UTN
FACULTAD REGIONAL
VILLA MARÍA

CARRERA ACADÉMICA

LENGUAJES DE DESCRIPCIÓN Y SIMULACIÓN DE HARDWARE
Planificación Ciclo lectivo 2022

Datos administrativos de la asignatura			
Departamento:	Electrónica	Carrera	Ingeniería en Electrónica
Asignatura:	Lenguajes de Descripción y Simulación de Hardware		
Nivel de la carrera	VI	Duración	Cuatrimestral
Bloque curricular:	Tecnologías Aplicadas		
Carga horaria presencial semanal:	3 horas cátedra 2 horas reloj	Carga Horaria total:	48 horas cátedra 32 horas reloj
Carga horaria no presencial semanal (si correspondiese)		% horas no presenciales (si correspondiese)	
Profesor/es Titular/Asociado/Adjunto:	Eduardo Romero Gabriela Peretti Mónica Lovay	Dedicación:	Exclusiva Exclusiva Exclusiva
Auxiliar/es de 1º/JTP:		Dedicación:	

Presentación, Fundamentación

FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

La creciente complejidad de los sistemas electrónicos ha conducido a una necesidad cada vez más grande de herramientas que soporten su modelado y simulación. En particular, en los sistemas embebidos se da la situación en la cual los circuitos electrónicos no pueden considerarse aisladamente del sistema completo en el cual se encuentran empotrados. Es por este motivo que se hace mandatorio la modelización y simulación del conjunto para evaluar su desempeño. Esto trae aparejada la necesidad de modelar y simular complejas interacciones entre los circuitos de diferentes naturalezas (analógicos, digitales y señal mixta), con el software o inclusive con dominios de tecnologías diferentes de las eléctricas, como por ejemplo mecánica o química.

Los primeros intentos por generar lenguajes que soporten la descripción y simulación de sistemas se dieron el dominio digital. Los lenguajes de descripción de hardware (HDL por sus siglas en inglés), entre los que se destaca el lenguaje VHDL permitieron la descripción de sistemas digitales en diferentes niveles de abstracción (desde el comportamental hasta el nivel compuerta). Esto dio soporte a estrategias descendentes de diseño, que partían de modelos muy

abstractos con los que se validaban las ideas, llegando en sucesivas etapas a modelos muy cercanos a la realidad. Posteriormente aparecieron los compiladores de circuitos que hicieron posible la síntesis circuital en el dominio digital. De esta forma se parte de un modelo muy conceptual y se llega a un circuito real, todo dentro del mismo entorno de desarrollo. En la actualidad, el soporte del lenguaje ha sido incluido en herramientas de alto nivel, como es el caso de Matlab. Es posible vincular potencialidades de este ecosistema de desarrollo ampliamente aceptado en la industria con los sistemas de desarrollo de FPGA o de circuitos integrados. En particular, son de importancia para contribuir a la productividad las facilidades que permiten la síntesis automática de código VHDL desde esquemas Simulink o desde lenguaje propio de Matlab. Esto permite combinar las herramientas de simulación en alto nivel, que hacen viable el modelado de las interfaces con el mundo real, con partes que serán posteriormente sintetizadas a VHDL e implementadas en FPGA. En auxilio para la validación de este tipo de modelado, concurren las herramientas de FPGA in the loop, que permiten la interacción de hardware real con otros simulados.

Los HDLs fueron posteriormente expandidos al dominio analógico y de dominios tecnológicos distintos al eléctrico gracias a la extensión AMS del VHDL. En este punto fue posible la simulación de sistemas en múltiples dominios (con partes mecánicas, eléctricas, químicas, etc.). No obstante, debe mencionarse que la síntesis de circuitos es posible en nuestros días sólo en el domino digital. Particularmente interesante resulta el lenguaje de descripción propio de Matlab, denominado Simscape. Este lenguaje permite modelar con el mismo estilo que VHDL-AMS, pero tiene la gran ventaja de poder interactuar con partes del modelo implementados en bloques Simulink. Esto, sumado a la gran cantidad de herramientas disponibles en Matlab, hace que el tratamiento de sistemas complejos, como por caso los automotrices o maquinaria agrícola, sean factibles en este entorno.

- **Relación de la asignatura con el perfil de egreso**. (Describir la relación y los aportes de la asignatura al perfil de egreso).

La asignatura contribuye a la conformación del perfil de egreso brindando bases conceptuales, modelos de ingeniería y soluciones tecnológicas que le permiten complementar la formación de base de la Carrera para abordar problemas de diferentes naturalezas en entornos interdisciplinarios y colaborativos. Se efectúan aportes al auto aprendizaje como herramienta esencial para el crecimiento futuro del profesional, motivando también la relación con sus pares para intercambio de ideas y trabajo en equipo.

