

# Proyecto final: Sistema de préstamo digital de equipos en el laboratorio de ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional de Colombia

Julián F. Molina; Jonathan A. Lozano  
{jufmolinagr, jalozano,} @unal.edu.co

**Resumen—** En el siguiente documento se expondrá la formulación del proyecto final del Laboratorio de Electrónica Digital I, sus bloques funcionales y comentarios sobre sus problemas de diseño y soluciones encontradas.

reportar fallas. La problemática se genera porque generalmente hay sólo uno o dos laboratoristas que se encargan de este proceso. Además, la forma con la que se lleva actualmente el proceso genera un alto gasto de papel para los formatos. Por último encontramos una falta de control respecto a quien usa cada banco de trabajo.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del Laboratorio de Electrónica Digital I se estudió el funcionamiento de distintos circuitos digitales que permiten el manejo, almacenamiento y comunicación de información.

El desarrollo de este proyecto permitió que entendiéramos el proceso de diseño e implementación de un sistema digital en todas sus partes, desarrollo de código, pruebas e identificación de errores, depuración y montaje final.

En el presente documento se presenta el planteamiento de un proyecto que permite la aplicación de estos circuitos (como son registros de desplazamiento, divisores de frecuencia, máquinas de estados y decodificadores) para la resolución de un problema de la vida real, la demora en el préstamo de equipos del laboratorio DIEE de la Universidad Nacional.

## II. ANTECEDENTES

Actualmente en el Laboratorio DIEE existe un proceso de creación de una plataforma virtual para el préstamo de equipos de laboratorio que está terminando su completa implementación ([1]).

Además existe el antecedente de dos proyectos de grado de la Universidad Pedagógica Nacional ([2]) y la Universidad Libre de Colombia ([3]) donde se explora y consolida la creación de plataformas virtuales de reserva y préstamo de equipos de laboratorio.

## III. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se ha encontrado una alta congestión de estudiantes al momento del préstamo de equipos en el Laboratorio DIEE. Esto limita el tiempo que estos tienen para revisar equipos y

## IV. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La motivación de este proyecto está basada en la necesidad de un proceso de préstamo más eficiente en el laboratorio DIEE, que responda a las necesidades de los estudiantes y sea amigable con la salud mental y tranquilidad de los laboratoristas que se ven atareados cuando se presenta la congestión antes descrita.

## V. OBJETIVOS

### V-A. *Objetivo general*

Implementar un sistema de préstamo digital que permita aumentar la eficiencia en el proceso de préstamo de equipos en el laboratorio del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia (lab DIEE).

### V-B. *Objetivos específicos*

- Entender el proceso de planteamiento del proyecto de un sistema digital.
- Implementar un modulo Bluetooth que sea capaz de realizar una comunicación de una vía entre un bloque emisor y un bloque receptor.
- Implementar una interfaz amigable con el estudiante que muestre los equipos solicitados y el momento en el que estos estén listos.

## VI. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

La solución al problema que se planteó se puede observar en la figura 1, este sistema consiste en dos bloques principales,

uno que está del lado del estudiante, en el cuál este ingresa datos como documento, equipos a solicitar, una autorización del profesor que coordina la materia, y se le muestra una confirmación del documento y los equipos solicitados. Del lado del laboratorista se le mostraran los equipos solicitados, para que sean reunidos y luego entregados al estudiante.

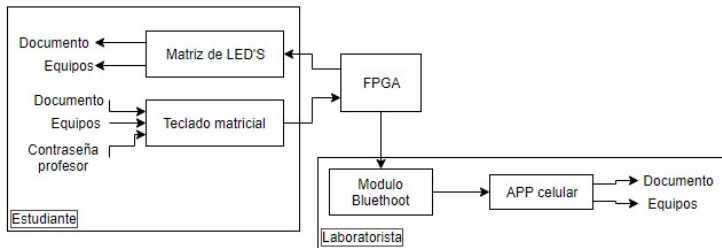


Figura 1. Diagrama de bloques del proyecto

De los tres periféricos a utilizar en el proyecto, matriz de LED's con SPI, módulo bluetooth UART y teclado matricial, se completaron los siguientes avances:

- Para el módulo de 4 matrices de LED's se desarrolló un código funcional que permite la comunicación con el protocolo SPI, entre la FPGA y el chip MAX7219 que controla las matrices.  
Para esto se realizaron algunas modificaciones a la primera versión del código (adjudicación de un contador y un divisor con un periodo de duración de 0.25 s) de tal forma que se mostrara un mensaje dinámico, con movimiento, con el fin de tener una interacción más amena con el usuario. Por otro lado, al utilizar una matriz con cuatro módulos de 8x8 fue necesario modificar la comunicación SPI; dado que un solo módulo de 8x8 trabaja con 16 bits, para manejar los cuatro módulos es necesario enviar 64 bits de tal forma que cada 16 bits corresponden a la información que recibe cada módulo para funcionar. De esta forma queda una comunicación que se puede apreciar en la sección de simulaciones (ver figura 2), teniendo un primer periférico completamente funcional. Para la interconexión entre los bloques funcionales, se definió que la forma en que la matriz lee la información es accediendo a memoria, tanto ROM como RAM, estas memorias fueron desarrolladas en un package del código. El acceso dependerá de las entradas a la matriz, seleccionando tanto el tipo de memoria al que se quiere acceder como el mensaje que se quiere imprimir.
- Para el módulo bluetooth se escogió usar el módulo HC-05 y se construyó una primera versión de código basada en recursos en línea y un código desarrollado por uno de los grupos de laboratorio. Este código genera una señal de reloj que marca en que momento se envían los datos necesarios hacia el módulo bluetooth y crea la señal de los datos a enviar, estos son una cadena de 8 bits, con un bit de inicio y un bit de parada. Después de solucionar los problemas de interconexión entre los bloques del módulo,

la segunda versión del código ha sido simulada y se muestra que el módulo funciona correctamente y entrega la señal necesaria para la transmisión de datos de la FPGA hacia una terminal instalada en un celular (ver figura 6). Finalmente se implementó un módulo bluetooth que funciona independientemente.

- Durante la adaptación del teclado matricial y después de haber analizado diferentes versiones de códigos realizados por compañeros del grupo, se decidió desarrollar uno propio. Para esto se partió de la lógica de captación de los eventos en el teclado desarrollada por los otros grupos, logrando tener un segundo módulo funcional. Posteriormente, se estructuró una lógica que permitiera almacenar la información en una memoria de tipo RAM desde el bloque decoder (ver figura 5), la cual debía ser leída desde la matriz de LED's una vez se le enviara la información correspondiente desde la maquina de estados que funciona como control del sistema general.  
Para realizar la simulación se escogieron algunos eventos aleatorios que permitieran evidenciar los cambios en la maquina de estados que controla a este componente. El resultado se observa en la figura 4, evidenciándose los diferentes cambios en la señal de salida a medida que se simulan las pulsaciones realizadas por un usuario. Es importante resaltar que se estableció un número máximo de información que puede ser almacenada en RAM correspondiente a cuatro números digitados por el usuario, después de este valor no se seguirán almacenando valores en memoria.
- La integración de los bloques funcionales se puede observar en la figura 9. Al probar la unión de los bloques funcionales se han venido presentando algunos inconvenientes relacionados principalmente a la captación de los eventos en el teclado, por fallas técnicas en el periférico, impidiendo un correcto control sobre lo que muestra la matriz. Ya que la simulación depende de lo que ingrese el usuario y los tiempos de procesamiento resulta un poco complicada de realizar, sin embargo en la figura 8 se observa la simulación de un evento en particular que es cuando el usuario da el aval para la lectura en memoria RAM y el envío de datos a través del módulo bluetooth, en el cual se sigue trabajando.

