

PROYECTO: PATRÓN DE POLOS - FUNCIÓN POLINOMIAL DE BUTTERWORTH

Objetivo: Analizar la aproximación polinomial normalizada de Butterworth. Analizar la geometría del patrón de polos.

PRIMERA PARTE: FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

Aplicación [ecuaciones_App](#) *

1. Aproximación polinomial normalizada de Butterworth.

Sea la función de transferencia de un filtro paso-bajas de N polos, con [frecuencia de corte normalizada](#) $\omega_c = 1$ rad/s, la cual es el punto donde $|H(\omega)|_{\text{dB}}$ está debajo de los 3 dB:

$$H(s) = \frac{a_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0} \quad (1)$$

a) Experimenta con diversos polos y reporta las funciones de transferencia obtenidas para N=3, 5, y 8.

SEGUNDA PARTE: PATRÓN DE POLOS

Aplicación [polos_App](#) *

2. La característica distintiva de los filtros Butterworth es que los polos se encuentran en el semicírculo del semiplano izquierdo abierto. Además:

- El radio del semicírculo es igual a la frecuencia de corte del filtro ω_c (2).
- Todos los polos de la función de transferencia están separados por π/N radianes (3).
- Si N= impar los polos comienzan en cero radianes (4), y, si N= par, comienzan en $\pi/2N$ radianes (5).
- Independientemente de si N es par o impar, los polos se distribuyen en simetría con respecto al eje $j\omega$.

b) Para N= 2, emplea las funciones de transferencia obtenidas en el punto 1a) para graficar el patrón de polos. Para lo anterior, proporciona mediante la aplicación [polos_App](#) los coeficientes a_i del denominador de la ecuación (1).

c) Repite para N= 1, 3, 5 y 8.

d) En las gráficas de 2d) - e), emplea las coordenadas de los polos que genera la GUI para comprobar las relaciones (2)-(5). En las gráficas incluye anotaciones manuales de posiciones de los polos y sus ángulos.

TERCERA PARTE: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

3.

g) Investiga y reporta las funciones de transferencia de filtros paso bajas normalizados para N=1, 9, y 10.

h) Grafica los patrones de polos del inciso anterior.

Nota*: las aplicaciones proporcionadas emplean una [frecuencia de corte normalizada](#) $\omega_c = 1$ rad/s.