

EMC Rapport  
AU2  
*Den intelligente bil*  
Gruppe 1

4. Semesterprojekt E4PRJ4  
Ingeniørhøjskolen, Aarhus Universitet  
Vejleder: Arne Justesen

15. december 2015

Navn	Studienummer	Underskrift
Kristian Thomsen	201311478	
Philip Krogh-Pedersen	201311473	
Lasse Barner Sivertsen	201371048	
Henrik Bagger Jensen	201304157	
Kenn Hedegaard Eskildsen	201370904	
Karsten Schou Nielsen	201370045	
Jesper Pedersen	201370530	

# Indhold

<b>Indhold</b>	<b>ii</b>
<b>1 Projektbeskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Implementerede kredsløb</b>	<b>3</b>
2.1 Strømforsyning på bil .....	3
2.2 Tachometer på bil .....	10
2.3 Motor med tilh. H-bro på bil .....	11
<b>Litteraturliste</b>	<b>13</b>

# Kapitel 1

## Projektbeskrivelse

Projektet omhandler design og implementering af en fjernstyret legetøjsbil. Bilen skal kunne fjernstyres via en Xbox 360 Controller koblet til et PC, som via WiFi kommunikerer med en central computer, i dette tilfælde en Raspberry Pi, på bilen. Denne sørger for at styre bilen og udføre ”smarte” funktioner, som indebærer et kamera, et anti-kollisionssystem samt mulighed for visning af data på PC’en omkring bilens fart, g-påvirkning mm.

Raspberry Pi’en styrer selve bilen ved hjælp af nogle sensorer, deriblandt et eget designet tachometer, en motor og en servomotor til at styre hjulene. Alt dette er forsynet af bilens strømforsyning, som består af en buck converter, der leverer 3V og 5V forsyning samt en direkte adgang til bilens batteri. I forbindelse med denne rapport er der lagt fokus på bilens strømforsyning, tachometer og motor, da disse arbejder med hhv. høje frekvenser, strømme og følsomt måling af bilens hastighed.



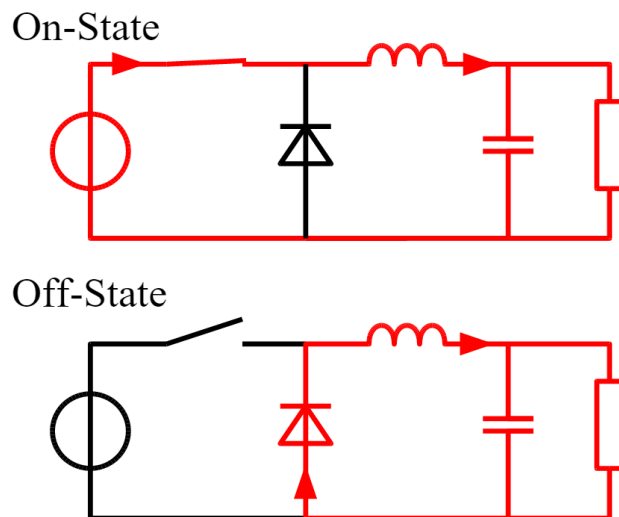
## Kapitel 2

# Implementerede kredsløb

De implementerede kredsløb er som nævnt tidligere valgt ud fra at der er tale om store strømme, stejle flanker og støjfølsomhed omkring måling af hastighed. I hvert afsnit herunder er det beskrevet hvilke specifikke kredsløb det drejer sig om, hvilke EMC-mæssige problemer der forventes at opstå samt hvad gruppen har gjort for at løse eller formindske disse problemer.

