

**APLICACION DE MODULADORES
DOBLE BALANCEADOS**

**José Alberto Bava
Juan Carlos Testori**

APLICACIONES DE MODULADORES DOBLE BALANCEADOS

INTRODUCCION

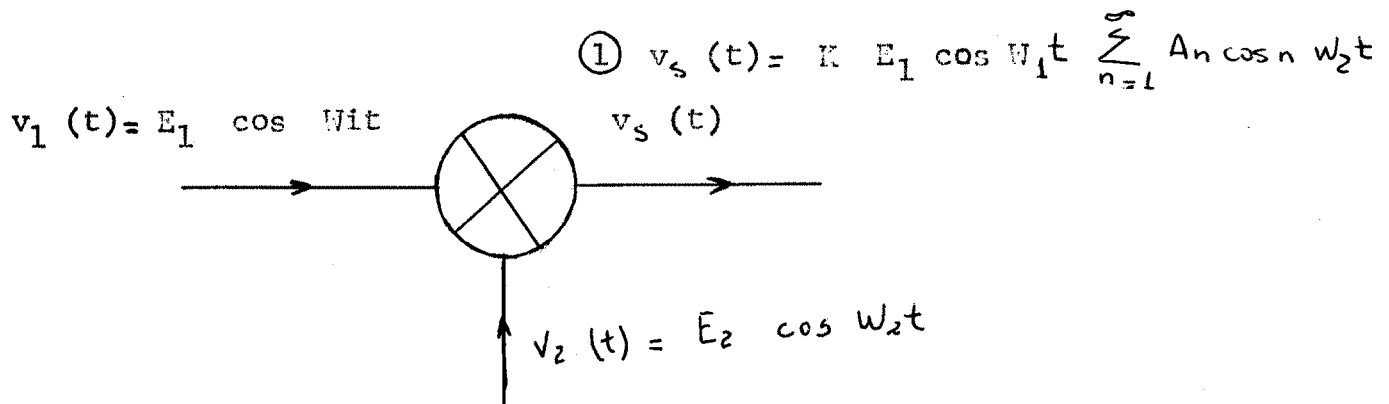
En este informe se analizarán dos aplicaciones de los moduladores doble balanceados, que son:

- A) Detectores de fase
- B) Rotadores de fase

La finalidad es la de utilizar estas dos aplicaciones en un interferómetro a instalarse en el IAR para realizar observaciones radioastronómicas.

A) Detector de fase

Si a un mezclador doble balanceado se le aplican dos señales sinusoidales $v_1(t)$ y $v_2(t)$, su salida responderá a la siguiente ecuación:



Siendo

K = cte de los mezcladores

E_1 y E_2 = amplitudes de las señales entrantes al mezclador

W_1 y W_2 = Las frecuencias angulares correspondientes a F_1 y F_2 de las señales entrantes al mezclador

A_n = las amplitudes de la serie de Fourier de la señal $v_2(t)$

En el caso particular que las frecuencias angulares sean iguales $W_1 = W_2 = W$ y que entre las señales $v_1(t)$ y $v_2(t)$ haya un desfase ζ , tendremos:

②
$$v_s(t) = K E_1 \cos W_1 t \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos (n W t + W \zeta)$$

Usamos la expansión trigonométrica de la serie y tomamos el primer término. Además para nuestro caso podemos suponer, con buena aproximación, que $A_1 = E_2$.

Luego:

$$\textcircled{3} \quad v_s(t) = K_1 K E_1 E_2 \cos \omega t \cos(\omega t + \omega \zeta) \quad \checkmark$$

Siendo K_1 = factor de corrección por adoptar $A_1 = E_2$

Sabemos que:

$$\cos(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta) = 2 \cos \alpha \cos \beta$$

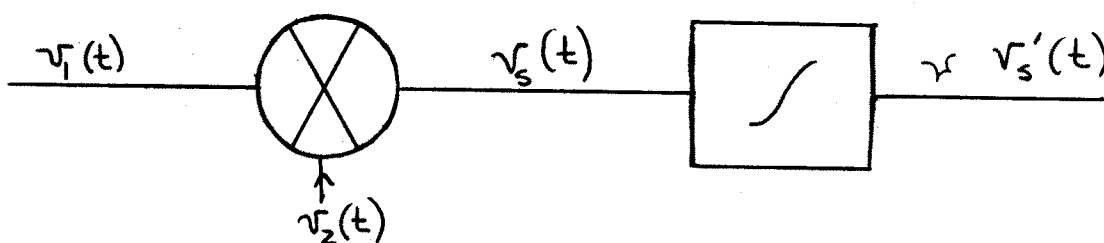
$$\frac{\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)}{2} = \cos \alpha \cos \beta$$

