

Alumno: Pedro Rojo - Sistemas de Control y Servicios

# Trabajo practico #2

Controladores analógicos y digitales. Circuitos combinacionales y secuenciales.

## Objetivos:

- Familiarizarse con los conceptos de controladores analógicos y digitales.
- Comprender el papel del amplificador operacional en el control de sistemas.
- Diseñar y simular circuitos electrónicos analógicos y digitales.
- Analizar el comportamiento de un controlador y su respuesta a diferentes entradas.

## Desarrollo:

1. Realizar un análisis de los diferentes tipos de controladores y su clasificación según su función.
2. Investigar y discutir sobre la historia y evolución de los controladores analógicos y su aplicación en sistemas antiguos.
3. Diseñar y simular un circuito electrónico analógico utilizando Proteus.
4. Realizar un análisis de las configuraciones básicas del amplificador operacional en el control de sistemas y su aplicación en un circuito electrónico.
5. Diseñar y simular un circuito electrónico digital utilizando Proteus.
6. Programar un controlador digital en Python o C++ y analizar su comportamiento y respuesta a diferentes entradas.
7. Realizar un análisis comparativo entre los controladores analógicos y digitales, discutiendo las ventajas y desventajas de cada uno.

## Conclusiones:

- Los controladores analógicos y digitales tienen diferentes ventajas y desventajas dependiendo de la aplicación específica.
- El amplificador operacional es una herramienta fundamental en el control de sistemas electrónicos.
- Los circuitos electrónicos analógicos y digitales son importantes en la automatización de procesos y sistemas de control.
- Los controladores digitales pueden ser programados utilizando lenguajes de programación como Python y C++
- La combinación de circuitos combinacionales y secuenciales permite un mayor grado de control y flexibilidad en la automatización y control de sistemas.

### Entrega del trabajo práctico:

- El trabajo práctico **será valorado** en la semana **del 10/04 al 14/04**
- Su **recuperatorio** constara de **una oportunidad hasta el 28/04**
- Se deben incluir las simulaciones de los circuitos diseñados.
- Se debe entregar el código programado en Python utilizado para analizar el controlador digital.
- Se pueden utilizar herramientas como Proteus, VSCODE Python y Colab.
- Se deberá incluir una bibliografía de las fuentes consultadas para la elaboración del trabajo práctico.
- Se valorará la originalidad, creatividad y profundidad del análisis realizado.

### Resolucion:

- 1) Realizar un análisis de los diferentes tipos de controladores y su clasificación según su función:

Un controlador es un componente esencial en un sistema de control que ajusta la señal de entrada en función de la señal de error, con el fin de mantener el sistema en un estado deseado. Los controladores se utilizan para mantener una variable de proceso (como la temperatura, la presión, el nivel o el caudal) en un valor deseado o en una trayectoria predefinida. Hay varios tipos de controladores, y se pueden clasificar según su función de la siguiente manera:

- A- Controladores ON-OFF: Estos controladores simplemente encienden o apagan el sistema según la señal de entrada. Son muy simples y se utilizan comúnmente en aplicaciones de calefacción y refrigeración.
- B- Controladores proporcionales (P): Estos controladores ajustan la salida del sistema en función de la diferencia entre la señal de entrada y la señal deseada. La salida es proporcional a esta diferencia y se utiliza comúnmente en aplicaciones como el control de temperatura en hornos o el control de la velocidad en motores.
- C- Controladores integrales (I): Estos controladores ajustan la salida en función de la integral de la diferencia entre la señal de entrada y la señal deseada. Se utilizan comúnmente en aplicaciones donde es importante minimizar los errores de estado estable, como el control de nivel en tanques.

- D- Controladores derivativos (D): Estos controladores ajustan la salida en función de la tasa de cambio de la diferencia entre la señal de entrada y la señal deseada. Se utilizan comúnmente en aplicaciones donde es importante minimizar la oscilación en la salida del sistema, como en el control de velocidad de motores eléctricos.
- E- Controladores PID: Los controladores PID combinan las tres funciones anteriores (proporcional, integral y derivativo) para proporcionar un control más preciso del sistema. El controlador PID se ajusta mediante un conjunto de parámetros que se ajustan para lograr una respuesta deseada.

En general, la selección del tipo de controlador depende de la aplicación específica y de las necesidades de control del sistema. Los controladores PID son los más utilizados en la industria debido a su alta precisión y flexibilidad, aunque en algunos casos se pueden utilizar otros tipos de controladores para satisfacer las necesidades específicas de la aplicación.

- 2 - Investigar y discutir sobre la historia y evolución de los controladores analógicos y su aplicación en sistemas antiguos.