### 2.1 Strømforsyning på bil

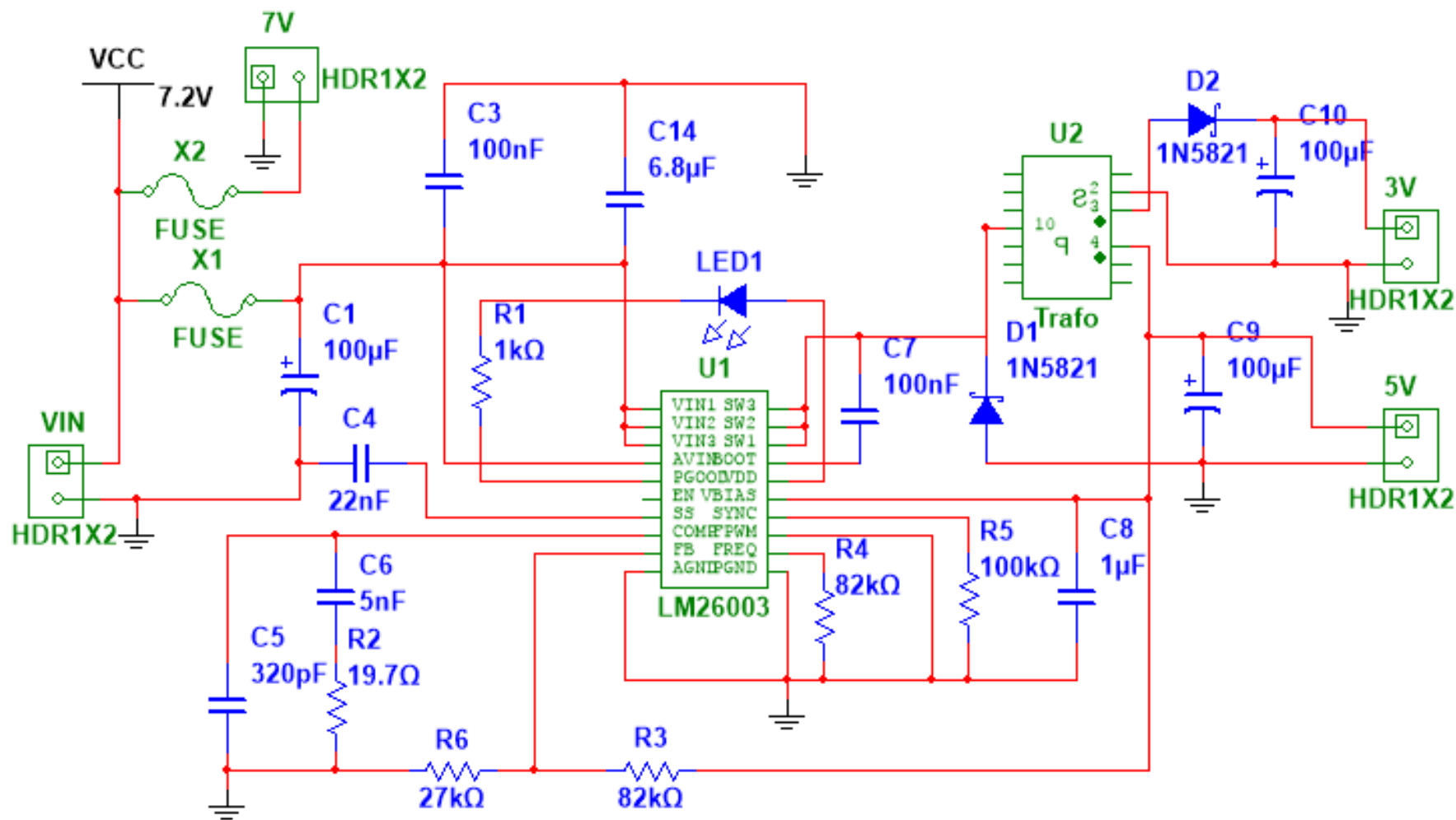
Bilens strømforsyning er som førnævnt designet ud fra princippet om en buck converter. Buck converteren fungerer overordnet set ved at en PWM-styret mosfet eller anden form for transistor lukker op og i for en høj spænding ved meget høj frekvens. Dette midles herefter i et 2. ordens lavpasfilter. Den resulterende strøm ledes herefter igennem en diode, så der er en lukket sløjfe i kredsløbet, selvom transistoren er off.



