



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i3.4484>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyecto de mantenimiento de temperatura de agua

Design of a Pseudo-Random Binary Sequence (PRBS) for the identification of a heat transfer control system for the water temperature maintenance project

Projecto de uma Sequência Binária Pseudo-Aleatória (PRBS) para a identificação de um sistema de controlo de transferência de calor para o projecto de manutenção da temperatura da água

Fabián Celso Gunsha-Maji^I
fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5637-1052>

Ángel José Quevedo Ríos^{II}
angel.quevedo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2304-018X>

Edgar Fabián Sánchez-Carrión^{III}
esanchez_c@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8027-2799>

Elvis Enrique-Argüello^{IV}
e_arguello@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5083-1011>

Correspondencia: fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 20 de mayo de 2025 ***Aceptado:** 25 de junio de 2025 *** Publicado:** 31 de julio de 2025

- I. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), EC060155, Ecuador.
- II. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), EC060155, Ecuador.
- III. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), EC060155, Ecuador.
- IV. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), EC060155, Ecuador.

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyecto de mantenimiento de temperatura de agua

Resumen

Este artículo propone la metodología para la selección de los parámetros de una Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (PRBS) que permita la identificar el modelo dinámico de un sistema de transferencia de calor en una ducha eléctrica. El sistema bajo estudio fue instrumentado para obtener datos de voltaje y de temperatura del agua mediante un programa desarrollado en LabView que permitió determinar el orden, la amplitud y la frecuencia de conmutación de la señal PBRS que permitirá identificar el sistema de manera precisa.

Palabras clave: PBRS; Identificación de Sistemas; Control de temperatura; modelo dinámico.

Abstract

This article proposes a methodology for selecting the parameters of a Pseudo-Random Binary Sequence (PRBS) to identify the dynamic model of a heat transfer system in an electric shower. The system under study was instrumented to obtain voltage and water temperature data using a program developed in LabView. This program determined the order, amplitude, and switching frequency of the PBRS signal, allowing for accurate system identification.

Keywords: PBRS; System Identification; Temperature Control; Dynamic Model.

Resumo

Este artigo propõe uma metodologia para selecionar os parâmetros de uma Sequência Binária Pseudo-Aleatória (SBAA) para identificar o modelo dinâmico de um sistema de transferência de calor num chuveiro elétrico. O sistema em estudo foi instrumentado para obter dados de tensão e temperatura da água através de um programa desenvolvido em LabView. Este programa determinou a ordem, a amplitude e a frequência de comutação do sinal PBRS, permitindo a identificação precisa do sistema.

Palavras-chave: PBRS; Identificação do Sistema; Controlo de Temperatura; Modelo Dinâmico.

Introducción

Los sistemas de transferencia de calor requieren modelos dinámicos precisos para garantizar el control del sistema [1]. La identificación de sistemas mediante una señal PBRS se destaca por la capacidad de excitar todas las frecuencias relevantes del sistema [2], y comportarse como un ruido blanco en un ancho de banda definido permitiendo una excitación rica y persistente de las dinámicas del sistema que permite determinar un modelo matemático del sistema más fiable y completo

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyecto de mantenimiento de temperatura de agua contribuyendo al desarrollo de estrategias de control más robustas. El diagrama de bloques de funcionamiento del sistema se muestra en la figura 1, donde se muestra los distintos elementos que integran el sistema.

El artículo está organizado en las siguientes secciones: Propiedades de las señales PRBS, Criterios de Diseño de la señal, análisis de datos experimentales, selección de parámetros de la señal y finalmente se establecen los resultados del trabajo de la señal PRBS en un rango 0.066 Hz - 0.5Hz con un orden $n=6$, concluyendo que en futuras investigaciones se pretende desarrollar modelos de orden superior y perturbaciones en el caudal.

