

DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES PARA ELECTRÓNICA DE POTENCIA: EVALUACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MATERIAL DIDÁCTICO

C. BRIOZZO, V. ECHINOPE Y G. CASARAVILLA

*Departamento de Potencia, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería,
Universidad de la República, Uruguay*

Se presenta el diseño y la evaluación de un material didáctico sobre Dispositivos Semiconductores para Conmutación de Potencia. Está dirigido a alumnos de grado que cursan Electrónica de Potencia. Se presentan los resultados de la primera evaluación a efectos de determinar la calidad del texto elaborado. La evaluación consiste en la aplicación de un procedimiento diseñado por el grupo de Electrónica de Potencia ya probado en anteriores oportunidades para evaluar productos didácticos creados por el referido grupo.

1 Introducción

Los objetivos del curso de grado de Electrónica de Potencia (EDP) de una titulación de Ingeniero Electricista incluyen tanto principios de conversión de potencia y circuitos asociados como conceptos sobre la implementación física real de los convertidores. Los textos disponibles tratan el tema componentes o bien en forma descriptiva o empleando recursos de física del estado sólido que normalmente exceden lo requerido en un curso de grado. En general las características de los componentes reales no aparecen claramente vinculadas a las aplicaciones [1, 2, 3, 4, 5]. Se plantea la necesidad de una herramienta didáctica que, mediante un enfoque jerarquizado de las características de los componentes, las vincule a los requerimientos de las topologías y parámetros de trabajo en aplicaciones prácticas. El planteo implica tanto la redacción de un texto como un proceso de evaluación que lo valide en forma eficaz.

2 Descripción del módulo didáctico elaborado

El texto consiste en una presentación de los semiconductores de uso normal en los convertidores utilizados en EDP. Está destinado a un curso de grado de aproximadamente 70 horas de clase de la carrera de Ingeniero Electrónico/Electricista. El tratamiento de los componentes semiconductores representa algo menos de la cuarta parte de esa carga horaria.

Se presenta la implementación real de las llaves que se usan en las distintas topologías de convertidores. Se tratan los distintos componentes semiconductores de modo que se entienda cómo funcionan y cuáles son los más adecuados para cada topología y aplicación. Presenta las estructuras físicas y los funcionamientos con suficiente justificación como para que el estudiante comprenda las ideas detrás de la creación de cada dispositivo así como su aplicabilidad. Los componentes se presentan como realizaciones físicas de la llave ideal con la cual suelen estudiarse las topologías, destacando, mediante el análisis de los aspectos estructurales, en qué medida y en qué aspectos la implementación real se aproxima o se aparta de dicha llave ideal. Se establece una correspondencia natural entre la aplicación y el dispositivo más conveniente para la misma, que el estudiante aprende e incorpora realizando el primer dimensionado de los componentes para una aplicación dada. El estudiante podrá abordar tanto un diseño como una selección apropiada de tecnología o una simple sustitución de componente. En este contexto, el estudiante aprende a manejar una hoja de datos. A partir de los parámetros fundamentales será capaz de realizar una primera selección y comprender por sí mismo toda la información complementaria de ese tipo de documentos.

Se realiza en primer lugar el análisis del tiristor, el componente más clásico de EDP. Se utiliza su estudio detallado para reafirmar conceptos fundamentales de conducción de semiconductores, apartamientos del comportamiento ideal en llaves reales durante los procesos de prendido y apagado, mecanismos de bloqueo de tensión así como el tratamiento de los problemas térmicos, aspectos en su mayor parte generalizables a todos los componentes.

Luego se tratan las llaves apagables mediante electrodo de comando. Se presentan, en un contexto típico de aplicación, los rasgos comunes de las llaves apagables reales, identificando qué apartamientos del dispositivo ideal deben considerarse en cada aplicación. Se analiza todo lo relativo a los circuitos auxiliares (snubbers, clamps, amortiguadores) que son parte esencial del funcionamiento de las llaves apagables en general. Luego se presentan diferentes implementaciones de uso corriente, sus estructuras y modos de operación, sus ventajas, limitaciones y campos de aplicación. En el Anexo 1 se puede ver el índice completo del texto objeto de este trabajo.

