

NAME _____

KLASSE _____

DATUM _____

WAHLPHASE · DER FOLGEAUFTRAG

Wahlstory A · Bordnetzteil · Das Bordnetz ist kein Labornetzgerät

Wahlstory A

🕒 36 h

freie Wahl

Sprint 6 und 7

EUER LERNPRODUKT

Bordnetzteil für das MSM-1 im Flurförderzeug

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

- das freigegebene Lastenheft
- den Topologievergleich mit gerechneten Verlustleistungen für beide Grenzspannungen und einer Entscheidung
- die Dimensionierung von Drossel, Ausgangskondensator und Schaltfrequenz, mit Katalogdaten belegt
- die Verlustaufschlüsselung und den vorhergesagten Wirkungsgrad für drei Lastpunkte
- die Simulation von Anlauf, Lastsprung und Betrieb an der unteren Spannungsgrenze
- das Schutzkonzept für Verpolung, Überspannung, Unterspannung und Überstrom

Zur Dokumentation

Der Auftraggeber liest das Lastenheft und die Entscheidung, nicht die Simulationsbilder. Beides muss für sich allein stehen können.

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

Im Labor liefert das Netzgerät, was eingestellt ist. Im Fahrzeug liefert das Bordnetz, was gerade übrig ist: mal zu wenig, mal viel zu viel, mal verpolt. Das MSM-1 soll trotzdem messen.

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

Danach: Die Entwicklertagung

Der wichtigste Satz auf dieser Seite: Ein Bordnetzteil wird nicht für die Nennspannung ausgelegt, sondern für die Fälle, die das Fahrzeug liefert: Kaltstart, Lastabwurf, Verpolung. Und für den Lastbereich, in dem das Modul die meiste Zeit läuft.

Darum geht es

Als Entwicklungsteam möchten wir das MSM-1 auch in den elektrischen Flurförderzeugen des Betriebs einsetzen können, deren Bordnetz zwischen 9 V und 16 V schwankt und beim Abwerfen der Last kurzzeitig auf 30 V steigt, damit der Kunde dieselbe Sensorik für Maschine und Fahrzeug nutzen kann.

In Teil 5 kam die Versorgung aus einem Steckernetzteil mit Gleichrichter und Längsregler. Im Fahrzeug gibt es keine Wechselspannung, dafür ein Bordnetz, dessen Spannung sich mit Ladezustand, Temperatur und Last ändert. Die Kompetenz dahinter: elektronische Baugruppen entwerfen und dabei die einschlägigen Normen und Vorschriften beachten.

Das brauchst du dafür

- Steckbrett für Steuerteil und Rückführung, den Leistungspfad direkt verdrahtet
- Das Labornetzgerät als einstellbares Bordnetz, eine elektronische Last oder Lastwiderstände
- Dein fertiges MSM-1 aus der Pflichtphase, mit dem Kraftkanal aus Teil 3 und dem NTC-Kanal aus Teil 2
- Die Datenblätter LM2596, Schottky-Dioden, Suppressordiode und Speicherdrosseln mit Angabe des Sättigungsstroms
- Oszilloskop mit Stromzange oder Shunt, Temperaturfühler
- Simulationssoftware und die Wissensspeicher-Vorlage

Dein Weg, Schritt für Schritt

1. Lastenheft schreiben

Formuliere aus dem Kundenwunsch ein Lastenheft: Eingangsspannungsbereich im Normalbetrieb, im Kaltstart und im Fehlerfall, Ausgangsspannungen und Ausgangsströme, Temperaturbereich, Wirkungsgradziel, Schutzfunktionen. Leg es dem Auftraggeber zur Freigabe vor.

2. Topologie auswählen

Vergleiche Längsregler und Abwärtswandler für diesen Eingangsspannungsbereich. Rechne für beide die Verlustleistung bei 9 V und bei 16 V Eingangsspannung aus. Vergleiche mit deinem Ergebnis aus Teil 5 und entscheide begründet.