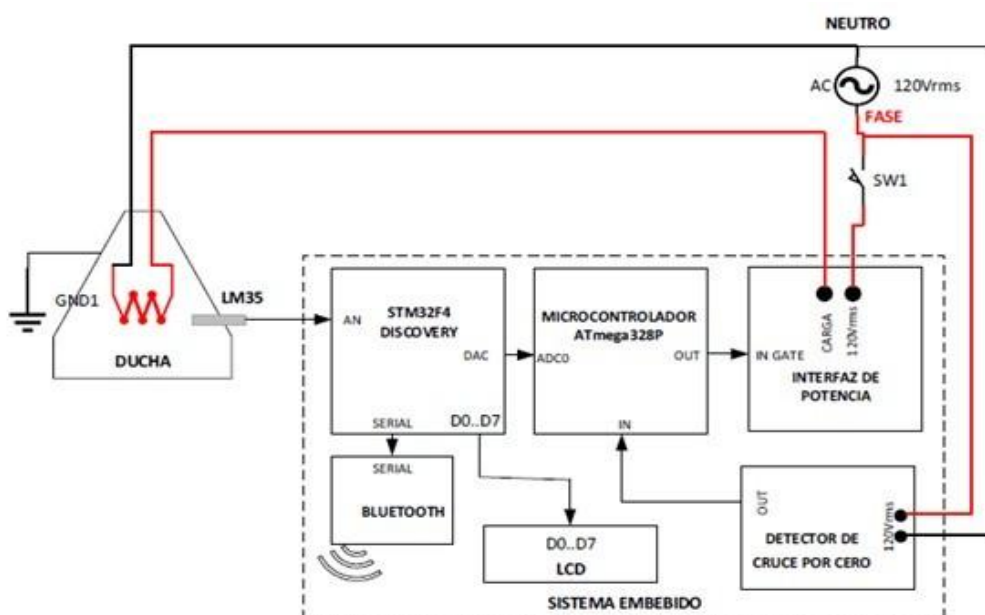


Figura 1: Diagrama de bloques de funcionamiento

Propiedades de las señales PRBS

Las PRBS son señales binarias periódicas con autocorrelación similar al ruido blanco [3]

$$R_{xx}(\tau) = \begin{cases} \sigma^2 & \text{si } \tau = 0 \\ -\frac{\sigma^2}{N} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (1)$$

$$N = 2^n - 1 \quad (2)$$

Dónde la longitud de la secuencia para un orden es n y σ^2 es la varianza de la señal.

Criterios de Diseño para señal PRBS

Orden (n): Debe satisfacer

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyecto de mantenimiento de temperatura de agua

$$N \geq \frac{5\tau}{T_s} \quad (3)$$

donde τ es la constante de tiempo del sistema y T_s es el tiempo de muestreo [4].

Amplitud: Debe ser del 5-10% del valor nominal para evitar no linealidades [5].

Frecuencia de conmutación: Debe cumplir [6].

$$f_{PBRS} \geq 5 * f_B \quad (4)$$

$$f_B = \frac{1}{2\pi \tau} \quad (5)$$

1. Análisis de datos Experimentales

La figura 2 muestra los resultados de los datos de voltaje y temperatura obtenidas a través de LabView.

Donde:

Entrada: Escalón de 0V a 111.2V.

Salida: Respuesta térmica con $\tau=12s$

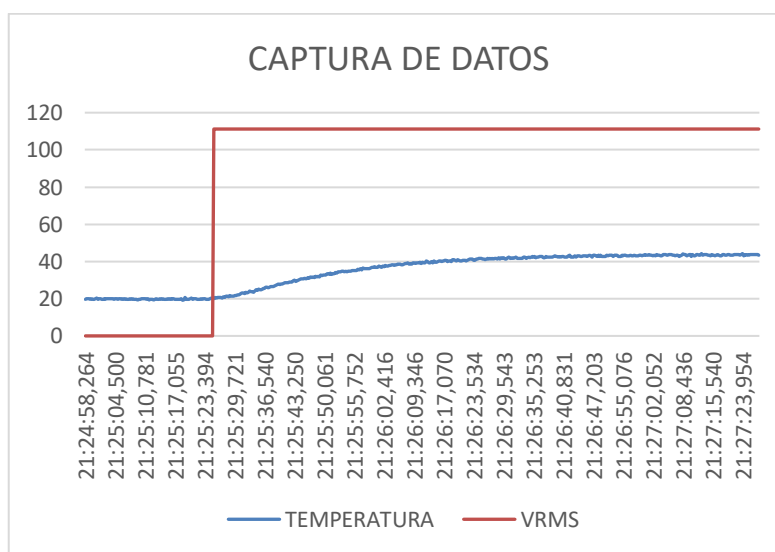


Figura 2: Respuesta escalón del sistema

Selección de parámetros PRBS

Para el establecimiento de los parámetros de la señal PBRS que se muestra en la figura 3 se consideraron las Ecuaciones 2,3, 4, 5.

Orden: Para $\tau=12s$ y $T_s=1s$, se selecciona $n=6$ porque $N=63$ aplicando ecuaciones 2 y 3.

