

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
FACULTAD DE INGENIERIA
Departamento de Electrónica y Automática



**Universidad Nacional
de San Juan**

Trabajo Final
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
PUERTO USB 2.0 DE ALTA VELOCIDAD PARA
FPGA A TRAVÉS DE UN PUENTE ESPECÍFICO
Informe

Edwin Barragán
Autor

Ing. Cristian Sisterna

Mg. Martín Pérez
Asesores

Dr. Marcelo Segura

Agradecimientos

Acá le agradezco a todos los miembros de la prestigiosa y gloriosa Comisión de Trabajo Final por sus incontables aportes a la causa. Si pongo punto y meto enter no se vé en el documento. Si escribo barra barra hago un salto de linea pero no cambio de párrafo.

Si doy doble enter, coloca sangría, pero no hace el salto de línea para el párrafo.

Este último sí que es un párrafo decente!

Índice general

1. Introducción	3
1.1. Motivación	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Particulares	4
1.3. Estructura del Informe	5
2. USB 2.0	6
2.1. Introducción	6
2.2. Host USB	6
2.3. Dispositivos USB	7
2.3.1. Distribuidor USB	7
2.3.2. Funciones	8
2.4. Interconexion USB	8
2.4.1. Topología USB	8
2.4.2. Flujo de datos	9

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

En el mes de Noviembre de 1994, un comité conformado por seis de los más grandes fabricantes de computadoras emitieron los primeros lineamientos de un protocolo de comunicación de arquitectura abierta que permitiese la Comunicación entre dispositivos de diferentes vendedores.

Sobre finales del mes de Abril del 2000, Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC y Philips lanzaron las especificaciones del *Universal Serial Bus 2.0*, ampliamente conocido como USB 2.0 con los objetivos específicos de ser una forma de comunicar teléfonos y computadoras personales, fácil de usar, de puerto expansible y que tenga la velocidad suficiente para operar los dispositivos disponibles hasta ese año y que bastó durante mucho tiempo después.

El peso de mercado que tuvieron estas compañías, e incluso algunas aún tienen, hizo que esta norma sea ampliamente aceptada y con el paso de los años se transformó en una forma de comunicación estándar de cualquier producto electrónico de consumo masivo que requiriese interacción con una PC.

La evolución de la computadora personal, así como el desarrollo de lenguajes de programación más simples, desde el punto de vista del desarrollador; software y hardware cada vez más potente, la han posicionado como la herramienta fundamental en cualquier área. Hoy por hoy, es posible encontrar sistemas tan diversos y específicos como uno desee, desde programas que realizan operaciones de cálculo muy básicas hasta sistemas operativos completos dedicados al control de redes de sensores y datos sumamente complejos.

En este sentido, las posibilidades son casi infinitas, y se encuentran en el mercado miles de herramientas de diseño personalizado en cualquier área, ya sea gráfica, audiovisual, mecánica, inmobiliaria, médica, de infraestructura y un sinnúmero de etcéteras.

De esto no han quedado exenta la industria electrónica y actualmente es posible obtener programas que permiten calcular componentes, dibujar circuitos impresos, compilar códigos para memorias, controladores y/o procesadores e incluso permiten diseñar circuitos integrados. También es fácil hallar software que realiza adquisición de señales, gráfica de variables en tiempo

real, o no; simulación de sistemas, entre una gama muy amplia que hacen de la informática en general y de la computadora en particular, un equipo indispensable para cualquier desarrollo.

A su vez, el avance tecnológico que ha logrado la industria del semiconductor sobre el desarrollo de circuitos integrados cada vez más potentes, rápidos y eficientes ha logrado que lleguen a manos de cualquier persona, con ánimos de trabajar, circuitos integrados programables de bajo costo que permiten avanzar sobre el desarrollo de sistemas a la medida de cualquier cliente que esté disponible. En este sentido, es posible adquirir micro-controladores (μC), dispositivos lógicos programables (PLD's), arreglos de compuertas lógicas (GAL's), arreglos de compuertas programables en campo (FPGA's), entre otros dispositivos, a bajo costo y que posibilita el desarrollo sistemas de baja o alta complejidad a precios competitivos y tiempos de entrega acordes.

