

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko

Tehnična dokumentacija

TESLAMETER

Kazalo vsebine

1. Ključne besede.....	3
2. Uvod.....	3
3. Specifikacije naprave.....	3
4. Časovni in finančni plan.....	3
4.1. Časovni plan.....	3
4.2. Finančni plan.....	3
5. Zasnova naprave.....	4
6. Načrti.....	5
6.1. Električna shema.....	5
6.2. Tiskano vezje.....	5
6.3. Opis delovanja.....	6
6.3.1. Napajalni del.....	6
6.3.2. Hall sonda.....	6
6.3.3. Obdelava signala.....	7
6.3.4. Polnovalni usmernik.....	9
6.3.5. Konstruktivski načrt.....	9
7. Kosovnica.....	9
8. Merilni rezultati, postopki testiranja in kalibracije.....	12
9. Tehnične specifikacije.....	12
10. Navodila za uporabo.....	13
11. Časovna in finančna rekapitulacija.....	13
12. Reference.....	13
13. Priložene datoteke.....	14
13.1. Načrt vezja in tiskanine.....	14
13.2. Izhodne datoteke za izdelavo tiskanine – Gerber.....	14
13.3. Vrtalni načrt.....	14
13.4. Presentacija.....	14
.....	14

1. Ključne besede

Tesla – meter, Gauss – meter, merjenje gostote magnetnega polja – B, analogni Tesla – meter, AC/DC analogni Tesla – meter, analog Tesla – meter, magnetic field, measuring magnetic field, magnetic flux density

2. Uvod

Pri projektu se bom ukvarjal z izdelavo analogne merilne naprave, ki bo sposobna precizno izmeriti magnetno polje s pomočjo Hallove sonde.

Merilni instrument sva z Dragom Tacarjem razvila v Laboratoriju za osnove elektrotehnike in elektromagnetiko (LOEE) v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko, kjer sodelujem že od oktobra 2009. Instrument je baterijsko napajana samostojna naprava, ki omogoča tudi polnjenje lastne baterije preko adapterskega priključka.

Tesla – meter je namenjen uporabi na laboratorijskih vajah pri predmetu Osnove elektrotehnike.

3. Specifikacije naprave

Tesla – meter je namenjen merjenju gostote magnetnega polja(B) do 2T (T – tesla; $\text{Wb/m}^2 = \text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1} = \text{N}\cdot\text{A}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$).

4. Časovni in finančni plan

4.1. Časovni plan

Prvotno je bilo mišljeno, naj bi nam projekt vzel zgolj 6 mesecev, a smo se pri odmeri časa krepko zmotili. Saj sva v prvih 6 mesecih dela z Dragom ugotovila, da bo projekt zahtevnejši in bo potreboval nekajkrat več časa.

Projekt je tako zaključen po približno 18 mesecih dela. Mesečno sva v projekt vložila povprečno vsak 60ur. Torej je bilo vloženih 120ur mesečno. Celoten projekt je glede na to zahteval približno 2200 do 2300ur dela, namesto prvotno načrtovanih 600ur...

4.2. Finančni plan

Predvideni strošek izdelave enega instrumenta brez všteti inženirskih razvojnih ur dela smo predvideli na 190,75€.

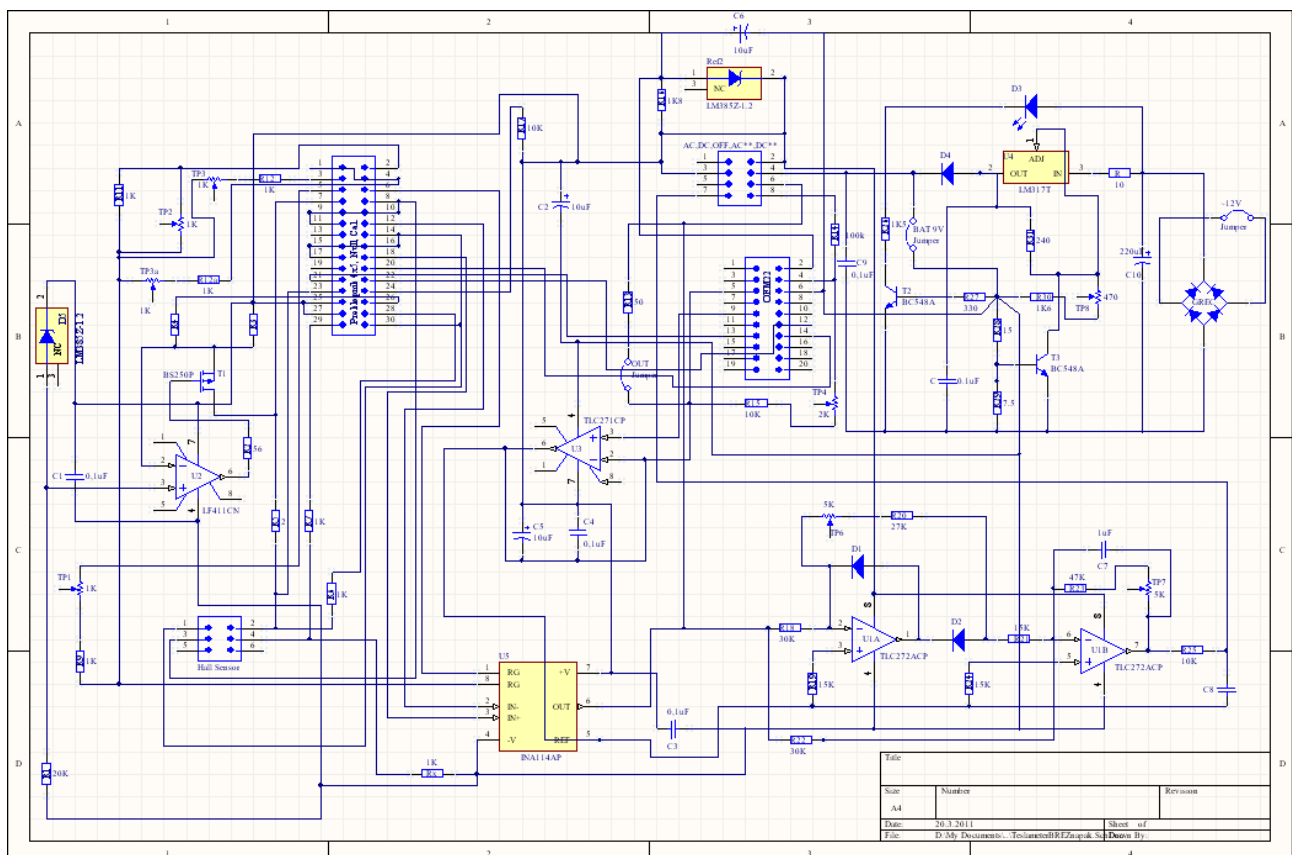
Dejanski strošek izdelave enega Tesla – metra je 218,34€, kar pomeni da smo se vsaj pri finančnem načrtovanju malo zmotili(14,5%).

5. Zasnova naprave

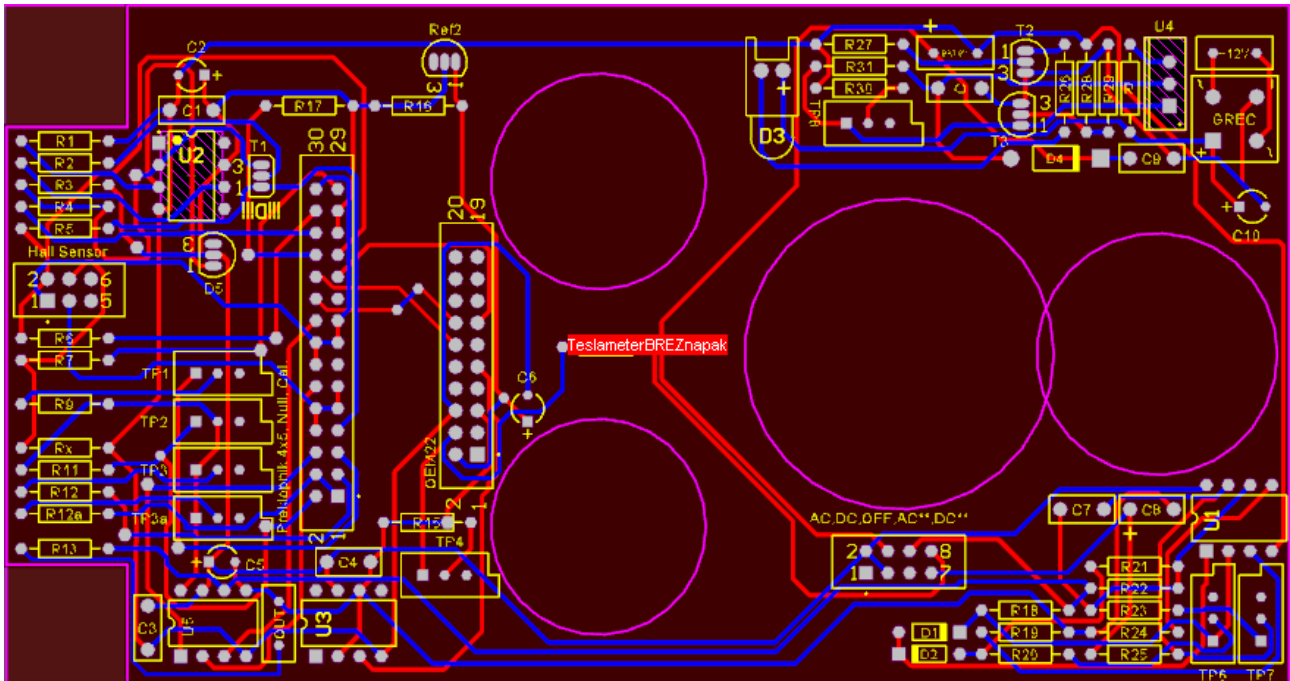
Tesla – meter je izveden povsem analogno. Pri tem sva si pomagala z operacijskim ojačevalnikom LF411 pri napajanju Hallove sonde(F. W. Bell), operacijskim ojačevalnikom TLC271CP za ustvarjanje virtualne mase, dvojnim operacijskim ojačevalnikom TLC272 za polnovalni usmernik, instrumentacijski ojačevalnik INA114AP za ojačanje signala na izhodu Hallove sonde, regulatorjem LM317T in Graetzovim vezjem(Bridge rectifier) v napajalnem delu. Merilnik upravljamo preko dveh preklonnikov, en služi za preklop med želenim načinom merjenja(DC/AC), drug pa za izbor merilnega območja(Kalibracija, 2mT, 20mT, 200mT, 2T) in dveh potenciometrov, kjer spet prvi služi za kalibracijo sonde, drugi pa za uravnavanje ničle ko je sonda v ničelnem magnetnem polju.

6. Načrti

6.1. Električna shema



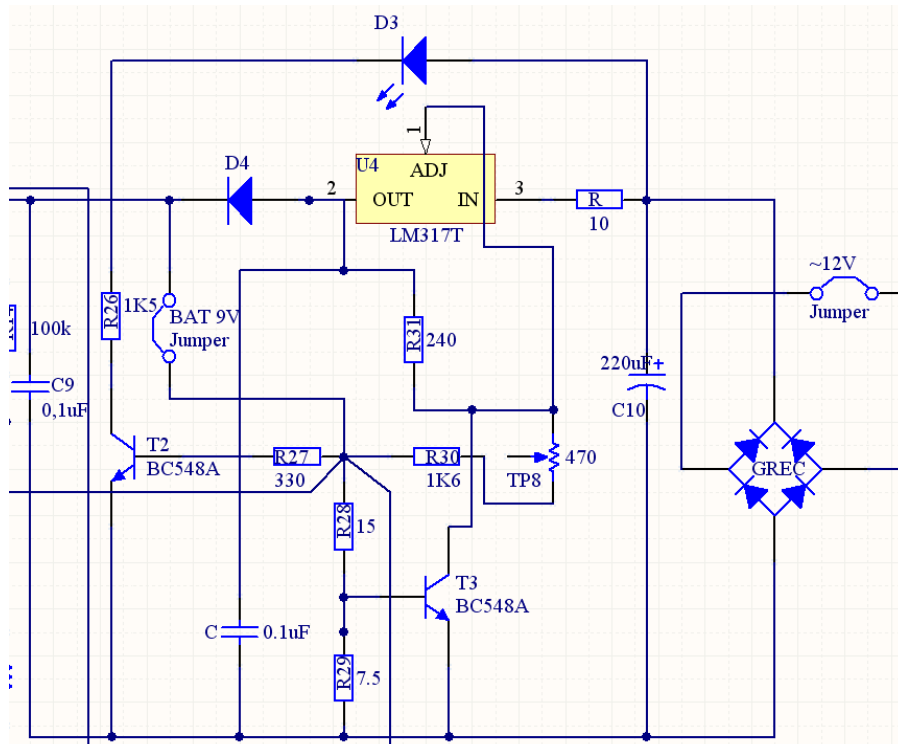
6.2. Tiskano vezje



6.3. Opis delovanja

6.3.1. Napajalni del

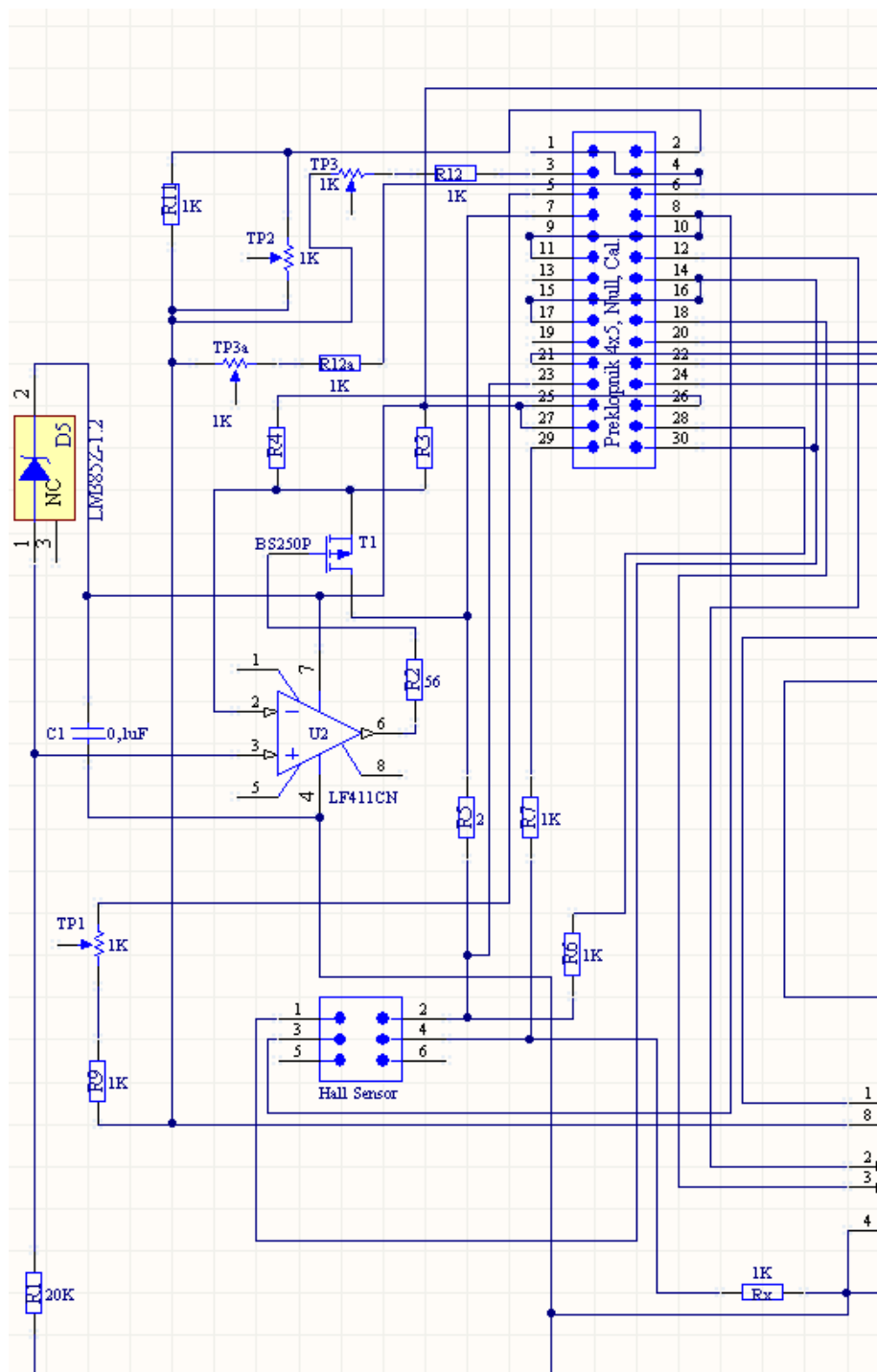
Merilnik napajamo z 9,6V akumulatorjem, ki ga polnimo s pomočjo AC/AC adaptorja (230V/12V, 500mA). Polnilni tok akumulatorja uravnavamo z uporabo R29, ko se akumulator skoraj že napolni se tranzistor T3 izklopi. A je hkrati, zaradi napetosti na uporu R28 vklopljen tranzistor T2, ki ohranja indikacijo polnjenja (LED diodo – D3) prižgano in s tem tudi nekoliko nadaljuje s polnjenjem akumulatorja, dokler tok polnjenja (I_c) ne pade dovolj ($I_c < 20\text{mA}$), da se izklopi tudi tranzistor T2 in s tem indikacijska LED dioda in polnjenje akumulatorje se ustavi. Dioda D4 je dodana zaradi tega, da se akumulator nebi začel prazniti, ko se ne polni več.



6.3.2. Hall sonda

Sondi moramo nastaviti napajalni tok s pomočjo tokovnega izvora z operacijskim ojačevalnikom in NMOSFET tranzistorjem T1 (BS250P), ki ga uravnava s pomočjo kalibracijskega potenciometra P1.

Tok skozi sondo nastavimo približno 15mA. Pri upornosti sonde 600Ohm, nam da to 0,9V padca napetosti na sondi, kar pomeni, da se bo izhodni signal nastavljal na približno 0,45V. Serijsko k sondi vežemo še upornost $R_x=270\text{Ohm}$, kar nam izhodni signal sonde dvigne nekje na potencial 4,5V. R_x smo dodali zaradi teka, ker je sedaj izhodni signal Halleve sonde mnogo prijaznejši za ojačanje na instrumentacijskem ojačevalniku INA114, saj se sedaj nahaja ravno na polovici napajalne napetosti instrumentacijskega ojačevalnika. Če R_x nebi dodali v vezje bi nam izhodni signal sonde plaval pri 0,45V, kar pa ni dobro, saj je to preblizu negativnemu napajanju instrumentacijskega ojačevalnika.

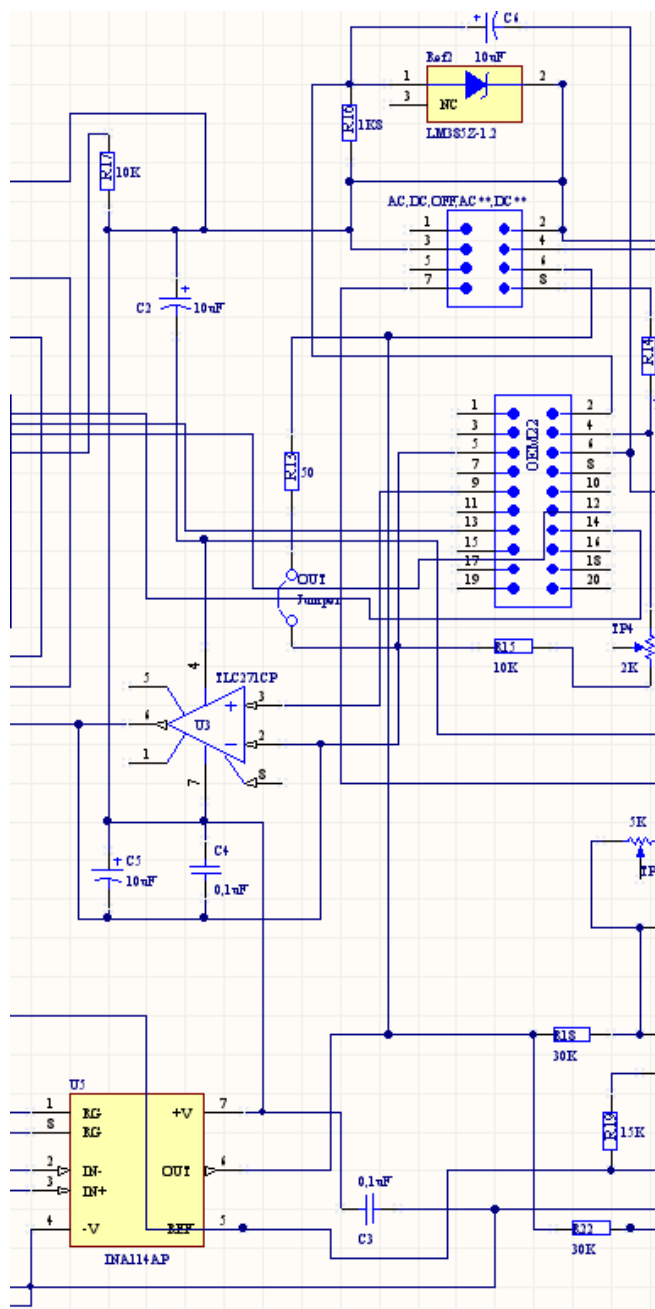


6.3.3. Obdelava signala

S pomočjo preklopnika 4 x 5 izbiramo ojačanje instrumentacijskega ojačevalnika INA114 in s tem merilno območje instrumenta. Na izhodu instrumentacijskega ojačevalnika imamo analogni OUT, ki je na koncu vsakega merilnega območja 2V, saj ga bomo kasneje prikazovali na 3.5 digit LCD digitalni voltmeter prikazovalnik OEM22. Kljub temu, da prikazovalnik lahko pokaže samo od 200mV je tako priključen, da prikazuje do 2V.

Med instrumentacijskim ojačevalnikom in OEM22 smo postavili še virtualno maso, tako da prikazovalnik in instrumentacijski ojačevalnik INA114 plavata skupaj na istem potencialu in tako ne pride do napake pri nihanju akumulatorske napetosti, ki bi se utegnila pojaviti. Virtualna masa je uresničena z operacijskim ojačevalnikom TLC271CP, ki je povezan na referenčni pin(5) instrumentacijskega ojačevalnika INA114. Z referenčno maso se želimo približati potencialu na negativnem pinu(4) Hallove sonde, tako da se vse skupaj dogaja približno na istem potencialu.

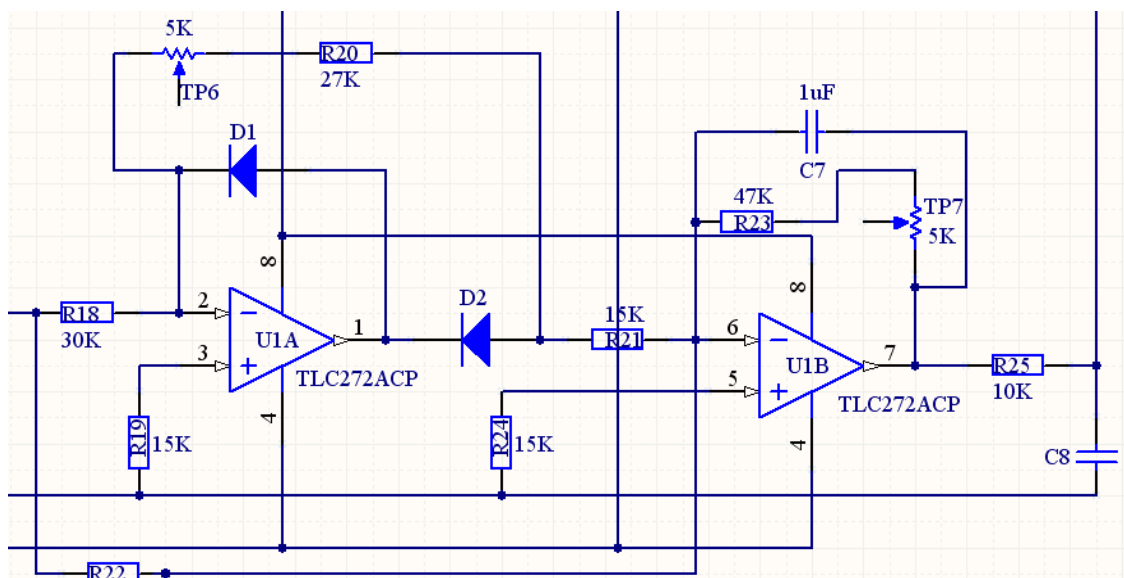
LM385 1.2V je postavljen med napajanje in prikazovalnik zaradi podobnega vzroka kot smo to počeli že pri uporabi Rx in virtualni masi, in sicer gre tukaj tudi za uravnavanje referenčne napetosti na približno sredino potenciala napajanja(9,6V); padec napetosti med Vdd in Vinlow na OEM22 je 2,9V. To nam z LM385 1.2V pomeni 4,1V.



6.3.4. Polnovalni usmernik

Polnovalni usmernik je uporabljen samo, ko s Hallovo sondo merimo izmenično gostoto magnetnega polja – B, saj je potrebno signal pred prikazom na prikazovalnik predhodno obdelati (usmeriti), da ga lahko prikažemo z DC digitalnim voltmetrom.

Prvi (levi) operacijski ojačevalnik poskrbi, da se amplitudi pozitivne polperiode in negativne polperiode poravnata (izenačita), drugi operacijski ojačevalnik (desni) pa ti dve amplitudi vsmeri (kalibrira) na končno usmerjeno vrednost.



6.3.5. Konstruktivski načrt

Konstruktivsko načrtovanje je potekalo tako, da sem dimenzioniral PCB ploščico po dimenzijah izbranega ohišja in nato v grobem preveril ali bodo vsi uporabljeni elementi fizično združljivi med seboj. Druga referenčna točka, ki je zahtevala največ pozornosti za fizično ujemanje ohišja z sestavnimi deli sta bila seveda preklopnik, posebno preklopnik 4 x 5 za izbor merilnega območja in oba potenciometra. Ostale drobne komponente sem preveril le bežno in glede na to tudi nekaj trimmerjev prerazporedil na tiskanini.

Bolj kot se je bližal konec projekta, bolj je postajalo ohišje tesno, a se je izkazalo, da je bila moja ocena prostora k sreči pravilna.

7. Kosovnica

Element	Opis	Proizvajalec	Ohišje	Vrednost	Moja €	Realna €	Farnell *N
C	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	0,1uF	0,05 €	0,11 €	1679402
C1	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	0,1uF	0,05 €	0,11 €	1679402
C2:tantal	kravec	MULTICOMP	Radial	10uF	0,05 €	0,26 €	9708200
C3	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	0,1uF	0,05 €	0,11 €	1679402
C4	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	0,1uF	0,05 €	0,11 €	1679402
C5:tantal	kravec	MULTICOMP	Radial	10uF	0,05 €	0,26 €	9708200
C6:tantal	kravec	MULTICOMP	Radial	10uF	0,05 €	0,26 €	9708200
C7	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	1uF	0,05 €	0,26 €	1679352
C8:tantal	kvadratek	MULTICOMP	Radial	10uF	0,05 €	1,57 €	1200755
C9	kvadratek	ARCOTRONICS	Radial	0,1uF	0,05 €	0,11 €	1679402
C10:aluminium electrolytic	kravec	MULTICOMP	Radial	220uF	0,05 €	0,10 €	9451099
R	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	10Ohm	0,10 €	0,03 €	9342443
R1	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	20kOhm	0,10 €	0,03 €	9342796
R2	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	56Ohm	0,10 €	0,03 €	9343393
R4	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	56Ohm	0,10 €	0,03 €	9343393
R5	Metalfilim	VISHAY BC COMPONENTS	Axial	20Ohm	0,10 €	0,07 €	9466916
R6	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	22kOhm	0,10 €	0,02 €	1126955
R7	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	22kOhm	0,10 €	0,02 €	1126955
R9	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	10kOhm	0,10 €	0,03 €	9342419
R11	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	150Ohm	0,10 €	0,01 €	9342656
R12	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	820Ohm	0,10 €	0,02 €	9343601
R12a	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	820Ohm	0,10 €	0,03 €	9342265
R13	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	510Ohm	0,10 €	0,03 €	9342044
R14	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	100kOhm	0,10 €	0,07 €	1652644
R15	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	10kOhm	0,10 €	0,03 €	9342419
R16	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	1k80Ohm	0,10 €	0,03 €	9342737
R17	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	10kOhm	0,10 €	0,03 €	9342419
R18	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	30kOhm	0,10 €	0,03 €	9343008
R19	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	15kOhm	0,10 €	0,03 €	9342630
R20	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	27kOhm	0,10 €	0,03 €	9342958
R21	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	15kOhm	0,10 €	0,03 €	9342630
R22	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	30kOhm	0,10 €	0,03 €	9343008
R23	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	47kOhm	0,10 €	0,03 €	9343261
R24	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	15kOhm	0,10 €	0,03 €	9342630
R25	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	10kOhm	0,10 €	0,03 €	9342419
R26	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	1k50Ohm	0,10 €	0,03 €	9342621
R27	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	330Ohm	0,10 €	0,03 €	9343032
R28	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	150Ohm	0,10 €	0,01 €	9342656
R29	Metalfilim	WELWYN	Axial	7,5Ohm	0,10 €	0,04 €	1099836
R30	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	1k60Ohm	0,10 €	0,03 €	9342680
R31	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	240Ohm	0,10 €	0,03 €	9342885
Rx	Metalfilim	MULTICOMP	Axial	270Ohm	0,10 €	0,02 €	1126963
T1	BS250P	DIODES INC.	SOT-23	BS250P	0,25 €	1,07 €	1843731
T2	NPN BC548	FAIRCHILD SEMICONDUCTOR	TO-92	NPN BC548	0,25 €	0,11 €	1467872
T3	NPN BC548	FAIRCHILD SEMICONDUCTOR	TO-92	NPN BC548	0,25 €	0,11 €	1467872
TP1	trimmer	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	5kOhm	0,20 €	1,65 €	9608613
TP2	trimmer	BOURNS	PCB Mount	50Ohm	0,20 €	1,70 €	9353780
TP3	trimmer	BOURNS	PCB Mount	50Ohm	0,20 €	1,70 €	9353780
TP3a	trimmer(500Ohm)	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	470Ohm	0,20 €	1,65 €	9608583
TP4	trimmer	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	2kOhm	0,20 €	1,65 €	9608605
TP6	trimmer	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	5kOhm	0,20 €	1,65 €	9608613
TP7	trimmer	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	5kOhm	0,20 €	1,65 €	9608613
TP8	trimmer(500Ohm)	VISHAY SPECTROL	PCB Mount	470Ohm	0,20 €	1,65 €	9608583
D1	1N4448	MULTICOMP	DO-35	1N4448	0,05 €	0,05 €	1621822
D2	1N4448	MULTICOMP	DO-35	1N4448	0,05 €	0,05 €	1621822
D3	LED	SPC TECHNOLOGY	Radial	rdeča	0,50 €	0,09 €	1461636
D4	1N4002	MULTICOMP	DO-41	1N4002	0,05 €	0,08 €	9565000
D5	LM385 1.2	NATIONAL SEMICONDUCTOR	TO-92	LM385 1.2	0,25 €	0,82 €	9488430
Ref2	LM385 1.2	NATIONAL SEMICONDUCTOR	TO-92	LM385 1.2	0,25 €	0,82 €	9488430
U1	TLC272ACP	TEXAS INSTRUMENTS	DIP	TLC272ACP	1,00 €	0,71 €	1564977
U2	LF411CN	NATIONAL SEMICONDUCTOR	DIP	LF411CN	1,00 €	1,32 €	9487026
U3	TLC271CP	TEXAS INSTRUMENTS	DIP	TLC271CP	1,00 €	0,92 €	1103011
U4	LM317T	STMICROELECTRONICS	TO-220	LM317T	1,00 €	0,84 €	9756027
U5	INA114AP	TEXAS INSTRUMENTS	DIP	INA114AP	5,00 €	10,16 €	1564886
GRAETZ, BRIDGE RECTIFIER	kravec	MULTICOMP	RB-15		2,00 €	0,21 €	7278500
AC-AC Adaptor; ADAPTOR, UK	transformator				5,00 €	3,26 €	1217062
SWITCH, 4POLE, 3 POS	meritev(OFF,AC,DC)	LORLIN			3,00 €	1,67 €	1123698
Ohišje LCDja - BEZEL, OEM22/24L	okvirček LCDja	ANDERS ELECTRONICS			1,00 €	3,97 €	176796
Jack Socket; za adaptor 12VAC		SWITCHCRAFT			2,00 €	2,60 €	1608729
Battery strap 9V	9V priključek baterije	KEYSTONE			0,50 €	0,83 €	1650675
Calibration P1	KALIBRACIJA	VISHAY SPECTROL	Panel Mount	100Ohm	3,00 €	9,78 €	1144784
Set P2	NIČLA, ZERO	VISHAY SPECTROL	Panel Mount	1kOhm	3,00 €	10,26 €	1144785
Konektor za HALL; PLUG, MINI-PLUG, MINI-DIN, CHASSIS, 4POLE	HALL konektor	PRO SIGNAL			5,00 €	1,39 €	1280733
Konektorske letvice		TYCO ELECTRONICS	SIL-20		0,10 €	0,93 €	1218870
Konektor(OUT),SOCKET, 4MM, OUT(red)		MULTICOMP			2,00 €	0,54 €	1698950
Konektor(OUT),SOCKET, 4MM, OUT(black)		MULTICOMP			2,00 €	0,54 €	1698951
Ročka za preklopnik		MENTOR			5,00 €	2,83 €	1282595
Ročka za preklopnik		MENTOR			5,00 €	2,83 €	1282595
Ročka za potenciometer		NEUTRIK			3,00 €	0,84 €	146357
Ročka za potenciometer		NEUTRIK			3,00 €	0,84 €	146357
9V polnilna baterija	http://shop.conrad.si/vebsale7/GP-Batteries-NIMH-9-V-BLOK-BA				5,00 €	15,50 €	Conrad
Tiskana vezja	Celotno naročilo (10kom)				30Eur	19,56 €	Lingva
SWITCH, 4 POLE, 5 POS	ShowSE">https://www.buerklin.com/default.asp?event>ShowSE				20Eur	37,84 €	Bürklin
Display - DPM, LCD, 3.5DIGIT OEM22	LCD	ANDERS ELECTRONICS			10Eur	30,65 €	1186895
Ohišje; HAMMOND - 1599EBK	ohišje	HAMMOND			10Eur	5,50 €	722960
Hall sonda		SH400			50Eur	30,50 €	F. W. Bel
Skupaj:					190,75Eur	218,34 €	

8. Merilni rezultati, postopki testiranja in kalibracije

Ko smo vezje sestavili in zacinili... Seveda, kot vedno, najprej ni delalo, zato ga je bilo potrebno natančneje pregledati, popraviti lažje napake in obuditi. A s tem še ni bilo konec dela, saj je na tem nivoju vezje sicer delalo, ampak ne tako kot bi si mi želeli in kot bi bilo pravilno. Sledilo je 'trimmanje' oziroma uravnavanje vseh nastavljenih upornosti (TP1...TP8).

V prvem napajalnem delu smo z TP8 nastavili polnilno napetost akumulatorja, ko je vezje v režimu polnjenja.

V delu obdelave izhodnega signala Hallove sonde smo z TP1, TP2, TP3, TP3a nastavljali ojačanje le-tega signala na INA114 za vsako merilno območje posebej in sicer tako, da smo vedno na 'analog OUT' dobili na koncu merilnega območja napetost 2V. Z TP4 smo pa kalibrirali voltmeter oziroma prikazovalnik, tako da skupaj z 'analog OUT' kažeta enako vrednost.

Pri delu z polnovalnim usmernikom smo v prvem delu le-tega z TP6 določili pozitivno in negativno polperiodo AC signala tako da sta bili po amplitudi enaki. Z TP7 smo pa klibirali končno izhodno napetost, ki se bo pri AC meritvi prikazala na LCD prikazovalnik.

Iskanje referenčne napetosti sonde:

Postavite preklopnik merilnih območji na približno vrednost referenčnega magnetnega polja, vstavite Hall sondo v referenčno polje in z gumbom CALIBRATION nastavite enako vrednost na prikazovalniku. Nato preklopite preklopnik merilnih območji na CAL.in prepisite vrednost iz ekrana na Hall sondo. Saj v tem primeru naslednjič za to sondo ne bo potrebna več kalibracija z referenčnim magnetom ampak bo dovolj le nastavev vrednosti na sondi s gumbom CALIBRATION, saj bo s tem nastavljen enak tok skozi sondo kot je bil ob kalibraciji z referenčnim magnetom.

9. Tehnične specifikacije

- Hall sonda F. W. Bell SH400
- LCD prikazovalnik DPM, 3.5 digit OEM22
- akumulator GP 9,6V
- AC/AC adaptor 12V 500mA
- low battery: 8.6V
- full battery: 11.6V
- Naprava deluje brez napak nekje do frekvence gostote magnetnega polja 1500Hz
- Merilna območja

Merilno območje	Prikazovalnik OEM22	Resolucija (LCD)	Analog OUT
1 - kalibracija			
2 - 2mT	1 999	1uT	2V
3 - 20mT	19 99	10uT	2V
4 - 200mT	199 9	100uT	2V
5 - 2T	1 999	1mT	2V

10. Navodila za uporabo

Preverite ali je akumulator napolnjen. Vključite merilnik na DC ali AC način merjenja, odvisno od magnetnega polja, ki ga želite meriti. Postavite preklopnik merilnih območji na CAL.in z gumbom CALIBRATION nastavite referenčno napetost sonde. S tem je Hall sonda kalibrirana. Postavite preklopnik merilnih območji na najnižje območje in nato vstavite sondo v ničelno magnetno polje in nastavite na prikazovalniku s pomočjo ZERO SET gumba na ničlo. Sedaj je tesla – meter pripravljen za merjenje poljubne gostote magnetnega polja. Kot zadnje še ocenimo približno gostoto magnetnega polja in nastavimo ustrezno območje s pomočjo preklopnika merilnih območji. Lahko pričnemo z meritvijo gostote magnetnega polja.

Hall sonda daje najtočnejše rezultate, ko je vstavljena v magnetno polje pravokotno na silnice magnetnega polja.

Po uporabi izklopite merilnik. S tem boste podaljšali življensko dobo akumulatorja.

11. Časovna in finančna rekapitulacija

Projekt že v samem začetku ni bil mišljen kot najcenejša možnost nabave od 8 do 10 merilnikov gostote magnetnega polja, kolikor smo jih v laboratoriju potrebovali. Zato tudi stroški izdelave niso nizki in bi jih bilo možno na veliko načinov krepko zmanjšati. En izmed njih je prav gotovo povečanje števila izdelanih merilnikov, kateri povleče za seboj tudi nižje cene vgrajenih elementov.

Praktično je cena vsakega merilnika brez plačila razvojnih in konstrukcijskih ur dela 218,34€. Če bi v to všteli še plačilo zgoraj navedenih stroškov in ceno enote zaokrožili na 220€ bi izdelava 10 kosov stala med 9020€/merilnik do 9420€/merilnik ob upoštevanju 40€/razvojna ura dela. Seveda je takoj jasno, da bi se takšni merilniki morali izdelovati v 10000 ali 100000 kosih, kar kmalu pripelje stroške izdelave do smešnih vsot kot so 9,02€/merilnik do 9,42€/merilnik ali za 100000 kosov 0,9€/merilnik.

Tukaj se seveda takoj pojavi vprašanje zasičenosti trga, na katerega se kar sam ponuja odgovor, da ob konkurenci na trgu ne bomo nikoli prodali 100000 kosov merilnika. Saj je ciljna skupina uporabnikov, ki bi jih utegnil merilnik zanimati precej majhna.

12. Reference

- Priloženi podatkovni listi(datasheet) in aplikacijske možnosti na njih
- Dolgoletna izkušnost sodelavca Draga Tacarja
- Elektronska vezja 1 & Elektronska vezja 2; Fakulteta za elektrotehniko, 4.letnik UNI
- http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- www.google.com
- Uporabljene spletne trgovine:
 - <http://www.farnell.com>
 - <http://www.ic-elect.si>
 - <http://b2c.hte.si>
 - <http://www.terna.si/>

13. Priložene datoteke

13.1. Načrt vezja in tiskanine

- TeslameterBREZnapak.SchDoc; shema
- TeslameterBREZnapak.PcbDoc; tiskano vezje

13.2. Izhodne datoteke za izdelavo tiskanine – Gerber

- TeslameterBREZnapak.GTL; Gerber Top Layer
- TeslameterBREZnapak.GKO; Gerber Keep Out layer
- TeslameterBREZnapak.GBL; Gerber Bottom Layer

13.3.Vrtalni načrt

- TeslameterBREZnapak.TXT; NC – drill

13.4. Prezentacija

- Teslameter – prezentacija.pdf