Frecuencia: $f_B=0.01326Hz$ y $f_{PBRS}= 0.066 Hz$ se elige para mayor robustez $f_{PBRS}= 0.5 Hz$

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyecto de mantenimiento de temperatura de agua

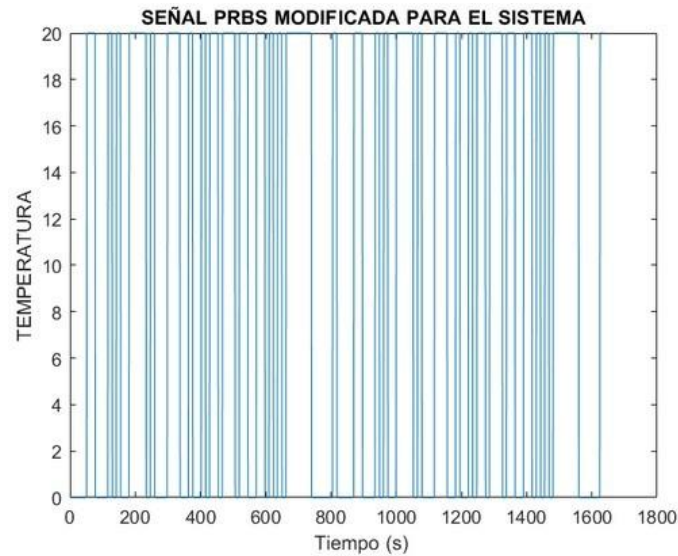


Figura 3: Señal PRBS

Resultados

La señal PRBS generada excita el sistema en el rango de frecuencia críticas (0.066 Hz - 0.5Hz) que se muestra en la figura 4, con una RMSE=0.3 grados centígrados entre el modelo y los datos reales.

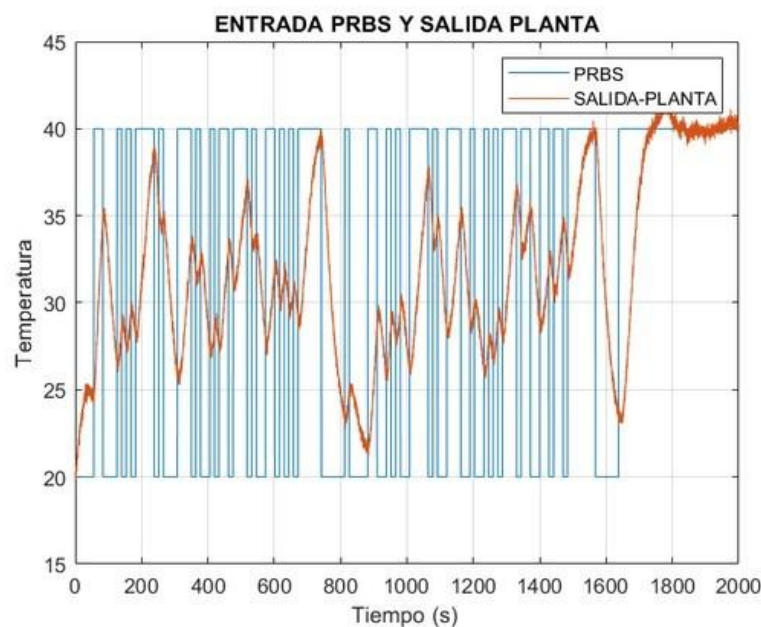


Figura 4: Señal de Salida de la planta a una entrada PRBS

Diseño de una secuencia binaria Pseudoaleatoria (PRBS) para la identificación de un sistema de control de transferencia de calor para el proyector de mantenimiento de temperatura de agua

Conclusión

La señal propuesta con $n=6$ y $f=0.5$ Hz permite identificar la dinámica del sistema y ver el comportamiento del sistema. Para futuras investigaciones se pretende desarrollar modelos de orden superior y perturbaciones en el caudal.

Referencias

1. K. J. Åström y T. Hägglund, "Advanced PID Control". ISA, 2006.
2. L. Ljung, "System Identification: Theory for the User". Prentice Hall, 1999.
3. K. Godfrey, "Perturbation Signals for System Identification". Springer, 1993.
4. R. Isermann, "Identification of Dynamic Systems". Springer, 2011
5. T. Söderström y P. Stoica, "System Identification". Prentice Hall, 1989.
6. J. Schoukens y R. Pintelon, "Identification of Linear Systems". Pergamon, 1991.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|