

**Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko**

**Katedra za elektroniko**

**Aleksander Bester**

## **Iskalec kovin**

**Seminarska naloga  
Pri predmetu Elektronska vezja**

**V Ljubljani, maj 2009**

## **Kazalo vsebine:**

- 1.Uvod**
- 2.Ideja za projekt**
- 3.Princip delovanja PI detektorja kovin**
  - 3.1.Splošno
  - 3.2.Princip delovanja:
- 4.Detektor kovin s ŠARM-om**
  - 4.1.Splošno
  - 4.2.Končni namen opisanega detektorja kovin
  - 4.3.Globine odkrivanja predmetov detektorja kovin s ŠARM-om
- 5.Opis vezja in delovanja detektorja kovin s ŠARM-om**
  - 5.1.Napajalni del
    - 5.1.1.Opis zahtev za napajalni del
    - 5.1.2.Delovanje vezja za dvig napetosti
  - 5.2.Oddajni del
  - 5.3.Sprejemni del
    - 5.3.1.Vhodni ojačevalnik
      - 5.3.1.1.Splošno
      - 5.3.1.2.Opis vhodnega ojačevalnika
    - 5.3.2.Vezje za vzorčenje in integracijo
  - 5.4.Napetostno krmiljen oscilator za zvočno indikacijo
- 6.Opis programa za detektor kovin s ŠARM-om**
- 7.Izvedba prototipa tega PI detektorja kovin s KEIL-ovim razvojnim orodjem**
- 8.Načrt nadaljnjega razvoja tega prototipa**
- 9.Podatki o nekaterih uporabljenih elementih**

## **Kazalo slik:**

- |           |  |
|-----------|--|
| Slika 1:  | TR Detektor kovin  |
| Slika 2:  | Podvodni detektor kovin (PI)   |
| Slika 3:  | Tuljava detektorja kovin namenjena za razvoj in preizkušanje detektorja. |
| Slika 4:  | Razvoj detektorja kovin  |
| Slika 5:  | Razvojna plošča PI detektorja kovin                                      |
| Slika 6:  | Napajalni del  |
| Slika 7:  | Oddajni del  |
| Slika 8:  | Vhodni ojačevalnik   |
| Slika 9:  | Upadanje induciranelega toka skozi tuljavo                               |
| Slika 10: | Del za vzorčevanje integracijo in ojačanje                               |
| Slika 11: | ŠARM generira dva vzorčna signala  |
| Slika 12: | VCO z izhodnim ojačevalnikom   |
| Slika 13: | Prototip PI detektorja kovin s KEIL-ovim razvojnim orodjem               |
| Slika 14: | Električni načrt prototipa detektorja kovin s ŠARM-om                    |

## 1.Uvod

Danes je proizvodnja detektorjev kovin v svetu v polnem razmahu, zato so se tudi cene detektorjev za hobi v zadnjih 15 letih zelo znižale. Tako je detektor kovin dostopen vsakomur, ki si želi avantur ter zanimivega in razburljivega preživljanja prostega časa. Nekateri iščejo izgubljen nakit po plažah, drugi ostanke iz različnih vojn (Soška fronta), tretji zgodovinske predmete, itd.

Tudi izbira detektorjev kovin je zelo pestra. Od enostavnih cenениh začetniških detektorjev, do zelo zmogljivih s celo množico bolj ali manj uporabnih funkcij, podvodnih detektorjev kovin, specialnih detektorjev, detektorjev za iskanje objektov zelo velikih dimenzij v velikih globinah, itd. (glej sliki 1 in 2)

Žal pa sta se globinski doseg detektorjev ter možnost razlikovanja in identifikacije zaznanih kovin v zadnjih 20 letih komaj kaj izboljšala. Temu je verjetno vzrok, da je elektronika na tem področju prišla skoraj do svojih meja, preko katerih se pač ne da. Največji problem so verjetno motnje in šum v katerih skritih šibkih signalov se ne da izločiti.

Danes je poznanih več uporabnih principov delovanja detektorjev kovin, kateri so bolj ali manj učinkoviti. En princip je na primer zelo uspešen za razlikovanje kovin, drugi je precej neobčutljiv na motnje in vpliv zemlje, vendar kovine slabo razlikuje, naslednji je primeren le za iskanje železnih objektov, itd.



Slika 1: TR Detektor kovin



Slika 2: Podvodni detektor kovin (PI)

## **2.Ideja za projekt**

Pred časom sem se zelo navduševal nad detektorji kovin in njihovim razvojem. Ko sem v se seznanil z programiranjem in uporabo ŠARM-a, sem kmalu prišel na idejo, da bi bil ŠARM idealen generator signalov, kateri bi krmilili PI detektor kovin, odzive sistema pa bi lahko s ŠARM-om tudi obdelal in ustrezno prikazal. Ta projekt pa je odličen povod za uresničitev te zamisli.

## **3.Princip delovanja PI detektorja kovin**

### **3.1.Splošno**

Izdelani prototip detektorja kovin s ŠARM-om, deluje na že zelo dolgo časa poznanem principu PI (pulse induction).

Detektorji kovin delujoči na PI principu so bili prvotno razviti za iskanje min in jih je najprej uporabljala vojska. Nato pa so zaradi svojih dobrih lastnosti, kot so dobra stabilnost, enostavnost za uporabo, majhna občutljivost na motnje prodrli tudi na hobi področje. Žal pa ima ta princip tudi hudo pomanjkljivost, to pa je skoraj nemogoče razlikovanje med železom in barvnimi kovinami.

