

Quien haya realizado circuitos **VCO**, es decir **Osciladores Variables** o **Generadores de Alta Frecuencia**, observando el título enseguida se dará cuenta de que este artículo presenta un proyecto muy interesante.

Por otro lado, quien no esté familiarizado con los **Osciladores RF** se preguntará seguramente lo que quiere decir **Doble Módulo PLL**. Para que todo el mundo conozca el funcionamiento de estos circuitos explicaremos su funcionamiento de la forma más sencilla y clara posible. Leyendo estas páginas se resolverán todas las dudas y todo el mundo entenderá como funciona un circuito **PLL** con **Doble Módulo**.

Comencemos por el principio, es decir exponiendo a qué hace referencia el acrónimo **PLL (Phase Locked Loop)**. Se trata de un tipo de circuitos que se utilizan únicamente para realizar **osciladores RF** con una frecuencia **muy estable** generada por un **cuarzo**, pudiendo **variar** su valor y **modular** la señal en **FM**.



VCO FM 80-110 MHz

En este artículo presentamos un oscilador variable modulado en FM que, controlado mediante un doble modulo PLL, cubre una banda comprendida entre 80 MHz y 110 MHz. Si no sabéis como funciona un circuito PLL os aconsejamos leer detenidamente estas páginas.

PARA VARIAR la FRECUENCIA se utiliza un DIODO VARICAP

Consideremos un **Oscilador RF** típico que utilice un circuito de sintonía **L/C** (**L=inductancia, C=capacidad**) para generar una frecuencia de unos **110 MHz**, si conectamos en paralelo a **L/C** un **diodo varicap** (ver **DV1** en la Fig.1) para **variar** la **frecuencia** solo hay que modificar la tensión en los contactos de este componente, ya que un diodo varicap **varía** su **capacidad** al **variar** la **tensión** en sus bornes.

En nuestro oscilador hemos utilizado un **diodo varicap** que presenta una capacidad de **17**

TABLA N.1

tensión en el diodo varicap	capacidad del diodo varicap	frecuencia generada
0,0 volt	17 pF	80 MHz
0,5 volt	14 pF	83 MHz
1,0 volt	13 pF	86 MHz
1,5 volt	12 pF	89 MHz
2,0 volt	11 pF	92 MHz
2,5 volt	10 pF	95 MHz
3,0 volt	9 pF	99 MHz
3,5 volt	8 pF	103 MHz
4,0 volt	7 pF	106 MHz
4,5 volt	6 pF	108 MHz
5,0 volt	5 pF	110 MHz



picofaradios con una tensión de **0 voltios** y que baja a **5 picofaradios** cuando se le aplica una tensión positiva de **5 voltios**.

Girando el cursor del **potenciómetro R1** (ver Fig.1) podremos aplicar al **diodo varicap** una tensión variable de **0 voltios** a **5 voltios**, obteniendo las **frecuencias** mostradas en la **Tabla N.1**.

NOTA IMPORTANTE: Los **datos** de esta **Tabla** son aproximados ya que pueden variar significativamente en función de las **capacidades parásitas** del montaje y de la **tolerancia** de los componentes utilizados para la realización de la etapa de **oscilación**.

El objetivo de esta **Tabla** es mostrar como varía la capacidad, y en consecuencia la frecuencia, en función de la tensión: Con una tensión de **0 voltios** se consigue la **máxima capacidad**, que corresponde a la **mínima frecuencia (80 MHz)**, mientras que con una tensión de **5 voltios** se

conseguir una gran **estabilidad** de **frecuencia**, pero con la limitación de tener **una sola frecuencia** por cuarzo. Por lo tanto, si se quisiera realizar un oscilador capaz de proporcionar **frecuencias diferentes** sería necesario utilizar un **enorme número** de **cuarzos**.

Los **cuarzos** son **muy caros** y **no** los hay disponibles en todos los **valores** de **frecuencia**. Este problema se soluciona con los **osciladores VCO** con **PLL**, ya que utilizando un **único cuarzo** pueden generar una **infinidad de frecuencias** perfectamente estables y, además, fácilmente **modulables** en **FM**.

FUNCIONAMIENTO de un CIRCUITO PLL

Para realizar un circuito **PLL** se utilizan circuitos integrados que desarrollan esta función específica. Hay muchos integrados disponibles, nosotros hemos utilizado el **HCF4046**, equivalente al **CD.4046** (ver Fig.2). En el lado izquierdo del esquema mostrado en

con DOBLE módulo PDL

obtiene la **mínima capacidad**, que corresponde a la **máxima frecuencia (110 MHz)**.

En la **Tabla N.1** se puede observar como para obtener una frecuencia de **89 MHz** hay que aplicar al **diodo varicap** una tensión de **1,5 voltios**, mientras que para obtener una frecuencia de **103 MHz** hay que aplicar una tensión de **3,5 voltios**.

Para obtener frecuencias con precisión de decimales, por ejemplo **89,25 MHz** o **103,50 MHz**, hay que aplicar al diodo varicap tensiones con una precisión de **milivoltios**, valores que podremos obtener utilizando **potenciómetros multigiro**.

Incluso así, la frecuencia generada **no es estable**, ya que varía, aunque de modo irrisorio, con la **temperatura** de los **componentes** y con la **tensión** de **alimentación**. Solamente realizando osciladores con **cuarzos** se puede

la Fig.2 se puede observar la etapa **VCO**, que **no** utilizamos, mientras que a la derecha se puede observar la **etapa PLL** que pasamos a describir a continuación.

Como se puede observar, la **etapa PLL** cuenta con dos **terminales** de **entrada** a los que se aplican circuitos lógicos (terminales **3-14**), con un **terminal** de **salida** (terminal **13**) y con un terminal denominado **Locked Detector** (terminal **1**).

Al terminal de entrada **14** del **PLL** (ver **IC6**) se aplica la **frecuencia** de **referencia**, en nuestro caso **12,5 KHz**, que se obtiene de un oscilador de **cuarzo** como se puede ver en la Fig.9 (ver **XTAL** e **IC7**). Al terminal de entrada **3** del **PLL** se aplica la frecuencia generada por el **VCO**, que, dividida mediante un divisor programable (ver Fig.3), hace entrar en este terminal una frecuencia de **12,5 KHz**, es decir idéntica a la que entra en el terminal **14**.

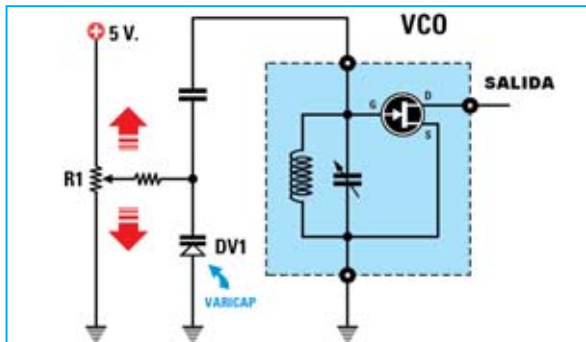


Fig.1 Para variar la frecuencia de un oscilador de Alta Frecuencia se aplica un diodo varicap en paralelo a un circuito de sintonía L/C. Variando la tensión en los contactos del Varicap a través de un potenciómetro cambia su capacidad y, por tanto, la frecuencia de sintonía.

Cuando la **frecuencia** presente en el terminal **14** es igual a la presente en el terminal **3**, de la **salida** (terminal **1**) parten unos impulsos positivos que provocan el encendido del diodo LED **DL1**, confirmando así que la **frecuencia** generada por el **VCO** y la dividida por el **divisor programable** son exactamente iguales.

Si, por cualquier motivo, la frecuencia del **VCO** **variara** unos pocos **Hertzios**, enseguida el **PLL** procedería a modificar la **tensión** del terminal de salida **13** para que sobre el **diodo varicap** llegue un valor de tensión que permita obtener en el terminal de salida del **divisor programable** una **frecuencia** exacta de **12,5 KHz** (ver Fig.3).

Suponiendo que el **divisor programable** ha sido programado para **dividir** la frecuencia generada por la **etapa VCO** entre **7.600**, para conseguir en su salida una frecuencia de **12,5 KHz** es necesario aplicar a su entrada una **frecuencia** que podremos calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia salida (KHz)} = \text{Factor división} \times 12,5$$

$7.600 \times 12,5 = 95.000 \text{ KHz}$ igual a **95 MHz**
Consultando la **Tabla N.1** podemos observar que para obtener una frecuencia de **95 MHz** es necesario aplicar al **diodo varicap** una tensión de **2,5 voltios**.

Al alimentar el circuito, el integrado **PLL** comenzará a proporcionar en su terminal **13** unos impulsos **positivos** que cargan el

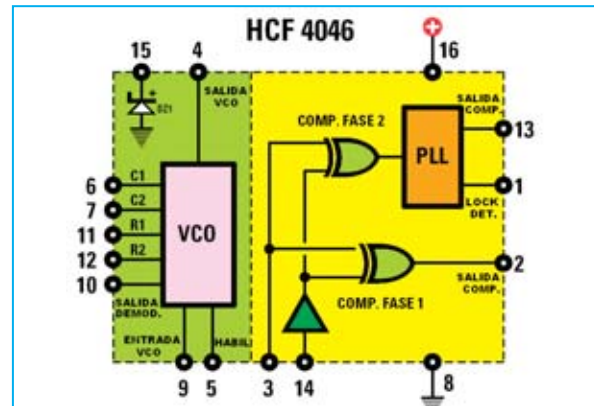


Fig.2 En el interior del integrado HCF.4046 hay una etapa PLL (ver lado derecho) que utilizamos en este proyecto y una etapa VCO (ver lado izquierdo) que no utilizamos.

condensador electrolítico conectado a su salida. Esta tensión parte de **0 voltios** y llega hasta **5 voltios**, alimentando el **diodo varicap** de la **etapa de oscilación**.

La **capacidad máxima** del **diodo varicap** (**17 pF**) comienza a bajar. Una vez alcanzados los **10 pF**, valor con el que se obtiene en la salida de la etapa de oscilación una frecuencia exacta de **95 MHz**, el integrado **PLL** provoca el **encendido** del diodo LED **DL1** conectado al terminal **1**, señalando así que en sus terminales de entrada **3-14** hay exactamente **12,5 KHz**.

En estas condiciones conseguimos una **frecuencia estable** partiendo de la señal generada por el oscilador de **cuartzo**. En efecto, suponiendo que la frecuencia de **95.000 KHz** subiera a **95.080 KHz** a causa de una variación en la **tensión** de alimentación o de una variación de **temperatura**, en la salida del **divisor programable** no encontraremos una frecuencia de **12,50 KHz** sino una ligeramente superior:

$$95.080 : 7.600 = 12,51 \text{ KHz}$$

En estas condiciones el integrado **PLL** procede a **bajar** ligeramente la tensión en el **varicap DV1**. Como consecuencia **baja** la frecuencia de la etapa de oscilación a **95.000 KHz**.

