

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Dejan Smole

**Razsmernik in ojačevalnik za merjenje DC  
napetosti s pomočjo zvočne kartice na osebnem  
računalniku**

Seminarska naloga

pri predmetu  
Elektronska vezja

V Ljubljani, maj 2011

## 1. UVOD

Glavni razlog za izdelavo seminarske naloge je bil v potrebi po poceni in enostavno izvedljivem ojačevalniku ter zajemnem delu za zajem zelo majhnega signala iz mostičnega vezja (merilni lističi – senzor teže / sile).

Z vezjem sem poskusil izdelati napravo ki je primerna tako za zajem majhnih kot tudi razmeroma velikih signalov (do ca. 4V brez atenuatorja).

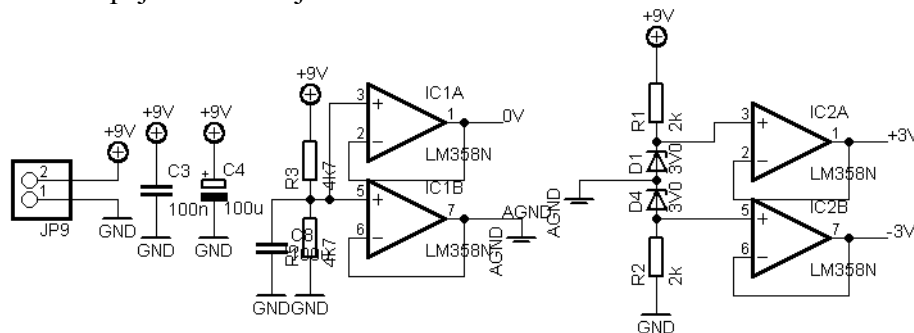
Za računalniški zajem podatkov je uporabljen kar 32bit (ali 24/16bit) ADC na zvočni kartici, ker pa ima kartica vhodni HP filter ki ne prepušča DC signalov je signal na vhodu potrebno razsmeriti z višjo frekvenco.

Sam sem se odločil za polnovalno razsmerjanje (+ in - perioda) ker tako že takoj dobimo dvakrat višjo periodo kot samo pri "chopper" vezju.

## 2. GLAVNI DEL

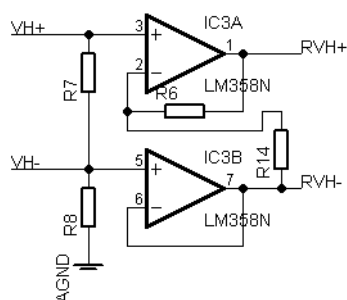
### 2.1 Opis delovanja podsloпов vezja s shematskim prikazom podsloпов in opisom / analizo njihovega delovanja

#### 2.1.a Napajalni del vezja



Napajanje vezja je izvedeno iz zunanje neodvisne 9V baterije. 9V napajanje je blokirano preko C3 in C4 ter preko dodatnega blokirnega kondenzatorja za vsak čip posebej ki zaradi preglednosti na shemi niso prikazani. Vsi čipi so napajani iz 9V napajanja (+9V,GND), zato da dosežemo čim večji možen vhodno-izhoden doseg. Operavijska ojačevalca v IC1 sta vezana kot sledilnika skrbita za virtualno maso (ločena sta za izhod iz ploščice in za virtualno maso vezja). R3 in R5 skrbita da je masa na  $V_{cc}/2$ , C8 pa skrbi da majhna nihanja  $V_{cc}$  ne vplivajo na izhod. Operacijska ojačevalca v IC2 dajeta stabilno napajalno napetost ki jo potrebujemo če želimo na vezje priključiti merilni mostič. Napetostna referenca je izvedena preko dveh zenerjevih diod, upora R1 in R2 poskrbita za pretok skozi diodi.

### 2.1.b Vhodni del vezja



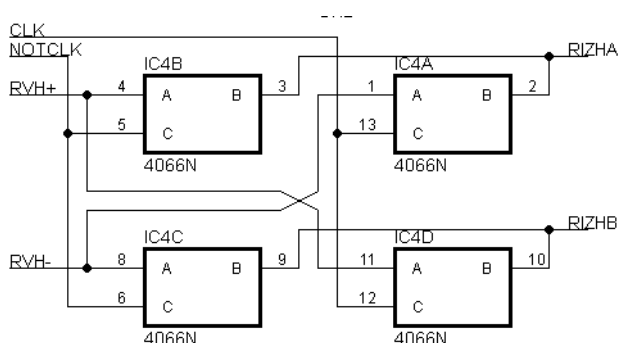
Vhodni del vezja je sestavljen iz operacijskih ojačevalnikov v IC3. Upor R7 je namenjen določanju vhodne upornosti vezja, upor R8 pa poskrbi da v primeru če je vhodna napetost plavajoča poveže eno sponko na  $V_{cc}/2$  (AGND). V narejenem vezju sta bila oba uporabljena upora 1M, R8 pa je bila dodana tudi možnost da se ga bodisi premesti z veliko manjšim uporom ali pa kar poveže na AGND.

Ojačevalnik IC3B deluje v režimu sledilnika, ojačevalnik IC3A pa ali v režimu sledilnika (če je  $R_{14} = \infty$ ) ali pa v režimu neinvertirajočega ojačevalnika razlike med RVH- in VH+, RVH- je uporabljena kot "virtualna masa" tega ojačevalnika. Slabost take povezave naproti diferencialnemu ojačevalniku oz. instrumentacijskemu ojačevalniku je da se dinamičnost izhoda spreminja z vhodno napetostjo VH-.

Za R6 je bil uporabljen upor 68k, upor R14 je na vezju mogoče odstraniti ( $R = \infty$ ,  $A_u = 1$ ) ali na njegovo mesto priklopiti upore 1k ( $A_u = 69$ ), 6.8k ( $A_u = 11$ ) ali 18k ( $A_u \approx 4.8$ ). Enačba za ojačenje neinv. ojač. je  $V_{izh} = V_{vh}(1 + R_6/R_{14})$ .

Vezju sta bila dodana še dodatna 2k upora na izhodu obeh ojačevalcev med RVH+ na vhodnem vezju in RVH+ na stikalnem razsmerniku ter med RVH- na vhodnem vezju in RVH- na stikalnem razsmerniku. Ta upora na shemi nista prikazana. Skrbita pa da ne pride do poškodb stikalnega dela ali nepravilnega delovanja vhodnih ojačevalnikov zaradi morebitne "prižganosti" dveh stikal naenkrat ki bi skupaj vezali RVH+ in RVH-.

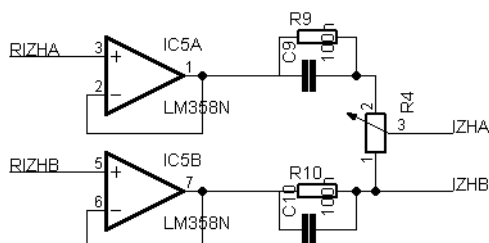
### 2.1.c Stikalni razsmerniški del vezja



Za stikalni razsmerniški del je uporabljen čip CD4066, ki ga sestavljajo štiri digitalno krmiljena analogna stikala. Po dve stikali delujeta vzporedno in protitaktno z drugima dvema stikaloma. Tako sta ko je signal CLK aktiven in signal NOTCLK neaktiven aktivni stikali IC4A in IC4D. Signal RVH+ je povezan na izhod RIZHB, RVH- pa na izhod RIZHA. Ko CLK ni aktiven in je aktiven signal NOTCLK sta prižgani ostali stikali in signal RVH+ je povezan na RIZHA ter RVH- na RIZHB.

NOTCLK mora biti negiran signal CLK. V nasprotnem primeru sta lahko oba signala povezana na obe sponki in sta tako v kratkem stiku (Če sta aktivna tako CLK kot NOTCLK).

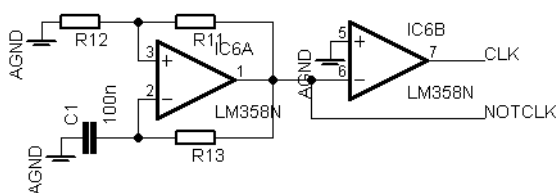
### 2.1.d Izhodni del vezja



Izhodni del vezja je sestavljen iz dveh bufferjev (sledilnikov) ki zmanjšujeta tokovno obremenjenost čipa CD4066, ter iz kapacitivno ločenega izhodnega dela ter atenuatorja izhodnega signala. C10 in C9 služita za kapacitivno ločitev izhodnega dela. (! Tudi zemlja PC je lahko na neki napetosti !), R4 služi za atenuacijo signala pred vhomom na zvočno kartico. R9 in R10 pa sta upora velike upornosti (1M) služita kot prepustna (bleed) upora v primeru višje napetostne razlike med izhodom in PC vhomom ter preprečujeta možnost poškodb (preboja) kondenzatorjev.

C10, C9 in R4 morajo biti dimenzionirani tako da dobro prepuščajo izhodni signal (od frekvence oscilatorja naprej). Zaradi različnih vhodnih delov PC zvočne kartice so te komponente lahko v različnih primerih različne, v grobem pa zadošča že da z R4 lahko nastavimo amplitudo izhodnega signala tako da ustreza določeni zvočni kartici. Vhodi imajo ponavadi  $\sim 10k$  Rvh in  $\sim 1V_{pp}$  maks. izkrmiljenje (10-100mVpp na mic vhomu).

### 2.1.e Oscilator za krmiljenje razsmernika



Oscilator je narejen kot klasičen relaksacijski oscilator ter negator (invertirajoči primerjalnik) za realizacijo inverzne ure. R12 in R11 določata točko preklopa, uporabljena sta bila 10k upora. Tako je točka preklopa pri  $1/4 \cdot V_{cc}$  oz. pri  $3/4 \cdot V_{cc}$  ( $+U_{sat}/2$ ). R13 in C1 določata frekvenco oscilatorja. Veljata enačbi  $T=2\ln(3)RC$  oz.  $f=1/(2\ln(3)RC)$ , pribl.  $T=2.20 \cdot RC$  in  $f=1/(2.20 \cdot RC)$ . Pri kondenzatorju  $C1=100\text{nF}$  je torej za frekvenco 1kHz potreben upor  $R13 \approx 4.7\text{k}$ . Ker se je izkazalo da višja frekvenca 10kHz boljše pride skozi vhodni del zvočne kartice je bil kondenzator znižan na 10nF.

### 2.2. Analiza delovanja in izmerjene karakteristike.

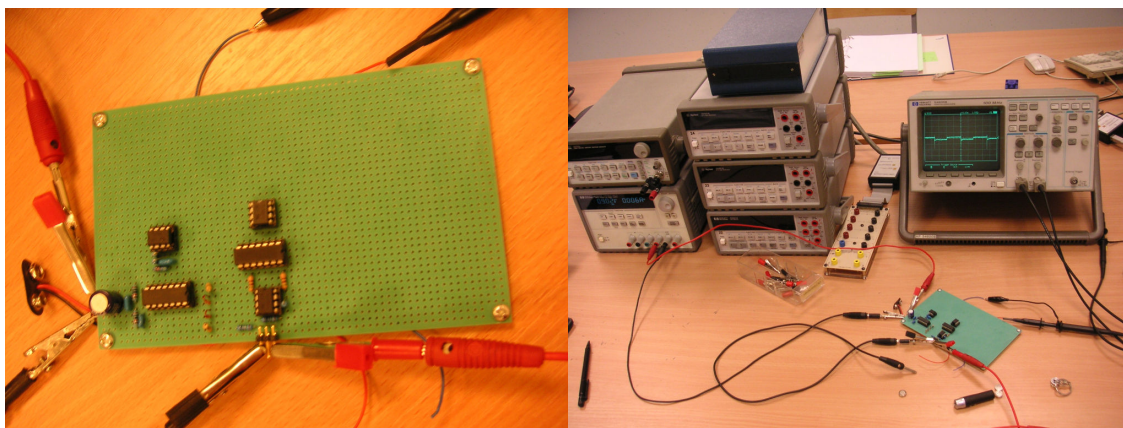
Opisi delovanja posameznih sklopov in elomentov so podani že med op

Že med izdelavo vezja so bile sproti merjene enosmerne veličine v vezju in poraba posameznih sklopov.

Poraba napajalnega dela je 10,5mA, predvsem zaradi pretoka skozi zener diode, vhodnega dela 1mA, razsmerniškega dela in izhodnega dela 0,5mA ter oscilatorja okoli 1mA. Seveda so to tokovi brez zunanjega priključenega merjenca. Ob merjenju se zaradi spremenjenih napetosti ti tokovi lahko spremenijo.

Majhna poraba - manj od 15mA omogoča baterijsko napajanje. S samim preverjanjem vhodnega toka pa je bilo že med izdelavo preverjeno da ni bilo vezje napačno povezano.

Na vezju so bile v laboratoriju izvedene tudi nekatere osciloskopske meritve:

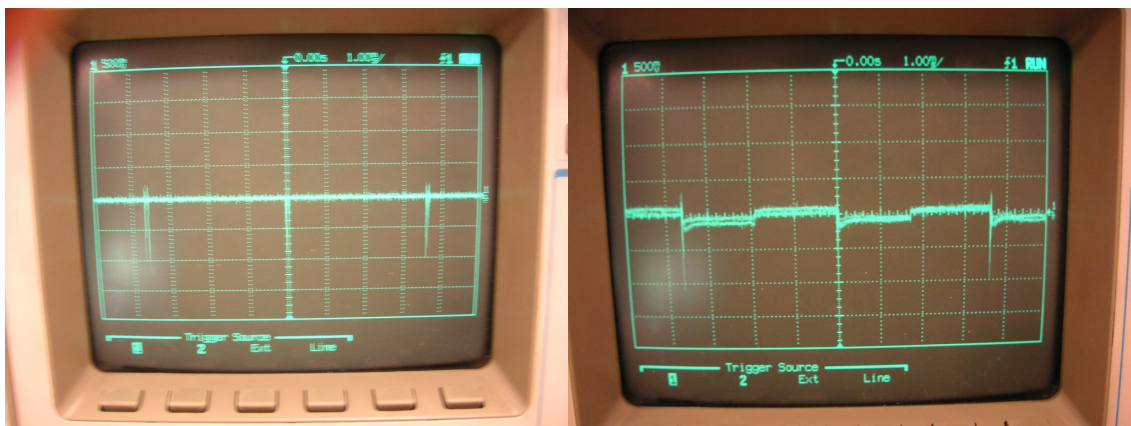


Slika: Vezje med meritvijo ter merilna namestitvev.



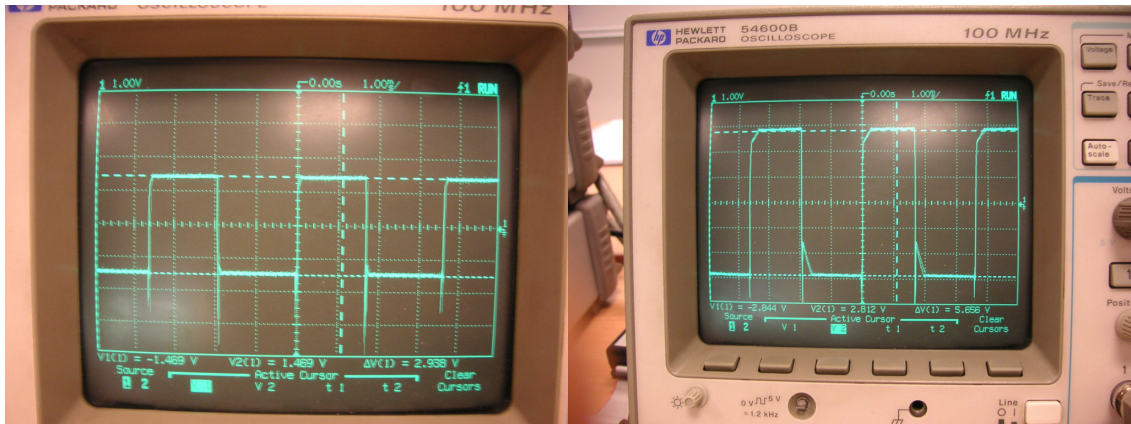
Slika: Meritev signala CLK in NOTCLK

Meritvi frekvence signala CLK in NOTCLK sta se lepo ujemali s teorijo, frekvenca sicer pri sistemu ni velikega pomena (more pa biti v določenem območju) in je bila tekom razvoja še spremenjena. Iz slike je razvidno da sta signala zelo rahlo zamaknjena ter da ne sežeta čisto od 0-9V, bolj od 0,7V do 8V.



Slika: Meritev izhodnega signala pri kratkostičenem vhodu in pri odprtih sponkah

Pri odprtih sponkah je vidna offsetna napetost ni pa nekga zelo velikega šuma. Pri kratkostičenem vhodu je viden šum samega ojačevalnika / razsmernika in šum ki ga verjetno povzroča zamaknjjenost CLK signalov (špice vsako periodo).



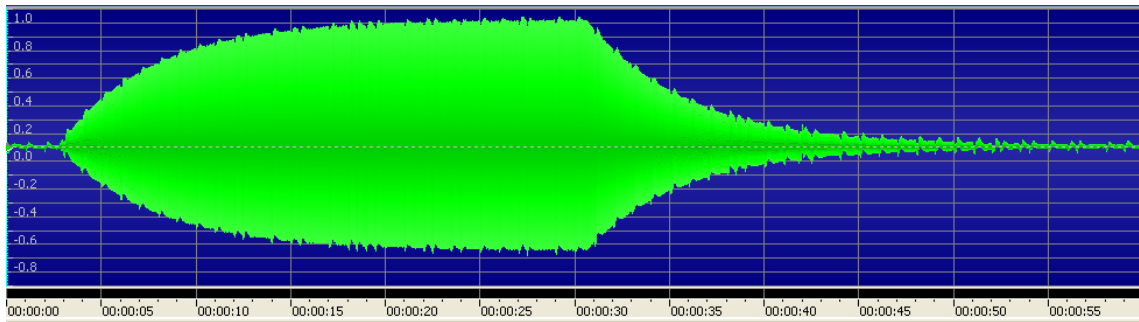
Slika: Meritev izhoda pri 1,5V in 3V vhodni napetosti (merjene so bile gumbne baterije)

Meritve so lepo sledile pričakovanjem.

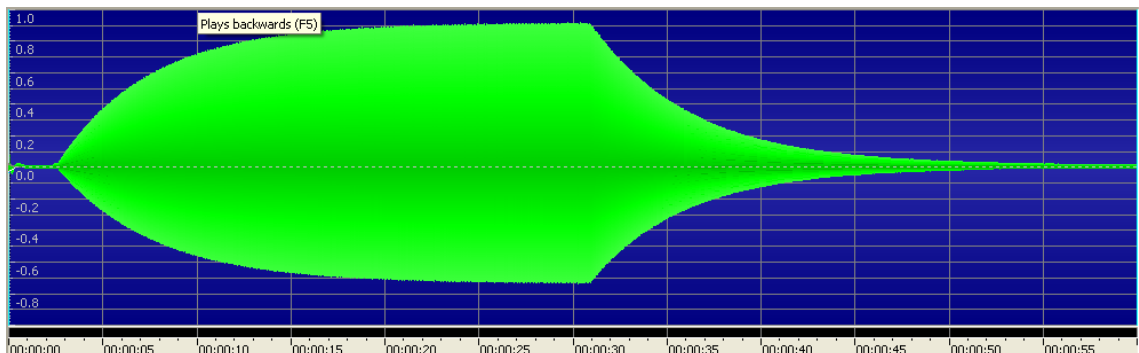
### Meritev RC člena

$R=56k\Omega$  1%,  $C=100\mu F$  elektrolit 20%,  $\tau$  (izr)=5.6s

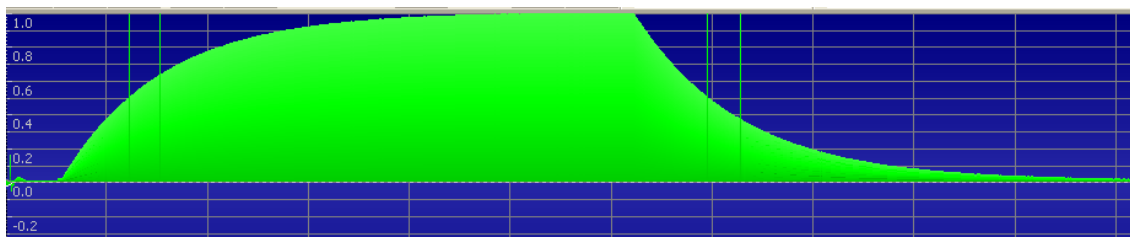
$\tau$  (izm)=5.10s



Slika: Meritev posneta ko je bil na prenosnem računalniku vklopljen stikalni 220V napajalnik. Lepo je viden šum ki ga povzroča. Šum lahko nastane direktno od napajalnika ali kot modulacijski produkt napajalnika in razsmernika.



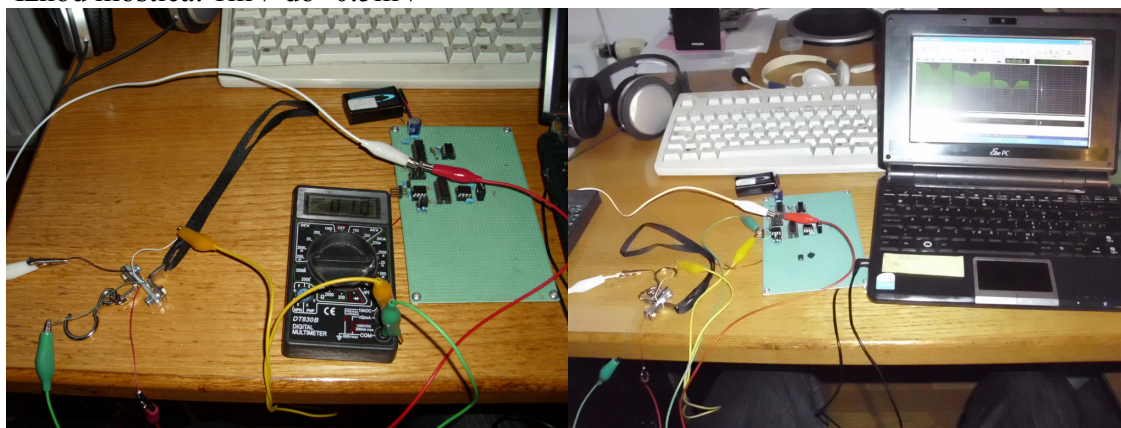
Slika: Izmerjen vhodni signal z zelo malo šuma.



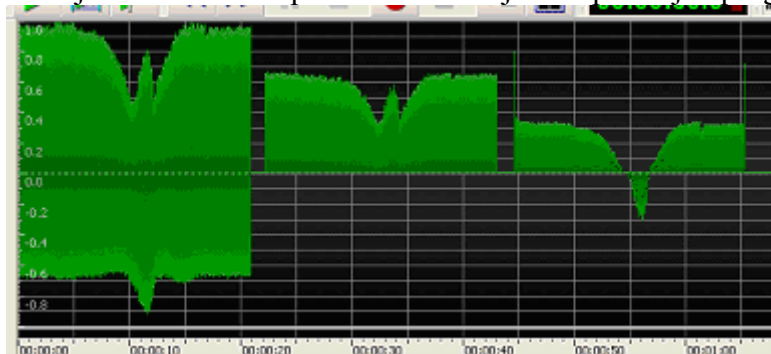
Slika: Signal je bil spuščen preko detektorja ovojnice, 20Hz LP filtra in maksimiziran, tako da so enote tudi enake deležu končne veličine. Označeni sta mesti ko signal spremeni svojo vrednost za 50% ( $\sim 0.7$  Tau) in 63% ( $\sim 1$  Tau). Meritev pri polnjenju je dala vrednost  $\text{Tau}=5.05\text{s}$  pri praznjenju pa  $\text{Tau}=5.15\text{s}$ . Ti meritvi se tudi skladata s teorijo, izračunana vrednost Tau bi bila 5.6s, vendar moramo upoštevati tudi 20% toleranco kondenzatorja. Razlika v meritvi bi lahko bila pokazatelj nelinearnosti vhoda ali nepredvidenih tokov, je pa razlika v rangi 2%.

#### Uporaba razsmernika z merilnim mostičem.

Izhod mostiča: 1mV do -0.5mV



Za zajem in obdelavo podatkov na PC je bil uporabljen program GoldWave:



Levi graf: izmerjene vrednosti, na sredini meritve je bila obremenitev mostiča največja in je šla preko 0V. Srednji graf: vrednost funkcije detektorja ovojnice. Desni graf: levi graf je bil ročno ekvaliziran (prestavljen v sredino) in obrnjen kjer je to potrebno.

Prehod ničle zaradi digitalnega filtriranja in šuma ni popolnoma čist.



### 3. ZAKLJUČEK

Vežje je uporabno za merjenje tako majhnih kot tudi večjih napetosti. Natančnost zaradi šuma ni zelo velika, vendar je za enostavne meritve popolnoma zadostna. Dodatno se jo da izboljšati z nadaljno digitalno obdelavo signala izven programa GoldWave ali s pomočjo lastnih funkcij v programu. Program je sicer namenjen obdelavi zvočnih signalov, zato tudi vgrajene funkcije in filtri delujejo le na omejenem frekvenčnem področju.

Vežje je namenjeno baterijskemu delovanju in med elementi vezja in merjencem ne sme biti galvanske povezave (razen če je merjenec napajan preko napajalnega dela vezja). V primeru galvanskih povezav se moramo zavedati zmožnosti (predvsem dinamike) vhodnega dela vezja.

Če bi vezje delal ponovno bi za vhodni del izbral "čistejši" pristop instrumentacijskega ojačevalca, tako da bi bil vhodni razpon ne glede na vhodno napetost enak. Moje vezje ima tudi slabost da ni možno detektirati predznaka vhodne napetosti. Tega bi se lahko znebili z referenčno napetostjo pri instrumentacijskem ojačevalcu.

Prav tako bi bilo možno stikalni del poenostaviti na le eno shunt (kratkostično) stikalo, oscilator pa bi bilo bolje realizirati z digitalnim relaksacijskim oscilatorjem (hitrejši odziv, digitalni izhod in manj potrebnih komponent).

Z uporabo preciznih napetostnih referenc pa bi se lahko izognil uporabi tokovno požrešnih in manj stabilnih zener diod.

**4. PRILOGE**

Podatkovni listi

LM324N (ST; uporabljen za napajalni del)

TS358CD (TS; ostali operacijski ojačevalniki)

74HC4066 (NXP; stikalni del)