### **3.2.Princip delovanja**

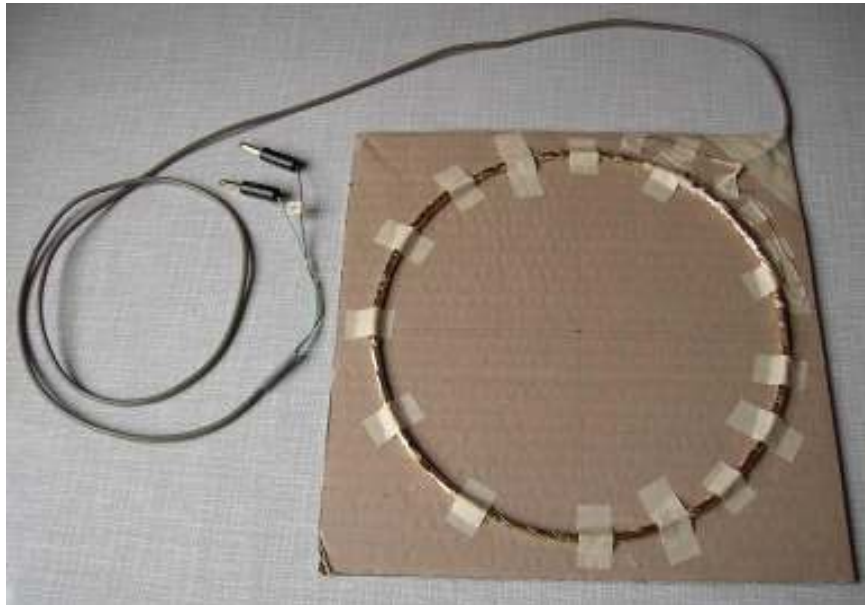
Iskalna sonda je zračna tuljava premera okrog 20cm(glej sliko 3). V to tuljavo se spusti kratek impulz enosmernega toka, ki v tuljavi in njeni širši okolici ustvari magnetno polje.

Ko vezje ta impulz toka izključi, prevzame vlogo sprejemni del detektorja kovin, kateri sedaj meri izginjanje ustvarjenega magnetnega polja.

Če v bližini iskalne sonde ni kovinskega predmeta, ampak le zrak(majhna induktivnost), je energija tega magnetnega polja majhna in to polje hitro izgine.

Če pa se v bližini tuljave nahaja nek kovinski predmet, se je tudi okoli njega ustvari magnetno polje, zato je sedaj energija polja , katero se pretaka skozi tuljavo večja(večja induktivnost) in to polje izgineva počasneje.

Po odklopu vzbujalnega impulza pa usihanje magnetnega polja v tuljavi inducira električno napetost, katera požene tok skozi upor, ta signal pa nato sprejemni del ojači, vzorči in spremeni v zvočni signal. Ta je odvisen od lastnosti zaznanega kovinskega predmeta.



Slika 3: Tuljava detektorja kovin namenjena za razvoj in preizkušanje detektorja.

## **4. Detektor kovin s ŠARM-om**

### **4.1 Splošno**

Za projekt sem torej izdelal prototip PI detektorja kovin, ki je krmiljen s ŠARM-om. Ta prototip je sicer še v začetni laboratorijski razvojni fazi, vendar je bil že preizkušen na terenu in presenetljivo dobro deluje. Globinski doseg in zmogljivosti tega detektorja so popolnoma primerljive s podobnimi tovarniško izdelanimi detektorji kovin.

Žal pa mi kljub mnogo vloženega truda in eksperimentiranja z vzorčevalnimi impulzi zaenkrat še ni uspelo narediti koraka dlje ter temu detektorju kovin dodati še uporaben razlikovalec kovin (izločitev železa), kar je bil moj glavni namen ko sem se odločil za ta projekt.

Vezje detektorja je zaradi razvoja in študija vezja še precej zapleteno in ga bo mogoče še zelo poenostaviti.

Tudi del za obdelavo signalov, katere detektor kovin sprejme, sedaj še analogno obdela in prikaže, bo s ŠARM-om še potrebno razviti.

V končni fazi pa bo potrebno razviti in izdelati tiskano vezje brez ŠARM-a, vendar z ARM mikrokontrolerjem, kjer bom pri razvoju uporabil KEIL-ovo razvojno orodje MCB2140 z ULINK2 .



Slika 4: Razvoj detektorja kovin

#### **4.2. Končni namen opisanega detektorja kovin**

Opisan detektor kovin s ŠARM-om, ki je še v razvojni fazi bo v končni obliki namenjen predvsem za iskanje kovinskih predmetov, ki se nahajajo v zemlji, kot na primer kovancev, izgubljenega nakita, izgubljenega orodja, raznih skritih stvari itd.

Seveda pa bo uporaben tudi v profesionalne namene kot na primer za iskanje kovinskih cevi, ventilov, ventilnih kap, kovinskih pokrovov na jaških, električnih vodov, itd.

