

Univerza v Ljubljani – Fakulteta za elektrotehniko

Predmet: Elektronska vezja 2

Izvajalec: prof. dr. Marko Topič

Asistent: dr. David Jurman

Študijsko leto: 20011/2012



PROJEKT

AMPERMETER

Študent:

Simon Malovrh

64060274

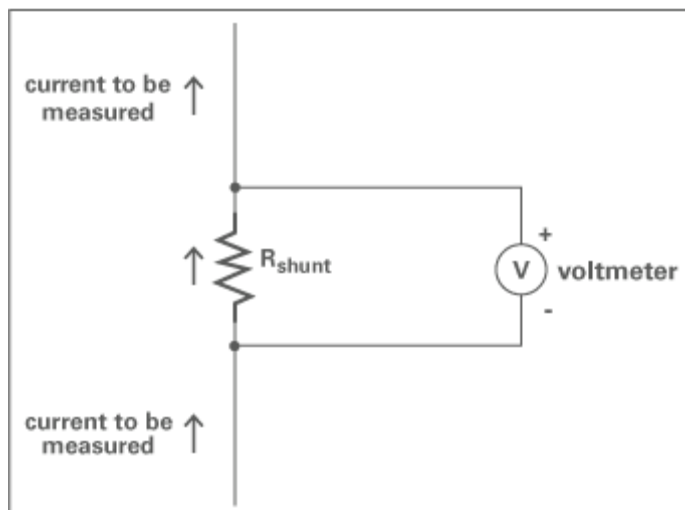
UVOD

Ampermeter je naprava za merjenja električnega toka. Je nepogrešljiv člen v svetu elektronike, saj z njim odčitamo vrednost toka v vezju, ki je eden izmed ključnih, osnovnih podatkov za nadaljnjo analizo in razumevanje delovanja vezja, sistema. Uporablja se na vseh nivojih, od amaterske uporabe do profesionalne rabe na faksih, inštitutih in podjetjih. Dostopen je vsakomur, seveda pa zavisi njegova uporaba od karakteristik, ki jih le ta ima. Do izmerjenih podatkov moramo biti kritični, saj moramo upoštevati podane specifikacije proizvajalca, ki govorijo o odstopanjih oziroma napakah, ki jih naredimo pri merjenju. Za točnejše meritve moramo uporabiti kvalitetnejši ampermeter, kar pomeni dražji ampermeter. Kvaliteta in cena gresta z roko v roki.

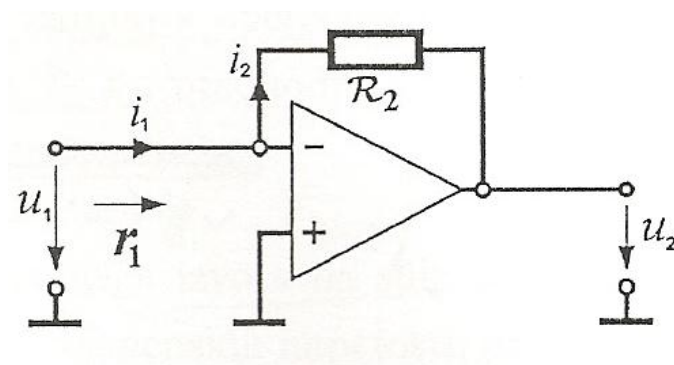
Za izdelavo projekta ampermeter sem se odločil, ker me je vedno zanimalo, po kateri metodi merijo ampermetri električni tok in sama meritev je bolj komplicirana od merjenja električne napetosti.

OPIS ZADANE NALOGE

Osnovna ideja merjenja toka se izvaja z merjenjem padca napetosti čez precizni upor(ang. Shunt resistor), z majhno upornostjo reda 1ohm oziroma manjšo in veliko natančnostjo(toleranco), reda 1% oz. manjšo . Dobljena padec napetosti nam posredno predstavlja vrednost toka, ki ga merimo.



Druga osnovna ideja je bila, da bi izdelal vezje, ki bi opravljalo funkcijo tokovno-napetostnega pretvornika. Uporabil bi invertirajoč ojačevalnik brez upora v vhodni veji. Izhodna napetost u_2 je proporcionalna vhodnemu toku i_1 , pri čemer ima upor R_2 vlogo konstantne pretvorbe vhodnega toka v izhodno napetost.



Ko sem zbiral podatke o delovanju ampermetra, sem našel na spletu zanimiv čip INA139 izdelovalca Texas Instruments, ki opravlja nalogo merjenja električnega toka. V tem projektu sem skušal raziskati možnosti uporabe čipa INA 139, na katerem temelji izdelava oziroma delovanje mojega ampermetra. V osnovi je čip namenjen za zaščito vezja in za odčitavanje vrednosti toka. Uporablja se v aplikacijah kot so mobilni, polnilci baterij, baterijske backup sisteme, v natančnih tokovnih virih...

Na osnovi podatkov, karakteristik, ki sem jih prebral v dokumentaciji čipa, sem se odločil, da ga uporabil pri izdelavi projekta.

Sam bi ampermeter uporabljal za merjenje toka pri laserskih diodah, ki je moj naslednji projekt. Na podlagi delovanja laserskih diod sem si izbral merilno območje od 0 do 200 mA. Nato bom merilne rezultate izpisal na LCD prikazovalniku.

OPIS IZBRANIH ELEMENTOV

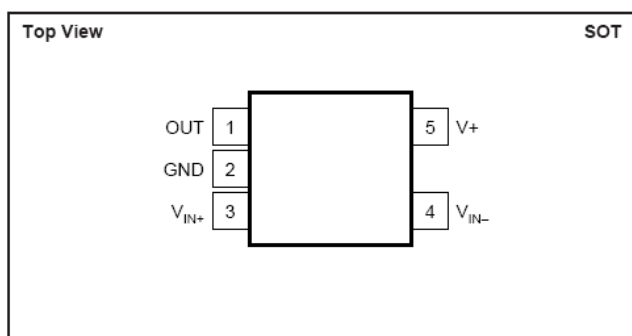
INA 139

Za odčitavanje vrednosti toka sem uporabil čip INA 139, proizvajalca Texas Instruments.

KONFIGURACIJA PINOV:

- Pin 1: OUT- izhodni pin, kjer dobimo izhodni tok I_0
- Pin 2: GND- ozemljitev čipa
- Pin 3: V_{IN+} - vhodna napetost
- Pin 4: V_{IN-} - vhodna napetost
- Pin 5: V^+ - napajanje čipa

PIN CONFIGURATION



Največji dovoljen tok v pin znaša 10mA. Delovna temperatura čipa znaša od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

Supply Voltage, V+	
INA139	–0.3V to 60V
INA169	–0.3V to 75V
Analog Inputs, V _{IN+} , V _{IN–}	
INA139	
Common Mode ⁽²⁾	–0.3V to 60V
Differential (V _{IN+}) – (V _{IN–})	–40V to 2V
INA169	
Common Mode ⁽²⁾	–0.3V to 75V
Differential (V _{IN+}) – (V _{IN–})	–40V to 2V
Analog Output, Out ⁽²⁾	–0.3V to 40V
Input Current Into Any Pin	10mA
Operating Temperature	–55°C to +125°C
Storage Temperature	–65°C to +125°C
Junction Temperature	+150°C

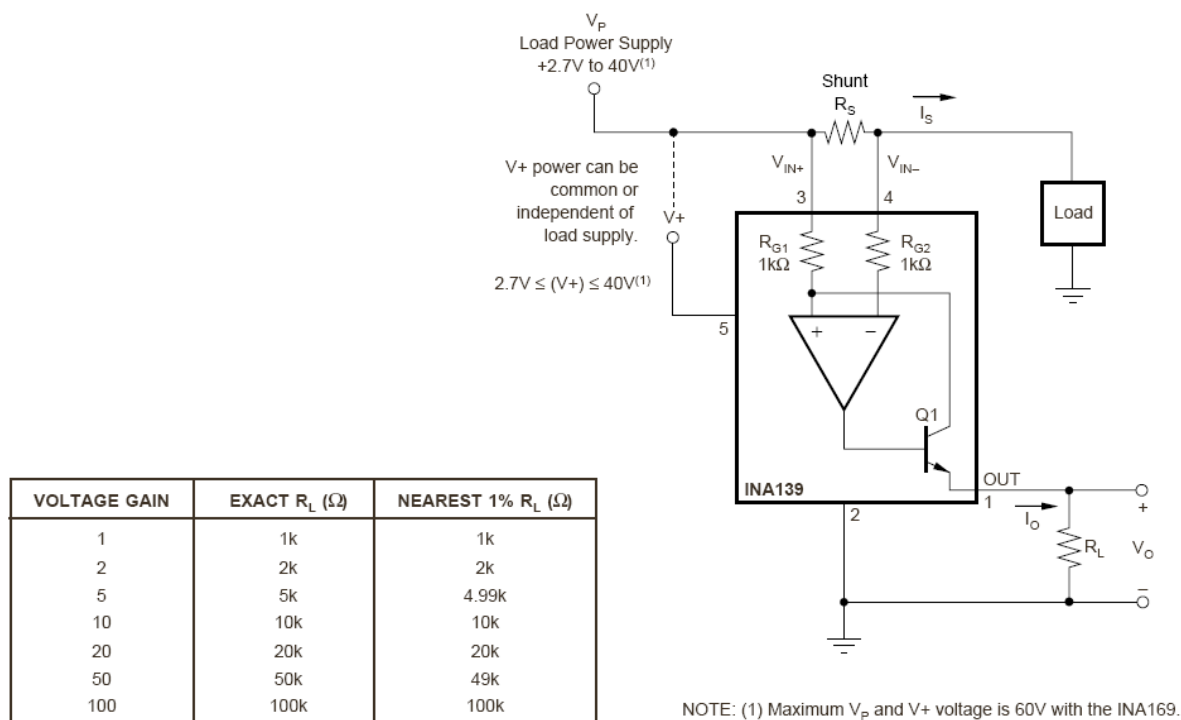
Delovanje čipa:

Bremenski tok I_S teče skozi shunt upor R_S na neko breme (Load). Padec napetosti na shunt upor V_S je prisiljen, da gre skozi R_{G1} in skozi ojačevalnik, ki povzroča da tok teče v kolektor tranzistorja. Nato izhodni upor R_L pretvori izhodni tok (na izhodnem pinu OUT) na napetost V_O . Prenosna funkcija za INA 139 je:

$$I_O = g_m(V_{IN+}) - (V_{IN-})$$

Vhodna napetost $(V_{IN+}) - (V_{IN-})$ je enaka produktu $I_S \times R_S$, izhodna napetost je enaka $V_{OUT} = I_O \times R_L$. Transkonduktanca g_m je enaka $g_m = 1000 \mu A/V$. Popolna prenosna funkcija je: $V_{OUT} = (I_S) \times (R_S)(1000 \mu A/V)(R_L)$.

Osnovna vezava vezja:



Pomemben podatek je tudi maksimalna diferencialna razlika vhodne napetosti ($V_{IN+} - V_{IN-}$), ki za večjo točnost meritve znaša 0.5V, kar prinese 500 μ A izhodnega toka. Največja še dopustna diferencialna vhodna napetost, ki ne bo povzročila okvare čipa znaša 2V. Prav tako je pomembno polarizacija pinov 3 in 4. Na pin 3 moram biti doveden pozitivni del napetosti, na pin 4 pa negativni. Ob nepravilni polarizaciji ne pride do uničenja elementa, vendar je vrednost izhodnega toka I_o enak nič.

Upor R_S (Shunt upor) mora biti povezan čim bližje vhodnima pinoma V_{IN+} in V_{IN-} , saj s tem zmanjšamo kakršnokoli upornost v seriji z uporom R_S . Izhodni upor R_L je povezan med pinom 1 in ozemljitvijo. Največjo natančnost odčitane izhodne napetosti dobimo, če merimo izhodno napetost direktno čez upor R_L .

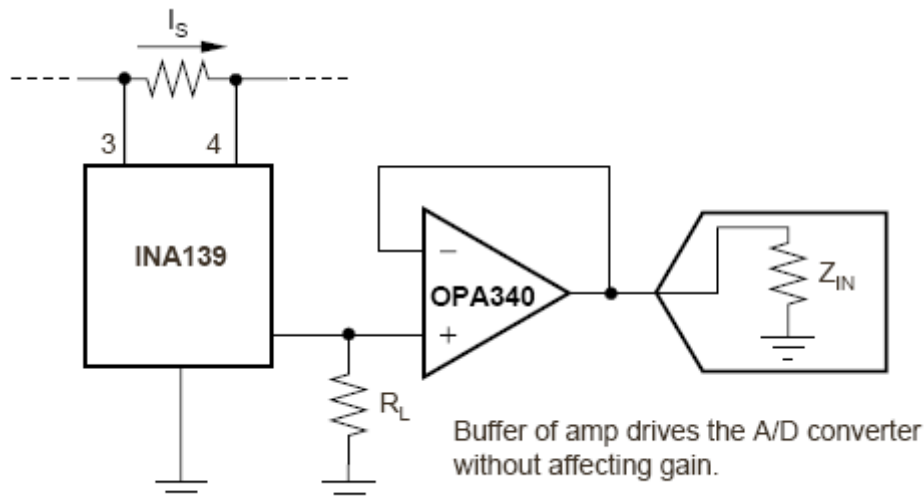
VLOGA UPOROV R_S IN R_L

Izbira vrednosti shunt upora, R_S je odvisna od aplikacije in je kompromis med natančnostjo in maksimalno dovoljeno izgubo napetosti v merilni liniji. Visoke vrednosti R_S zagotavljajo večjo natančnost pri nižjih tokovih z zniževanjem efekta offset-a, po drugi strani pa nizke vrednosti R_S znižajo napetostne izgube v merilni liniji.

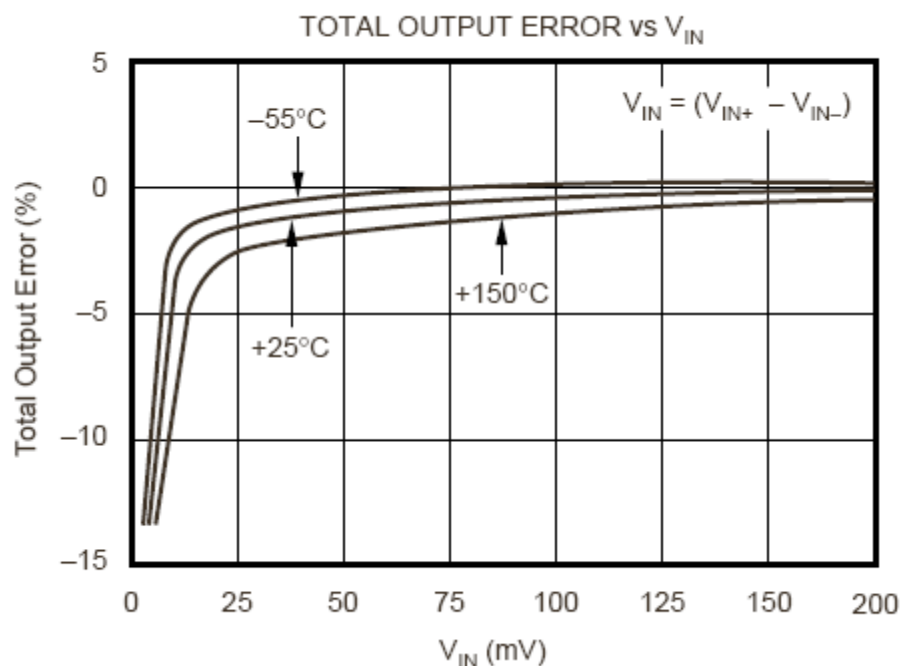
Upor R_L ima vlogo pretvarjanja izhodnega toka v napetost, kar nam zagotavlja, da vidimo celotno območje izhodne napetosti. Izhodna impedanca INA 139 je zelo visoka, kar nam dovoljuje uporabo vrednosti upora R_L do 100k Ω z zelo dobro natančnostjo. Vhodna

impedanca vsake dodane aplikacije oziroma vezja mora na izhodu biti mnogo večja kot pa vrednost R_L da se izognemo degradaciji natančnosti.

Če želimo izmerjen tok prikazovati na LCD prikazovalniku, moramo najprej čip povezati na A/D pretvornik. A/D pretvorniki, ki nimajo dovolj visoko vhodno impedanco lahko bistveno vplivajo na merilno ojačanje. Zato proizvajalec predvideva uporabo sledilnika(buffer-ja), ki zagotovi visoko vhodno impedanco A/D pretvornika, kar lahko vidimo na sliki 4.



Pomembna karakteristika je tudi izhodna napaka glede na vhodno napetostno območje $V_{IN} = (V_{IN+}) - (V_{IN-}) = I_S \times R_S$, kar vidimo na sliki 5. Največja napaka je v območju od 0mV do 25mV. Pri 12.5mV na primer znaša 5%.



ATMEGA32

Za prikaz vrednosti meritev toka na LCD zaslonu in pretvorbo analognih vrednosti v digitalne sem uporabil 8-bitni AVR mikrokontroler ATMEGA32. Glavne karakteristike:

- 32K bitni flash
- 2K bitni notranji SDRAM
- 1024 bitni EEPROM
- 8 kanalni 10-bitni A/D pretvornik
- delovna napetost 4.5V – 5.5V
- USART(universal synchronous asynchronous receiver/transmitter) serijska komunikacija

Programska koda je napisana v programskem jeziku C v razvojnem okolju AVR Studio. Uporabljen je bil prevajalnik winAVR in programator tipa STK500.

A/D PRETVORNIK

Za A/D pretvornik sem uporabil A/D v mikrokontrolerju ATMEGA32, ki pretvori vhodno napetost na 10-bitno digitalno vrednost. Vhodno napetostno območje znaša od 0 – V_{CC} (5V). V osnovi je potrebna frekvenca delovanja A/D pretvornika med 50kHz in 200kHz da dobimo maksimalno resolucijo. Če je izbrano območje manjše od 10 bitov, je lahko frekvenca višja kot 200kHz za boljšo vzorčno stopnjo. V našem primeru je frekvenca A/D pretvornika 125kHz. Za pretvorbo analogne vrednosti v digitalno vrednost pa je potrebno v povprečju 13 ciklov.

LCD PRIKAZOVALNIK

Za prikaz izmerjenih vrednosti toka sem izbral 16 segmentni enovrstični LCD prikazovalnik, ki temelji na kontrolerju HD44780A00.