Ordenanza 1077 (perfil del ingeniero electrónico)

- **Relación de la asignatura con los alcances del título**. (Describir la relación y los aportes de la asignatura con los alcances del título).

Nota: No se dan alcances del título en la Ordenanza 1077

Relación de la asignatura con las competencias de egreso de la carrera
Los contenidos, metodología de enseñanza y de evaluación propuestos para la asignatura justifican la contribución a las competencias de egreso indicadas en la tabla.

Competencias específicas de la carrera (CE)	Competencias genéricas tecnológicas (CT)	Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales (CS)
CE1: **1.1: 2; 1.2: 2; 1.4: 2; 1.5: 1; 1.6: 0 ;1.7: 1**	CT1: **2**	CS1: **3**
CE2: **2.1: 1**	CT2: **1**	CS2: **2**
CE3: **3.1: 0**	CT3: **1**	CS3: **0**
CE4: **4.1: 0**	CT4: **3**	CS4: **3**
	CT5: **0**	CS5: **1**

Propósito

Brindar a los estudiantes herramientas teóricas y prácticas que les permitan formular, modelar, simular e implementar soluciones tecnológicas para problemas de ingeniería de complejidad media (en el mundo digital), articulando enfoques teóricos, computacionales y experimentales. La formación debiera permitir a los estudiantes enfrentarse a situaciones de trabajo grupal, planteando claramente las ideas motivadoras de las soluciones ingenieriles propuestas, defendiendo las mismas, otorgando respaldo conceptual y experimental adecuado y reportando metodologías de diseño, criterios y resultados en informes claros.

Objetivos establecidos en el DC

Debido a que se trata de una electiva, se trata de objetivos definidos desde la FRVM.

- Que el estudiante comprenda las técnicas de modelado, simulación y síntesis en el dominio digital.
- Que el estudiante comprenda y sea capaz de utilizar en modelos, las técnicas de modelado y simulación multidominio.
- Que el estudiante comprenda la metodología descendente, con énfasis en el diseño basado en modelos.
- Que el estudiante comprenda el flujo de diseño en entornos de herramientas de alto nivel (Matlab), utilizando herramientas como HDL Coder.
- Que el estudiante desarrolle competencias para el desarrollo de proyectos completos desde el modelo en alto nivel a implementaciones FPGA.

Resultados de aprendizaje

Describir y explicar los Resultados de aprendizaje a promover en el desarrollo de la asignatura. Argumentar su cantidad, sus componentes y la manera en que cada resultado de aprendizaje contribuye al desarrollo de las competencias que aborda la asignatura:

- **RA1**: Comprender y aplicar adecuadamente el flujo de diseño utilizando lenguajes de descripción de hardware en el dominio digital, implementando estrategias descendentes de diseño desde la concepción en alto nivel hasta su implementación en hardware configurable. Aplicar estos conceptos a diseños y/o solución de problemas de ingeniería

de complejidad media. Contribuye a las Competencias Específicas y Tecnológicas de la tabla respectiva.

- **RA2**: Comprender y aplicar adecuadamente el flujo de diseño utilizando lenguajes de descripción de hardware en el dominio analógico y de señales y tecnologías mixtas, implementando estrategias descendentes de diseño. Aplicar estos conceptos a diseños y/o solución de problemas de ingeniería de complejidad media. Contribuye a las Competencias Específicas y Tecnológicas de la tabla respectiva.
- **RA3**: Brindar soluciones tecnológicas adecuadas usando criterios de ingeniería y las herramientas del estado del arte como simuladores eléctricos, herramientas de aplicación matemáticas e instrumental de laboratorio, siendo capaz de demostrar la bondad de las soluciones a través de las mismas e integrándose adecuadamente a grupos de trabajo. Contribuye a las Competencias Específicas, Tecnológicas y sociales de la tabla respectiva

Asignaturas correlativas previas

Para cursar debe tener cursada:

- Establecida por FRVM

Para cursar debe tener aprobada:

- Establecida por FRVM

Para rendir debe tener aprobada:

- Establecida por FRVM

Asignaturas correlativas posteriores

Indicar las asignaturas correlativas posteriores:

- Establecida por FRVM

Programa analítico, Unidades temáticas

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN AL VHDL
Campos de aplicación de los lenguajes de descripción de hardware. Una visión general del VHDL, su historia y campos de aplicación. Niveles de abstracción: Nivel comportamental, Nivel transferencia de registros y Nivel compuerta.

