



**Ingeniería Mecatrónica**

# ***CONTROL EN TIEMPO DISCRETO***

**Dr. Enrique Reyes Archundia**

**Enero 2022**

**Instituto Tecnológico de Morelia**

# CONTENIDO

- **Fundamentos matemáticos de sistemas discretos**
- **Análisis de sistemas discretos en tiempo y frecuencia**
- **Filtros digitales**
- **Diseño de Controladores discretos**

# EVALUACIÓN

- **Fundamentos Matemáticos de SD**
  - Examen (60%), práctica (20%), evaluación continua (20%)
- **Análisis de sistemas discretos en T&F**
  - Exposición (60%), práctica (20%), evaluación continua (20%)
- **Filtros digitales**
  - Filtro (60%), práctica (20%), evaluación continua (20%)
- **Diseño de Controladores Discretos**
  - Controlador digital (100%)

# Fundamentos matemáticos de sistemas discretos

- Introducción a sistemas de control digital
- Ecuaciones de diferencias lineales
- Transformada Z
- Teorema de muestreo

# Análisis de sistemas discretos en tiempo y frecuencia

- Función de transferencia
- Métodos de aproximación (discretización de sistemas)
- Respuesta transitoria (primer y segundo orden)
- Técnicas de análisis de respuesta a la frecuencia para sistemas discretos (Bode y Nyquist)
- Análisis de estabilidad
- Representación de sistemas discretos en espacio de estados

# Filtros Digitales

- Introducción a los filtros digitales
- Diseño de Filtros FIR (Diseño con base en ventanas)
- Diseño de Filtros IIR (Diseño a partir de filtros continuos)

# Diseño de Controladores discretos

- Introducción a los Controladores digitales convencionales (P, PI, PID)
- Diseño y sintonización de controladores digitales convencionales
- Proyecto integrador



# Bibliografía

- Ogata K. Sistemas de control en tiempo discreto, Prentice Hall, última edición
- Jacquot, Raymond, Modern Digital Control Systems, T&F, second edition
- Franklin G.F., Powell J.D, Workman M.L. Digital control of dynamic systems, Addison-Wesley, última edición
- Kuo Benjamín. Sistemas de control digital, Prentice Hall, última edición



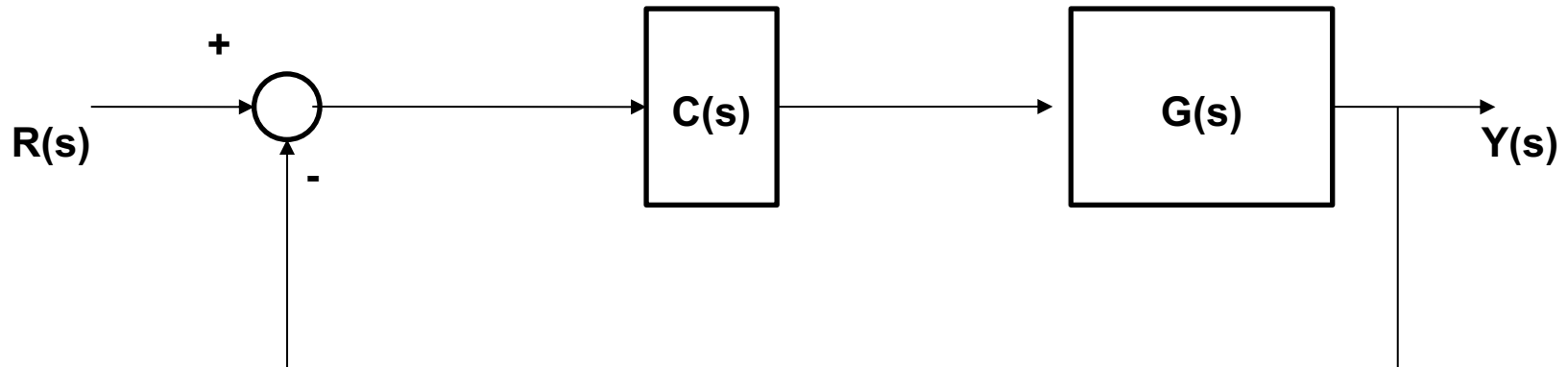
# Repaso de Sistemas Lineales

- Ecuaciones diferenciales
- Función de transferencia
- Transformada de Laplace
- Respuesta en el tiempo
- Respuesta a la frecuencia