Aplicando el desarrollo trigonométrico anterior la ecuación $\textcircled{3}$ nos queda.

$$\textcircled{4} \quad v_s(t) = \frac{K_1 K E_1 E_2}{2} \left[\cos(\omega t + \omega t + \omega \zeta) + \cos(\omega t - \omega t + \omega \zeta) \right]$$

$$\textcircled{5} \quad v_s(t) = \frac{K_1 K E_1 E_2}{2} \left[\cos(2\omega t + \omega \zeta) + \cos \omega \zeta \right]$$

Si a la salida del mezclador se coloca un filtro pasa bajo como se ve en el siguiente gráfico:



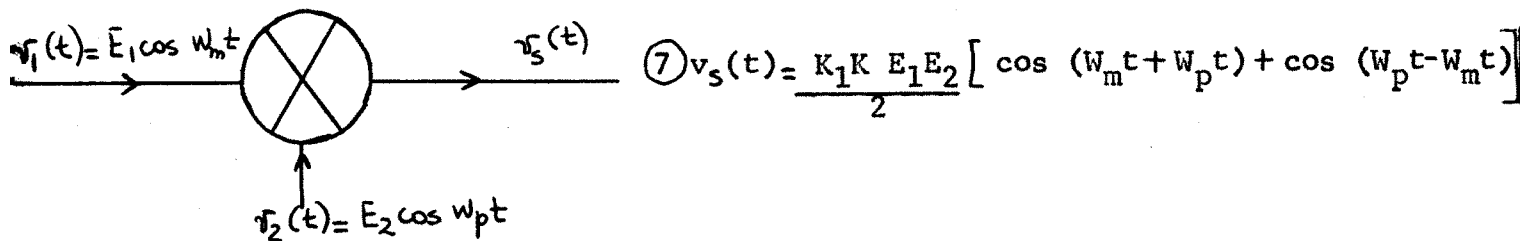
en la salida ($v'_s(t)$) nos quedará solamente la componente de baja frecuencia

$$\textcircled{6} v'_s(t) = \frac{K_1 K E_1 E_2}{2} \cos W \zeta$$

En este caso particular el mezclador con el filtro pasa bajo detectan la diferencia de fase ζ que existe entre las señales $v_1(t)$ y $v_2(t)$

B) Rotador de fase

Como vimos anteriormente la ecuación de salida de un mezclador doble balanceado es:

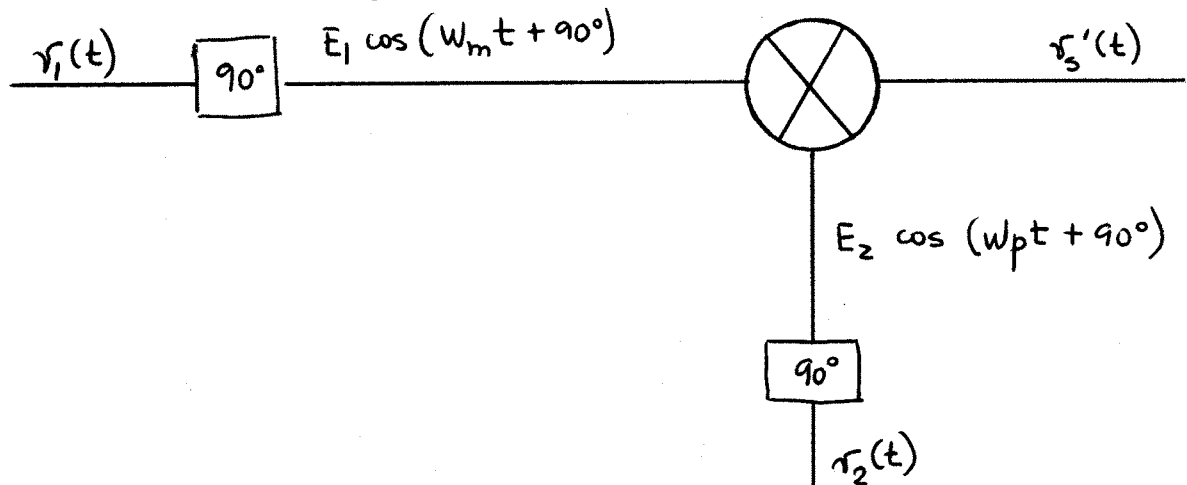


Donde

W_m = frecuencia angular correspondiente a F_m frecuencia modulante

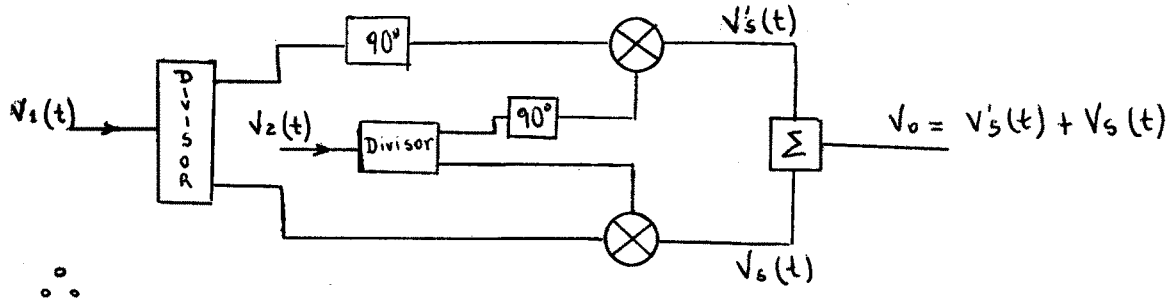
W_p = frecuencia angular correspondiente a F_p frecuencia portadora

Si a las señales de entrada al mezclador, se las rota 90° en fase, la señal de salida nos quedará:



$$\textcircled{8} \quad v_s'(t) = \frac{K_1 K E_1 E}{2} \left\{ \cos \left[(W_m t + 90^\circ) + (W_p t + 90^\circ) \right] + \cos \left[(W_p t + 90^\circ) - (W_m t + 90^\circ) \right] \right\}$$

En el siguiente gráfico se ve que la salida se obtiene relacionando las ecuaciones $\textcircled{7}$ y $\textcircled{8}$.



$$\textcircled{9} \quad v_o = \frac{K_1 K E_1 E_2}{2} \left\{ \cos \left[(W_m t + W_p t) + 180^\circ \right] \cos \left[(W_p t - W_m t) \right] + \cos (W_m t + W_p t) + \cos (W_p t - W_m t) \right\}$$

$$\textcircled{10} \quad v_o = \frac{K_1 K E_1 E_2}{2} \left\{ -\cos(W_m t + W_p t) + \cos(W_p t - W_m t) + \cos(W_m t + W_p t) + \cos(W_p t - W_m t) \right\}$$

$$\textcircled{11} \quad v_o = K_1 K E_1 E_2 \cos (W_p - W_m) t$$

Esta última ecuación nos indica que la frecuencia de portadora F_p es rotada en fase 360° con una frecuencia f_m .

Resultados prácticos

El detector y rotador de fase que se analizaron anteriormente, fueron **construidos** como se muestra en los siguientes circuitos.