En cambio, si la frecuencia de **95.000 KHz** bajara a **94.850 KHz**, en la salida del **divisor programable** tampoco encontraremos una frecuencia de **12,50 KHz** sino una ligeramente inferior:

$$94.850 : 7.600 = 12,48 \text{ KHz}$$

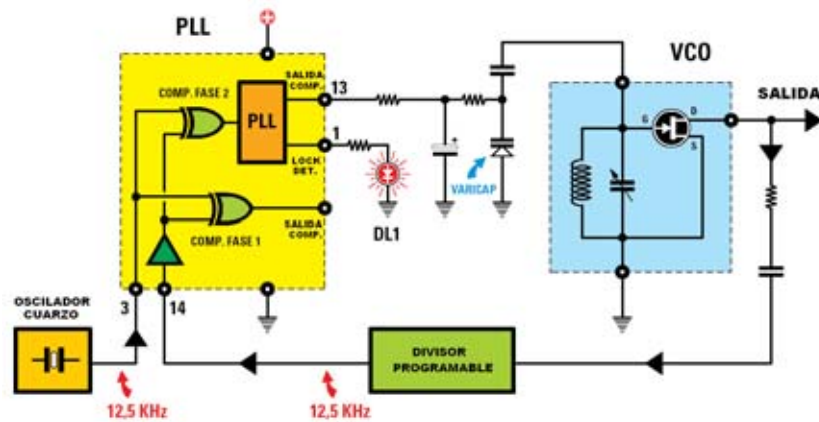


Fig.3 Al terminal 3 de la etapa PLL se aplica una frecuencia de referencia de 12,5 KHz. En el terminal 14 se aplica la frecuencia generada por el VCO, que un Divisor Programable divide hasta obtener 12,5 KHz.

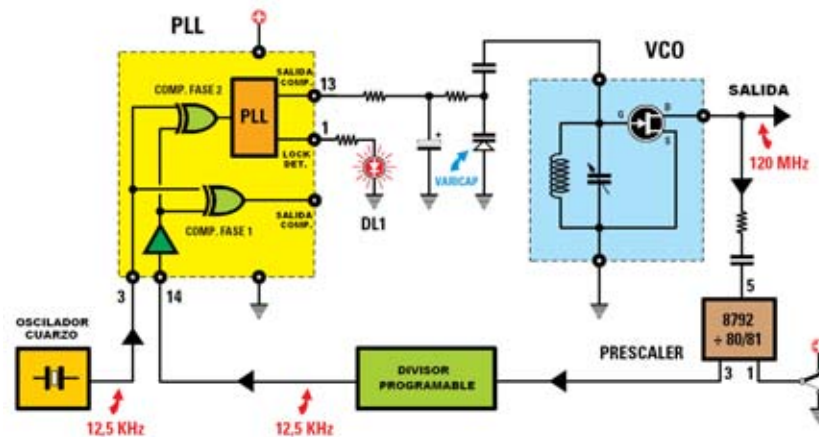


Fig.4 Puesto que la máxima frecuencia que acepta un Divisor Programable está en torno a 5 MHz, para realizar un VCO capaz de superar los 100 MHz es necesario utilizar un Prescaler que divida entre 80-81 veces la frecuencia generada por la etapa de oscilación.

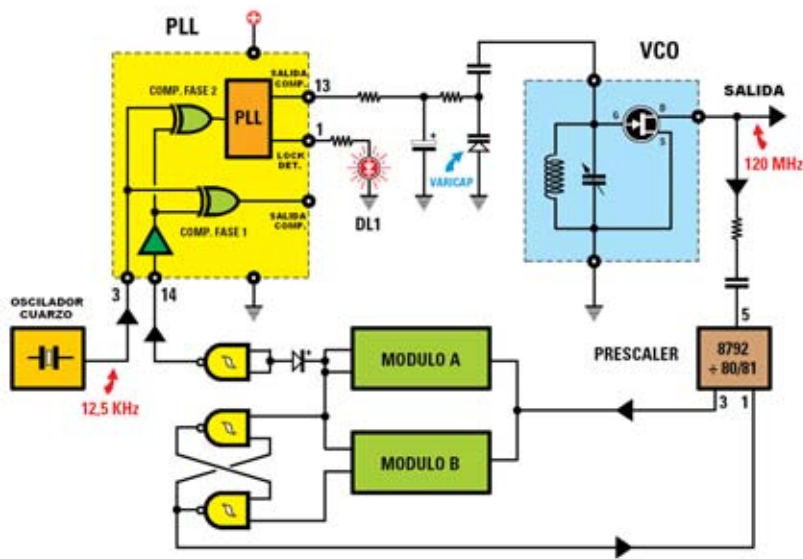


Fig.5 En la Fig.4 hemos reproducido el esquema de un VCO provisto de un Módulo Divisor sencillo. En este esquema se produce el mismo VCO con Prescaler y con un Módulo Divisor doble (ver Módulo A y Módulo B).

En estas condiciones el integrado **PLL** procede a **augmentar** ligeramente la tensión en el **varicap DV1**. Como consecuencia **sube** la frecuencia de la etapa de oscilación a **95.000 KHz**.

VARIANDO el FACTOR de DIVISIÓN varía la FRECUENCIA del VCO

Suponiendo que queremos obtener en la salida del **VCO** una frecuencia de **103.000 KHz**, para conocer el **factor de división** utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Factor división} = \text{KHz VCO} : 12,5$$
$$103.000 : 12,5 = 8.240 \text{ veces (factor de división)}$$

Por tanto para conseguir la frecuencia de **103.000 KHz (103 MHz)** hace falta un **divisor programable** que divida la frecuencia del **VCO** entre **8.240**. En efecto:

$$8.240 \times 12,5 = 103.000 \text{ KHz}$$

Si quisiéramos obtener en la salida del **VCO** una frecuencia de **88.500 KHz** el divisor programable tendría que **dividir** la frecuencia entre:

$$88.500 : 12,5 = 7.080 \text{ veces}$$

En efecto:

$$7.080 \times 12,5 = 88.500 \text{ KHz}$$

Un PRESCALER UHF antes del DIVISOR PROGRAMABLE

Llegado este punto es fácil entender que para conseguir cualquier **frecuencia** basta con aplicar entre la salida del **VCO** y el integrado **PLL** un **divisor programable** que proporcione en su salida un valor exacto de **12,5 KHz** (ver Fig.3).

NOTA: La frecuencia de **12,5 KHz** es la que hemos elegido para nuestro **VCO-PLL**.

En teoría parecería todo solucionado si no se presentara el problema de que la **máxima frecuencia** que un **divisor programable** logra aceptar en su entrada está en torno a **4-5 MHz**. Por lo tanto, si quisiéramos realizar un **VCO** que trabaje a frecuencias superiores a **5 MHz** deberíamos interponer, entre el **VCO** y el **divisor programable**, un **prescaler UHF** capaz de aceptar en su entrada frecuencias hasta **200-250 MHz** y que divida la frecuencia del **VCO** por

un valor fijo de modo que en la salida se obtenga una frecuencia menor de **5 MHz**.

Los **prescaler UHF** disponibles en el mercado son los siguientes:

SP.8785 divide por **21-22**

SP.8793 divide por **40-41**

SP.8792 divide por **80-81**

SP.8710 divide por **100-101**

Nosotros hemos elegido el **SP.8792**.

El prescaler **SP.8792** dispone de **dos terminales de entrada** (ver terminales **5-6** de **IC2** en la Fig.9) que sirven para obtener la señal del **VCO** y de **un terminal de salida** (terminal **3**) del que **sale** la señal **dividida** por **80** o **81** que se aplica a la entrada del **divisor programable** (ver Fig.4).

Además dispone de un **terminal de control** (terminal **1**) que le indica al prescaler el **factor de división** (**80** o **81**). Si este terminal está a **nivel lógico 1** (tensión positiva) el prescaler **divide** por **80** mientras que si está a **nivel lógico 0** (cortocircuitado a masa) el prescaler **divide** por **81**.

Suponiendo que el **VCO** genera una frecuencia de **120 MHz (120.000 KHz)**, dividiendo por **80** obtenemos:

$$120.000 : 80 = 1.500 \text{ KHz}$$

Para conseguir la **frecuencia de referencia** (**12,5 KHz**) el divisor programable debe dividir por:

$$1.500 : 12,5 = 120 \text{ veces}$$

En la Fig.4 se muestra el esquema utilizando un **divisor programable** con un **módulo simple**, mientras que en la Fig.5 se muestra el esquema utilizando un **divisor programable** con un **módulo doble**.

UN oscilador PLL con MÓDULO DOBLE

En el esquema de la Fig.5 se pueden observar claramente los dos **módulos programables**, referenciados como **módulo A** y **módulo B**.

Para la programación del **módulo A** hay que utilizar la siguiente fórmula:

Factor división A = (KHz salida : 80) : 12,5
Suponiendo que queremos obtener del **VCO** una frecuencia de **95.000 KHz (95 MHz)** hay que programar el **módulo A** para que divida la frecuencia del **VCO** entre:

$$(95.000 : 80) : 12,5 = 95 \text{ veces}$$

Si quisiéramos obtener del **VCO** una frecuencia de **103.000 KHz (103 MHz)** hay que programar el **módulo A** para que divida la frecuencia del **VCO** entre:
 $(103.000 : 80) : 12,5 = 103 \text{ veces}$

El **módulo B** solo se utiliza cuando al desarrollar la **fórmula** para programar el **módulo A** se obtiene un resultado con **decimales**.

Por ejemplo, si quisiéramos obtener del **VCO** estas **3 frecuencias**:

$$95.550 \text{ KHz} - 103.250 \text{ MHz} - 107.625 \text{ KHz}$$

Dividiéndolas por **80** obtendríamos un **factor de división** con **decimales**:

$$(95.550 : 80) : 12,5 = 95,55 \text{ veces}$$

$$(103.250 : 80) : 12,5 = 103,25 \text{ veces}$$

$$(107.625 : 80) : 12,5 = 107,625 \text{ veces}$$

Los **decimales** de estas divisiones sirven para programar el **módulo B**, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Factor división B} = (\text{Parte decimal de A} \times 80)$$

Por tanto, para conseguir una frecuencia de **95.550 KHz** hay que programar el **módulo A** con el número **95** y utilizar el resto decimal (**0,55**) para calcular el valor a programar en el **módulo B**:
 $0,55 \times 80 = 44$

NOTA: La parte **decimal** utilizada para calcular el factor del **módulo B** debe estar siempre precedida por **0,**.

Para obtener una frecuencia de **103.250 KHz** hay que programar el **módulo A** con el número **103** y utilizar el resto decimal (**0,25**) para calcular el valor a programar en el **módulo B**:
 $0,25 \times 80 = 20$

Por último, para obtener una frecuencia de **107.625**

KHz hay que programar el **módulo A** con el número **107** y utilizar el resto decimal (**0,625**) para calcular el valor a programar en el **módulo B**:
 $0,625 \times 80 = 50$

Con estos tres ejemplos hemos mostrado de forma clara y sencilla el cálculo del valor a programar en los **módulos A y B**.