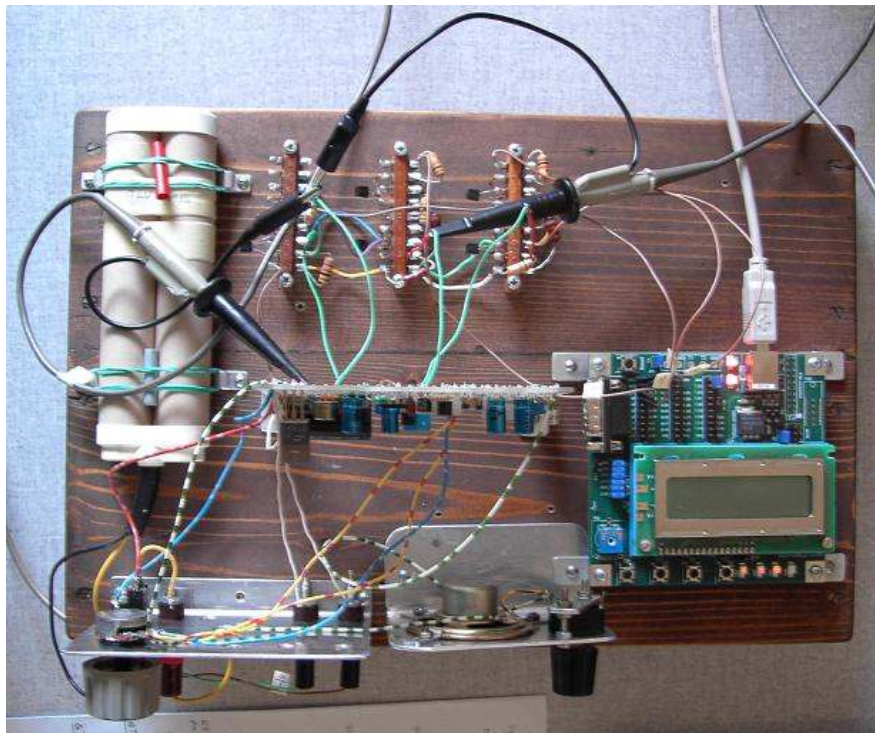
Lahko pa bi se ga celo uporabilo za iskanje min ali v primerni izvedbi tudi za osebne preiskave.

V za vodo nepropustnem ohišju bi bil zelo uporaben tudi za iskanje kovinskih predmetov v vodi in pod morskim dnom.

#### **4.3.Globine odkrivanja predmetov detektorja kovin s ŠARM-om (sonda premera 20cm)**

Kovanec v velikosti enega evra	25cm
Matica M8	28cm
Kovinska posoda 8cm x 10cm	50cm
Kovinska posoda 18cm x 16cm	90cm
Plinska jeklenka 12l	120cm

#### **5.Opis vezja in delovanja detektorja kovin s ŠARM-om**



Slika5: Razvojna plošča PI detektorja kovin



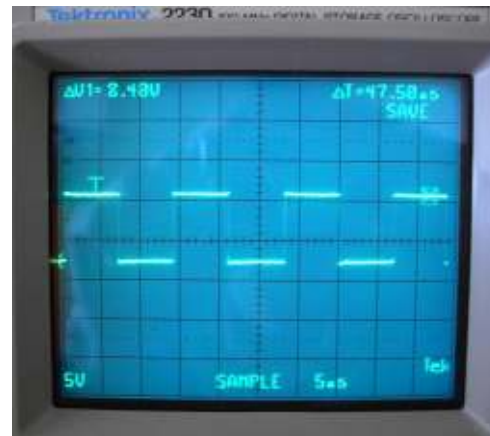
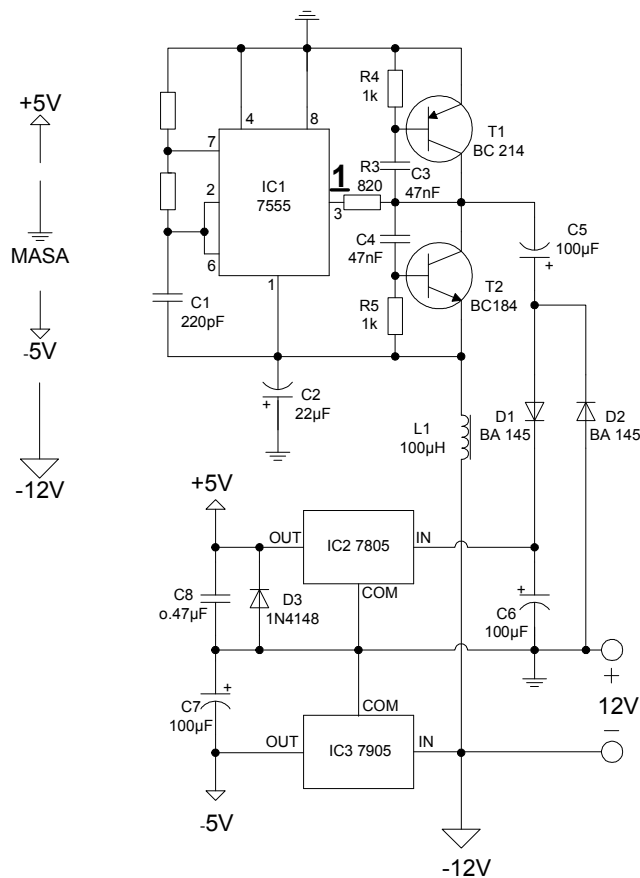
## 5.1. Napajalni del

### 5.1.1. Opis zahtev za napajalni del

Celotno vezje se napaja iz 12V baterije. V tem vezju je plus vezan na maso, to pa iz razloga, ker skozi tuljavo požene tok kar celotna napajalna napetost 12V. Nato pa se po odklopu vzbujalne napetosti od tuljave zaradi elektromagnetnega polja skozi, v njej inducira napetost, katera je obratna vzbujalni napetosti (glej: Princip delovanja PI detektorjev).

Ta inducirana napetost pa ni več v območju napajalne napetosti 12V, temveč je njen potencial dodan na 12V napajanje.

Zaradi tega je potrebno ustvariti dodatnih +5V za napajanje operacijskih ojačevalnikov in s tem omogočiti, da delovno območje operacijskih ojačevalnikov -5V do +5V sovpaše z območjem inducirane impulza katerega operacijski ojačevalniki obdelujejo (čimbolj v sredino, v linearni del).



Oscilogram v točki 1

Slika 6: Napajalni del

Namesto generatorja impulzov izvedenega z IC 1, bi lahko seveda lahko uporabil kar en izhod iz ŠARM-a, dopolnil program in generator impulzov tako realiziral kar z ŠARM-om. Vendar pa je to problematično ker predstavlja frekvenca 70 kHz za ARM procesor, ki ima obenem se precej drugih opravil precejšeš problem. Verjetno bi bila boljša izvedba z FPGA vezjem.