Las simulaciones y esquemas RTL de los periféricos funcionales se presentan a continuación:

- Matriz de LED's 8x8 x4 Modulos:

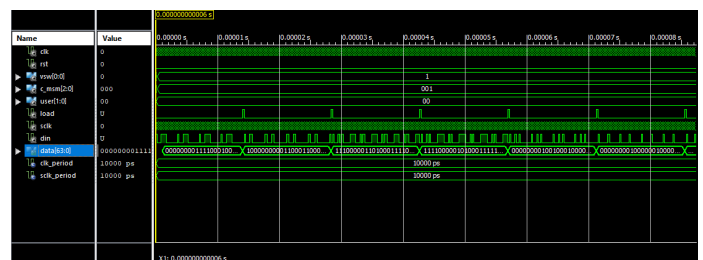


Figura 2. Simulación matriz de LED's de 4 módulos 8x8

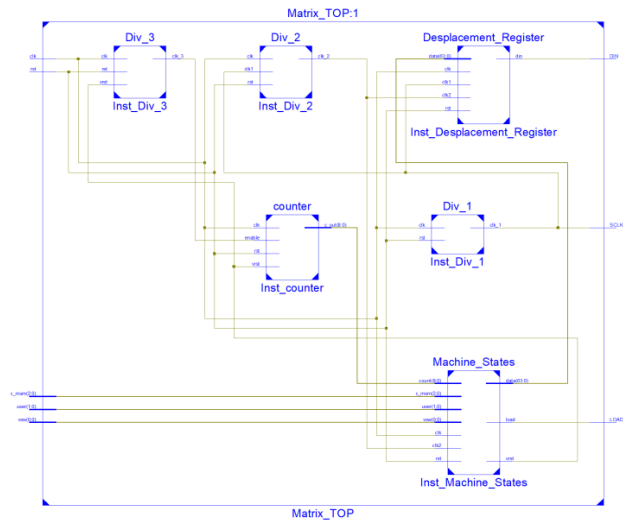


Figura 3. RTL matriz de LED's de 4 módulos 8x8

#### ■ Teclado matricial:

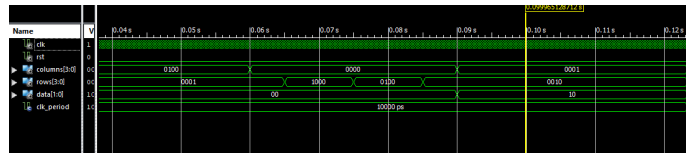


Figura 4. Simulación del teclado matricial

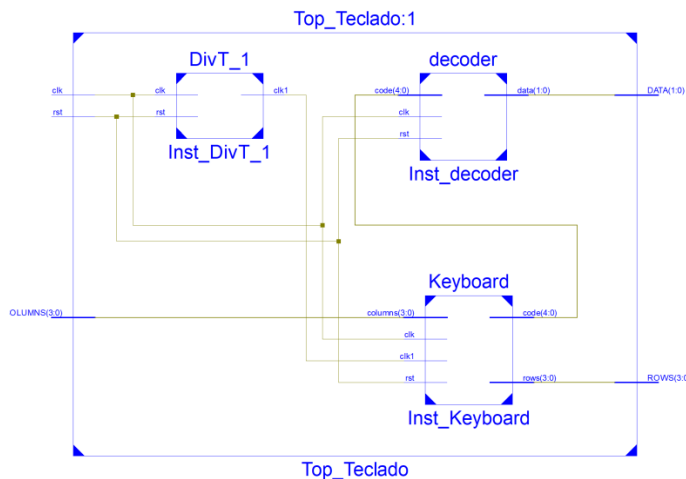


Figura 5. RTL del teclado matricial

#### ■ Modulo bluetooth

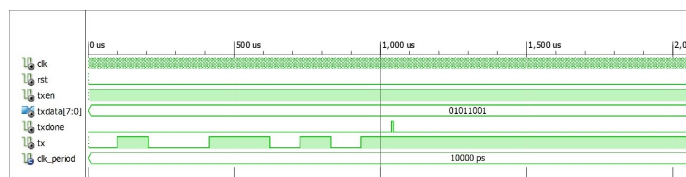


Figura 6. Simulación modulo bluetooth

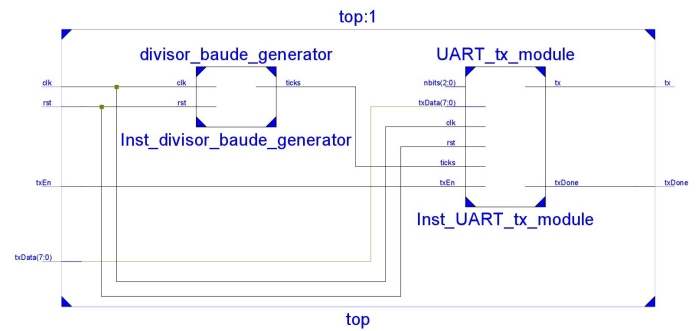


Figura 7. RTL modulo bluetooth

#### ■ Maquina de control del sistema:

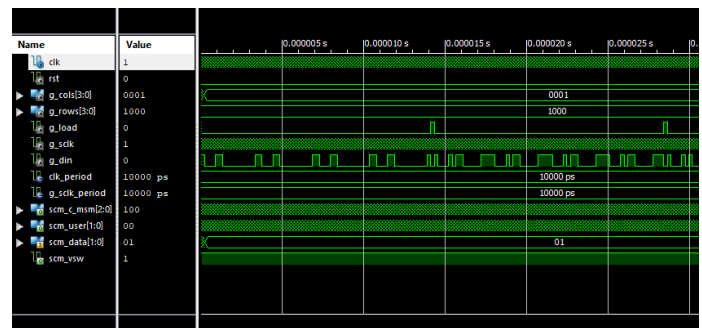


Figura 8. Simulación de la maquina de control del sistema SCM

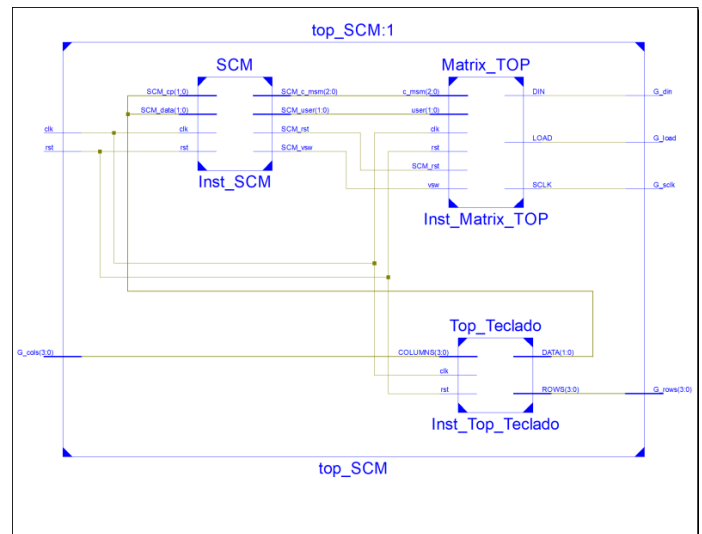


Figura 9. RTL de la maquina de control del sistema SCM

## VII. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para llevar a termino este proyecto, se empezó con la implementación de la matriz de LED's 8x8, presentado en la primera exposición de periféricos, dónde se hizo una primera aproximación con un solo modulo y un mensaje estático. Este código después se completó con 4 módulos 8x8 con un mensaje móvil.

Mientras se completaba la matriz de LED's se inició la implementación del modulo bluetooth, estudiando ejemplos en recursos en línea y códigos desarrollados por otros grupos de laboratorio. Este código aún se está depurando dadas algunas fallas presentadas en la sección de descripción.

El modulo más sencillo de implementar fue el teclado matricial, basado en códigos desarrollados por otros grupos de laboratorio, pero implementado desde cero.

