TEMA 7: PLLs (I)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

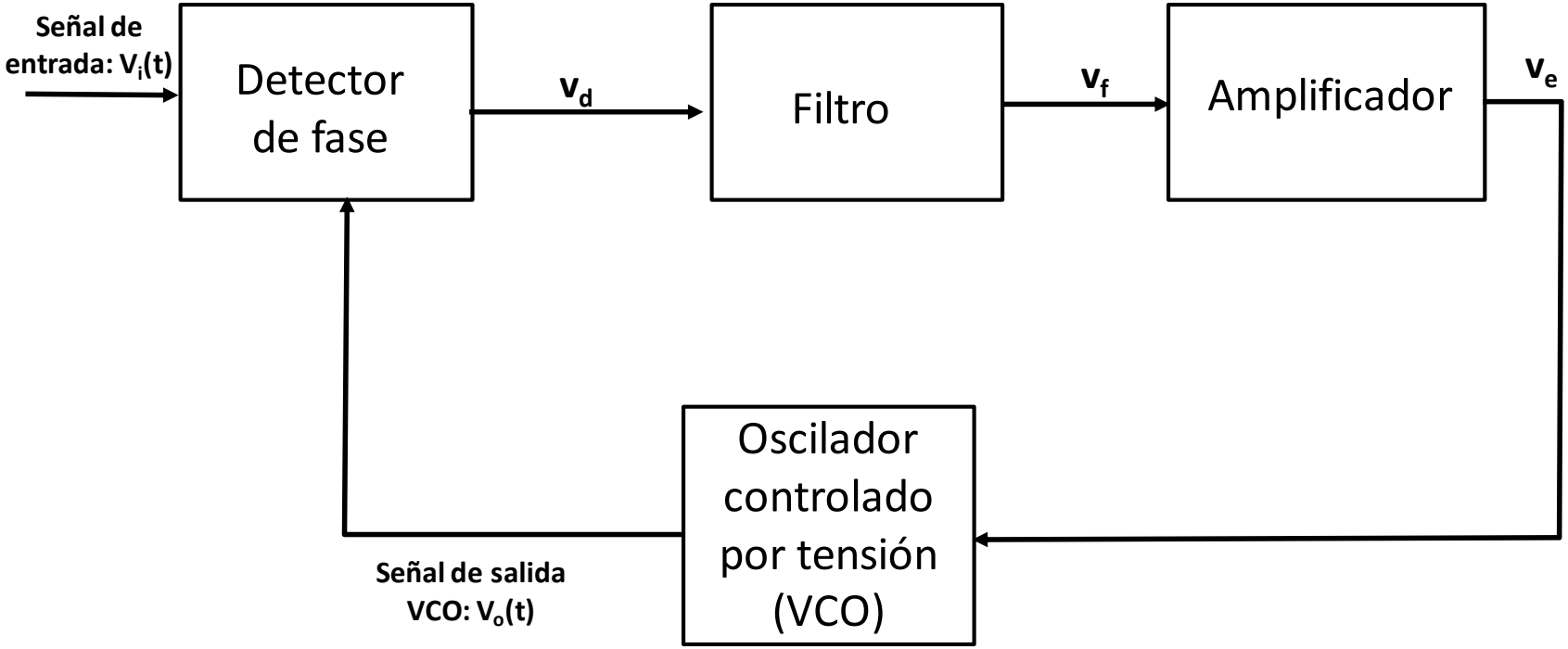
- LAZO DE SEGUIMIENTO DE FASE (*Phase- Locked Loop*, PLL)

- **DIAGRAMA DE BLOQUES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**
- **FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA Y TIPOS**
- **PLL DE 1er ORDEN. EJEMPLO**
- **ELEMENTOS DE UN PLL:**
  - **COMPARADORES DE FASE y FILTRO**
  - **OSCILADORES CONTROLADOS POR TENSIÓN**
- PLL DE 2º ORDEN. EJEMPLO
- APLICACIONES DE LOS PLLs

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: DIAGRAMA DE BLOQUES



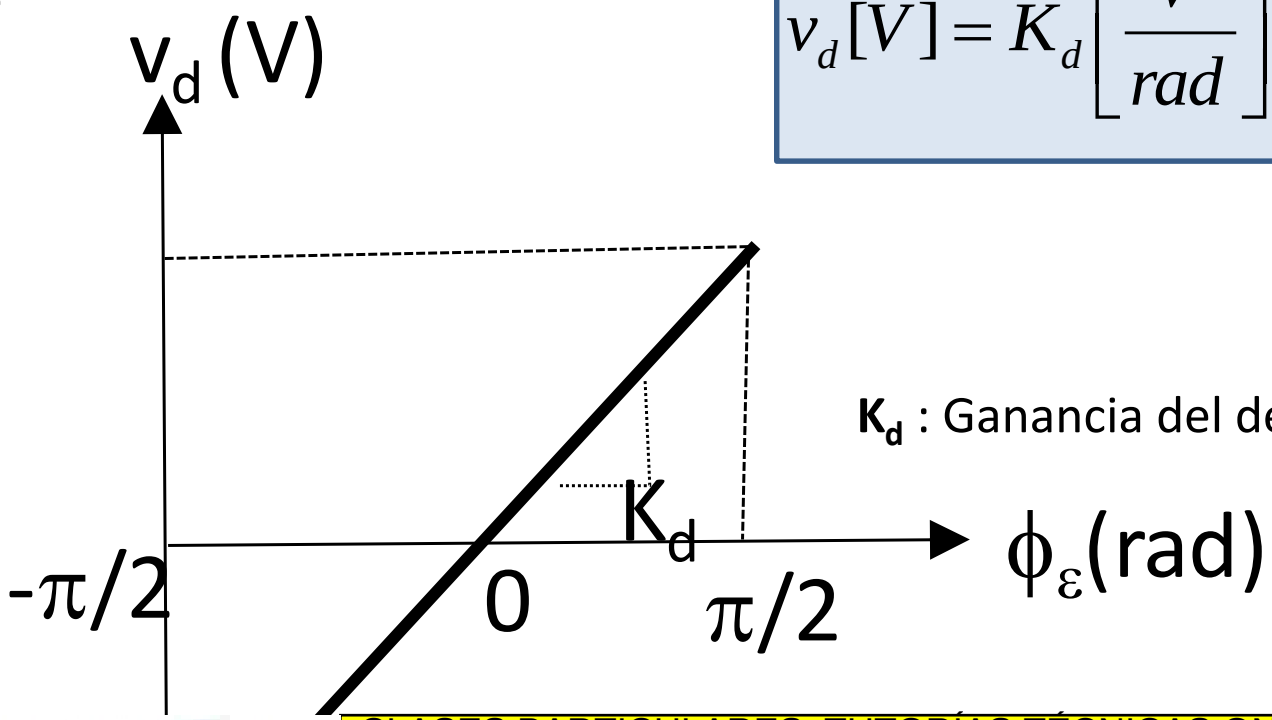
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA DE BLOQUES

Detector de fase

$$v_d[V] = K_d\left[\frac{V}{rad}\right]\cdot\phi_\varepsilon[rad]$$



K_d : Ganancia del detector de fase

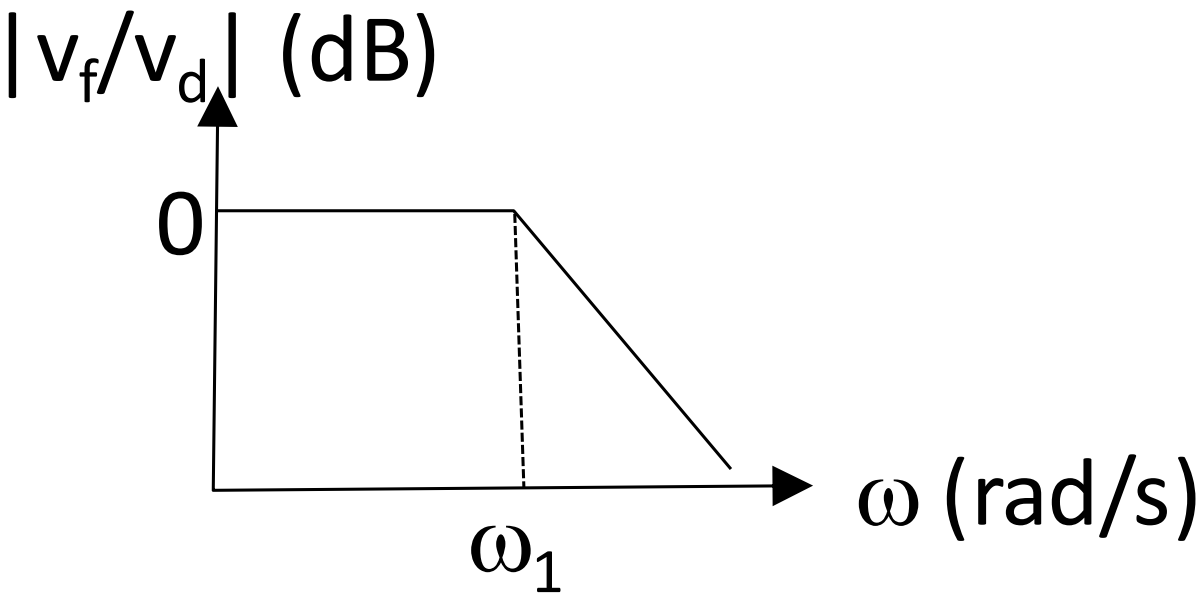
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA DE BLOQUES

Filtro



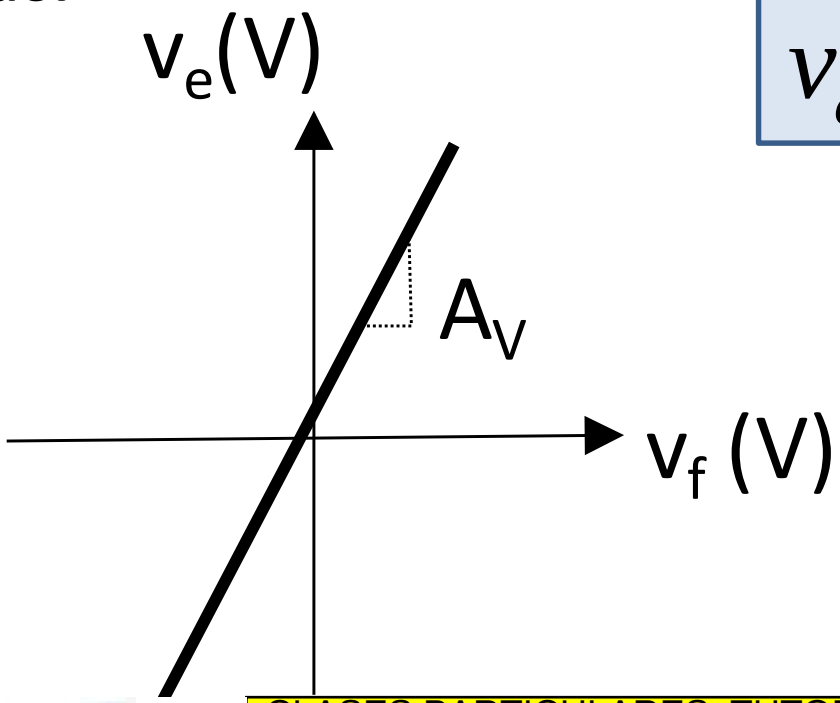
F(s) = v_f/v_d : Función de transferencia del filtro