Resumiendo, las **fórmulas** para obtener los **factores de división** son las siguientes:

$$\text{Factor de división del MÓDULO A} \\ (\text{KHz en salida del VCO} : 80) : 12,5$$

$$\text{Factor de división del MÓDULO B} \\ (\text{Decimales del cálculo de A} \times 80)$$

NOTA: Si al calcular el **factor de división** del **módulo A** no hay ningún **decimal** el **módulo B** no debe ser programado.

Instalando en el **VCO bobinas** con un número **espiras** diferente se pueden conseguir también frecuencias de **27.250 KHz**, **145.100 KHz** o de **150.300 KHz**, realizando los cálculos con el procedimiento que hemos explicado para los **factores de división** de los **módulos A y B**.

CÓMO programar los MÓDULOS A y B

Para calcular el **factor de división** de los **módulos A y B**, es decir de los integrados **HCF.40103** o **CD.40103** (ver **IC3-IC4** en la Fig.9), recordamos que conectando los terminales indicados en la **Tabla N.2** al **positivo** de alimentación (**5 voltios**) se obtienen los siguientes **factores de división**: Estos **factores de división** se suelen denominar **pesos** ya que **sumándolos** se obtiene el **valor** por el que **divide** el integrado.

MÓDULO A							MÓDULO B						
94	30	30	14	6	2	0	43	43	11	11	3	3	1
64	32	16	8	4	2	1	64	32	16	8	4	2	1
PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4	PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4
30	NO	14	6	2	0	NO	NO	11	NO	3	NO	1	0

Fig.6 Para generar una frecuencia de 95.550 KHz hay que realizar la operación $(95.550 : 80) : 12,5 = 95,55$. Al valor obtenido hay que restarle 1 $(95-1) = 94$, número que se utiliza para programar el MÓDULO A. Para programar el MÓDULO B hay que multiplicar el resto decimal 0,55 por 80, sustrayendo 1 al valor obtenido, es decir $(0,55 \times 80) - 1 = 43$. Los pines que tienen asociado un NO se conectan a masa en lugar de a + 5 voltios.

MODULO A							MODULO B						
102	38	6	6	6	2	0	19	19	19	3	3	3	1
64	32	16	8	4	2	1	64	32	16	8	4	2	1
PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4	PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4
38	6	NO	NO	2	0	NO	NO	NO	3	NO	NO	1	0

Fig.7 Para generar una frecuencia de 103.250 KHz hay que realizar la operación $(103.250 : 80) : 12,5 = 103,25$. Al valor obtenido hay que restarle 1 $(103-1) = 102$, número que se utiliza para programar el MÓDULO A. Para programar el MÓDULO B hay que multiplicar el resto decimal 0,25 por 80, sustrayendo 1 al valor obtenido, es decir $(0,25 \times 80) - 1 = 19$. Los pines que tienen asociado un NO se conectan a masa en lugar de a + 5 voltios.

MODULO A							MODULO B						
106	42	10	10	2	2	0	49	49	17	1	1	1	1
64	32	16	8	4	2	1	64	32	16	8	4	2	1
PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4	PIN 12	PIN 11	PIN 10	PIN 7	PIN 6	PIN 5	PIN 4
42	10	NO	2	NO	0	NO	NO	17	1	NO	NO	NO	0

Fig.8 Para generar una frecuencia de 107.625 KHz hay que realizar la operación $(107.625 : 80) : 12,5 = 107,625$. Al valor obtenido hay que restarle 1 $(107-1) = 106$, número que se utiliza para programar el MÓDULO A. Para programar el MÓDULO B hay que multiplicar el resto decimal 0,625 por 80, sustrayendo 1 al valor obtenido, es decir $(0,625 \times 80) - 1 = 49$. Los pines que tienen asociado un NO se conectan a masa en lugar de a + 5 voltios.

En efecto, conectando al **positivo** de alimentación los terminales que dividen entre **64-16-4-2** se obtiene una **división total** entre **64+16+4+2 = 86**.

Si conectamos al **positivo** los **7 terminales** indicados en la **Tabla N.2** se obtiene una **división total** entre **64+32+16+8+4+2+1 = 127**.

NOTA: En los integrados **40103** hay que **restar 1** al peso total. Tomando en consideración las frecuencias que hemos elegido en nuestros ejemplos, los pesos a programar en los módulos A y B son los siguientes:

- Para obtener **95.550 KHz** (ver Fig.6)
 - Programar el **módulo A** a **95 - 1 = 94**
 - Programar el **módulo B** a **44 - 1 = 43**
- Para obtener **103.250 KHz** (ver Fig.7)

TABLA N.2

patilla 12	divide entre 64
patilla 11	divide entre 32
patilla 10	divide entre 16
patilla 7	divide entre 8
patilla 6	divide entre 4
patilla 5	divide entre 2
patilla 4	divide entre 1

- Programar el **módulo A** a **103 - 1 = 102**
- Programar el **módulo B** a **20 - 1 = 19**

Para obtener **107.625 KHz** (ver Fig.8)

- Programar el **módulo A** a **107 - 1 = 106**
- Programar el **módulo B** a **50 - 1 = 49**

Conociendo el valor de los **pesos** de **A** y **B** se puede obtener el valor de la **frecuencia** que sale del **VCO** realizando las siguientes operaciones:

$$NR = (\text{Peso A} + 1) \times 80$$

El valor calculado **NR** se introduce en la siguiente expresión:

$$\text{KHz} = (NR + \text{Peso B} + 1) \times 12,5$$

Si se quiere conocer la **frecuencia** generada por el **VCO** para un **peso A = 94** y un **peso B = 43** las operaciones a realizar son las siguientes:

$$(94 + 1) \times 80 = 7.600$$

$$(7.600 + 43 + 1) \times 12,5 = 95.550 \text{ KHz}$$

Para un **peso A = 106** y un **peso B = 49** las operaciones serían:

$$(106 + 1) \times 80 = 8.560$$

$$(8.560 + 49 + 1) \times 12,5 = 107.625 \text{ KHz}$$

En las Figs.6-7-8 se reproducen dos **tablas**, una para el **módulo A** y otra para el **módulo B**, en cuya línea **central** se indica el **peso** y el **terminal** correspondiente del integrado **HCF.40103**.

Si, por ejemplo, tomamos los **pesos** necesarios para conseguir una frecuencia de **95.550 KHz**:

$$\text{Peso módulo A} = 95 - 1 = 94$$

$$\text{Peso módulo B} = 44 - 1 = 43$$

Para determinar los terminales del **módulo A** que se han de conectar al **positivo** de alimentación para obtener el **factor de división** deseado, en primer lugar hay que insertar el número en la **primera** casilla de la **izquierda** (sobre el **peso 64**), como se observa en la Fig.6. A continuación realizamos la siguiente **resta**:

$$94 - 64 = 30$$

Ahora escribimos el resultado (**30**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **segunda casilla** de la **primera línea** (sobre el número **32**).

Como la **resta 30-32** no se puede realizar en la casilla inferior escribimos **NO** y llevamos el **30** a la **tercera casilla** de la **primera línea** (sobre el número **16**). Ahora sí se puede realizar la **resta**:

$$30 - 16 = 14$$

A continuación escribimos el resultado (**14**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **cuarta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **8**). Realizamos la **resta**:

$$14 - 8 = 6$$

Escribimos el resultado (**6**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **quinta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **4**). Realizamos la **resta**:

$$6 - 4 = 2$$

Ahora escribimos el resultado (**2**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **sexta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **2**). Realizamos la **resta**:

$$2 - 2 = 0$$

Acto seguido escribimos el resultado (**0**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **séptima casilla** de la **primera línea** (sobre el número **1**). Como la **resta 0-1** no se puede realizar en la casilla inferior escribimos **NO**

Resumiendo, hay que insertar en la **casilla superior** el **número** del que será **sustraído** el **peso** indicado en la **casilla inferior**. Si el resultado de la **resta** es **negativo** en la casilla inferior se pone **NO**, en caso contrario se pone

el **resultado** de la resta. El resultado se va trasladando hacia la derecha **hasta llegar al 0**.

Todos los **terminales** que en la casilla inferior tengan un **número**, incluido el **0**, han de conectarse al **positivo** de alimentación, mientras que los terminales que tengan **NO** en sus casillas correspondientes han de conectarse a **masa**.

De hecho, sumando todos los **pesos** de la **fila central**, **exceptuando** los que tienen en sus casillas inferiores **NO**, obtenemos:

$$64 + 16 + 8 + 4 + 2 = 94$$

que es el **valor** correspondiente al **factor de división** del **módulo A**.

Para determinar los terminales del **módulo B** que se han de conectar al **positivo** de alimentación para obtener el **factor de división** deseado el procedimiento a seguir es análogo al realizado para el **módulo A**. En primer lugar hay que insertar el número (**43**) en la **primera casilla** de la **izquierda** (sobre el **peso 64**), como se observa en la Fig.6 (**módulo B**). Como la **resta 43-64** no se puede realizar en la casilla inferior escribimos **NO** y llevamos el **43** a la **segunda casilla** de la **primera línea** (sobre el número **32**). Ahora sí se puede realizar la **resta**:

$$43 - 32 = 11$$

A continuación escribimos el resultado (**11**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **tercera casilla** de la **primera línea** (sobre el número **16**). Como la **resta 11-16** no se puede realizar en la casilla inferior escribimos **NO** y llevamos el **11** a la **cuarta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **8**). Ahora sí se puede realizar la **resta**:

$$11 - 8 = 3$$

Ahora escribimos el resultado (**3**) en la casilla inferior y lo llevamos también a la **quinta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **4**).

