

Módulo de alimentación para placas con dispositivos FPGA

Christian Huy y Diego Brengi

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Centro de Electrónica e Informática

Laboratorio de Desarrollo Electrónico con Software Libre

Buenos Aires, Argentina. Email: {cahuy,brengi}@inti.gov.ar

Resumen—Este trabajo presenta el diseño, construcción y pruebas realizadas de un módulo de alimentación para dispositivos FPGA, orientado particularmente a la familia Spartan 3 de la firma Xilinx. El módulo está basado en el integrado de control de fuente triple TPS75003 y se caracteriza por su limitada cantidad de componentes, una alta capacidad de corriente en las salidas más exigidas, y un reducido tamaño. El mismo es capaz de cumplir con las rampas de subida de las distintas tensiones de alimentación que varias familias de FPGA exigen, como también secuenciar el encendido de estas mismas salidas.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto FPGALibre[1] busca desarrollar y brindar herramientas de software libre y diseños de hardware abierto para trabajar con tecnologías FPGA. Uno de sus objetivos es el de crear una plataforma FPGA que pueda alojar un diseño con un procesador LEON3 y un sistema GNU/Linux embebido. Se abordó entonces el desarrollo de un módulo de alimentación como primera etapa para lograr este objetivo.

Algunas familias de FPGAs de los principales fabricantes, como Xilinx[2] o Altera, poseen ciertas características particulares en cuanto a su alimentación. Por lo general, estos dispositivos demandan más de una tensión de alimentación que utilizan separadamente para la lógica interna (Vcore), los bancos de pines (Vcco) y las interfaces de configuración (Vaux).

Esta gama de tensiones de alimentación debe, en algunos casos, cumplir con ciertas condiciones, como por ejemplo, controlar la secuencia de encendido, generar rampas de crecida entre ciertas pendientes, y hasta contar con la capacidad de soportar inversiones de corriente transitorias en sus salidas[3].

Se decidió realizar un módulo de alimentación específico para nuestra aplicación, de menor flexibilidad que la que otorgan los módulos comerciales más complejos, pero de diseño propio.

Si bien la plataforma FPGA se basa en una Spartan 3E, este módulo fue orientado a poder alimentar tanto a estas FPGAs como a las de la familia Spartan 3, las cuales tienen mayores exigencias de alimentación que las 3E.

II. REQUISITOS DEL MÓDULO

El módulo debe contar con la capacidad de establecer las alimentaciones en una determinada secuencia y de controlar el régimen de crecida de cada salida entre ciertas pendientes dadas como parámetros por el fabricante. Como característica

extra, debe tener protecciones contra sobrecorriente para las salidas Vcore y Vcco.

II-A. Tensiones de salida

El módulo de alimentación debe ser capaz de entregar tres tensiones de alimentación:

- 1,25 V 2,5 A: Para la lógica interna (Vcore)
- 3,3 V 2,5 A: Para los bancos de pines (Vcco)
- 2,4 V 200 mA: Para el módulo de comunicación JTAG interno de la FPGA (Vaux)

II-B. Secuencia de encendido de las alimentaciones

Los requisitos de la secuencia de encendido dependen del dispositivo, en el caso de las Spartan 3E no se exige una secuencia de encendido de las tensiones de alimentación. Sin embargo, hay ciertas secuencias que pueden ocasionar problemas en relación con los componentes periféricos a la FPGA, e incluso con el mismo módulo de alimentación. Básicamente son dos los puntos a tener en cuenta al respecto:

- En las Spartan 3E existe un módulo interno que mantiene al dispositivo en condición de reset hasta que las tres tensiones de alimentación alcancen cierto umbral, sin embargo la familia Spartan 3 no tienen esta capacidad, con lo que cada sistema interno se habilita con el establecimiento de la tensión que lo alimenta. Esto puede generar inconvenientes de comunicación de la FPGA con dispositivos externos, como por ejemplo una memoria. Si la tensión Vcore que alimenta la lógica interna de la FPGA se establece antes de que lo haga la tensión de los bancos de pines Vcco, la FPGA intentará comunicarse con esa memoria sin tener las salidas preparadas, lo que puede causar problemas de funcionamiento. Por regla general, la tensión de alimentación de los bancos de pines debe ser la primera en establecerse para evitar este tipo de inconvenientes.
- Si la tensión que alimenta la lógica interna de la FPGA (Vcore) es aplicada antes que la tensión que alimenta los periféricos de configuración JTAG (Vaux), se producirá una sobrecorriente en la salida Vcore durante el tiempo que le demande a la tensión Vaux poder establecerse. Esta sobrecorriente no es peligrosa para la FPGA, pero puede apagar al regulador que controle a Vcore, si es que cuenta con protecciones para este tipo de transitorios.

