

Cálculo de filtro PI

para circuitos de RF transistorizados

Para comenzar el cálculo de un tanque en PI convencional, compuesto por un choque de RF en alimentación; un capacitor de paso de RF; una inductancia en serie (L1) y dos capacidades en paralelo (C1 y C2) algunas consideraciones son necesarias, como que la impedancia del colector del transistor sea mayor que la impedancia de carga (antena): $Z_c > R_a$, donde Z_c es la impedancia del colector del transistor y R_a la impedancia de antena.

Impedancia del colector

Para hallar la impedancia de colector, utilizamos una fórmula matemática: $Z_c = V^2 / 2P_o$, o sea, la impedancia de colector (Z_c) es igual a tensión de colector (V) al cuadrado, dividida por 2 veces la potencia de salida (P_o).

Supongamos que tenemos una fuente de 14 volts ($V=14V$) y que la potencia de salida sea de 1W ($P_o=1W$).

Substituyendo en la fórmula sería:

$$Z_c = 14 \times 14 / 2 \times 1 = 196 / 2 = Z_c = 98$$

Esto nos dice que la impedancia de colector (Z_c) será de 98.

Choque de RF

El choque de RF para este circuito (X_{lrf}), deberá tener una reactancia inductiva cerca de 100 veces la impedancia del colector.

En este caso: $X_{lrf} = Z_c \times 100 \text{fi}$ $X_{lrf} = 98 \times 100 \text{fi}$ $X_{lrf} = 9800$.

Ahora como tenemos la reactancia inductiva de choque, podemos calcular a inductancia del mismo, usando la siguiente fórmula: $X_{RF} = X_{lrf} / 2\pi F$, donde a inductancia será igual a reactancia inductiva del choque (X_{lrf}), dividida por 2 veces el valor de PI (3,14), por la frecuencia de trabajo (F), donde la misma está dada en MHz.

Vamos a calcular para 40 metros en el inicio de la banda, (7 MHz), tendremos entonces que:

$$X_{RF} = 9800 / 2 \times 3,14 \times 7 \text{fi} = 9800 / 43,96 \text{fi} = X_{RF} = 223 \mu H$$

Capacitor de acoplamiento

Con relación al capacitor de acoplamiento (CA), este deberá presentar una reactancia capacitiva (X_{ca}) cerca de 100 veces menor que la impedancia del colector:

$$X_{ca} = Z_c / 100 \text{fi} = X_{ca} = 98 / 100 \text{fi} = 0,98$$

Obtenida la reactancia del capacitor, tendremos que utilizar otra fórmula para calcular el valor de

este capacitor:

$$CA = (1/(2\pi F X_{ca}))106.$$

Donde el valor del capacitor de acoplamiento (CA) en pF es igual al valor inverso de 2 veces PI, multiplicado por la frecuencia de operación (F) en megahertz, multiplicada por la reactancia capacitiva de CA (X_{ca}), o sea:

$$CA = (1/(2 \times 3,14 \times 7 \times 0,98)) \times 106 \text{ fi} = CA = (1/43,1)106 \text{ fi} = CA = 0,0232 \times 106 \text{ fi} = CA = 23201 \text{ pF}, = 23,2 \text{ nF}, = 0,023 \text{ uF}.$$

(Observese que: $106 = 10.000.000$).

Como el valor de CA no es comercial, en este caso colocamos el valor mas próximo que es $0,022 \text{ uF}$, ó 22 nF , ó 22.000 pF .

Capacitores del circuito tanque C1, C2

Para el cálculo de C1, primero buscaremos su reactancia capacitiva, aplicando la siguiente fórmula:

$X_{c1} = Z_c / Q$, donde Z_c es la impedancia de colector y Q es el factor de mérito del circuito.

Este factor de mérito deberá quedar entre 2 y 10. Cuanto mayor es el valor de este factor, menor será la cantidad de espurias en antena, pero como todo tiene su precio, la potencia de salida cae en los extremos de donde fuera ajustado.

