

NAME _____

KLASSE _____

DATUM _____

WAHLPHASE · DER FOLGEAUFTRAG

Wahlstory B · Schaltnetzteil · Der Längsregler muss weg

Wahlstory B

🕒 36 h

freie Wahl

Sprint 6 und 7

EUER LERNPRODUKT

Schaltnetzteil als Ersatz für den Längsregler

Darauf läuft dieser Folgeauftrag zu. Anders als in den Teilen 1 bis 5 gibt es hier keine vorgegebenen Aufgaben: Ihr schneidet die Arbeitsschritte selbst, der Weg dorthin gehört zum Lernprodukt.

Es besteht aus

- die gemessenen Kennwerte des Längsreglers aus Teil 5 als Vergleichsmaßstab
- das freigegebene Lastenheft
- die über Trennung und Spannungsverhältnis begründete Topologiewahl
- die vollständige Dimensionierung des Übertragers: Übersetzung, Primärinduktivität, Spitzenstrom, Windungszahlen, Luftspalt, Kernaussteuerung
- die bestimmte und begründete Betriebsart
- den Regelkreis mit simuliertem Lastsprung, Überschwingen und Ausregelzeit
- die berechnete Spannungsspitze aus der Streuinduktivität mit ihrer Beherrschung

Zur Dokumentation

Der Vergleich mit dem Längsregler ist der Kern. Ohne die gemessenen Ausgangswerte aus Teil 5 ist der Gewinn nur behauptet.

Abgenommen wird es auf der Entwicklerrunde durch die anderen Teams und danach von der Projektleitung abgezeichnet. Meilenstein M6.

Der 7805 aus Teil 5 funktioniert. Er wird nur heiß, braucht einen Kühlkörper und verheizt den größten Teil der Leistung, die er aufnimmt. Ein Sperrwandler soll das besser können. Ob er es wirklich kann, zeigt erst der Vergleich.

Schritt 2 von 3. Dein Team bearbeitet diesen Folgeauftrag eigenständig, vom Lastenheft bis zur Übergabe.

Danach: Die Entwicklerrunde

Der wichtigste Satz auf dieser Seite: Ein Schaltnetzteil ist nicht automatisch besser als ein Längsregler. Es ist anders: effizienter, dafür mit Übertrager, Regelkreis, Trennstelle und einem Störspektrum. Beziffere beides, bevor du empfiehlst.

Darum geht es

Als Entwicklungsteam möchten wir den Längsregler aus Teil 5 ersetzen, der rund zwei Drittel der Leistung verheizt und einen Kühlkörper braucht. Und wir möchten verstehen, wie ein Netzteil aussieht, das direkt aus 230 V arbeitet, ohne dass wir dabei an Netzspannung bauen.

Gebaut wird deshalb bei Kleinspannung: dein Sperrwandler arbeitet am Gleichspannungszwischenkreis, den du in Teil 5 hinter Gleichrichter und Ladekondensator berechnet hast. Die Netzseite lernst du an einem fertigen Steckernetzteil kennen, das spannungsfrei und entladen geöffnet und vermessen wird. Die Kompetenz dahinter: elektronische Baugruppen analysieren und entwerfen und dabei die einschlägigen Normen und Vorschriften beachten.

Das brauchst du dafür

- Steckbrett für den Sperrwandler, gespeist aus dem Labornetzgerät, das den Zwischenkreis aus Teil 5 nachbildet: 15 V als Arbeitspunkt, dazu die untere und die obere Grenze, die du in Teil 5 berechnet hast
- Den Übertrager als Fertigbauteil oder selbst gewickelt, auf einem Kern mit Luftspalt oder einem Ringkern aus Pulvermaterial
- Als Analyseobjekte: ein handelsübliches 5-V-Steckernetzteil, geöffnet und entladen, sowie das Datenblatt eines Hutschienen-Schaltnetzteils
- Die Datenblätter UC3843, TL431, PC817, Schottky-Dioden, Y-Kondensator und des Schalttransistors, den du wählst (im Bauteilsatz liegt der IRF540N mit 100 V Sperrspannung)
- Oszilloskop mit Shunt für die Strommessung, elektronische Last, Messschieber für Kriech- und Luftstrecken
- Dein MSM-1 mit dem Längsregler aus Teil 5, Simulationssoftware und die Wissensspeicher-Vorlage

Dein Weg, Schritt für Schritt

1. Den Ausgangszustand beziffern

Miss am Längsregler aus Teil 5: Wirkungsgrad bei 25 %, 50 % und 100 % Last, Verlustleistung, Gehäusetemperatur nach einer Stunde, Kühlkörpergröße. Diese Werte sind dein Vergleichsmaßstab. Ohne sie ist die Umstellung eine Behauptung.

