Tipo	EI84/70	Perdite Tot. nel Rame	2,1 W
Colonna C	28,0 mm	Induttanza del Primario	25,5 H
Spessore Sp	28,0 mm	Spessore Trafero	0,00 mm
Sezione Pacco Lamellare	7,1 cmq	f.e.m.i. in una spira	0,1490 V
Spazio disponibile finestra	588 mmq	Rendimento trasformatore	75,3 %
Peso del Pacco Lamellare	1,0 Kg	Caduta di Tensione	12,2 %
Perdite nel Ferro	2,7 watt	Potenza Totale Primario	16,9 VA
		Potenza Totale Secondario	12,8 VA

Cifra di Perdita  W/Kg

Tipo Lamierino

Conosco:

Potenza

Lamierini

File ?

Pacco Lamellare - Dati Generali | Rocchetto - Isolanti - Ingombri | Impedenze

Scelta Rocchetto Scelta Spessore Isolante e Ingombro Totale

Tipo: Rocchetto	28x28	Isolante Avv/Avv H	0,5 mm	Isolante Str/Str H	0,2 mm
Colonna C:	28,8 mm	Isolante Avv/Avv I	0,5 mm	Isolante Str/Str I	0,2 mm
Spessore Sp:	28,8 mm	Isolante Avv/Avv L	0,5 mm	Isolante Str/Str L	0,2 mm

Tipo Rocchetto

Spessore Isolante

Coefficiente di Ingombro  %

Spazio Disponibile in Gola H	464 mmq	Spazio Occupato Gola H	0 mmq	0 mmq
Spazio Disponibile in Gola I	226 mmq	Spazio Occupato Gola I	207 mmq	0 mmq
Spazio Disponibile in Gola L	226 mmq	Spazio Occupato Gola L	207 mmq	0 mmq

Rocchetti per Trasformatori

Rocchetto Tipo EI per Trasformatori Monofasi

Cr	Spr	M	H	I	L	Gola H	Gola I	Gola L	Tipo:
<input type="radio"/> 29	29,	12	39	19	19	468	228	228	Demo Calcolato

Misure Rocchetto Personalizzate:

<input checked="" type="radio"/> 28,8	28,8	12,2	38	18,5	18,5	464	226	226	Rocchetto 28x28
<input type="text" value="28,8"/>	<input type="text" value="28,8"/>	<input type="text" value="12,2"/>	<input type="text" value="38"/>	<input type="text" value="18,5"/>	<input type="text" value="18,5"/>	<input type="text" value="464"/>	<input type="text" value="226"/>	<input type="text" value="226"/>	<input type="text" value="Rocchetto 28x28"/>

Inserire le misure in mm indicate, poi click su 'Calcola Rocchetto'

Calcola Rocchetto

N° di Rocchetti

Un Rocchetto

Due Rocchetti

Con il Lamierino Scelto si deve utilizzare n° 1 Rocchetto sulla Colonna Centrale

N° di Gole Rocchetto 1

Rocchetto a 1 Gola

Rocchetto a 2 Gole

N° di Gole Rocchetto 2

Rocchetto a 1 Gola

Rocchetto a 2 Gole

Stampa

Annulla

OK

Isolamento fra i vari strati degli Avvolgimenti

Spessore Isolante fra Avvolgimento e Avvolgimento

Gola H	Gola I	Gola L
<input type="text" value="0,5"/> mm	<input type="text" value="0,5"/> mm	<input type="text" value="0,5"/> mm

Spessore Isolante fra Strato e Strato

Gola H	Gola I	Gola L
<input type="text" value="0,2"/> mm	<input type="text" value="0,2"/> mm	<input type="text" value="0,2"/> mm