Los controladores analógicos han sido una herramienta importante en la ingeniería desde hace mucho tiempo. En la era pre-digital, los sistemas analógicos eran la norma, y los controladores analógicos eran comunes en una amplia gama de aplicaciones, desde la automatización industrial hasta el control de procesos en la industria química.

El primer controlador analógico se desarrolló en la década de 1930. Estos controladores utilizaban componentes electrónicos simples como resistencias, condensadores y tubos de vacío para implementar circuitos de control. La mayoría de los controladores analógicos de la época se basaban en un principio de realimentación, en el que una señal de salida era medida y luego comparada con una señal de referencia para ajustar el sistema.

En la década de 1950, la introducción de transistores de estado sólido permitió la creación de controladores analógicos más pequeños, eficientes y precisos. Además, el desarrollo de circuitos integrados en la década de 1960 permitió la creación de controladores analógicos más complejos y precisos.

Los controladores analógicos han sido ampliamente utilizados en

sistemas antiguos, como los sistemas de control de temperatura en hornos y sistemas de control de velocidad en motores eléctricos.

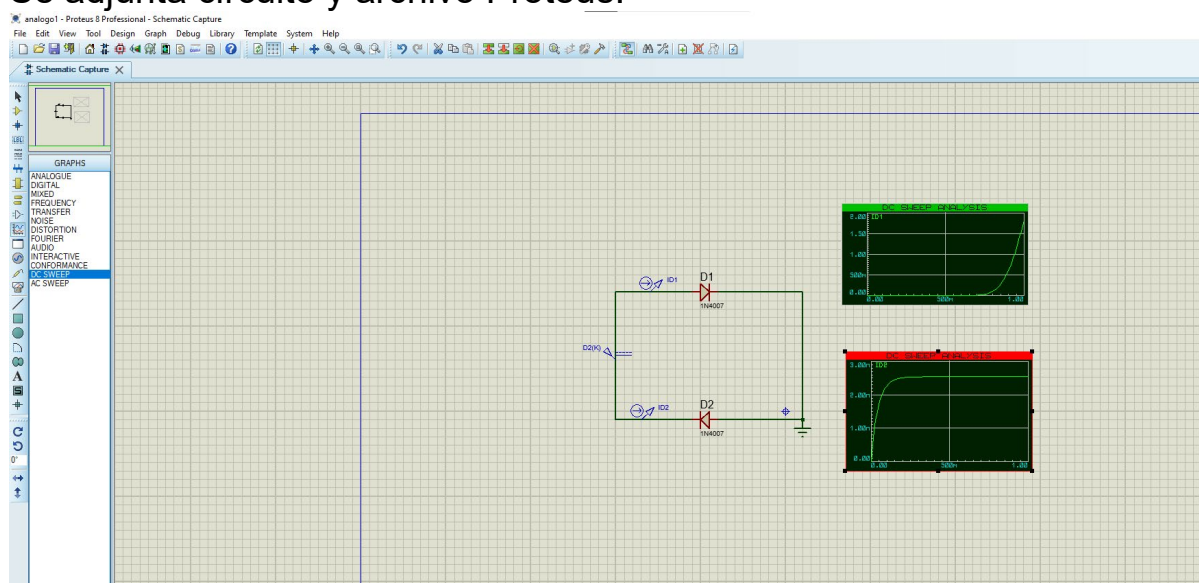
También se han utilizado en aplicaciones de audio, como los mezcladores de audio y los ecualizadores.

En la actualidad, los controladores analógicos han sido en gran medida reemplazados por los controladores digitales, que ofrecen una mayor precisión y una mayor flexibilidad en la programación. Sin embargo, los controladores analógicos todavía se utilizan en algunas aplicaciones especializadas en las que la simplicidad y la fiabilidad son más importantes que la precisión o la capacidad de programación.

### 3- Diseñar y simular un circuito electrónico analógico utilizando Proteus:

Para este punto, realice un circuito muy simple, utilizando solo dos diodos 1N4007 y una fuente DC. La idea es mostrar las curvas de los Diodos en base a su polarización.

Se adjunta circuito y archivo Proteus.



### 4- Realizar un análisis de las configuraciones básicas del amplificador operacional en el control de sistemas y su aplicación en un circuito electrónico:

Los amplificadores operacionales son dispositivos electrónicos que se utilizan comúnmente en sistemas de control para amplificar, filtrar y procesar señales analógicas. Hay varias configuraciones básicas de amplificadores operacionales que se utilizan en el control de sistemas, incluyendo:

- Amplificador inversor: Esta configuración utiliza un amplificador operacional con dos resistencias en configuración de realimentación. La entrada de señal se conecta a la resistencia de

entrada y la salida se toma en la resistencia de realimentación. Esta configuración se utiliza comúnmente en aplicaciones de amplificación y filtrado.