3 Metodología para la evaluación del trabajo

Para evaluar la herramienta didáctica se empleó la misma estrategia utilizada en diseños anteriores [6] por parte del Grupo de Electrónica de Potencia. La idea es usar como “debuggers” a los usuarios directos del producto en el momento en que lo necesitan para sus estudios lo cual agrega una fuerte motivación para realizar el trabajo de revisión. Se decidió para esta oportunidad ampliar el perfil de los evaluadores contando con estudiantes que cursan la asignatura en el primer semestre de 2006 y con estudiantes que ya hubieran aprobado la asignatura en años anteriores.

El estudiante debe leer el texto e ir identificando observaciones catalogadas como “Errores ortográficos”, “Errores de tipeo”, “Errores de tipo conceptual”, “Puntos que no están suficientemente bien explicados”, “Puntos que están mal explicados (no se entiende)”, “Falta de Información (se hace referencia a algo en lo que no hay forma de saber como profundizar o simplemente a que se refiere)”, “Errores de visualización (por ejemplo algo que no se ve bien en los dibujos)” y “Sugerencias de mejora”. En el Anexo 3 se reproduce el instructivo para los evaluadores. Al cabo de esta lectura el estudiante entrega como resultado de la evaluación una planilla electrónica con una tabla de tres columnas, a saber: *Nº* (marcador en la impresión del trabajo de modo de facilitar la ubicación), *Código de Observación* (de acuerdo a la tabla de códigos y su significado), *Comentario* (se pide la descripción más completa posible). Con este elemento los redactores del texto atienden cada una de las observaciones, eliminan las repetidas entre los diferentes evaluadores y clasifican cada una (de todos) en “Corregida totalmente”, “Corregida parcialmente”, “No contemplada, fuera de lugar” y “No contemplada, fuera del alcance del curso”. Esta forma de evaluación permite obtener una rápida categorización de la calidad del producto. Si por ejemplo hay muchos puntos que “No están suficientemente claros” y se responden con un “Corregido totalmente” se puede concluir que el texto original se ha mejorado pero que hay un desajuste entre los conocimientos de partida de estudiante y la capacidad del profesor en transferirle un conocimiento o habilidad. Una mayoría de puntos “Faltos de Información” que se responden con un “No contemplada, fuera de lugar” puede significar que si bien el estudiante pretende más información, el profesor considera que escapa al alcance del curso.

4 Resultados de la evaluación

Se contó con 9 evaluadores, 6 estudiantes del corriente curso y 3 evaluadores con la asignatura ya aprobada (de hecho dos ya han egresado). A los efectos del reclutamiento de evaluadores del primer perfil reseñado, se realizó una convocatoria en el marco de una asignatura que otorga 2 créditos (equivalente a 30 horas de trabajo del estudiante). Esta asignatura se denomina “Módulo de Taller” y es de contenido totalmente flexible de tal forma que puede ser determinado por el plantel docente en

cada caso (incluso si se desea para cada estudiante en forma individual). En el Anexo 2 se reproduce el texto de la convocatoria.

La Fig. 1 muestra la cantidad de observaciones en cada una de las categorías en que el evaluador clasificó sus observaciones, como quedaron luego de la depuración de repeticiones y finalmente su distribución luego de que los autores del texto reclasificaran las observaciones de los evaluadores.