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA DE BLOQUES

Amplificador



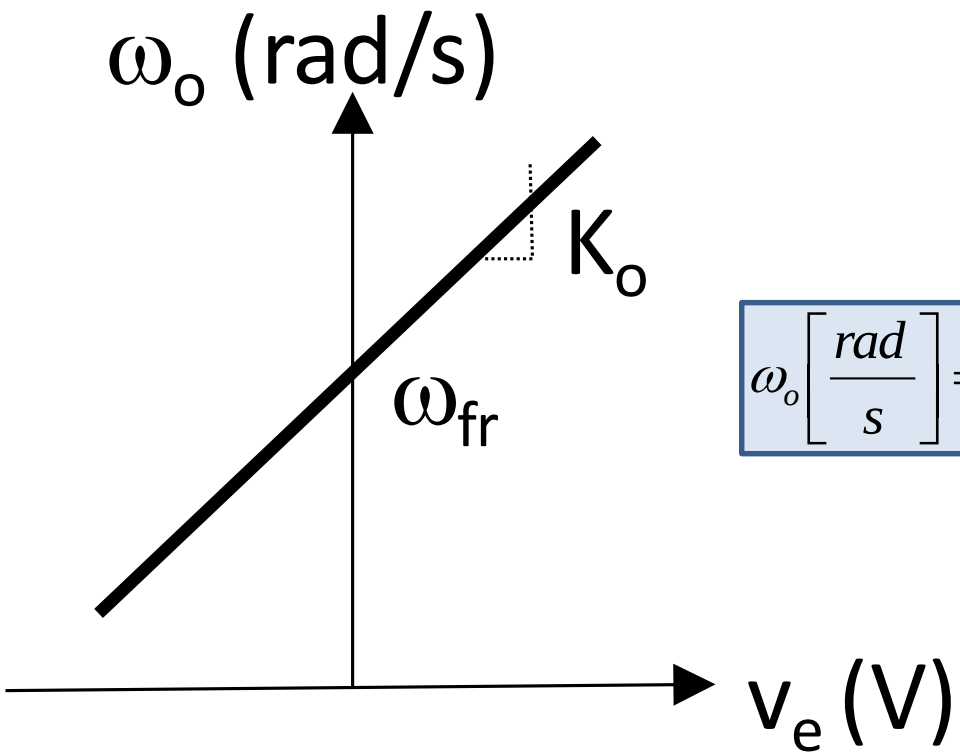
$$v_e[V] = A_v \cdot v_f$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA DE BLOQUES

VCO



$$\omega_o\left[\frac{rad}{s}\right]=\omega_{fr}\left[\frac{rad}{s}\right]+K_o\left[\frac{rad}{s\cdot V}\right]\cdot v_e[V]$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

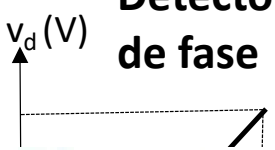
PLL: CARACTERÍSTICAS

- PLL estado de "enganche": **Conversor frecuencia- voltage** (v_e medida de la diferencia de frecuencia de la señal de entrada respecto a la de oscilación libre del VCO)

$$v_e = \frac{\omega_i - \omega_{fr}}{K_o}$$

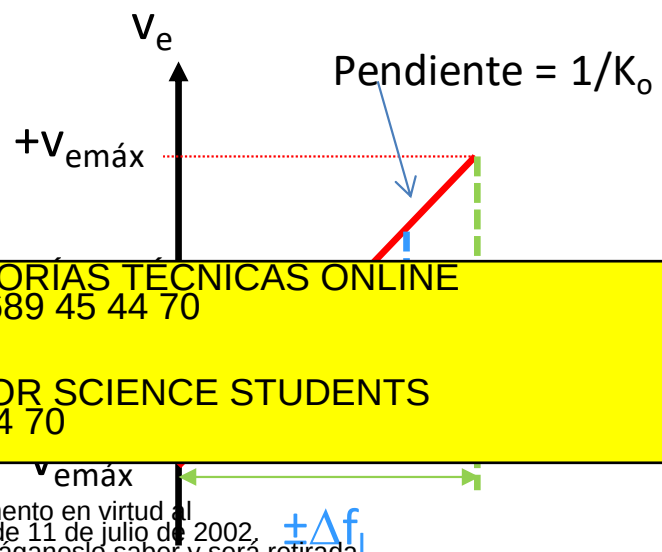
- **Margen de captura (*Capture Range*: $\pm\Delta f_C$):** Rango de frecuencias entorno a la de oscilación libre del VCO para las que el PLL es capaz de engancharse (partiendo de un estado previo no "enganchado")

- **Margen de seguimiento (*Tracking Range*: $\pm\Delta f_L$):** Rango de frecuencias entorno a la de oscilación libre del VCO para las que el PLL es capaz de engancharse (partiendo de un estado previo "enganchado")



Detector de fase

$$\pm v_{emáx} = \pm\phi_\varepsilon \cdot K_d \cdot A_V = \pm\frac{\pi}{2}\cdot K_d \cdot A_V$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

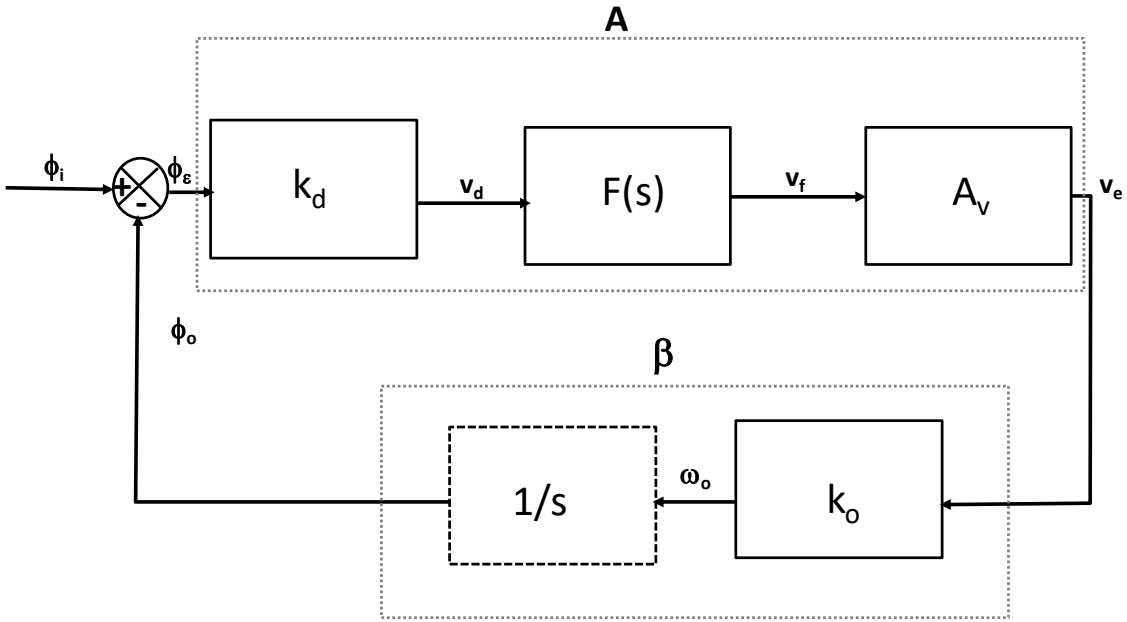
PLL: OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL BUCLE

PLL en estado de "ENGANCHE": Sistema lineal realimentado negativamente

VCO: $\boxed{\omega_o} = \omega_{fr} + K_o \cdot v_e$

Detector de fase: $v_d = K_d \cdot (\phi_i - \boxed{\phi_o})$

$$\Delta\omega_o = \frac{d\phi_o}{dt} \Rightarrow \Delta\omega_o = s \cdot \phi_o \Rightarrow \phi_o = \frac{1}{s}\Delta\omega_o = \frac{1}{s} \cdot K_o \cdot v_e$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$\Delta\omega_o = s \cdot \phi_o$ $\Rightarrow$ PLL orden 2

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

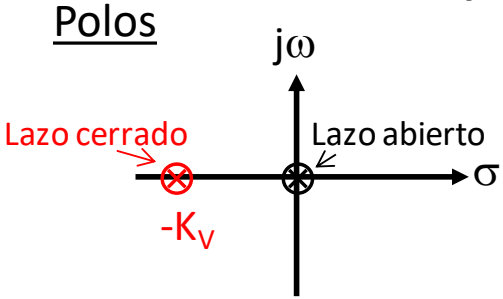
PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \dfrac{K_d \cdot F(s) \cdot A_v}{s + K_d \cdot F(s) \cdot A_v \cdot K_o} = \dfrac{K_d \cdot A_v}{s + K_d \cdot A_v \cdot K_o} \\ Ganancia \quad de \quad lazo \quad K_V = K_d \cdot A_v \cdot K_o \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{K_V / K_o}{s + K_V}$$

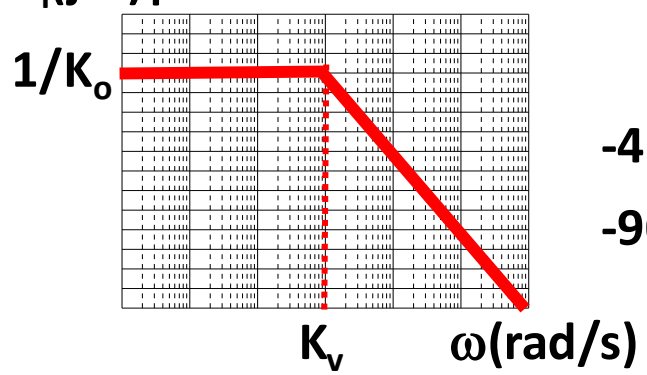
Sistema de 1er orden paso bajo

Respuesta en frecuencia ($\Delta\omega_i$ sinusoidal)

