

Proyecto de diseño: Sistema de alimentación para aplicaciones industriales y automotrices

Se deberá diseñar un sistema electrónico que genere una tensión de alimentación de 5V a partir de la tensión de una batería, de una manera eficiente. La tensión de la batería puede tener un amplio rango de variación (12V a 30V).

La aplicación de este sistema es proveer alimentación estable a cargas como microprocesadores, sensores y transceptores de comunicación, tanto para aplicaciones automotrices como industriales.

El sistema estará compuesto de una fuente de alimentación conmutada, como pre-regulador que alimenta a un regulador lineal de bajo drop-out (Low Drop-Out, LDO), que será el encargado de suministrar la alimentación a las cargas de interés. Este LDO generará 5V @1,5A.

Se pueden implementar funciones de protección por sobre-corriente, por baja y alta tensión (UVLO y OVLO) tanto para el pre-regulador conmutado como para el regulador lineal.

Especificaciones Generales

A continuación se listan las especificaciones que se deben cumplir y/o especificar una vez finalizado el diseño.

Las especificaciones faltantes se deberán fijar en función de la aplicación, discutiendo con sus respectivos tutores. Esto en sí mismo es un ejercicio interesante a realizar ya que da una idea de cómo interactúan los subsistemas entre sí y sus respectivas especificaciones.

Característica	Símbolo	Condiciones de prueba	Min.	Tip.	Max.	Unidades
Especificaciones Generales						
Rango de operación tensión de entrada	VIN		12	24	30	V
VIN UVLO arranque	VIN_UVLO_START	VIN creciendo				V
VIN UVLO apagado	VIN_UVLO_STOP	VIN decreciendo				V
VIN UVLO histéresis	VIN_UVLO_HYST					V
Corriente de alimentación inactivo	IQ	VIN=12V				mA
	IQ_Sleep	ENABLE=0				mA
Especificaciones regulador BUCK						
Eficiencia	η	12V < Vin < 30V	85	90	95	

		100mA < I _{out} < 1,5A				
Frecuencia de conmutación	fsw		120		140	kHz
Tensión regulada del BUCK	VREG	12V<VIN<30V 100mA<I _{VREG} <1.5A fsw=120kHz	9,3	9,5	9,7	V
LX slew rate creciendo	SR_LX(rise)	VIN=12V, 10% a 90%, I _{VREG} =1A				V/ns
LX slew rate decreciendo	SR_LX(fall)	VIN=12V, 90% a 10%, I _{VREG} =1A				V/ns
Mínimo ON time	ton(min)					us
Mínimo OFF time	toff(min)					us
Resistencia de encendido HS MOS	R _{dson} (HS)	VIN=12V, I _{ds} =1A, T=25°C				mΩ
Resistencia de encendido LS MOS	R _{dson} (LS)	VIN=12V, I _{ds} =1A, T=25°C				mΩ
Tiempo de encendido lento	tss					ms
Especificaciones reguladores lineales Vo						
Vo exactitud y regulación de carga	Vo	100 mA< I _{out} <1,5A VREG=9,5V	4.9	5	5.1	V
Vo rango de capacidad de carga	C _{OUT} (Vo)		1.0	2.2	15.0	uF
Vo corriente límite	I _{LIM} (Vo)			1,5A		A
Corriente de foldback	I _{FBK}	Vo=0V		400		mA
Vo startup time	t(start)	C=2.2uF, I=100mA				ms
	t(start)	C=2.2uF, I=100mA				ms

Etapas de Diseño:

El proyecto de diseño está pensado para que se pueda ir ejecutando a medida que se van adquiriendo los conceptos necesarios.

Dado que en la materia primero se ve teoría de realimentación en circuitos lineales y luego en circuitos conmutados, el desarrollo natural del proyecto será realizar el diseño en detalle de los reguladores lineales y luego el pre-regulador conmutado.

Sin embargo, la primera etapa de diseño es el diseño conceptual. A continuación se detalla esta etapa de diseño.

1 - Diseño Conceptual

El primer paso es entender en detalle el problema a resolver, analizando en detalle los requerimientos del usuario, a partir de los cuáles se definen los requerimientos técnicos. En este proceso se deberán buscar y analizar soluciones existentes al problema en cuestión (tanto en productos comerciales como en líneas de investigación), lo que permitirá tener una idea del estado del arte.

A partir del relevamiento de soluciones existentes realizado, se podrá proponer alternativas de diseño y luego de analizarlas, se podrá proponer la mejor alternativa para resolver el problema en cuestión.

A partir de la solución propuesta, se deberá realizar un diagrama en bloques conceptual del sistema electrónico. Para cada bloque se deberá detallar los requerimientos técnicos y funcionales.

Resumiendo, las etapas del diseño conceptual son las siguientes:

- Análisis del problema a resolver.
- Análisis de los requerimientos del usuario.
- Definición de los requerimientos técnicos y funcionales.
- Relevamiento de soluciones existentes.
- Propuestas de alternativas de diseño.
- Diagrama en bloques conceptual.
- Descripción y especificación de la función de cada bloque.

2 - Diseño Circuital

En esta etapa, a partir de las especificaciones de diseño, se realiza un análisis de las topologías circuitales para cada bloque del sistema electrónico. Se deberá explicar en detalle, pero de manera concisa, el funcionamiento de los circuitos individuales implementados. Para cada circuito, se deberán calcular los componentes. Luego, se caracteriza el diseño, primero por simulación. Una vez lograda la funcionalidad requerida, se deberá seleccionar la tecnología de los componentes y se validará el diseño. Por último se reportan las especificaciones alcanzadas y se las constatan contra las especificaciones requeridas.