### 5.1.2. Delovanje vezja za dvig napetosti

Vezje 7555 generira signal pravokotne oblike (glej oscilogram točki **1**), frekvenca okoli 70kHz. (glej sliko 6)

Ko je impulz na priključku 3 od IC1 na visokem potencialu v bazo od T2 preko C4 lahko teče tok, zato se T2 odpre, T1 pa je zaprt, ker je nasprotnega tipa. Zato se od -12V, preko L1, skozi T2 in preko D2 napolni C5 na 12V.

Ko pa pravokotni impulz skoči na nizek nivo se T2 zapre, v njegovo bazo ne more več teči tok, odpre pa se T1 kateri ima sedaj preko C3 bazo na nizkem potencialu in iz nje lahko steče tok. Sedaj je minus od C5 preko T1 vezan na maso, zato lahko njegov naboj preko D1 steče v C6.

Tako je plus od C6 stalno na večjem potencialu kot masa in na napajanje 12V je dodanih še nekaj manj kot 12V napetosti od C6 katerega polni C5.

To napetost pa se še stabilizira z napetostnim regulatorjem 78L05 in že je na voljo +5V za napajanje operacijskih ojačevalnikov.

Napajanje -5V pa se spet zelo preprosto zagotovi z napetostnim stabilizatorjem 79L05.

## **5.2. Oddajni del**

ŠARM generira pravokotne impulze dolžine 200 $\mu$ s in preiode 10ms (frekvenca signala je 100Hz).

Ti signali imajo amplitudo 3.3V kolikor je izhod iz ŠARM-a.

Signali iz ŠARM-a preko upora 10k krmilijo MOS tranzistor T5 BS 107, kateri deluje kot stikalo. (glej oscilogram v točki **2**)

Ko je na vratih od T5 nizka napetost je T5 zaprt, baza od T4 je na visokem potencialu, zato iz nje ne more teči tok, in T4 je zaprt.

Ker je T4 zaprt je baza od T3 na nizkem potencialu, vanjo ne teče tok in T3 je zato zaprt.

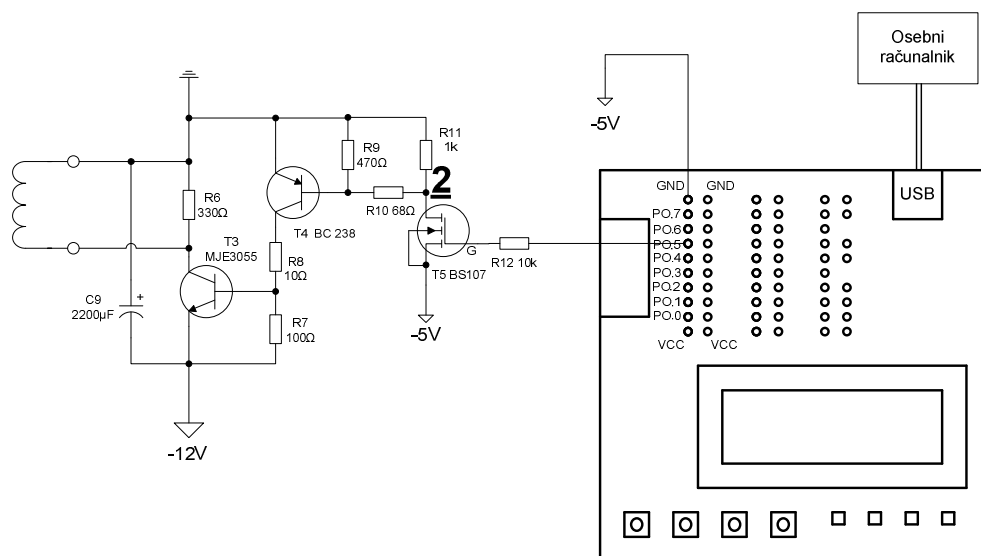
Ko pa ŠARM postavi svoj izhod na 3.3V, T5 prevede, iz baze od T4 steče tok v maso zato se T4 odpre.

Ker se je odprl T4 preko njega steče tok v bazo T3 in T3 se zato odpre.

Ko se T3 odpre preko njega steče iz C9 močan tok v tuljavo in v njej se zato vzpostavi magnetno polje.

Ko ŠARM svoj izhod spet postavi na 0, se T3 zapre in odklopi tuljavo od oddajnega dela. Sedaj pa magnetno polje, ki se še vedno pretaka skozi tuljavo v njej inducira električno napetost, katere polariteta je nasprotno usmerjena napetosti, katera je magnetno polje vzbudila.

Ta inducirana napetost povzroča nek tok skozi R6, na njem se pojavi padec napetosti magnetno polje v tuljavi pa zato dušeno upada. Padec napetosti na R6 pa se nato meri s sprejemnim delom detektorja. (glej sliko 7)