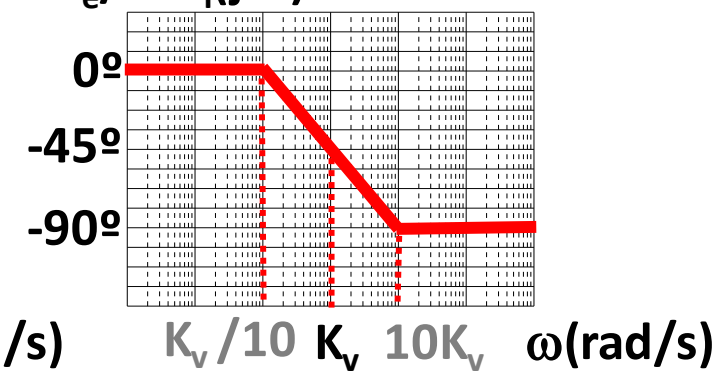
Polos



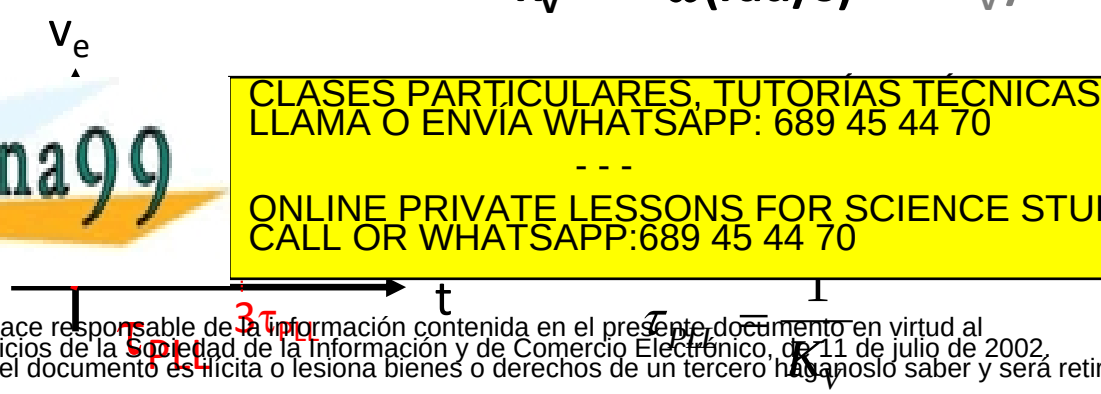
$|v_e/\Delta\omega_i(j\omega)|$



$\angle v_e/\Delta\omega_i(j\omega)$



Respuesta



$$\tau_{PLL} = \frac{1}{K_V}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 1 PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)

Datos PLL:

F(s) = 1; Ganancia de lazo del PLL: $\mathbf{K_V = K_d \cdot A_V \cdot K_O = 1900\ s^{-1}}$; Margen de enganche PLL: $\mathbf{\Delta f_L = \pm 475Hz}$

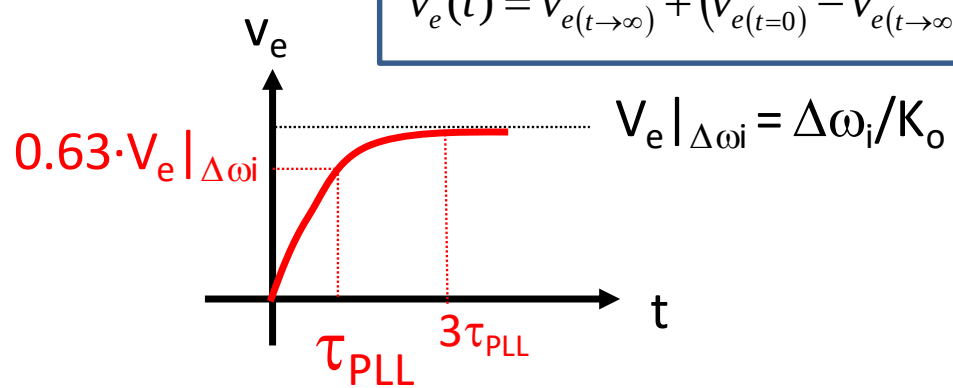
Ganancia del VCO: $\mathbf{K_o = 2\pi \cdot krad/s.V}$; Frecuencia de oscilación libre del VCO: $\mathbf{\omega_{fr} = 2\pi \cdot 650\ rad/s}$

$$v_i(t) = \begin{cases} sen(2\pi \cdot 1k \cdot t) & 10ms > t > 0 \rightarrow f_{i1} = 1kHz \\ sen(2\pi \cdot 250 \cdot t) & 20ms > t > 10ms \rightarrow f_{i2} = 250Hz \end{cases}$$

Respuesta temporal

$$v_e(t) = v_{e(t\to\infty)} + \left(v_{e(t=0)} - v_{e(t\to\infty)}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{PLL}}}$$

$$\frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{K_V / K_o}{s + K_V}$$

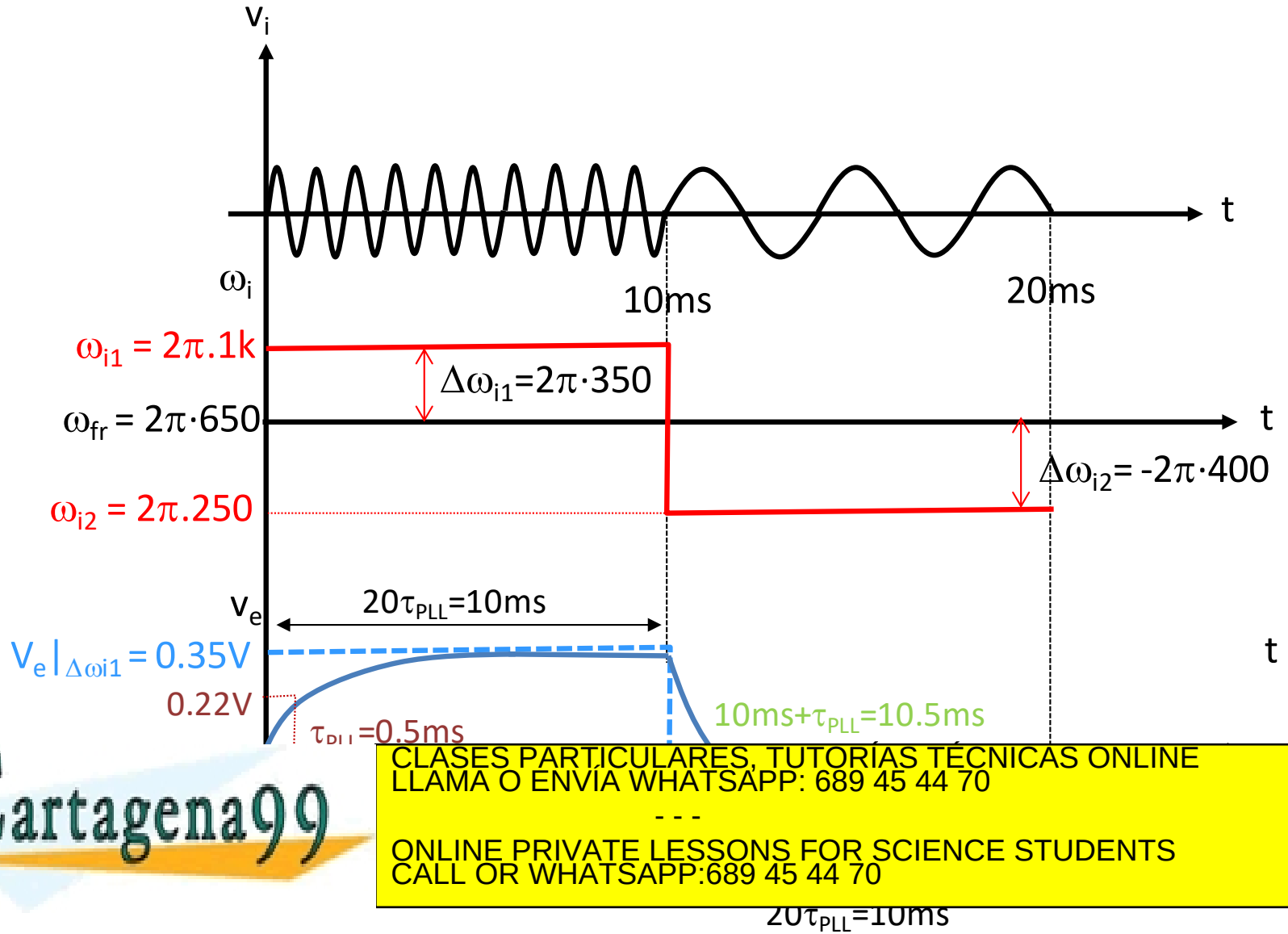


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 1 PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 2 PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)

Datos PLL:

F(s) = 1; Ganancia de lazo del PLL: $\mathbf{K_V = K_d \cdot A_V \cdot K_O = 500\ s^{-1}}$; Margen de enganche PLL: $\mathbf{\Delta f_L = \pm 125Hz}$

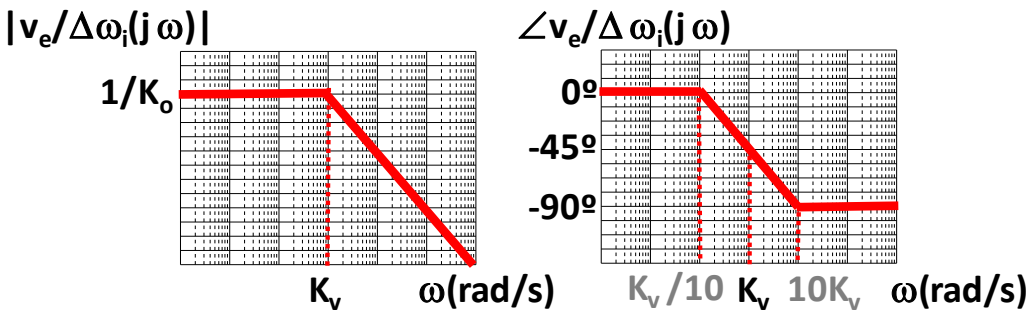
Ganancia del VCO: $\mathbf{K_o = 2\pi \cdot krad/s.V}$; Frecuencia de oscilación libre del VCO: $\mathbf{\omega_{fr} = 2\pi \cdot 500\ rad/s}$

$$v_i(t) = sen(\omega_i \cdot t) = sen\{\omega_p \cdot [1 + m \cdot x_m(t)] \cdot t\} = sen\{2\pi \cdot 500 \cdot [1 + 0.1 \cdot sen(2\pi \cdot 5 \cdot t)] \cdot t\} : Señal \quad FM$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega_i(t) = 2\pi \cdot 500 + 2\pi \cdot 50 \cdot sen(2\pi \cdot 5 \cdot t) \rightarrow \begin{cases} f_{imáx} = 550Hz \\ f_{imín} = 450Hz \end{cases}}$$

Respuesta en frecuencia ($\Delta\omega_i$ sinusoidal)

$$\boxed{\frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{K_V / K_o}{s + K_V}}$$



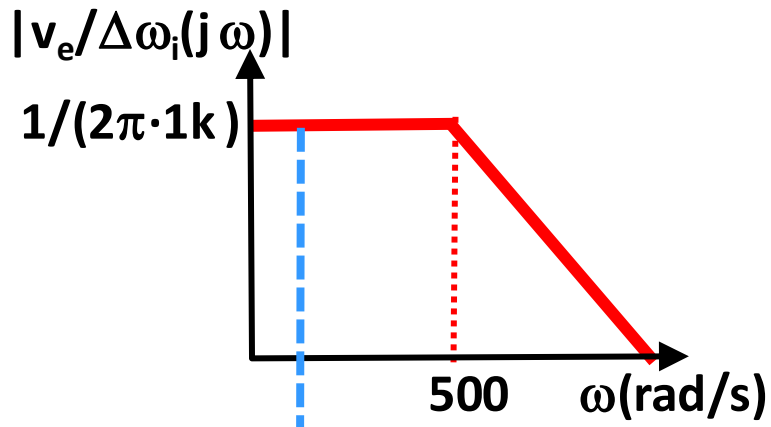
Cartagena99

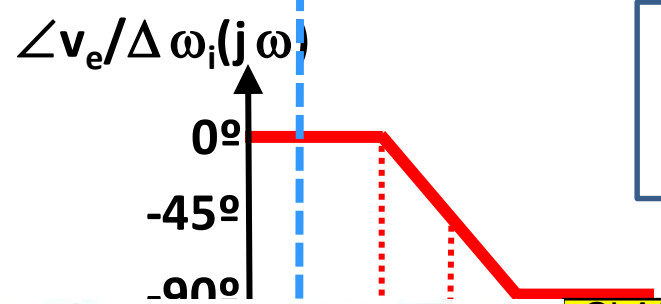
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 2 PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)

