

Fakulteta za elektrotehniko
Univerza v Ljubljani

ECHO EFEKT

(seminarska naloga pri predmetu Elektronska vezja)

Avtor: Sergej Maršnjak

januar 2000

Pri snemanju glasbe v studiu ali pa na koncertih pride do potrebe, da se proizvedeni zvok obogati. To se lahko doseže z več vrstami zvočnih efektov. Vsak efekt po svoje predela zvok. Obstajajo efekti, ki zvok zvišajo ali znižajo, popačijo itd. Najbolj pogosto so uporabljani prostorski efekti, ti namreč zvoku navidezno dodajo prostorski zven. Efekti te vrste so "echo", ki doda odmeve z enakomernim razmakom, "reverb", ki doda več odmevov z naključnimi razmaki, "flanger", ki napravi zvok bolj nasičen, "chorus", ki navidezno doda še nekaj pevcev ali instrumentov, "phaser", ki doda zvoku valovanje...

Vsi ti efekti vsebujejo vsaj eno zakasnilno linijo, ker vsi delujejo na principu mešanja zvoka z zakasnjem; kako pa se zakasnitev spreminja s časom in koliko časa traja, pa je odvisno od vrste efekta.

Dokler se niso v ta namen začeli uporabljati mikroprocesorji (približno 10 let nazaj), so vsi ti efekti uporabljali zakasnilno linijo tipa BBD (bucket brigade device). Takšno vezje deluje na principu pomičnega sklopljenega naboja (kot CCD): na vhodu v BBD vezje injiciramo naboj, ki je odvisen od napetosti, potem ga pa v časovnih intervalih pomikamo proti izhodu. Ker mora biti zelo veliko integriranih pomikalnih tranzistorjev so takšna vezja relativno draga (okoli 100DM).

Seveda pa tak način izvedbe ni edini možen. V dobi hitrih mikroprocesorjev se da vse efekte hkrati sprogramirati v en sam procesor. Navaden echo efekt pa se da realizirati samo z A/D in D/A pretvornikom in spominskim vezjem. Takšno vezje bo obravnavano v tej seminarski nalogi.

Kot spominski del je uporabljen RAM (v vezju IC4). Naslovi RAM-a se periodično ponavljajo, kar pomeni, da se do podatka, ki je bil nekoč zapisan na nek naslov, dostopa po vsakem preteku periode. Delovanje je pa sledeče: inkrementiramo naslov (address), preberemo 8-bitno besedo in jo dovajamo v latch (da se prebrana vrednost ne meša z vpisovano), nato pa na isto mesto zapišemo novo besedo, ki je prišla iz A/D pretvornika, nato spet inkrementiramo naslov... Na ta način realiziramo analogno zakasnilno linijo. Od števila uporabljenih naslovov RAM-a in frekvence povečevanja naslova je odvisna zakasnitev. Frekvenca je vedno enaka, število naslovov pa nastavljamo z vrtljivim stikalom. Pravzaprav frekvenco naslova generira sam A/D pretvornik (IC2). Ta ima vgrajen oscilator z zunanjima elementoma uporom R9 in kondenzatorjem C8. Tak oscilator seveda nima neke zelo natančne frekvence, a vezje je dovolj dobro za koncerte, pa tudi pri studijskem snemanju je vseeno, če je razmak med odmevi 100ms ali 120ms. Večji problem sta frekvenca vzorčenja in kvantizacija. Zaradi nizke cene sem izbral 8-bitni ADC0804, ki sicer po tovarniških podatkih zagotavlja frekvenco vzorčenja 10kHz, a vsi ki sem jih testiral, zmorejo frekvenco več kot 30kHz. To je pa tudi frekvenca, ki je uporabljena za vzorčenje.

Ko ADC konča pretvarjanje, nam to sporoči na izhodu INT. Ta izhod je vezan na vhod WR ADC-ja, kar pomeni, da sproži ponovno pretvorbo. Isti signal se bi potreboval za zapis v RAM in latch, a sam impulz je prekratek, pa še negiranega potrebujemo. Zato je uporabljena vezava R11, D2, C9 in T1, ki signal negira in malo zakasni. Seveda pa mora biti impulz krajši od periode vzorčenja. Signal se pa uporabi tudi kot urni impulz večstopenjskega delilnika (IC5 in IC6), katerega izhodi predstavljajo naslov v RAM. Ker je uporabljen RAM 32k-bytni, je dovolj 15-

stopenjski števec, uporabljena pa sta dva 7-stopenjska CMOS 4024, torej skupno 14 stopenj. Ker je vzorčenje okrog 30kHz, je največja zakasnitev približno pol sekunde. Kot D/A pretvornik bi lahko uporabil kateregakoli izmed integriranih DAC-ov, ampak sem se zaradi nizke cene odločil kar za R-2R lestvico iz 10k in 20k uporov s toleranco 1% (R13 do R27).

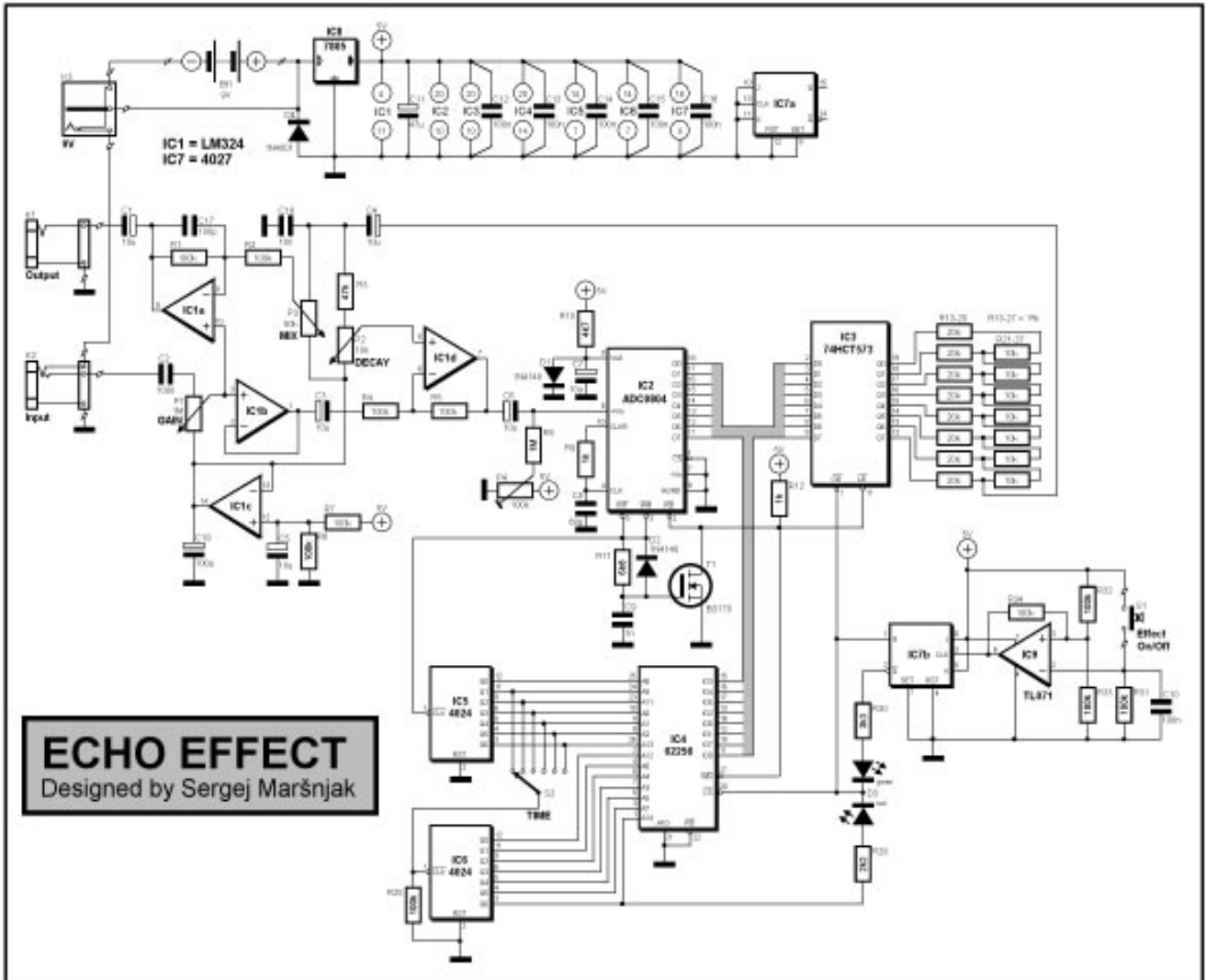
Seveda ni dobro, da bi bil efekt vedno vklopljen, zato je dodana stopnja za vklop in izklop s tipko. Tipka je vezana na operacijski ojačevalnik, ki se obnaša kot Schmitt-trigger (histereza), saj na ta način preprečimo šumenje tipke. Izhod operacijskega ojačevalnika je vezan na clock vhod JK flip-flopa 4027 (IC7). Ta ima edino funkcijo deliti z 2, kar pomeni, da z enim pritiskom tipke vklopimo efekt, z drugim pritiskom pa izklopimo. Izhod flip-flopa je vezan na enable-vhode latch-a (74HCT573) in RAM-a (da zmanjšamo porabo). Hkrati z vklopom efekta se prižge zelena LED-dioda (sicer dvobarvna rdeče-zelena D3), rdeča pa utripa z največjo periodo zakasnitve.

Analogni del skrbi za ojačenje vhodnega in izhodnega signala in pravilno mešanje letih. Vhodni signal potuje v ADC, seveda s pravilnim napetostnim offsetom (nastavljiv s trimermem P4). Hkrati se na vhod ADC meša tudi del samega izhoda zakasnilne linije (velikost in s tem pojevanje odmeva je nastavljiva s potenciometrom P2 - DECAY), s čimer dosežemo več enakih pojemajočih odmevov. Izhod zakasnilne linije se pa tudi meša s originalnim zvokom na vhodu. Kolikšen del se bo mešal nastavimo s potenciometrom P3 - MIX), s tem nastavimo delež odmevajočega zvoka v originalnem zvoku. Tudi na vhodu v vezje je potenciometer (P1 - GAIN), s katerim nastavimo jakost vhodnega signala. Če je vhodna napetost visoka, zasučemo gumb proti nižjim vednostim in obratno; če tega ne storimo lahko pride do rezanja signala.

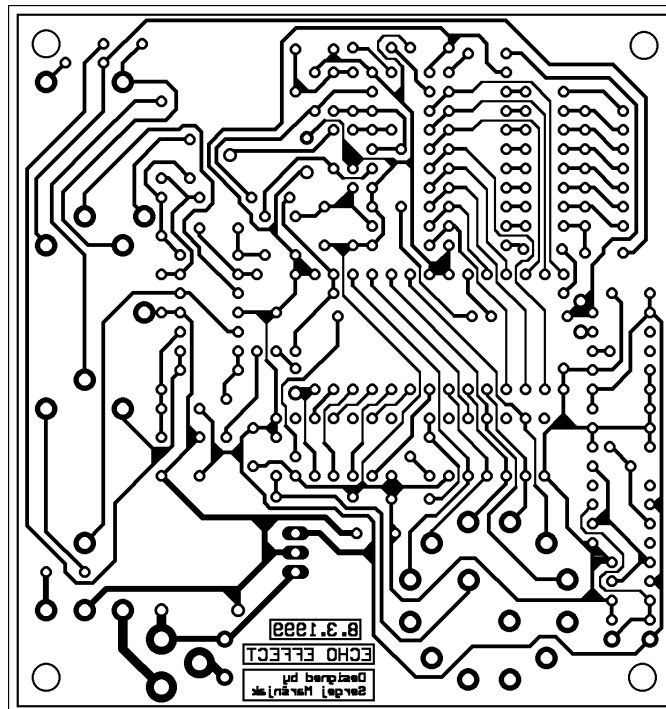
Ker je naprava namenjena prenašanju, je zelo težko zagotoviti simetrično napajanje za operacijski ojačevalnik (IC1 - LM324), zato se generira virtualna masa, kot polovica napajalne napetosti. To dosežemo z napetostnim sledilnikom, katerega vhod je vezan na napetostni delilnik (R6/R7). Tu se je pa pojavila težava. Čeprav izhod sledilnika ne poganja nobenega močnega bremena, se je zgodilo, da je izhod čisto naključno zaosciliral, vedno drugače in zelo neenakomerno. Zato sem napravil nekoliko neobičajno potezo: na izhod sem dodal elektrolitski kondenzator (C19), ki to preprečuje. Težava se ni pojavila na protoboardu, kjer je bilo vezje najprej preizkušeno, ampak šele na tiskanem vezju, zato je kondenzator dodan naknadno.

Na vhodu in izhodu efekta sta uporabljeni 6.3mm JACK-vtičnici. Čeprav je efekt v mono izvedbi, je vhodna vtičnica stereo. To pa zato, ker imajo kabli in vtikači, ki se pri takšnih efekti uporabljajo, en kanal vezan na maso. Ko torej vtikač vtaknemo, kratko sklenemo dva kontakta, ker pa je en kontakt vezan na maso vezja, drugi pa na napajanje, dosežemo s tem zelo eleganten način vklopjanja naprave (ne potrebujemo dodatnega stikala). To je še posebno dobro v primeru baterijskega napajanja. Seveda pa naprava podpira tudi napajanje iz adapterja za 220V, ki odklopi baterijo (če je prisotna), kadar je vtaknjen nizko napetostni vtikač v napravo. V vezju je dodana tudi močnejša dioda 1N4001 (D4), ki ščiti vezje pred napačno polariteto napajanja. Za stabilno napetost skrbi 5-voltni regulator 7805 (IC8) in več kondenzatorjev: elektrolitski (C11) in nekaj 100nF keramičnih, vezanih vzporedno k napajanju CMOS digitalnih integriranih vezij.

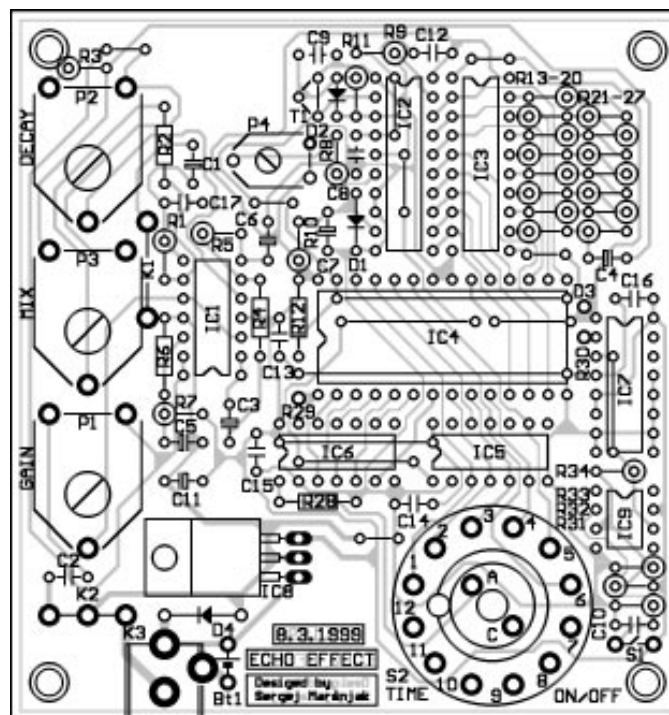
Sledijo še načrt vezja, načrt tiskanega vezja, razporeditev elementov, spisek materiala, kosovnica in izgled nalepke za ohišje.



IZGLED TISKANEGA VEZJA:



RAZPORED ELEMENTOV:



SPISEK MATERIALA:

UPORI

1x 1M
11x 100k
1x 47k
1x 6k8
1x 4k7
1x 3k3
1x 2k2
2x 1k
8x 20k 1%
7x 10k 1%

POTENCIOMETRI

1x 100k trimer
1x 1M
1x 50k
1x 10k

KONDENZATORJI

1x 100 μ / 6.3V elko
1x 47 μ elko
6x 10 μ elko
7x 100n ker
2x 1n ker
1x 68p ker

DIODE

2x 1N4148
1x LED 5mm rdeča-zelena
1x 1N4001

TRANZISTORJI

1x BS170

IC

1x LM324
1x ADC0804LCN
1x 74HCT573
1x 62256
2x 4024
1x 4027
1x 7805
1x TL071

KONEKTORJI

1x JACK STEREO 6.3 vtičnica za ohišje
1x JACK MONO 6.3 vtičnica za ohišje
1x vtičnica za napajanje za tiskano vezje
1x priključek za 9V baterijo

STIKALA

1x stikalo rotacijsko 6-polno, dvojno
1x tipka ON za ohišje

RAZNO

1x IC podnožje DIL28
2x IC podnožje DIL20
1x IC podnožje DIL16
3x IC podnožje DIL14
1x IC podnožje DIL8
4x gumb za potenciometer 15/6
3x os za trimer
1x baterija 9V
1x ohišje za LED 5mm

KOSOVNICA:

UPORI

R1 = 100k
R2 = 100k
R3 = 47k
R4 = 100k
R5 = 100k
R6 = 100k
R7 = 100k
R8 = 1M
R9 = 1k
R10 = 4k7
R11 = 6k8
R12 = 1k
R13 = 20k 1%
R14 = 20k 1%
R15 = 20k 1%
R16 = 20k 1%
R17 = 20k 1%
R18 = 20k 1%
R19 = 20k 1%
R20 = 20k 1%
R21 = 10k 1%
R22 = 10k 1%
R23 = 10k 1%
R24 = 10k 1%
R25 = 10k 1%
R26 = 10k 1%
R27 = 10k 1%
R28 = 100k
R29 = 2k2
R30 = 3k3
R31 = 100k
R32 = 100k
R33 = 100k
R34 = 100k

POTENCIOMETRI

P1 = 1M trimmer 25mm
P2 = 10k trimmer 25mm
P3 = 50k trimmer 25mm
P4 = 100k trimmer 10mm

KONDENZATORJI

C1 = 10 μ elko
C2 = 100n ker
C3 = 10 μ elko
C4 = 10 μ elko
C5 = 10 μ elko
C6 = 10 μ elko
C7 = 10 μ elko
C8 = 68p ker
C9 = 1n ker
C10 = 100n ker
C11 = 47 μ elko
C12 = 100n ker
C13 = 100n ker
C14 = 100n ker
C15 = 100n ker
C16 = 100n ker
C17 = 100p ker
C18 = 1n ker
C19 = 100 μ / 6.3V elko

DIODE

D1 = 1N4148
D2 = 1N4148
D3 = LED 5mm rdeča-zelena
D4 = 1N4001

TRANZISTORJI

T1 = BS170

IC

IC1 = LM324
IC2 = ADC0804
IC3 = 74HCT573
IC4 = 62256
IC5 = 4024
IC6 = 4024
IC7 = 4027
IC8 = 7805
IC9 = TL071

KONEKTORJI

K1 = JACK STEREO 6.3 vtičnica za ohišje
K2 = JACK MONO 6.3 vtičnica za ohišje
K3 = vtičnica za napajanje za tiskano vezje

STIKALA

S1 = stikalo rotacijsko 6-polno, dvojno
S2 = tipka ON za ohišje

RAZNO

Bt1 = baterija 9V

NALEPKA ZA OHIŠJE:

