
Proyecto Final:

Computador básico basado en arquitectura ARM para aplicación específica

Fecha de asignación:	21 de mayo 2025
Grupos:	4 personas

Fecha de entrega:	18 de junio 2025
Profesores:	Luis Barboza Artavia Jeferson González Gómez

1. Atributos relacionados

A continuación se describen los atributos del graduado que se pretenden abordar con el desarrollo del proyecto.

1.1. Diseño (DI)

Capacidad para diseñar soluciones creativas para problemas de ingeniería complejos y diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades identificadas con la consideración adecuada para la salud y la seguridad públicas, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como las consideraciones de recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.

1.2. Herramientas de Ingeniería (HI)

Capacidad para crear, seleccionar, aplicar, adaptar y ampliar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de Ingeniería y de tecnología de la información, incluyendo la prospección y modelado de problemas complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas.

2. Introducción

La finalidad de este proyecto final es que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos del diseño de sistemas digitales, en estructuras avanzadas, que involucren sincronización y la interacción con elementos de entrada-salida y memoria, así como elementos de procesamiento, propios de un computador. Para ello, cada grupo de estudiantes deberá diseñar e implementar, mediante el lenguaje de descripción de hardware SystemVerilog, un computador mínimo, basado en un microprocesador con arquitectura ARM.

En términos generales, todas las aplicaciones (a nivel de software) a ejecutar por el computador, deberán tener interacción con dispositivos de entrada/salida y memoria, por medio de simulación y la escritura en archivos.

Este proyecto reforzará la metodología de diseño modular, utilizada en los diferentes laboratorios, de manera que implica investigación, planeamiento del diseño, descripción del hardware, implementación y verificación funcional respectiva.

Se recomienda vehementemente realizar las simulaciones a cada módulo, antes de la simulación final, después de verificar la funcionalidad del microprocesador y los controladores, el equipo de trabajo debe de estar listo para demostrar dicho funcionamiento, el cual será evaluado de acuerdo a la rúbrica disponible en el TEC Digital para este proyecto.

3. Investigación

Para el desarrollo de este proyecto se deberán realizar las siguientes tareas de investigación:

- Resumen sobre arquitectura ARMv4. Se deben mostrar aspectos de tipos de instrucciones, codificación, registros, etc.
- Resumen de herramienta(s) para simulación y traducción a lenguaje máquina de programas en ARMv4.
- Resumen sobre protocolos y controladores utilizados (PS/2 mouse/teclado, UART, SPI, I2C, etc.), según selección de aplicación. Se deben mostrar diagramas de tiempo y estados correspondientes.

4. Especificación

Se debe diseñar e implementar, mediante el lenguaje de descripción de hardware System-Verilog, un computador mínimo, basado en un microprocesador con arquitectura ARMv4. Este computador deberá de contar con los dispositivos de entrada/salida necesarios para interactuar con el usuario. Por lo tanto, el microprocesador del sistema deberá de interactuar con al menos dos tipos de controladores para el uso de dichos dispositivos (IR, acelerómetros, teclado, mouse, UART, botones e interruptores de la placa DE10 Standard), para lo cual se deberán de implementar los módulos necesarios para que el sistema trabaje adecuadamente. Adicionalmente, la visualización se deberá de realizar por medio del monitor VGA.

4.1. Programa de demostración

Cada grupo debe escribir en lenguaje ensamblador una aplicación que utilice el set de instrucciones implementado para ser ejecutado en el computador diseñado e implementado por el grupo. Para la generación de código de máquina, el grupo puede utilizar algún ensamblador disponible para ARMv4, si así lo estima conveniente.

La aplicación será interactiva con el usuario. A continuación se brindan los siguientes ejemplos a manera de guía:

- Juego original o inspirado en videojuego clásico.
- Herramienta educativa para pintar figuras en pantalla con el *mouse* (similar a MS *Paint*).
- Procesador de texto (similar a MS *Word*).
- Aplicación tipo *chat* con terminal de comunicación serial con PC/Arduino, utilizando un controlador UART y monitor VGA.
- Calculadora básica.

La aplicación deberá tener como mínimo, las siguientes características:

- Contar con una memoria ROM para cargar el programa en binario.
- Utilizar un teclado o *mouse* conectado al puerto PS/2 de la tarjeta DE1-SoC o un controlador para comunicación externa(UART, SPI, I2C) para el puerto serial para la comunicación con un computador de escritorio o sistema embebido.
- Utilizar la salida de video VGA de la tarjeta DE10 Standard.

