



| | | | |
|--|---|---------|------------|
|  Institución Universitaria Centro de Laboratorios | GUÍA DE LABORATORIO ACCIONAMIENTOS Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA – APR93 | Código | FGL 029 |
| | | Versión | 02 |
| | | Fecha | 2019-06-04 |

1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

| | |
|--|---|
| Nombre de la guía: | Implementación de una plataforma HIL utilizando generación automática de código por medio de la herramienta SimCoder de PSIM. |
| Código de la guía (No.): | 001 |
| Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s): | Laboratorio de circuitos y electrónica |
| Tiempo de trabajo práctico estimado: | 6 horas |
| Asignatura(s) aplicable(s): | APR93 |
| Programa(s) Académico(s) / Facultad(es): | Ingeniería Mecatrónica/ Facultad de Ingenierías |

| COMPETENCIAS | CONTENIDO TEMÁTICO | INDICADOR DE LOGRO |
|--|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica la herramienta de SimCoder de PSIM para la generación automática de códigos. 2. Genera códigos a partir de un modelo discreto de un convertidor de potencia. 3. Programa los códigos generados en una DSP. 4. Implementa un convertidor mediante una plataforma HIL. 5. Valida los resultados. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Modelación de sistemas discretos en PSIM. 2. uso de la herramienta SimCoder de PSIM. 3. Programación de la DSP F28335 a partir de un código generado en PSIM. 4. Diseño de controladores discretos en PSIM | <p>Con el desarrollo del contenido temático propuesto, el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce los componentes principales de la herramienta SimCoder de PSIM. 2. Realiza el modelo discreto de un convertidor de potencia y genera el código C del modelo. 3. Programa la DSP F28335 a partir del código generado en PSIM. 4. Desarrolla un HIL usando una DSP para el modelo y otra para el controlador. |

| | | | |
|--|---|---------|------------|
|  Institución Universitaria Centro de Laboratorios | GUÍA DE LABORATORIO ACCIONAMIENTOS Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA – APR93 | Código | FGL 029 |
| | | Versión | 02 |
| | | Fecha | 2019-06-04 |

2. FUNDAMENTO TEORICO.

La teoría básica para el diseño del convertidor de potencia se encuentra en los capítulos 2, 3 y 5 del libro *Fundamentals of power electronics* [1] . Para el uso de la herramienta de *SimCoder* de PSIM se encuentra el manual de dicha herramienta llamado *SimCoder User Manual* [2] y como ayuda al estudiante para la implementación de la plataforma HIL se desarrollo un manual llamado: *Manual para la implementación de una plataforma HIL utilizando generación automática de código por medio de la herramienta simcoder de psim y aplicada a convertidores de potencia* [3]

3. OBJETIVO(S)

- a) Aprender sobre la herramienta SimCoder de PSIM para la generación automática de código.
- b) Modelar un convertidor de potencia en PSIM, generar el código C del modelo y programarlo en un DSPF28335.
- c) Diseñar un control PI discreto para el convertidor seleccionado, simularlo y generar el código en PSIM para ser programado en un DSPF28335.
- d) Realizar experimentación HIL interconectando la DSP que contiene programado el modelo, con la DSP con la que contiene la programación del controlador.
- e) Realizar perturbaciones y ver su comportamiento.

4. RECURSOS REQUERIDOS

- a) 2 tarjetas DSP F28335 de Texas Instrument.
- b) Resistencias de diferentes valores.
- c) Condensadores cerámicos de diferentes valores.
- d) Cable tipo jumpers.
- e) Protoboard.
- f) Osciloscopio MDO 3024.
- g) Multímetro.

5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

Para desarrollar una plataforma de *Hardware in the loop (HIL)* aplicado a un convertidor de potencia y utilizando la herramienta *SimCoder* de PSIM se deben seguir los siguientes pasos:

1. Diseñar y simular el convertidor de potencia incluyendo las pérdidas si así se requiere. Apoyarse en los capítulos 2,3 y 5 del libro *Fundamentals of power electronics* [1]
2. Obtener el modelo matemático no lineal del convertidor de potencia. Apoyarse en los capítulos 2,3 y 5 del libro *Fundamentals of power electronics* [1]

3. A partir del modelo matemático realizar el modelo discreto en diagrama de bloques en PSIM, usando elementos de la librería compatibles con *SimCoder*. En la página 15 del manual se encuentra un ejemplo para realizar este paso. [3, p. 15]