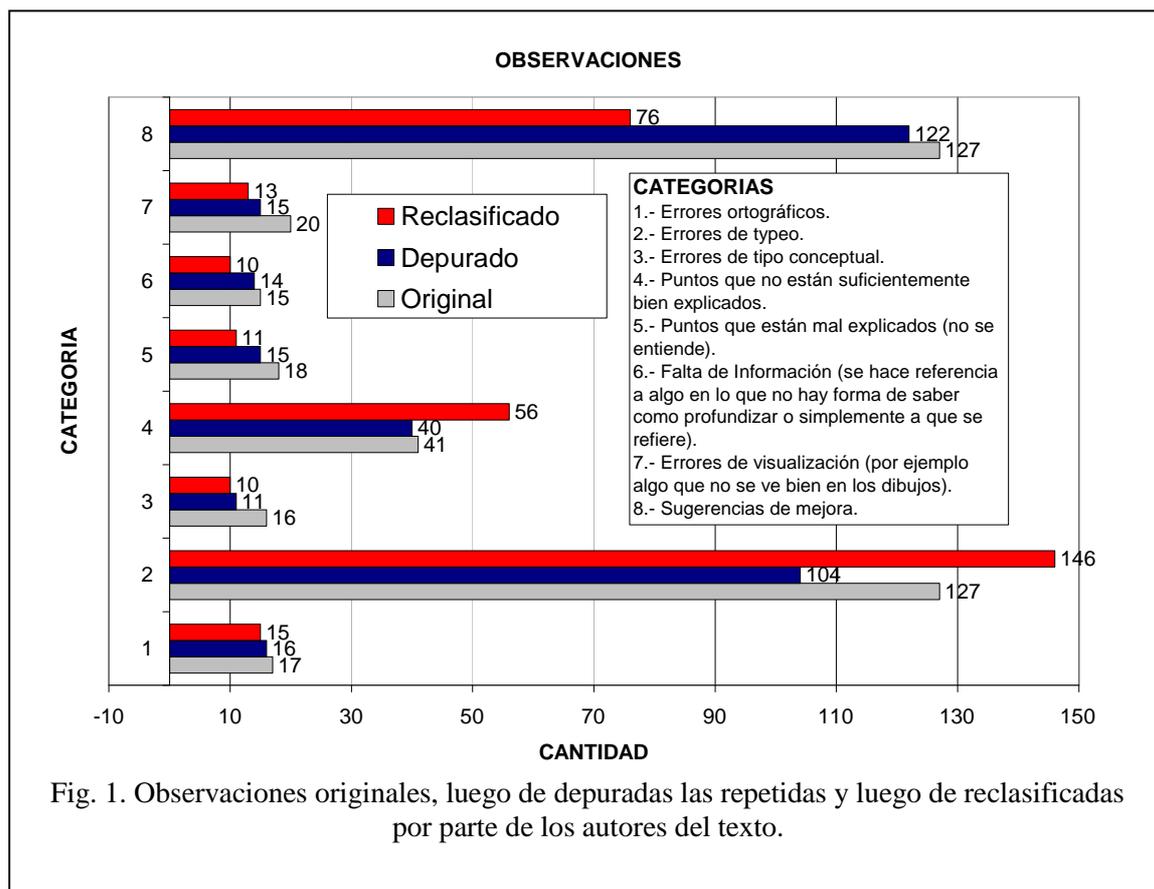


Fig. 1. Observaciones originales, luego de depuradas las repetidas y luego de reclasificadas por parte de los autores del texto.

La depuración (eliminación de observaciones repetidas) es naturalmente mayor en los errores llamados de tipeo, que son en general detectados en forma uniforme por los evaluadores. Parece razonable que en las demás categorías el depurado no elimine observaciones significativamente ya que en esta actividad incide mucho más la diversidad de interés, enfoque y formación de los evaluadores (es particularmente curiosa la poca superposición en la detección de errores ortográficos).

Al realizar la reclasificación se constató en primer lugar que la categoría “sugerencias de mejora” contenía un importante porcentaje de observaciones correspondientes a la categoría “errores de tipeo” presumiblemente debido a que no se aclaró debidamente el concepto “sugerencia de mejora”. Es evidente que toda corrección contiene una sugerencia de mejora, lo que se pretendía era que no se incluyeran observaciones de las otras categorías. Esto se logró parcialmente.

