

Capítulo 2

Metodologías de diseño de hardware

Las metodologías de diseño de hardware denominadas Top-Down, basadas en la utilización de lenguajes de descripción de hardware, han posibilitado la reducción de los costos en la fabricación de circuitos integrados. Esta reducción se debe a la posibilidad de describir y verificar el funcionamiento de un circuito mediante la simulación del mismo, sin necesidad de implementar un prototipo físicamente.

2.1 Herramientas CAD

La metodología de diseño asistida por computadora (Computer Aided Design, CAD), emplea técnicas gráficas para soportar el proceso de diseño. La introducción de dichas técnicas en el proceso de diseño de circuitos electrónicos es fundamental, ya que mas allá de proveer interfaces gráficas para asistir el proceso, brinda la posibilidad de simular y verificar la descripción antes de llevar a cabo su implementación, minimizando el costo de elaborar circuitos potencialmente defectuosos y acelerando el diseño global [20].

El diseño de hardware tiene un problema fundamental, que no existe en el diseño de software. Este problema es el alto costo del ciclo de diseño-prototipación-verificación (figura 2.1), ya que el costo del prototipo por lo general es bastante elevado.

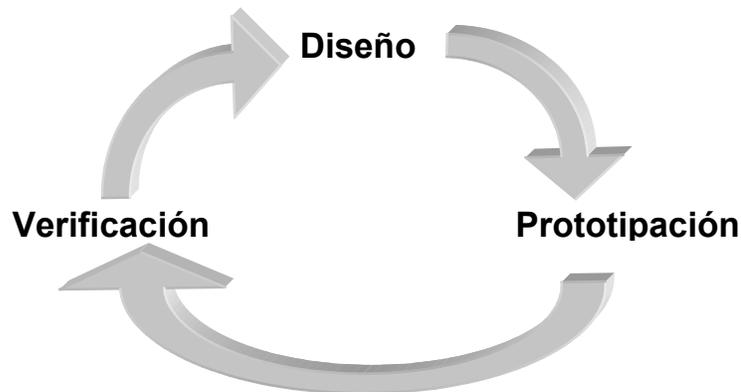


Figura 2.1

Por lo tanto se busca minimizar el costo del ciclo anterior, incluyendo la fase de prototipación únicamente al final del mismo. Esto se consigue mediante la inclusión de una fase de simulación y verificación que elimina la necesidad de elaborar físicamente un prototipo.

En el ciclo de diseño hardware las herramientas CAD están presentes en todos los pasos. En primer lugar en la fase de descripción de la idea, que será un sistema eléctrico, un diagrama en bloques, etc. Luego en la fase de simulación y verificación en donde las diversas herramientas permiten realizar simulación por eventos, funcional, digital o eléctrica considerando el nivel de simulación requerido. La última etapa es comprendida por herramientas especializadas en la fabricación del circuito propiamente dicho y se orientan a la fabricación de circuitos impresos o Circuitos Integrados de Aplicación Específica (Application Specific Integrated Circuits, ASIC). Estas herramientas permiten realizar microcircuitos así como la programación de dispositivos que así lo requieran.

A continuación se enumeran y explican brevemente algunas de las posibles herramientas que pueden utilizarse durante el diseño e implementación del hardware:

Descripción mediante esquemas: Consiste en describir el circuito mediante un esquema que representa la estructura del sistema. Mas allá de un simple diagrama de líneas puede incluir información sobre tiempos, referencias, cables, conectores, etc.

Grafos y diagramas de flujo: La descripción se realiza por medio de grafos, autómatas o redes de Petri. La diferencia con la captura de esquemas es que este tipo de descripción es funcional o de comportamiento y no de estructura como sucede en el caso anterior.

Lenguajes de descripción: Son lenguajes de computadora especializados que permiten describir un circuito digital. Esta descripción usualmente se puede llevar a cabo a diferentes niveles. Puede ser estructural, en donde se muestra la arquitectura del diseño, o bien de comportamiento, en donde se describe el comportamiento o funcionamiento del circuito global y no de los componentes por los cuales está compuesto.

Simulación de sistemas: Estas herramientas se utilizan para la simulación global del sistema. Los componentes que se simulan son de alto nivel, es decir del producto una vez terminado.

Simulación funcional: Este tipo de simulación se utiliza para validar el funcionamiento de un sistema digital a bajo nivel (nivel de compuertas), sin embargo no se toman en consideración factores físicos de los componentes a simular como ser retrasos, problemas eléctricos, etc. Únicamente registra el comportamiento del circuito frente a ciertos estímulos dados.

Simulación digital: Esta simulación es muy parecida a la simulación funcional, pero considerando los retrasos y factores que no se consideran en la anterior. De esta forma se garantiza el funcionamiento correcto del circuito digital a ser implementado.

Simulación eléctrica: Es la simulación de mas bajo nivel ya que se realiza a nivel de componentes básicos (transistores, resistencias, etc). El resultado de dicha simulación es prácticamente el mismo que en la realidad. Se utiliza tanto para circuitos analógicos como digitales.

Implementación de circuitos impresos: Con estas herramientas se realiza el trazado de líneas e implementación posterior de los circuitos impresos en donde irán montados los componentes.

Implementación de circuitos integrados: Son las herramientas que se emplean al final del ciclo de implementación. Permiten la realización de diferentes máscaras que intervienen en la implementación del circuito final.

Programación de dispositivos: Alternativamente a la implementación de los circuitos mediante máscaras, se puede emplear lógica programable. Los dispositivos de lógica programable permiten la implementación el circuito mediante la programación de los mismos. Posteriormente pueden ser reutilizados en caso de querer modificar el diseño o el circuito por completo. Ejemplos de dichos dispositivos son: PAL (Programmable And Logic), FPGA (Field Programmable Gate Arrays) y PLD (Programmable Logic Devices).

2.2 Diseño Bottom-Up

Esta metodología de diseño comprende la descripción del circuito mediante componentes que pueden agruparse en diferentes módulos, y éstos últimos a su vez en otros módulos hasta llegar a representar el sistema completo que se desea implementar, como muestra la figura 2.2.

La metodología Bottom-Up no implica una estructuración jerárquica de los elementos del sistema. Simplemente reúne componentes de bajo nivel para formar el diseño global.

En un diseño Bottom-Up se comienza realizando una descripción con esquemas de los componentes del circuito. Estos componentes se construyen normalmente a partir de otros que pertenecen a una biblioteca que contiene componentes básicos, que representan unidades funcionales con significado propio dentro del diseño. Estas unidades son denominadas primitivas, ya que no es necesario disponer de elementos de mas bajo nivel para el diseño que se desea realizar [20].

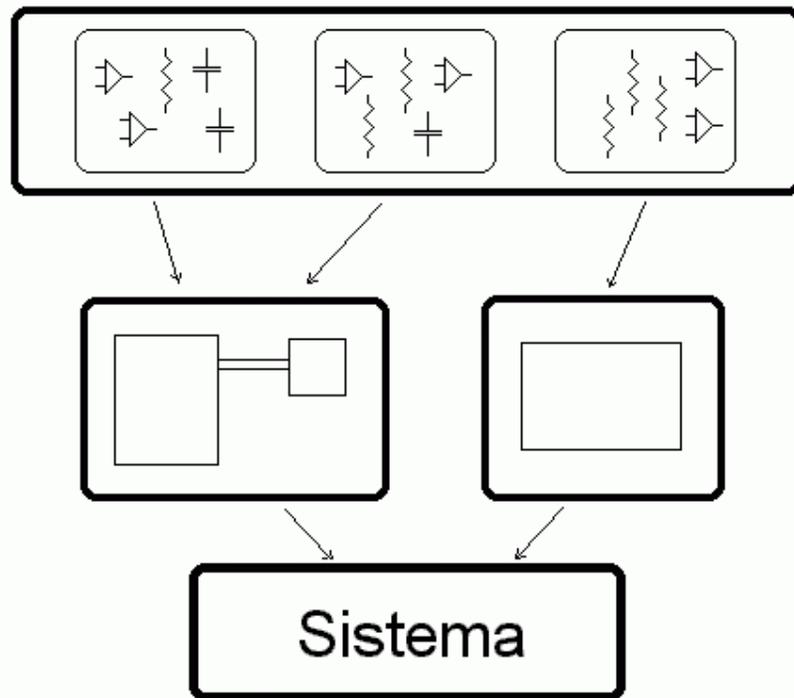


Figura 2.2

Esta metodología de diseño es útil para diseños medianamente pequeños. Para diseños mayores ésta metodología resulta impráctica, debido a que el funcionamiento adecuado del producto final no está garantizado luego de unir decenas de componentes. El hecho de unir un número elevado de componentes entre sí, sin una estructura jerárquica que permita organizarlos (en bloques, por ejemplo) dificulta el análisis del circuito, aumentando la posibilidad de cometer errores.