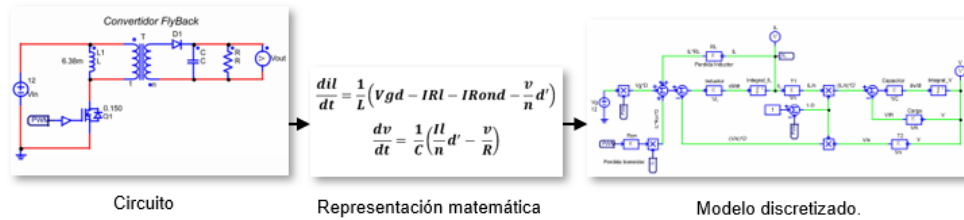


Figura 1. Ejemplo de sistema discretizado en diagrama de bloques.

4. Comparar la simulación del circuito del convertidor de potencia con la simulación del modelo discreto y ajustar la frecuencia de muestreo para dejarlo lo más similar posible al circuito simulado. El resultado esperado se muestra en la siguiente figura:

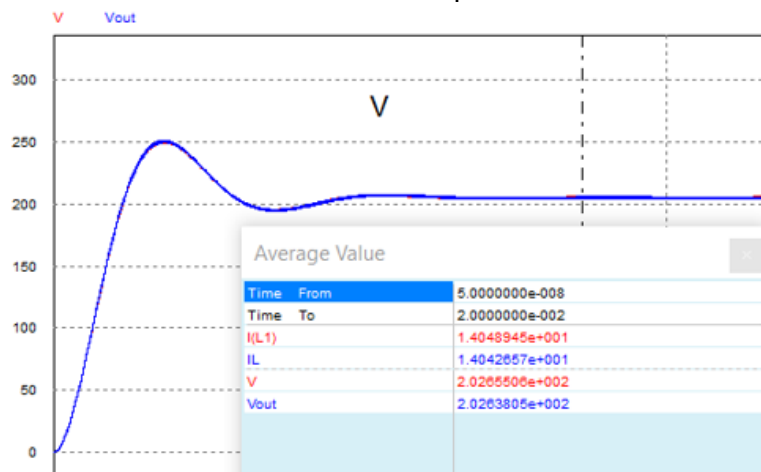


Figura 2. Resultado esperado entre simulación del circuito (azul) y simulación del modelo discreto (rojo)

5. Escalar la salida de voltaje del capacitor o de corriente del inductor de acuerdo con la variable que se quiera controlar.
6. Tomar la señal escalizada y usar un conversor digital análogo PWM utilizando un comparador, un módulo de salidas digitales de *SimCoder* y un filtro pasa bajos RC.

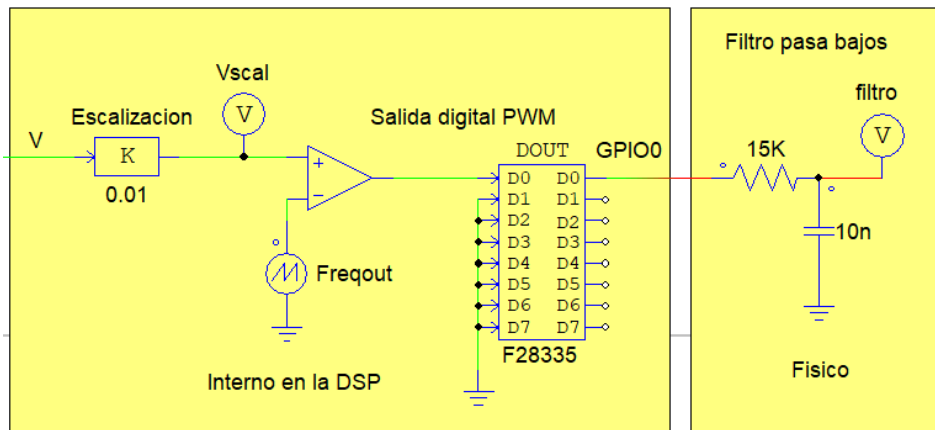


Figura 3. Salida de voltaje PWM y Filtro pasa bajos.