En segundo lugar se constata que casi todas las observaciones reclasificadas correspondientes a los puntos 3, 5, 6, y 7 pasaron a aumentar el número de observaciones tipo 4 (“puntos que no están suficientemente bien explicados”). Los evaluadores tuvieron la percepción de que muchos puntos contenían errores o estaban mal explicados cuando en realidad lo que había era incomprensión por

falta de exhaustividad en esas explicaciones. Cabe resaltar que también algunas sugerencias de mejora correspondían a una insuficiente explicación.

Por otra parte la Tabla 1 muestra para cada una de las categorías de observación qué acciones resolvieron adoptar los autores del texto.

		Observaciones										
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Acciones	1	13	132	8	34	6	7	10	44	254	76%	336
	2	1	10	1	10	2	2	1	9	36	11%	
	3	1	3	1	8	3	1	2	18	37	11%	
	4	0	0	0	3	0	0	0	2	5	1%	
	5	0	0	0	1	0	0	0	3	4	1%	
		15	145	10	56	11	10	13	76			
		4%	43%	3%	17%	3%	3%	4%	23%			
		336										

ACCIONES

- 1.- Corregida totalmente.
- 2.- Corregida parcialmente.
- 3.- No contemplada, fuera de lugar.
- 4.- No contemplada, fuera del alcance del curso.
- 5.- Modificación del alcance para contemplar observación

Tabla 1. Acciones tomadas para cada conjunto de observaciones.

A grandes rasgos, luego de la depuración, la gran mayoría de las observaciones (76%) se clasifican como pertinentes y merecen una corrección completa. Un 11% se corrigen parcialmente y otro 11% se desestima por fuera de lugar.

Es de destacar que hubo observaciones para las cuales no fue posible decidir una de las cuatro acciones previstas inicialmente, puesto que hicieron que los autores se propusieran reconsiderar el alcance previsto para el material, fundamentalmente en el capítulo relativo a elementos de física de semiconductores en el cual sólo se pretendía fijar algunas ideas generales sobre principios de conducción en los mismos. Se vio que es necesario considerar la posibilidad de un material más autocontenido y no tan dependiente de los conocimientos que los estudiantes adquieren en otros cursos. Con el objetivo de contemplar esta circunstancia se agregó una acción número 5: “modificación del alcance para contemplar observación” que alcanzó un 1% de las acciones.

Finalmente no se contemplaron por quedar fuera del alcance del curso solamente el 1% de las observaciones.

A los efectos de tener un elemento adicional sobre la evaluación del texto, se adjuntan en el Anexo 4 los comentarios generales y sugerencias realizados por los evaluadores. Se podrá apreciar que los mismos son sumamente constructivos, incisivos y al mismo tiempo destacan la utilidad y calidad del texto evaluado.

5 Conclusiones

Se ha evaluado una propuesta de texto como herramienta para enseñar dispositivos semiconductores en Electrónica de Potencia. Del comentario de los evaluadores, la mayoría de los cuales están usando el texto en su curso, y de los resultados de la evaluación cuantitativa de las observaciones registradas se desprende que el material es ya de utilidad en la medida que presenta ideas nuevas para el estudiante a un nivel acorde con los conocimientos previos y las exigencias de un curso de grado. El tipo y número de observaciones muestran que es posible converger muy rápidamente a un producto didáctico de la calidad objetivo. Una distribución distinta de observaciones, con predominancia de observaciones 3 y 5 hubiera constituido un indicio de que el nivel del material estaba lejos del requerido.

El método de evaluación permite además realizar las correcciones en forma ordenada y jerarquizada, sabiendo de antemano de qué manera se encarará el ajuste del texto frente a cada observación considerada como válida.