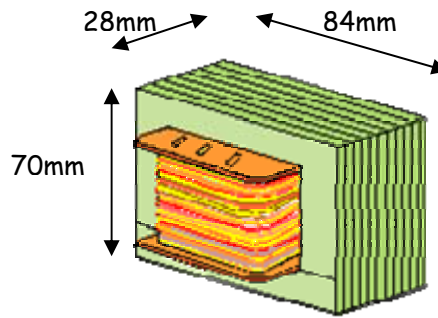
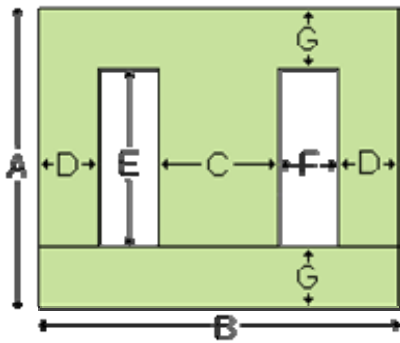
Stampa

Ok

Coefficiente di Ingombro Ki  %

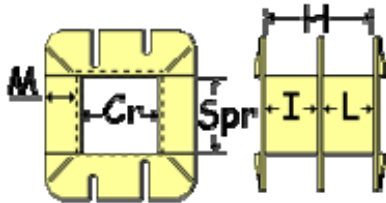
**Elenco materiali per Trasformatore di Uscita**

Pacco Lamellare 28x28mm utilizzando il seguente lamierino:

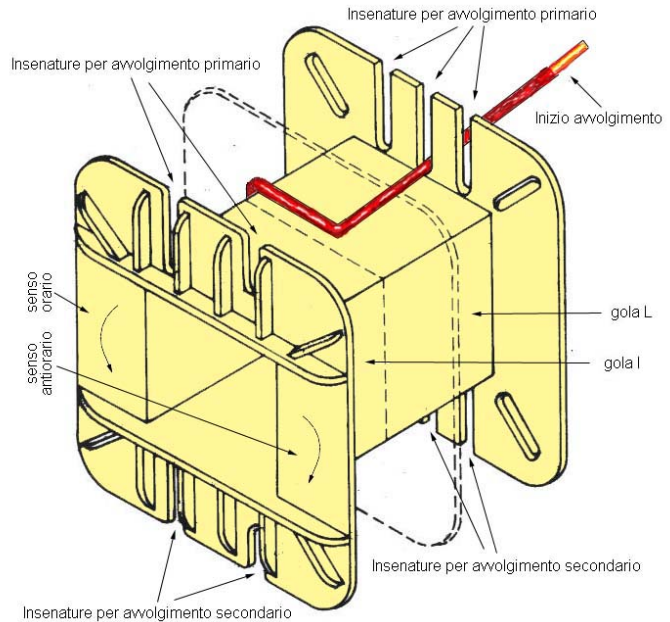


AxB(cm <sup>2</sup> )	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	G(mm)	Tipo	Gf(Kg/1cm)	Su(cm <sup>2</sup> )
58,8	70	84	28	14	42	14	14	EI84/70	0,360	47

Rocchetto a due gole di uguale larghezza idoneo per pacco lamellare 28x28mm



Cr=28,8mm  
Spr=28,8mm  
M=12,2mm  
I=18,5mm  
L=18,5mm

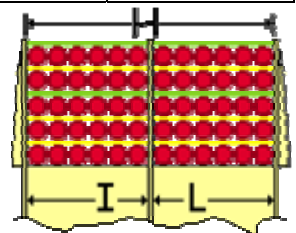


Filo rame smaltato per gli avvolgimenti

Diametro Filo Nudo $\phi_N$ (mm)	Diametro Filo Isolato $\phi_I$ (mm)	Sezione filo rame nudo $S_f$ (mm <sup>2</sup> )	n° di Spire in 1 cm di spazio $N_{spcm}$	Coefficien. di Riempimento $K_f$	Resistenza di 1m di filo $R_f$ ( $\Omega$ )	Peso di 1m di filo di rame $P_f$ (gr/m)
0,14	0,167	0,0154	53,54	1,12	1,1433	0,1370
0,45	0,51	0,1590	17,58	1,12	0,1107	1,4155

