

Práctica 3 de laboratorio: implementación digital de controladores PID usando FREERTOS

22 de enero de 2025

1. Objetivo

En esta práctica vamos a realizar la implementación digital de controladores PID en un procesador ESP32, usando para ello el sistema operativo de tiempo real FREERTOS.

2. Preparación de los conceptos


Realice en orden los siguientes pasos preparatorios para entender como funciona el FREERTOS y como se hace un controlador digital. Estos pasos no serán evaluados, pero es importante hacerlos concienzudamente pues introducen gradualmente los conceptos básicos. Desarrolle los ejercicios propuestos en cada ítem.

2.1. Pasos pedagógicos de preparación


Ejercicios de FREERTOS y prueba de periféricos

- I – Desde VISUAL STUDIO CODE, buscar la extensión “PlatformIO” e instalarla sino la tiene instalada. Instale también la extensión *serial-plotter*.

En la última línea del archivo `platformio.ini` escriba el puerto de su computador con el cual se conecta la placa, por ejemplo COM4.

- II – Desde VISUAL STUDIO CODE, abra la carpeta **control_and_freertos/1-basic**. Abra el archivo `basic1.ino` y reviselo. Con la opción *upload* compile el programa (use ).

Ejercicio 1 *Cambie el valor del parámetro adecuado para que el led titile cada 2 segundos y cambie entre verde y azul.*

- III – Abra la carpeta **control_and_freertos/2-basic_ui**. Abra el archivo `basic_ui.ino` y reviselo. Con la opción *upload* compile el programa (use .

Ejercicio 2 *Cambie el valor del parámetro adecuado para que el led titile cada 250 milisegundos. Incluya las instrucciones para que al presionar simultáneamente los dos botones el led se ponga blanco cuando está activo.*

- IV – Abra la carpeta **control_and_freertos/3-basic_control**. Abra el archivo `basic_control.ino`, reviselo y compile.

Ejercicio 3 *Incluya las modificaciones para que el motor se prenda durante 2 segundos en sentido de las manecillas del reloj y el led se ponga en verde al oprimir BOTONUN. Asimismo, que el motor prenda durante dos segundos en sentido contrario a las manecillas con el BOTONFLORDELAVIDA mientras el led se pone en blanco. En ambos casos, el motor queda apagado pasados los dos segundos. Use para esto la función `vTaskDelay(milisegundos)`*

- V – Abra la carpeta **control_and_freertos/4-encoder**. Abra el archivo `encoder_motor.ino`, reviselo y compile. Presione `shift + ctrl + P` y escriba `serial plotter` para abrir la extensión. Active el puerto apropiado del ESP32 con 115200 baudios.

Ejercicio 4 *Gire tanto el motor como la perilla y verifique que los encoder respectivos están funcionando correctamente moviendo ángulos exactos y verificando en el gráfico.*

- VI – Abra la carpeta **control_and_freertos/5-encoder_and_voltage**. Abra el archivo `encoder_and_voltage.ino`, reviselo y compile. Abra el serial-plotter

Ejercicio 5 *Verifique el comportamiento del sistema ante diferentes tensiones aplicadas desde la perilla de control. Use el serial-plotter para esta verificación.*

Algoritmos de control proporcional para el motor DC

En este par de ejercicios vamos a ver la estructura base de un algoritmo de control usando el caso más simple: el de un controlador proporcional tanto para el ángulo, como para la posición.

- VII – Abra la carpeta `control_and_freertos/6-proportional_angle_control`. Revise el programa y compile.

Ejercicio 6

- *Mueva la perilla y oprima los botones. Verifique el funcionamiento del programa. Verifique también usando el serial plotter.*
- *Modifique el código para que al presionar el **BotonUn** el motor gire 45 grados. A su vez, que el boton **FlorDeLaVida** haga la secuencia contraria.*
- *Cambie la ganancia a 0.25. ¿Coincide con lo obtenido en prácticas anteriores?*

- VIII – Abra la carpeta `7-proportional_speed_angle_control`. Revise el programa y compile.

Ejercicio 7 *Verifique el funcionamiento del programa. Cambie el funcionamiento del controlador de control de posición a control de velocidad y verifique usando el serial-plotter.*

3. Asignación para evaluación

Esta es la parte evaluable de este laboratorio. Cada grupo de trabajo le presenta los resultados al profesor y entrega un pequeño informe que incluya el código, las respuestas a las preguntas y algunas conclusiones importantes.

3.1. Controlador PID de ángulo

Programe un controlador PID para el ángulo del motor DC del laboratorio, de acuerdo con el documento de implementación anexo a esta práctica. Puede usar como punto de partida controlador proporcional implementado en `6-proportional_angle_control`.

En el código del controlador deben haber dos variables que permiten definir la frecuencia natural ω_n y la constante de amortiguamiento ζ para calcular las constantes del PID. Con los resultados de la práctica 2 (sin realizar nuevos experimentos), defina valores numéricos apropiados en el código para ω_n y ζ de manera que se ajuste un controlador PID lo más rápido posible y con sobrepico aproximado de 5 %. Use el modelo del motor en baja velocidad que ya había obtenido en la última práctica.

Deje los botones y el encoder para cambiar la referencia. Puede usar el led para visualizar la acción integral. Ajuste apropiadamente la zona muerta.

Preguntas

1. ¿Cuál es la diferencia en la respuesta del sistema que se puede apreciar al cambiar el valor del parámetro β ?
2. Programe el sistema para que haga cambios en la referencia de ángulo de 720 grados con los botones. Pruebe la respuesta del sistema a cambios de referencia en estos valores. Elimine el control *antiwindup* haciendo `br=0` en el código y verifique lo que ocurre. Explique para que sirve el control *antiwindup*.
3. Consulte otro método de control antiwindup (por ejemplo *clamping*) y prográmelo en su código y compare.

Reto de bonificación - para el que quiera

Haga un algoritmo de autosintonía en el propio procesador de manera que el usuario especifique en una variable el sobrepico deseado y el algoritmo sintonice el controlador PID de respuesta más rápida posible, con un mínimo número de pruebas. Las pruebas que hace el procesador se pueden hacer variando la referencia en cambios de 45° .