Una vez finalizada la corrección de acuerdo a estas observaciones los estudiantes dispondrán de un material con las bases del tema que les permitirá seguir el curso en forma eficiente, aprovechar mejor las clases y encarar, de ser de su interés, el empleo de dispositivos reales ya que dispondrán de las herramientas necesarias para la comprensión adecuada de las hojas de datos.

El impacto fundamental respecto a la situación previa es que el estudiante recibe al inicio del curso un texto con estricta correspondencia con lo que se dicta en clase y con los objetivos planteados. Esto permite que las clases sean más ágiles y fáciles de atender por parte del estudiante que no tiene que tratar de resumir textos demasiado complejos o complementar presentaciones superficiales.

En este contexto se concluye que el texto evaluado y el método de evaluación cumplen con todos los objetivos buscados. Por una parte la metodología de evaluación nuevamente demostró ser fácil de implementar y eficiente. Por otra parte luego de realizadas las acciones asociadas con cada observación se dispondrá de un texto de la calidad y profundidad necesarias para la enseñanza de grado de Electrónica de Potencia.

Agradecimientos

A los evaluadores: Guillermo Cabrera, Nicolás Castroman, Gabriel Barbat, Diego Giacosa, José Inda, Tony Isi, Pablo Senatore, Francisco Souza y Nicolás Yedrzejewski.

Referencias

- [1] Kjeld Thorborg. Power Electronics.. ISBN-0-13-686577-1.
- [2] Ned Mohan, Tore M. Underland and William P. Robbins. Power Electronics. ISBN-0-471-58408-8.
- [3] Iiichi Ohno. Introduction to Power Electronics. ISBN-0-19-859338-4.
- [4] John G. Kassakian, Martin F. Schlecht and George C. Verhese. Principles of Power Electronics. ISBN-0-0-201-09689-7.
- [5] Muhammad H. Rashid. Electrónica de Potencia. ISBN-970-26-0532-6.
- [6] G. Casaravilla, R. Campos, C. Pivel, A. Rodriguez, J. Romero. "Tutor del SiMeep y ConRed" TAAE 98 España.

Anexo 1: Índice del texto

a.- Introducción, Llaves ideales, Diodo ideal, Tiristor ideal, Llave apagable con conducción inversa, Llaves reales.

b.- Conducción en los semiconductores, Conductividad intrínseca, Semiconductores tipo n y tipo p, Creación de material n, Creación de material p, Disponibilidad de cargas en el semiconductor, Creación de zonas p y n en un semiconductor

c.-Tiristores, Características generales del tiristor real, El tiristor como llave abierta, El tiristor en conducción, Estructura de un tiristor, Funcionamiento, No conducción: Bloqueo, Conducción, Modelo de dos transistores, Caída de tensión en conducción, Característica ánodo – cátodo, Encendido, Valor máximo de la velocidad de subida de la corriente (dI/dt), Riesgo de falla por dI/dt en aplicaciones prácticas, Modificación de cátodo, Disparo, Valor de la corriente de gate, Característica de gate y características de disparo de gate, Circuito de disparo, Implementación práctica del circuito de disparo, Apagado, Imposibilidad estructural del apagado, Procesos de apagado, Apagado en un rectificador conmutado por la red – conducción inversa, Apagado en un inversor conmutado por la red – tq, Manejo térmico, Generación de calor, Modelo térmico de un tiristor en un montaje práctico – Resistencia térmica, Cálculo de la temperatura media – Ejemplo, Temperatura instantánea: Impedancia Térmica Transitoria, Cálculo de la temperatura instantánea en régimen estacionario,

d.-Llaves completamente controlables mediante electrodo de comando, Introducción, Llave apagable básica, Conmutación con carga inductiva limitada en tensión, Formas de onda y potencia disipada en la llave. Relación con “Ratings” y “Características”, Formas de onda, Potencia disipada, Sobretensiones y sobrecorrientes en la conmutación inductiva clampeada, Circuitos de ayuda a la conmutación (“snubbers”), Circuito RC de amortiguación de oscilaciones, Circuito de ayuda al encendido (turn on snubber), Circuito limitador de sobretensión (clamp de sobretensión), Circuito de ayuda al apagado (snubber de apagado), Snubbers no disipativos, Llaves apagables más utilizadas.

e.- Llaves completamente controlables. Implementación física, Tiristores apagables: GTO y GCT, Transistor bipolar de juntura (BJT), MOSFET, Transistor bipolar de compuerta aislada (IGBT).