Como la **resta 3-4** no se puede realizar en la casilla inferior escribimos **NO** y llevamos el **3** a la **sexta casilla** de la **primera línea** (sobre el número **2**). Ahora sí se puede realizar la **resta**:

$$3 - 2 = 1$$

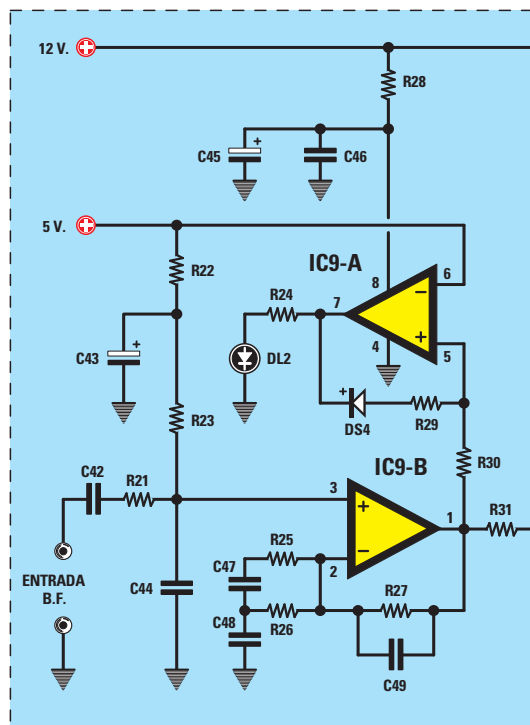
A continuación escribimos el resultado (**1**) en la casilla inferior y lo llevamos a la **séptima**

LISTA DE COMPONENTES LX.1603-LX.1604

R1 = 4.700 ohmios (*)
R2 = 10.000 ohmios (*)
R3 = 100 ohmios (*)
R4 = 10.000 ohmios (*)
R5 = 150 ohmios (*)
R6 = 10 ohmios (*)
R7 = 10.000 ohmios
R8 = 10.000 ohmios
R9 = 100 ohmios
R10 = 100 ohmios
R11 = Red resistencias 10.000 ohmios
R12 = Red resistencias 10.000 ohmios
R13 = 100.000 ohmios
R14 = 1.000 ohmios
R15 = 220 ohmios
R16 = 1 megaohmio
R17 = 10.000 ohmios
R18 = 10.000 ohmios
R19 = 1 megaohmio
R20 = 330 ohmios
R21 = 10.000 ohmios
R22 = 10.000 ohmios
R23 = 10.000 ohmios
R24 = 1.000 ohmios
R25 = 3.300 ohmios
R26 = 10.000 ohmios
R27 = 47.000 ohmios
R28 = 10 ohmios
R29 = 180.000 ohmios
R30 = 47.000 ohmios
R31 = 10.000 ohmios
C1 = Compensador 2-15 pF (*)
C2 = 22 pF cerámico (*)
C3 = 10.000 pF cerámico (*)
C4 = 2,2 pF cerámico (*)
C5 = 10.000 pF cerámico (*)
C6 = 10 microF. electrolítico (*)
C7 = 1.000 pF cerámico (*)
C8 = 68 pF cerámico (*)
C9 = 10.000 pF cerámico (*)
C10 = 120 pF cerámico (*)
C11 = 10 microF. electrolítico (*)
C12 = Compensador 65 pF (*)
C13 = 10 microF. electrolítico (*)
C14 = 10.000 pF cerámico (*)
C15 = 1.000 pF cerámico (*)
C16 = Compensador 65 pF (*)
C17 = Compensador 65 pF (*)
C18 = 100 pF cerámico
C19 = 100.000 pF poliéster
C20 = 4,7 microF. electrolítico
C21 = 100.000 pF cerámico
C22 = 10.000 pF cerámico
C23 = 10.000 pF cerámico
C24 = 6,8 pF cerámico
C25 = 6,8 pF cerámico
C26 = 3.300 pF poliéster

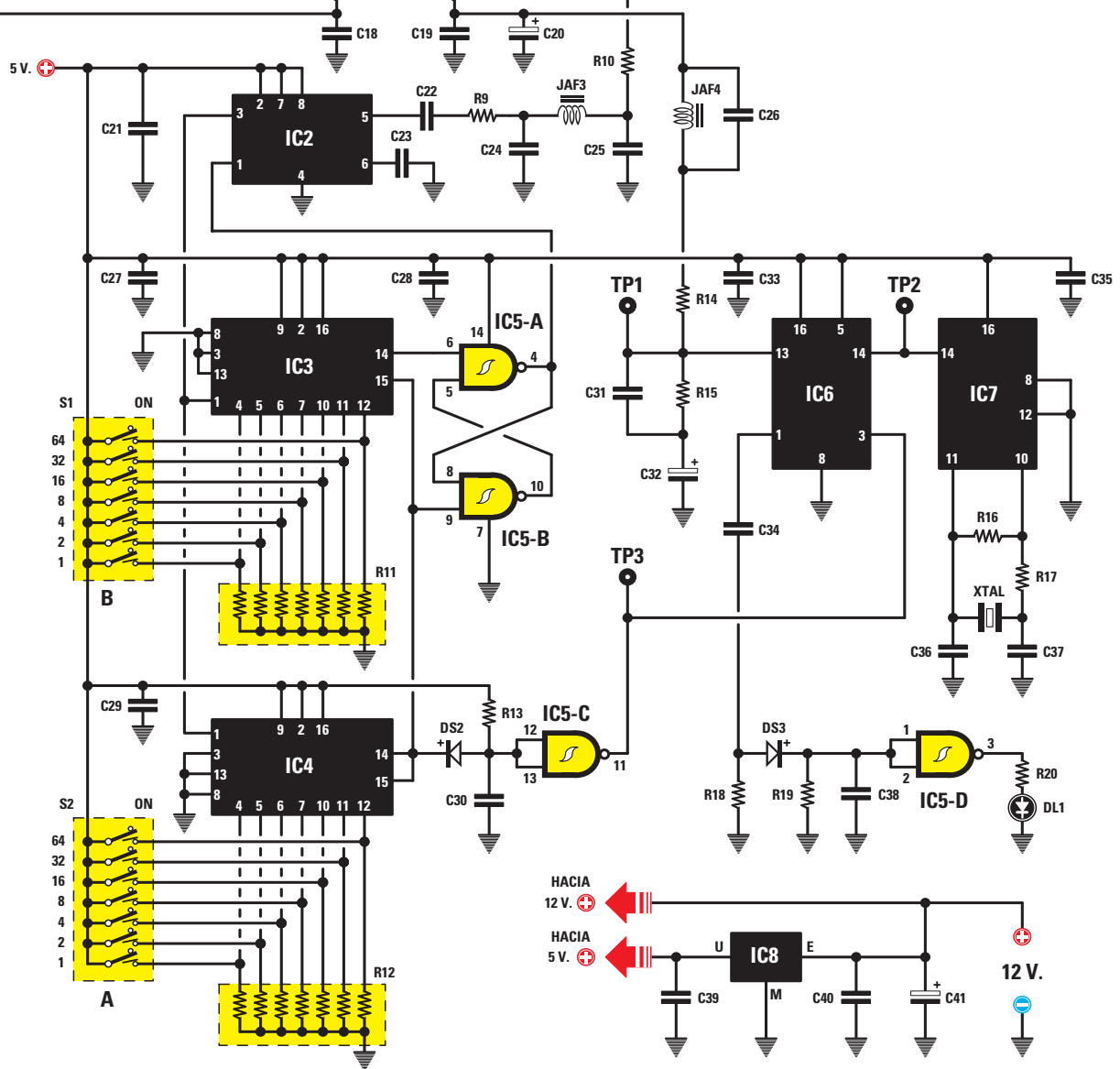
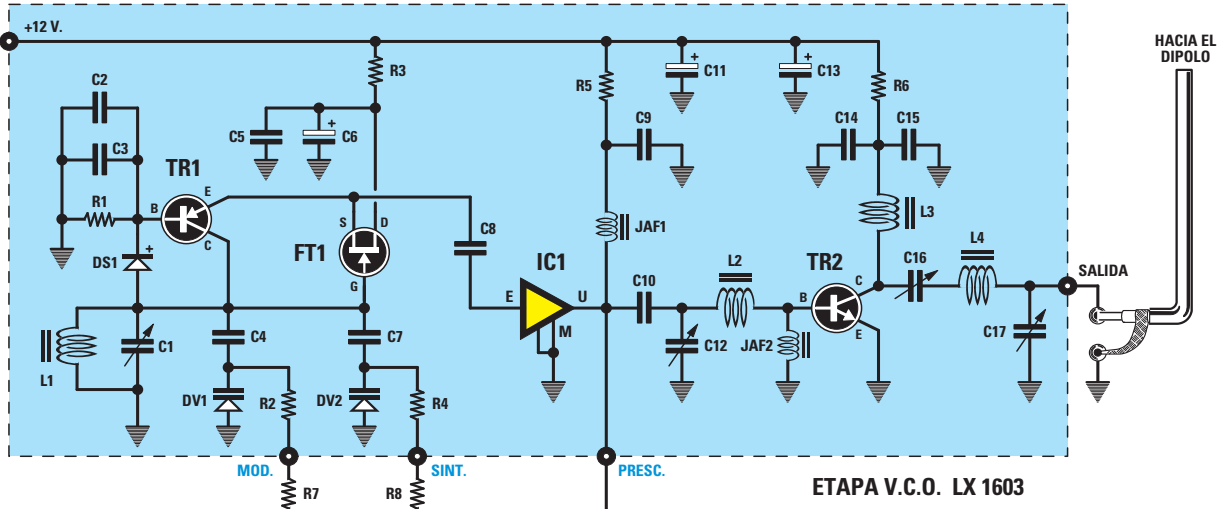
C27 = 100.000 pF poliéster
C28 = 100.000 pF poliéster
C29 = 100.000 pF poliéster
C30 = 470 pF cerámico
C31 = 1 microF. poliéster
C32 = 47 microF. electrolítico
C33 = 100.000 pF poliéster
C34 = 3.300 pF poliéster
C35 = 100.000 pF poliéster
C36 = 22 pF cerámico
C37 = 22 pF cerámico
C38 = 10.000 pF poliéster
C39 = 100.000 pF poliéster
C40 = 100.000 pF poliéster
C41 = 100 microF. electrolítico
C42 = 470.000 pF poliéster
C43 = 10 microF. electrolítico
C44 = 100 pF cerámico
C45 = 10 microF. electrolítico
C46 = 100.000 pF poliéster
C47 = 5.600 pF poliéster
C48 = 470.000 pF poliéster
C49 = 47 pF cerámico
L1 = Bobina 8 espiras sobre núcleo NT30.0 (*)
L2 = Bobina 7 espiras sobre núcleo NT30.0 (*)
L3 = Bobina 8 espiras sobre núcleo NT30.0 (*)

L4 = Bobina 10 espiras sobre núcleo NT30.0 (*)
JAF1 = Impedancia 10 microhenrios (*)
JAF2 = Impedancia 10 microhenrios (*)
JAF3 = Impedancia 0,27 microhenrios
JAF4 = Impedancia 47 milihenrios
XTAL = Cuarzo 3,2 MHz
DS1 = Diodo schottky 1N.5711 (*)
DS2 = Diodo 1N.4148
DS3 = Diodo 1N.4148
DS4 = Diodo 1N.4148
DV1 = Diodo varicap BB222 (*)
DV2 = Diodo varicap BB222 (*)
DL1 = Diodo LED
DL2 = Diodo LED
TR1 = Transistor PNP BSX29 (*)
TR2 = Transistor NPN 2N.3725 (*)
FT1 = FET J310 (*)
IC1 = Amplificador monolítico MAV11 (*)
IC2 = Integrado SP.8792
IC3 = Integrado CMOS 40103
IC4 = Integrado CMOS 40103
IC5 = Integrado CMOS 4093
IC6 = Integrado CMOS 4046
IC7 = Integrado CMOS 4060
IC8 = Integrado L.7805
IC9 = Integrado NE.5532
S1 = DIP-SWITCH 4 + DIP-SWITCH 3
S2 = DIP-SWITCH 4 + DIP-SWITCH 3



ETAPA DE MODULACIÓN

Fig.9 Esquema eléctrico del VCO 80-110 MHz con Doble Módulo PLL. Los componentes marcados con un asterisco (*) se montan en el circuito impreso VCO LX.1603 (ver Fig.10).



casilla de la **primera línea** (sobre el número **1**). Realizamos la **resta**:

$$1 - 1 = 0$$

Al llegar a **0** hemos **completado** la secuencia de operaciones a realizar.