PLL en estado de enganche: Sistema lineal $\Rightarrow$ $v_e(t) = \left|\frac{v_e}{\Delta\omega_i}\right|_{\omega=2\pi\cdot 5} \cdot |\Delta\omega_i| \cdot sen\left[2\pi\cdot 5\cdot t + \angle\frac{v_e}{\Delta\omega_i}\right|_{\omega=2\pi\cdot 5}\right]$





$$v_e(t) = \frac{1}{2\pi\cdot 1k}\cdot 2\pi\cdot 50\cdot sen[2\pi\cdot 5\cdot t + 0^o] = 0.05\cdot sen[2\pi\cdot 5\cdot t + 0^o]$$

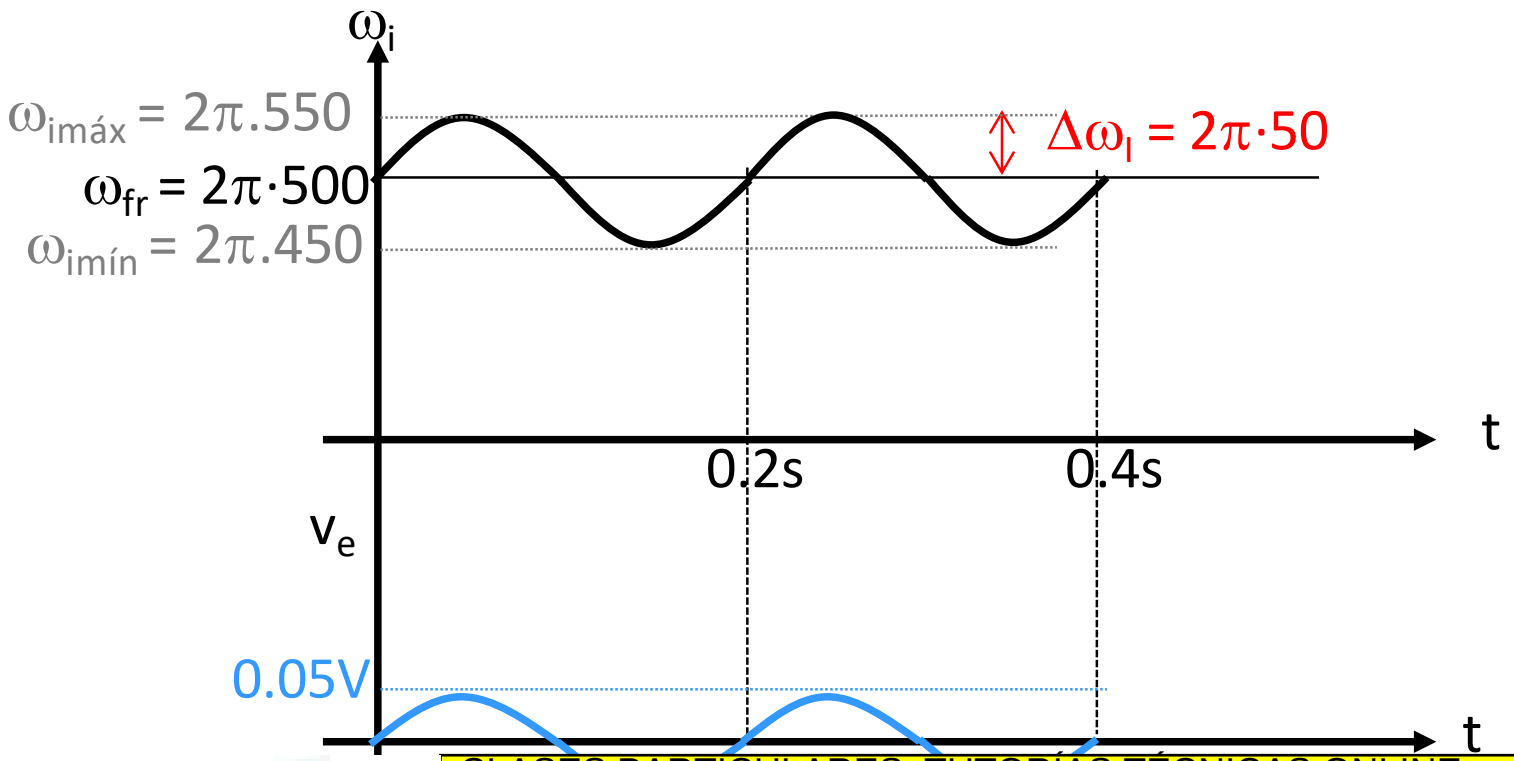
$\omega = 2\pi\cdot 5 = 31.4$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 2 PLL DE PRIMER ORDEN (F(s) = 1)

$$v_e(t) = 0.05 \cdot sen\left[2\pi \cdot 5 \cdot t + 0^o\right] = K \cdot x_m(t)$$

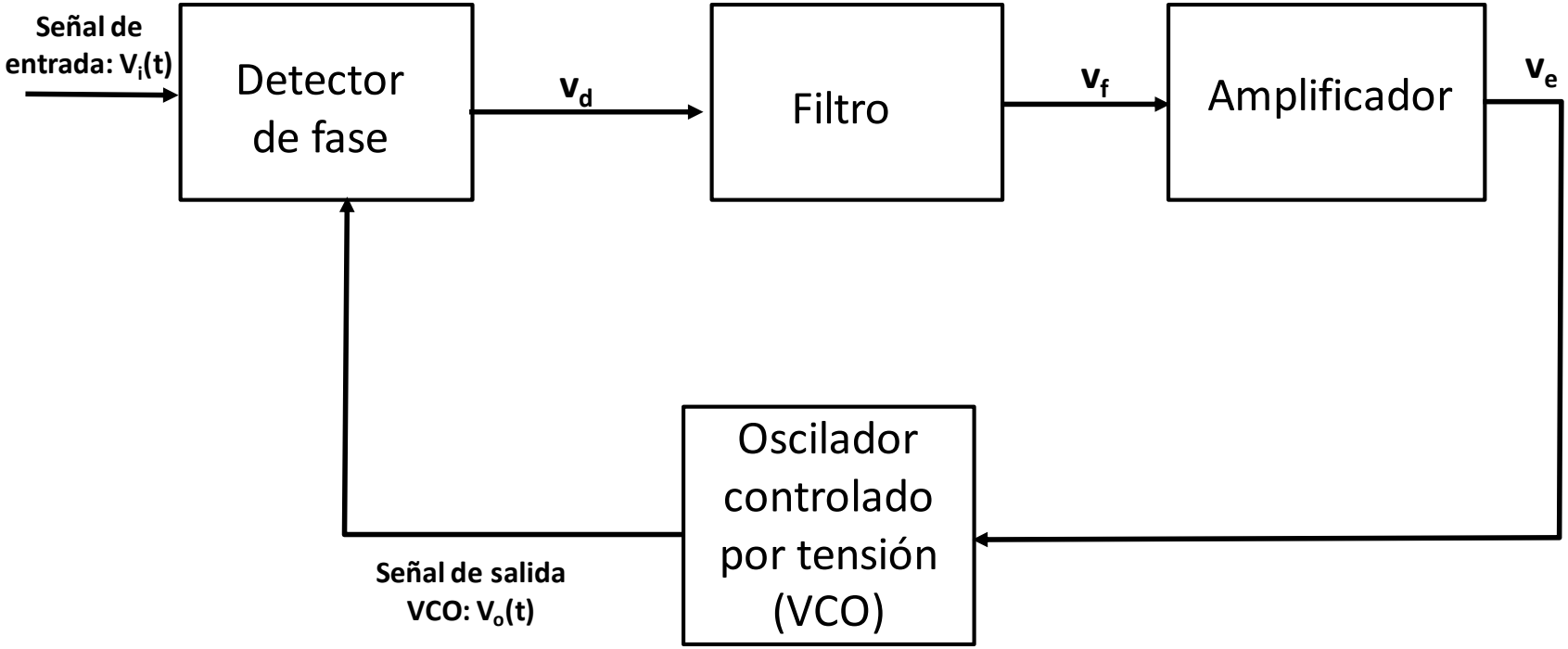


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: DIAGRAMA DE BLOQUES



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

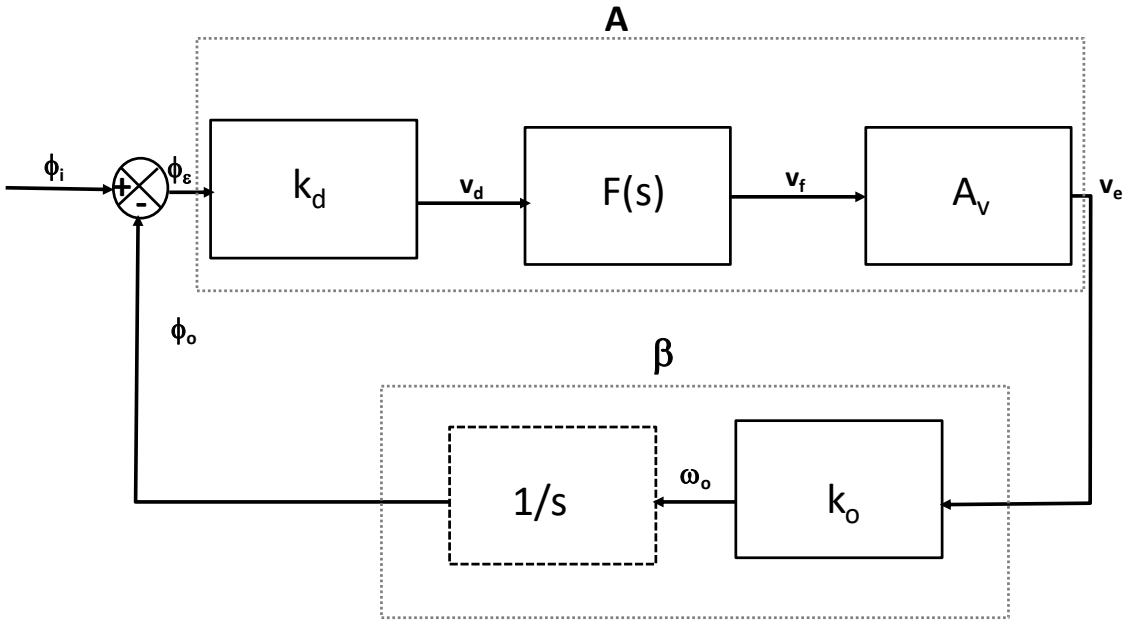
PLL: OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL BUCLE