Anexo 2: Convocatoria a estudiantes para realizar la evaluación

Electrónica de Potencia - MODULO de TALLER

Evaluación del material : Componentes Semiconductores para Electrónica de Potencia. Cesar Briozzo y Virginia Echinope, 2006.

MODULO DE TALLER 4 (2 CREDITOS): Están abiertas las inscripciones (preliminares internas en el IIE) para los estudiantes de Ingeniería Eléctrica interesados en la realización de un trabajo que podrá ser realizado a domicilio con el objetivo de evaluar el material teórico editado sobre Componentes. Tiene una duración aproximada de 30 horas y reporta 2 créditos (asignatura Módulo de Taller 4 a la cual se deberán formalmente inscribir en el próximo periodo de inscripciones de Julio). El material consiste en un texto de 80 carillas que les será enviado en formato pdf a los inscriptos.

El propósito del trabajo es leer el material con ojo crítico indicando todas los errores, dificultades encontrados, sugerencias de mejora, etc.

Previaturas: Haber ganado el curso o estar cursando la asignatura "Electrónica de Potencia".

Cierre de incripciones: 24 de Mayo

Plazo para realizar el trabajo: 2 semanas, 7 de Junio

Los estudiantes interesados en participar deberán contactarse con Gonzalo Casaravilla directamente o en el mail gcp en fing punto edu punto uy

Por más datos

<http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/elpot/Modulo de Taller Evaluacion Componentes2006.html>

Anexo 3: Instrucciones para los evaluadores

MODULO de TALLER - EVALUACION DEL TRABAJO:

Componentes Semiconductores para Electrónica de Potencia.
Cesar Briozzo y Virginia Echinope, 2006

Informe y Formulario

El objeto del informe es poder caracterizar las observaciones encontradas. A los efectos de uniformizar la forma de presentación de los resultados se debe hacer una tabla excel en la que consten:

Nº (Se marcará a mano ese mismo número en la impresión del trabajo)
Cod de Observación (poner el número del código de acuerdo a la tabla que sigue)
Comentario

Cod de Observación

- 1.- Errores ortográficos.
- 2.- Errores de typeo.
- 3.- Errores de tipo conceptual.
- 4.- Puntos que no están suficientemente bien explicados.
- 5.- Puntos que están mal explicados (no se entiende).
- 6.- Falta de Información (se hace referencia a algo en lo que no hay forma de saber como profundizar o simplemente a que se refiere).
- 7.- Errores de visualización (por ejemplo algo que no se ve bien en los dibujos).
- 8.- Sugerencias de mejora.

Se deberá entregar:

- 1.- Informe escrito impreso con
 - a.- Sugerencias generales para mejorar el producto (las particulares están contenidas en el campo "comentario" de la tabla excel.
 - b.- Apreciaciones generales de si el material ayuda a la comprensión de la asignatura.
- 2.- La impresión del texto con la ubicación de los correspondientes Nºs de la tabla excel.
- 3.- Impresión de la tabla excel.
- 4.- El archivo de la tabla excel.

Anexo 4: Transcripción de los comentarios de los evaluadores

Apreciaciones Generales.

Más allá de los comentarios específicos, el material está sumamente entendible. Hay algunos temas particulares como: Estructuras de componentes, Controles como PWM, Estructura de convertidores DC-DC, en los cuales si no se tiene un cierto nivel de conocimientos previos es difícil su comprensión, ya que no se ahonda mucho en los mismos. De todas formas supongo que esa es la idea del material.