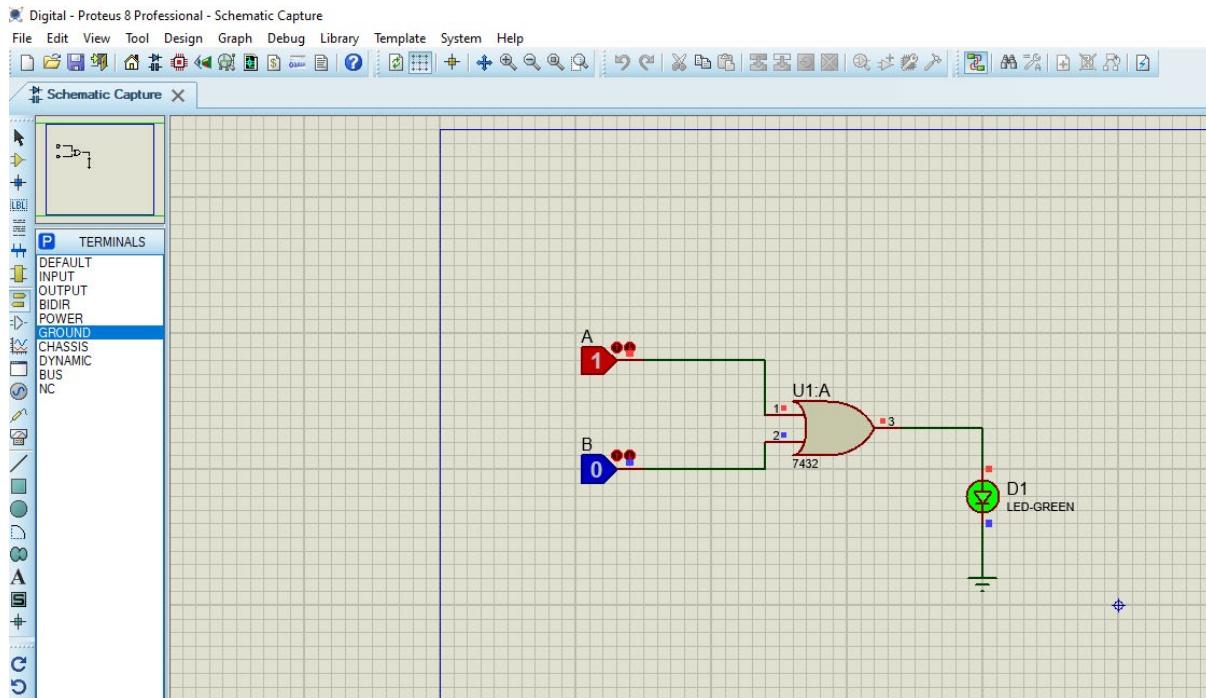
- Amplificador no inversor: Esta configuración utiliza un amplificador operacional con una resistencia de realimentación y una resistencia conectada a la entrada de señal. La señal de entrada se amplifica y se refleja en la salida. Esta configuración se utiliza comúnmente en aplicaciones de amplificación y en circuitos de control de ganancia.
- Amplificador sumador: Esta configuración utiliza un amplificador operacional con varias entradas y una resistencia de realimentación. Las entradas de señal se conectan a resistencias individuales y se suman en la resistencia de realimentación. Esta configuración se utiliza comúnmente en aplicaciones de sumas ponderadas y filtrado.
- Amplificador diferencial: Esta configuración utiliza dos entradas y una resistencia de realimentación. La señal de entrada se aplica a ambas entradas y la salida se toma en la resistencia de realimentación. Esta configuración se utiliza comúnmente en aplicaciones de amplificación y filtrado de señales diferenciales.

En cuanto a la aplicación en un circuito electrónico, por ejemplo, en un sistema de control de temperatura, se puede utilizar un amplificador operacional en configuración inversora para amplificar la señal de salida del sensor de temperatura y ajustar la ganancia del sistema. La señal amplificada se compara con una señal de referencia, y la diferencia entre las dos señales se utiliza para ajustar el controlador del sistema. De esta manera, el amplificador operacional se utiliza para procesar y amplificar señales analógicas en aplicaciones de control de sistemas.

5) Diseñar y simular un circuito electrónico digital utilizando Proteus:

Para este punto, diseñe en Proteus un circuito muy simple, que demuestra el uso de una compuerta OR, poniendo un LED verde a la salida para graficar el estado de la compuerta.