Estas últimas cuestiones enunciadas llevan a la conclusión de que la secuencia de encendido óptima de las alimentaciones sea:

1. Vcco
2. Vaux
3. Vcore

II-C. Rampas de crecimiento de las alimentaciones

Las FPGAs exigen que las tensiones de alimentación se establezcan siguiendo determinados regímenes de crecida. Para el caso de las Spartan 3E estos regímenes de crecida son de 0,2 a 50 ms para las tres tensiones.

II-D. Contracorrientes en Vaux

El módulo de configuración interno JTAG de la FPGA requiere una tensión de alimentación de 2,5 V que es entregada por Vaux. Sin embargo, los pines de control JTAG pueden ser manejados con niveles de 3,3 V, lo cual generará una contracorriente en las entradas de Vaux que irá hacia la fuente. La salida de la fuente que genere los 2,5 V de Vaux debe poder ofrecerle un camino a esta contracorriente.

III. DESARROLLO DEL MÓDULO

III-A. Análisis de soluciones

Basado en las características pretendidas para el módulo de alimentación se analizaron varias posibles soluciones. Una de ellas era el uso de reguladores lineales para cada una de las tensiones generadas. Esta opción fue la primera en descartarse por requerir reguladores con alta disipación de potencia para aquellas tensiones a las que se les debía poder demandar corrientes de hasta 2,5 A.

En particular, la fuente que más se vería afectada por esta condición es la Vcore, en donde la tensión entregada es de 1,25 V, regulando a partir de una tensión de entrada que rondaría los 5 V (Ver formula 1).

$$(V_{in} - V_{core}) * I_{core} = (5V - 1,25V) * 2,5A = 9,375W \quad (1)$$

Estos niveles de disipación requerirían reguladores voluminosos, con disipadores, que aumentarían dramáticamente el tamaño del módulo, además del bajo rendimiento energético que caracteriza a esta clase de reguladores. Una solución es recurrir a fuentes conmutadas para las tensiones más exigidas en corriente, Vcore y Vcco, dejando la opción de un regulador lineal únicamente para la tensión Vaux que es poco exigida en potencia.

Las fuentes conmutadas tienen la particularidad de presentar muy buenos rendimientos disminuyendo favorablemente la disipación de potencia. Se buscaron entonces soluciones en este sentido, habiéndose hallado principalmente integrados para control de fuentes conmutadas individuales.

III-B. Solución implementada

De las soluciones analizadas, la que mejor se ajustó a los requerimientos fue el integrado TPS75003[4][5] de la firma Texas Instruments. Este integrado es una fuente triple, formada por las lógicas de control de dos reguladores conmutados y un regulador lineal. Además posee entradas independientes para la habilitación de cada una de las salidas y protecciones por sobrecorriente. Adicionalmente ofrece la posibilidad de ajustar las rampas de crecimiento de cada una de las salidas controladas, mediante capacitores que son colocados externamente, uno por cada tensión a controlar. El TPS75003 requiere externamente sólo los MOSFETs de conmutación, los inductores para las fuentes conmutadas, los diodos de clamping, algunos capacitores para la generación de las rampas de crecida, las redes resistivas para realimentar las tensiones generadas, y componentes para el filtrado de la tensión que alimenta al módulo. Este integrado viene en encapsulado QFN RHL de 20 pines.

III-C. Diseño del módulo

El módulo se realizó usando el programa KiCAD[6], una herramienta de software libre para el diseño de esquemáticos y circuitos impresos.

Se utilizaron mayormente componentes SMD, excepto para los conectores y puntos de testeo. Se logró una placa de dimensiones reducidas (50mm x 30.7mm), fácilmente incluíble en cualquier plataforma. El PCB¹ es del tipo doble faz y en ella se han creado zonas de cobre conectadas a masa para procurar un buen aislamiento del ruido que generan las propias fuentes conmutadas.

Se optó por inductores SMD en cazoletas cerradas de ferrite por tener buena aislación magnética y altas inductancias en pequeño tamaño.

El TPS75003 tiene un límite para la tensión de entrada de hasta 7 V. Es por esto que se agregaron diodos rápidos de protección a las entradas de alimentación del módulo.

III-D. Construcción del módulo

Para la construcción del módulo se tercerizó la fabricación del PCB a un fabricante local. Todos los componentes con que cuenta la placa se soldaron con una estación de soldado manual.

Algunos de los componentes no son de fácil obtención en el mercado local, tal es el caso del TPS75003, los inductores y varios de los capacitores de tantalio de pequeño encapsulado y los resistores que fijan los lazos de realimentación, todos ellos al 1%. Sin embargo, y excepto el TPS75003, todos ellos se pueden conseguir localmente en encapsulados thru-hole, si se renuncia a la intención de hacer la placa completamente con componentes SMD.