7. Generar el código en PSIM usando un PWM incluido en el modelo, compilar y programar en la DSP en *code composer studio*. Para generar el código se puede referir a la página 24 del manual [3, p. 24] o ver el tutorial que se encuentra en PSIM llamado “Auto Code Generation for F2833X Target” [4].
8. Implementar el filtro pasa bajos RC físico y conectarlo a la salida del DSP para verificar la señal de voltaje promedio entregada con el multímetro y el osciloscopio, comparar esta señal con los resultados de la simulación.

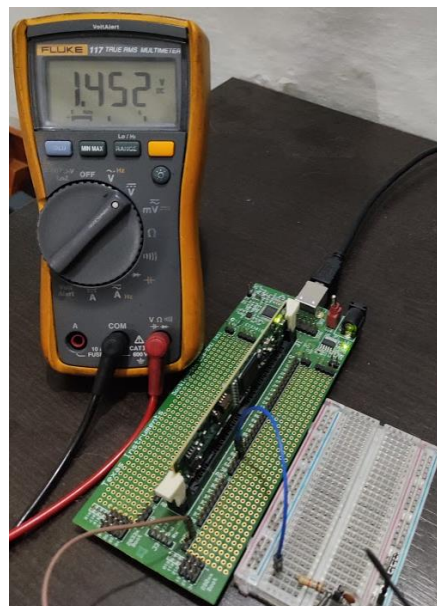


Figura 4. Salida de voltaje con PWM interno.

9. Incluir en el modelo discreto un módulo de entradas digitales de *SimCoder* después del generador PWM, de esta manera el PWM será una entrada digital a la DSP. Ver página 40 del manual. [3, p. 40]

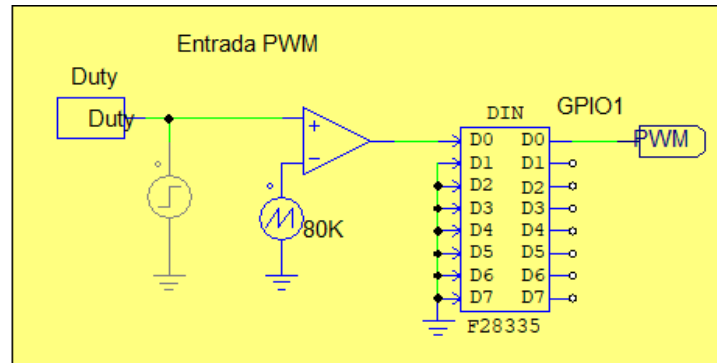


Figura 5. Configuración entrada PWM.

10. Simular, generar código y programar en otra DSP un generador PWM con Duty configurable y la frecuencia de diseño. Se puede ver la página 41 del manual [3, p. 41] o ver la sección 6.4 del manual de *SimCoder*. [2, p. 34]
11. Realizar simulación HIL en lazo abierto interconectando la DSP que contiene el modelo con la DSP que genera la salida PWM.

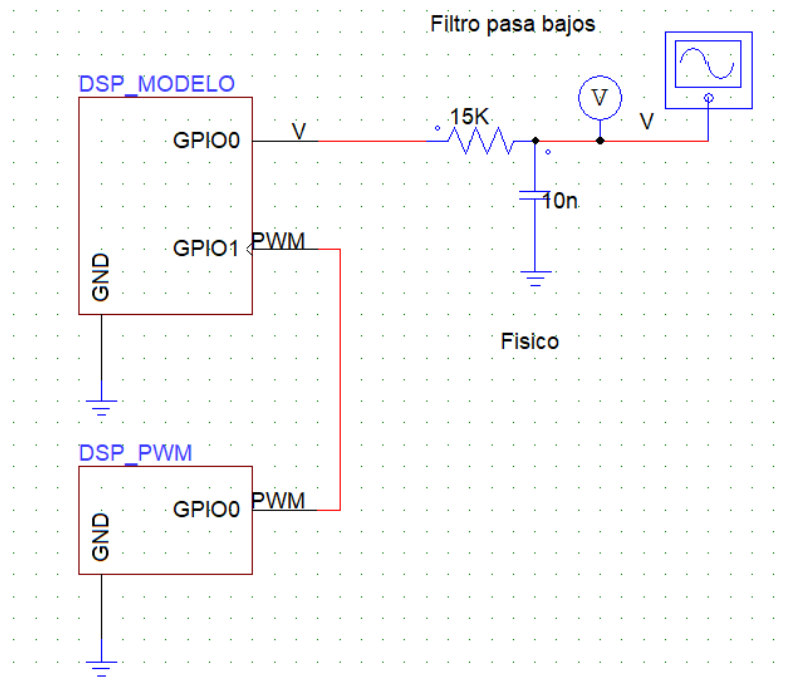


Figura 6. Diagrama de conexión en lazo abierto.