Para la etapa de conexión entre los 3 módulos, se empezó con la unión entre la matriz y el teclado, (ya que el modulo bluetooth no está funcional aún), se han tenido problemas entre los datos ingresados por teclado y los datos recibidos por la matriz.

Se espera que estos problemas puedan ser identificados y resueltos, y terminar completamente la implementación de este proyecto. En resumen, este proyecto continuará.

### VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se realizó el ajuste respectivo del cronograma dado el contexto general del desarrollo del semestre:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES		
Semana	Actividades	Avance
21 - 25 de Enero	Reconocimiento de los dispositivos trabajados por los otros grupos del laboratorio y que serán implementados en el prototipo propuesto	100%
28 de Enero - 1 de Febrero	Desarrollo y simulación de códigos y acoplamiento entre bloques	85%
11 - 15 de Febrero	Verificación de códigos desarrollados: pruebas, depuraciones, sincronización, otros.	80%
18 - 22 de Febrero	Montaje prototipo, ajustes finales. Presentación resultado final 20 de Febrero.	60%

Figura 10. Cronograma de actividades ajustado

### IX. DISCUSIÓN

A lo largo de este informe ya se han descrito los avances y problemas encontrados durante el desarrollo del proyecto. Se ha visto que la implementación de cada bloque funcional del proyecto es relativamente sencilla y desarrollable por separado; fue posible implementar completamente dos de los tres módulos necesarios de forma independiente siendo uno de los mayores retos la conexión entre estos dos módulos.

Hemos encontrado que el problema de conexión radica en la pericia que se tenga para recibir, almacenar y transmitir la información entre los bloques. Se han presentado dificultades en la recepción de los datos con el teclado y su transmisión a memoria para que la matriz los proyecte. Sabemos que este problema está relacionado con la memoria usada para guardarlos y como cada módulo accede a ella, además de presentarse un problema a nivel de hardware dada la fragilidad del teclado matricial.

Sobre el modulo bluetooth, se logró completar un bloque completamente funcional. Falta aún la unión de este modulo con los otros dos bloques del proyecto, se deberá hacer una codificación entre los datos ingresados por teclado para que sean enviados en cadenas de 8 bits y puedan ser leídos por una aplicación en smartphone.

Se espera que estos problemas se puedan identificar y resolver antes de la terminación del semestre y se presente un proyecto completamente funcional al profesor encargado de la parte teórica de la materia Electrónica Digital I.

### X. CONCLUSIONES

- Se avanzó en el entendimiento del lenguaje de programación digital VHDL, para el desarrollo y estructurado de códigos que permitan el control, almacenamiento y comunicación de información con dispositivo periféricos mediante diferentes protocolos de comunicación como el SPI.
- Se completó la implementación de un módulo bluetooth que permite el envío de cadenas de 8 bits entre la FPGA y una aplicación en smartphone.
- A pesar de que la matriz de LED's no es el medio visual con mayor resolución, se logró la impresión de un mensaje móvil y dinámico, que dura el tiempo suficiente para la lectura por parte del estudiante.
- Se desarrollaron códigos funcionales para los tres periféricos propuestos como parte del proyecto, aún está pendiente la conexión completa entre estos 3 bloques.

### REFERENCIAS

- [1] Página de Google SITE del laboratorio DICE. [En línea]. Último acceso 30/01/2019. Disponible en: <https://sites.google.com/view/laboratorio-dice/inicio>
- [2] J. E. Rodríguez, "Sistema de información para el préstamo de elementos del laboratorio de electrónica", Proyecto de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia, 2016. [En línea]. Último acceso 30/01/2019 Disponible en: <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1979/TE-19015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] C. A. Guevara, J. A. Martínez, "Sistema de información para los laboratorios de ingeniería S.I.L.I.", Tesis de grado, Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Último acceso 30/01/2019 Disponible en: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8816/DOCUMENTO\\_FINAL.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8816/DOCUMENTO_FINAL.pdf?sequence=1)