

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electrónica
EL-5805 Procesamiento Digital de Señales
Profesor: M.Sc. José Miguel Barboza Retana
II Semestre, 2017
Examen Final

Total de Puntos:	77
Puntos obtenidos:	
Porcentaje:	
Nota:	

Nombre: _____

Carné: _____

Advertencias:

- Resuelva el examen en forma ordenada y clara.
- En todas las preguntas y problemas debe indicarse algún procedimiento o justificación clara para llegar a la solución.
- No se aceptarán reclamos de desarrollos con lápiz, borrones o corrector de lapicero.
- Si trabaja con lápiz, debe marcar su respuesta final con lapicero.
- El uso de lapicero rojo **no** está permitido.
- El uso del teléfono celular no es permitido. Este tipo de dispositivos debe permanecer **totalmente apagado** durante el examen.
- No se permite el uso de **ningún tipo** de calculadora electrónica.
- El instructivo de examen debe ser devuelto junto con su solución.
- El examen es una prueba individual.
- El no cumplimiento de los puntos anteriores equivale a una nota igual a cero en el ejercicio correspondiente o en el examen.

Preguntas 1	de 3
Preguntas 2	de 3
Preguntas 3	de 3
Preguntas 4	de 3
Preguntas 5	de 5
Preguntas 6	de 3
Preguntas 7	de 2
Preguntas 8	de 10
Problema 1	de 24
Problema 2	de 21

Preguntas

32 Pts

Debe justificar sus respuestas a las preguntas. Para ello basta un esbozo de la idea o concepto requerido, y si necesita más espacio puede utilizar el cuaderno de examen indicando claramente la pregunta correspondiente.

1. Sea la secuencia finita

3 Pts

$$x(n) = \left\{ 3, -1, \underset{\uparrow}{2}, -1, 1, 1 \right\}$$

Determine la secuencia $y(n) = x(-2n + 1)$

2. Indique cuál es la respuesta en frecuencia de un sistema con respuesta al impulso $h(n) = \frac{u(n)}{3^n}$

3 Pts

3. Determine la respuesta en frecuencia de un filtro digital con respuesta al impulso $h(n) = (-1)^n u(n)$ e indique que tipo de filtro representa con respecto a su comportamiento en frecuencia (paso bajos, altos o banda) y la naturaleza de dicha respuesta al impulso (IIR, FIR)

3 Pts

4. La señal $x_a(t)$ es generada por la salida de un micrófono utilizado para detectar sonidos de motosierras y disparos en el bosque. Dicha señal posee una composición espectral definida entre dos rangos de frecuencia: 1-5kHz y 10-20KHz. Cada nodo de medición debe digitalizar la señal $x_a(t)$ con la ayuda de un ADC para luego ser transmitida a un nodo central en un formato binario. Además, la resolución del ADC es de 32 bits. ¿Cuál es el mínimo valor de frecuencia de muestreo F_s con la que debe ser programado el ADC para que la señal discreta $x(n) = x_a(n/F_s)$ pueda ser utilizada posteriormente para reconstruir la información original de la señal $x_a(t)$.

3 Pts

5. Determine la secuencia de salida del sistema LTI con respuesta al impulso $h(n) = (-1)^n u(n) - (-1)^{n-1} u(n-1)$ cuando la entrada es:

5 Pts

$$x(n) = 2e^{j\frac{3\pi n}{4}} + e^{j\frac{\pi n}{2}} + 5$$

6. La salida del sistema descrito por la ecuación de diferencias

3 Pts

$$y(n) = \frac{1}{2}x(n) - \frac{1}{2}x(n-1) + \frac{1}{2}x(n+1)$$

puede ser expresada con la convolución $y(n) = h(n) * x(n)$. Encuentre qué secuencia es $h(n)$.