Todos los **terminales** que en la casilla inferior tengan un **número**, incluido el **0**, han de conectarse al **positivo** de alimentación, mientras que los terminales que tengan **NO** en sus casillas correspondientes han de conectarse a **masa**. De hecho, sumando todos los **pesos** de la **fila central**, **exceptuando** los que tienen en sus casillas inferiores **NO**, obtenemos:

$$32 + 8 + 2 + 1 = 43$$

que es el **valor** correspondiente al **factor de división** del **módulo B**.

En la Fig.7 se encuentran las **tablas** de programación de los **módulos A** y **B** para una frecuencia de **103.250 KHz**:

$$\text{Peso módulo A} = 103 - 1 = 102$$

$$\text{Peso módulo B} = 20 - 1 = 19$$

En la Fig.8 se encuentran las **tablas** de programación de los **módulos A** y **B** para una frecuencia de **107.625 KHz**:

$$\text{Peso módulo A} = 107 - 1 = 106$$

$$\text{Peso módulo B} = 50 - 1 = 49$$

Como se ha podido comprobar, con unas sencillas operaciones matemáticas se puede diseñar un **PLL con doble módulo** para realizar cualquier **VCO**.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Una vez explicado detalladamente como funciona un **PLL con doble módulo** podemos presentar un eficaz **VCO (Oscilador Controlado por Voltaje)** modulado en **FM** capaz de cubrir un rango de frecuencia de **80 MHz a 110 MHz** (ver Fig. 9).

La **salida** de este **VCO** puede ofrecer una **potencia máxima** de unos **300 milivatios**, por lo que se puede utilizar como **radiomicrofono FM**, pudiendo captar su señal con cualquier **receptor FM**. El **alcance**, en función de la **sensibilidad del receptor FM**, está en torno a **100 metros**. La señal presente en la salida de este **VCO** puede

utilizarse también para aplicarse a **etapas finales de potencia** de **10-40-100 Vatios**.

Comenzamos la descripción de la **etapa VCO** (ver recuadro **sombreado** en la Fig.9) con la **etapa de oscilación** compuesta por el transistor PNP **TR1** y por el FET **FT1**.

Conectando la **inductancia L1** y el **compensador C1** entre **masa** y el **Colector** del transistor **TR1** y la **Puerta (Gate)** del FET **FT1** el circuito **oscila**, generando una señal **RF** que se amplifica mediante **IC1**.

En **paralelo** al circuito de sintonía **L1-C1** está conectado el **diodo varicap DV2** (controlado por el terminal **13** del **integrado PLL IC6**). De esta forma se obtiene en salida la **frecuencia programada** por los **integrados divisores IC3-IC4**.

También en paralelo al circuito de sintonía **L1-C1** se encuentra un segundo **diodo varicap (DV1)** que, conectado a través de las resistencias **R2-R7-R31** al terminal de salida del operacional **IC9/B**, se utiliza para **modular** la señal en **FM**.

El integrado **IC6**, utilizado como **PLL**, es un **HCF.4046**, si bien puede utilizarse también un **CD.4046**. Los integrados **IC3-IC4** son **divisores programables** tipo **HCF.40103**, en este caso también se pueden utilizar integrados **CD.40103**.

Continuando con la descripción, la señal **RF** generada por el **VCO** es obtenida del **Emisor** de **TR1** y del **Surtidor (Source)** de **FT1** mediante un condensador cerámico de **68 pF (C8)** para ser aplicada al terminal de entrada del minúsculo **amplificador monolítico** de banda ancha **MAV.11 (IC1)**, capaz de amplificar la señal generada por el **VCO** unas **20 veces**.

Del terminal de salida de **IC1** la señal es aplicada a la **Base** del transistor final de potencia **TR2** mediante el **condensador C10**, el **compensador C12** y la **inductancia L2**, que realizan la función de **adaptador de impedancia**.

La señal **RF**, amplificada por el transistor **TR2** unas **10 veces**, se obtiene de su **Colector** para aplicarse al **dipolo emisor** a través de un **cable coaxial** para **TV**, cable que presenta una impedancia característica de **75 ohmios** (ver Fig.20).

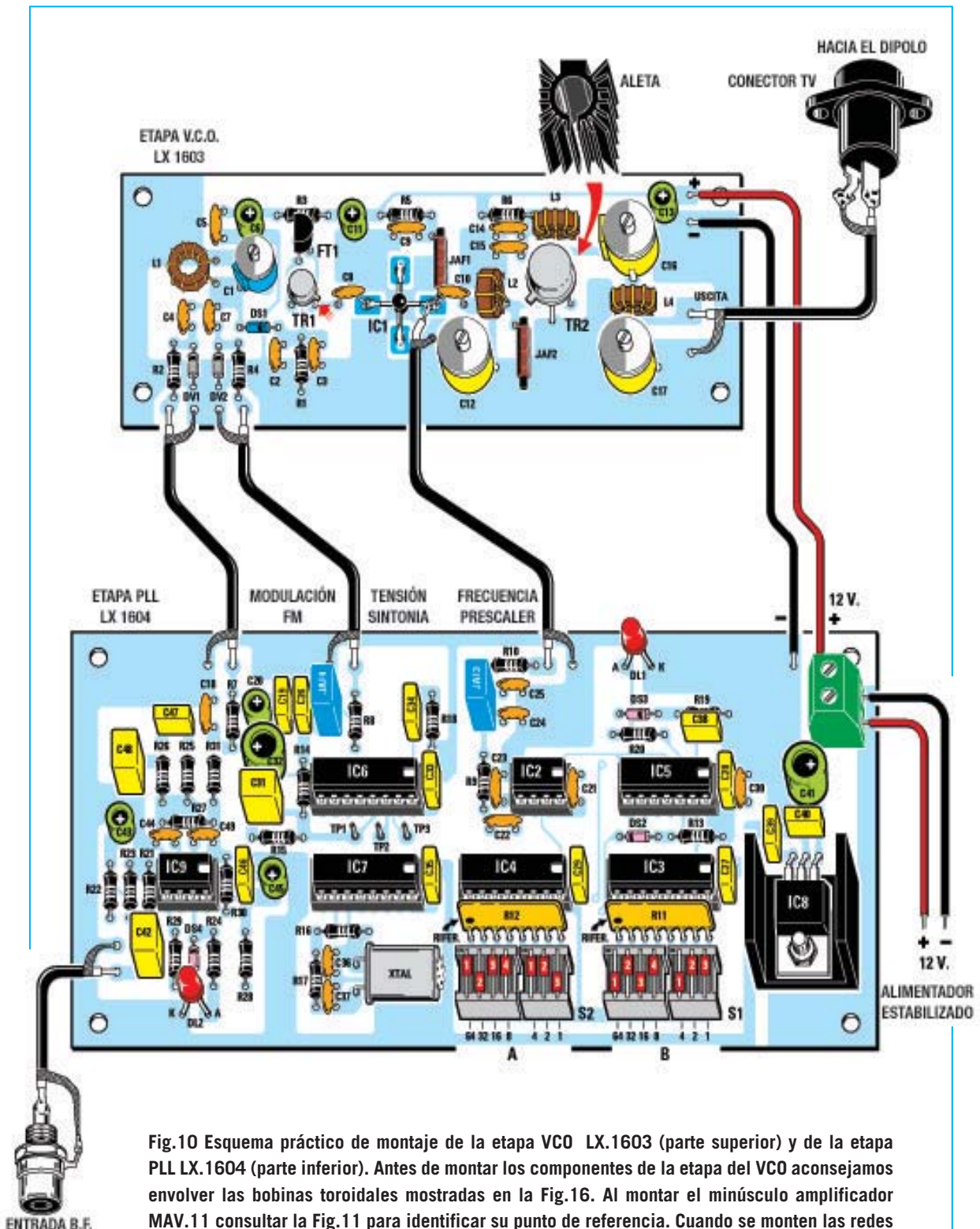


Fig.10 Esquema práctico de montaje de la etapa VCO LX.1603 (parte superior) y de la etapa PLL LX.1604 (parte inferior). Antes de montar los componentes de la etapa del VCO aconsejamos envolver las bobinas toroidales mostradas en la Fig.16. Al montar el minúsculo amplificador MAV.11 consultar la Fig.11 para identificar su punto de referencia. Cuando se monten las redes resistivas R11-R12 en el circuito impreso LX.1604 hay que verificar que el pequeño punto serigrafiado sobre su cuerpo esté orientado hacia la izquierda.

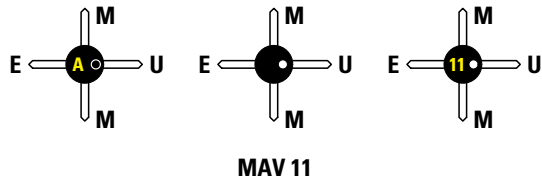


Fig.11 El punto de referencia presente sobre el cuerpo del MAV.11 que identifica la salida (U) es poco visible. En algunos modelos de MAV.11 este punto está situado a la derecha letra A, en otros a la derecha del número 11.

Puesto que la impedancia de salida del transistor **TR2** no tiene el mismo valor de **75 ohmios** que el cable **TV** y que el **dipolo emisor**, hay que **adaptarla**, operación que se realiza mediante los dos **compensadores C16-C17** y la **inductancia L4**.

En este **VCO** hemos adaptado la **impedancia** de salida al valor de **75 ohmios** ya que el **cable coaxial** con esta impedancia es muy común, pudiéndose adquirir en cualquier **ferretería, tienda de TV** o **proveedor de componentes electrónicos**. Una vez completada la descripción del **VCO** vamos a pasar a la descripción de la **etapa PLL** y del **modulador FM**.

Como se puede observar en la Fig.9, del terminal de Salida de **IC1** se obtiene, a través de la resistencia **R10**, un pequeño porcentaje de **señal RF** para aplicarla al terminal **5** del **Prescaler IC2**, es decir del integrado **SP.8792**, pasando a través de un **filtro paso-bajo** compuesto por **C25-C24-JAF3**.

Este filtro paso-bajo **atenúa** las **armónicas** de la frecuencia generada que, si entraran en el divisor **IC2**, podrían interferir con el valor de la frecuencia deseada.

La **frecuencia dividida** por **IC2**, presente en el terminal de **salida 3**, se aplica a los dos terminales **1** de los divisores **programables HCF.40103 (IC3-IC4)**.

La salida del **flip-flop Set-Reset** compuesto por las dos **NAND IC5/A** e **IC5/B** se conecta al

terminal **1** del **prescaler IC2** para fijar el factor de **división** del **doble módulo (80 o 81)**.

La **NAND IC5/C** se utiliza para “**ampliar**” los estrechos impulsos presentes en las salidas de los **divisores programables**, haciendo llegar al terminal **3** de **IC6** (etapa **PLL**) una onda cuadrada con un **duty-cycle** del **50%**.

Al terminal de entrada de **IC6 (14)** llega la frecuencia de referencia de **12,5 KHz** obtenida del integrado **IC7**, un **HCF.4060** utilizado como **divisor** entre **256**, y que junto al **cuarzo XTAL** forma la **etapa de oscilación**.

