

Tarea 2, 2019.  
 Análisis de datos sísmológicos 513513  
 Fecha de ayuda: lunes 14 de octubre, hora de la clase.  
 Fecha de entrega: jueves 17 de octubre, 12:00.

### Ejercicio 1

Un sistema está descrito por la función de transferencia

$$\frac{s^2 + 1}{0,5s^3 + 1,75s^2 + 0,5s + 0,5}$$

La masa está inicialmente en reposo y desplazada 0.02 cm de su posición de equilibrio.

- i) [2 pts] Encuentre la ecuación diferencial del sistema.
- ii) [2 pts] Encuentre los polos y ceros del sistema.
- iii) [1 pts] Comente acerca de la estabilidad del sistema.
- iv) [2 pts] Escriba la solución homogénea de este sistema.
- v) [2 pts] Comente acerca de la significancia de cada una de las componentes de la solución homogénea y diga qué términos son los dominantes.
- vi) [1 pts] Grafique las soluciones individuales y la total. [1pt]

### Ejercicio 2

|          |          |
|----------|----------|
| ZEROS    | 3        |
| 0        | 0        |
| 0        | 0        |
| 0        | 0        |
| POLES    | 5        |
| -0.037   | -0.037   |
| -0.037   | 0.037    |
| -1130.97 | 0.0000   |
| -1005.30 | 0.0000   |
| -502.65  | 0.0000   |
| CONSTANT | 1.35e+18 |

Tabla 1. Ejemplo de un archivo de polos y ceros en el programa SAC. Primera columna es la parte real y la segunda es la parte imaginaria.

La Tabla 1 muestra como se representan los polos y los ceros de un instrumento para SAC. Este programa requiere que los valores de los polos y ceros estén en unidades de [Hz] y que los archivos representen la respuesta de velocidad ( $H_v$ ). Vamos a ver lo que significa eso ...

(a) Los polos y ceros en la tabla son para la función  $H_v$ , que relaciona la velocidad del suelo ( $v(t)$ ) con la respuesta del instrumento ( $z(t)$ ):

$$Z(s) = H_v(s)V(s) \quad (1)$$

donde  $V(s)$  es la transferencia de Laplace de  $v(t)$ , y  $Z(s)$  la equivalente de  $z(t)$ :

$$V(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st}v(t)dt \quad (2)$$

$$Z(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st}z(t)dt \quad (3)$$

i) [2 pts] Use (1), (2) e integración por partes para mostrar que

$$Z(s) = H_v(s)s \int_{0^-}^{\infty} e^{-st}u(t)dt \quad (4)$$

donde  $v(t) = \frac{d}{dt}(u(t))$

ii) [2 pts] Entonces, ¿cuál es la relación entre  $H_u$  y  $H_v$ ?

iii) [2 pts] La Tabla 1 muestra  $H_v$ . Escriba una tabla de esta forma en la que se represente  $H_u$  y explique sus razones.

iv) [1 pt] Use una extensión de lógica para definir cuál es  $H_a$ , la respuesta del instrumento a la aceleración del suelo.

(b) Los valores de los polos y ceros en la tabla están dados para  $s$  en [Hz], en vez de radianes por segundo. Recuerden que la función de transferencia  $H(s)$  está dada por

$$H(s) = K \frac{(s - z_1)(s - z_2)\dots(s - z_{m-1})(s - z_m)}{(s - p_1)(s - p_2)\dots(s - p_{n-1})(s - p_n)} \quad (5)$$

y que la transformada de Laplace cambia si  $s$  está en [Hz], o está en radianes por segundo de la forma:

$$\mathcal{L}(f(t)) = F(s) \quad (6)$$

$$F(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-2\pi st}f(t)dt, \text{ s esta en [Hz]} \quad (7)$$

$$F(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st}f(t)dt, \text{ s esta en [rad/s]} \quad (8)$$

i) [2 pts] Cuando se cambia las unidades de  $s$  de [Hz] a [rad/s], ¿cómo se cambian los valores de las partes reales e imaginarias de los polos y ceros? De una razón.

ii) [2 pts] Cuando se cambia las unidades de  $s$  de [Hz] a [rad/s], ¿cómo se cambia el valor de  $K$ ? De una razón.

iii) [1 pt] Entonces escriba los polos y ceros del instrumento para  $s$  en [rad/s].

## Ejercicio 3

```
* *****
* OUTPUT UNIT      : COUNTS
* INSTTYPE        : Streckeisen STS-1 Seismometer with Metrozet E300
* INSTGAIN        : 3.314400e+03 (M/S)
* COMMENT         : S/N #119005
* SENSITIVITY     : 5.247780e+09 (M/S)
* AO              : 7.273290e+01
* *****
ZEROS      6
-7.853982e+01      +0.000000e+00
-1.525042e-01      +0.000000e+00
-1.525042e-01      +0.000000e+00
POLES      6
-1.207063e-02      +1.224561e-02
-1.207063e-02      -1.224561e-02
-1.522510e-01      +9.643684e-03
-1.522510e-01      -9.643684e-03
-4.832398e+01      +5.817080e+01
-4.832398e+01      -5.817080e+01
CONSTANT  3.816863e+11
```

Tabla 2. Polos y ceros para un sismómetro STS-1.

La tabla muestra los polos y ceros para un sismómetro moderno. Vamos a explorar el comportamiento de este instrumento ...

- i) [1 pts] La tabla dice que hay seis ceros, pero solamente da valores para tres de ellos. ¿Qué está pasando?
- ii) [1 pts] Use el programa SAC para generar una función impulsiva (es decir,  $\delta(t)$ ). ¿Qué rango de frecuencias contiene la función  $\delta(t)$ ?
- iii) [2 pts] Genere y gráfique la ganancia del instrumento, usando la función delta como entrada, suponiendo que  $\delta(t)$  representa tres diferentes casos:
  1.  $\delta(t)$  representa el desplazamiento del suelo.
  2.  $\delta(t)$  representa la velocidad del suelo.
  3.  $\delta(t)$  representa la aceleración del suelo.
- iv) [2 pts] “Sismómetros están desarrollados para medir la velocidad del suelo (en vez de aceleración o desplazamiento)”. Energía sísmica típicamente llega entre  $\sim 0.1$  y  $\sim 50$  Hz. Use los tres gráficos generados en la parte anterior para explicar lo que significa esta oración.
- iv) [2 pts] Estime el rango de frecuencias en que registra bien este instrumento. Streckeisen dice que su STS-1 es muy banda ancha (very broadband), explique lo que significa esta frase.

## Ejercicio 4

TIGO en la UdeC (Q.E.P.D.) tenía un sismómetro Güralp 3T. Baje los tres archivos del sitio web

<http://www.mttm11r.com/ADSv2/DATA/>

1. TIGO\_saturates\_HHE.sac
2. TIGO\_saturates\_HHN.sac
3. TIGO\_saturates\_HHZ.sac

Son los registros del instrumento para un evento de magnitud 6.0 a una distancia de 35 km. Este evento es suficientemente fuerte y cercano para que el instrumento se sature.

- i) [2 pts] ¿Qué significa “saturación” en este caso? (Noten que además se usa la palabra “clipping” para describir este efecto).
- ii) [2 pts] ¿Qué pasó al final de las componentes horizontales? ¿Por qué?
- iii) [4 pts] Convierta la escala vertical de cuentas digitales a velocidad del suelo en [m/s] y gráfique el resultado. Haga lo mismo para el desplazamiento del suelo en [m].
- iv) [2 pts] Estime el valor máximo de desplazamiento que puede registrar en este instrumento. Además, estime el “full-scale clip level” en [mm/s] del instrumento.