CAPÍTULO 2
SINTAXIS DEL VHDL
Consideraciones generales. Elementos estructurales del VHDL. Sentencias secuenciales. Sentencias concurrentes. Tipos de datos. Operadores. Subprogramas.

CAPÍTULO 3
SÍNTESIS CON VHDL
Conceptos generales sobre síntesis de circuitos digitales. El estilo de descripción RTL. Lógica combinacional. Lógica secuencial. Máquinas de estados finitos con VHDL.

CAPITULO 4
MODELADO EN MÚLTIPLES DOMINIOS
Introducción y conceptos generales de la extensión para sistemas analógicos y de señal mixta. Nuevos elementos del lenguaje. Utilización de los mismos. Estilos de modelado con VHDL AMS. Comparación con otras herramientas de descripción y simulación. Otras alternativas de modelado: SIMSCAPE de Matlab.

CAPÍTULO 5
DISEÑO, SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES SOBRE DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES.
Introducción a los dispositivos lógicos programables. La familia Altera. Recursos disponibles en estos dispositivos. Diseño y simulación con VHDL. Implementación del diseño sobre placas de desarrollo. Evaluación y depuración. Comparación de desempeño.

Metodología de enseñanza

La gestión de la asignatura se realizará a través de la plataforma Classroom. A través de esta plataforma se distribuirá material de estudio como guías, trabajos de laboratorios, etc, y servirá de base para consultas fuera de horario de clases o de trabajo de los docentes en la Facultad. El material necesario será puesto a disposición de los estudiantes con por lo menos una semana de anticipación a la primera clase en la que se trate el tema.

La dinámica propuesta es la de proporcionar material de estudio conformado por videos tutoriales en los cuales los docentes abordan los temas a tratar con un enfoque orientado a establecer claramente las cuestiones conceptuales más relevantes de los mismos. Los estudiantes deberán asistir a clases, que tendrán el carácter de teórico/ prácticas, habiendo estudiado este material. Se motivará el auto aprendizaje, en un entorno de apoyo y contención por parte de los docentes.

Durante las clases en el horario formal se relacionarán los conceptos generales dados en los videos tutoriales y material adicional de la cátedra, necesarios para que los alumnos aborden problemas concretos de modelado y simulación. Los estudiantes deberán analizar los casos propuestos y realizar la correspondiente investigación bibliográfica que permita proponer soluciones. Se generará un espacio para la discusión tendiente a elaborar conclusiones sobre las diferentes alternativas de modelado de los grupos, los resultados esperados y efectuar una síntesis de los conceptos teóricos relacionados.

Dado que las estrategias de diseño electrónico actuales están fuertemente dominadas por el enfoque descendente, se ejercitará el mismo en el contexto de esta materia, en particular en trabajos de laboratorio y en el trabajo integrador de la materia. Se proponen actividades de diseño de determinados sistemas, para lo cual se fijan condiciones de funcionamiento, restricciones en los componentes a utilizar, etc. Los alumnos deben abordar el diseño integrando los conocimientos de la asignatura y los previos. Se deberán utilizar herramientas del estado del arte para el modelado y simulación (entornos libres provistos por fabricantes), demostrando sobre los resultados obtenidos la viabilidad y robustez de las propuestas efectuadas. Cuando sea posible (especialmente en el dominio digital), se pasará a implementaciones de laboratorio. El alumno debe demostrar que su sistema funciona correctamente, que la disposición de las mediciones ha

sido correcta y al mismo tiempo defender los criterios de diseño empleados para la solución. Todo esto debe ser volcado en un informe para su posterior evaluación.

Adicionalmente se propone una actividad de proyecto con carácter de integrador con las otras asignaturas del nivel. Esta actividad está orientada a la implementación de un sistema completo, cubriendo todas las etapas de concepción del sistema: diseño, simulación, implementación y evaluación experimental.

Recomendaciones para el estudio

- Estudiar el material entregado en formato video tutorial con anterioridad a la clase, efectuando una primera lectura de los temas abordados en la literatura de cabecera de la materia.
- Consultar periódicamente la plataforma de trabajo de la materia (Google Classroom), desde donde se distribuirá material de estudio y se responderán dudas en horario fuera del formal de clases.
- Mantener en clases una actitud participativa con los colegas, que le permita avanzar en la comprensión de las diferentes dimensiones abordadas en la materia.
- Consultar en clases al docente de forma periódica, permitiendo que el mismo conozca las dificultades por las que está atravesando y pueda articular acciones para mitigarlas.
- Mantenerse activo con consultas privadas o públicas (en el foro de la materia) a los docentes de la materia. Esto permite contribuir a la solución de problemas fuera del horario de clases.

Metodología de evaluación

Trabajos de diseño e implementación (experimentales y de simulación): la dinámica de trabajo en esta dimensión de la materia es grupal. Como se expresó anteriormente, se motivará fuertemente la aplicación de estrategias de diseño descendentes. Se efectuará una actividad experimental (cuanto menos) por cada unidad temática, permitiendo evaluar los resultados de aprendizaje RA1 a RA3. Los estudiantes deberán ser capaces de defender sus elecciones de ingeniería para los diseños efectuados y las disposiciones experimentales (setup experimental) adoptado para demostrar que los sistemas funcionan adecuadamente. Los estudiantes deberán formular un informe. El desempeño en el laboratorio y las fundamentaciones dadas en la defensa del trabajo como el informe pertinente serán evaluados según una matriz de corrección que contempla aspectos puramente ingenieriles (cálculos, metodología, criterios, etc.), pero además cuestiones vinculadas a la claridad de las explicaciones orales y escritas.

Actividad de integración: la actividad de integración es un espacio que se da durante las últimas semanas de la materia. Esta actividad contempla la propuesta de una idea-proyecto por parte de los estudiantes. Esta idea proyecto deberá incluir temáticas clave de la asignatura, que serán oportunamente explicitadas por los docentes de la materia. Una vez aprobada la idea-proyecto, se pasará a la instancia de ejecución de la misma.

Como se señaló antes, se pretende la aplicación de la metodología descendente. La nota final resultará de la ponderación de la defensa de los diseños efectuados por los estudiantes y del reporte efectuado, siguiendo una matriz de corrección como se indicó precedentemente. El trabajo permite evaluar todos los resultados de aprendizaje previstos.

CONDICIONES DE REGULARIDAD:

Para alcanzar la condición de alumno regular: Aprobar las actividades de diseño planteadas y el trabajo integrador.

Para alcanzar la aprobación directa: Aprobar las actividades de diseño planteadas y el trabajo integrador.

Cronograma de clases/trabajos prácticos/exámenes (tentativo)

NOTA: las actividades planteadas en cuentan con la actuación de los profesores del Área de Sistemas Embebidos de la FRVM. Los estudiantes tienen a disposición a los docentes en los horarios de clase. Esta modalidad puede soportarse fácilmente, dado la dedicación exclusiva de los docentes. Más allá del horario formal, los estudiantes pueden consultar libremente en la dependencia de la facultad donde los docentes cumplen tareas de investigación (Grupo de Estudios en Calidad en Mecatrónica).

Nº de semana de clase	Actividades a desarrollar
1	Presentación de la asignatura, explicación de las condiciones de regularidad, metodología de trabajos en grupo, requisitos para los informes. Capítulo 1: introducción al entorno de simulación VHDL Análisis de un modelo elemental de un circuito combinacional. Simulación.
2	Capítulo 2. Modelado y simulación utilizando sentencias secuenciales y concurrentes.
3	Diseño de sistemas.
4	Diseño de sistemas
5	Capítulo 3: Síntesis de circuitos utilizando VHDL
6	Diseño de sistemas
7	Capitulo 4: Modelado de subsistemas analógicos utilizando AMS
8	Diseño y simulación de sistemas utilizando VHDL AMS
9	Diseño y simulación de sistemas VHDL AMS
10	Capítulo 4: Modelado de subsistemas analógicos utilizando SIMSCAPE
11	Diseño y simulación de sistemas usando SIMSCAPE
12	Diseño y simulación de sistemas usando SIMSCAPE
13	Capítulo 5: Síntesis y evaluación sobre plataformas FPGA.
14	Proyecto integrador
15	Proyecto integrador
16	Proyecto integrador

Recursos necesarios

- **Espacios Físicos**: Se requieren las facilidades del laboratorio de electrónica para las todas las actividades de la materia. Para algunas actividades se requiere el laboratorio de informática para simulaciones de circuitos y resolución de problemas con herramientas de cálculo. Acceso a internet inalámbrica en las aulas.
- **Recursos tecnológicos de apoyo**: Se requiere de un proyector multimedia tanto para las actividades de resolución de actividades teórico-prácticas como para el laboratorio. Software para simulación de circuitos (con motores de simulación SPICE), herramientas de cálculo como Matalb o similares, etc.

Referencias bibliográficas (citadas según Normas APA)

Bibliografía obligatoria, optativa y otros materiales del curso.

