



Apéndice



A.1 La taxonomía de Bloom.

La taxonomía de Bloom es una clasificación de los diferentes objetivos y habilidades que los educadores pueden proponer a sus estudiantes.




Hay tres dimensiones en la taxonomía de objetivos de la educación propuesta por Benjamín Bloom:

- La afectiva: El modo como la gente reacciona emocionalmente. Los objetivos afectivos apuntan típicamente a la conciencia y crecimiento en actitud, emoción y sentimientos.
- La psicomotora: La pericia para manipular físicamente una herramienta o instrumento como la mano o un martillo. Los objetivos psicomotores generalmente apuntan en el cambio desarrollado en la conducta o habilidades.
- La cognitiva: Es la habilidad para pensar las cosas. Los objetivos cognitivos giran en torno del conocimiento y la comprensión de cualquier tema dado. Hay seis niveles en la taxonomía. En orden ascendente son los siguientes:
 - **Conocimiento**: Muestra el recuerdo de materiales previamente aprendidos por medio de hechos recordados, términos, conceptos básicos y respuestas. El estudiante recuerda y reconoce información e ideas además de principios aproximadamente en misma forma en que los aprendió.
 - **Comprensión**: Entendimiento demostrativo de hechos e ideas por medio de la organización, la comparación, la traducción, la interpretación, las descripciones y la formulación de ideas principales. El estudiante esclarece, comprende, o interpreta información en base a conocimiento previo.
 - **Aplicación**: Uso de conocimiento nuevo. Resolver problemas en nuevas situaciones aplicando el conocimiento adquirido, hechos, técnicas y reglas en un modo diferente. El estudiante selecciona, transfiere, y utiliza datos y principios para completar una tarea o solucionar un problema.
 - **Análisis**: Examen y discriminación de la información identificando motivos o causas. Hacer inferencias y encontrar evidencia para fundamentar generalizaciones. El estudiante diferencia, clasifica, y relaciona las conjeturas, hipótesis, evidencias, o estructuras de una pregunta o aseveración.
 - **Síntesis**: Compilación de información de diferentes modos combinando elementos en un patrón nuevo o proponiendo soluciones alternativas. El estudiante genera, integra y combina ideas en un producto, plan o propuesta nuevos para él o ella.
 - **Evaluación**: Presentación y defensa de opiniones juzgando la información, la validez de ideas o la calidad de una obra en relación con un conjunto de criterios. El estudiante valora, evalúa o critica en base a estándares y criterios específicos.

A continuación se presenta una tabla de verbos que pueden ser utilizados en la redacción de objetivos de acuerdo al nivel que se desee.

Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Síntesis	Evaluación
Apuntar	Asociar	Aplicar	Analizar	Arreglar	Acordar
Citar	Codificar	Calcular	Calcular	Categorizar	Apreciar
Contar	Comparar	Cambiar	Categorizar	Conceptuar	Aprobar
Definir	Concluir	Construir	Comparar	Combinar	Apoyar
Describir	Contrastar	Delinear	Contrastar	Compilar	Basar
Designar	Convertir	Demostrar	Criticar	Componer	Calificar
Determinar	Criticar	Describir	Debatir	Concebir	Categorizar
Distinguir	Deducir	Despejar	Descomponer	Construir	Comparar
Enumerar	Definir	Determinar	Describir	Crear	Concluir
Enunciar	Describir	Discriminar	Designar	Definir	Contrastar
Escribir	Discriminar	Diseñar	Detallar	Demostrar	Criticar
Evocar	Discutir	Distinguir	Determinar	Descubrir	Defender
Explicar	Distinguir	Dramatizar	Diferenciar	Determinar	Demostrar
Exponer	Ejemplificar	Ejemplificar	Discriminar	Dirigir	Descubrir
Identificar	Estimar	Eliminar	Distinguir	Diseñar	Discriminar
Indicar	Explicar	Emplear	Dividir	Ensamblar	Elegir
Jerarquizar	Expresar	Encontrar	Enunciar	Erigir	Escoger
Enlistar	Generalizar	Esbozar	Especificar	Escribir	Estimar
Localizar	Identificar	Estimar	Examinar	Esquematzar	Evaluar
Marcar	Ilustrar	Estructurar	Experimentar	Estructurar	Explicar
Mencionar	Inferir	Explicar	Explicar	Explicar	Fundamentar
Nombrar	Interpretar	Ilustrar	Fraccionar	Formular	Justificar
Reconocer	Jerarquizar	Interpolat	Identificar	Generar	Juzgar Medir
Relatar	Juzgar	Manejar	Ilustrar	Integrar	Modificar
Repetir	Localizar	Manipular	Inferir	Modificar	Probar
Reproducir	Narrar	Medir	Investigar	Narrar	Reafirmar
Seleccionar	Ordenar	Modificar	Parafrasear	Organizar	Refutar
Señalar	Organizar	Mostrar	Probar	Planear	Relacionar
Subrayar	Parafrasear	Obtener	Relacionar	Producir	Revisar
	Predecir	Operar	Seleccionar	Proponer	Seleccionar
	Pronosticar	Organizar	Señalar	Proyectar	Sustentar
	Reafirmar	Practicar	Separar	Reacomodar	Tasar
	Relacionar	Preparar	Subdividir	Recabar	Valorar
	Resumir	Probar		Reconstruir	Valuar
	Revisar	Producir		Redactar	Verificar
	Sintetizar	Relacionar		Reescribir	
	Sostener	Representar		Relacionar	
	Transcribir	Reproducir		Relatar	
	Traducir	Seguir		Reorganizar	
	Transformar	Transferir		Revelar	
		Usar		Revisar	
		Resolver		Reunir	
		Tabular		Simbolizar	
		Trazar		Sintetizar	
		Utilizar			

A.2 Propiedades de los elementos que conforman la vista de la simulación de Bode y Nyquist.