La metodología Bottom-Up es la que se utiliza desde los primeros tiempos de diseño, ya que el proceso de integración de elementos básicos se había logrado automatizar completamente. Las primeras herramientas de diseño permitían llevar a cabo una descripción sencilla a bajo nivel y posteriormente se procedía a la implementación. La implementación se realizaba empleando otras herramientas que se integraban al proceso. De esta manera se obtenía un Circuito Integrado de Aplicación Específica o un Circuito Impreso (Printed Circuit Board, PCB).

2.3 Diseño Top-Down

El diseño Top-Down consiste en capturar una idea con un alto nivel de abstracción, implementarla partiendo de la misma, e incrementar el nivel de detalle según sea necesario. El sistema inicial se va subdividiendo en módulos, estableciendo una jerarquía. Cada módulo se subdivide cuantas veces sea necesario hasta llegar a los componentes primarios del diseño como muestra el esquema de la figura 2.3.

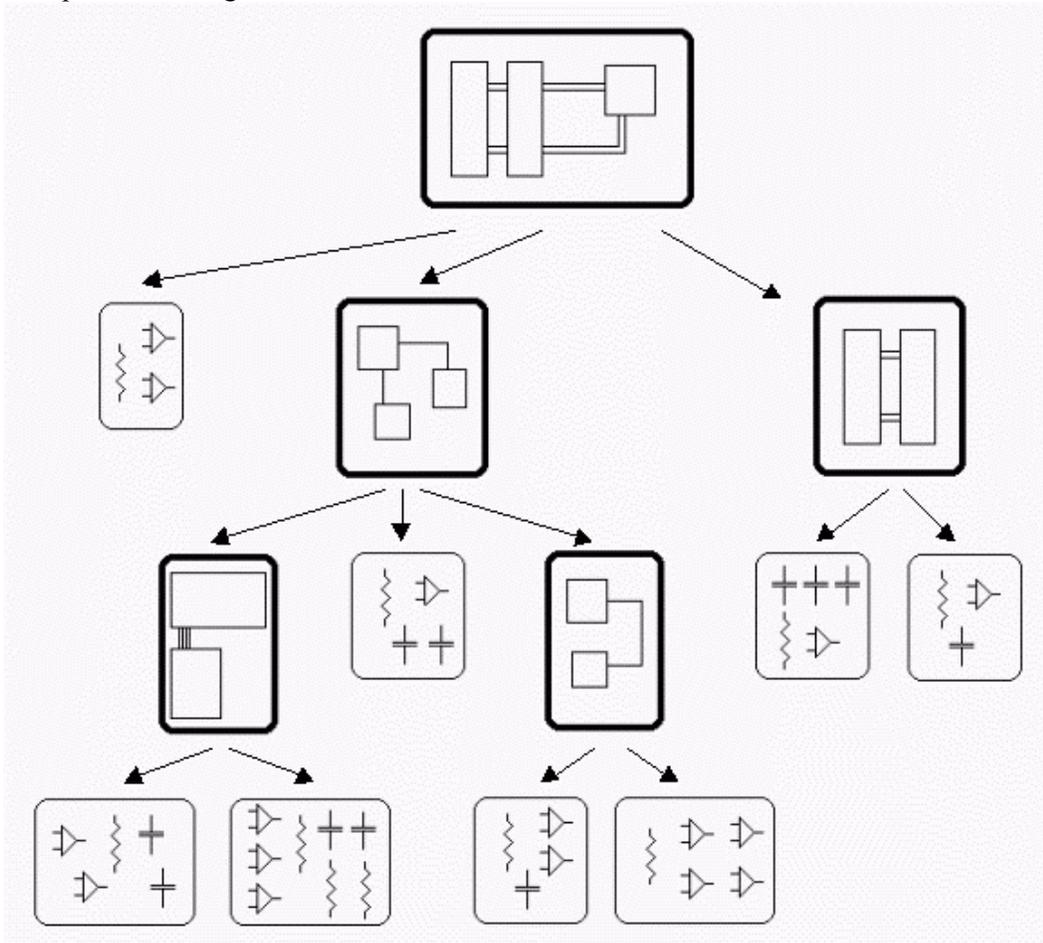


Figura 2.3

Sin embargo actualmente, es necesario realizar diseños más complejos en menos tiempo. De ésta manera se deja de lado la metodología de diseño Bottom-Up.