12. Diseñar un controlador PI discreto para el convertidor de potencia, se puede obtener la función de transferencia a partir de la linealización del sistema en Matlab y utilizar herramientas como PIDTOOL para diseñar el controlador.
13. Incluir elementos de hardware en el controlador, simular, generar código y programar en la DSP. En la página 50 del manual [3, p. 50], se encuentra el ejemplo para realizar este paso, también se pueden ver los tutoriales que incorpora PSIM.

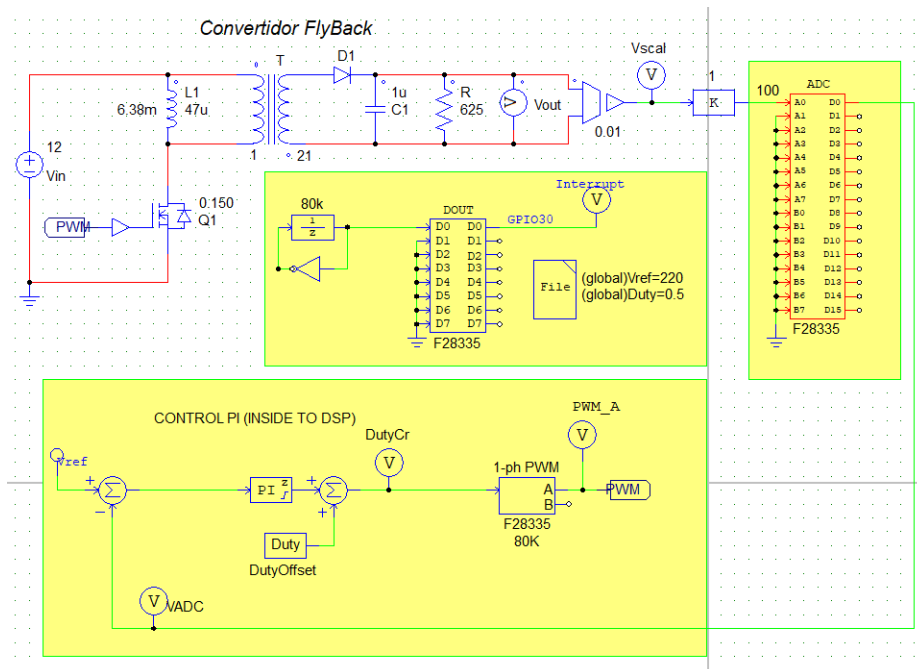


Figura 7. Diagrama de control PI con elementos de hardware para programación en DSP F28335.

14. Realizar simulación HIL en lazo cerrado interconectando la DSP que contiene el modelo con la DSP que contiene el controlador, realizar perturbaciones en la planta (V_g , R), cambiar "set-point" en el controlador y comparar resultados.