Aplicando a los terminales **10-11** de **IC7** un **cuarzo** de **3.200 KHz** la frecuencia que sale del terminal **14** queda dividida entre **256**, por tanto obtendremos:

$$3.200 : 256 = 12,5 \text{ KHz}$$

Como ya hemos explicado, aplicando esta frecuencia al terminal **14** del **PLL HCF.4046 (IC6)** cuando en el terminal **3** entre una frecuencia del mismo valor veremos encenderse el **diodo LED DL1** conectado al terminal **1** del **PLL IC6** a través de la **NAND IC5/D** (utilizada como **inversor**).

Si la **frecuencia** que entra en el terminal **3** del **PLL** no es de **12,5 KHz**, es decir no es igual a la que entra en la terminal **14**, el integrado **PLL** procede a variar la tensión del **diodo varicap DV2**, modificando así la frecuencia del **VCO**.

Cuando de la salida de los dos **divisores programables IC3-IC4** sale una frecuencia

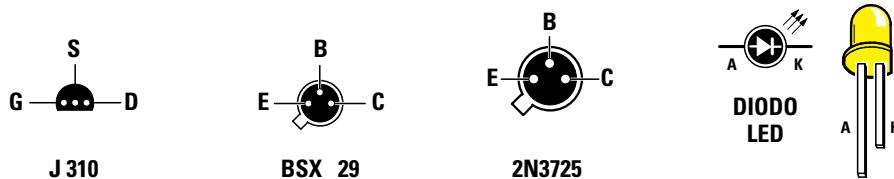


Fig.12 Conexiones, vistas desde abajo, del FET J.310 y de los transistores BSX.29 y 2N.3725. El terminal más largo de los diodos LED es el ánodo, el más corto es el Cátodo.



Fig.13 Fotografía del circuito impreso LX.1603 (VCO) con todos sus componentes montados. Para conectar esta etapa a la etapa PLL hay que utilizar cable coaxial RG.174, teniendo presente que se ha de conectar la malla de protección a los terminales de masa de ambos los circuitos impresos. En el kit se incluye 1 metro de cable coaxial RG.174.

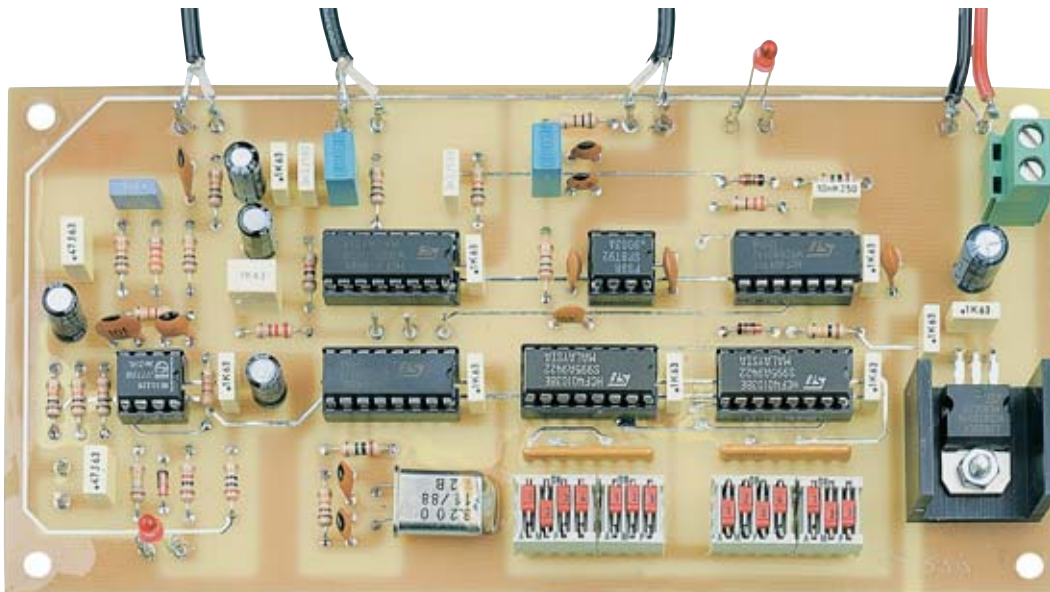


Fig.14 Fotografía del circuito impreso LX.1604 (PLL) con todos sus componentes montados. En la clema de 2 polos situada a la derecha se aplica la tensión de alimentación de 12 voltios, respetando la polaridad (ver Fig.10). Antes de aplicar los 12 voltios de alimentación al PLL hay que posicionar las palancas de los Módulos A-B en el factor de división deseado.

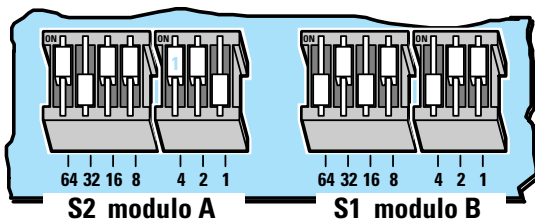


Fig.15 Para obtener el Factor de División deseado hay que mover hacia abajo las palancas que en las que en las Tablas aparece un NO (ver Figs.6-7-8). Esta imagen muestra las posiciones adecuadas para conseguir una frecuencia de 95.550 KHz (ver Fig.6).

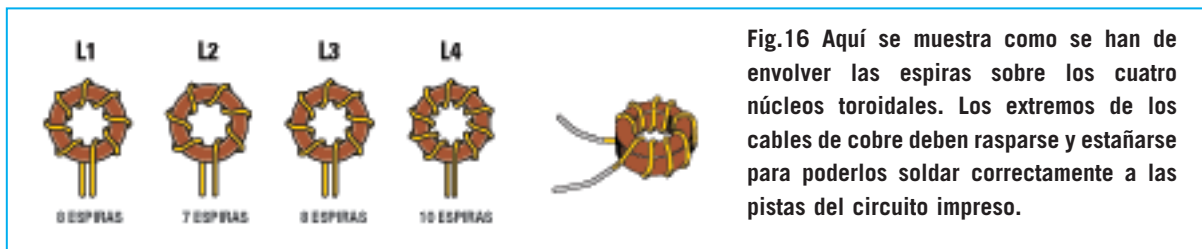


Fig.16 Aquí se muestra como se han de envolver las espiras sobre los cuatro núcleos toroidales. Los extremos de los cables de cobre deben rasparse y estañarse para poderlos soldar correctamente a las pistas del circuito impreso.

exacta de **12,5 KHz**, es decir igual a la frecuencia de referencia proporcionada por el **oscilador de cuarzo**, el integrado **IC6** fija la **tensión** que sale del terminal **13** para que la frecuencia generada por el **VCO** permanezca **estable** en el valor requerido.

Cuando el **PLL** logra “engancharse” la frecuencia del **VCO** se enciende el diodo **DL1**, conectado al terminal **1** a través de la **NAND IC5/D**.

Si este diodo LED **no se enciende** significa que se ha cometido un **error**, por ejemplo porque se ha montado el diodo varicap **DV2** al **revés** o porque se ha ajustado el compensador **C1** de tal forma que se ha salido del rango de frecuencia de la bobina **L1** o porque se han **invertido** los terminales del diodo LED **DL1** o bien porque **no** se haya **raspado** el esmalte aislante presente en los cables de los **núcleos toroidales**.

Para modular este **VCO** en **FM** hay que utilizar un segundo **diodo varicap (DV1)** conectado, mediante las resistencias **R2-R7-R31**, al terminal de salida del operacional **IC9/B** presente en la etapa de **modulación**.

El operacional **IC9/B**, utilizado como **preamplificador**, procede a variar, a través de la señal **BF** que sale de su terminal de salida **1**, la capacidad del **diodo varicap DV1** y, por tanto, la **frecuencia de sintonía** del **VCO** en algunos **KHz**.

Para conseguir una **modulación FM** de **+/-75 KHz** hay que aplicar a la entrada del operacional una señal **BF** que alcance un valor de unos **300 milivoltios p/p** ya que si fuera menor escuchemos un sonido muy **débil** con los **receptores FM**. Para evitar este inconveniente podremos aumentar la **ganancia** de la etapa preamplificadora modificando el valor de la resistencia **R27** de **47.000 ohmios** conectada entre la **entrada inversora** y el terminal de **salida**. Puesto que la **ganancia** de esta etapa

se calcula dividiendo el valor de **R27** entre el valor de **R26** y sumando luego **1**, la señal se amplifica:
 $(47.000 : 10.000) + 1 = 5,7 \text{ veces}$

Si el valor del **R27** se aumenta de los actuales **47.000 ohmios** a **150.000 ohmios** obtendremos una **ganancia** de:
 $(150.000 : 10.000) + 1 = 16 \text{ veces}$

De igual forma, utilizando para **R27** un valor de **100.000 ohmios** se obtiene una **ganancia** de **11 veces**.

En la entrada del integrado **IC9/B** se puede aplicar un **micrófono**, la señal obtenida de la toma de **auriculares** de un amplificador **Hi-Fi** o de un reproductor **CD**.

El operacional **IC9/A** se utiliza como detector de **supramodulación**. Si la señal **BF** que llega al **diodo varicap DV1** supera el máximo valor permitido se enciende el **diodo LED DL2** como aviso de que hay que **reducir** la amplitud de la señal **BF** aplicada a la entrada de **IC9/B**.

Para alimentar la etapa **RF** del **VCO**, incluyendo el **modulador FM**, es necesaria una tensión **continua** no estabilizada de unos **12 voltios**, mientras que para alimentar las etapas del **PLL** se precisa una **tensión estabilizada** de **5 voltios** que se obtiene del integrado estabilizador **L7805** (ver **IC8**).

Cuando se monten las diferentes etapas en el circuito impreso **no** hay que preocuparse de controlar cuales se alimentan a **12 voltios** y cuales se alimentan a **5 voltios** ya que las **pistas de cobre** del circuito impreso hacen llegar a cada etapa la tensión requerida.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para realizar este proyecto son necesarios dos circuitos impresos (ver Fig.10). El circuito impreso **LX.1603** soporta todos los componentes

de la etapa **RF** del **VCO**, mientras que el circuito impreso **LX.1604** soporta todos los componentes de la etapa **PLL** y de **modulación**, incluido el **estabilizador** de tensión.

Antes de iniciar el montaje de los componentes del circuito impreso **LX.1603** aconsejamos envolver las **espiras** sobre los **núcleos toroidales NT30.0** de color **marrón** y de **8 mm** de diámetro (ver Fig.16) utilizando los siguientes datos:

L1: Envolver sobre el núcleo toroidal **8 espiras** utilizando cable de cobre esmaltado de **0,4 mm** de diámetro. Las espiras deben espaciarse de tal forma que cubran toda la circunferencia.

L2: Envolver sobre el núcleo toroidal **7 espiras** utilizando cable de cobre esmaltado de **0,4 mm** de diámetro. Las espiras deben espaciarse de tal forma que cubran toda la circunferencia.