PLL en estado de "ENGANCHE": Sistema lineal realimentado negativamente

VCO: $\boxed{\omega_o} = \omega_{fr} + K_o \cdot v_e$

Detector de fase: $v_d = K_d \cdot (\phi_i - \boxed{\phi_o})$

$$\Delta\omega_o = \frac{d\phi_o}{dt} \Rightarrow \Delta\omega_o = s \cdot \phi_o \Rightarrow \phi_o = \frac{1}{s}\Delta\omega_o = \frac{1}{s} \cdot K_o \cdot v_e$$



Cartagena99

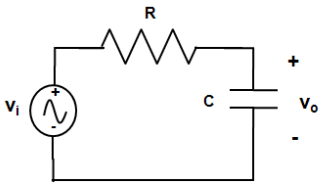
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

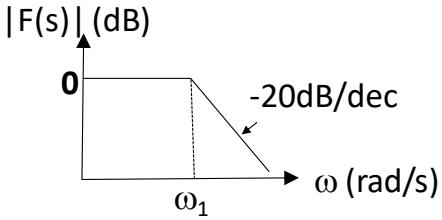
$\Delta\omega_o = s \cdot \phi_o$ $\Rightarrow$ PLL orden 2

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL DE SEGUNDO ORDEN

$$F(s) = \frac{\omega_1}{s+\omega_1}$$





$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \dfrac{K_d \cdot F(s) \cdot A_v}{s + K_d \cdot F(s) \cdot A_v \cdot K_o} \\ \\ Ganancia \quad de \quad lazo \quad K_V = K_d \cdot A_v \cdot K_o \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{1}{K_o} \cdot \frac{F(s)}{\dfrac{s}{K_V} + F(s)}$$

$$\frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{1}{K_o} \cdot \frac{\dfrac{\omega_1}{s+\omega_1}}{\dfrac{s}{K_V} + \dfrac{\omega_1}{s+\omega_1}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) = \frac{1}{K_o} \cdot \frac{\omega_1 \cdot K_V}{s^2 + \omega_1 \cdot s + \omega_1 \cdot K_V}}$$

Sistema de 2º orden paso bajo

$$s^2 + 2\cdot\zeta\cdot\omega_n\cdot s + \omega_n$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

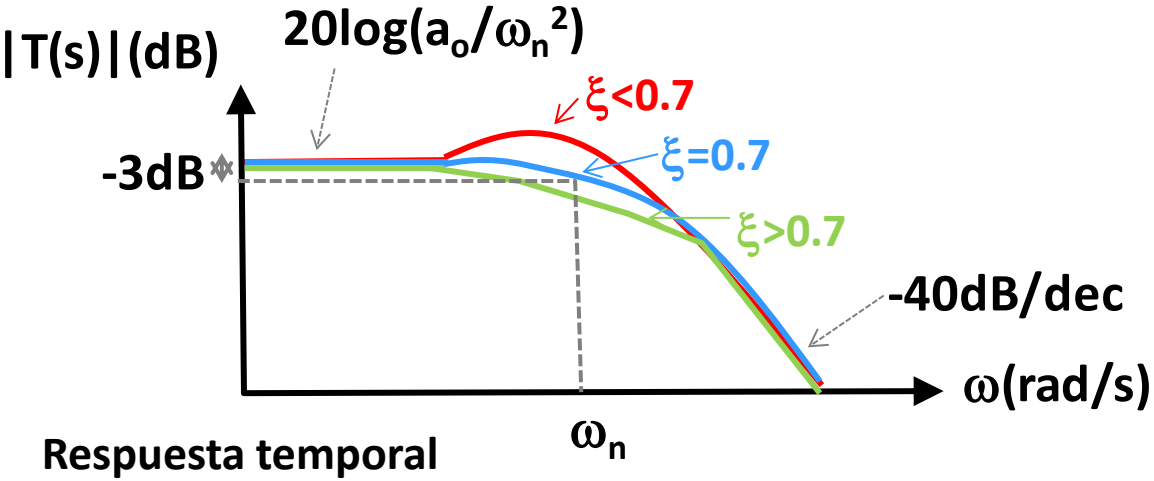
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Características de un sistema de 2º orden paso bajo

$$T(s) = \frac{a_0}{s^2 + 2\cdot\xi\cdot\omega_n\cdot s + \omega_n^{\ 2}}$$

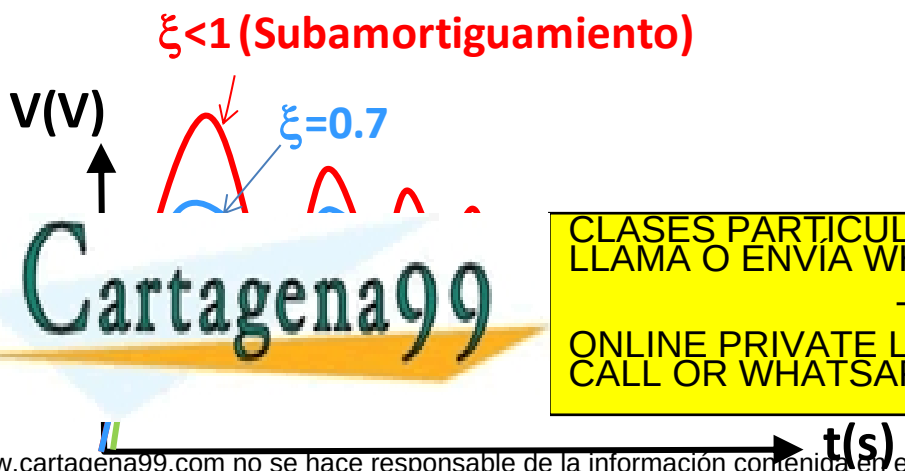
$$\xi_{optimo} = 0.7 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Respuesta en frecuencia

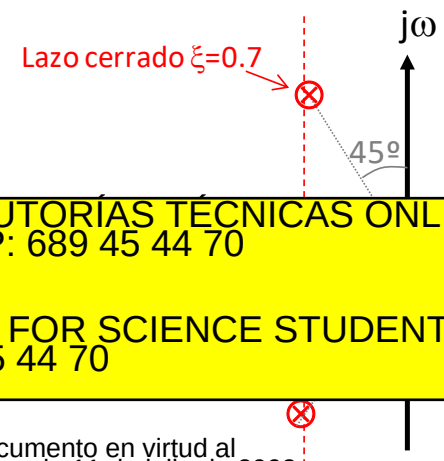


- Sin pico en respuesta en frecuencia con ancho de banda máximo (BW = ω_n)
- Respuesta temporal rápida con sobreoscilación baja (~10%)

Respuesta temporal



Polos



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL DE SEGUNDO ORDEN

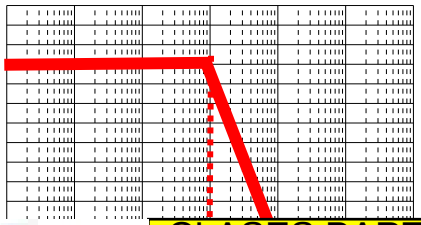
$$\left.\begin{aligned} \frac{v_e}{\Delta\omega_i}(s) &= \frac{1}{K_o}\cdot\frac{\omega_1\cdot K_V}{s^2+\omega_1\cdot s+\omega_1\cdot K_V} \\ T_{generica}(s) &= \frac{a_0}{s^2+2\cdot\xi\cdot\omega_n\cdot s+\omega_n^{\ 2}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} \omega_n &= \sqrt{\omega_1\cdot K_V} \\ \xi &= \frac{1}{2}\cdot\sqrt{\frac{\omega_1}{K_V}} \end{aligned}}$$

$$\boxed{\xi_{óptimo} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow K_V = \frac{\omega_1}{2} \Rightarrow \omega_n = \sqrt{2}\cdot K_V}$$

Respuesta en frecuencia asintótica ($\Delta\omega_i$ sinusoidal)

$|v_e/\Delta\omega_i(j\,\omega)|$

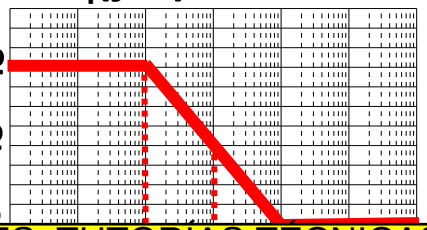
$1/K_o$



$\angle v_e/\Delta\,\omega_i(j\,\omega)$

0º

-90º



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 1 PLL DE SEGUNDO ORDEN

Datos PLL:

F(s) = 1000/(s+1000); Ganancia de lazo del PLL: $\mathbf{K_V = K_d \cdot A_V \cdot K_O = 500\ s^{-1}}$;

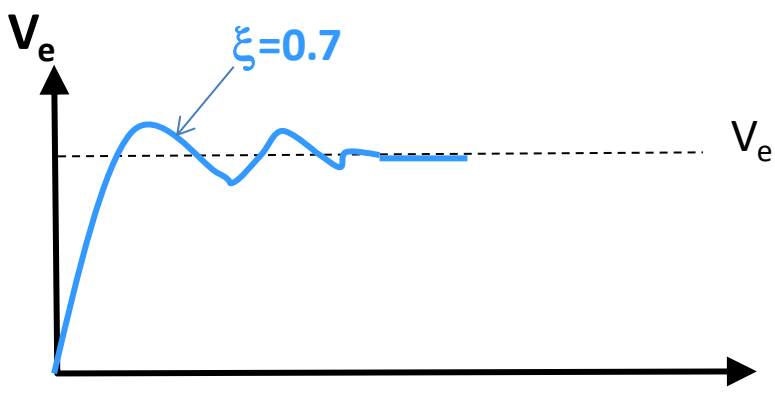
Margen de enganche PLL: $\mathbf{\Delta f_L = \pm 125Hz}$

Ganancia del VCO: $\mathbf{K_o = 2\pi \cdot krad/s.V}$; Frecuencia de oscilación libre del VCO: $\mathbf{\omega_{fr} = 2\pi \cdot 600 rad/s}$

$$v_i(t) = \begin{cases} sen(2\pi \cdot 700 \cdot t) & 10ms > t > 0 \rightarrow f_{i1} = 700Hz \\ sen(2\pi \cdot 500 \cdot t) & 20ms > t > 10ms \rightarrow f_{i2} = 500Hz \end{cases}$$

Respuesta temporal

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\omega_1}{K_V}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7$$