Oscilogram v točki 2

Slika 7: Oddajni del

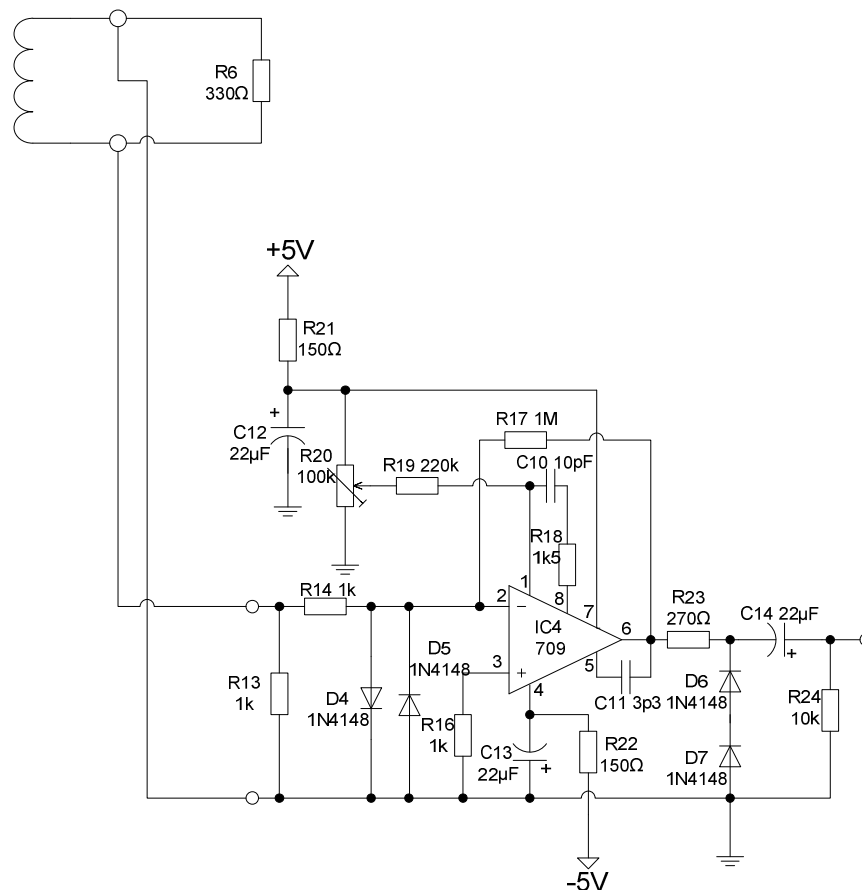
Celoten oddajni del je možno še zelo poenostaviti in izdelati le z enim močnejšim MOS tranzistorjem.

## **5.3.Sprejemni del**

### 5.3.1.Vhodni ojačevalnik

#### 5.3.1.1.Splošno

Vhodni ojačevalnik je izveden z že zastarelim operacijskim ojačevalcem 709, katerega sem namerno uporabil zaradi študija in preizkušanja frekvenčne kompenzacije operacijskega ojačevalca. Brez težav se namesto 709 da uporabiti skoraj vsak moderen operacijski ojačevalnik, kateri ima frekvenčno kompenzacijo in zaščito vhodnih tranzistorjev že tudi vgrajeno. S tem bi se tudi ta del vezja zelo poenostavil in pocenil.



Slika 8 : Vhodni ojačevalnik

### 5.3.1.2. Opis vhodnega ojačevalnika

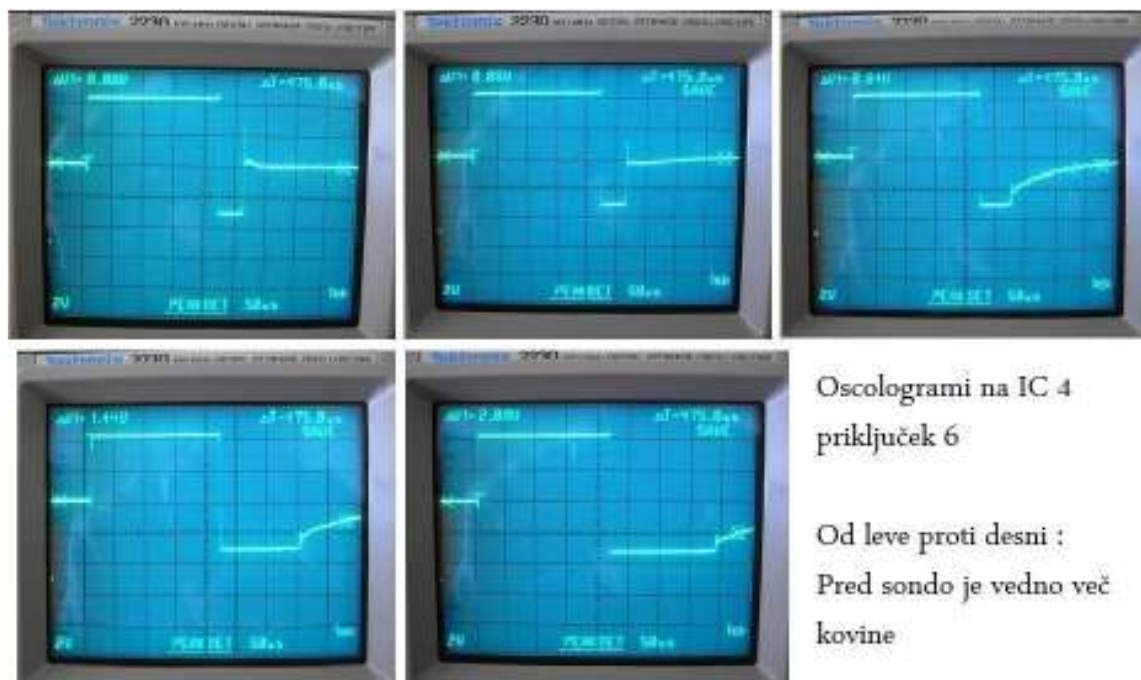
Operacijski ojačevalnik je invertirajoči z ojačanjem okrog 1000. Ojača padec napetosti na R6 in s tem posredno meri tok v tuljavi, kateri nosi informacijo o magnetnih razmerah v tuljavi in tudi njeni okolici.

Diodi D4 in D5 služita za zaščito vhodnih tranzistorjev operacijskega ojačevalca, ker diferencialna napetost med obema vodomoma operacijskega ojačevalca ne sme preseči  $\pm 5V$  sicer pride do preboja. Vhodna napetost, ki je zanimiva pa je itak močno pod pragom diodne.