Figur 2.1: Princippet for en buck converter, figur venligst lånt fra Wikipedia [2]

I figur 2.1 vises princippet om en buck converter. Det ses hvordan strømmen løber når transistoren er hhv. on og off. Det mest væsentlige ift. EMC-problematik ligger i de flanker, som opstår når transistoren går on eller off, da disse går fra stel til forsyningsspænding på meget kort tid og ved

meget høj skiftefrekvens. I dette system er skiftefrekvensen 100 kHz hvilket betyder at der både forekommer støj i 100 kHz, men også ved højere harmoniske frekvenser af de 100 kHz.



Figur 2.2: Kredsløbsdiagram for strømforsyning

På figur 2.2 ses hele kredsløbet for bilens strømforsyning. Der er en mindre afvigelse i dette design ift. ”standard” buck converteren i form af en ekstra udgang på 3V. Dette medfører at der er tre strømloops, hvor der fremkommer højfrekvente signaler. I figur 2.3 ses disse indrammet.

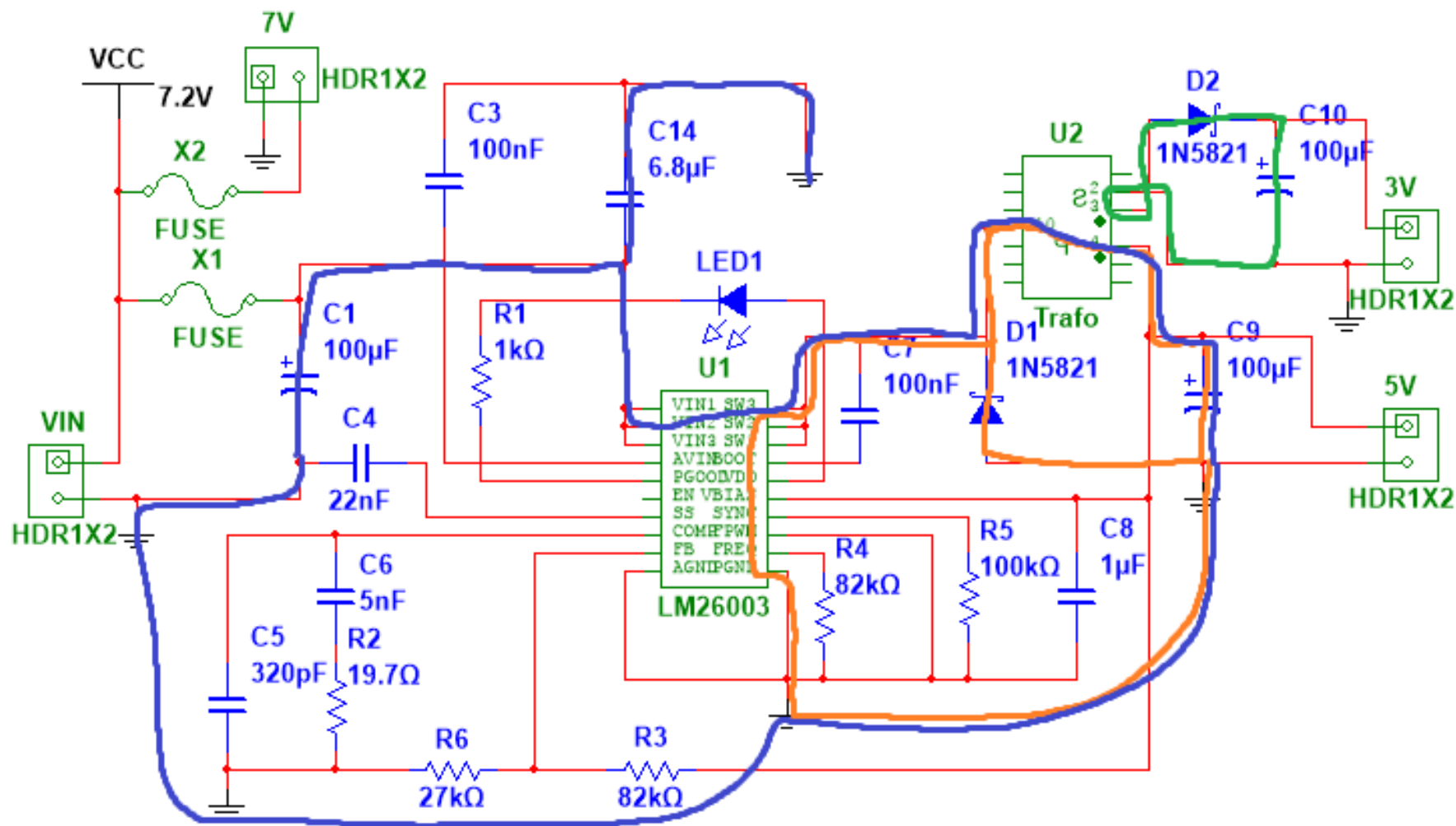
Hvis man kikker på den blå strømsløjfe handler det om den vekselstrøm der løber fra batteriet/-kondensatoren på indgangen og ud til udgangskondensatoren når transistoren skifter mellem ON og OFF. Denne strøm er både højfrekvent, har en høj spændingsmæssig middelværdi og har stejle flanker. Der er i designet derfor forsøgt at mindske arealet sløjfen dækker over for at mindske udstråling af B-felter.

Den orange sløjfe viser den skiftende strøm der går gennem dioden og optages af kondensatoren. Når transistoren er ON løber strømmen gennem IC’en og når transistoren er OFF løber den via dioden. Måden støjen fra dette reduceres på er ved at mindske arealet for strømloopet.

Til sidst er der den grønne strømløkke, som i denne applikation ikke fører en særlig stor strøm (under 100 mA) og der vurderes ikke at der er de helt store EMC-mæssige problemer fra denne. Den er dog værd at tage med, da princippet og frekvenserne er lig de andre to sløjfer.

Udover de markerede sløjfer findes der ligeledes fløjfer ved tilbagekobling og stabilisering af udgangssignalet tilbage til IC’en, disse er af lave strømme og spændinger og er derved ikke betragtet som værende væsentligt støjende. Dog vurderes det at indgangssignalet på IC’en fra tilbagekoblingen er relativt støjfølsom og dette begrænses herved ved at placere banerne langt fra støjkilder i designet.





Figur 2.3: Kredsløbsdiagram for strømforsyning med strømsløjfer indtegnet

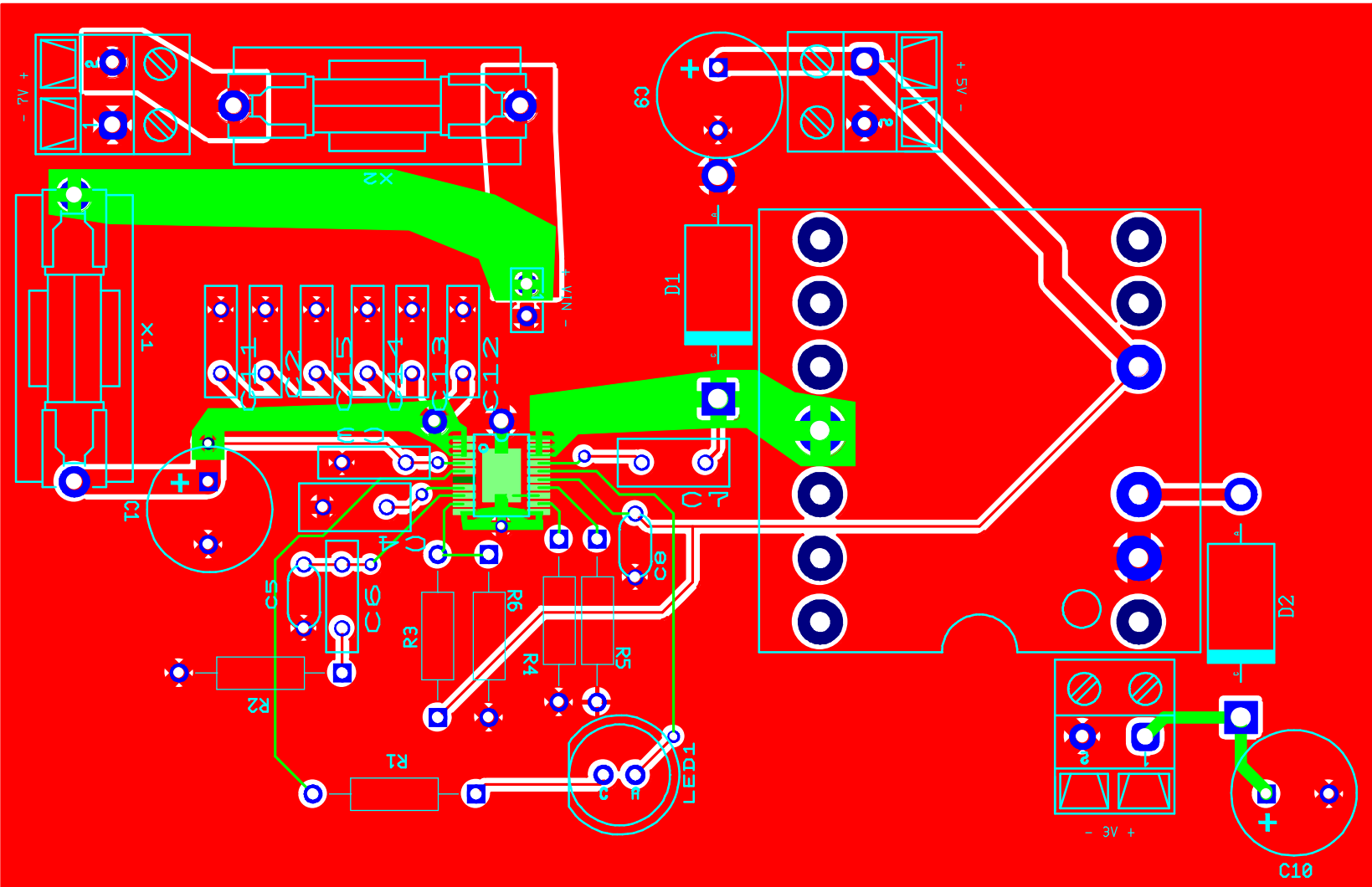