La metodología Top-Down evita los problemas que surgen con el empleo de la metodología Bottom-Up ya que el diseño inicial es subdividido en subdiseños que a su vez se pueden seguir subdividiendo hasta llegar a diseños mucho menores y más sencillos de tratar. En el caso del diseño de hardware, esto se traduciría en subdividir el diseño inicial en módulos hasta llegar a los componentes primarios o primitivas.

Las herramientas actuales permiten utilizar en forma automática la metodología Top-Down, lo que permite a las herramientas de síntesis sofisticadas llevar a cabo la implementación de un circuito final, partiendo de una idea abstracta y sin necesidad de que el diseñador deba descomponer su idea inicial en componentes concretos [19] [20].

2.4 Ventajas del diseño Top-Down

Una de las principales ventajas del diseño Top-Down es que el diseñador puede especificar el diseño en un alto nivel de abstracción sin necesidad de considerar el mismo inicialmente a nivel de compuertas. Las herramientas incluidas en el paquete de VHDL, podrían generar el esquema de compuertas lógicas correspondientes a una descripción funcional dada. Sin embargo las herramientas de síntesis actuales aún son incapaces de traducir ciertas descripciones de comportamiento en una descripción a nivel de compuertas, por ello la especialización y el pasaje entre los distintos niveles se puede realizar manualmente, refinando el diseño. La capacidad de sintetizar descripciones funcionales puras se irá introduciendo en el lenguaje con el correr del tiempo.

En el proceso de diseño se utilizan tecnologías genéricas, lo que posibilita que la tecnología de implementación no se fije hasta los últimos pasos del proceso. De ésta manera se pueden reutilizar los datos del diseño únicamente cambiando la tecnología de implementación.

La descripción del circuito a distintos niveles de detalle, así como la verificación y simulación del mismo, permiten reducir la posibilidad de incluir errores.

Diseño modular: El diseño Top-Down ofrece como ventaja que la información se estructura en forma modular. Como el diseño se realiza a partir del sistema completo y se subdivide en módulos, permite que las subdivisiones se realicen de forma que los mismos sean funcionalmente independientes. El diseño Bottom-Up no contempla la división en partes funcionalmente independientes. Esta es la desventaja fundamental del diseño Bottom-Up. El resultado final puede aparecer confuso al no estar dividido en módulos independientes.

Diseño jerárquico: En un diseño electrónico entran en juego una cantidad considerable de componentes. Estos diseños deben organizarse de tal forma que resulte fácil su comprensión. Una forma de organizar el diseño es la creación de un diseño modular jerárquico. Un diseño jerárquico está constituido por niveles en donde cada uno es una especialización del nivel superior. La organización jerárquica es una consecuencia directa de aplicar la metodología Top-Down.

2.5 Descripción de un diseño

Luego de concebir la idea del circuito que se pretende diseñar, se debe realizar la descripción del mismo.

En un principio las herramientas CAD, brindaban únicamente la posibilidad de trazar los dibujos referentes al diseño. El diseñador realizaba la descripción sobre un papel utilizando componentes básicos y trasladaba el diseño a la computadora para obtener una representación más ordenada. Con la llegada de computadoras con mayor capacidad de cálculo y herramientas más sofisticadas, no sólo se realiza el dibujo del circuito, sino su descripción completa y la simulación del mismo, para prever el comportamiento aparente que tendrá una vez implementado. Las herramientas de diseño modernas permiten describir un circuito a distintos niveles de abstracción y es la computadora la que lleva a cabo la idea en forma concreta [17].

Básicamente, las herramientas actuales permiten dos tipos de descripciones:

Descripción comportamental: Se describe el comportamiento del circuito, sin poner énfasis en su arquitectura. Dicha descripción se realiza mediante un lenguaje de hardware específico. No se especifican señales ni elementos de bajo nivel.

Descripción estructural: Consiste en enumerar los componentes de un circuito y sus interconexiones. Se puede llevar a cabo mediante esquemas, en cuyo caso se realiza una descripción gráfica de los componentes del circuito, o bien mediante un lenguaje, en cuyo caso se enumeran los componentes del circuito y sus interconexiones.