Hartmut F.-W. Sadrozinski, Jinyuan Wu. Applications of Field-Programmable Gate Arrays in Scientific Research. CRC Press 2011.
Esteban Tlelo-Cuautle, José de Jesús Rangel-Magdaleno, Luis Gerardo de la Fraga. Engineering Applications of FPGAs. Springer 2016.
Orhan Gazi A Tutorial Introduction to VHDL Programming . Springer 2018.
Vaibbhav Taraate PLD Based Design with VHDL RTL Design, Synthesis and Implementation Springer 2018.
M. Morris Mano. - Digital Logic and Computer Design.-Pearson India. 2017.
M. Morris R. Mano, Michael D. Ciletti - Digital Design_ With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and System Verilog-Pearson. 2017.
Charles H. Roth, Lizy Kurian John - Digital Systems Design Using VHDL 3rd Edition-Cengage Learning. 2018.
Brock LaMeres, "Quick start guide to VHDL", Springer-Verlag, 2019.
Brock LaMeres, Introduction to logic circuits design with VHDL, Springer-Verlag, 2019.
M. Rafiquzzaman and S. Mc Ninch, "Digital logic with an introduction to Verilog an FPGA-based design, Wiley, 2019.
V. Pedroni, "Circuit design with VHDL, Third edition, The MIT Press, 2020.
H. Amano, Principles and structures of FPGAs, Springer, 2018.
S. Das, Modeling and Simulation of mechatronic systems using Simscape, Morgan and Claypool, 2020.

Matlab/Simulink, Manuales de ayuda
Hojas de datos de Intel.
Notas de aplicación de Intel.
Manual Quartus.
Videos tutoriales generados por la cátedra.
Videos tutoriales brindados por los fabricantes.

Función Docencia

Detallar las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura.

- Clases de actividades teórico-prácticas.
- Clases de resolución de problemas
- Clases de evaluación experimental de diseños.
- Desarrollo de proyecto integrador
- Clases de consulta
- Clases especiales para explicación de contenidos teóricos (a requerimiento de los estudiantes).
- Desarrollo de material audiovisual.
- Desarrollo de guías de trabajos prácticos
- Desarrollo de guías de autoestudio.
- Planificación de proyectos.
- Corrección y devolución de parciales y demás actividades.

Reuniones de asignatura y área

Detalle y cronograma previsto de reuniones de cátedra y área.

Reuniones de cátedra con periodicidad semanal. Reuniones de área a solicitud del Dpto.

Atención y orientación a las y los estudiantes

Detalle y cronograma de actividades de trabajo de campo, visitas y/o pasantías previstas en el desarrollo de la asignatura.

No se realizan estas actividades en el contexto de la asignatura

Detalle y cronograma de actividades de atención y orientación a las y los estudiantes (dentro y/o fuera del horario de clase)

- **Momento de recuperación de actividades no cumplidas:** se mantendrá actualizado el momento de recuperación de actividades mediante la plataforma de la materia.
- **Actividades previas a la clase que deben realizar los y las estudiantes (sugerencias de revisión de conceptos teóricos y actividades prácticas, así como un recordatorio de las actividades pendientes):** las recomendaciones sobre temáticas previas a repasar se encuentran disponibles conforme se avanza en la materia en el classroom de la materia, en las guías de actividades y orientaciones dadas por los docentes de la cátedra de forma presencial. Particularmente importante es la coordinación previa a las clases de laboratorio.
- **Actividades posteriores a la clase que deben realizar los y las estudiantes, en horario no presencial:** Igual que el caso anterior.
- **Actividades de aprendizaje autónomo:** Igual que en el caso anterior.

ANEXO 1: FUNCIÓN INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN (si corresponde)

En este Anexo 1 (a completar si correspondiese) la cátedra detallará las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura.

Lineamientos de Investigación de la cátedra
Para introducir a las y los estudiantes a las actividades de investigación que realiza la cátedra. Se recomienda incorporar al Programa analítico de la asignatura los lineamientos de investigación en los cuales la asignatura este participando.

Lineamientos de Extensión de la cátedra
Para introducir a las y los estudiantes a las actividades de Extensión que realiza la cátedra. Se recomienda incorporar al Programa analítico de la asignatura los programas de Extensión en los cuales la asignatura este participando.

Actividades en las que pueden participar las y los estudiantes	
Incluir todas aquellas instancias en las cuales las y los estudiantes puedan incorporarse como participantes activos tanto en proyectos de investigación como de extensión, en la asignatura o mediante el trabajo conjunto con otras asignaturas.	
Eje: Investigación	
Proyecto	Cronograma de actividades
Eje: Extensión	
Proyecto	Cronograma de actividades