2. Lastenheft schreiben

Formuliere die Anforderungen: Eingangsspannungsbereich, Ausgänge 5 V und 3,3 V, Dauerleistung, Spitzenlast bei WLAN-Betrieb, Welligkeit, Wirkungsgradziel, Bauraum, geforderte Trennung. Hol die Freigabe beim Auftraggeber ein.

3. Topologie auswählen

Vergleiche Abwärtswandler und Sperrwandler. Der Abwärtswandler ist einfacher. Warum nimmt man für ein Netzteil trotzdem den Sperrwandler? Begründe über die galvanische Trennung und das Spannungsverhältnis, und zwar für ein Netzteil an 230 V, nicht nur für deinen Laboraufbau.

4. Übertrager dimensionieren

Bestimme Übersetzungsverhältnis, Primärinduktivität, Spitzenstrom, Windungszahlen und Luftspalt. Prüfe die Kernaussteuerung gegen die Sättigungsflussdichte. Halte fest, worin sich der Übertrager eines Sperrwandlers von einem Transformator unterscheidet.

5. Betriebsart festlegen

Bestimme die Grenze zwischen lückendem und nichtlückendem Betrieb und lege fest, in welcher Betriebsart dein Wandler bei Nennlast arbeitet. Begründe über Regelverhalten, Bauteilbelastung und Störverhalten.

6. Regelkreis entwerfen

Entwirf die Rückführung über Optokoppler und Referenz. Lege sie so aus, dass der Regelkreis bei einem Lastsprung stabil bleibt. Simuliere den Lastsprung und prüfe Überspringen und Ausregelzeit.

7. Streuinduktivität beherrschen

Berechne die Spannungsspitze am Schalttransistor aus der Streuinduktivität und dimensioniere ein Clamping-Netzwerk. Bestimme die darin umgesetzte Verlustleistung. Wähle danach den Schalttransistor nach seiner Sperrspannung.

8. Aufbauen und messen

Baue den Sperrwandler auf, gespeist mit 15 V. Miss Drainspannung, Primärstrom und Ausgangsspannung, danach auch an der unteren und oberen Grenze des Zwischenkreises aus Teil 5. Vergleiche mit der Simulation und erkläre die Abweichungen.

9. Wirkungsgrad und Wärme messen

Nimm den Wirkungsgrad über dem Lastbereich auf und miss die Erwärmung. Stelle das Ergebnis dem Längsregler aus Teil 5 gegenüber, in Watt, in Kelvin und in Prozent.

10. Das Fertigerät sezieren

Untersuche das Steckernetzteil, das dir die Lehrkraft geöffnet, entladen und mit abgetrenntem Stecker ausgibt. Zeichne den Stromlaufplan nach und kartiere den Aufbau: Wo verläuft die Trennstelle? Wie groß sind Kriech- und Luftstrecken? Wo sitzen Y-Kondensator, Sicherung und Filter? Vermess die Abstände und vergleiche mit den Normanforderungen.

11. Störaussendung untersuchen

Miss an deinem Sperrwandler die leitungsgebundene Störspannung auf der Zuleitung, so weit es die Messmittel zulassen. Unterscheide Gleich- und Gegentaktstörung. Setze Filterbauteile ein, nimm sie stufenweise wieder heraus und protokolliere, welches Bauteil welche Störung bekämpft. Ordne danach die Filterbauteile des seziierten Steckernetzteils genauso zu.

12. Rückwirkung auf die Messkette prüfen

Versorge das MSM-1 einmal mit dem Längsregler und einmal mit deinem Sperrwandler. Zeichne den Kraftkanal über zwei Minuten auf. Beziffere den Unterschied in Millivolt und in Kilonewton.

13. Vergleich und Empfehlung

Stelle beide Lösungen gegenüber: Wirkungsgrad über dem Lastbereich, Verlustleistung, Bauteilzahl, Kosten bei Einzelstück und bei 200 Stück, Störverhalten, Aufwand für den Sicherheitsnachweis. Sprich eine Empfehlung aus, auch wenn sie gegen die Umstellung ausfällt.

14. Übergeben

Erstelle Schaltplan mit eingezeichneter Trennstelle, Stückliste, Übertragerdaten, Messprotokolle, Wirkungsgradkennlinie und die Auswertung des seziierten Fertigeräts. Bereite den Messestand vor.

Zu keinem Schritt gibt es ein Lernangebot oder eine Musterlösung. Jeder Schritt wird im Messprotokoll und in der Projektakte dokumentiert und in der Abnahme geprüft.

Für Teams, die früher fertig sind

Leerlauf und Ökodesign. Miss die Leistungsaufnahme des Längsreglers und deines Sperrwandlers ohne Last. Rechne hoch, was 200 Module im Dauerbetrieb allein im Leerlauf verbrauchen. Recherchiere die Grenzwerte der Ökodesign-Anforderungen für externe Netzteile und prüfe, ob deine Lösung sie einhalten würde.

Fertig bist du, wenn ...

Die Story gilt erst als fertig, wenn der Auftraggeber alle Punkte abnimmt:

- Die Kennwerte des Längsreglers aus Teil 5 sind gemessen und dokumentiert; sie sind der Vergleichsmaßstab.
- Das Lastenheft ist vollständig und vom Auftraggeber freigegeben.
- Die Topologiewahl ist über Trennung und Spannungsverhältnis begründet.

- Der Übertrager ist vollständig dimensioniert: Übersetzung, Primärinduktivität, Spitzenstrom, Windungszahlen, Luftspalt, Kernaussteuerung.
- Die Betriebsart ist bestimmt und die Wahl begründet.
- Der Regelkreis ist entworfen; der Lastsprung ist simuliert, Überspringen und Ausregelzeit sind angegeben.
- Die Spannungsspitze aus der Streuinduktivität ist berechnet und das Clamping-Netzwerk dimensioniert.
- Der Aufbau läuft über den ganzen Eingangsspannungsbereich aus Teil 5; Drainspannung, Primärstrom und Ausgangsspannung sind aufgezeichnet und mit der Simulation verglichen.
- Wirkungsgrad und Erwärmung sind gemessen und dem Längsregler gegenübergestellt.
- Das Fertiggerät ist sauber dokumentiert: Stromlaufplan, Trennstelle, gemessene Kriech- und Luftstrecken, Filterbauteile, Normbezug.
- Die Störaussendung ist untersucht; die Wirkung einzelner Filterbauteile ist protokolliert.
- Die Rückwirkung auf den Kraftkanal ist für beide Versorgungen aufgezeichnet und beziffert.
- Der Vergleich endet mit einer begründeten Empfehlung.
- Schaltplan mit Trennstelle, Stückliste, Übertragerdaten und Messprotokolle sind übergeben.
- Das Wissenspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.

Das kommt in deinen Wissenspeicher

Ein Blatt „Schaltnetzteil“: Blockbild vom Netz bis zum Ausgang mit eingezeichneter Trennstelle, Schaltbild des Sperrwandlers mit den Strompfaden in der Ein- und in der Ausschaltphase, Formeln für Übersetzungsverhältnis, Primärinduktivität und Spitzenstrom, das Prinzip der Rückführung über Optokoppler, eine Übersicht Gleichtakt- gegen Gegentaktstörung mit der jeweils wirksamen Filterkomponente und ein Merksatz zur Streuinduktivität.

Zusätzlich: drei Prüffragen für die Entwicklerrunde, eine Wissensfrage, eine Rechenfrage und eine Begründungsfrage.

Hier tappen die meisten rein

- Der Übertrager wird wie ein Transformator gerechnet, und der Luftspalt fehlt. Dann sättigt der Kern.
- Die Streuinduktivität wird vergessen. Sie steckt nicht im Übertragermodell der Simulation und erzeugt beim Abschalten die Spannungsspitze, die den Schalttransistor zerstört.
- Primär- und Sekundärmasse werden auf dem Steckbrett verbunden, um bequemer messen zu können. Damit ist die Trennung aufgehoben, und genau das ist der Fehler, den man später auch am Netzgerät machen würde.
- Zwei Tastköpfe, einer auf der Primärseite, einer auf der Sekundärseite: ihre Massen sind im Oszilloskop miteinander verbunden, und damit auch deine beiden Seiten. Miss nacheinander oder mit einem Differenz tastkopf.
- Das geöffnete Steckernetzteil wird angefasst, bevor der Zwischenkreis elko entladen ist. Er kann seine Ladung minutenlang halten. Miss vor jedem Anfassen nach.
- Das Fertiggerät wird zum Vermessen ans Netz gelegt. Es wird ausschließlich spannungsfrei untersucht.
- Das Netzfilter wird als Zubehör betrachtet. Es gehört in die Auslegung, weil seine Bauteile Kriechstrecken und Ableitstrom mitbestimmen.
- Der Wirkungsgrad wird nur bei Nennlast angegeben. Bei kleiner Last sinkt er beim Schaltwandler deutlich, weil Eigenverbrauch der Steuerung und Schaltverluste nicht mit der Last kleiner werden.

Für Lehrkräfte: Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker analysieren und entwerfen elektronische Schaltungen, Baugruppen und Geräte und beachten bei der Schaltungssynthese gängige Normen und Vorschriften. · Sprint 6 und 7 · 36 h · freie Wahl. Das Steckernetzteil zum Sezieren vor der Ausgabe durch die Lehrkraft vom Netz getrennt, geöffnet, entladen und unbrauchbar gemacht (Stecker abgetrennt) bereitstellen. Kein Lernender arbeitet an 230 V; Netzmessungen am Hutschienen-Schaltnetzteil höchstens als Vorführung durch die Lehrkraft, im geschlossenen Gerät. Der Zwischenkreis aus Teil 5 liegt je nach Netz und Last zwischen etwa 12 V und 23 V; der IRLZ44N (55 V) wird als Schalttransistor knapp, ein Typ mit 100 V Sperrspannung lässt Reserve für die Spannungsspitze. Den UC3843 nicht direkt aus dem Zwischenkreis versorgen: Er steuert das Gate mit nahezu seiner Versorgungsspannung aus, bis 23 V liegen über den 16 V U_{GS} des IRLZ44N. Versorgung auf etwa 12 V begrenzen.

Dein Wissenspeicher-Blatt zu Wahlstory B

Hier wird ausgefüllt, am Ende der Story. Es ist dein sechstes Blatt, gleiches Raster wie in Teil 1 bis 5. Speichern und drucken kannst du es unten.

Worum geht es

Zwei bis drei Sätze in eigenen Worten. Kein Lehrbuchtext: wer das Feld abschreibt, hat es nicht verstanden.

Schaltbild

Beschreibe das Schaltbild mit allen Bauteilbezeichnungen und Zählpfeilen. Gezeichnet wird auf dem Ausdruck oder auf Papier; das Bild muss ohne den Text lesbar sein.

Formeln

Alle Formeln des Teils mit Größensymbolen und Einheiten. Zu jeder Formel eine Zeile, wann sie gilt und wann nicht.

Rechenschema

Ein durchgerechnetes Zahlenbeispiel aus deinem eigenen Sprint, Schritt für Schritt, mit Zwischenergebnissen und Einheiten.

Aus der Messung gelernt

Deine aussagekräftigste Messkurve oder dein Oszillogramm, mit einer Bildunterschrift, die die Aussage benennt.

Merksatz und Stolperfalle

Ein Satz, den du dir merken willst. Und der Fehler, den du selbst gemacht hast, mit dem, was du daraus gelernt hast.

Abnahme durch das andere Team

Vor der Abnahme durch den Auftraggeber prüft ein Team aus einer anderen Wahlstory eure Ergebnisse, genau gegen diese Punkte. Geht das nicht auf, prüft ein anderes Team derselben Story. Es kennt euren Auftrag nicht aus eigener Arbeit und muss sich deshalb alles zeigen lassen: den Rechenweg, das Messprotokoll, die Begründung. Mindestens zwei Ergebnisse rechnet es selbst nach. **Ein Zurück ohne Begründung zählt nicht.**

Kriterium	abgenommen	zurück, weil
Die Kennwerte des Längsreglers aus Teil 5 sind gemessen und dokumentiert; sie sind der Vergleichsmaßstab.		
Das Lastenheft ist vollständig und vom Auftraggeber freigegeben.		
Die Topologiewahl ist über Trennung und Spannungsverhältnis begründet.		
Der Übertrager ist vollständig dimensioniert: Übersetzung, Primärinduktivität, Spitzenstrom, Windungszahlen, Luftspalt, Kernaussteuerung.		
Die Betriebsart ist bestimmt und die Wahl begründet.		
Der Regelkreis ist entworfen; der Lastsprung ist simuliert, Überschwingen und Ausregelzeit sind angegeben.		
Die Spannungsspitze aus der Streuinduktivität ist berechnet und das Clamping-Netzwerk dimensioniert.		
Der Aufbau läuft über den ganzen Eingangsspannungsbereich aus Teil 5; Drainspannung, Primärstrom und Ausgangsspannung sind aufgezeichnet und mit der Simulation verglichen.		
Wirkungsgrad und Erwärmung sind gemessen und dem Längsregler gegenübergestellt.		
Das Fertigergerät ist sauber dokumentiert: Stromlaufplan, Trennstelle, gemessene Kriech- und Luftstrecken, Filterbauteile, Normbezug.		
Die Störaussendung ist untersucht; die Wirkung einzelner Filterbauteile ist protokolliert.		

Kriterium	abgenommen	zurück, weil
Die Rückwirkung auf den Kraftkanal ist für beide Versorgungen aufgezeichnet und beziffert.		
Der Vergleich endet mit einer begründeten Empfehlung.		
Schaltplan mit Trennstelle, Stückliste, Übertragerdaten und Messprotokolle sind übergeben.		
Das Wissensspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.		