3. Wandler dimensionieren

Berechne Tastgrad, Drosselinduktivität aus dem zulässigen Stromrippel, Sättigungsstrom und Ausgangskondensator aus der zulässigen Welligkeit. Lege die Schaltfrequenz fest; nimmst du einen Baustein mit fester Frequenz wie den LM2596, prüfst du, ob sie zu deiner Drossel und deinem Kondensator passt. Wähle reale Bauteile aus dem Katalog.

4. Verluste aufschlüsseln

Schlüsse die Verluste auf: Durchlassverluste im Schalter, Schaltverluste, Diodenverluste, Kupfer- und Kernverluste der Drossel. Sag den Wirkungsgrad bei 25 %, 50 % und 100 % Last voraus.

5. Simulieren

Bilde den Wandler in der Simulation nach. Prüfe Anlauf, Lastsprung und das Verhalten an der unteren Eingangsspannungsgrenze.

6. Schutzkonzept entwerfen

Entwirf Verpolenschutz, Überspannungsschutz für den Lastabwurf bis 30 V, Unterspannungssperre und Sicherung. Berechne die Energie, die die Schutzdiode aufnehmen muss, und wähle sie danach aus.

7. Aufbauen

Baue die Baugruppe auf: kurze Schleifen im schaltenden Kreis, ein Sternpunkt für die Masse, Abblockkondensatoren dicht am Bauteil. Der Leistungspfad läuft nicht über die Steckbrettschienen. Dokumentiere deine Leitungsführung mit einem Foto.

8. Kennlinien messen

Miss Ausgangsspannung, Welligkeit und Wirkungsgrad über dem Eingangsspannungsbereich und über dem Lastbereich. Zeichne beide Kennlinienfelder; die Messreihen kann der ESP32 mitschreiben.

9. Störfälle prüfen

Fahre mit dem Labornetzgerät eine Überspannungsrampe, eine Verpolung und einen Anlauf bei abgesenkter Spannung. Dokumentiere das Verhalten, und ob die Baugruppe es übersteht.

10. Thermik prüfen

Belaste die Baugruppe eine Stunde bei Volllast. Miss die Temperatur an Schalter, Diode und Drossel mit dem NTC und dem ESP32. Vergleiche mit deiner Verlustrechnung.

11. Rückwirkung messen

Miss die Störspannung, die der Wandler auf die Eingangsleitung zurückschickt, und die Wirkung auf den Kraftkanal des MSM-1. Ergänze ein Eingangsfilter und miss erneut.

12. Übergeben

Erstelle Schaltplan, Stückliste, Messprotokoll, Wirkungsgradkennlinie und eine kurze Inbetriebnahmeanleitung. 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

Eigenentwicklung oder Zukauf? Rechne den Wandler auf 200 Stück hoch: Bauteilkosten, Bestückungsaufwand, Prüfaufwand. Vergleiche mit einem fertigen Industriemodul aus dem Katalog. Ab welcher Stückzahl lohnt die Eigenentwicklung, und welche Gründe außer den Kosten sprechen für oder gegen sie?

Fertig bist du, wenn ...

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

- Das Lastenheft ist vollständig und vom Auftraggeber freigegeben.
- Der Topologievergleich enthält gerechnete Verlustleistungen für beide Grenzspannungen und endet mit einer Entscheidung.
- Drossel, Ausgangskondensator und Schaltfrequenz sind berechnet oder geprüft; die gewählten Bauteile sind mit Katalogdaten belegt.
- Die Verlustaufschlüsselung liegt vor; der vorhergesagte Wirkungsgrad ist für drei Lastpunkte angegeben.
- Die Simulation zeigt Anlauf, Lastsprung und Betrieb an der unteren Spannungsgrenze.
- Das Schutzkonzept deckt Verpolung, Überspannung, Unterspannung und Überstrom ab; die Schutzdiode ist über die Energie ausgewählt.
- Die Baugruppe ist aufgebaut, die Leitungsführung dokumentiert und begründet.
- Die Kennlinienfelder liegen vor; die Messung stimmt im Rahmen der Toleranz mit der Vorhersage überein.
- Überspannung, Verpolung und Anlauf bei abgesenkter Spannung sind geprüft und dokumentiert.
- Die Thermikmessung liegt vor und ist gegen die Rechnung bewertet.
- Die Rückwirkung auf den Kraftkanal ist vor und nach dem Filter gemessen.
- Schaltplan, Stückliste, Messprotokoll und Inbetriebnahmeanleitung sind übergeben.
- Das Wissenspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.

Das kommt in deinen Wissenspeicher

Ein Blatt „Gleichspannungswandler“: Schaltbild des Abwärtswandlers mit den Strompfaden in der Ein- und in der Ausschaltphase, Formeln für Tastgrad, Drossel und Ausgangskondensator, deine Wirkungsgradkennlinie, eine

Übersicht der Schutzelemente mit ihrer jeweiligen Aufgabe und ein Merksatz zum Lastabwurf.

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

Hier tappen die meisten rein

- Der Wirkungsgrad wird nur bei Volllast angegeben. Das MSM-1 zieht die meiste Zeit nur einen Bruchteil des Stroms, für den der Wandler ausgelegt ist, und dort sieht die Kurve anders aus.
- Die Drossel wird nach der Induktivität ausgewählt, nicht nach dem Sättigungsstrom. In der Sättigung bricht die Induktivität ein und der Strom schießt hoch.
- Der Lastabwurf wird als Spannungswert behandelt. Entscheidend ist die Energie, und die bestimmt die Größe der Schutzdiode.
- Der schaltende Kreis wird mit langen Steckbrettdrähten aufgebaut. Die Fläche der Stromschleife ist die Antenne, über die alles andere gestört wird.
- Die Abblockkondensatoren sitzen ordentlich am Rand statt direkt am Bauteil.
- Die Verpolschutzdiode wird in Reihe in den Laststrom gelegt. Führt die Baugruppe auch die Lasten aus Teil 4, fließen rund 2 A durch sie, und bei 0,7 V bis 1 V Durchlassspannung wird sie zum größten Einzelverlust der Baugruppe.

Für Lehrkräfte: Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker entwerfen elektronische Schaltungen, Baugruppen und Geräte und beachten bei der Schaltungssynthese gängige Normen und Vorschriften. · Sprint 6 und 7 · 36 h · freie Wahl. Die Kundenvorgabe 9 V bis 16 V mit Lastabwurf bis 30 V orientiert sich an einem 12-V-Bordnetz (ISO 16750-2 für Straßenfahrzeuge nennt bei zentraler Begrenzung 35 V). Die Überspannungsrampe und die Verpolung werden am Labornetzgerät mit Strombegrenzung gefahren.

Dein Wissensspeicher-Blatt zu Wahlstory A

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
Das Lastenheft ist vollständig und vom Auftraggeber freigegeben.		
Der Topologievergleich enthält gerechnete Verlustleistungen für beide Grenzspannungen und endet mit einer Entscheidung.		
Drossel, Ausgangskondensator und Schaltfrequenz sind berechnet oder geprüft; die gewählten Bauteile sind mit Katalogdaten belegt.		

Kriterium	abgenommen	zurück, weil
Die Verlustaufschlüsselung liegt vor; der vorhergesagte Wirkungsgrad ist für drei Lastpunkte angegeben.		
Die Simulation zeigt Anlauf, Lastsprung und Betrieb an der unteren Spannungsgrenze.		
Das Schutzkonzept deckt Verpolung, Überspannung, Unterspannung und Überstrom ab; die Schutzdiode ist über die Energie ausgewählt.		
Die Baugruppe ist aufgebaut, die Leitungsführung dokumentiert und begründet.		
Die Kennlinienfelder liegen vor; die Messung stimmt im Rahmen der Toleranz mit der Vorhersage überein.		
Überspannung, Verpolung und Anlauf bei abgesenkter Spannung sind geprüft und dokumentiert.		
Die Thermikmessung liegt vor und ist gegen die Rechnung bewertet.		
Die Rückwirkung auf den Kraftkanal ist vor und nach dem Filter gemessen.		
Schaltplan, Stückliste, Messprotokoll und Inbetriebnahmeanleitung sind übergeben.		
Das Wissensspeicher-Blatt ist vollständig, die drei Prüffragen für die Entwicklerrunde liegen vor.		