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

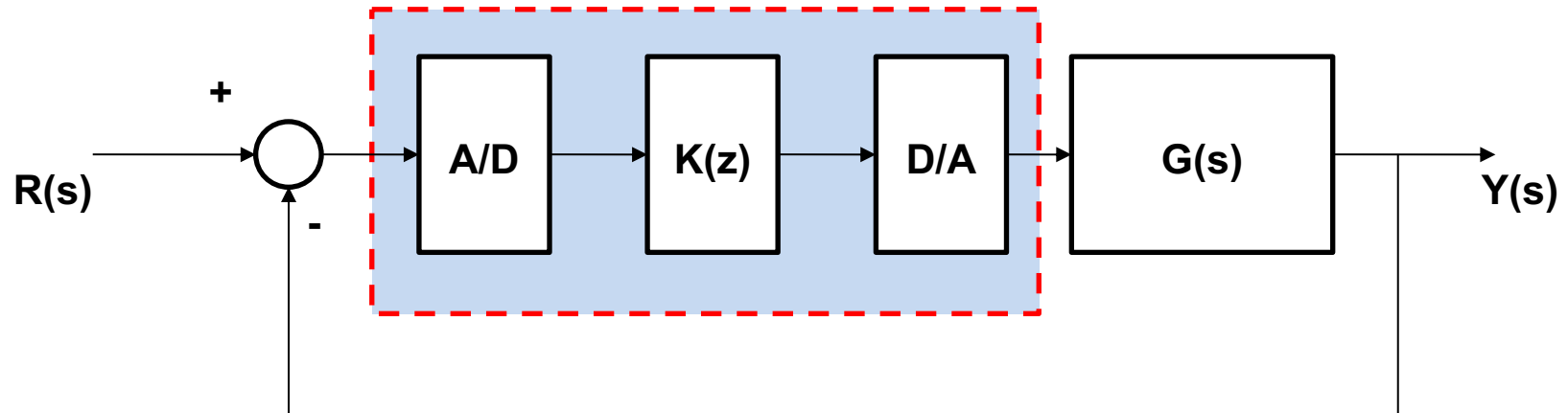
# Sistemas digitales

## ➤ Control analógico



# Sistemas digitales

## ➤ Control digital



# Ventajas y desventajas

## Ventajas de usar control digital:

- Es más fácil cambiar el esquema de control.
- Permite utilizar técnicas “modernas” de control.
- Permite el manejo de una gran cantidad de datos y señales.
- Menor sensibilidad al ruido.
- Menor consumo de energía.

## Desventajas de usar un control digital.

- Puede resultar más caro.
- Implica errores de redondeo. Limitado por tamaño de palabra.
- Normalmente requiere más conocimiento del diseño.
- Puede requerir de software especializado.
- Es más lento.

# Ecuación de diferencias

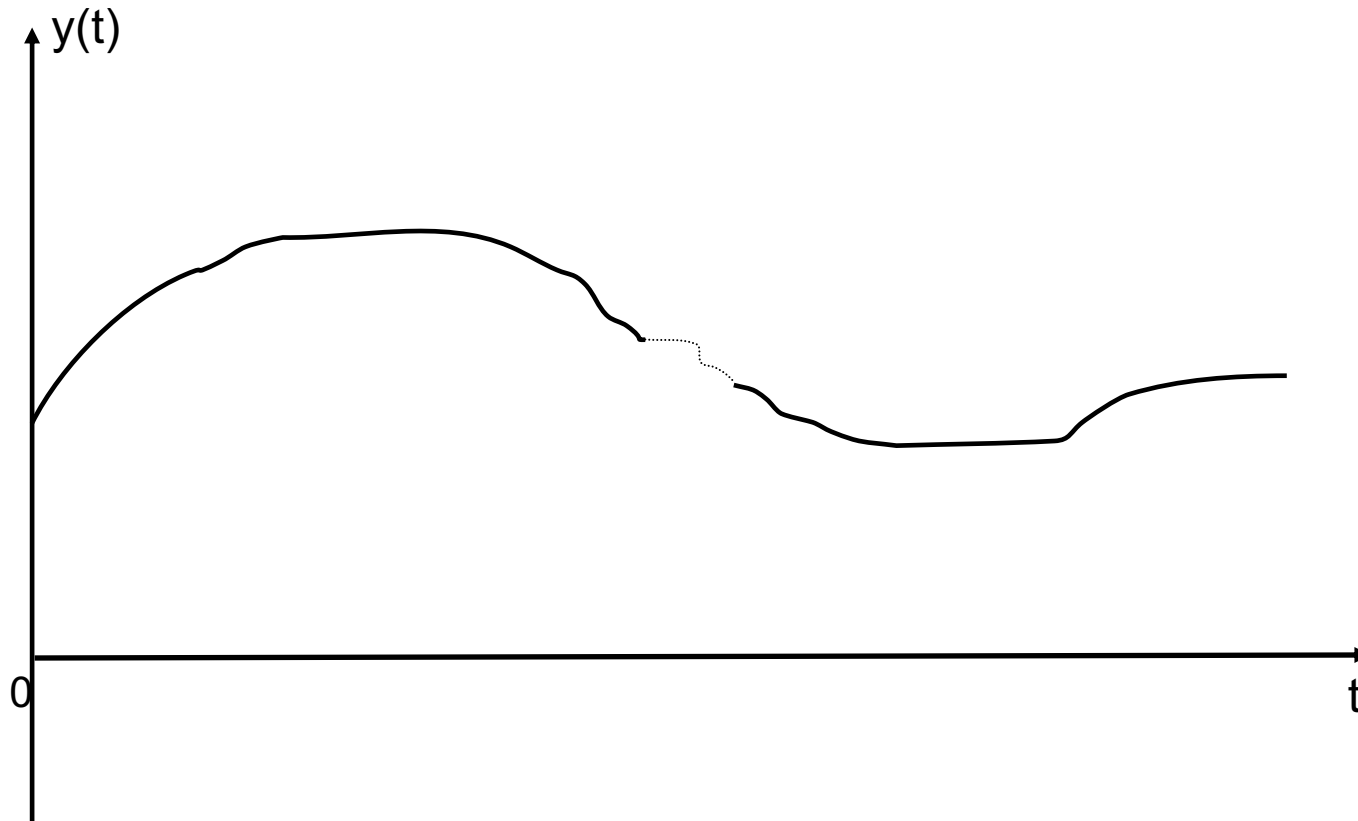
Son valores escalares asociados con un índice (k)

