



UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

SEMINARSKA NALOGA

Elektronska vezja II

Glasbeno sinhronizirani stroboskopski efekt

Avtor: Jernej Kovačič

Šentrupert 12.maj 2005

1. Predgovor

Seminarska naloga, ki sem jo naredil je prerasla zadane okvirje. Vsaj kar se tiče obsežnosti razvojnega inputa. Kot prikazano v poglavju tretjem poglavju (Izvedba), sem k osnovnemu problemu navadne stroboskopske osvetlitve dodal krmiljenje, ki sinhronizira utripanje svetlobnega efekta z glasbo, ki se predvaja. Bralcem priporočam, da me za dodatne informacije kontaktirajo na elektronski naslov: stereoman@email.si

2. Uvod

Osnovno idejo za temo seminarske naloge sem dobil ko smo z nekaj prijatelji poslušali glasbo na mojem Hi-Fi-ju, in nekdo od prisotnih je začel ugašati luč po taktu glasbe. Dogajanje je popestrilo ozračje in zamisel o takšni aktivni osvetlitvi je bila rojena. Ideja je prerasla nekaj otroških boleznih in do končne realizacije mi je stalo na poti le nekaj izračunov, simulacij vezja, konkretnih testov posameznih sklopov, finega ugaševanja delovanja, izdelava vezja in nekaj diskretnih sestavnih delov.

2. Cilji naloge

Razvoj in izdelava glasbeno sinhroniziranega stroboskopskega efekta, ki bi:

- imel osnovno funkcijo nastavljanja frekvence delovanja bliskov,
- proženje bliskov z nizkimi frekvencami predvajane glasbe,
- možnost priključitve na normalni LINE izhod pred ojačevalca,
- možnost priključitve na močnostni izhod za zvočnike,
- izhod za močnejši LED indikator svetlobnega efekta,
- izhod za »neonsko« stroboskopsko osvetlitev

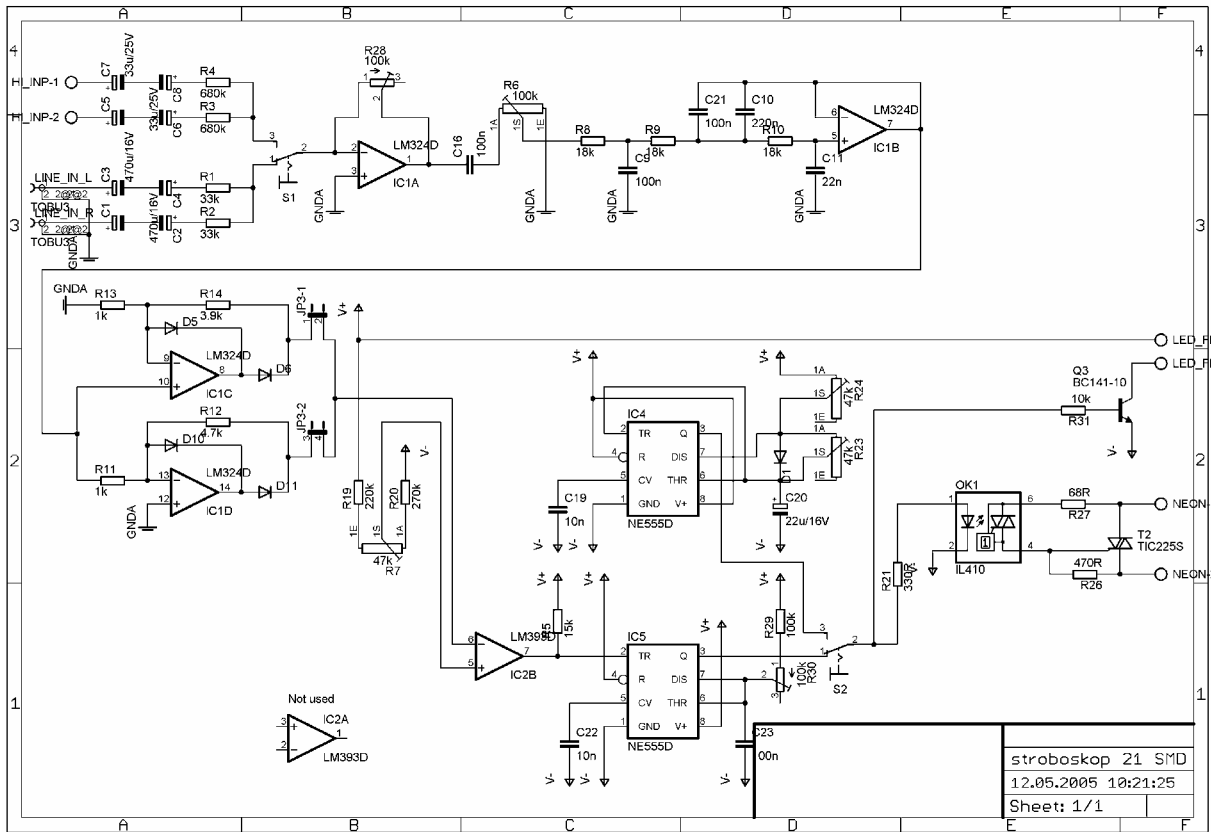
3. Izvedba

3.1. Predstavitev

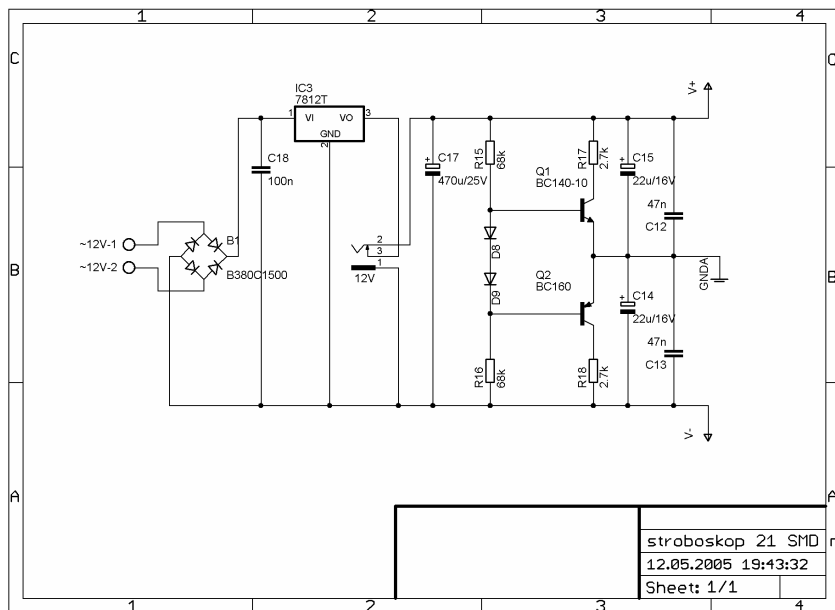
To seminarsko nalogo sem se odločil napisati malo drugače. Menim, da je za bodočega inženirja potrebno pogledati izven okvirjev klasične predstavitve takšnih projektov. Ti so večinoma sestavljeni iz že določenih akademskih postopkov predstavitve. V 98% primerov se zanemari tisti del predstavitve, ki zajema pravi duh razvojnega inženirja, ki pa je po mojem mnenju tudi predstavitev drugih faktorjev razvoja elektronske naprave, to so:

- ocena časa porabljenega za razvoj in izdelavo,
- ocena stroškov razvoja in izdelave,
- primarna in sekundarna sredstva,
- možnost trženja izdelka in ekonomska upravičenost izdelave.

Stroboskopski efekt



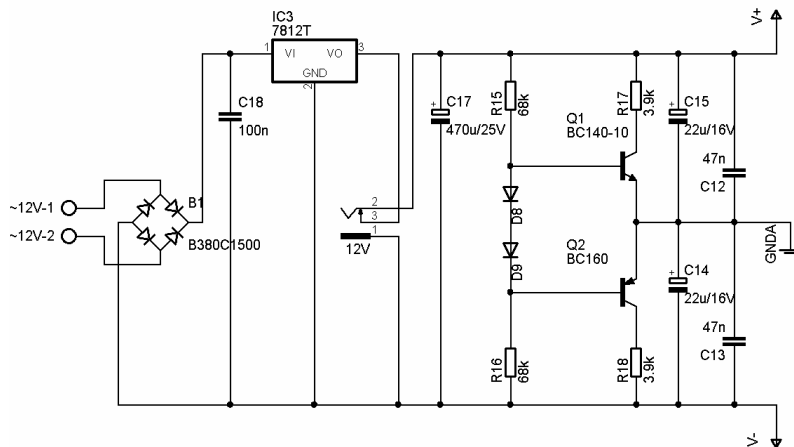
Slika 3.1.a: Vežalna shema sprožilnega vezja



Slika 3.1.b: Vežalna shema napajalnega sklopa za sprožilno vezje

3.2. Kratek opis delovanja posameznih sklopov vezja

3.2.1. Napajalni sklop

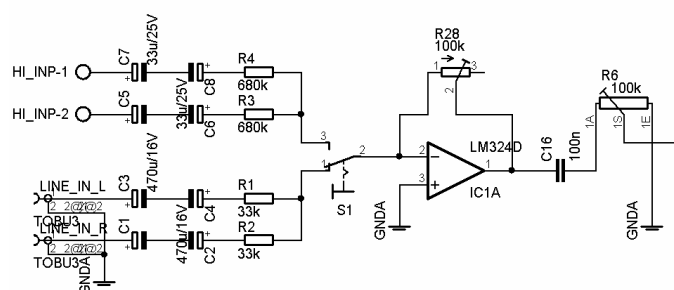


Slika 3.2.1: Shema napajalnega sklopa

Omogoča napajanje vezja z že reguliranim 12V usmernikom, ki se priključi na priključek označen z 12V. Prav tako pa je dodan tudi Graetzov mostič, in regulator IC3, kamor priključimo ustrezen transformator npr. 12 do 14V z močjo najmanj 2.5W.

Na vходу sta filter in gladilni kondenzator C18 in C17. Vezje desno od C17 pa je pretvornik nesimetrične napajalne napetosti v simetrično. Gre za preprost napetostni delilnik, kjer z uporabo R15, R16 določimo tok diodama D8 in D9 $I_D = (U_{CC} - 2U_D) / (R_{15} + R_{16}) = (12V - 2 \cdot 0.55V) / (2 \cdot 68k\Omega) \cong 80\mu A$, ki poskrbita za nazivni padec U_{BE} in U_{EB} tranzistorjema. Tranzistorja poskrbita za napajanje vezja pri nesimetrični obremenitvi izhodov. V primeru spremembe vhodne napajalne napetosti je potrebno za isti faktor spremembe napetosti spremeniti tudi upora R15 in R16. Z uporabo R15, R16 je določen kolektorski tok $I_C = U_{CC} / (R_{17} + R_{18}) = 12V / (2 \cdot 2,7k\Omega) \cong 2,2mA$. Na izhodnih priključkih dobimo napetost $V+ = V- = 5.45V$ če bi bila tranzistorja idealna komplementarna, ker temu ni tako, dobimo tudi precej dobro razmerje $V+ = 5.1V$ ($h_{FE}=150$) in $V- = 5.9V$ ($h_{FE}=192$). Največja dopustna tokovna poraba takšnega vezja je 1.3mA ($V+ = 4.5V$), priporočljiva pa je dosti nižja in znaša 500 μA ($V+ = 4.9V$). Enako naj velja za nasprotno napetost.

3.2.2. Vhodna stopnja



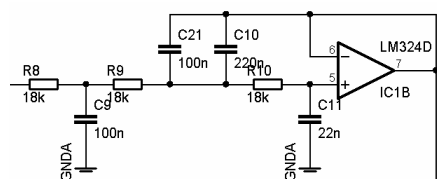
Slika 3.2.2: Shema napajalnega sklopa

stroboskopskega efekta (drugačna sprožilna napetost na komparatorju, glej 3.2.5), zato je priporočljivo uporabljati TAPE OUT izhode, ker je edina možna sprememba signala pri zamenjavi izvora glasbe (npr: tuner ali CD-predvajalnik, ali samo zamenjava CD-ja z drugačno normalizacijo). Na vходу sta vezja je blokirni

Z stikalom S1 lahko izbiramo med vhodoma HI_INP, ki dovoljuje priključitev na izhodne sponke audio ojačevalca za zvočnike, ali LINE_IN, ki ju priključimo na TAPE OUT izhode ojačevalca. Priključitev HI_INP ima to pomanjkljivost, da se ob spremembi nastavitve glasnosti na ojačevalcu spremeni tudi napetost na izhodnih sponkah, kar privede do spremembe delovanja

kondenzator, za zaščito vezja pred enosmernimi signali in vhodni upor, na katerih se seštejeta signala levega in desnega kanala. Vrednosti so bile izbrane tako, da ne obremenjujejo izhodnih stopenj audio ojačevalca in so prilagojene na nivo signala. Z trimerjem R28 je določeno ojačanje vhodne stopnje $A_U = -R_{28} / R_1$ (enačba velja za upore R1, R2, R3, R4). Blokirni kondenzator C16 poskrbi za odstranitev enosmerne komponente napetosti, kar po svoje ne bi bilo potrebno, ker imamo simetrično napajanje vseh operacijskih ojačevalcev. Sledi še preprost uporovni delilnik napetosti R6, ki postavi nivo signala na vrednost primerno za naslednji sklop.

3.2.3 Nizko prepustni filter



Slika 3.2.3: Shema filtra

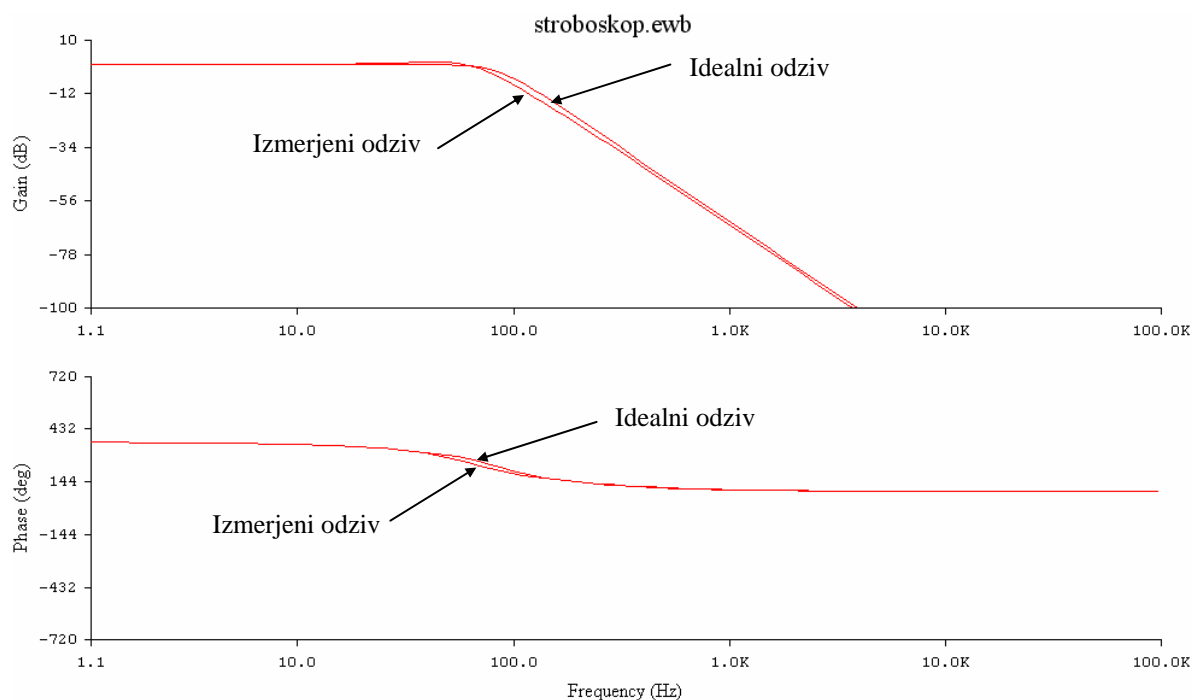
Gre za preprost Butterworthov filter 3. reda, ki ga določimo z enačbami:

$$C_9 = 0,2215 / f \cdot R_8$$

$$C_{21+10} = 0,5644 / f \cdot R_9$$

$$C_{11} = 0,0322 / f \cdot R_{10}$$

Zaradi praktičnosti nastavljanja rezne frekvence je dobro da uporabimo enake vrednosti uporov in izračunati kapacitivnosti.

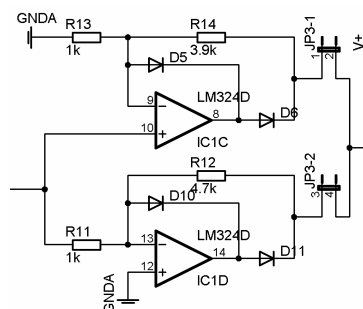


Slika 3.2.3.a: Frekvenčni odziv filtra

Na sliki 3.2.3.a vidimo izračunani odziv filtra dobljen z simulacijskim programom EWB. Idealni odziv je mišljen pri izračunanih kapacitivnostih za podatke $f=84\text{Hz}$ in $R=22\text{k}\Omega$ in tako so: $C_9=120\text{nF}$, $C_{21}+C_{10}=305\text{nF}$ in $C_{11}=18\text{nF}$. Izmerjeni odziv pa je z dejanskimi uporabljenimi vrednostmi: $C_9=100\text{nF}$, $C_{21}+C_{10}=320\text{nF}$ (uporabil sem vsoto kondenzatorjev, ki so mi bilo na voljo 100nF in 220nF) in $C_{11}=22\text{nF}$. Vidimo, da se odziva ne razlikujeta veliko, dobimo majhen prenehaj velikosti $+0.95\text{dB}$ pri 45Hz in točko -3dB pri 77Hz , sploh pa se točen odziv ne zahteva, saj ne gre za aplikacijo

audio aktivne kretnice. Tudi fazni potek je pričakovan, saj gre za spremembo faze za 270° pri kretnici 3. reda.

3.2.4 R-usmernik



Slika 3.2.4.: Shema R-usmernika

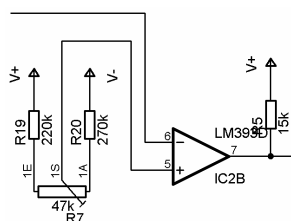
Preprosto vezje, ki poskrbi za polnovalno usmerjanje signala iz kretnice. Spodnji del vezja ima negativno ojačanje določeno z uporoma R_{11} , R_{12} in znaša: $A_u = -R_{12} / R_{11} = -4.7k\Omega / 1k\Omega = -4.7$.

Zgornji del vezja ima pozitivno ojačanje: $A_u = 1 + R_{14} / R_{13} = 1 + 3.9k\Omega / 1k\Omega = +4.9$

Razlika v ojačanju je minimalna in zanemarljiva.

Skočnika JP3 sta namenjena za morebitno nastavitvev samo polvalnih prispevkov signala.

3.2.5 Komparator

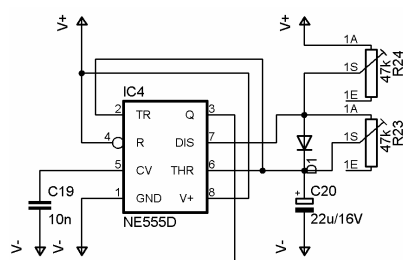


Slika 3.2.5.: Shema komparatorja

Vezava na sliki ima invertiran izhod (potreben za proženje vezja pod točko 3.2.7), kar pomeni, da postavi izhod na »0«, ko signal iz R-usmernika (vhod -) preseže nastavljeno napetost z delilnikom R_7 . Upora R_{19} , R_{20} sta pomožna in zagotavljata finejšo nastavitvev referenčne napetosti z R_7 .

Samo vezje LM393 ima »Open Collector« izhode in potrebuje priporočljiv $5k\Omega$ do $15k\Omega$ »pull up« upor na izhodu.

3.2.6. RC oscilator z časovnim vezjem 555



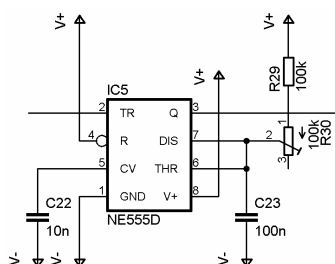
Slika 3.2.6: Shema oscilatorja

Na sliki zraven je osnovna vezalna shema za univerzalno časovno vezje NE555. Iz priključitve je razvidno, da gre za oscilator, kar je tudi nujno za delovanje t.i. disko bliskavice. Z potenciometroma R_{23} in R_{24} nastavljamo čas izklopa $t_{off} = R_{23} \cdot C_{20} \cdot \ln 2$ in

vklopa $t_{on} = R_{24} \cdot C_{20} \cdot \ln \frac{2U_{cc} - 3U_k}{U_{cc} - 3U_k} = R_{24} \cdot C_{20} \cdot \ln 2.16$

izhoda vezja, in s tem spreminjamo frekvenco in »Duty Cycle« oscilatorja. Minimalna frekvenca je 0.66Hz , maksimalna pa je določena z največjo še opazno hitrostjo utripanja stroboskopske luči in znaša 20Hz .

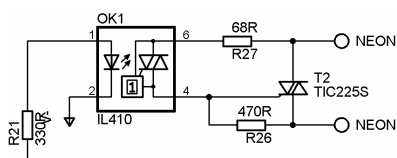
3.2.7. Monostabilno sprožilno vezje z časovnim vezjem 555



Slika 3.2.6: Shema sprožilnika

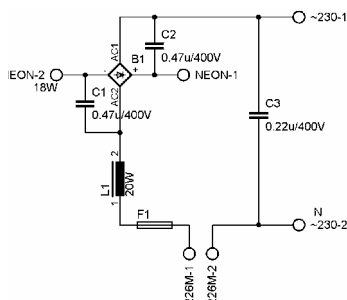
Na sliki zraven je osnovna vezalna shema za univerzalno časovno vezje NE555. Iz priključitve je razvidno, da gre za sprožilno vezje, ki generira invertirane izhodne pulze konstantne širine, kar je nujno za zanesljivo proženje neonske luči. Proženje je zagotovljeno z negativnim prehodom signala iz komparatorja, izhod ostane aktiven dokler je vhod nizek, oziroma, če pride do ponovnega proženja. Čas aktivnega izhoda določimo po enačbi: $t_{on} = 1.1 \cdot R_{30} + R_{29} \cdot C_{23}$ in znaša minimalno 11ms, pa do 22ms.

3.2.8 Izhodna stopnja z optičnim ločilnim spojnikom MOC3063



Slika 3.2.6.a: Shema izhodne stopnje

Z stikalom S2 izberemo proženje vezja na sliki z oscilatorjem ali glasbeno sproženim vhodom. Z uporabo R21 omejimo tok IR diode vgrajene v vezje OK1 - MOC3063, ki ima optično občutljivo proženje diaka in detektorsko vezje, ki proži izhod le v primeru, ko je faza omrežne napetosti 0° . S tem izhodom krmilimo močnostni element triak TIC226M.



Slika 3.2.6.b: Shema generatorja visoke napetosti

Slika na levi prikazuje generator visoke napetosti za proženje svetlobnih bliskov z neonsko lučjo. Ker vezje deluje na napetosti 230V je **SMRTNO NEVARNO**. Graetzov mostiček in kondenzatorja C1 in C2 ustvarjata enosmerno napetost za proženje in vzdrževanje plazme v luči dušilka pa poskrbi dušilka, ki z povratno indukcijo ustvari dovolj visoko napetost. C3 ima vlogo omrežnega filtra.

4. Splošna statistika

4.1 Ocena časa porabljenega za razvoj in izdelavo

Zbiranje osnovnih idej za delovanje mi je vzelo	1h
Za raziskavo materiala in iskanje vezalnih shem uporabljenih v vezju sem porabil	10h
Predstavitve osnovnega vezalnega načrta papirju	0.5h
Vnos celotne vezalne sheme v računalniški program za simulacijo	2h
Popravek sheme zaradi izidov simulacije	0.5h
Vezava vezja na prototipni ploščici	1h
Prvi preizkus delovanja in izvajanje prvih meritev	1h
Popravek sheme zaradi izidov meritev in opažanj na vezju	1h

Ponovne meritve parametrov vezja	0.5h
Vnos popravljene sheme v program za izdelavo tiskanih vezij	3h
Računalniško podprto načrtovanje predloge za izdelavo TIV	5h
Izdelava tiskanega vezja (fotopostopek, jedkanje, priprava za vgradnjo komponent)	3h
Priprava diskretnih in SMD komponent vezja	1h
Spajkanje in čiščenje elementov TIV	2.5h
Priprava ustreznega ohišja na vgradnjo vezja in ostalih komponent	2h
Končna montaža vseh gradnikov v ohišje in finalna obdelava	1.5h
Skupen čas porabljen za izdelavo seminarske naloge	35.5h

4.2 Ocena stroškov za razvoj in izdelavo

Material SMD na TIV	907 sit
Diskretne komponente na TIV	3038 sit
Diskretne komponente generatorja visoke napetosti	3720 sit
18W neonska luč	1990 sit
Ohišja za TIV in svetilo	3173 sit
Stroški izdelave tiskanine	1030 sit
Stroški spajkanja (urna postavka in usluga)	3500 sit
Skupni stroški (brez razvojnih stroškov in stroškov spajkanja)	13807 sit

4.3 primarna in sekundarna sredstva

Ob vsem naštetem seveda potrebujemo računalnik, ki ni zastoj, ustrezno opremljeno sobo, kamor sodi: najmanj univerzalni inštrument, laboratorijski usmernik, spajkalnik, zaloga elementov za preizkuse na prototipni ploščici, sam »protobord«, kabli in žice. Za izdelavo TIV po foto postopku rabimo UV svetilo, razvijalec in jedkalo (Železov 3-klorid, solna kislina in peroksid, idr.), nekaj posod in prijemalk. Za spajkanje je nujen ustrezen pribor za spajkanje SMD komponent (vakuumska pipeta, dispenser paste za spajkanje, dober spajkalnik z nastavitvijo temperature, itd) medtem ko za spajkanje diskretnih sestavnih delov lahko najdemo pribor že v boljše opremljeni delavnici. Ob vsem je nepogrešljiv tudi prost dostop do svetovnega spleta, prevozno sredstvo (avto) in telefon.

4.4 Možnost trženja izdelka in ekonomska upravičenost izdelave. Zaključek

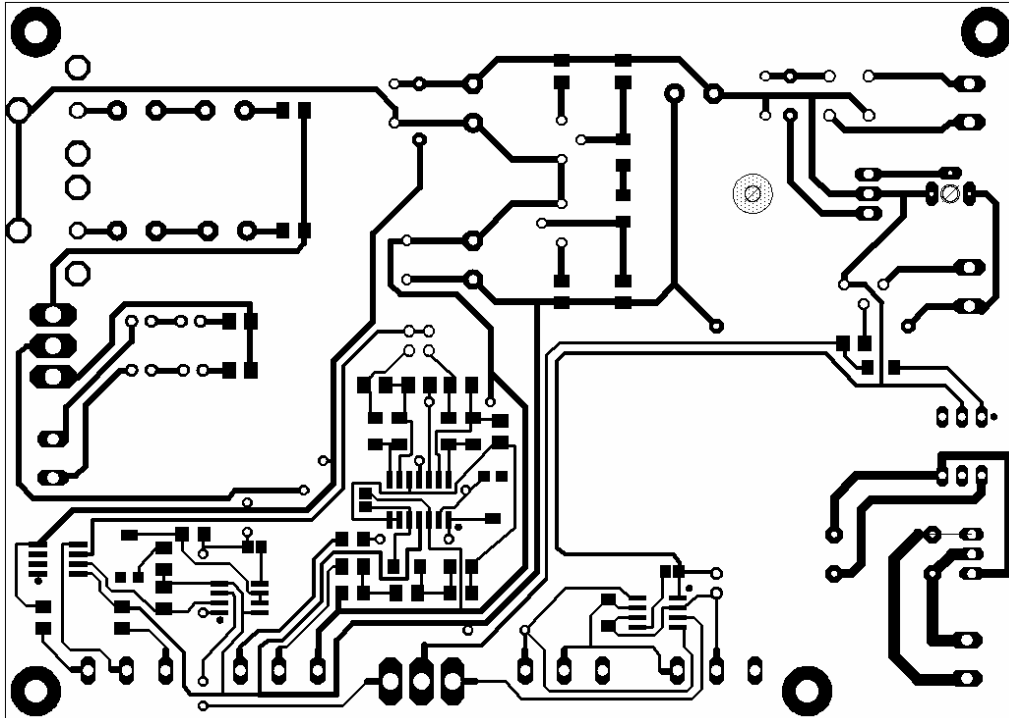
Ko sem iskal material po mnogo katerih trgovinah sem naletel na že izdelan takšen produkt, ki ima povsem enako delovanje od predstavljenega projekta in to za ceno 5.990,0 sit. Ob nakupu dobiš neonsko (izbira med modro, rdečo, zeleno in UV svetlobo) žarnico, ki jo montiraš okrog zvočnika, mikrofonski sprejemnik glasbenega signala in ustrezno sprožilno vezje. Izdelek verjetno izhaja iz Kitajske ljudske republike.

Toliko o ekonomski upravičenosti pri izdelavi enega ali serije tudi več deset vezij, številke govorijo zase.

Kar pa se tiče akademskih vzrokov izdelave takšnega projekta, pa so le ti neprecenljivi, saj je pridobljeno znanje in izkušnje lahko samo v pomoč pri nadaljnjem izobraževanju razvojnega inženirja elektrotehnik.

A. Dodatek

A.1 Predloga za izdelavo tiskanega vezja



A.2 Namestitvev komponent