-  Ventana Bode_y_Nyquist
 - Título: "Bode y Nyquist"
 - Distribución: VBox
 - Visible: true
 - Tamaño: "800,610"
-  panelConSeparadores
 - Posición Sep: TOP
 - Visible: true
 - Tamaño: "800,376"
 - Dimensionable: false
- Bode
 - Distribución: HBOX
- Nyquist
 - Distribución: HBOX
- p1, p2
 - Distribución: border
 - Tamaño: "225,350"
 - Fondo: WHITE
- Panel
 - Distribución: VBox
- PolosCerosControles
 - Distribución: border
- PCFT
 - Distribución: BORDER:0,0
- PanelCasos
 - Distribución: VBox
 - Tamaño Borde: 0, 10, 2, 0
- Datos
 - Distribución: HBOX
 - Visible: true
 - Tamaño Borde: 0, 20, 0, 0
 - Color: White
- PanelGanancia
 - Distribución: HBOX
 - Visible: true
- PanelPolo
 - Distribución: HBOX
 - Visible: !g
- PanelPoloI
 - Distribución: HBOX
 - Visible: so
- PanelCeros
 - Distribución: HBOX
 - Visible: compensador
 - Color: WHITE
- FuncionTransferencia
 - Distribución: BORDER
 - Tamaño Borde: 0, 10, 2, 0
- Controles
 - Distribución: HBOX
-  Magnitud
 - Autoscala X: false
 - Autoscala Y: false
 - Mínimo X: 0.1
 - Máximo X: 100
 - Título: "Magnitud"
 - Fuente Tit: Trebuchet MS,BOLD,12
 - Mostrar ejes = true
 - Tipos Ejes: CARTESIAN3
 - Título X: "w [rad/s]"
 - Pos Eje X: 0.1
 - Tipo Eje X: LOG10
 - Malla X: true
 - Título Y: "Magnitud[dB]"
 - Pos Eje Y: 0
 - Tipo Eje Y: LINEAR
 - Malla Y: true
 - Espacios: 50, 30, 20, 40
 - Coordenadas: true
 - Tamaño: "400, 350"
 - Fondo: WHITE
 - Fuente: Trebuchet MS,PLAIN,12

FaseBode

- Autoscala X: false
- Autoscala Y: false
- Mínimo X: 0.1
- Máximo X: 100
- Mínimo Y: -370
- Máximo Y: 370
- Título: "Fase"
- Fuente Tit: Trebuchet MS,BOLD,12
- Mostrar ejes = true
- Tipos Ejes: CARTESIAN3
- Título X: "w [rad/s]"
- Pos Eje X: 0.1
- Tipo Eje X: LOG10
- Malla X: true
- Título Y: "Fase [°]"
- Pos Eje Y: 0
- Tipo Eje Y: LINEAR
- Malla Y: true
- Espacios: 50, 30, 20, 40
- Coordenadas: true
- Tamaño: "400, 350"
- Fondo: WHITE
- Fuente: Trebuchet MS,PLAIN,12

Gráfica

- Autoscala X: false
- Autoscala Y: false
- Título: "Diagrama de Nyquist"
- Fuente Tit: Trebuchet MS,BOLD,12
- Mostrar ejes = true
- Tipos Ejes: CARTESIAN3
- Título X: "Re"
- Pos Eje X: 0
- Tipo Eje X: LINEAR
- Malla X: true
- Título Y: "Im"
- Pos Eje Y: 0
- Tipo Eje Y: LINEAR
- Malla Y: true
- Tamaño: "350, 350"
- Fondo: WHITE
- Fuente: Trebuchet MS,PLAIN,12

GMagnitud

- Entrada X: omega
- Entrada Y: magnitudFT
- No repetir: true
- Conectar: true
- Color Línea: RED
- Ancho Línea: 1

GFase

- Entrada X: omega
- Entrada Y: faseFT
- No repetir: true
- Conectar: true
- Color Línea: BLUE
- Ancho Línea: 1

GNyquist

- Entrada X: parteRealFT
- Entrada Y: parteImaginariaFT
- No repetir: true
- Conectar: true
- Color Línea: RED
- Ancho Línea: 1

GananciaConstante

- Variable: g
- Seleccionada: true
- Texto: Ganancia constante
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`

Primer Orden

- Variable: po
- Seleccionada: false
- Texto: Primer orden
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`

 **SegundoOrden**

- Variable: so
- Seleccionada: true
- Texto: Segundo orden
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`

 **Compensador**

- Variable: compensador
- Seleccionada: true
- Texto: Compensador
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`

 **FT**

- Variable: transferencia
- Seleccionada: false
- Texto: Función de Transferencia

A **Ganancia**

- Texto: "Ganancia = "
- Color= BLACK

A **Polos**

- Texto: " Polo = "
- Color= BLACK

A **Mas**

- Texto: " + ("
- Color: BLACK

A **Jota**

- Texto: ") j "
- Color: BLACK

A **Ceros3**

- Texto: " Cero = "
- Color: BLACK

 **CGanancia**

- Variable: ganancia
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`
- Tamaño: 100, 20
- Color: BLACK

 **RealIP**

- Variable: realPoo
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`
- Color: BLACK

 **ImaginariaP**

- Variable: imaginariaPolo
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;Color: BLACK`

 **RealC**

- Variable: realCero
- Acción:
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`
- Color: BLACK

 **FunciónGs**

- Tamaño: 700, 55
- Color: BLACK
- Fuente: Lucida Console,PLAIN,12

 **Ejecutar**

- Texto: "Ejecutar"
- Activado: `_isPaused()`
- Acción: `_play();`

 **Parar**

- Texto: "Parar"
- Activado: `_isPlaying()`
- Acción: `_pause();`

 **Borrar**

- Texto: "Borrar"
- Acción:
- `_pause();`
- `_view.clearData();`
- `omega=0.1;`
- `omega1=0;`

A.3 STORYBOARDS:

Curso de Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia.



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Introducción	No. Pantalla:	1		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

El análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia permite conocer el comportamiento de los sistemas de control con respecto a la velocidad o a la frecuencia de cambio de las señales que actúan en el sistema.

Este estudio en el dominio de la frecuencia permite ver y analizar los sistemas de control desde otra perspectiva. Muchos aspectos se ven más fácilmente desde el dominio de la frecuencia, por ejemplo, podemos ver como responden los sistemas ante entradas de distinta velocidad de cambio ó cualquier tipo de entrada.

Una ventaja de este análisis, es que las señales se pueden expresar como valores en el tiempo, o como una suma de señales senoidales de distinta frecuencia.

El análisis en el dominio de la frecuencia se basa en el estudio de la respuesta de un sistema lineal e invariante con el tiempo y estable, cuando la entrada es de tipo senoidal:

$$u(t) = A \operatorname{sen}(\omega t) \stackrel{\mathcal{L}}{\leftrightarrow} u(s) = A \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$$

Navegación

Atrás:		Adelante:	Pantalla 2
---------------	--	------------------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Respuesta en frecuencia	No. Pantalla:	2		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

Se conoce por respuesta en frecuencia de un sistema a la respuesta del mismo, en régimen permanente (lineal e invariante en el tiempo), cuando se utiliza como señal de entrada un señal senoidal de amplitud constante y frecuencia variable desde 0 hasta infinito

IMAGEN: 8x

$$\begin{array}{l}
 \text{Entrada} \\
 u(t) = A \operatorname{sen}(\omega t)
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \text{Salida} \\
 y_{\omega} = A |G(j\omega)| \operatorname{sen}(\omega t + \phi) \\
 \phi = \arg[G(j\omega)]
 \end{array}$$

Como se puede observar de las ecuaciones, la respuesta oscila con la misma frecuencia ω pero atenuada por un factor $|G(j\omega)|$ y desfasada un ángulo $\phi = \arg[G(j\omega)]$ que dependen de ω .

Los valores de la atenuación $|G(j\omega)|$ y el desfase $\phi = \arg[G(j\omega)]$ que introduce un sistema lineal dependen solo de $G(s)$ y pueden representarse en función de la frecuencia ω en diversos tipos de diagramas sin mas que sustituir la variable s por $j\omega$ en $G(s)$ y calcular el módulo y argumento del complejo $G(j\omega)$ resultante.

IMAGEN: 9x

Navegación

Atrás:	Pantalla 1	Adelante:	Pantalla 3
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

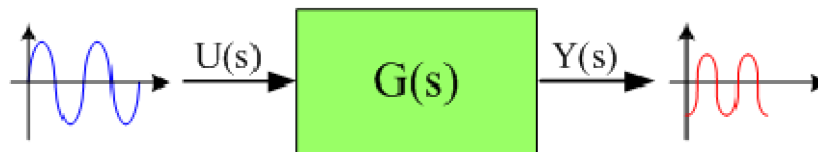
--



Datos Generales

ID. Imagen:	8x	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



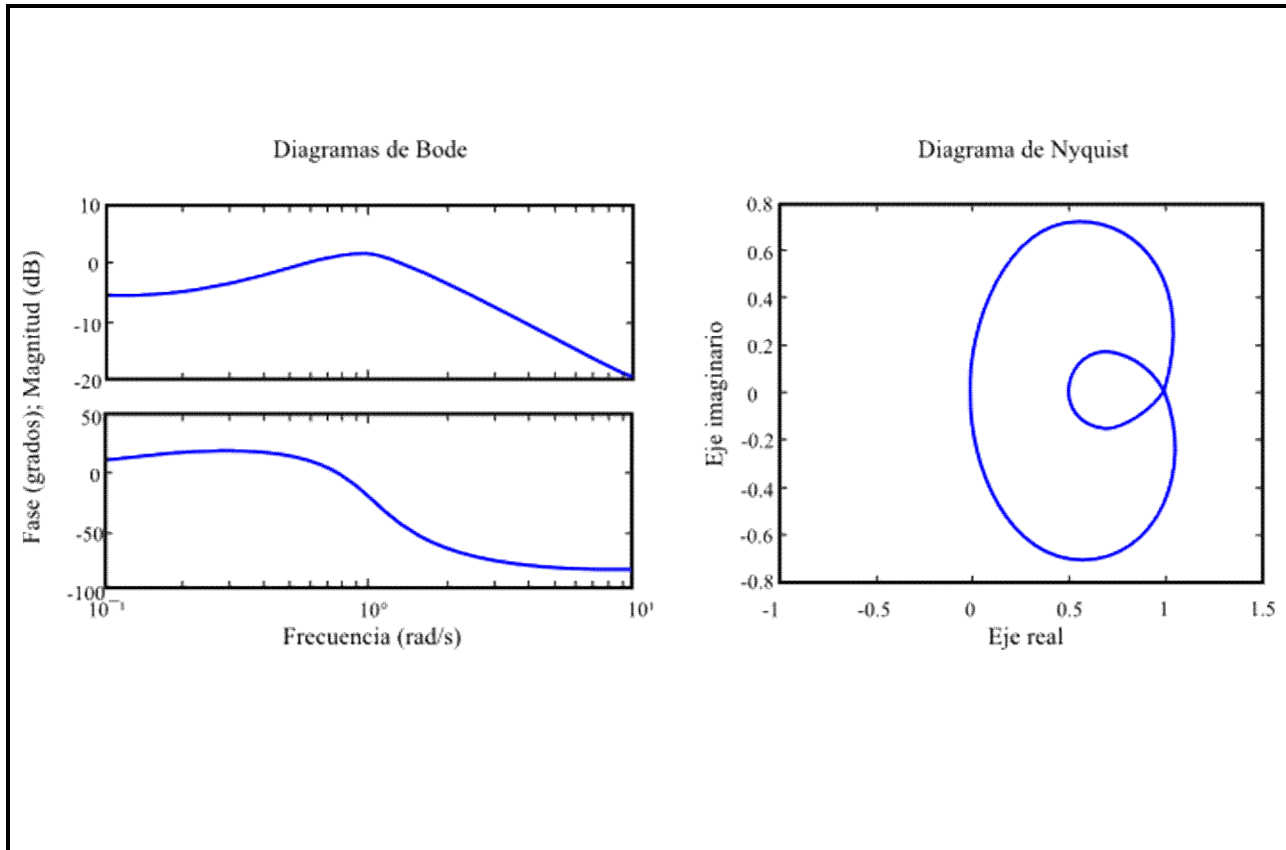
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	9x	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Diagrama de Bode (introducción)	No. Pantalla:	3		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

Un diagrama de Bode es una representación gráfica que sirve para caracterizar la respuesta en frecuencia de un sistema. Consta de dos gráficas separadas, una que corresponde a la magnitud de dicha función y otra que corresponde a la fase.

El diagrama de magnitud de Bode dibuja el módulo de la función de transferencia (ganancia) en dB en función de la frecuencia (o la frecuencia angular) en escala logarítmica. Muestra la respuesta en frecuencia de un sistema lineal e invariante en el tiempo.

El diagrama de fase de Bode representa la fase de la función de transferencia en función de la frecuencia (o frecuencia angular) en escala logarítmica. Permite evaluar el desplazamiento en fase de una señal a la salida del sistema respecto a la entrada para una frecuencia determinada.

La respuesta en amplitud y en fase de los diagramas de Bode no pueden por lo general cambiarse de forma independiente: cambiar la ganancia implica cambiar también desfase, y viceversa.

Navegación

Atrás:	Pantalla 2	Adelante:	Pantalla 4
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

--



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Diagrama de Bode	No. Pantalla:	4		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

El diagrama de magnitud de Bode es la gráfica de la función $|G(j\omega)|$, expresada en decibeles:

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \log_{10} |G(j\omega)|$$

El uso de logaritmos simplifica el trazo del diagrama, ya que una función $|G(j\omega)|$ puede calcularse como la suma algebraica de los logaritmos de la magnitud de los factores:

$$G(s) = \frac{K e^{-ds} (cs+1)(...)}{s(\tau s+1)(...)} \quad ; \quad G(j\omega) = \frac{K e^{-j\omega d} (cj\omega+1)(...)}{j\omega(\tau j\omega+1)(...)}$$

$$20 \log |G(j\omega)| = 20 \log \left| \frac{K e^{-j\omega d} (cj\omega+1)(...)}{j\omega(\tau j\omega+1)(...)} \right| =$$

$$= 20 \log |K| + 20 \log |e^{-j\omega d}| + 20 \log |cj\omega+1| + \dots + 20 \log \left| \frac{1}{j\omega} \right| + 20 \log \left| \frac{1}{\tau j\omega+1} \right| + \dots$$

Entonces, en dB, el diagrama de $|G(j\omega)|$ puede obtenerse por superposición de los diagramas de términos elementales correspondientes a cada polo, cero, ganancia y retardo.

El trazo de la función de ángulo también es la superposición de las funciones de ángulo de los factores de $G(j\omega)$:

$$\arg [G(j\omega)] = \arg(K) + \arg(e^{-j\omega d}) + \arg(cj\omega+1) + \dots + \arg\left(\frac{1}{j\omega}\right) + \arg\left(\frac{1}{\tau j\omega+1}\right) + \dots$$

Navegación

Atrás:	Pantalla 3	Adelante:	Pantalla 5
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

--



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: ganancia K	No. Pantalla:	5		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

$G(j\omega)=K$, por lo cual la traza de la magnitud es una constante: $20 \log |K|$

La traza del ángulo de fase sólo puede tomar dos valores:

$$\arg(K) = 0 \quad \text{ó} \quad \arg(K) = -\pi$$

IMAGEN: 23x

Navegación

Atrás:	Pantalla 4	Adelante:	Pantalla 6
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

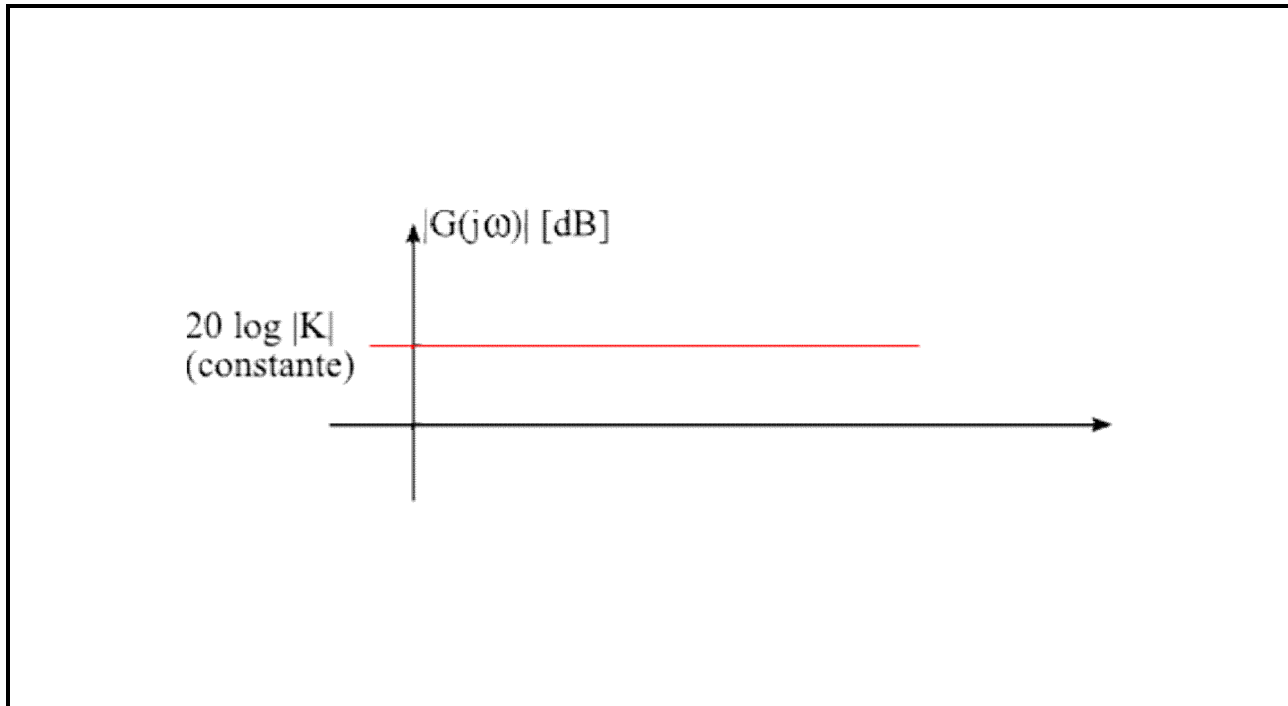
--



Datos Generales

ID. Imagen:	23x	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas

--



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: Integradores	No. Pantalla:	6		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

Para

$$G(s) = \frac{1}{s} \longrightarrow G(j\omega) = \frac{1}{j\omega}$$

la traza de magnitud es una recta que cruza por el punto ($\omega = 1$, 0 dB) y tiene una pendiente de -20dB/dec

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\omega} \right| = -20 \log(\omega)$$

IMAGEN: 24X_e

La traza de fase es, simplemente:

$$\arg \left(\frac{1}{j\omega} \right) = -90^\circ$$

IMAGEN: 24X_f

Navegación

Atrás:	Pantalla 5	Adelante:	Pantalla 7
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

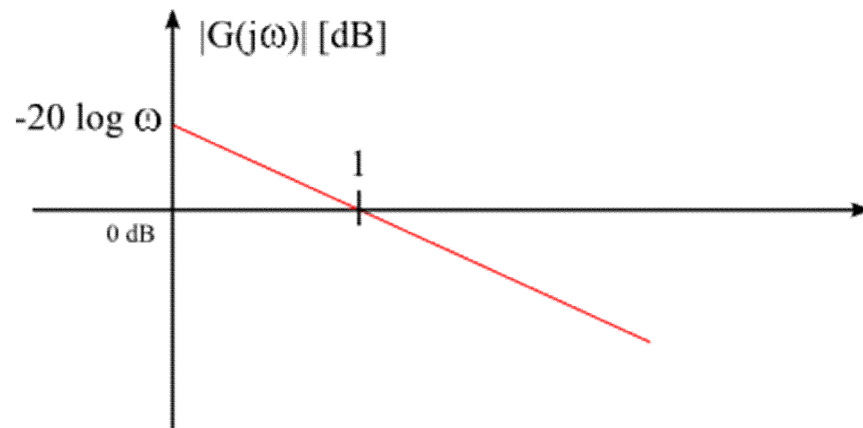
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	24X_e	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



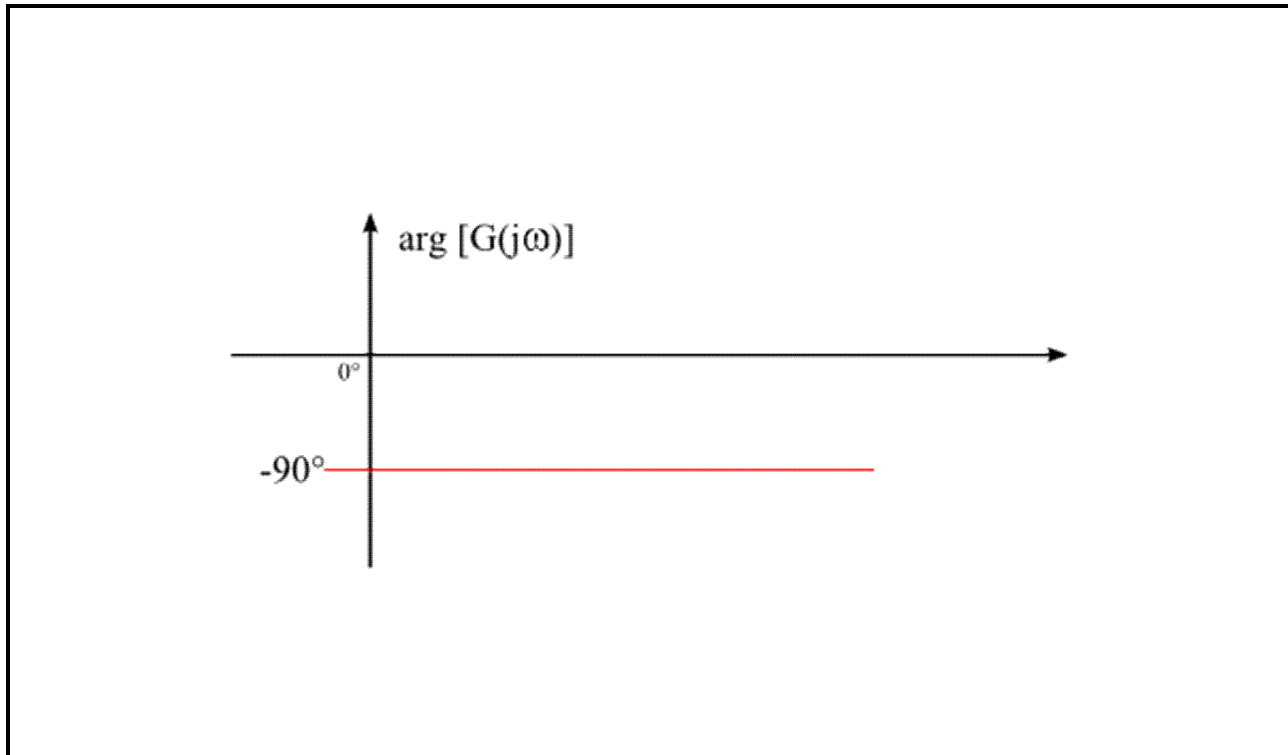
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	24X_f	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas

--



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: polo simple (sistema de primer orden) (traza de magnitud)	No. Pantalla:	7		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

$$G(j\omega) = \frac{1}{\tau s + 1}$$
 Para $\frac{1}{\tau s + 1}$ la traza de la magnitud se determina a partir de la expresión

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \log \left| \frac{1}{j\omega\tau + 1} \right| = -20 \log \sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}$$

- Para **bajas frecuencias** $\omega \ll \frac{1}{\tau}$ la traza se aproxima a la asíntota de bajas frecuencias, donde

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log(1) = 0 [dB]$$
- Para **altas frecuencias** $\omega \gg \frac{1}{\tau}$ la traza se aproxima a la asíntota de altas frecuencias, donde

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log(\tau\omega) = -20 \log(\tau) - 20 \log(\omega)$$
- Para la **frecuencia de corte** $\omega = \frac{1}{\tau}$ las asíntotas se cruzan y la función adquiere el valor

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log \sqrt{2} = -3 [dB]$$

IMAGEN: 15xa1

Navegación

Atrás:	Pantalla 6	Adelante:	Pantalla 8
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

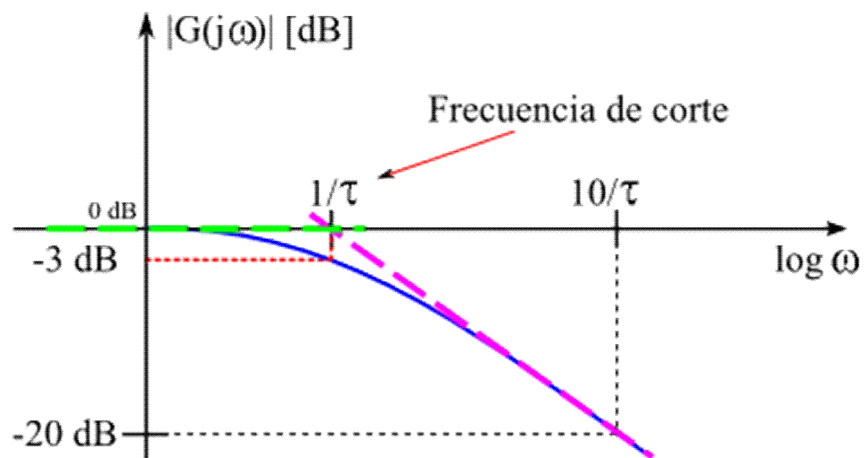
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	15xa1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas

--



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: polo simple (sistema de primer orden) (traza de fase)	No. Pantalla:	8		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

La traza de ángulo de fase se determina por la función trigonométrica

$$\phi(j\omega) = -\arctg(\tau\omega)$$

- Para **bajas frecuencias** $\omega \ll \frac{1}{\tau}$ la fase se aproxima a 0°

$$\phi(j\omega) = -\arctg(0) = 0^\circ$$
- Para **altas frecuencias** $\omega \gg \frac{1}{\tau}$ la fase se aproxima a -90°

$$\phi(j\omega) = -\arctg(\infty) = -90^\circ$$
- Para la **frecuencia de corte** $\omega = \frac{1}{\tau}$ la fase es igual a -45°

$$\phi(j\omega) = -\arctg(1) = -45^\circ$$

IMAGEN: 15xb

Navegación

Atrás:	Pantalla 7	Adelante:	Pantalla 9
--------	------------	-----------	------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

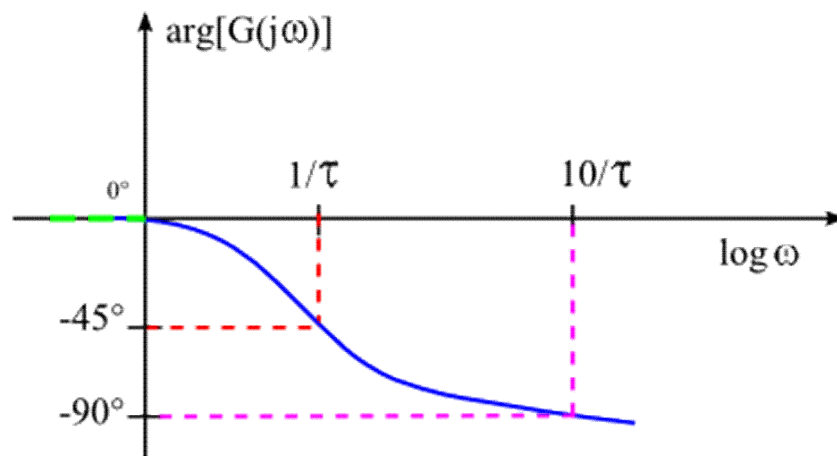
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	15xb	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: polos complejos conjugados (traza de magnitud)	No. Pantalla:	9		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2} \longrightarrow G(j\omega) = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} + j\frac{2\delta\omega}{\omega_n}}$$

La traza de magnitud se determina de la siguiente manera:

- La asíntota de **bajas frecuencias**, para $\omega \ll \omega_n$, es una recta que pasa sobre el eje ω :
 $|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log \sqrt{1} = 0 [dB]$
- La asíntota de **altas frecuencias**, para $\omega \gg \omega_n$, es una recta de pendiente $-40dB/dec$ que pasa por $(\omega = \omega_n, 0 [dB])$

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log \sqrt{\left(\frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2} = -40 \log \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right) = 40 \log \omega_n - 40 \log \omega$$

- En torno a ω_n , la traza de magnitud tiene el **pico de resonancia**: $M_r = \frac{1}{2\delta\sqrt{1-\delta^2}}$ que se presenta a la frecuencia de resonancia: $\omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\delta^2}$
 El pico de resonancia y su frecuencia dependen del coeficiente de amortiguamiento $0 < \delta < 0.7071$. Cuanto más pequeño el coeficiente:

$$M_r \rightarrow \infty$$

$$\omega_r \rightarrow \omega_n$$

IMAGEN: 20x1_h

Navegación

Atrás:	Pantalla 8	Adelante:	Pantalla 10
--------	------------	-----------	-------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

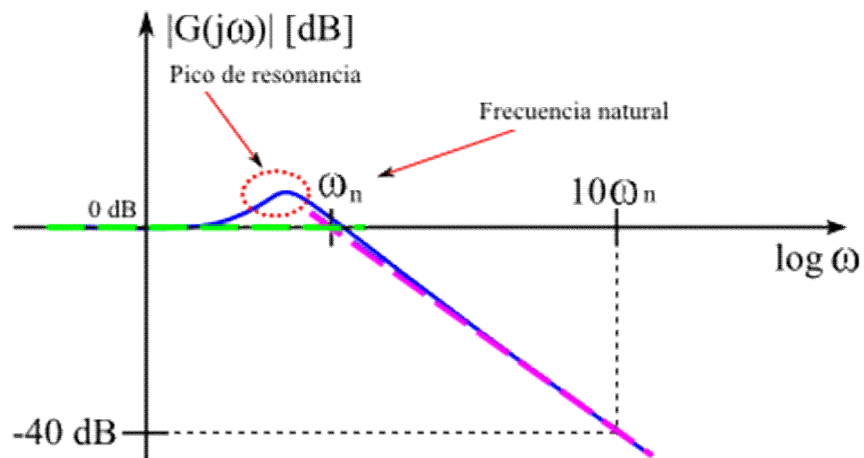
Notas



Datos Generales

ID. Imagen:	20x1_h	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Factores de los diagramas de Bode: polos complejos conjugados (traza de fase)	No. Pantalla:	10		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

La traza de fase es una función arco tangente negativa:

$$\angle G(j\omega) = \phi(j\omega) = -\arctg \frac{\frac{2\delta\omega}{\omega_n}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

- Para $\omega \ll \omega_n$: $\phi(j\omega) = -\arctg \frac{0}{1} = 0$
- Para $\omega \gg \omega_n$: $\phi(j\omega) = -\arctg \frac{b}{a} = -180^\circ$ dado que $a \gg b$
- En torno a ω_n se da la transición angular, que es más fuerte si la δ es pequeña.

Para $\omega = \omega_n$: $\phi(j\omega) = -90^\circ$

IMAGEN: 15xb

Navegación

Atrás:	Pantalla 9	Adelante:	Pantalla 11
--------	------------	-----------	-------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

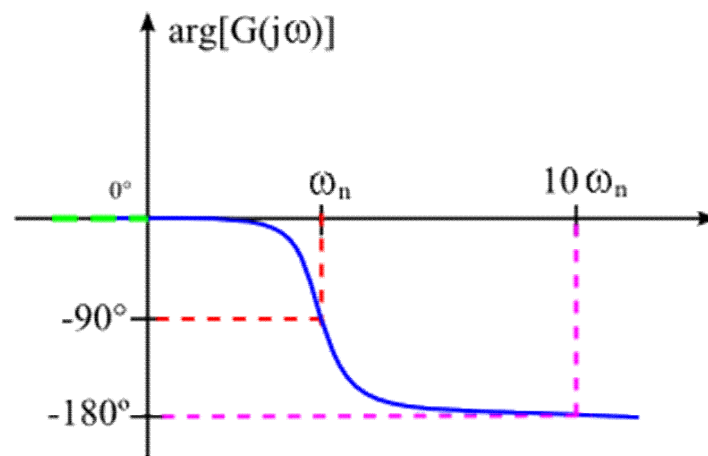
--



Datos Generales

ID. Imagen:	20x1_m	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Diagrama de Nyquist (introducción)	No. Pantalla:	11		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

Una forma de mostrar cómo se comporta un sistema sobre un intervalo de frecuencias angulares es trazar los datos de la respuesta para el sistema en un diagrama de Nyquist.
El diagrama de Nyquist es una traza polar de la respuesta en frecuencia del sistema.

La ventaja del diagrama de Nyquist es que en una sola gráfica se puede observar la respuesta en frecuencia de un sistema en el rango de frecuencias completo; por lo tanto, permite predecir la estabilidad absoluta de un sistema en lazo cerrado observando su comportamiento en lazo abierto.

Navegación

Atrás:	Pantalla 10	Adelante:	Pantalla 12
---------------	-------------	------------------	-------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

--

Datos Generales



No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Diagrama de Nyquist	No. Pantalla:	12		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

La traza de Nyquist consiste en graficar en un sólo plano complejo, denominado plano $G(j\omega)$, los valores de módulo y ángulo de la función $G(j\omega) = |G(j\omega)| \phi(j\omega)$ en función de ω .

IMAGEN: Ny

El módulo y ángulo de los puntos de la traza de Nyquist se calculan sustituyendo el valor de ω en la función $G(j\omega)$.

Navegación

Atrás:	Pantalla 11	Adelante:	Pantalla 13
--------	-------------	-----------	-------------

Interactividad

Evento	Acción a realizar

Notas

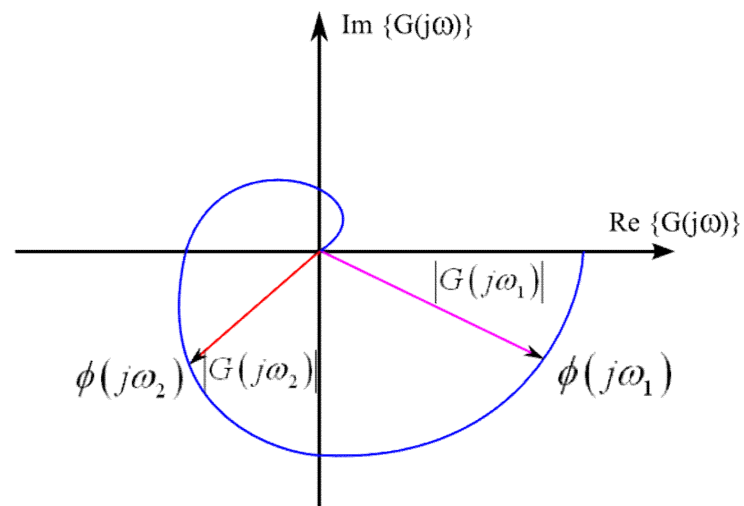
--



Datos Generales

ID. Imagen:	Ny	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		
Ubicación:	/var/www/img				

Imagen



Notas



Datos Generales

No. Storyboard:	1	Versión:	1	Fecha de creación:	05-05-08
Nombre del Autor:	CAVM				
Título del curso:	Circuitos Eléctricos e Ingeniería de Control				
Título de la lección:	Ingeniería de control				
Título del tema:	Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia				
Título en Pantalla:	Applet: Diagramas de Bode y Nyquist	No. Pantalla:	13		
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:	15-05-08		

Visualización en pantalla

La siguiente simulación traza el diagrama de Bode o Nyquist, dependiendo de la pestaña seleccionada. De acuerdo con el radio botón seleccionado, se deberán introducir los datos necesarios para graficar una función de cualquiera de las siguientes formas:

- Ganancia constante: $H(s) = K$

- Primer orden: $H(s) = \frac{K}{s-a}$

- Segundo orden: $H(s) = \frac{K\omega_n}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2}$

- Compensador: $H(s) = \frac{K(s-a)}{s-b}$

SIMULACIÓN
BodeNyquist

Navegación

Atrás:	Pantalla 12	Adelante:	
--------	-------------	-----------	--

Interactividad

Evento	Acción a realizar
Simulación BodeNyquist	Al presionar sobre el link de la simulación, se abre una nueva ventana.

Notas



Datos Generales

ID. Simulación	BodeNyquist	Versión:	8	Fecha de creación:	03-05-09
Nombre del Autor:	ALHV				
Título de la Simulación:	Bode y Nyquist				
Descripción breve de la simulación:	Esta simulación mostrará en una pestaña los diagramas de magnitud y fase de Bode. Mientras que en otra pestaña se mostrará el diagrama de Nyquist. La simulación será capaz de representar la expresión de la función de transferencia. Los casos que esta simulación graficará son sistemas con solo ganancia, con un polo real (primer orden), polos complejos (segundo orden) y compensador.				
Revisado por:	RGJ	Fecha de revisión:			
Ubicación:	/var/www/CONTROL				

Interfaz Gráfica

Elementos interactivos

Nombre del elemento	Descripción de comportamiento.
Pestaña: Bode	Mostrará los diagramas de Bode de magnitud y fase.
Pestaña: Nyquist	Mostrará el diagrama de Nyquist.
Radio botón: Ganancia constante	Este radio botón habilitará el campo numérico de ganancia para permitir al usuario que introduzca un valor de ganancia para la función de transferencia. También este radio botón le indicará a la simulación que se debe graficar un sistema con ganancia constante. Deshabilitará los demás radio botones, excepto el radio botón de Función de Transferencia
Radio botón: Primer orden	Este radio botón habilitará el campo numérico de ganancia y la parte real del polo para permitir al usuario que introduzca los valores respectivos. También este radio botón le indicará a la simulación que se debe graficar un sistema con una ganancia constante y un polo real.



Nombre del elemento	Descripción de comportamiento.
	Deshabilitará los demás radio botones, excepto el radio botón de Función de Transferencia
Radio botón: Segundo orden.	Este radio botón habilitará el campo numérico de ganancia y la parte real e imaginaria del polo para permitir al usuario que introduzca los valores respectivos. También este radio botón le indicará a la simulación que se debe graficar un sistema con una ganancia constante y son un par de polos complejos. Deshabilitará los demás radio botones, excepto el radio botón de Función de Transferencia
Radio botón: Compensador.	Este radio botón habilitará el campo numérico de ganancia, la parte real del polo y el campo de cero para permitir al usuario que introduzca los valores respectivos. También este radio botón le indicará a la simulación que se debe graficar un sistema con una ganancia constante y que además pose un polo real y un cero real. Deshabilitará los demás radio botones, excepto el radio botón de Función de Transferencia
Radio botón: Función de Transferencia.	También este radio botón desplegará en pantalla la función de transferencia del sistema que se esta graficando de acuerdo al siguiente formato: $K \frac{(s - z_1)}{(s - p_1)(s - p_2)}$

Modelo Matemático

Nombre Gráfica	Ecuación que la describe
Magnitud de Bode: Ganancia constante	$ G(j\omega) = 20 \log K$
Fase de Bode: Ganancia constante	$\phi = 0^\circ$
Nyquist: Ganancia constante	$x = K$ $y = 0$
Magnitud de Bode: Primer orden	$ G(j\omega) = 20 \log \left(\frac{K}{\sqrt{p^2 + \omega^2}} \right)$
Fase de Bode: Primer orden	$\phi = -\text{ang} \tan \frac{\omega}{-p}$
Nyquist: Primer orden	$x = \frac{Kp}{p^2 + \omega^2}$ $y = \frac{-K\omega}{p^2 + \omega^2}$
Magnitud de Bode: Segundo orden	$ G(j\omega) = 20 \log \left(\frac{K}{\sqrt{(p^2 + q^2 - \omega^2)^2 + (2j\omega p)^2}} \right)$



Nombre Gráfica	Ecuación que la describe
Fase de Bode: Segundo orden	$\phi = -ang \tan \frac{-2\omega p}{p^2 + q^2 - \omega^2}$
Nyquist: Segundo orden	$x = \frac{K(p^2 + q^2 - \omega^2)}{(p^2 + q^2 - \omega^2)^2 + (2p\omega)^2}$ $y = \frac{2Kp\omega}{(p^2 + q^2 - \omega^2)^2 + (2p\omega)^2}$
Magnitud de Bode: Compensador	$ G(j\omega) = 20 \log \left(\frac{K(\sqrt{z^2 + \omega^2})}{\sqrt{p^2 + \omega^2}} \right)$
Fase de Bode: Compensador	$\phi = ang \tan \frac{\omega}{-z} - ang \tan \frac{\omega}{-p}$
Nyquist: Compensador	$x = K \left(\frac{zp + \omega^2}{p^2 + \omega^2} \right)$ $y = K \left(\frac{\omega(z - p)}{p^2 + \omega^2} \right)$

Métodos numéricos

Ecuación a resolver	Método numérico a usar

Notas

Para el desarrollo de esta simulación se debe tomar en cuenta que los datos que se introduzcan en los campos numéricos para polo y cero requieren ser multiplicados por -1 ya que se está considerando que el usuario está proporcionando las raíces del numerador y denominador de la función de transferencia.