Uno de los más interesantes y desarrollados de estos sistemas programables disponibles en el mercado es, sin dudas, el FPGA, dado que brinda la flexibilidad necesaria al desarrollador de diseñar, implementar, probar y depurar sistema digitales de alta velocidad y/o elevada complejidad a medida. Sin embargo, este tipo de chips son relativamente caros, si se los compara con cualquier otro tipo de circuito programable, y se torna de suma importancia aprovechar al máximo su capacidad.

Debido a la versatilidad del FPGA y su creciente adopción es de suma utilidad realizar una comunicación fluida del sistema en desarrollo con un PC a través de un puerto USB. El presente informe da cuenta de lo realizado por el autor de este trabajo por lograr esta tarea.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es realizar una correcta comunicación de datos entre un sistema basado en FPGA y una computadora personal a través de un puerto USB.

1.2.2. Objetivos Particulares

Para la concreción del Objetivo General descripto anteriormente, se procedió a lograr los siguientes objetivos específicos.

- Adaptación del framework provisto por Cypress Semiconductors para istribuciones de sistemas operativos Linux basados en Debian.
- Configuración del kit de desarrollo CY3684 de Cypress.
- Configuración de un FPGA de la familia Spartan de Xilinx.
- Interconexion entre las distintas placas de desarrollo y la PC.
- Validación de la conexión

1.3. Estructura del Informe

Capítulo 2

USB 2.0

2.1. Introducción

El Bus Serie Universal, o USB, (acrónimo del inglés *Universal Serial Bus*) es uno de los ejes centrales del presente trabajo. Por este motivo, se hace a continuación una revisión de los aspectos más relevantes de la norma.

La norma USB está fundada en la revisión 2.0 de las *Especificaciones USB*, publicadas en Abril del año 2000.

Para describir un sistema USB, se abordan tres temáticas diferentes, pero relacionadas una con la otra:

- Interconexión USB
- Host USB
- Dispositivos USB

El objetivo principal de un sistema USB puede resumirse como la correcta comunicación entre el Host USB y los distintos dispositivos USB, a través de la interconexión USB. El objetivo particular de la revisión 2.0 de la norma es la de brindar un mayor ancho de banda, incorporando a las velocidades baja (*low speed*) y completa (*full speed*) una opción de alta velocidad (*high speed*). Esto supone agregar a la comunicación de 1.5 Mbps y 12 Mbps, una variante que alcanza los 480 Mbps.

Se describen, entonces, a continuación.

2.2. Host USB

Todo sistema de comunicación USB posee un componente único, esencial, fundamental. Este componente es el Host USB.

La palabra *Host* viene de la voz inglesa y su traducción tiene muchas acepciones. La traducción más común es la de anfitrión. Sin embargo, también se puede nombrar así a un presentador de televisión o a un portador.

Si se habla de redes, un *host* es cada uno de los dispositivos que se conectan a ella y de los cuales un servidor puede tomar o brindar información o recursos.

No obstante, en un sistema USB, ninguna de estas acepciones permite describir del todo lo que significa un Host USB. Es por eso que quién escribe se ha tomado la libertad de usar la palabra inglesa.

El Host USB debe ser capaz de reconocer cuando un dispositivo es conectado, coleccionar la descripción del mismo, negociar con él la forma de comunicarse, enumerarlo, administrar el flujo de la información, emitir los turnos de uso del bus, reconocer el estado y llevar la estadística de la actividad del bus.

Todo esto, se lleva a cabo a través del Controlador del Host, que puede estar compuesto por hardware, firmware y/o software, pero que se aloja en el Host USB.

2.3. Dispositivos USB

Existen dos tipos fundamentales de *Dispositivos USB*, tal como los define la norma USB, a saber, los distribuidores USB (textualmente, *USB Hubs*) y las funciones. También existen dispositivos compuestos, en los que se integran tanto un distribuidor USB como funciones.