Frekvenčna karakteristika operacijskega ojačevalca 709 spreminja nagib od 6 do 18 dB po oktavi pri VF. Zato je 709 občutljiv na osciliranje, če se ne izvede frekvenčna kompenzacija. Frekvenčna kompenzacija je izvedena z C11, C10 in R18. Glede na ojačanje operacijskega ojačevalca, ki je 1000 (60dB) iz tabele določim vrednosti elementov za frekvenčno kompenzacijo.

Delovno točko(offset) za 709 se nastavi z R20 in sicer na -0.2V.

Napetostni signal na izhodu iz operacijskega ojačevalnika je sedaj slika upadanja magnetnega polja v tuljavi in je pripravljen za nadaljnjo obdelavo: vzorčenje in integracijo (glej sliko 9).

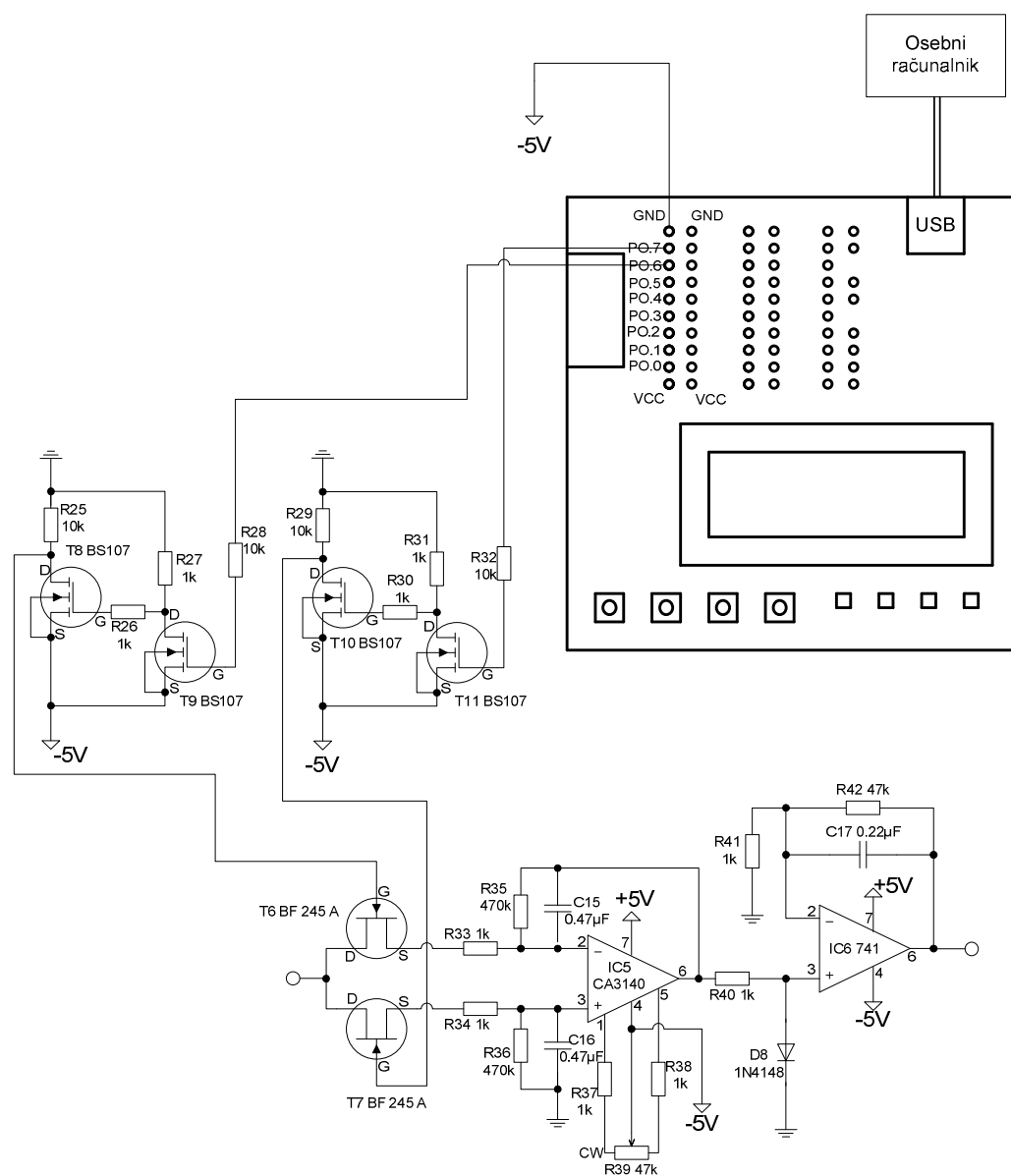


Slika 9: Upadanje induciranege toka skozi tuljavo

### 5.3.2. Vezje za vzorčenje in integracijo

V tem delu vezja se ojačeni vhodni signal ob različnih časih dvakrat vzorči (glej sliko 11). Vzorca se nato zadržita, odštejeta in integrirata, tako da je izhodna napetost iz IC 5 čisti enosmerni signal, kateri se z IC 6 še dodatno ojači.

Ta signal pa že nosi jasno informacijo o kovinskem predmetu v okolici tuljave. Potenciometer R39 služi za nastavitve delovne točke detektorja kovin (prag), posredno pa je mogoče z njim nastaviti tudi občutljivost detektorja.



Slika 10: Del za vzorčenje integracijo in ojačanje

Vezje je spet možno zelo poenostaviti. Vrata od T6 in T7 je mogoče priključiti direktno na izhode ŠARM-a, ki ju bo krmilil, le izbrati je potrebno druga ustrežnejša FET tranzistorja T6 in T7.