$V_e|_{\Delta\omega i} = \Delta\omega_i / K_o$

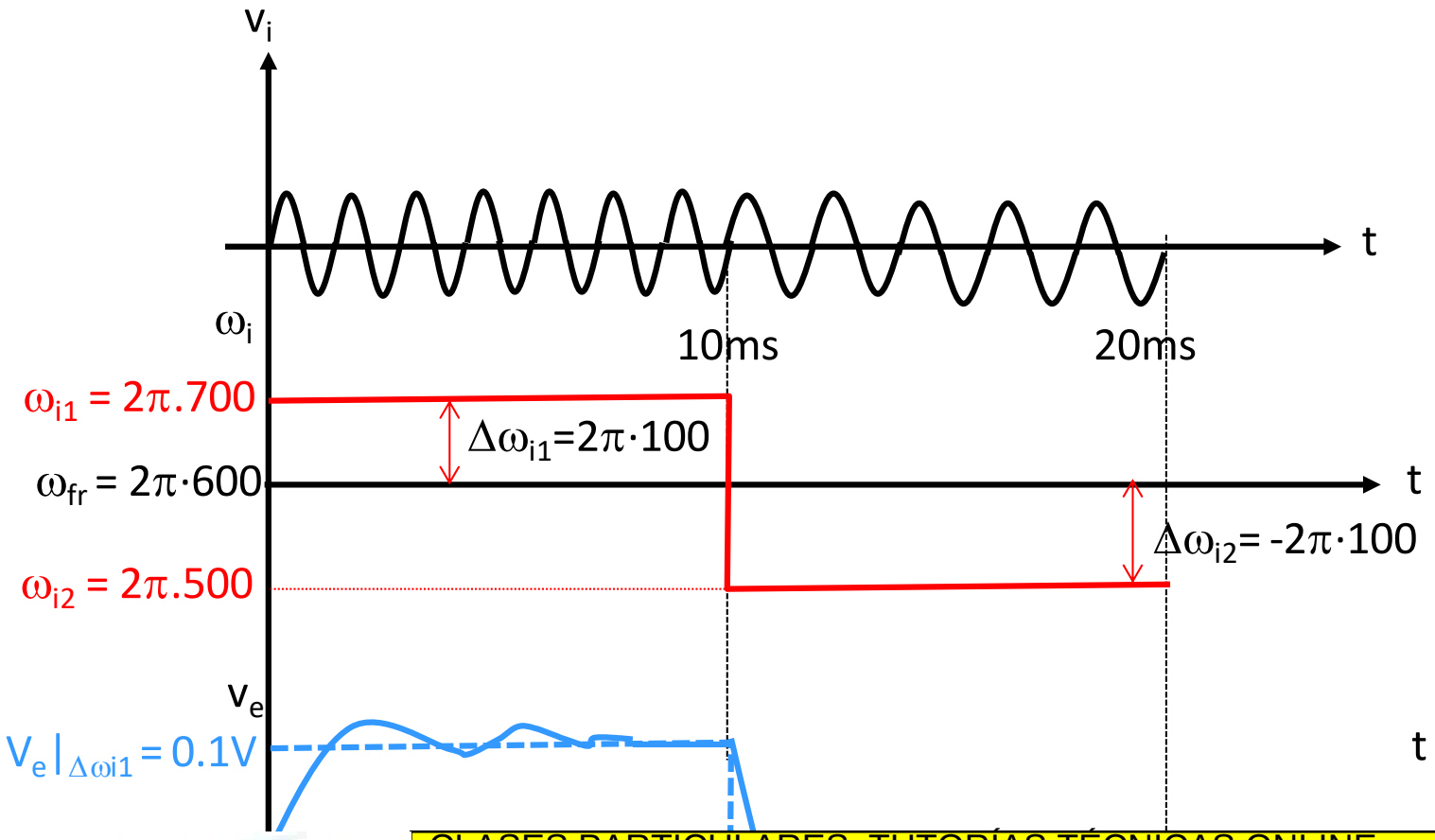
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$$f_{fr} = f_{i1} - \Delta f_L = 600Hz - 125Hz = 475Hz < f_{i1}$$

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 1 PLL DE SEGUNDO ORDEN



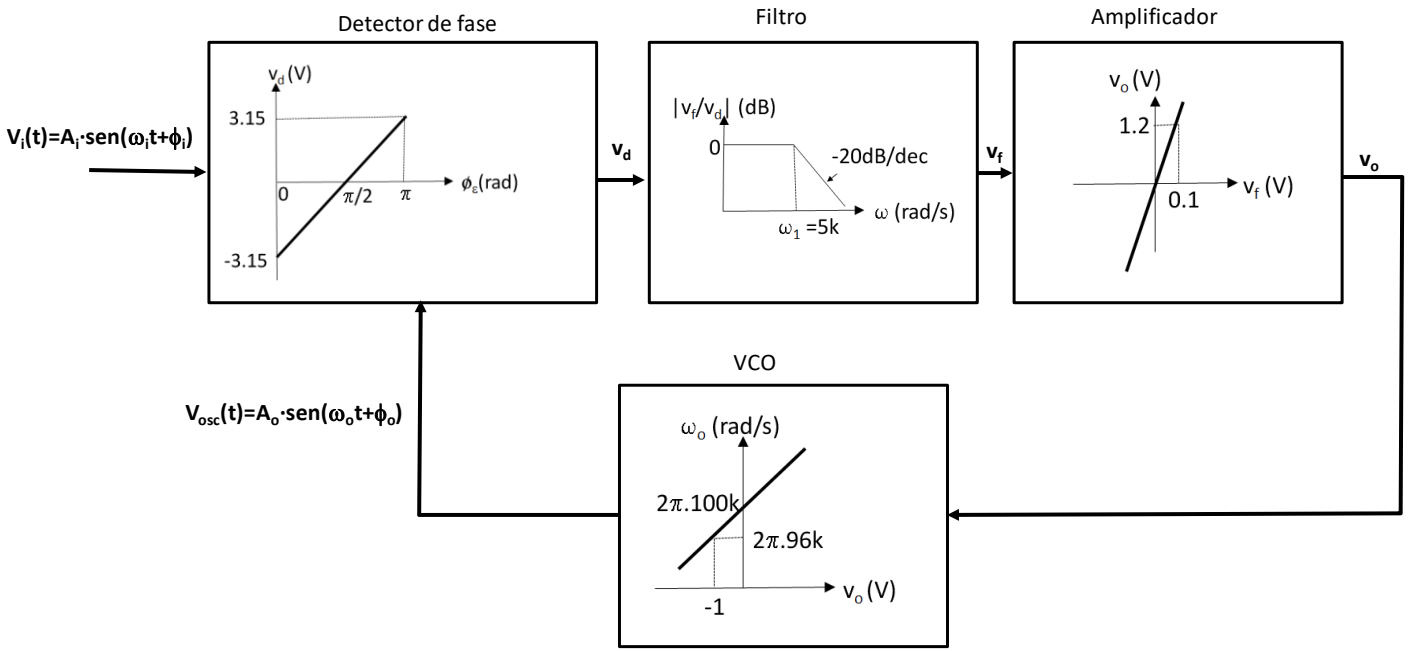
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO 2 PLL DE SEGUNDO ORDEN

En la figura se representa el diagrama de bloques de un PLL de orden 2, con la representación gráfica de la función de transferencia de cada uno de los bloques.



Se pide:

- Obtenga la función de transferencia del PLL ($v_o/\Delta\omega_i$ (s)) y determine el valor del coeficiente de

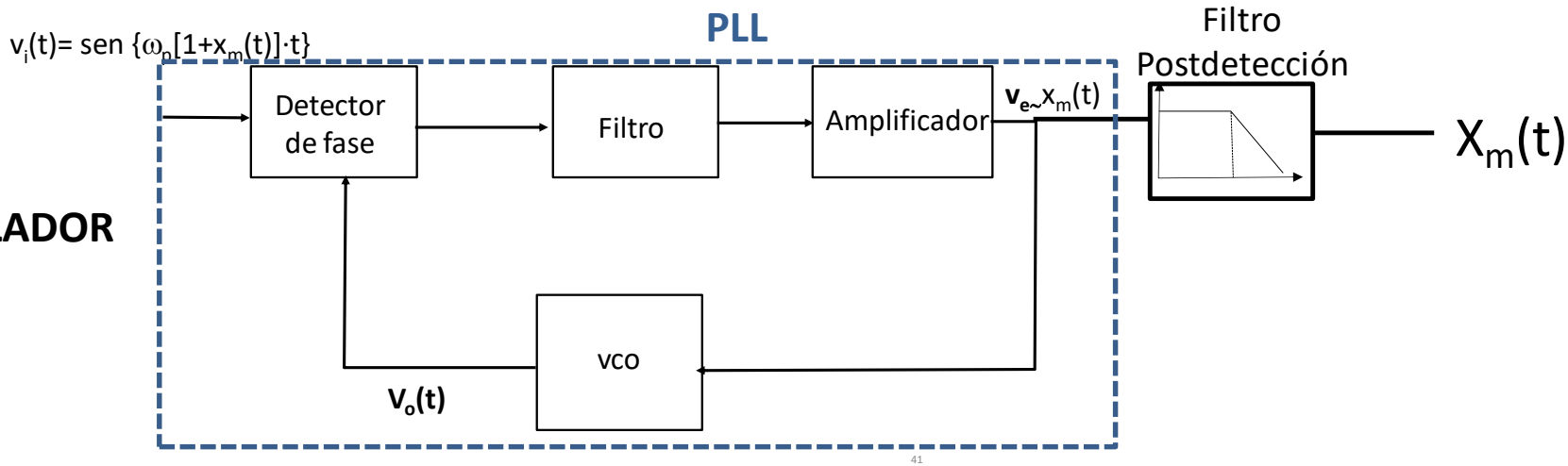
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$v_i(t)= 5\,sen\,\{2\pi\cdot[100k +\cdot 10k\cdot sen(2\pi\cdot 100\cdot t)]\cdot t\}$

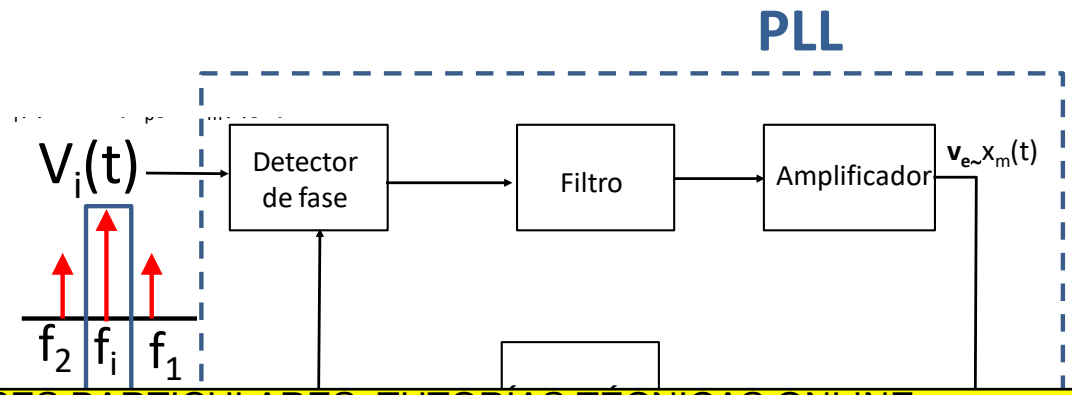
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: APLICACIONES