DETECTOR DE FASE

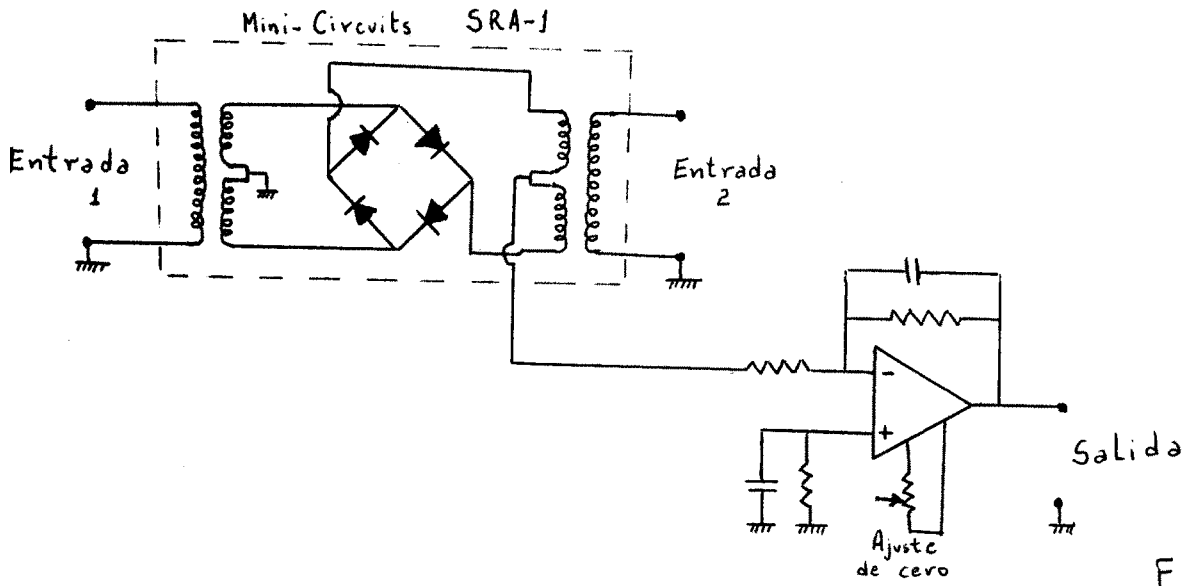
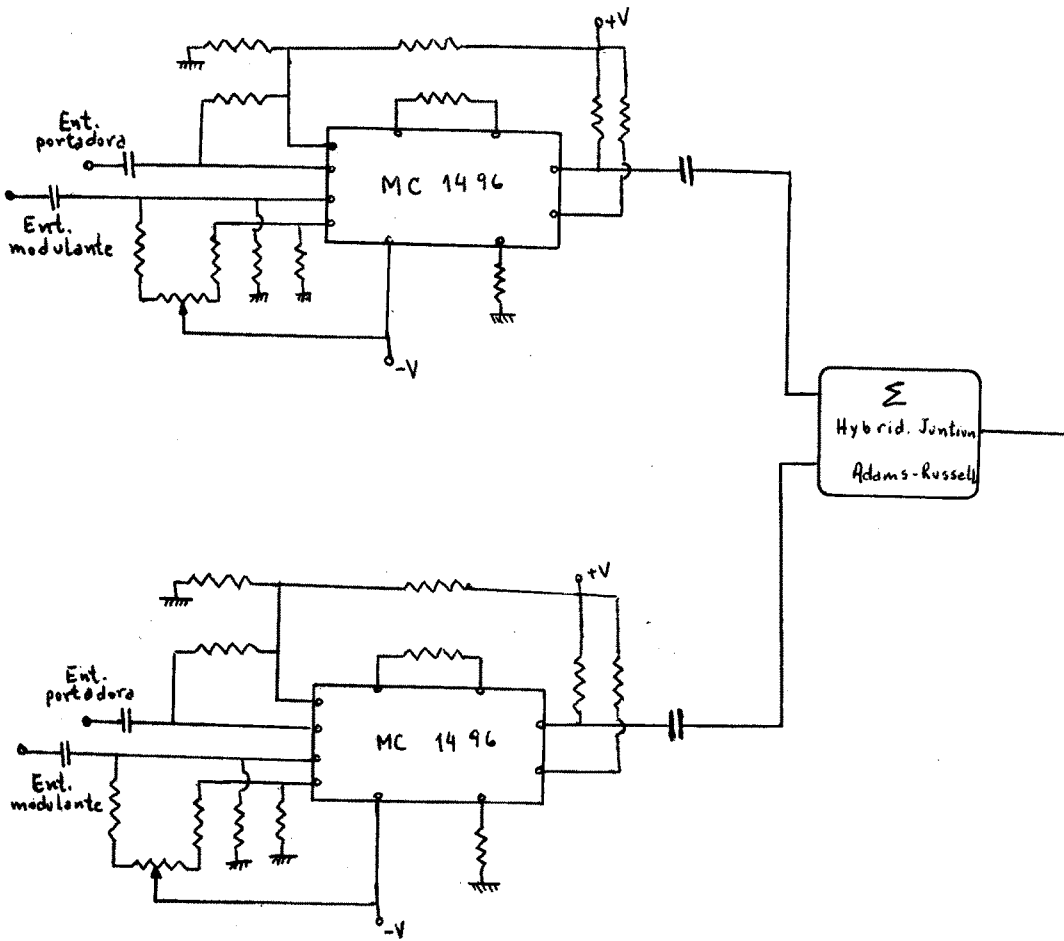


FIG. 1

ROTADOR DE FASE



Para verificar el correcto funcionamiento de los circuitos se realizaron las siguientes medidas:

Con el circuito de la Fig.2 se realizó la rotación en 360° con una frecuencia de $1,5 \text{ Hz}$, a una portadora de 11 MHz . Luego con el circuito de la Fig.1 se detectó la diferencia de fase entre esta portadora y otra originada por el mismo oscilador, obteniéndose a la salida del detector de fase la correcta senoide con la cual se había rotado la fase de la portadora. Esta señal registrada como se muestra en el gráfico 1.