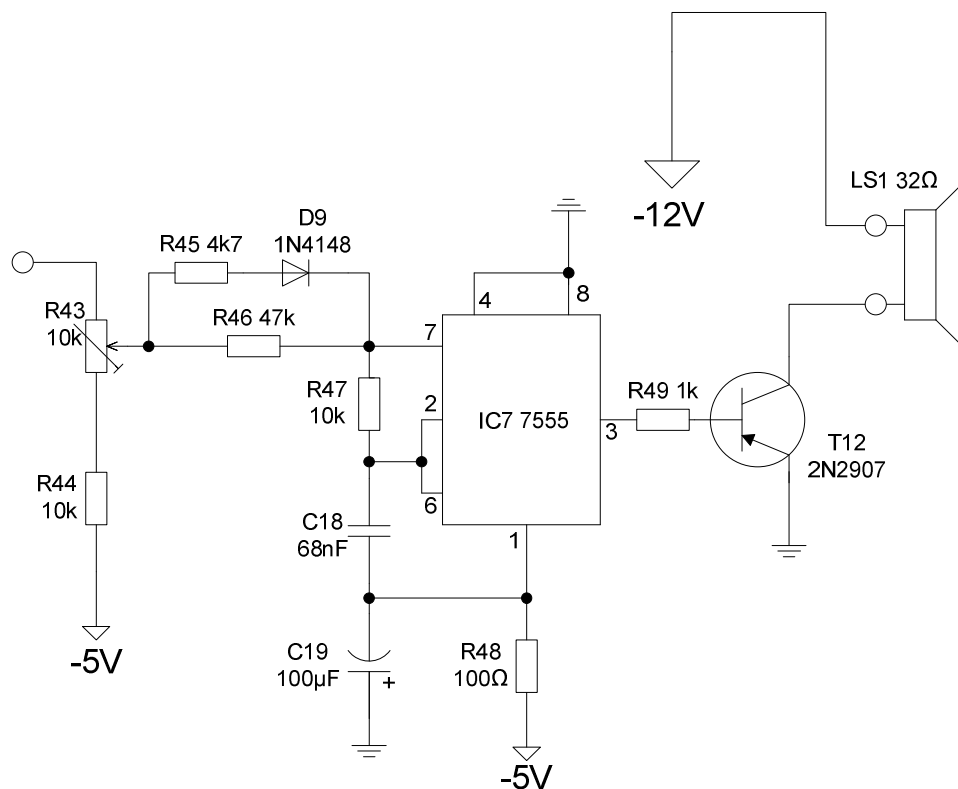
Ta del je izveden precej zapleteno zato, ker na zalogi nisem imel ustreznih FET tranzistorjev. Ob manjši spremembi programa za ŠARM bi pa lahko že sedaj odpadla T9 in T11, ki le obrneta fazo.



Slika 11: ŠARM generira dva vzorčna signala

Od lastnosti teh vzorčevalnih impulzov je bistveno odvisno delovanje detektorja kovin. Njuno nastavljanje, prilagajanje in eksperimentiranje pri razvoju je programsko s pomočjo ŠARM-a zelo praktično in enostavno.

## 5.4. Napetostno krmiljen oscilator za zvočno indikacijo



Slika 12: VCO z izhodnim ojačevalnikom

To je enostaven napetostno kontroliran oscilator, izveden z integriranim vezjem 7555, kateri preko T12 generira zvočni signal, katerega frekvenca je odvisna od vhodne naprtosti VCO, oziroma velikosti in oddaljenosti kovinskega predmeta od iskalne tuljave.

S trimerpotencijetrom R43 se nastavi, da zvočni signal štarta ravno takrat, ko se na vhodu VCO pojavi neka majhna pozitivna napetost.

Seveda je mogoče tudi ta del napraviti s ŠARM-om ali se bolje z FPGA vezjem. Potrebno bi bilo uporabiti le A/D pretvornik, ter napisati ustrezen kratek program.



Ta del je izvedem z VCO zato, ker je tako lažje določiti položaj zaznanega objekta. Bolj ko je tuljava bližje predmetu, višja je zvočna frekvenca.

## **6.Opis programa za detektor kovin s ŠARM-om**

Program je zaenkrat še zelo enostaven. Narejen je generator impulzov, s katerim se impulze lahko zelo preprosto premika po časovni osi in se jim enostavno spreminja trajanje, kar je bilo zelo uporabno pri samem razvoju elektronike tega detektorja kovin.

Program sem naredil na kar nekaj načinov, da sem tako studiral različne prednosti in slabosti različnih pristopov.

### **1. Program v načinu PWM:**

```
#include "init.h"
#include "pwm.h"

void start_up()
{
    int fvpb=3000000;

    float T=0.01;
    int n1;
    float t1=0.0002;
    int n2;

    float d6=0.00026;
    int n3;
    float t6=0.00005;
    int n4;

    float d7=0.00043;
    int n5;
    float t7=0.00005;
    int n6;

    init(12, cclk_4, ~(LED0|LED1|LED2|LED3), LED0|LED1|LED2|LED3, 0x00000000);

    n1=T*fvpb;
    n2=t1*fvpb;

    n3=d6*fvpb;
    n4=t6*fvpb+n3;

    n5=d7*fvpb;
    n6=t7*fvpb+n5;

    int match[7]={n1, n2, n3, n4, n5, n6, 0 };

    pwm_init(pwmena1|pwmena2|pwmena3|pwmena4|pwmena5, 0, &match[0], 0, pwmsel3|pwmsel5);

    PWMTCR=pwm_enable;

    while(1)
    {
    }
}
```