IV. RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS

El módulo fue sometido a pruebas de funcionamiento en donde se verificó si cumplía con sus requerimientos en cuanto

¹Printed Circuit Board

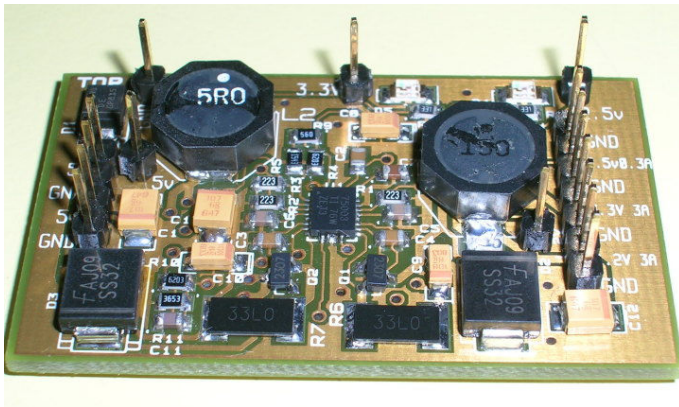


Figura 1. Vista superior del módulo de alimentación (lado componentes).

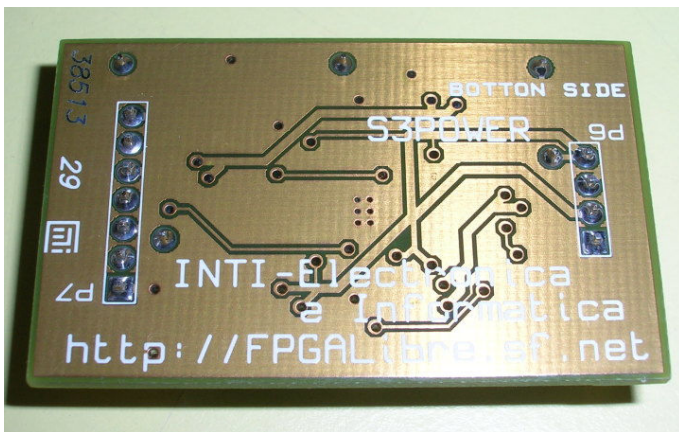


Figura 2. Vista inferior del módulo de alimentación.

a las características de encendido, como así también la capacidad de corriente de cada una de sus salidas. Las dos fuentes conmutadas que posee han podido entregar hasta 2,5 A sin caída en el nivel de las tensiones de salida, ni aumento en los niveles de rizado.

En un funcionamiento sin sobreexigencias, el módulo no manifiesta un aumento notable en la temperatura de ninguno de sus componentes. Tan solo se persive un pequeño aumento de temperatura en el TPS75003 cuando se exige a su regulador lineal, encargado de generar los 2,4 V de Vaux.

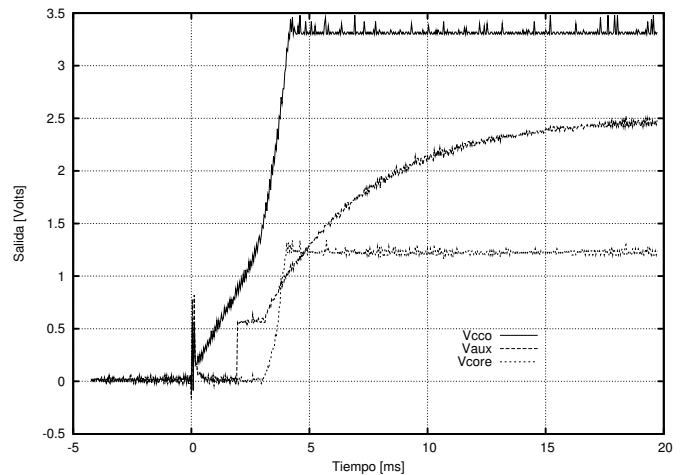


Figura 3. Curvas de las tres tensiones generadas durante el encendido.

V. CONCLUSIONES

El TPS75003 es una solución adecuada para alimentar FPGAs con tres tensiones de alimentación, utilizando poca área en el circuito impreso y con muy pocos componentes externos.

Se obtuvo un módulo de diseño propio y se realizaron verificaciones de funcionamiento con cargas máximas.

El conjunto de herramientas KiCAD mostró ser una muy buena elección para este proyecto. De esta manera se evitaron gastos de licencias. Adicionalmente, el circuito resultante puede ser distribuido sin obligar a sus usuarios a incurrir en ese tipo de gastos.

Este diseño estará disponible en el proyecto FPGALibre bajo una licencia de libre uso y modificación.

REFERENCIAS

- [1] INTI Electrónica e Informática *et al.*, "Proyecto FPGA Libre," <http://fpgalibre.sourceforge.net/>.
- [2] Xilinx, <http://www.xilinx.com>, Dispositivos FPGA.
- [3] (2010, Jun.) Spartan-3E fpga family: Complete Data Sheet. Xilinx. [Online]. Available: www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds312.pdf
- [4] (2010, Jun.) TPS75003 Datasheet. Texas Instruments. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/gpn/tps75003>
- [5] (2010, Jun.) TPS75003 User's Guide. Texas Instruments. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/pdf/slvs116a>
- [6] J.-P. Charras, "Kicad: GPL PCB Suite," http://www.lis.inpg.fr/realise_au_lis/kicad.