2.3.1. Distribuidor USB

Un distribuidor USB es un dispositivo en el que confluyen múltiples conexiones, brindando la posibilidad al usuario de agregar diversos dispositivos al mismo sistema. Los puntos de conexión se denominan puertos. En otras palabras, un hub es un multiplicador de puertos, convirtiendo un solo puerto de subida en varios puertos de bajada.

Específicamente, un distribuidor USB2.0 consiste de tres componentes: un controlador, un repetidor y un traductor de transacciones. El repetidor es un switch que conecta los múltiples puertos de bajada con el de subida. Suele poseer hardware adicional que brinda la posibilidad de emitir señales de reset y de suspender/continuar. El traductor de transacciones se encarga de las comunicaciones con dispositivos río abajo a baja o media velocidad, y a alta velocidad con el Host USB, río arriba. El controlador brinda la capacidad de comunicación con el Host USB, a través de comandos de estado y control específicos, le permite al Host USB configurar cada distribuidor USB.

2.3.2. Funciones

Se denomina función a todo aquel dispositivo que puede recibir o emitir información a través del bus. Por lo general, suelen ser periféricos que se conectan con un cable a un distribuidor USB, pero también existen dispositivos combinados que no solo tienen alguna función, sino que además incorpora un distribuidor USB y brinda puertos adicionales para otras funciones.

Cada función posee información que describe sus capacidades y los requerimientos de sistema que necesita para operar. Antes de comenzar a comunicar, el Host USB realiza la configuración, que consiste en la selección del ancho de banda con la que el dispositivo debe operar, la dirección del puerto del dispositivo y seleccionar las opciones específicas de cada función.

Una función, a su vez está compuesta de extremos, que es la porción lógica mínima que maneja un sistema USB. Un extremo solo puede tener una dirección, es decir, un conjunto numérico único que lo identifica con respecto a cualquier otro dispositivo conectado al bus, y sentido, o sea, de entrada hacia el Host USB o de salida desde este último.

2.4. Interconexión USB

Cuando se habla de interconexión, se hace referencia a la forma en la que los distintos componentes se conectan y cómo se comunican entre ellos. Para ello, se detalla a continuación la topología USB, es decir, el modelo de conexión entre el host y los dispositivos; el flujo de datos, o sea, la manera en la que los datos viajan a través del sistema entre las fuentes de información y los consumidores de ella; la lista de trabajo de cada dispositivo y la relación entre las diferentes capas de cada dispositivo.

Se procede a explicar con más detalle algunas de estas cuestiones.

2.4.1. Topología USB

El USB es un sistema centrado en el Host USB. Él es el maestro, el que da las órdenes o los turnos para que cada dispositivo pueda transmitir o recibir información.

La topología es, entonces, en estrella por niveles, donde el Host USB es el centro y cada dispositivo es una extensión. Los niveles se separan a través de distribuidores, que sirven para ampliar la red y son los centros de cada nuevo nivel.

Debido a las restricciones de tiempo y ancho de banda impuestas por las especificaciones de la norma USB 2.0, no puede existir más que 7 niveles en un sistema USB, incluido el nivel del Host USB, por lo que no puede existir un distribuidor en el último nivel.

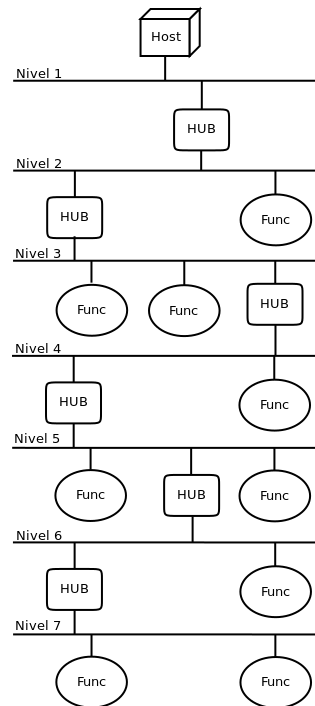


Figura 2.1: Topología USB

2.4.2. Flujo de datos

Dirección de datos

El sistema USB, como se describe anteriormente, posee un modelo centrado en el Host USB, es decir