DEMODULADOR FM



ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

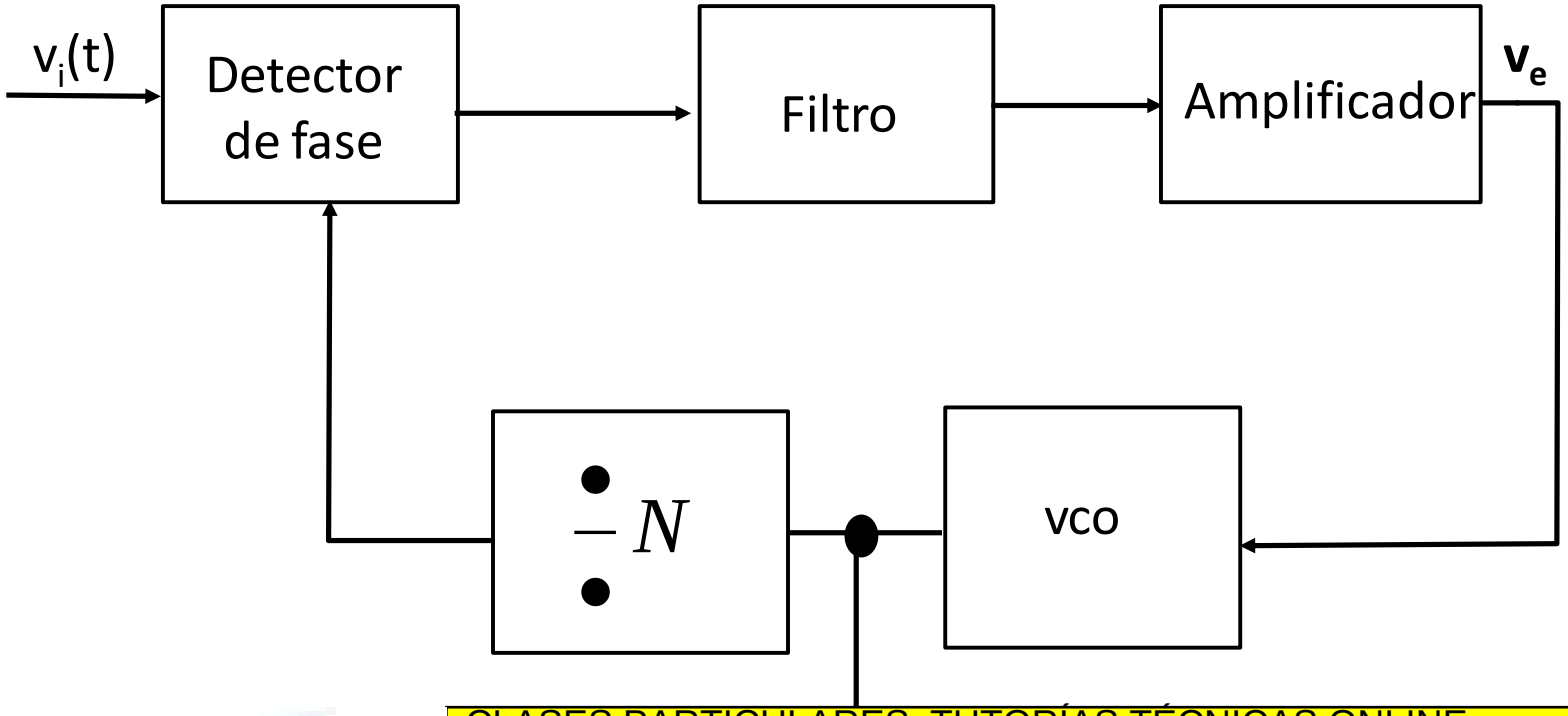


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

PLL: APLICACIONES

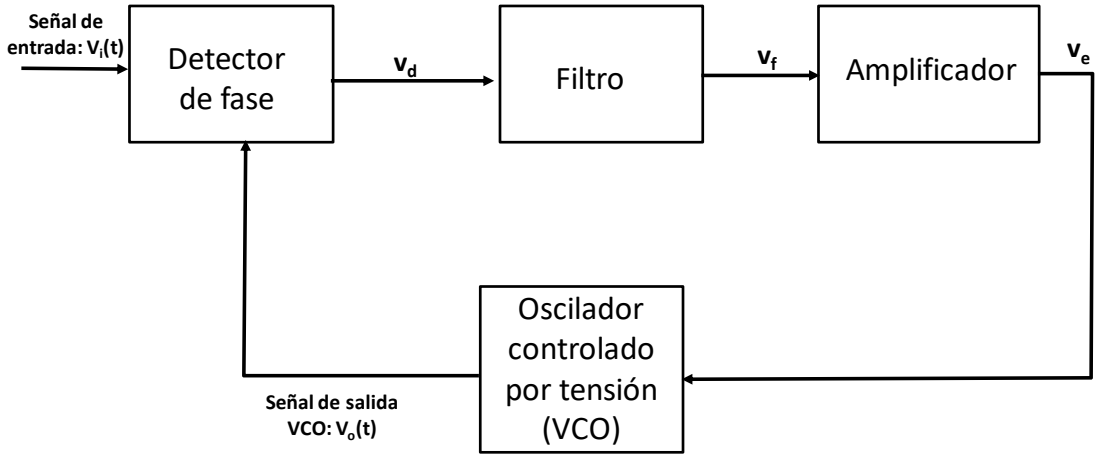
SINTETIZADOR DE FRECUENCIA



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ELEMENTOS DE UN PLL



Hasta ahora, vi(t) y vo(t) se han tratado como ondas sinusoidales, pero pueden ser ondas cuadradas dependiendo del tipo de aplicación.

Trabajar con ondas cuadradas permite usar circuitos que manejan señales binarias, y que se comportan de forma similar a los circuitos digitales, facilitando su implementación.

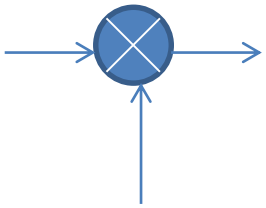
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ELEMENTOS DE UN PLL: Comparadores de fase (I)

-Mezclador o Multiplicador analógico de 4 cuadrantes, o célula de Gilbert: se basa en la traslacción de frecuencia

$A_1\cos(\phi_1)$



$A_1\cos(\phi 1)\ A_2\cos(\phi 2)=A_1A_2/2[\cos(\phi_1-\phi_2)+\cos(\phi_1+\phi_2)]$

$A_2\cos(\phi_2)$

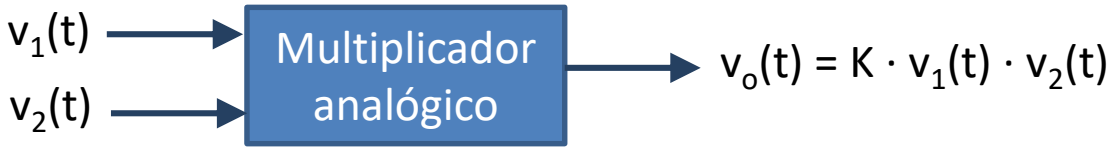
¡¡Si una de las entradas tiene otras componentes en frecuencia, también se mezclan!!

Ejemplo: Entrada modulada en fase o frecuencia. Es necesario conocer las

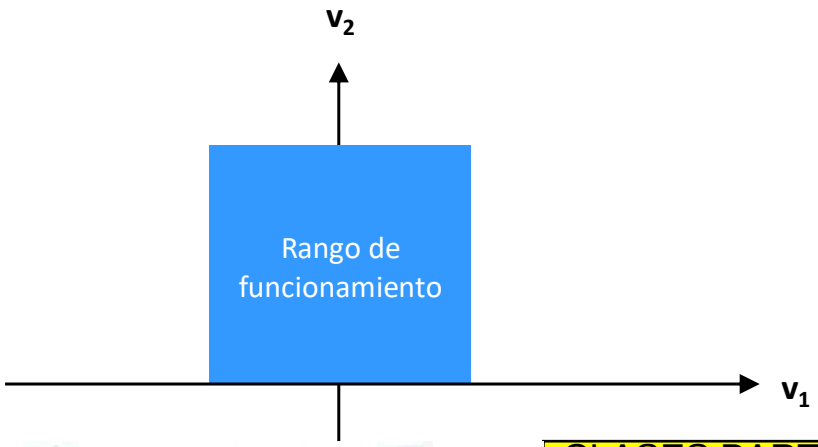
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

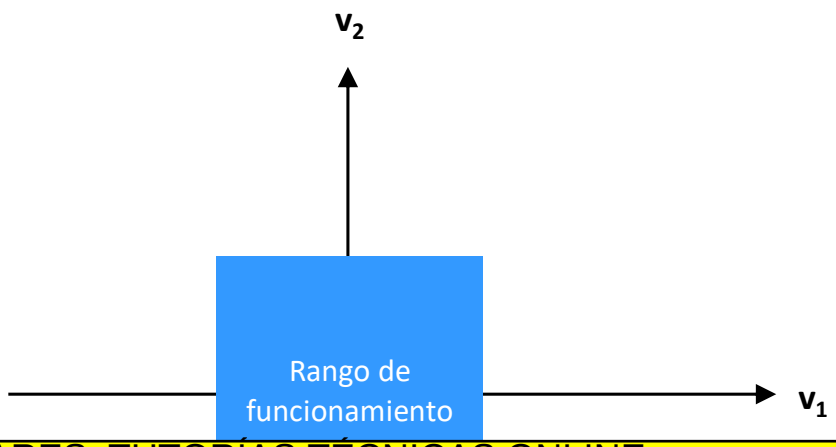
MULTIPLICADORES ANALÓGICOS: TIPOS



Multiplicador dos cuadrantes:
$v_1(t)$ bipolar
$v_2(t)$ unipolar



Multiplicador cuatro cuadrantes:
$v_1(t)$ bipolar
$v_2(t)$ bipolar



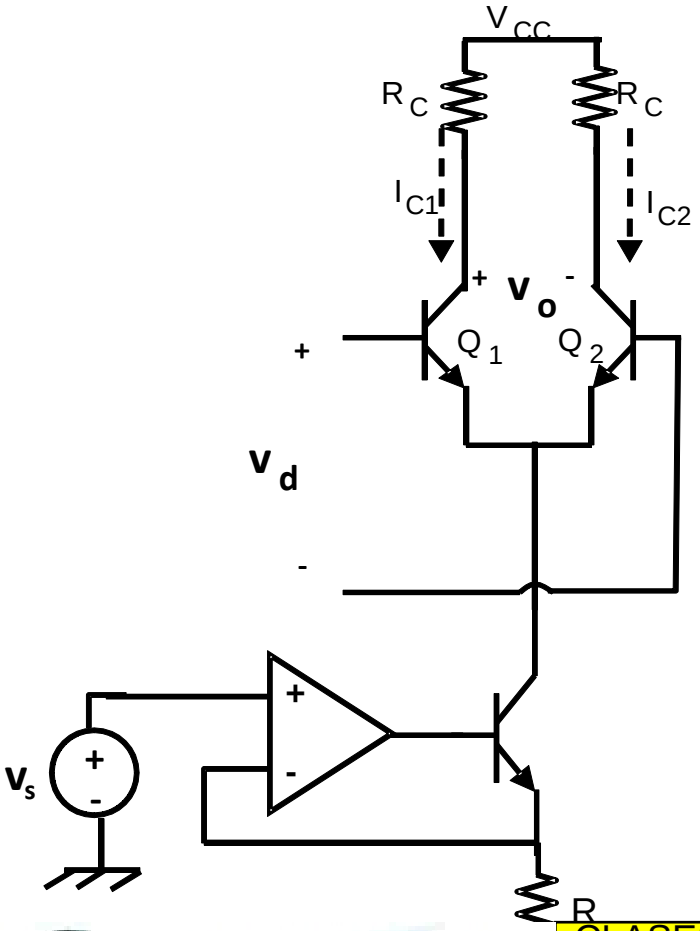
PAR DIFERENCIAL

CÉLULA DE GILBERT

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

MULTIPLICADORES ANALÓGICOS 2 CUADRANTES: PAR DIFERENCIAL



$Vo=Vc_{Q1}-Vc_{Q2}=-Vd(gm_1-gm_2)*Rc$

$gm_1=Ic_{Q1}/Vt$

$Ic_{Q1}=Vs/R/2$

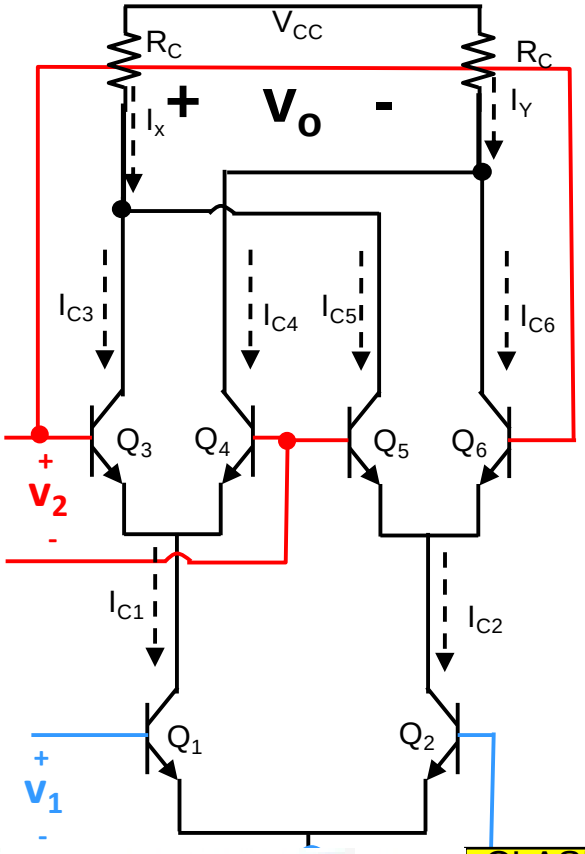
Vs positiva

Vd positva y negativa

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

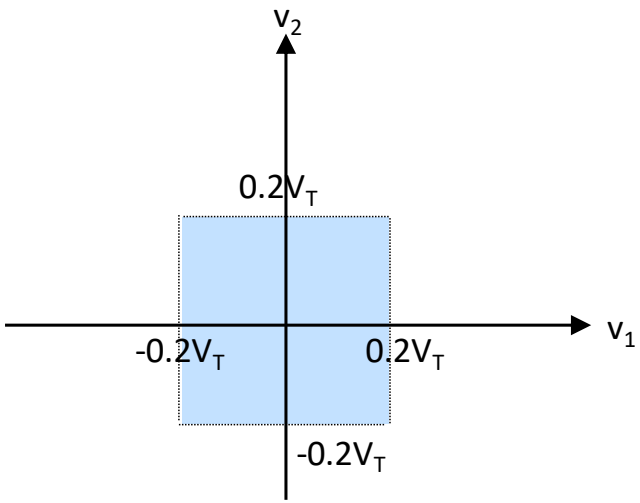
MULTIPLICADORES ANALÓGICOS 4 CUADRANTES: CÉLULA DE GILBERT



Multiplicador cuatro cuadrantes:

$v_1 << 2V_T$

$v_2 << 2V_T$



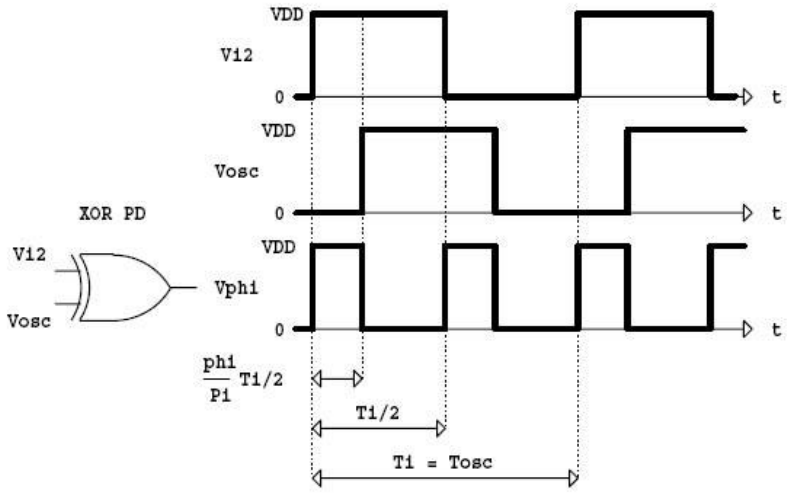
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ELEMENTOS DE UN PLL: Comparadores de fase (II)

- Puerta XOR: funciona como un multiplicador analógico, pero opera con señales binarias

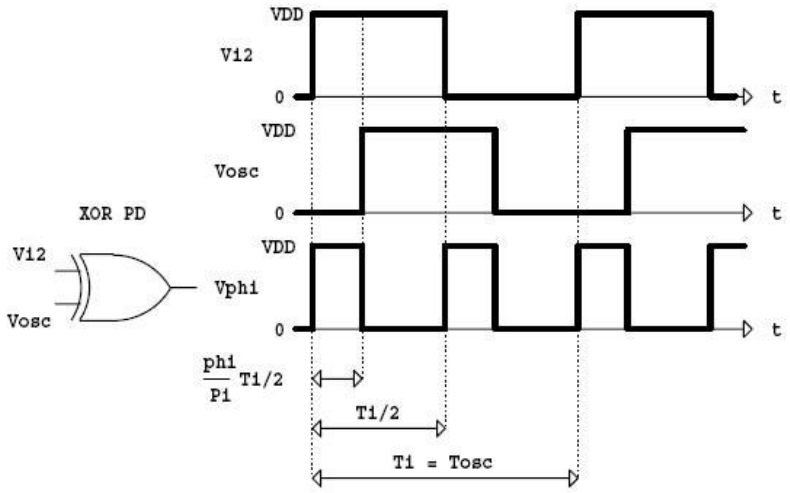


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ELEMENTOS DE UN PLL: Comparadores de fase (II)

- Puerta XOR: funciona como un multiplicador analógico, pero opera con señales binarias

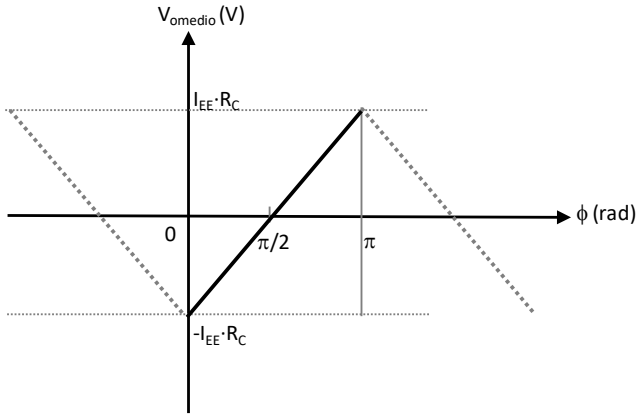


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

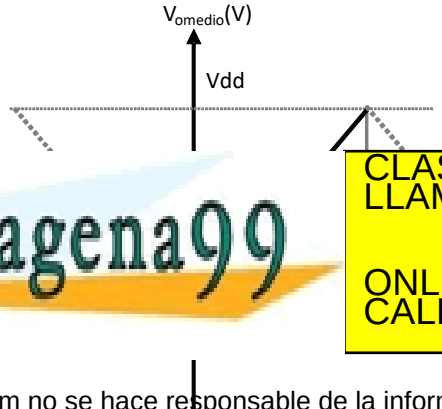
ELEMENTOS DE UN PLL: Comparadores de fase (III)

-Función de transferencia de un multiplicador cuando ambas entradas están enganchadas en frecuencia pero no en fase



$V_{omedio}=0$ cuando $\Delta\phi=\pi/2$

-Función de transferencia de una XOR cuando ambas entradas están enganchadas en frecuencia pero no en fase



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

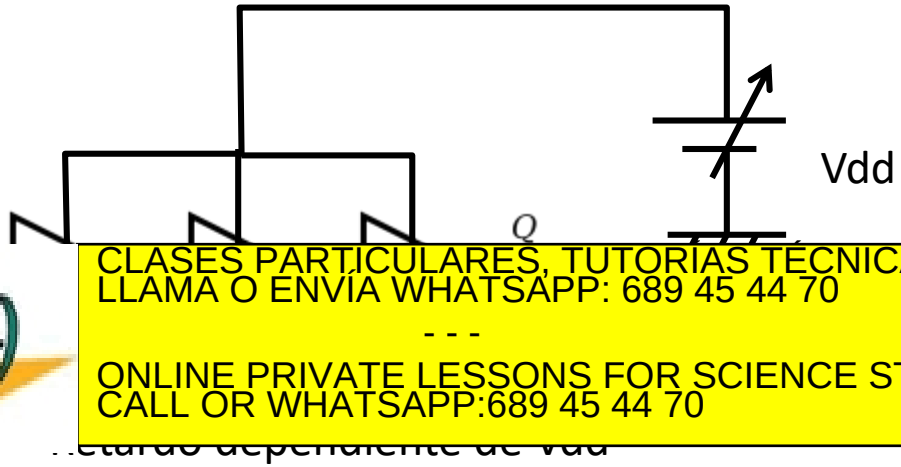
ELEMENTOS DE UN PLL: Osciladores controlados por tensión

- Osciladores sinusoidales: (no son habituales, el control de amplitud introduce mucha distorsión)

  -LC
  -RC
  -Xtal

- Osciladores no lineales:

  - Multivibrador astable (relajación, 555)
  - Oscilador en anillo



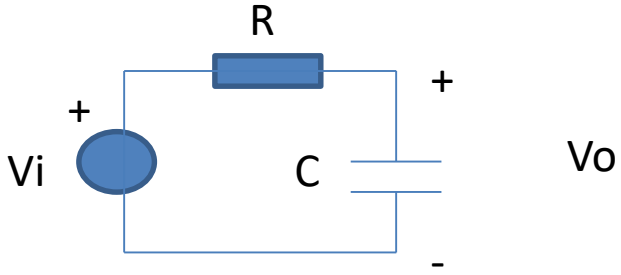
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

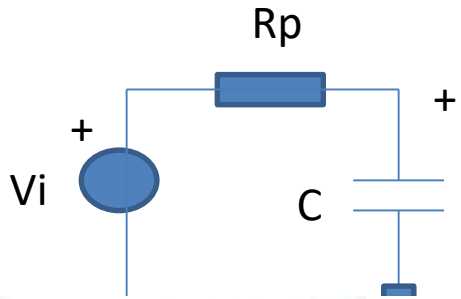
ELEMENTOS DE UN PLL: Filtros

Suelen ser pasivos por simplicidad y de primer orden, dando lugar a PLLs de segundo orden

-Con un polo



- Con un polo y un cero



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.