Occorrono circa

50,7x8= 406 metri di filo diametro nudo 0,12 mm per l'avvolgimento primario  
(9,3+6,2+3,1)x2= 38 metri di filo diametro nudo 0,45 mm per l'avvolgimento secondario



### Studio della presa Ultraleare Push-Pull

L'avvolgimento primario  $Z_{aa} = 8000 \Omega$  è composto da  $N_{aa} = 2472$  spire spire suddivise nelle due gole in 8 sezioni di 309 spire ciascuna. Per cui in ogni gola ci sono  $N_a = 1236$  spire

Di norma la presa ultraleare può venire fatta in punti compresi tra il 20% e il 40%.

Sfruttando le sezioni di spire già presenti evitando di creare una presa personalizzata per collegare la 'g2' possiamo valutare di collegarla alla fine della I° sezione di spire, per cui la percentuale di spire che definisce l'ultraleare sarà:

$$\%_{Ultra} = \frac{N_{Ultra} \cdot 100}{N_a} \quad (\%) \quad \%_{Ultra} = \frac{309 \cdot 100}{1236} = 25 \%$$

Valutiamo anche di collegarla alla fine della II° sezione di spire, per cui la percentuale di spire che definisce l'ultraleare sarà:

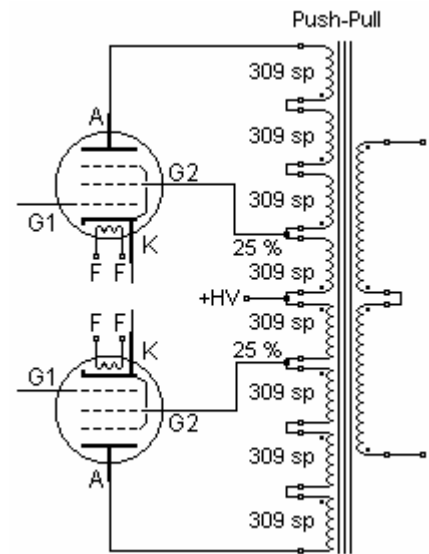
$$\%_{Ultra} = \frac{N_{Ultra} \cdot 100}{N_a} \quad (\%) \quad \%_{Ultra} = \frac{(309 + 309) \cdot 100}{1236} = 50 \%$$

In questo caso la presa di collegamento è sconsigliabile perché fuori dai limiti previsti.

Se invece decidiamo di creare un avvolgimento dedicato, oppure di derivare una presa per ultraleare ad un valore esempio del 30% dobbiamo calcolare il numero spire :

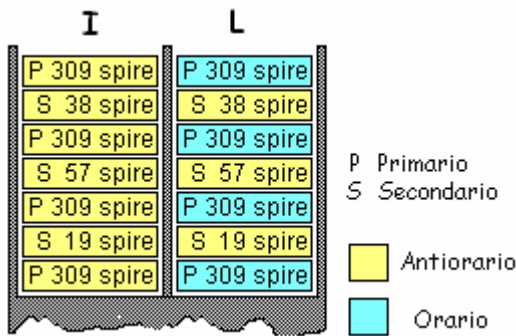
$$N_{Ultra} = \frac{N_a \cdot \%_{Ultra}}{100} \quad (spire) \quad N_{Ultra} = \frac{1236 \cdot 30}{100} = 371 \text{ spire}$$

Decidiamo di fare la presa ultraleare al 25%, praticamente alla fine della I° sezione di spire.



### Costruzione del Trasformatore di Uscita

Gli avvolgimenti sono realizzati con filo smaltato, avvolti su di un rocchetto plastico a due gole di uguale larghezza, stratificando gli avvolgimenti primari e secondari come da disegno inserendo un giro di carta paraffinata ad ogni strato e due giri di carta paraffinata fra ogni avvolgimento.



L' avvolgimento secondario è stato avvolto inserendolo a circa metà dell' avvolgimento primario, in modo da essere ben amalgamato per cercare di avere il migliore accoppiamento possibile al fine di ridurre al massimo la capacità parassita e l'induttanza dispersa del primario.

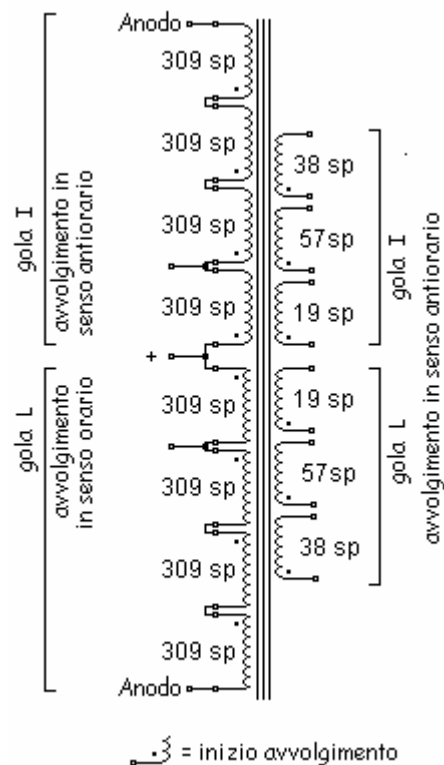
Gli avvolgimenti di questo trasformatore sono avvolti in senso orario ed in senso antiorario come indicato in figura.

### Costruzione del trasformatore di uscita

Gli avvolgimenti sono disposti in un rocchetto dotato di 2 gole denominate gola I e gola L, di uguale larghezza.

Prima di iniziare la costruzione segnare sul rocchetto di plastica con un pennarello indelebile 'gola I' e gola L', identificare il senso di avvolgimento segnare una freccia con scritto 'Orario' e in senso opposto un'altra freccia con scritto 'Antiorario'.

Il rocchetto presenta delle insenature dedicate ad ospitare il filo smaltato, tenere presente che gli avvolgimenti primari devono iniziare e finire da un lato, mentre gli avvolgimenti secondari devono iniziare e finire dall'altro lato.



Prima di iniziare ad avvolgere, cartellinare il filo smaltato con etichette segnando con un pennarello con una "I" l'inizio avvolgimento (es. 'I avv.A') poi terminato l'avvolgimento etichettare con una "F" la fine dell'avvolgimento (es. 'F avv.A'), in modo che alla fine riconosciamo tutti gli avvolgimenti che dovremo collegare in serie o in parallelo come da schema.

Fissato il rocchetto sulla bobinatrice, si inizia avvolgendo una parte di avvolgimento primario di 309 spire senso orario nella gola L. Quindi si gira il rocchetto e si avvolge una parte di avvolgimento primario di 309 spire senso antiorario nella gola I. Di seguito il secondario di 19 spire senso antiorario nella gola I, e poi il secondario di 19 spire senso orario nella gola L. Poi si prosegue avvolgendo una parte di avvolgimento primario di 309 spire senso antiorario nella gola I. Quindi si gira il rocchetto e si prosegue avvolgendo una parte di avvolgimento primario di 309 spire senso orario nella gola L.

Finiti di avvolgere tutti gli avvolgimenti come descritto in figura si montano tutti i lamierini alternando le E e le I come per tutti i trasformatori standard di alimentazione cercando di serrare bene il pacco lamellare. Per bloccare il trasformatore sarà

necessario un serrapacco avendo cura di tenerlo isolato dai lamierini con dei pezzi di cartoncino. A questo punto si scorticano i terminali smaltati degli avvolgimenti etichettati con un cutter fino al rame nudo e si fanno i relativi collegamenti come da disegno.

Essendo un trasformatore di uscita per push-pull, fra le E e le I dei lamierini NON occorre inserire un cartoncino di spessore per creare un traferro.