7. Se tiene una señal de cuatro muestras

2 Pts

$$x(n) = \{1, 2, 2, 1\}$$

cuyo espectro obtenido con la DFT se sabe que tiene cuatro muestras

$$X(k) = \{6, -1 - j, 0, -1 + j\}$$

Si $x(n)$ se completa con 252 ceros, entonces el espectro $X_2(k)$ calculado con la DFT de esta nueva señal:

- ☐ a) No contiene más información, pues el nuevo $X_2(k)$ contiene a su inicio las mismas cuatro muestras que $X(k)$ completadas con 252 ceros.
- ☐ b) No contiene más información. El espectro $X_2(k)$ representa simplemente un mayor muestreo del espectro continuo correspondiente a $x(n)$, aunque las cuatro muestras espectrales originales son suficientes para rescatar la señal.
- ☐ c) La DFT de esta señal contiene mucha más información y compensa el error de solo utilizar cuatro muestras.
- ☐ d) La DFT de esta señal contiene mucha más información, pues el espectro $X_2(k)$ tiene más muestras del espectro continuo de $x(n)$.
- ☐ e) Ninguna de las anteriores.

8. Calcule la convolución circular de las secuencias:

10 Pts

$$x_1(n) = \{1, 1, 2, 1\}$$

$$x_2(n) = \{4, 2, 2, 4\}$$

en el dominio del tiempo, y en el dominio de la frecuencia utilizando la DFT e IDFT

Problemas

Problema 1 Análisis de sistemas en tiempo discreto

24 Pts

Se desea diseñar un sistema LTI causal en tiempo discreto con la propiedad de que si la entrada es:

$$x(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(n) - \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} u(n-1)$$

entonces la salida es

$$y(n) = \left(\frac{1}{3}\right)^n u(n)$$

- 1.1. Determine la función de transferencia $H(z)$ del sistema que satisface las condiciones anteriores. **6 Pts**
- 1.2. Grafique el diagrama de polos y ceros. Además, indique la región de convergencia de $H(z)$. **2 Pts**
- 1.3. Indique si el sistema es estable o no. Justifique su respuesta. **1 Pt**
- 1.4. Determine la respuesta al impulso $h(n)$. **5 Pts**
- 1.5. Halle la ecuación de diferencias que caracteriza la salida del sistema. **4 Pts**
- 1.6. Dibuje el diagrama de bloques que implementa la ecuación de diferencias (Utilice Forma Directa II) . **3 Pts**
- 1.7. ¿Cuál sería la salida del sistema si la entrada es $x(n) = \delta(n-1)$? No puede utilizar ninguna transformación de dominios para determinar dicha respuesta . **3 Pts**

Problema 2 Diseño de Filtros Digitales

21 Pts

La función de transferencia $H(z)$ de un filtro digital tiene 3 polos y 3 ceros. Los ceros se encuentran todos en $z = 1$. Un polo se encuentra en $z = -1/2$ y otro en $z = e^{j\frac{2\pi}{3}}/2$.

- 2.1. Determine la posición del tercer polo asumiendo de la respuesta impulsional del sistema es real. **1 Pt**
- 2.2. Dibuje el diagrama de polos y ceros de la función de transferencia $H(z)$. **2 Pts**
- 2.3. Exprese la función de transferencia de la forma

$$H(z) = A \frac{(1 + a_1 z^{-1})(1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2})}{(1 + c_1 z^{-1})(1 + d_1 z^{-1} + d_2 z^{-2})}$$

Determine para ello los valores de los parámetros a_i , b_i , c_i y d_i .

4 Pts

- 2.4. Exprese $H(z)$ en sus fracciones parciales, con coeficientes reales en el denominador. **4 Pts**
- 2.5. Determine la ecuación de diferencias correspondiente al sistema. **2 Pts**
- 2.6. Dibuje el diagrama de bloques del sistema en la Forma Directa II (forma canónica). **2 Pts**

- 2.7. Dibuje el diagrama de bloques del sistema como la cascada de sistemas de menor orden. 2 Pts
- 2.8. Dibuje el diagrama de bloques del sistema como el paralelo de sistemas de menor orden (Ayuda: utilice la descomposición en fracciones parciales hecha anteriormente). 2 Pts
- 2.9. De la distribución de polos y ceros derive aproximadamente la forma de la respuesta en magnitud del filtro. 2 Pts