Resumiendo, las etapas del diseño circuital son las siguientes:

- Especificaciones de diseño.
- Análisis de topologías circuitales.
- Explicación detallada y concisa del funcionamiento de los circuitos individuales.

- Cálculo de los componentes.
- Caracterización del diseño (por simulación y eventualmente ensayos).
- Selección de los componentes (tecnología) y validación del diseño.
- Especificaciones alcanzadas.

3 - Integración

La etapa de diseño circuital se realiza a nivel de módulo. Para este proyecto, eso sería reguladores lineales y pre-regulador conmutado (como principales) respectivamente.

Una vez diseñados los subsistemas, se deberá pasar a la etapa de integración. En esta etapa se debe tener una visión de conjunto, teniendo en cuenta las interacciones de los subsistemas y sus especificaciones.

Además se deberá tener en cuenta las consideraciones mecánicas, térmicas y eléctricas en la integración de los subsistemas.

Se realizará el diseño del o de los PCB/s, a partir del análisis anterior de integración. Por último se validará el diseño del PCB con simulaciones post-layout en donde se tienen en cuenta los componentes parásitos del ruteo e interconexión.

Resumiendo, las etapas de la integración son las siguientes:

- Análisis de requerimientos eléctricos (seguridad eléctrica y EMC), mecánicos (vibración y rigidez) y térmicos (disipación de los componentes).
- Definición de módulos.
- Diseño de los circuitos impresos (PCB).
- Validación mediante simulaciones post-layout.
- Guía de localización de los componentes (OPCIONAL).
- Diagrama de conexiones.
- Dimensionamiento del conexionado.
- Dimensionamiento y forma de la estructura o gabinete (OPCIONAL)
- Diseño de los mecanismos de disipación.
- Diagramas esquemáticos.
- Listado de partes y proveedores.
- Pruebas funcionales y ambientales (OPCIONAL).
- Análisis de modo y efecto de falla de los componentes (OPCIONAL).
- Análisis de confiabilidad de los componentes (OPCIONAL).
- Optimización (OPCIONAL).

4 - Mediciones

Luego de la etapa de integración se deberá construir el prototipo y medirlo, validando las especificaciones técnicas. Para el proyecto en cuestión será opcional el armado completo del prototipo, pero obligatoriamente al menos deberán construir un módulo (pre-regulador conmutado o regulador lineal).

En caso de optar por la construcción completa del prototipo se podrá presentar el prototipo completamente validado en la instancia de evaluación integradora para la aprobación de la materia.

Para el prototipo construido se deberán realizar ensayos funcionales y ambientales. A partir de los mismos, se verificará el correcto funcionamiento y de ser necesario se realizarán los ajustes pertinentes.

Para las mediciones se deberá detallar los instrumentos de medición empleados, el banco de medición, el procedimiento y finalmente los resultados. Luego se deberá realizar un resumen comparativo de los valores calculados, simulados y medidos. Además deben comparar las especificaciones de diseño con las medidas.

Por último se deberá realizar una conclusión del trabajo realizado y proponer futuras mejoras y recomendaciones para futuros diseños.

Resumiendo, las etapas de la medición son las siguientes:

- Validación de las especificaciones técnicas.
- Ensayos funcionales y ambientales.
- Verificación y ajustes.
- Mediciones.
- Resumen comparativo de los valores calculados, simulados y medidos.
- Comparación de las especificaciones de diseño y medidas.
- Conclusiones y recomendaciones para futuros diseños.

Notas sobre el proyecto:

El desarrollo del proyecto será grupal, con grupos de 3 o 4 integrantes. Cada grupo tendrá un tutor asignado que los acompañará y evaluará en el desarrollo del proyecto.

Habrán cinco instancias de control de estado (checkpoints) sobre el desarrollo del proyecto con nota. La aprobación de la materia se obtiene con la aprobación de la valoración individual y grupal y la aprobación del informe final.

Los checkpoint tienen las siguientes fechas y temas a presentar:

1. checkpoint 1 - 04/04/2025:

Diseño verificado por simulación de lazo de tensión (estático).

Selección del transistor de paso.

Diseño verificado por simulación del lazo de corriente (estático).

Esquemático de PCB

2. checkpoint 2 - 25/04/2025:

Diseño verificado por simulación de la compensación de los dos lazos.

Análisis térmico.

Diseño de PCB.

3. checkpoint 3 - 09/05/2025:

Caracterización y validación de regulador lineal con lazo de tensión y corriente.

4. checkpoint 4 - 30/05/2025:

Diseño verificado por simulación de la fuente buck a lazo abierto.

Implementación de circuito PWM (PCB).
Características físicas del inductor diseñado.
Diseño PCB de la buck en lazo abierto.

5. checkpoint 5 - 27/06/2025:

Caracterización y validación de regulador conmutado en lazo cerrado con implementación de PWM.
Diseño de PCB + CEM.

Consideraciones importantes:

La calificación de cada Checkpoint será informada a cada estudiante y grupo.
Con dos checkpoints insuficientes o ausentes, se analizará el seguimiento de la cursada de acuerdo con la valoración general de cada estudiante o grupo en el curso.
Con tres checkpoints insuficientes o ausentes, se deberá recurrir a la materia.

El quinto checkpoint debe estar aprobado pues corresponde a la entrega final del proyecto funcionando.