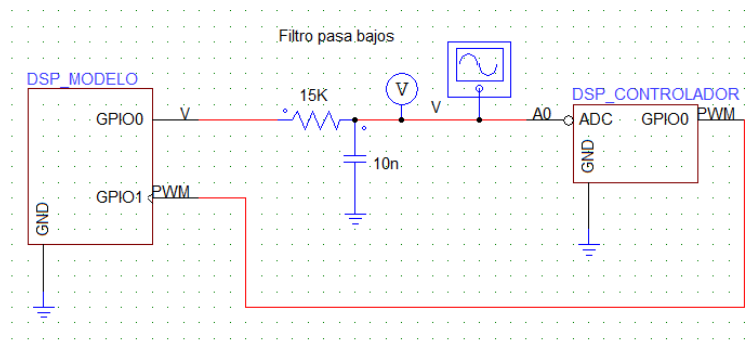


Figura 8. Diagrama de conexión en lazo cerrado

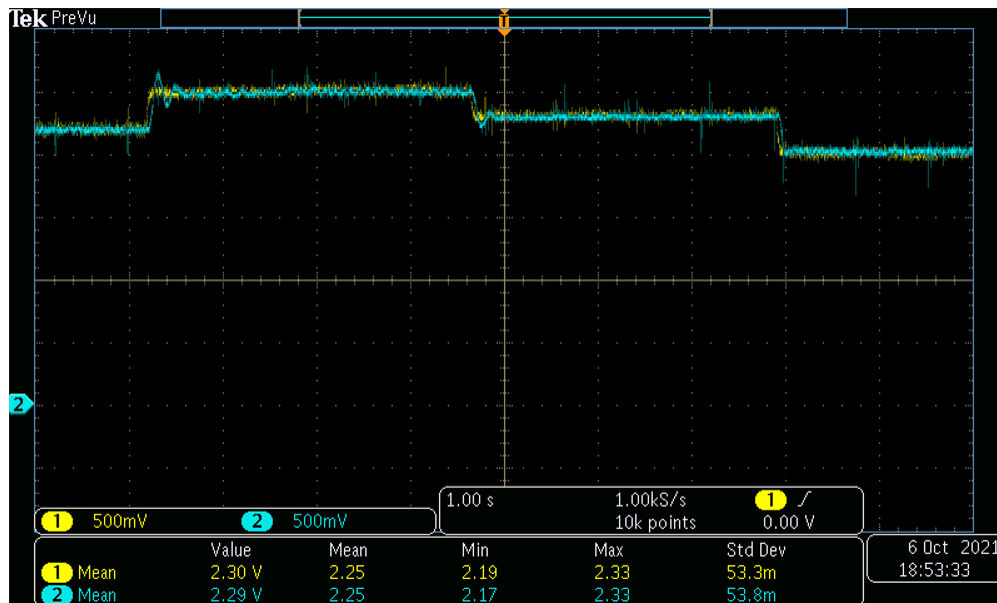


Figura 9. Lectura del voltaje de salida promedio en osciloscopio digital.

Es muy importante seguir paso a paso los anteriores puntos y validar cada uno antes de seguir con el siguiente.

PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

Para el desarrollo del informe es necesario evidenciar el desarrollo del procedimiento presentado en la sección previa, responder el cuestionario e incluir lo demás requerido en la sección 5.2


5.1 Cuestionario.

- ¿Porque es necesario discretizar el sistema y el controlador?
- Comparar la eficiencia obtenida en simulación con la obtenida en la implementación de la plataforma HIL.
- ¿Qué otros elementos se podrían usar para implementar una plataforma HIL?

5.2 Informe.

El informe debe incluir:

- Portada con los nombres de los integrantes del grupo (Máximo 3 personas), el número y título de la práctica.
- Resumen de la práctica realizada (Máximo 300 palabras).
- Proceso de diseño del convertidor.
- Imagen del convertidor implementado
- Desarrollo de las subsecciones 5.1 y 5.2 de la guía.
- Cuestionario resuelto.
- Tres (3) conclusiones obtenidas a partir del desarrollo de la práctica.
- Bibliografía.

| | | | |
|--|---|---------|------------|
|  Institución Universitaria Centro de Laboratorios | GUÍA DE LABORATORIO ACCIONAMIENTOS Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA – APR93 | Código | FGL 029 |
| | | Versión | 02 |
| | | Fecha | 2019-06-04 |

El informe se debe entregar vía correo electrónico hasta las 12 de la noche de la fecha de entrega acordada. Se debe realizar en Word o cualquier otro editor de texto. No se aceptan informes realizados a mano. La bibliografía debe estar en formato APA.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. & M. Erickson, Fundamentals of power electronics 2nd ed., New York: Klumer Academic Publishers., 2004.
- [2] Powersim Inc, "SimCoder User's Guide.," Mayo 2020. [Online]. Available: www.powersimtech.com.
- [3] D. R. Restrepo y M. A. Morales Higueta , Manual para la implementación de una plataforma HIL utilizando generación automática de código, Medellín: ITM, 2022.
- [4] Powersim Inc, Auto Code Generation for F2833X Target, Power Sim, 2017.

| | |
|-----------------------|--|
| Elaborado por: | Daniel Rios Restrepo, Maria Alejandra Morales |
| Revisado por: | Elkin E. Bravo. |
| Versión: | 1.0 |
| Fecha: | 23 febrero del 2022 |