L3: Envolver sobre el núcleo toroidal **8 espiras** utilizando cable de cobre esmaltado de **0,4 mm** de diámetro. Las espiras deben espaciarse de tal forma que cubran toda la circunferencia.

L4: Envolver sobre el núcleo toroidal **10 espiras** utilizando cable de cobre esmaltado de **0,4 mm** de diámetro. Las espiras deben espaciarse de tal forma que cubran toda la circunferencia.

Después de haber envuelto en cada núcleo las **espiras** requeridas hay que raspar los

extremos del cable para **eliminar** la capa de **esmalte aislante** de protección.

La bobina **L1** se monta en el circuito impreso en posición **horizontal** mientras que las bobinas **L2-L3-L4** se montan en posición **vertical**.

Cerca de la bobina **L2** hay que montar las impedancias **JAF1-JAF2**. Una vez instaladas se puede continuar con las **resistencias**, condensadores **cerámicos** y con los tres condensadores **electrolíticos**, respetando en estos la **polaridad + /-**.

Llegado este punto se pueden montar los diodos varicap **DV1-DV2** (color **gris**), orientando el lado de su cuerpo rodeado por una **franja negra** hacia la bobina **L1**, y el diodo schottky **DS1** (color **azul**), orientando su franja de referencia hacia **C2**.

El montaje puede continuar con la instalación de los compensadores: **C1 (15 pF)** es el más **pequeño** y es de color **azul**, mientras que **C12-C16-C17 (65 pF)** tienen un cuerpo más **grande** y son de color **amarillo**.

A continuación se pueden montar **el FET FT1**, orientando su lado **plano** hacia el condensador electrolítico **C6**, y el transistor metálico **TR1**, orientando la pequeña **muesca** que sobresale de su cuerpo hacia la derecha (ver Fig.10). El transistor metálico **TR2**, que tiene dimensiones

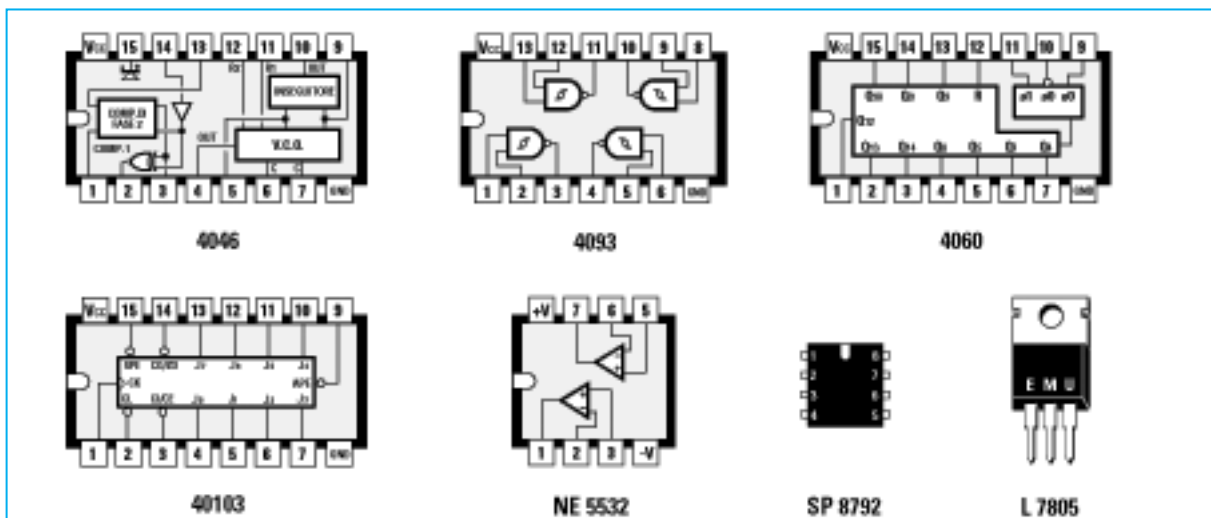


Fig.17 Conexiones de los circuitos integrados utilizados, vistas desde arriba y con la muesca de referencia orientada hacia la izquierda, a excepción del Prescaler SP.8792 que se muestra con la muesca orientada hacia arriba. El estabilizador L.7805 se muestra frontalmente.

mayores, se monta orientando la **muesca** que sobresale de su cuerpo hacia la impedancia **JAF2**.

Los cuerpos del **FET** y de los dos **transistores** no deben hacer contacto con el circuito impreso, han de estar separados unos **4-5 mm**.

Es el momento de montar el minúsculo **amplificador monolítico IC1**, soldando directamente sus **4 terminales** a las pistas de cobre del circuito impreso.

NOTA IMPORTANTE: Este minúsculo amplificador cuenta con **4 terminales** dispuestos en cruz. Localizar el terminal de **salida** puede ser dificultoso ya que el **punto** de referencia resulta **poco visible**.

Como se puede observar en la Fig.11, en algunos casos sobre el cuerpo del amplificador hay una **A** serigrafiada y a la derecha hay un pequeñísimo **punto negro** en relieve que identifica el terminal de **salida**.

Sobre el cuerpo de otros **MAV.11** no aparece ninguna letra, en cambio al lado del terminal de **salida** hay un pequeñísimo **punto negro** o **blanco**. Hay una última posibilidad, encontrar serigrafiado un número **11** y al lado del terminal de **salida** un **punto blanco**.

El terminal situado en el lado opuesto al de **salida** es el terminal de **entrada**. Los otros dos terminales corresponden a **masa**. Después de haber soldado todos los componentes en el circuito impreso

LX.1603 hay que montar en el cuerpo del transistor **TR2** la pequeña **aleta de refrigeración**. Para realizar esta operación hay que **abrir** la aleta ligeramente con un destornillador para que entre, a presión, en el cuerpo del transistor.

Completado el montaje del circuito impreso del **VCO** se puede dejar aparte, de momento, para montar los componentes del circuito impreso **LX.1604**.

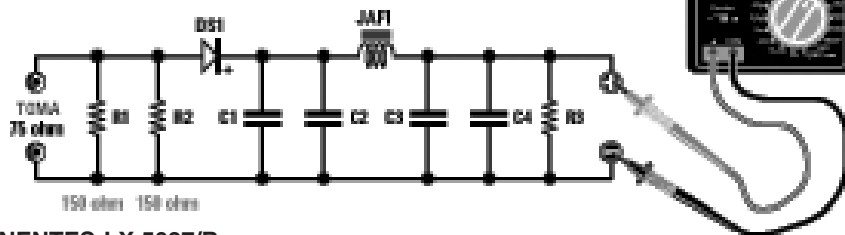
Para empezar aconsejamos montar los **7 zócalos** para los **integrados** y para los **dip-switch S1-S2**, necesarios para programar la **frecuencia**. Debido a que no existen **dip-switch** de **7 palancas** hemos utilizado **dip-switch** de **4** y de **3 palancas**. Cuando instaléis estos dip-switch en el circuito impreso hay que prestar atención a los números impresos en las palancas. Hay que montarlos de forma que se lea **1-2-3-4** y **1-2-3** (ver Fig.15).

Completada esta operación se pueden montar las **resistencias**, incluyendo las dos **redes R11-R12** de **10.000 ohmios**, orientando hacia la **izquierda** el lado de su cuerpo marcado por el **punto de referencia** (ver Fig.10).

El montaje puede continuar con la instalación de los **diodos** de **silicio**, orientando su lado marcado por una **franja negra** como se muestra en el esquema práctico de montaje (ver Fig.10).

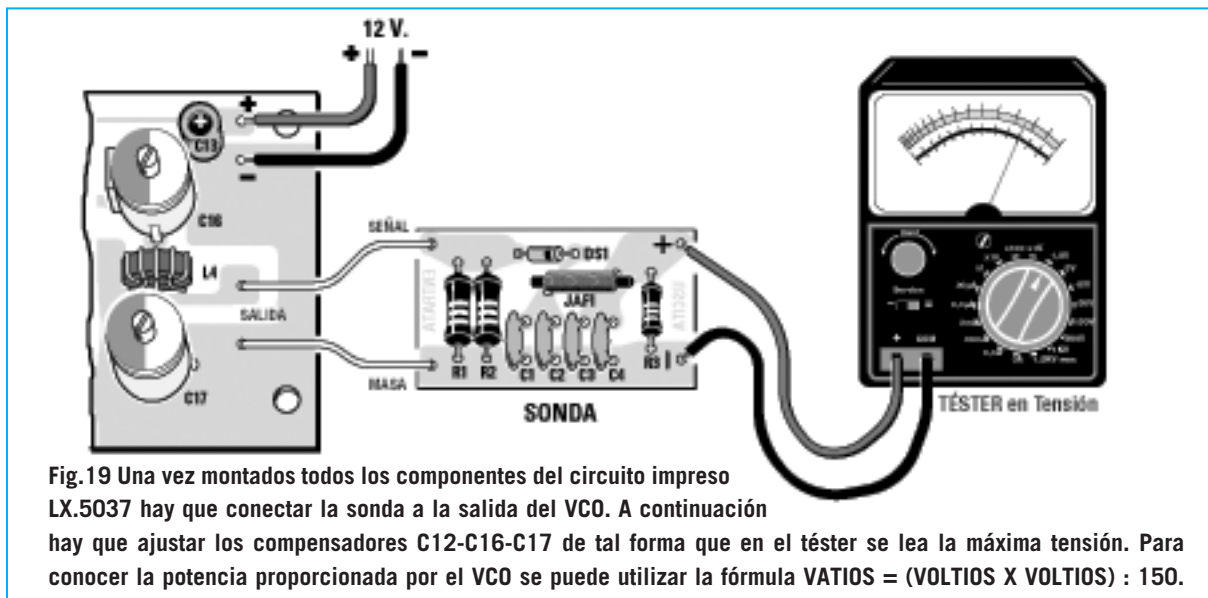
A continuación se pueden montar los **condensadores**, comenzando por los **cerámicos**, conti-

Fig.18 Esquema eléctrico de la Sonda de Carga utilizada para el ajuste del VCO. Cuando solicitéis esta Sonda tenéis que pedir expresamente que las dos resistencias R1-R2 sean de 150 ohmios 1/2 vatio ya que en caso contrario se incluyen dos resistencias de 100 ohmios 1/2 vatio.



LISTA DE COMPONENTES LX.5037/B

- | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| R1 = 150 ohmios 1/2 vatio | C1 = 10.000 pF cerámico | C4 = 1.000 pF cerámico |
| R2 = 150 ohmios 1/2 vatio | C2 = 1.000 pF cerámico | DS1 = Diodo schottky HP.5082 |
| R3 = 68.000 ohmios 1/4 vatio | C3 = 10.000 pF cerámico | JAF1 = Impedancia RF |



nuando con los de **poliéster** para acabar con los **electrolíticos**, respetando en estos últimos la **polaridad** de sus **terminales + /-**.

Ahora se puede montar la **impedancia JAF3 (0,27 microhenrios)** y la **impedancia JAF4 (47 milihenrios)**.