Creo que el material es útil para la comprensión de la asignatura ya que esta todo lo visto en clase relacionado con estos temas.

En las asignaturas que no tienen un material con el temario completo del curso, se hace muy complicado el estudio ya que hay que recurrir a una diversidad muy grande de bibliografía y además si no se asiste a clase no se tiene una idea cierta de la profundidad con que se deben encarar los temas. Con este material se logra evitar los inconvenientes antes mencionados, e incluso ahorrarles a los estudiantes un tiempo importante en la búsqueda del material y en el tiempo de estudio. Esto es fundamental, principalmente para aquellos que trabajan y que realmente el tiempo que le dedican al estudio debe ser aprovechado de la manera más eficiente. Metiéndonos mismo en el material, pienso que en líneas generales el producto presentado es muy bueno, cumpliendo, creo yo, con su finalidad que es facilitar el aprendizaje del estudiante.

La dificultad que encontré es en comprender el comportamiento de los portadores debido al estar un poco olvidado de lo que se dio en la asignatura electrónica I.

Lo primero que hay que decir es que sin duda es un material sumamente importante para el curso, no solo porque trata un tema para el que no se encuentran explicaciones amigables, sino también por quienes lo escriben. Los autores son docentes de la materia por lo cual son más que indicados para escribir el texto y posibilita la mejora del texto año a año teniendo una realimentación directa de los alumnos. También cabe mencionar que se trata de un tema muy interesante del cual siempre es bueno tener una referencia escrita de fácil comprensión.

Pasando a los cuestionamientos, mi principal crítica es que es un texto para gente que ya curso la materia, en particular a mi se me hizo muy amigable de leer pero siempre recordando los conceptos ya adquiridos en el curso, creo que para alguien que esta aprendiendo el texto es un poco tosco, le falta una línea que incentive la lectura y explicar en forma reiterado los conceptos más importantes para que no se pierdan de vista. Sobre el contenido yo esperaba un texto más exhaustivo sobre semiconductores, y no se si es el mejor ejemplo los GTO – GCT para desarrollar, quizás seria mejor hablar más de los MOSFET o de los IGBT.

No es posible leer estas notas completamente mientras uno se prepara para el primer parcial, debido a su extensión. Esto último no es un problema a menos que haya sido parte del objetivo del trabajo. De todos modos, cuando se está estudiando para ese parcial sirven como material de consulta cuando surge alguna duda sobre algún tema específico, sobre todo si el material se leyó anteriormente. Por otro lado, no cabe duda de que las notas serán muy útiles para prepararse para el examen oral. También es buena idea leer del material los temas antes de que se den en clase. En definitiva, las notas son bastante útiles para reforzar lo dado en clase, sobre todo si se consultan a lo largo del curso.

Puntos débiles: del estudio del texto lo que se evidencia es un mal manejo de las figuras que se ilustran. Hay muchas de ellas que no tienen referencia en el texto y que son muy importantes en la comprensión del mismo. Otro aspecto de menor importancia, son los desarrollos truncos. Si bien hay

cuentas que se entiende que no deben aparecer desarrolladas totalmente, a mi juicio hay otras que aunque parezcan triviales podrían estar un poco más desarrolladas (por ejemplo la potencia disipada en el encendido del tiristor Won, 3.7 Manejo térmico).

Puntos positivos: el primero a resaltar son los ejemplos presentados, que deberían ser más, pero que están propuestos oportunamente. Luego en lo concerniente a la facilidad de comprensión de los temas tratados, considero que se ha logrado una buena producción, amena y entendible, que logra despertar mucho interés en los temas que trata.

Las notas me resultaron muy buenas para leerlas en paralelo con las clases. Personalmente, me resultaron útiles para recuperar tres clases a las que no pude asistir. Las notas siguen muy bien lo dado en clase, y a pesar de todos los errores encontrados y sugerencias que suministré, en general los temas estaban bien explicados, a mi entender.

Este material permite al alumno concurrir a la clase con una idea acabada del tema, y para el no-alumno resulta un libro de consulta de muy buen nivel. Considero que es un aporte invaluable para el ámbito estudiantil.

Además la bibliografía sobre este tema, en español, con este nivel y profundidad es escasa. Con este trabajo se realiza un muy buen aporte a esta área.

No queda más que agradecerles y alentarlos a seguir en este camino.

Sugerencias Generales.

No hay sugerencias generales para mejorar los apuntes. Todo lo contrario. Me parece que es una gran ayuda y una guía muy importante sobre todo a la hora de preparar el examen oral. El texto está muy bien redactado, en general es bastante claro y pero sobre todo es un material muy completo.

En diversos lugares del texto aparecen imágenes que si bien están relacionadas con el tema, nunca se citan. Creo que se podría aprovechar más esta información y hablar un poco de ellas.

Pasa frecuentemente en el texto que se está hablando de un tema y salta bruscamente a otro. Sugiero que en estos lugares o bien se modifique la oración para que sea más continuada o directamente exponer los temas con un punteo.

Todo el Capítulo 2 se podría explicar mejor, si bien soy consciente de que es un tema complicado se podría utilizar algunas figuras.

El material, en general, está muy bien presentado y realmente es difícil hacer alguna sugerencia para su mejora, ya que creo que está bien dividido según los temas, utiliza figuras adecuadas para la comprensión y la redacción es muy buena prácticamente en todo el material. Sin embargo, a pesar de que el capítulo dos sea un repaso de temas ya conocidos, se hace difícil su comprensión, debido a la forma en que está presentado, ya que no hay figuras y esto hace que el texto quede “pesado” de leer. Por lo antes descrito, pienso que algunas figuras en partes claves dentro de este tema podrían ayudar a facilitar la comprensión del mismo, sin perder en cuenta que se trata de un resumen de lo estudiado en cursos anteriores y por ende no se debe profundizar demasiado, si es esto lo que se busca. Por otro lado, resulta difícil comprender el tema del capítulo cinco (GTO-GCT), debido a que en sí el tema es complicado, y no creo que haya sido por una mala presentación.

Como sugerencia, si la idea del material es ser más completo en conocimientos previos, habría que realizar un apéndice con un repaso del funcionamiento de los transistores.

Por otro lado, las faltas de sintaxis, debido a que no hay un código de observación que las agrupe, fueron “repartidas” en faltas de ortografía o de tipeo según el caso.

Primero quisiera comentar que yo no estudié los temas de otras fuentes que no fueran las clases y las mismas notas que se están evaluando. Es así que sería muy difícil encontrar errores de tipo conceptual. En el archivo de Excel clasifiqué algunas pequeñas correcciones como de tipo 3 (error conceptual), pero éstos no son párrafos que transmitan una idea errónea, ni nada por el estilo, sino más bien posibles distracciones que se ajustan mejor a esta categoría. Otra sugerencia para mejorar la presentación del material es que se cuide mejor dónde aparecen las imágenes. Específicamente hay algunas que quedaron entre una introducción a una ecuación y la ecuación correspondiente.

En el tema de llaves apagables hice un comentario en el archivo de Excel del cual me parece bueno hablar aquí también. El tema es que no queda claro qué es una carga inductiva clampeada, a pesar de que sí se entiende como es el comportamiento de la llave con su presencia. Es así que no sé si yo podría identificar esta carga en otros sistemas que no sean inversores o choppers elevadores. Además, sería bueno mostrar cómo quedan los circuitos de ayuda a la conmutación en los casos específicos que se mencionaron.

El capítulo 5 se me hizo bastante pesado, debido en parte a que no pude asistir a la clase en la que se dio el tema. La ventajas principales que tiene ese capítulo frente a los otros son: que muestra fotos de los dispositivos y que se cierran algunas ideas que habían quedado "colgadas" en el tema de llaves apagables.