4.2. Metodología

Se utilizará la metodología explicada en el laboratorio 2. De manera adicional, este proyecto final presenta dos etapas principales:

- **Anteproyecto:** Como parte del desarrollo del proyecto final, cada grupo deberá presentar un anteproyecto en el que se describan al menos **dos propuestas de aplicación**. El anteproyecto deberá incluir los objetivos de cada propuesta, una descripción de alto nivel de la solución (desde el punto de vista de hardware y software), los dispositivos de entrada/salida con que se va a interactuar así como un cronograma de tareas a realizar. Se deberá incluir, además, un diagrama de segundo nivel, como se especifica en el metodología de diseño modular, en el que se muestre un primer esbozo de **una potencial** solución a nivel de hardware a la aplicación seleccionada. El profesor aprobará o brindará sugerencias para la aprobación de una de las dos propuestas de aplicación del anteproyecto considerando la opinión y preferencia de los estudiantes. La aplicación seleccionada será el problema a resolver por cada grupo de trabajo. El anteproyecto deberá entregarse en la segunda clase de semana 14.

- **Diseño e implementación:** Una vez aprobado el anteproyecto, cada grupo deberá trabajar en el diseño e implementación de la solución a su propuesta de aplicación. Todos los sistemas propuestos se deberán basar en la arquitectura ARMv4. Cualquier modificación en la implementación de la arquitectura es válida, pero debe ser justificada. El sistema completo deberá ser implementado en FPGA, utilizando la plataforma DE10 Standard.

Para el problema a solucionar:

1. Lea y trate de comprender todo el trabajo solicitado antes de iniciarlo.
2. Realice todas las tablas de verdad, circuitos, figuras, diagramas, etc. necesarios para el diseño. Dichos documentos podrán ser solicitados por el profesor en la defensa del proyecto.
3. Para la presentación funcional, se le pedirá que muestre el sistema completo. En caso de tener funcionalidad limitada o nula, se deberán diseñar simulaciones e implementaciones individuales que permiten verificar el funcionamiento de los módulos que componen el sistema.

5. Evaluación y entregables

Toda entrega de documentación deberá realizarse por medio del tecDigital a más tardar las 11:45pm de la fecha de entrega. El anteproyecto deberá subirse el viernes 30 de mayo. **Antes de esa fecha**, cada grupo deberá discutir con el profesor para la selección de la aplicación final.

La defensa de la implementación funcional será el miércoles 18 de junio (semana 17). Para efectos de la bitácora, se revisará el *commit* antes de la fecha de entrega. La evaluación del proyecto se da bajos los siguientes rubros contra rúbrica correspondiente:

- Anteproyecto (10 %) con la descripción de las propuestas de aplicación y la selección según descrito en la Sección 4.2.
- Presentación proyecto funcional según propuesta de aplicación planteada (70 %).
- Documentación de diseño para la propuesta de aplicación seleccionada (10 %): La documentación del diseño deberá contener las siguientes secciones:
 1. Listado de requerimientos del sistema: Cada estudiante deberá identificar las necesidades y los requerimientos de un problema complejo de ingeniería considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.

-
2. Elaboración de alternativas de solución a la propuesta de aplicación seleccionada: Para el problema planteado deberán documentarse al menos dos alternativas de solución. Cada solución deberá ser acompañada de algún tipo de diagrama. **Estas opciones de solución no deben ser fácilmente descartables y deben llevar un análisis objetivo con base en criterios técnicos o teóricos.**
 3. Valoración de opciones de solución: Se deberán valorar alternativas de solución para un problema complejo de ingeniería que cumplan con necesidades específicas, considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.
 4. Selección de la propuesta final: Se deberá seleccionar una propuesta final de las opciones de solución, de acuerdo con los criterios de comparación.
 5. Diseño de la alternativa seleccionada: Se deberá documentar completamente el diseño final seleccionado considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario. Para el caso de este proyecto esto incluye: diagrama de bloques del computador (procesador + memoria y dispositivos) y, diagramas propios de diseño de software aplicables (de flujo, clases, composición, UML, patrones de diseño, etc) y descripción de algoritmo propuesto en ARMv4.
 6. Validación del diseño: se deberá validar el diseño final de acuerdo con los requerimientos, la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.
- Documentación de Herramientas de ingeniería (10%): En este documento se evaluará la capacidad para crear, seleccionar, aplicar, adaptar y ampliar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de Ingeniería y de tecnología de la información, incluyendo la prospección y modelado de problemas complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas. Se espera que este documento se presente explícitamente:
1. Selección de técnicas, recursos, herramientas o métodos acorde con las variables del problema complejo de ingeniería.
 2. Aplicación técnicas, recursos, herramientas o métodos en un problema complejo de ingeniería.
 3. Creación o adaptación de las técnicas, recursos, herramientas o métodos en problemas complejos de ingeniería.