Llegado este punto se puede montar el integrado estabilizador **IC8**, fijando en su cuerpo la pequeña **aleta** de refrigeración en forma de **U**. Para completar el montaje hay que instalar el **cuarzo** de **3,2 MHz**, la **clema** para la entrada de la tensión de **12 voltios** de alimentación y los dos **diodos LED DL1-DL2**, insertando el terminal más largo en correspondencia con la serigrafía de la letra **A**.

Es el momento de introducir los **integrados** en sus correspondientes **zócalos**, orientando hacia la **derecha** la muesca de referencia en forma de **U** presente sobre su cuerpo (ver Fig.10).

CONECTAR la etapa VCO a la etapa PLL

Para este circuito **no** hemos previsto ningún **mueble contenedor** ya que para modificar la frecuencia base hay que manipular los **dip-switch A-B** por lo que sería necesario quitar y poner continuamente la tapa, a menos que se trabaje con una **frecuencia fija**. Inicialmente se pueden fijar los dos circuitos impresos sobre una base de madera o plástico y después elegir un mueble contenedor metálico o de plástico. Como se puede ver en la Fig.10 para conectar

los dos circuitos impresos se utiliza **cable coaxial** (tipo **RG.174**), a excepción de las conexiones de alimentación. Al conectar los cables coaxiales hay que soldar su **mall** protectora al terminal de **masa**. Para los dos cables de alimentación de **12 voltios** hay que respetar la polaridad de las señales **+/-**.

También se puede utilizar cable coaxial **RG.174** para la **entrada** de la **señal BF** y para la toma **hembra TV** que conecta a la **antena dipolo**.

Alguien puede objetar que el cable **RG.174** tiene una **impedancia** característica de **52 ohmios** y que para la conexión entre la **toma TV** y el **dipolo emisor** hemos aconsejado utilizar **cable TV** de **75 ohmios**: El trozo utilizado para conectar la etapa **VCO** a la **toma TV** es tan corto que no puede causar ninguna pérdida **RF**.

Para **ajustar** todos los **compensadores** de la etapa **VCO** hay que conectar a su salida una **sonda** de **carga** de **75 ohmios**, circuito que podréis realizar vosotros mismos siguiendo las indicaciones que exponemos a continuación.

REALIZACIÓN de la SONDA de CARGA

Para realizar la **sonda** de **carga** de **75 ohmios** hacen falta **2** resistencias de **150 ohmios** (ver Fig.18), que, conectadas en **paralelo**, ofrecen un valor de **75 ohmios** (idéntico al valor de la **impedancia** del **cable coaxial** utilizado para **TV**).

La señal **RF** presente en los contactos de las resistencias es rectificada por el diodo **DS1**, un diodo **schottky HP.5082** o **1N.5711**, y nivelada por los condensadores **C1-C2-C3-C4** para poder ser medida con un **téster**.

Para la realización práctica de esta sonda se puede tomar como referencia el esquema práctico mostrado en la Fig.19.

Leyendo en el **téster** conectado a la **sonda de carga** el valor de la tensión proporcionado por el **VCO** se puede calcular el valor de la **potencia** suministrada utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Vatios} = (\text{voltios} \times \text{voltios}) : (\text{ohmios} + \text{ohmios})$$

Suponiendo que en el **téster** se lee una tensión de **7 voltios**, el **VCO** proporciona una **potencia RF** de:

$$(7 \times 7) : (75 + 75) = 0,32 \text{ vatios}$$

En la práctica el valor de la **potencia** suministrada es ligeramente **mayor** ya que en el cálculo no hemos tenido en cuenta la **caída de tensión** de unos **0,4-0,5 voltios** del diodo rectificador incluido en la **sonda de carga**.

AJUSTE de los COMPENSADORES del VCO

Una vez conectada la **sonda de carga** a la salida del **VCO** hay que elegir la **frecuencia** a la que se desea transmitir. Para seleccionarla hay que actuar sobre las **palancas** de los conmutadores **A-B**.

Supongamos que deseáis transmitir a una frecuencia de **95.550 KHz**:

El **módulo A** debe programarse con **peso 94** (95-1)

El **módulo B** debe programarse con **peso 43** (44-1)

Para conseguir un **peso** de **94** hay que posicionar las **palancas** del conmutador **A** como se indica en la Fig.15 (ver **S2**).

Para conseguir un **peso** de **43** hay que posicionar las **palancas** del conmutador **B** como se indica en la Fig.15 (ver **S1**).

Para comenzar el ajuste hay que girar el cursor del **compensador C1** a **mitad de recorrido**. A

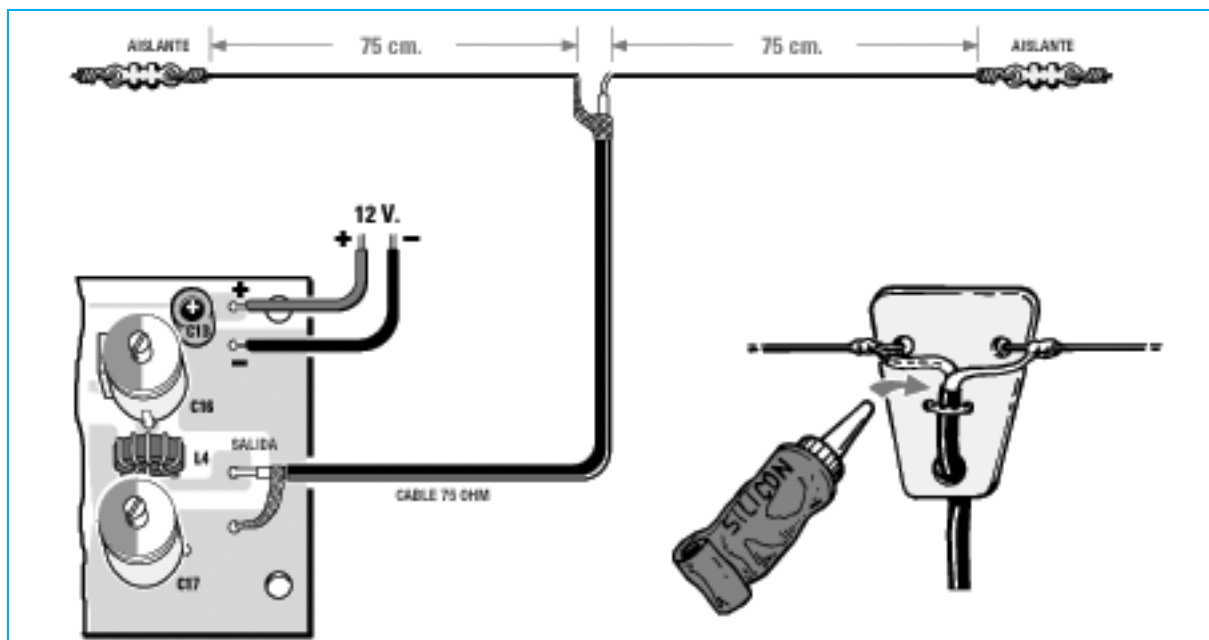


Fig.20 Para emitir la señal del PLL a una distancia de algunas decenas de metros basta con dejar conectada a la salida la Sonda de Carga (ver Fig.19). Para transmitir a una distancia mayor hay que utilizar una antena Dipolo compuesta por dos tramos de cable de cobre de 75 cm de longitud conectados a un cable coaxial TV de cualquier longitud. En los extremos del dipolo hay que aplicar dos aislantes (trozos de plástico). También en el centro del dipolo hay que utilizar un trozo de plástico sobre el que hay que fijar el cable con adhesivo o silicona (ver parte inferior).

continuación hay que alimentar el circuito, el diodo LED **DL1** debe **encenderse** confirmando así que el **VCO** proporciona la **frecuencia** programada.

Si el diodo LED **no** se enciende hay que girar **lentamente** el cursor del compensador **C1** hasta que se encienda.

Para un correcto ajuste también se puede medir, con un **téster**, la tensión **continua** presente en **TP1**, girando el cursor del compensador **C1** de modo que se lea una tensión de unos **2-3 voltios**.

Para continuar el **ajuste** hay que girar el **cursor** del compensador **C12** hasta que el **téster** conectado a la **sonda de carga** indique el **valor máximo** (ver Fig.19).

Si inicialmente se obtiene solo una **tensión** de **2-3 voltios** no hay que preocuparse ya que todavía **no** se han **ajustado** los compensadores **C16-C17**. Puede ocurrir que la **tensión** medida por el **téster** sea mayor de **6 voltios**, en este caso los compensadores **C16-C17** estarán **casualmente** ajustados al valor requerido.

A continuación hay que girar el **cursor** del compensador **C16** hasta encontrar la posición correspondiente a la **máxima tensión** en la salida. Después hay que girar el **cursor** del compensador **C17** hasta encontrar la posición correspondiente a la **máxima tensión** en la salida, unos **7 voltios**.

Por último hay que **retocar** de nuevo, en el orden indicado, los cursores de los compensadores **C12-C16-C17** para ver si se puede conseguir en la **salida** algún **milivoltio** más.

Para realizar el **ajuste** es aconsejable utilizar un pequeño destornillador de **plástico** ya que los **metálicos** introducen una pequeña **capacidad parásita** al tocarlos con las manos.

Dejando la **sonda de carga** conectada a la salida del **VCO** se puede verificar, con un **receptor FM** común, si en la frecuencia de **95,55 MHz** se capta la señal **BF** aplicada a la entrada.

Una vez **completado** el **ajuste** hay que desconectar la **sonda de carga** de la salida del **VCO** y conectar en su lugar un **dipolo** (ver Fig.20).

NOTA: No es aconsejable hacer funcionar el **VCO** sin que a su salida esté conectada la **sonda de carga** o la **antena dipolo** mostrada en la Fig.20.

EL DIPOLO EMISOR

Para **irradiar** la señal generada por el transmisor a una distancia discreta es necesario conectar en el extremo del **cable coaxial** para **TV** un **dipolo** compuesto por **dos brazos** de cable de cobre de **75 cm** de longitud (ver Fig.20).

En el centro de los dos brazos hay que aplicar un **cable coaxial** como el utilizado en las instalaciones de **TV**. La longitud de este cable no es crítica, se puede usar desde un **pequeño trozo** de cable hasta llegar a **40-50 metros**.

PRECIO DE REALIZACIÓN

LX.1603: Precio de todos los componentes necesarios para realizar la **etapa VCO**, incluido el circuito impreso, **FET**, **transistor**, **compensadores**, **núcleos toroidales**, **cable de cobre** para las bobinas, **bornes** y **aleta de refrigeración** para el transistor **TR2** (ver Figs.10-13).....39,35€

LX.1604: Precio de todos los componentes necesarios para realizar la **etapa PLL**, incluido el circuito impreso, **integrados**, **zócalos**, **cuarzo** de **3,2 MHz** y los **dip-switch** necesarios para los **módulos A-B** (ver Figs.10-14).....39,35€

LX.5037/B: Precio de todos los componentes necesarios para realizar la **Sonda de Carga**, incluido el circuito impreso (ver Figs.18-19)3,45€

LX.1603: Circuito impreso.....7,60€

LX.1604: Circuito impreso.....16,15€

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.