Se adjunta archivo de Proteus.



6) Programar un controlador digital en Python o C++ y analizar su comportamiento y respuesta a diferentes entradas.

Controlador PID en MicroPython, utilizando una placa de desarrollo:

```
import time
```

```
class PID:
```

```
    def __init__(self, kp, ki, kd):
```

```
        self.kp = kp
```

```
        self.ki = ki
```

```
        self.kd = kd
```

```
        self.last_error = 0
```

```
        self.integral = 0
```

```
        self.derivative = 0
```

```
    def update(self, setpoint, process_variable):
```

```
        error = setpoint - process_variable
```

```
        self.integral += error
```

```
        self.derivative = error - self.last_error
```

```
        self.last_error = error
```

```
        output = (self.kp * error) + (self.ki * self.integral) + (self.kd * self.derivative)
```

```
        return output
```

```
pid = PID(1, 0.1, 0.5)
```

```
setpoint = 50
```

```
process_variable = 0
```



```
while True:
    output = pid.update(setpoint, process_variable)
    process_variable += output

    print("Valor de Consigna: ", setpoint)
    print("Variable de proceso: ", process_variable)
    print("Salida: ", output)

    time.sleep(1)
```

En este ejemplo, se crea una clase PID que contiene las constantes de ajuste del controlador ( $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$ ) y los términos del error integral y derivativo. La función `update` toma como entrada el valor de consigna y la variable de proceso y devuelve la salida del controlador. En el bucle `while`, se llama a la función `update` para actualizar el valor de la variable de proceso y se imprime la salida del controlador.

Para analizar el comportamiento y la respuesta del controlador a diferentes entradas, se pueden modificar los valores de  $k_p$ ,  $k_i$  y  $k_d$  para ajustar la ganancia del controlador y se pueden cambiar los valores de `setpoint` y `process_variable` para simular diferentes condiciones de control. También se pueden utilizar herramientas de visualización de datos para representar gráficamente la respuesta del controlador a diferentes entradas.

7) Realizar un análisis comparativo entre los controladores analógicos y digitales, discutiendo las ventajas y desventajas de cada uno

Los controladores analógicos y digitales son dos tipos diferentes de sistemas de control que se utilizan para manejar y regular la entrada y salida de señales en procesos de control. A continuación, se presenta un análisis comparativo de ambos tipos de controladores:

- Controladores Analógicos: Los controladores analógicos son dispositivos electromecánicos que operan con señales analógicas, es decir, señales continuas que varían su intensidad de forma suave y gradual. Estos controladores se han utilizado durante muchos años en diversas aplicaciones, como en la industria automotriz, electrónica, aeroespacial, etc.
- Ventajas de los controladores analógicos:

Ofrecen una respuesta en tiempo real a los cambios en las señales de entrada.

Son capaces de controlar señales complejas con una gran precisión.

Son más fáciles de diseñar e implementar en comparación con los controladores digitales.

Pueden ser más económicos y requerir menos recursos de hardware y

software.

- Desventajas de los controladores analógicos:

Son susceptibles a errores y a interferencias externas, lo que puede generar inestabilidad en el sistema de control.

La precisión del controlador puede verse afectada por la variación de los componentes electrónicos.

La configuración y el ajuste de los controladores analógicos pueden ser más complicados y requerir más tiempo.

- Controladores Digitales: Los controladores digitales son dispositivos que operan con señales digitales, es decir, señales que cambian de forma discreta y abrupta, de acuerdo a un conjunto de valores específicos. Estos controladores han ganado popularidad en los últimos años debido a los avances en la tecnología digital.

- Ventajas de los controladores digitales:

Son más precisos y confiables que los controladores analógicos.

Son menos susceptibles a las interferencias externas.

Permiten el uso de técnicas de procesamiento de señales más avanzadas, lo que permite una mejor resolución y una mayor precisión.

Son más fáciles de configurar y ajustar.

- Desventajas de los controladores digitales:

Pueden tener una respuesta más lenta a los cambios en las señales de entrada en comparación con los controladores analógicos.

Requieren un mayor conocimiento técnico y recursos de hardware y software.

Pueden ser más costosos que los controladores analógicos.

En conclusión, los controladores analógicos y digitales tienen sus propias ventajas y desventajas, y la elección entre ellos depende del tipo de aplicación en la que se utilizan y de los requisitos específicos de cada sistema de control. Ambos tipos de controladores son importantes en diferentes contextos y su elección dependerá de las necesidades y requerimientos específicos de cada proyecto.

Bibliografía:

- Apuntes de la materia.