$$u(k) = f[y_k, y_{k-1}, \dots, y_{k-m}, u_{k-1}, u_{k-2}, \dots, u_{k-n}]$$

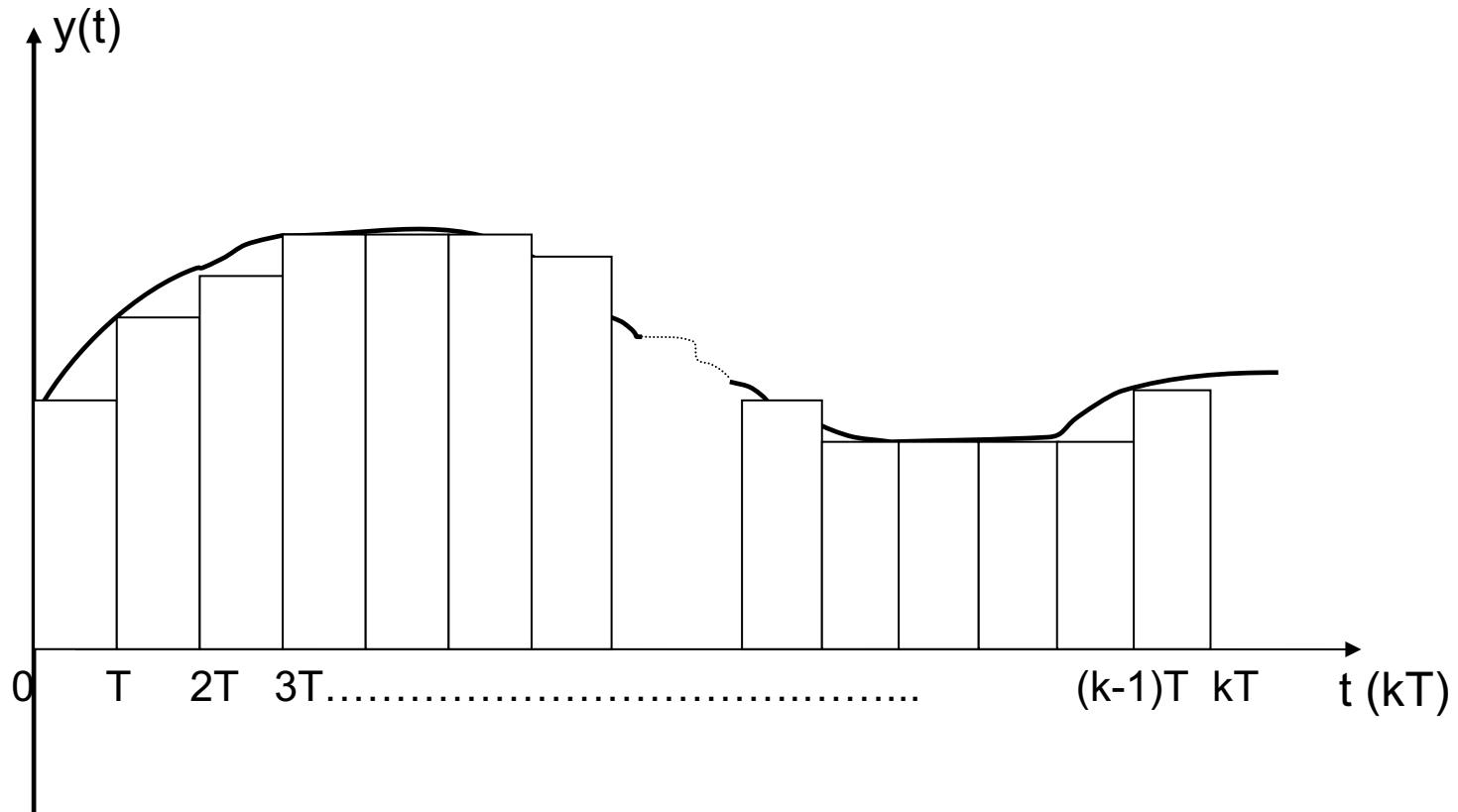
Ecuación de diferencias lineal de coeficientes constantes

$$u_k = \alpha_1 u_{k-1} + \dots + \alpha_n u_{k-n} + \beta_0 y_k + \beta_1 y_{k-1} + \dots + \beta_m y_{k-m}$$

# Aproximación de una integral



# Aproximación de una integral





# Aproximación de una integral

