



Prikaz amplitude avdio signala z LED lestvico (VU meter)

**Projektna naloga pri predmetu
Elektronska vezja, 2. del**

Datum:	Vpisna številka:	Študent:	Podpis:	Strani:
1.6.2010	64070157	Blaž Zakrajšek		16

1. Kazalo

1. Kazalo.....	2
2. Uvod.....	3
3. Splošno.....	4
3.1. Zvočna kartica in avdio signal.....	4
3.2. Amplituda avdio signala.....	5
3.3. Program za generiranje sinusnega signala.....	7
3.4. Družina integriranih vezij LM3914, LM3915 in LM3916.....	8
3.4.1. Opis delovanja	8
3.4.2. Osnovna shema logaritemskega prikazovalnika.....	10
4. Projekt.....	11
4.1. Shema	11
4.2. Delovanje.....	12
4.3. Umerjanje	13
4.4. Tiskanina	13
4.5. Končan izdelek	14
5. Zaključek	15
6. Viri.....	16

2. Uvod

Za sledeči projekt sem se odločil predvsem na podlagi osebnega zanimanja te tematike. Zanimivi so namreč svetlobni efekti, ki se spreminjajo po taktu glasbe. V začetku, ko mi še ni bilo znano, kakšen sploh je po obliki in amplitudi avdio signal, sem sklepal, da bo to težak projekt. Razmišljal sem, če je to morda tokovni signal 4-20 mA, ali pa signal reda amplitude nekaj mV. To sicer ne bi imelo smisla, saj bi bil tak signal precej dovzeten za motnje in šum iz okolice. Na srečo se je tako tudi izkazalo, saj so te napetosti precej višje. Tako sem si tiskano vezje razdelil v grobem na dva dela; prvi del skrbi za obdelavo in pripravo avdio signala, tako, da je signal prave amplitude in oblike. Drugi del vezja pa je prikazovalni del, torej vezje, ki skrbi za prikaz. Integrirana vezja za prikaz z lestvico LED diod že obstajajo, tako da to niti ni bil velik problem. Težava je bila bolj v tem, kako in kakšno vezje zgraditi za pravilno obdelavo signala. Tako je na koncu nastalo vezje za prikaz amplitude avdio signala.

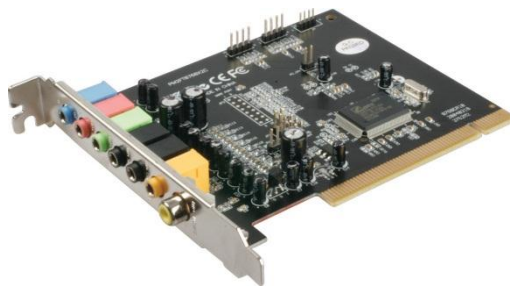
Tako je v poglavju "Splošno" razložene nekaj teorije glede avdio signala in generiranja le-tega ter avdio standardov. V nadaljevanju pa je v poglavju "Projekt" razloženo praktično vse glede projekta, torej glede topologije in delovanja tiskanega vezja projekta.

3. Splošno

3.1. Zvočna kartica in avdio signal

Zvočna kartica je dandanes nepogrešljiva komponenta vsakega računalnika. Lahko je vgrajena že direktno na matični plošči (vgrajena oziroma integrirana) ali pa kot samostojna plošča tiskanega vezja, ki se vgradi v PCI vodilo. Obstajajo tudi različice, ki se priklopijo na USB vodilo.

Zvočna kartica služi primarno kot generator avdio signala, lahko pa tudi za zajem in snemanje avdio signala. Pogosto imajo stereo izhod (ang. »line out«), stereo vhod (ang. »line in«) in mikrofonski vhod. V zadnjem času je sila popularen sistem hišnega kina (5.1 ali 7.1 sistem). Tako se lahko doseže prostorski zvok. Takšna kartica ima tako še več izhodov; levi in desni sprednji, levi in desni zadnji, sredinski in nizkotonski izhod. Primer kartice 7.1 sistema prikazuje slika 1.



Slika 1: PCI zvočna kartica z 7.1 kanalno zmogljivostjo

Priključki so standardni TRS (ang. »tip, ring, sleeve«) ali pa RCA. Nameni priključkov se ločujejo po barvi; prikazani so v tabeli 1.

Za generacijo signalov imajo zvočne kartice vgrajene digitalno-analogne pretvornike (ang. »digital-to-analog-converter« oz. krajše »DAC«), saj je zapis zvoka na računalniku digitalen. Tega morajo zato z omenjenimi pretvorniki pretvoriti v časovno zveznega oz. analognega.

Barva	Namen
	Vhod za mikrofonski
	“Line in” vhod
	“Line out” oz. klasični stereo izhod
	Izhod za stranske zvočnike
	Izhod za zadnje zvočnike
	Izhod za center in nizkotonca

Tabela 1: Barva in namen priključkov zvočne kartice

Tako je avdio signal analogen signal in je napetostno določen. Informacija se torej prenaša s spreminjajočo napetostjo.

Avdio signali so določeni s standardi, ki pa jih je več; v tabeli 2 so naštetih najbolj pomembni. Izkazalo se je, da vsa avdio oprema, s katero sem imel opravka, temelji na standardu +4 dBu. Na podlagi tega sem se odločil, da je za projekt potrebno upoštevati ta standard.

Standard	Nominalni nivo
ARD, Nemčija	+6 dBu
USA professional audio	+4 dBu
Consumer audio	−10 dBV

Tabela 2: Izbrani standardi avdio signalov v uporabi

3.2. Amplituda avdio signala

Privzamemo, da imamo običajni enoharmončni sinusni signal amplitude U_0 in frekvence f_0 :

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega_0 t),$$

za signal pa velja tudi: $\omega_0 = 2\pi f_0$, $T_0 = \frac{1}{f_0}$ pri čemer je T_0 perioda, f_0 pa frekvenca signala.

Srednja vrednost na eni periodi signala ($t = [0 \dots T_0]$) signala je:

$$U_{avg} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U(t) \cdot dt = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U_0 \sin(2\pi f_0 t) dt = \frac{U_0}{T_0} \int_0^{T_0} \sin(2\pi f_0 t) dt =$$

$$U_{avg} = \frac{U_0}{T_0} \left(-\frac{\cos(2\pi f_0 t)}{(2\pi f_0)} \right) \Big|_0^{T_0} = \frac{U_0}{T_0} \left(-\frac{1}{2\pi f_0} + \frac{1}{2\pi f_0} \right) = 0$$

Ker je srednja vrednost signala enaka 0, izračunajmo še srednjo kvadratično (z drugimi imeni: efektivno, RMS, ang. »root-mean-square«) vrednost signala:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U_0^2 \sin^2(2\pi f_0 t) dt} = \sqrt{\frac{U_0^2}{T_0} \int_0^{T_0} \sin^2(2\pi f_0 t) dt} =$$

$$U_{rms} = U_0 \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} (1 - \cos^2(2\pi f_0 t)) dt} = U_0 \sqrt{\frac{1}{T_0} \left(t - \left(\frac{1}{2} t + \frac{1}{4 \cdot 2\pi f_0} \sin(2 \cdot 2\pi f_0 t) \right) \right) \Big|_0^{T_0}} =$$

$$U_{rms} = U_0 \sqrt{\frac{1}{T_0} \left((T_0 - \frac{1}{2} T_0) - 0 \right)} = U_0 \sqrt{\frac{1}{T_0} \left(\frac{T_0}{2} \right)} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Ta relacija velja le za sinusen signal. V primeru, da je signal drugačne oblike, je potrebno enačbo ponovno izpeljati. Tako dobimo, da je relacija med amplitudo in efektivno amplitudo sinusnega signala:

$$U_{rms} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Glede moči velja na idealno rezistivnem bremenu med napetostnim padcem na njem in upornostjo ter močjo, ki se troši na njem, naslednja zveza:

$$U[V] = \sqrt{P[W] \cdot R[\Omega]}; U_{rms}[V] = \sqrt{P_{rms}[W] \cdot R[\Omega]}$$

Nominalni (delovni) nivo signala je ponavadi določen v decibelih (dB, dBV, dBmV, dBu, ...), ta enota pa je podana glede na referenčno vrednost. Pri avdio signalih bomo uporabljali pretežno enoti dBV (»decibel-volt«) in dBu (»decibel-neobremenjeno«, ang. »decibel-unloaded«).

Definirajmo referenčne vrednosti za obe enoti:

$$0 \text{ dBV} \rightarrow U_{ref \text{ dBV}} = \sqrt{10^{-3} \text{ W} \cdot 10^3 \Omega} = 1 \text{ V}$$

$$0 \text{ dBu} \rightarrow U_{ref \text{ dBu}} = \sqrt{10^{-3} \text{ W} \cdot 600 \Omega} \approx 0.775 \text{ V}$$

Referenčno napetost za 0 dBV definiramo na bremenu z upornostjo 1 k Ω , na katerem se troši 1 mW efektivne moči. Podobno je za 0 dBu, le da imamo tu breme z upornostjo 600 Ω .

Definirajmo še relacije med linearnimi in logaritemskimi enotami:

$$U[\text{dBV}] = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_{rms}[\text{V}]}{U_{ref \text{ dBV}}[\text{V}]} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_{rms}[\text{V}]}{1 \text{ V}} \right)$$

$$U[\text{dBu}] = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_{rms}[\text{V}]}{U_{ref \text{ dBu}}[\text{V}]} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_{rms}[\text{V}]}{0.775 \text{ V}} \right)$$

Obratne relacije so:

$$U_{rms}[\text{V}] = U_{ref \text{ dBV}}[\text{V}] \cdot 10^{\frac{U[\text{dBV}]}{20}} = 1 \text{ V} \cdot 10^{\frac{U[\text{dBV}]}{20}}$$

$$U_{rms}[\text{V}] = U_{ref \text{ dBu}}[\text{V}] \cdot 10^{\frac{U[\text{dBu}]}{20}} = 0.775 \text{ V} \cdot 10^{\frac{U[\text{dBu}]}{20}}$$

Izračunajmo s podanimi relacijami končno amplitude podanih standardnih nivojev iz tabele 2:

$$+6 \text{ dBu} \rightarrow U_{rms}(+6 \text{ dBu}) = 0.775 \text{ V} \cdot 10^{\frac{+6 \text{ dBu}}{20}} \approx 1.546 \text{ V}$$

$$+6 \text{ dBu} \rightarrow U_0(+6 \text{ dBu}) = \sqrt{2} \cdot U_{rms}(+6 \text{ dBu}) \approx 2.186 \text{ V}$$

$$+4 \text{ dBu} \rightarrow U_{rms}(+4 \text{ dBu}) = 0.775 \text{ V} \cdot 10^{\frac{+4 \text{ dBu}}{20}} \approx 1.228 \text{ V}$$

$$+4 \text{ dBu} \rightarrow U_0(+4 \text{ dBu}) = \sqrt{2} \cdot U_{rms}(+4 \text{ dBu}) \approx 1.736 \text{ V}$$

$$-10 \text{ dBV} \rightarrow U_{rms}(-10 \text{ dBV}) = 1 \text{ V} \cdot 10^{\frac{-10 \text{ dBV}}{20}} \approx 0.316 \text{ V}$$

$$-10 \text{ dBV} \rightarrow U_0(-10 \text{ dBV}) = 1 \text{ V} \cdot 10^{\frac{-10 \text{ dBV}}{20}} \approx 0.447 \text{ V}$$

Vzamemo tabelo 2 in jo razširimo z vrednostmi amplitud in dobimo tabelo 3:

Standard	Nominalni nivo	Amplituda (U_{rms})	Amplituda (U_0)
ARD, Nemčija	+6 dBu	1.546 V	2.186 V
USA professional audio	+4 dBu	1.228 V	1.736 V
Consumer audio	-10 dBV	0.316 V	0.447 V

Tabela 3: Tabela izračunanih amplitud

Iz tabele 3 tako lahko ugotovimo, da z zvočno kartico na standardu +4 dBu pri izhodnem signalu čistega sinusa (npr. frekvence 1 kHz ali kakšne druge) dobimo na izhodu signal z amplitudo 1.736 V. Dinamičen razpon tega signala bo torej od -1.736 V do 1.736 V; medvršna (ang. »peak-to-peak«, U_{pp}) vrednost pa znaša 3.472 V.

Poraja se novo vprašanje, namreč kako generirati takšen signal ...

3.3. Program za generiranje sinusnega signala

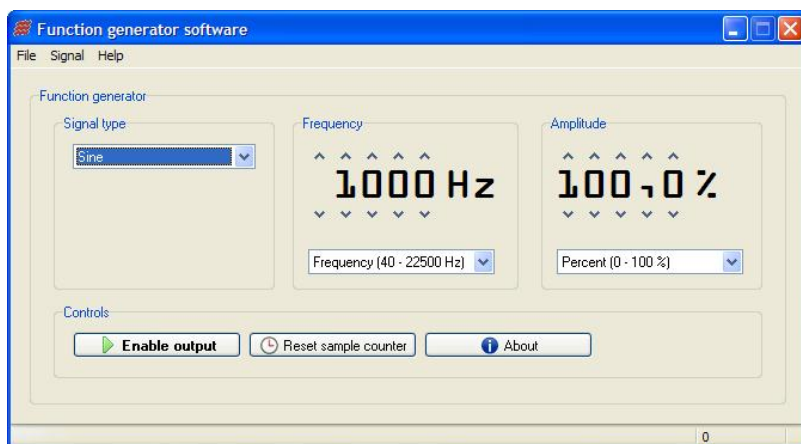
Za namene testiranja in umerjanja (kalibracije) prikaza LED diod potrebujemo računalniški program, ki bo omogočal na zahtevo generirati sinusni signal, želene frekvence in amplitude, po potrebi pa tudi višjih harmonikov sinusne funkcije. Drži, da bi ga lahko poiskal na internetu; gotovo je to nalogo že kdo opravil. Po drugi strani, pa imam relativno dovolj znanja glede programiranja v različnih programskih jezikih in bi lahko program napisal sam. In sem poskusil ...

Na voljo so različni pristopi k problemu. Prvi je, da bi napisal svoj ustrezni gonilnik (in API zanj) za Windows okolje. Ta pristop zahteva konkretno poznavanje tako strojne kot programske opreme do potankosti. Zame je torej neprimeren, vendarle ubrati pa ga morajo pa vsi proizvajalci avdio naprav (zvočnih kartic). Na srečo obstaja lažji način, na internetu že obstaja ustrezna API knjižnica, ki podpira Windows okolje in omogoča zelo dobro manipulacijo s zvočno strojno opremo. Sicer ni odprtokodna in za uporabo v komercialnih (plačljivih) programih ni zastoj, za individualno in nekomercialno uporabo pa na srečo je! Imenuje se BASS in je dostopna s spletne strani <http://www.un4seen.com>. Dobra stran te knjižnice je tudi to, da definicijske (ang. »wrapper«) datoteke obstajajo za različne višjenivojske programske jezike, npr. C/C++, C#, Delphi, Visual Basic kot tudi za .NET različice C# in Visual Basic in druge. Tako jo je mogoče uporabljati v praktično vseh bolj popularnih programskih jezikih. Na podlagi nekajletnih izkušenj sem se odločil, da program napišem v programskem jeziku Delphi.

V program je vgrajena tudi možnost generiranja belega šuma, saj ga ni težko ustvariti; uporabimo funkcijo `Random()`, ki vedno generira naključno število (ali vsaj psevdo-naključno število, z dovolj veliko periodo) na intervalu vrednosti $[0 \dots 1]$.

Za namene reprodukcije zvoka ima zvočna kartica omejeno pasovno širino, saj je primarno namenjena generiranju zvoka. Interval pasovne širine znaša nekje $[10 \dots 22500]$ kHz. Tako je žal mogoče ustvariti le signale na tem frekvenčnem pasu. A ne glede na to pa zvočna kartica lahko predstavlja zelo poceni signalni generator. Vse kar še nadalje potrebujemo, je ustrezna programska oprema.

Na sliki 2 je prikazan izdelan program. V celoti je napisan v angleščini, saj imam to navado že od nekdaj, poleg tega pa to odpravi tudi marsikatero težavo. Ne le, da je programska koda tako bolj razumljiva, temveč omogoča tudi večji krog potencialnih uporabnikov.



Slika 2: Izdelan program za generiranje sinusnega signala s pomočjo zvočne kartice

3.4. Družina integriranih vezij LM3914, LM3915 in LM3916

3.4.1. Opis delovanja

To so integrirana vezja (čipi), ki se uporabljajo kot 10-kanalni krmilniki LED lestvice. Razlikujejo se le v skali prikaza; LM3914 ima linearen prikaz (konstanten korak), LM3915 logaritemski prikaz in LM3916 posebej izbran logaritemski prikaz. Glede na pine so enaki (pin združljivi). Zanimivost je morda to, da je proizvajalec teh integriranih vezij le National Semiconductor (po novem Texas Instruments, ki ga je nedavno kupil), njihovo dejansko izvedbo zgradbe pa strogo hranijo kot poslovno skrivnost.

Ta integrirana vezja so precej uporabna pri raznih prikazih z LED lestvicami, npr. prikaz napetosti, toka, prikaz audio nivojev (mešalne mize), prikaz meritve moči, intenzivnosti svetlobe, vibracij in drugih. Za prikaz veličin visokega razpona se ponavadi uporablja logaritemsko ali dB merilo.

Tako sem tudi v projektu zaradi logaritemske narave zvoka uporabil logaritemsko različico integriranega vezja, LM3915. Shema 1 prikazuje okvirno zgradbo omenjenega integriranega vezja.

Kot velika večina integriranih vezij tudi LM391x serija integriranih vezij potrebuje napajanje, saj vsebuje aktivne komponente, npr. tranzistorje in operacijske ojačevalnike. To zagotovimo s pinoma 2 (»GND«) in 3 (»V+«).

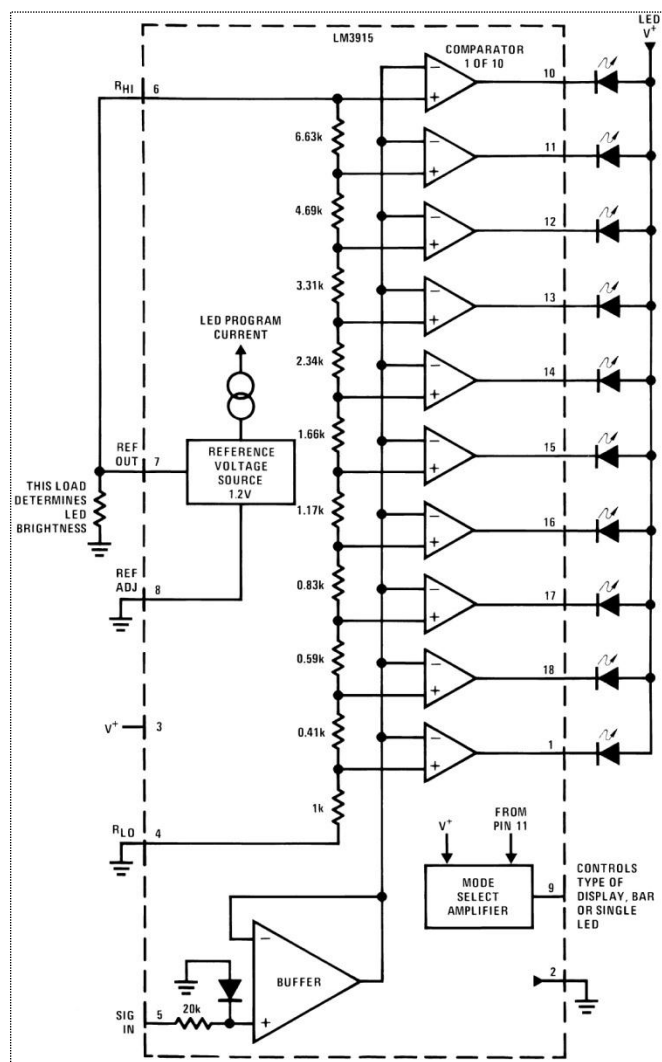
Prednost je tudi velik razpon napajalne napetosti, saj integrirano vezje deluje pri napajalnih napetostih intervala [3...25] V.

Omogoča poganjanje LCD in vakuumskih fluorescentnih prikazovalnikov ter LED diod. Pini 1, 10...18 služijo priklopu prikazovalnikov. Združljivi so med drugim z TTL in CMOS logiko in lahko dalje krmilijo digitalna integrirana vezja

Iz sheme je razvidno, da ima vgrajeno natančno uporovno lestvico oziroma napetostni delilnik, ki služi kot konstantna napetostna referenca za vsak prikazovalni segment posebej.

Upornosti uporovne lestvice so namenoma izbrane tako, da ustrezajo dB skali in sicer tako, da vsak upor nižje od prvotnega predstavlja upad napetosti za -3 dB. Če upoštevamo referenco 1 V kot 0 dB je torej to $-\frac{1}{\sqrt{2}}$ V na korak. Celotna skala tako obsega območje 30 dB, natančnost pa je tipično boljša od 1

dB. Lestvica je omejena z zgornjo vrednostjo napetosti, ki jo nastavimo s pomočjo pina 6 (»R_{HI}«) in spodnjo vrednostjo napetosti, ki se nastavi s pomočjo pina 4 (»R_{LO}«).



Shema 1: Notranja zgradba LM3915

V tem območju namreč pričakujemo napetost vhodnega signala, ki ga priključimo na pin 5 (»SIG IN«). Iz sheme je razvidno tudi, da je ta vhod zaščiten z 20 k Ω uporom ter diodo, ki ščiti vhod pred prevelikim vhodnim tokom ter preveliko negativno napetostjo. Signal gre dalje v napetostni sledilnik (na shemi označen kot »BUFFER«). Ta poskrbi, da ima vhod visoko vhodno upornost (torej ne obremenjuje vhodnega signala) ter majhno izhodno upornost. Ta signal se nato s pomočjo desetih komparatorjev primerja z referenčnimi napetostmi uporovne lestvice. Napetost se na določenem izhodu komparatorja pojavi tedaj, ko se napetost vhodnega signala in posamezne referenčne napetosti lestvice ujema v območju 3 dB.

V integrirano vezje je vgrajena tudi možnost preklopa med točkovnim in lestvičnim prikazom. Točkovni prikaz dosežemo, če pin 9 pustimo v »zraku«, lestvičnega pa, če priključimo + pol napajanja (oz. kar pin 3) na pin 9.

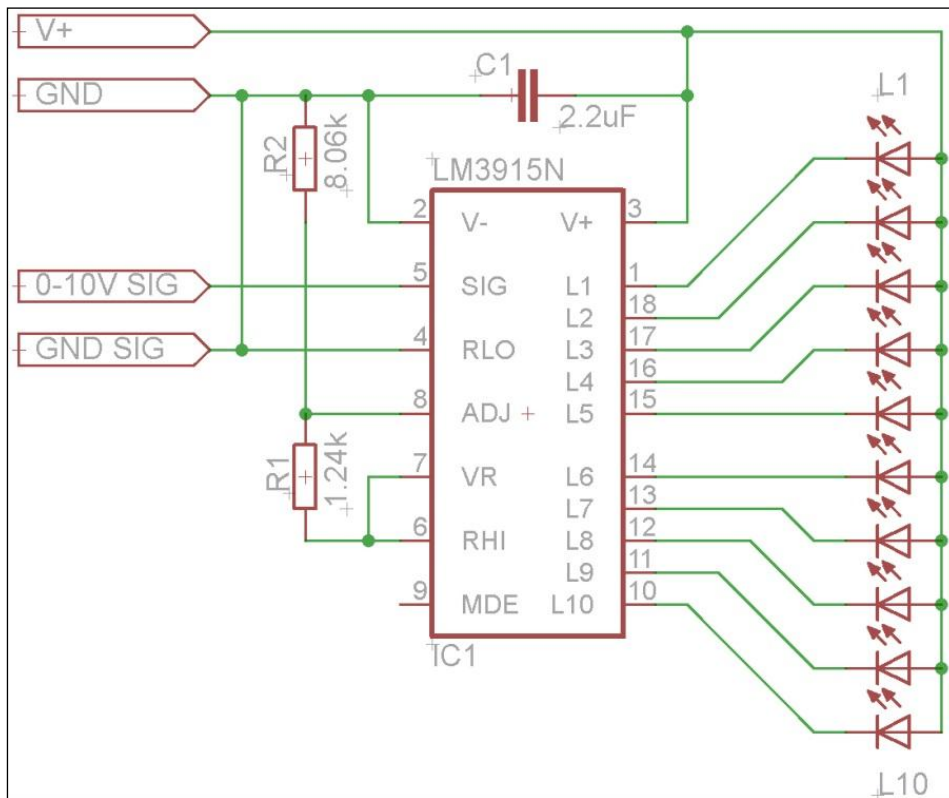
Čip vsebuje tudi natančno tokovno regulacijo izhodov, kar je idealno za LED diode. Zmožen je regulacije od 1 mA do 30 mA. Tega nastavljamo s znanim uporom (tipično 1 k Ω) med pinoma 7 (»REF OUT«) in 8 (»REF ADJ«). Če dodamo še običajni potenciometer med pin 7 in – pol napajanja, dobimo tako še dodatno regulacijo izhodnega toka (in tako tudi nastavitve svetilnosti LED diod).

Kot že rečeno ima LM3915 upornosti uporovne referenčne lestvice izbrane v dB skali. Večkrat pa potrebujemo tudi linearni prikaz in tedaj uporabimo LM3914. LM3916 pa ima popolnoma nelinearno in posebej izbrano dB skalo in sicer: 3, 2, 1, 0, –1, –3, –5, –7, –10, –20 dB.

Mogoča je tudi razširitev na več integriranih vezij in s tem povečanje obsega prikaza. Tako lahko z LM3915 dobimo tudi prikaze obsega 60 dB in celo 90 dB, vendar pa tu pojavi že problem ločljivosti in šuma. Težava je potem tudi z umerjanjem takšnega prikaza. Sicer pa lahko LM3915 uporabimo v kombinaciji z LM3914 za linearno/logaritmičen prikaz in v kombinaciji z LM3916 za dB prikaz z povečanim obsegom.

3.4.2. Osnovna shema logaritemskega prikazovalnika

To je najbolj osnovna shema prikazovalnika, ki prikazuje vrednost vhodnega signala v logaritmskem merilu in v območju napetosti signala od 0 do 10 V. Sicer je dovolj splošna in se zato večinoma uporablja kot osnovna enota za bolj zahtevne prikaze. Če želimo prikazovati signale, ki imajo območje vhodnega signala različno od $[0 \dots 10]$ V, pa je potrebno zgraditi še neko vhodno stopnjo, ki signal ojači, premakne (ang. »offset«), ali kako drugače preslika ...



Shema 2: Osnovna shema logaritemskega prikazovalnika vhodnega signala

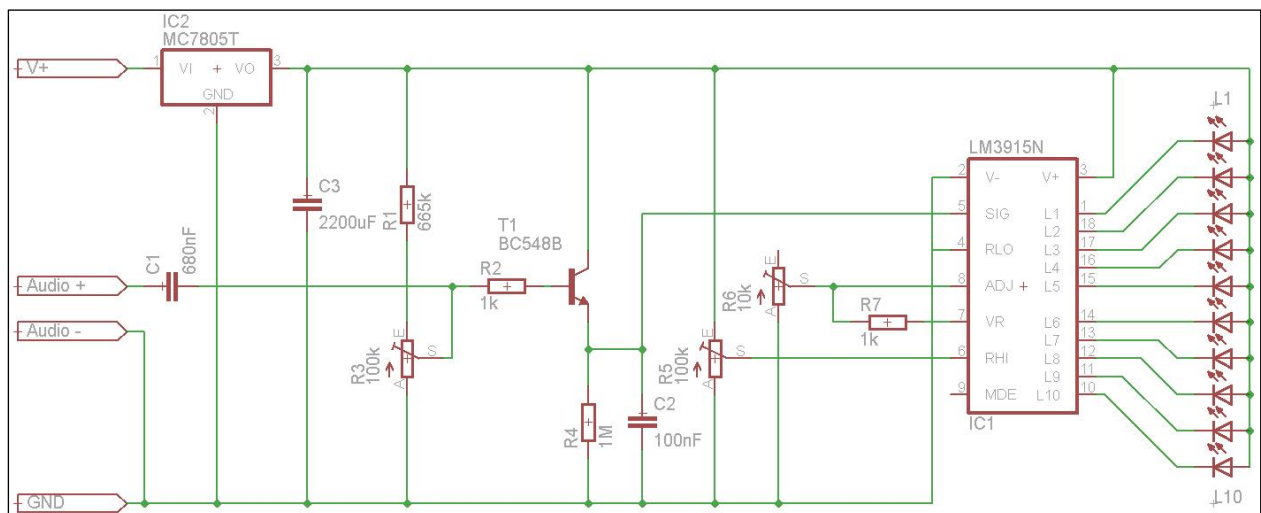
4. Projekt

4.1. Shema

Shema 3 prikazuje shemo vezja, ki je bila realizirana na tiskanem vezju. Shemo sem v celoti načrtal sam z izjemo prikazovalnega dela (poglavje 3.4.2. Osnovna shema logaritemskega prikazovalnika).

V začetku je bila uporabljena osnovna shema prikazovalnika, dodal pa sem še vhodno stopnjo za avdio signal, ki skrbi za prilagoditev signala. Vhod je prilagojen po standardu +4 dBu. To po tabeli 3 pomeni, da je pričakovana napetost vhodnega signala v območju od -1.736 V do $+1.736\text{ V}$, kar pa predstavlja rahel problem, saj bi za primerno obdelavo negativnih napetosti potrebovali simetrično napajanje. Možnost je tudi, da bi ga realizirali z namenskimi integriranimi vezji za črpanje naboja (ang. »charge-pump«), npr. ICL7660, vendar pa je to potratno, neekonomično in k ničemur ne pripomore. Tako sem se odločil, da bom realiziral vezje, ki bo prepuščalo le pozitivno polperiodo signala.

Za stabilnejše delovanje in natančno umerjanje je na vходу napajanja dodan napetostni regulator MC7805T, saj tako dobimo konstantnih 5 V napajalne napetosti. Zaradi delovnega padca napetosti na regulatorju mora biti napajalna napetost ustrezno višja. Vezje tako enako stabilno deluje v intervalu napajalne napetosti $[7 \dots 25]\text{ V}$, zaželjena pa je čim nižja napajalna napetost tega intervala, saj je tedaj disipacija moči na regulatorju najmanjša. Ker prvotno nisem načrtoval delovanja na napajanje s pomočjo računalniškega USB vodila je le to pogojno izvedljivo – tedaj omenjeni napetosti regulator ne deluje pravilno in tudi ni potreben, saj je napetost stabilizirana in bi ga bilo potrebno premostiti in odklopiti.



Shema 3: Shema izdelanega projekta

R1	Upor MF 665 k Ω (1 $\pm$ 1%)
R2	Upor MF 1 k Ω (1 $\pm$ 1%)
R3	Linearni rotacijski pot. 100 k Ω
R4	Upor MF 1 M Ω (1 $\pm$ 1%)
R5	Linearni rotacijski pot. 100 k Ω
R6	Linearni rotacijski pot. 10 k Ω
R7	Upor MF 1 k Ω (1 $\pm$ 1%)

C1	Kond. keramični 680 nF
C2	Kond. keramični 100 nF
C3	Kond. Al-Elko 2200 μ F 16 V
T1	Bipolarni tranzistor BC548B
IC1	Int. vezje LM3915N-1
IC2	Int. vezje MC7805T
L1-L10	Standardna LED dioda

Tabela 4: Uporabljen material pri projektu

4.2. Delovanje

Vezje je po delovanju zaključena celota, glede analize pa bi se ga dalo ločiti na dva dela.

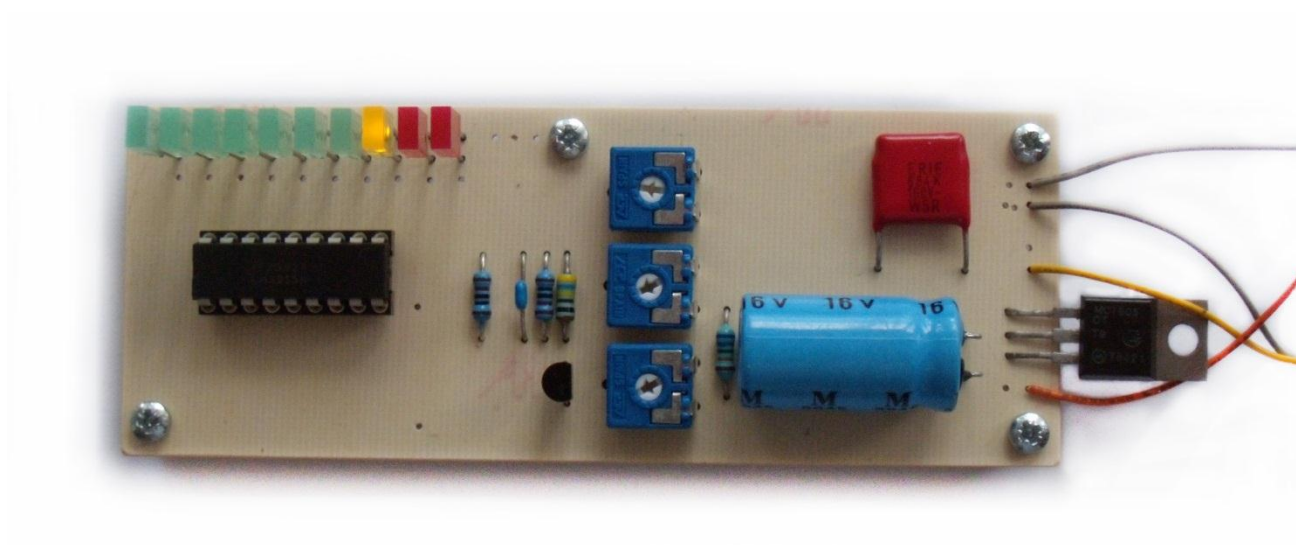
Prvi del je vhodna stopnja, ki sestoji iz bipolarnega NPN tranzistorja T_1 , kondenzatorjev C_1 in C_2 , ter uporov R_1 , R_2 , R_3 in R_4 . Pri tem je R_3 rotacijski nastavljivi potenciometer. Tranzistor T_1 je vezan v vezavi s skupnim kolektorjem (emitorski sledilnik). Vhod je v tem primeru bazna sponka tranzistorja in izhodna je emitorska sponka. V takšni vezavi ima tranzistor napetostno ojačenje precej enako 1 ($A_u \approx 1$, odtod ime sledenje). Pomemben je parameter tranzistorja β , ki ga dobimo v dokumentaciji tranzistorja (ang. »datasheet«). Za v projektu uporabljeni tranzistor BC548B znaša nekje med minimalno 200 in maksimalno 450. Ta parameter namreč narekuje vhodno upornost po enačbi: $r_{vh} \approx (1 + \beta) \cdot R_E$, pri čemer je R_E upornost emitorskega upora. V našem primeru znaša: $R_E = R_4 = 1 \text{ M}\Omega$, kar znese zelo veliko vhodno upornost. Izhodna upornost pa je majhna, ampak to niti ni pomembno, saj ne potrebujemo velikega izhodnega toka. Delovno točko tranzistorja T_1 nastavljamo s pomočjo uporovnega delilnika; v shemi sta to upor R_1 in potenciometer R_3 . Ker pa takšen delilnik napetosti potrebuje stabilno napajalno napetost, da je lahko delilna napetost tudi stabilna, potrebujemo že prej omenjeni 5 V napetostni regulator (oznaka IC_2). Proti motnjam (npr. v napajanju) pa je dodan Al-elektrolitski kondenzator (oznaka C_3), ki razne napetostne špice ustrezno zgladi.

Avdio vhodni signal se vodi na kondenzator C_1 , ki pa ima več vlog. Prva je ta, da ustrezno »izolira« enosmerne (ang. »DC«) razmere. Z vsiljevanjem enosmerne napetosti v zvočno kartico ne moremo narediti nič dobrega; pa tudi zvočna kartica ima lahko na izhodu nek enosmerni potencial, za katerega ne želimo, da vpliva na prikaz. Ne sme se nam zgoditi, da bi na izhodu prikazovali enosmerni signal, saj je tak prikaz popolnoma napačen. Kot drugo pa je pomembno, da čim bolj prenašamo signale v frekvenčnem področju avdio signalov, ki pa jih kondenzator odlično prepušča.

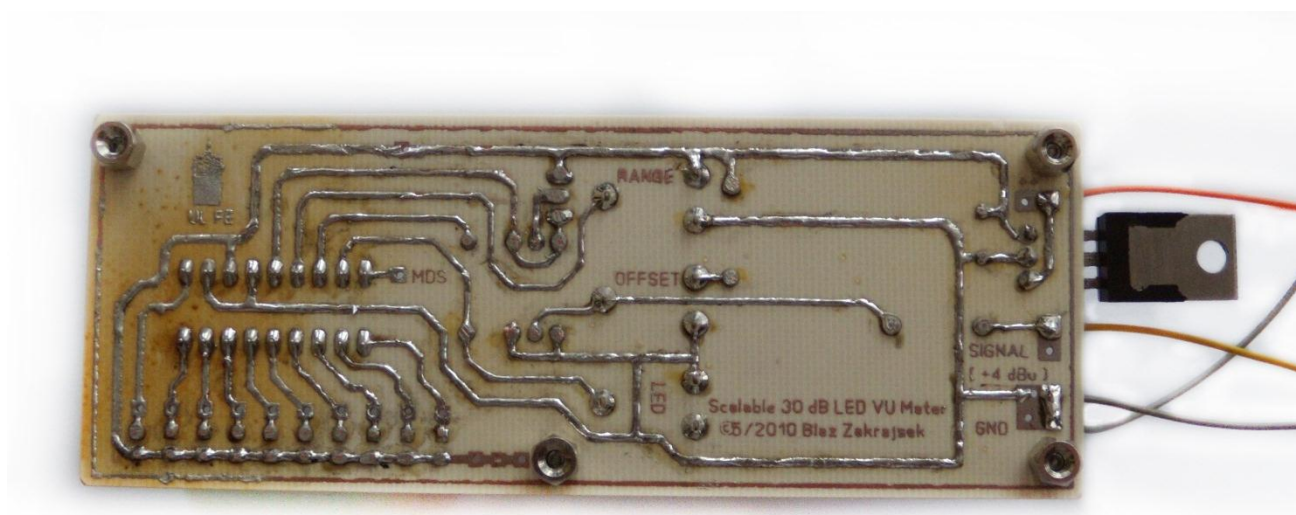
Vzporedni sklop upora R_4 in kondenzatorja C_2 pa predstavlja emitorsko impedanco tranzistorja T_1 . Omogoča zelo nizek delovni tok v mirovanju (ko ni signala na vhodu) ter zaradi kondenzatorja veliko boljše dinamiko (avdio frekvence), ko je na vhodu signal.

Drugi del vezja pa je vezje prikazovalnega dela. Vključuje potenciometra R_5 in R_6 , upor R_7 , integrirano vezje LM3915 (IC_1) in LED diode ($L_1 \dots L_{10}$). Z potenciometrom R_5 nastavljamo območje prikaza, R_6 pa služi tokovni regulaciji izhodov za LED diode. S tem torej spreminjamo svetilnost LED diod. R_7 pa je namenjen notranji tokovni referenci integriranega vezja IC_1 .

4.5. Končan izdelek



Slika 4: Končan projekt (pogled od zgoraj)



Slika 5: Končan projekt (pogled od spodaj)

5. Zaključek

Želel bi poudariti, da je bila gradnja projekta sila zanimiva, saj je zavzeto oboje: strojna in programska oprema. Gotovo je bila tudi poučna, saj sem moral proučiti del področja avdio signalov in splošne teorije signalov. Sicer je bilo potrebnega veliko testiranja na "protoboardu", meritev signala in spektralnih meritev z osciloskopom, da je nastalo uporabno vezje, ki zelo dobro opravlja svojo vlogo. Na internetu tako ali tako obstaja nešteto takšnih in drugačnih vezij, ki opravljajo podobno nalogo prikaza amplitude signala, pa vendar željenega nisem našel. Veliko jih je bilo grajenih z operacijskimi ojačevalniki, ki pa potrebujejo simetrično napajanje in zato zame niso bila primerna, kot tudi diodna vezja, ki so sicer preprosta, a niso zmožna prikazovati signalov amplitud, nižjih od kolenske napetosti diode (npr. 0.7 V). Tako sem bil nekako prisiljen načrtati vezje, ki teh pomakljivosti ne bo imelo. Vesel sem, da je to uspelo ter da sem lahko v praksi preizkusil in uporabil znanje, ki sem ga že pridobil v letih šolanja na fakulteti.

6. Viri

Spletne strani in dokumenti:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Decibel>
<http://www.sengpielaudio.com/calculator-db-volt.htm>
http://en.wikipedia.org/wiki/Line_level
<http://home.pacific.net.sg/~firehzrd/audio/signals.html>
<http://ethanwiner.com/meters.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_card
http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_pressure_level
http://en.wikipedia.org/wiki/Surround_sound
http://en.wikipedia.org/wiki/TRS_connector
http://en.wikipedia.org/wiki/RCA_connector
<http://en.wikipedia.org/wiki/5.1>
http://en.wikipedia.org/wiki/Conventional_PCI
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_for_power_amp_2.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/audio_peak_indicator.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_1.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_2.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_3.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_4.htm
http://users.otenet.gr/~%20athsam/vu_meter_5_UAA180.htm
<http://www.edn.com/archives/1994/051294/10di3.htm>
<http://www.free-electronic-circuits.com/circuits/audio-level-meter.html>
<http://www.electronic-circuits-diagrams.com/audioimages/audiockt14.shtml>
<http://www.electro-tech-online.com/general-electronics-chat/96369-help-lm-3915-vu-meter.html>
<http://www.edn.com/contents/images/62101di.pdf>
<http://sound.westhost.com/project55.htm>
<http://sound.westhost.com/project60.htm>
<http://english.cxem.net/amplifier/amplifier57.php>
http://www.zen22142.zen.co.uk/Circuits/Misc/audio_ind.htm
<http://www.next.gr/meter-counter/vu-meters/>
<http://www.circuit-projects.com/audio-circuits/10-led-vu-meter-project-by-lm3915-and-lm324.html>
<http://www.aaroncake.net/circuits/vumeter.asp>

Slike:

<http://www.binbin.net/photos/prosound/pro/prosound-7.1-pci-sound-card-with-coaxial-digital-out-7.1-soundcard-dig-.jpg>

Dokumentacija (datasheeti):

Tranzistor BC548B: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/BC548B.pdf>
IC LM3914N-1: <http://www.national.com/ds/LM/LM3914.pdf>
IC LM3915N-1: <http://www.national.com/ds/LM/LM3915.pdf>
IC LM3916N-1: <http://www.national.com/ds/LM/LM3916.pdf>
IC MC7805T: <http://www.datasheet4u.com/download.php?id=516577>