I figur 2.4 ses det implementerede kredsløb på print. Det er uheldigvis ikke muligt inden afleveringsdatoen for EMC-rapporten at få printet produceret, så de overvejelser der er gjort i dette afsnit betragtes som værende endelige.

Printet er som udgangspunkt lagt ud således at strømsløjferne vedr. output alle er placerede i højre side af printet, med så korte og brede printbaner som muligt. Returstrømme går via stelplan på bagsiden, hvilket vil sige at arealet på hver strømsløjfe minimeres så vidt som muligt.

Forsyningsstrømmen til IC'en samt direkte udgang er trukket op i øverste venstre side og er derved, på samme vis som udgangssløjfer, langt fra den mere følsomme elektronik i nedre del af printet. Der er så vidt muligt taget hensyn til at signalbaner og forsyningsbaner (både input og output) ikke er lagt oveni hinanden eller tæt på hinanden for netop at undgå kapacitiv kobling mellem banerne. Dette minimerer også at man i stelplanet mindsker problemer med impedans i fælles strømveje.

For at mindske de højfrekvente strømsløjfer er afkoblingskondensatorer placeret så tæt på komponenterne som muligt, dette ses ved C1 og C11-12. Der er ligeledes gjort et forsøg på at placere ladekondensatorer så tæt på strømforsyningens udgange som muligt, dette ses ved C9 og C10.

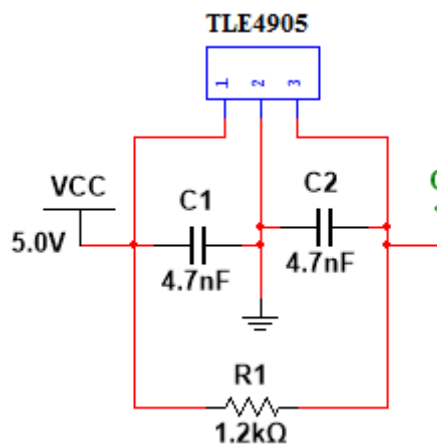
I figur 2.4 ses printudlægget til strømforsyningen. Der er nogle enkelte forskelle på printet i forhold til kredsløbet i figur 2.2. C14 er erstattet med 6 parallelkoblede kondensatorer, da skolens komponentlager ikke har keramiske kondensatorer større end 1 uF. Ydermere bør der på det rigtige print monteres film-kondensatorer ved begge udgange for at minimere HF-støj. Dette blev ikke taget med i betragtningen af det første design og forefindes derved ikke på figur 2.4. Størrelsen på disse afhænger af HF-støjen på udgangen, som kan måles og tilpasses i designet efter den første prototype.



Figur 2.4: Kredsløbsdiagram for strømforsyning med strømsløjfer indtegnet

## 2.2 Tachometer på bil

Formålet med tachometeret er at måle bilens nuværende hastighed, ved at måle omdrejningstallet på et af bilens forhjul. Tachometeret består af en TLE4905 [1] hallswitch, som fungerer ved at detektere magneter rettet i en bestemt retning. Kredsløbet er konstrueret således at hallswitchen trækker signalet til GND, når der detekteres en magnet. Kredsløbet bruger en meget lille strøm, målt til ca.  $1.32\text{mA}$ , under tilstedeværelse af en magnet, uden er der målt en strøm på  $520\mu\text{A}$ . Med en forsyningsspænding på  $5\text{V}$  bliver det til en effekt på  $6.6\text{mW}$ , hvilket ikke betragtes som nogen EMC-mæssig trussel. Dog er der strømloops i systemet, som på tidspunkter vil være udsat for højfrekvente skift i strøm, hvilket er forsøgt forhindret ved at designe omtalte loops så små som muligt. Grundet det færdige prints størrelse, er det ikke muligt at placere det så tæt som muligt på hjulet som ønsket, hvorfor ledningerne ud til hall-switchen vil være snoede, således at common-mode støj undertrykkes.

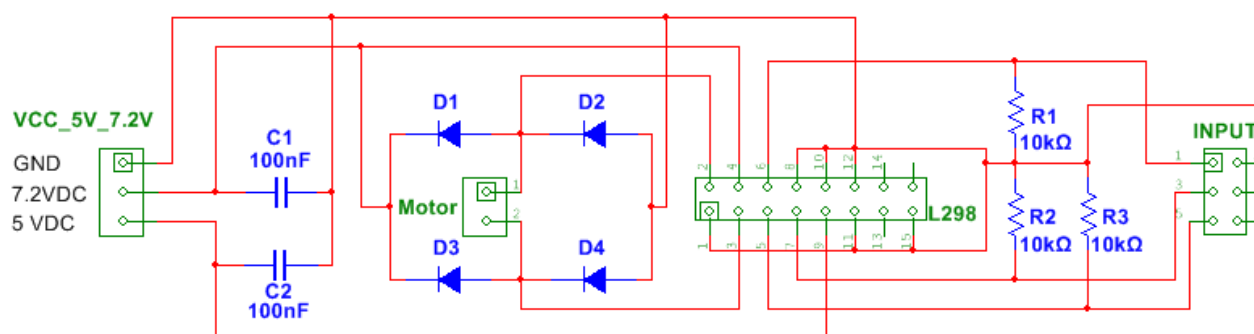


Figur 2.5: Design af bilens tachometer i multisim.

Tachometeret er placeret i samme plastikhus, som bilens strømforsyning og motor, som begge er væsentlige støjklender. Det er af denne årsag at tachometeret er placeret ved bilens forhjul og ikke baghjul, hvor bilens motor sidder, da der derved opnås en højere afstand mellem støjkilde og støjfølsomt kredsløb. Dog er tachometeret for så vidt ikke truet af støjoverkobling fra de øvrige kredsløb, da outputtet ligger fra  $0\text{V}$ - $5\text{V}$ , og der tælles på logisk LOW, ved Raspberry PI's GPIO. Dvs. at selvom der ligger  $1\text{V}$  støj på outputtet, vil det ikke have nogen betydning for tachometerets præcision. Dette medfører at der skal rigtig meget støj til at påvirke outputtet af tachometeret.

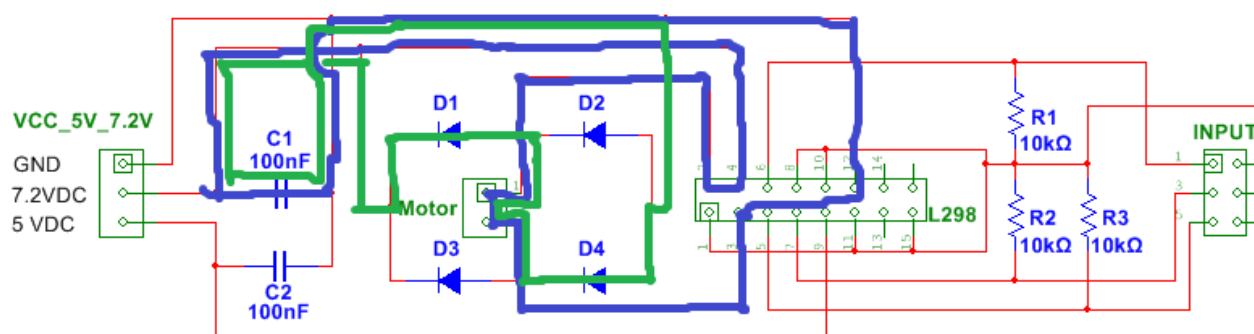
## 2.3 Motor med tilh. H-bro på bil

Motorkredsløbet for AU2 vil potentielt være et større EMC-problem, da en højfrekvent og stor strøm løber igennem dele af kredsløbet. Da motoren drives af et relativt højfrekvent PWM signal, hvis flanker går fra stel til forsyning (7.2V) og der iøvrigt trækkes relativt store strømme. Ydermere forventes et spændingspeak når motoren afbrydes ved hver periode, da der løber strøm i spolen og denne strøm ingen steder kan løbe umiddelbart. Dette giver anledning til højere harmoniske frekvenser af grundfrekvensen i PWM signalet og det vurderes derved at motor agerer som en kraftig støjkilde.



Figur 2.6: Design af motorens Hbro i Multisim.

For at modvirke dette er der placeret en kondensator parallelt med motoren, som derved fjerner en stor del af den højfrekvente støj som opstår. OBS: Denne kondensator fremgår ikke af figur 2.6. Dog vil strømmen der tænder og slukker i ledningerne før motoren, kunne give problemer ifm. nærværende ledninger/printbaner.

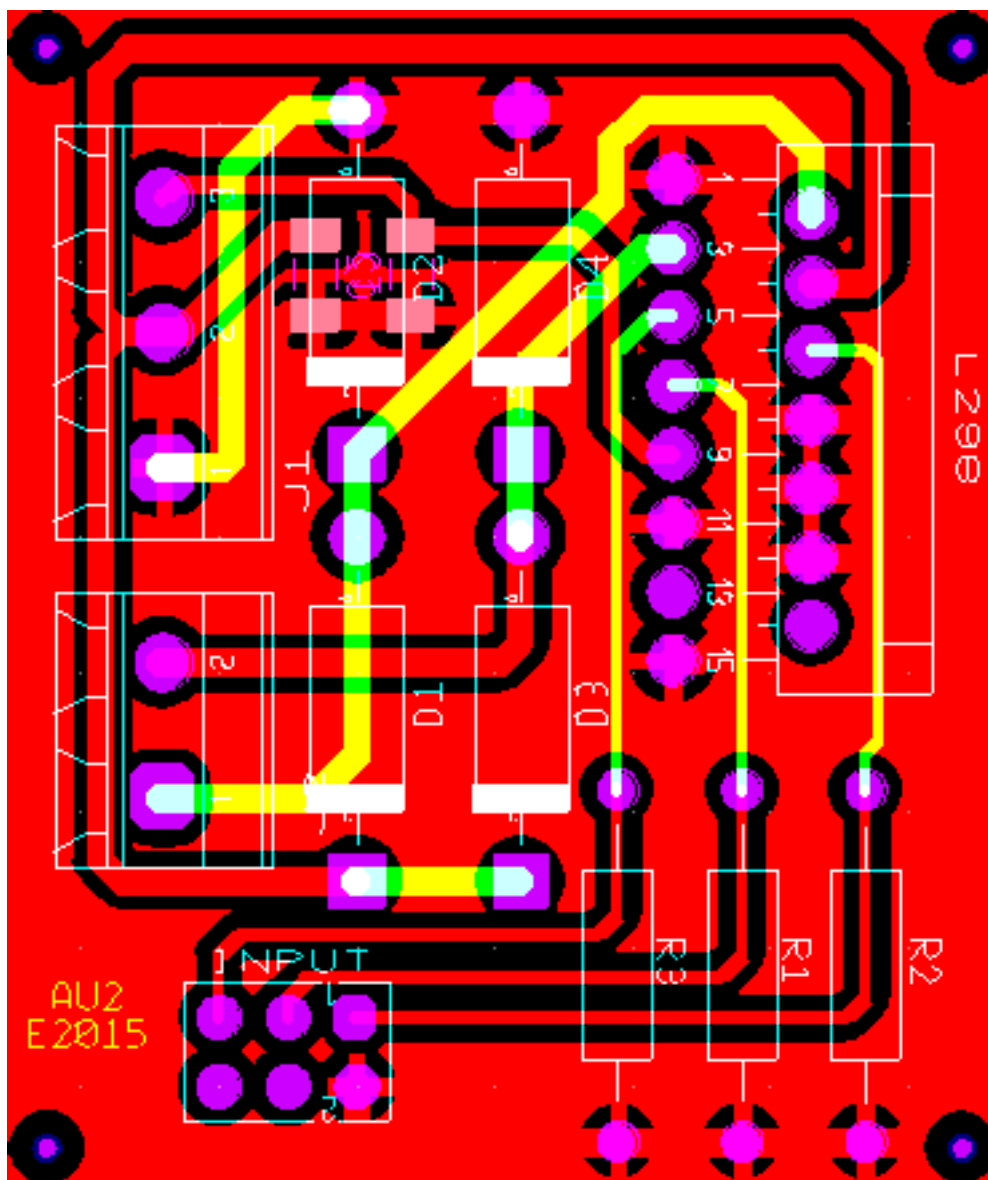


Figur 2.7: Design af motorens Hbro i Multisim.

De strømloops der er i H-broen kan ses på figur 2.7. Det blå loop er den strøm der løber fra kondensatoren C1 gennem H-broen til motoren og tilbage via stel. C1 har desuden til formål at reducere støj fra motorkredsløbet på forsyningsnettet. Det grønne loop er den vej strømmen løber, når enable signalet til H-broen netop er frakoblet og motoren vil forsøge at aflevere energi tilbage til C1. Den forhindrer således spændingspeak fra motoren, men resultatet bliver et strømloop som støjer. Det grønne loop har et tilsvarende strømloop gennem D3 og D2, når DC-motoren kører modsatrettet. Printet til motorkredsløbet er forsøgt designet således, at de strømloops der er, konstrueres så små som mulige og at banerne med stor risiko for støj er placeret så langt som muligt fra andre baner. Desuden er der placeret et Ground plan, der foruden at forøge stelkapaciteten gør det nemmere for højfrekvente strømme, at finde den returvej med mindst modstand. Printudlægget kan ses på figur

2.8. C1 og C2 er placeret på bagsiden af printet under D2, dette kan godt være svært at se grundet farvevalget.

Som en ekstra forsikring mod common-modestøj, kan man med tilledningerne ud til motoren påsætte en ferritkerne omkring, som derved vil fjerne meget af støjen fra den strøm som løber ud til motoren.



Figur 2.8: Printdesign af motorens Hbro i Ultiboard.

# Litteraturliste

- [1] Siemens: *TLE4905 datablad*.  
Bilag 03. 1997-09-1.
- [2] Public Domain: *Skitse over buck converter princippet*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Buck\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter)