

Técnicas avanzadas de diseño digital

Responsable: Ing. Guillermo Jaquenod

Fundamentación:

La enseñanza tradicional de técnicas de diseño digital suele restringirse a bases teóricas muy simples (Máquinas de estado, álgebra de Boole, diagramas de Karnaugh,), y al entrenamiento en la sintaxis y el uso de herramientas (como VHDL, System Verilog, Modelsim). A partir de estos simples puntos de partida, cada diseñador queda liberado a su intuición o inspiración, lo que suele resultar poco efectivo. Es como esperar que una persona pueda escribir un buen libro, sólo enseñándole gramática, ortografía y el uso de un procesador de texto.

El diseño digital moderno, a partir de la aparición de las FPGAs, ha posibilitado que cualquier ingeniero pueda encarar proyectos complejos, y para hacerlo en forma eficiente implica la necesidad de conocer desde problemas básicos como la metaestabilidad hasta los problemas de propagación y reflexiones de señales en pistas de circuito impreso (signal integrity). Pero también conocer de buses locales (PCI, PCI Express, AMBA), técnicas de modulación digital de reloj+datos (desde Manchester a 8B10B), los problemas de recuperación de reloj y datos en enlaces de datos interchip, etc. Y de técnicas de diseño digital tolerante a fallas, o de soluciones alternativas de diseño de bloques constructivos básicos, ya sea secuenciales o aritméticos.

Este curso aborda un enfoque integral de múltiples problemas y alternativas que se presentan en el diseño digital actual, con especial atención a la robustez del diseño, y al aprovechamiento integral de los recursos físicos (desde las macroceldas a los embedded blocks de FPGAs) hasta el recurso temporal (la velocidad del dispositivo, usualmente mal aprovechada).

Objetivos

Se espera que el estudiante sea capaz de:

- Analizar los requerimientos de un diseño y saber identificar los problemas críticos de temporización y sincronización
- Conocer un abanico de distintas soluciones disponibles acordes al requerimiento de cada subsistema, de modo de elegir en cada caso la solución más eficiente tanto desde el punto de vista técnico como económico

Contenido del curso

1. Consideraciones de importancia en el diseño intra.chip. Qué es la metaestabilidad. Influencia en los tiempos de conmutación de dispositivos de memoria. Sincronización de señales asíncronicas (estrategias para acotar los eventuales problemas de metaestabilidad). Detección sincrónica de transiciones de señales asíncronicas. Diseño digital robusto ante fenómenos de metaestabilidad.
2. Circuitos contadores. Alternativas de implementación de circuitos contadores sincrónicos (Johnson, LFSR, sincrónicos). Ventajas y desventajas de cada uno. Diseño de macrofunciones para el diseño de LFSRs.
3. División de frecuencias. Implementación de circuitos de división de frecuencia, con relaciones $1/N$, N/M (M fijo) y racional (N/M , N y M enteros). Otros casos (*dual modulus*). Análisis de distribución del ruido de fase en divisores por relaciones no enteras.
4. Circuitos de recuperación de reloj. Posibles soluciones en función de la relación entre el reloj de datos y el reloj del sistema.
5. Restricciones temporales en el mundo real. Parámetros de importancia intra-chip: T_{setup} , T_{hold} , T_{co} , T_{skew} , T_{slack} . PLLs embebidos. Circuitos de distribución de reloj.
6. Sincronización entre sistemas activos en distintos dominios de reloj. Alineación de datos en comunicaciones *multi-lane*.
7. Alternativas de implementación de circuitos. Circuitos aritméticos (*carry save*, *carry select*, *carry look ahead*, aritmética serial, contadores seriales). Aplicación de técnicas de *pipeline*. Sistemas sincrónicos tolerantes a fallas. Máquinas de estado robustas.
8. Propagación de señales digitales. Componentes espectrales de las señales digitales: influencia del rise-time y del fall-time. Qué es una línea de transmisión. impedancia característica, atenuación, retardo de propagación, reflexiones y desadaptación. Propagación de señales en un PCB: su análisis como propagación de ondas electromagnéticas en una línea de transmisión. Realización física de líneas de transmisión en un PCB: *stripline* y *microstrip*.
9. Integridad de una señal. El efecto de las distorsiones de amplitud y fase en la propagación de señales digitales. Diagrama de Ojo. Mejora de las características de transmisión mediante pre-énfasis. Mejora de las características de recepción mediante *Decision-Feedback-Equalizer*.

10. Métodos de propagación de señales. Comunicación single-ended y diferencial. Ventajas y desventajas. Normas estandarizadas. Distintas maneras de incorporar la señal de reloj a los datos: Manchester, bit-stuffing, AMI, HDB3, 8B10B.
11. Protocolos de comunicación serial inter-chip / inter-sistema. Comunicación asíncrona de a caracteres, LIN, SPI, I2C, CAN, USB, Ethernet, MIL-STD-1553B, SpaceWire. Control distribuido, control asignado a agentes, control asignado a mensajes. Las “violaciones de código” para tareas de señalización y sincronización de datos y tramas. Topologías Master/Slave fijas. Topologías multi-master. Caminos de comunicación MS/SM y SS. Mantenimiento de información temporal en sistemas distribuidos (Ethernet 1588)
12. Buses de comunicación. Buses intra-chip: AMBA, AVALON. Buses inter-chip: PCI, PCI Express.