En este caso vamos a considerar un factor de 4.

$$\text{Entonces: } X_{c1} = 98/4 \text{ fi} \quad X_{c1} = 24,5$$

Luego para obtener el valor del capacitor, ahora que conocemos el valor de su reactancia, utilizamos la fórmula ya descripta: $C1 = (1/(2\pi F X_{c1}))106$

Substituyendo los valores en esta fórmula:

$$C1 = (1/(2 \times 3,14 \times 7 \times 24,5)) \times 106 \text{ fi} \quad C1 = (1/(43,96 \times 24,5)) \times 106 \text{ fi}$$

$$C1 = (1/1077) \times 106 \text{ fi}$$

$$C1 = 0,000928 \times 106 \text{ fi}$$

$$C1 = 928 \text{ pF}.$$

Difícilmente estos cálculos darán valores comerciales, en este caso, podemos colocar dos capacitores de 470 pF en paralelo, lo que nos dá un valor de 940 pF .

Para calcular el valor de C2, tenemos que saber primero la reactancia de C2, que está dada por:

$X_{c2} = R_a / (\sqrt{(R_a/Z_c)(Q^2+1)} - 1)$, o sea: la reactancia X_{c2} es igual a impedancia de carga (R_a) (antena), en nuestro caso consideramos la impedancia de carga o antena con un valor de 50 ohm , dividida por la raíz cuadrada de impedancia de carga (R_a), dividida por la impedancia de colector (Z_c), multiplicada por el factor de mérito del filtro (Q) más 1, todo esto menos 1.

Substituyendo en esta fórmula: $X_{c2} = 50 / (\sqrt{(50/98) \times (4^2+1)} - 1) \text{ fi}$

$$X_{c2} = 50 / (\sqrt{(0,510 \times (4^2+1))} - 1) \text{ fi}$$

$$X_{c2} = 50 / (\sqrt{0,510 \times (16+1)} - 1) \text{ fi}$$

$$X_{c2} = 50 / (\sqrt{(0,510 \times 17)} - 1) \text{ fi}$$

$$X_{c2} = 50 / (\sqrt{8,67} - 1)$$

$$X_{c2} = 50 / (\sqrt{7,67}) \text{ fi} \quad X_{c2} = 50/2,94 \text{ fi}$$

$$X_{c2} = 17$$

Aplicamos la fórmula para calcular el valor de C2 en pF: $C2 = (1/(2\pi F X_{c2}))106$.

Substituyendo en la fórmula:

$$C2 = (1/(2 \times 3,14 \times 7 \times 17)) \times 106 \text{ fi} \quad C2 = (1/747,32) \times 106 \text{ fi}$$

$$C2=0,001338 \times 106 \text{fi}$$

$$C2=1338 \text{pF.}$$

Nuevamente, este valor no existe comercialmente, entonces podemos utilizar un capacitor de 1200pF en paralelo con otro de 100pF, mas uno de 33pF, lo que nos dá unos 1333pF.

Calculando la inductancia del filtro L1

Ahora nos falta calcular la inductancia de nuestro filtro PI (L), para lo que primero tendremos que conocer su reactancia inductiva, que está dada por la fórmula:

$$Xl=(QZc+(ZcRa/Xc^2))/Q^2+1.$$

Substituyendo los valores:

$$Xl=(4 \times 98+(98 \times 50/17))/42+1 \text{fi}$$

$$Xl=392+(4900/17)/16+1 \text{fi}$$

$$Xl=392+288,23/17 \text{fi}$$

$$Xl=680,23/17 \text{fi}$$

$$Xl=40.$$

Ahora utilizamos la fórmula para calcular la inductancia de L1:

$$L=Xl/2\pi f.$$

Substituyendo en la fórmula:

$$L=40/(2 \times 3,14 \times 7) \text{fi}$$

$$L=40/43,96 \text{fi}$$

$$L=0,9 \mu\text{H.}$$

Conviene recordar que estos cálculos son aproximados, y que también tendremos que considerar otros factores como la disposición del montaje de los elementos, su capacitancia distribuida y las interacciones de los mismos, algunos de estos factores se han dejado de lado a propósito para no complicar los cálculos.

Ajustes finales

Normalmente se colocan en lugar de C1 y C2 dos capacitores variables a medio curso, con capacitores fijos que nos permitan alcanzar los valores calculados.

Seguidamente ajustamos C1 para mayor salida y luego actuamos sobre C2 para un mejor desempeño. Una vez ajustados medimos los valores obtenidos y los sustituimos por capacitores fijos con la aislación adecuada.

Bibliografía:

The Handbook for Radio Amateurs- ARRL

The ARRL Electronics Data Book- ARRL

Como proyectar y construir su propio transmisor para radioaficionado- Gilberto Gandra PY2DZI- Nueva Electrónica.