## 2.Program izveden s prekinitvami:

```
#include "init.h"
#include "vic.h"
#include "timer.h"

void preklop();

void funcptr fun[16]={preklop,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
int inter[16]={timer0, 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};

int match[] = {0, 0, 0, 0};
float t1 = 0.000200;
float t2 = 0.000060;
float t3 = 0.000050;
float t4 = 0.000120;
float t5 = 0.000050;
float t6 = 0.009520;

int fvpb = 60000000;
int pre = 0;
int n1;
int n2;
int n3;
int n4;
int n5;
int n6;

int i=1;
int a=1;

void start_up()
{
    n1 = t1*fvpb;
    n2 = t2*fvpb;
    n3 = t3*fvpb;
    n4 = t4*fvpb;
    n5 = t5*fvpb;
    n6 = t6*fvpb;

    init(60, cclk, ~(LED0|LED1|LED2|LED3), LED0|LED1|LED2|LED3, 0x00000000);

    timer0_init(pre, match, mr0i | mr0r , timer);

    vic_init(0, timer0, fun, inter, 0);

    T0TCR = counter_enable;

    TOMR0=n1;

    while(1)
    {

    }
}

void preklop()
{
    if(i==1 || i==2)
    {
        if (a)
        {
            set_pin_value(4,1);
            TOMR0 = n1;
            a=0;
        }
    }
}
```

```

else
{
set_pin_value(4,0);
TOMR0 = n2;
a=1;
}
}

if(i==3 || i==4)
{
if (a)
{
set_pin_value(5,1);
TOMR0 = n3;
a=0;
}
else
{
set_pin_value(5,0);
TOMR0 = n4;
a=1;
}
}

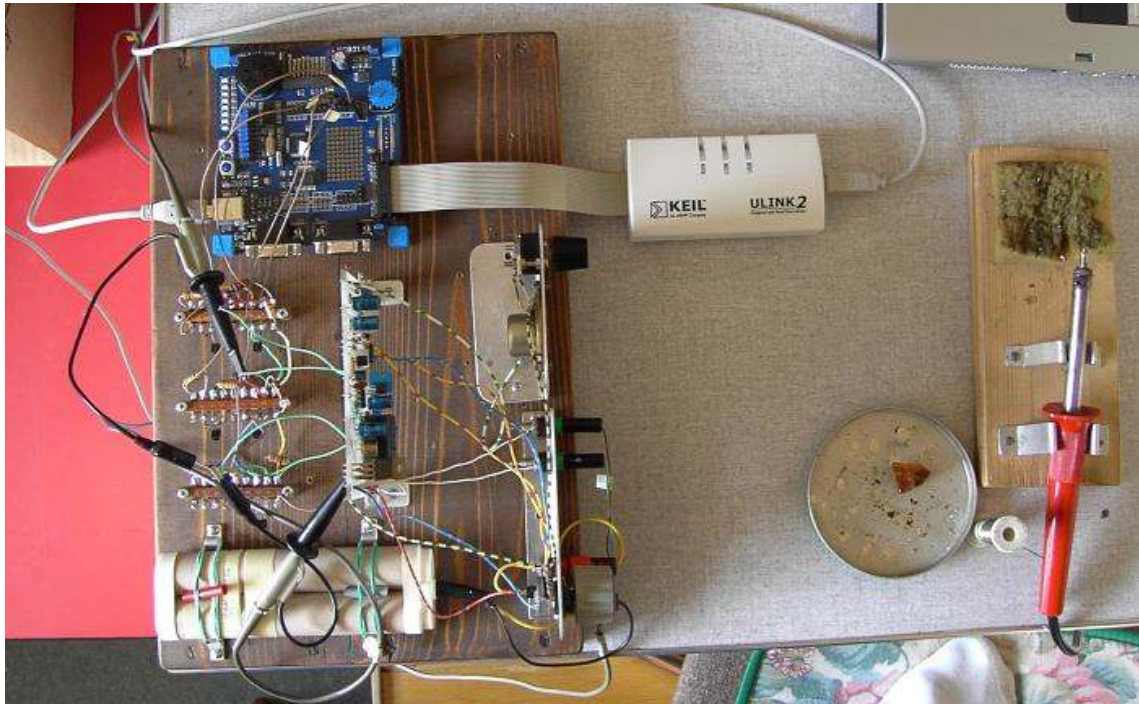
if(i==5 || i==6)
{
if (a)
{
set_pin_value(6,1);
TOMR0 = n5;
a=0;
}
else
{
set_pin_value(6,0);
TOMR0 = n6;
a=1;
}
}
i++;
if(i>6) i=1;
T0IR = mr0_interrupt;
VICVectAddr = 0;
}

```

## **7.Izvedba prototipa tega PI detektorja kovin s KEIL-ovim razvojnim orodjem**

Pri nadaljnjem razvoju tega prototipa se mislim opreti na KEIL-ovo razvojno orodje, ker omogoča delovanje z baterijskim napajanjem, brez priključitve računalnika. S tem bodo tudi preizkusi detektorja na terenu enostavnejši.

Tudi prehod na končno tiskano vezje s kompletno elektroniko in ARM mikroprocesorjem bo preko tega razvojnega orodja najenostavnejši.



Slika 13: Prototip PI detektorja kovin s KEIL-ovim razvojnim orodjem

## **8.Načrt nadaljnega razvoja tega prototipa**

Ta detektor kovin je šele v začetni razvojni fazi, čeprav bistveno nalogo že opravlja. V tej razvojni fazi sem imel za glavni cilj čimboljše osnovno delovanje detektorja kovin. Pravi razvoj, ki je povezan s programiranjem pa šele prihaja:

1. Na izhod IC6 bo potrebno priključiti A/D pretvornik ter signal digitalno spremeniti v primeren zvočni signal, najbolje tak, kot ga generira VCO,

kajti v praksi se je taka indikacija izkazala za najboljšo. To bo programsko precej enostavno izvedljivo.

2. Nastavljanje delovne točke detektorja kovin, ki se sedaj izvaja ročno s potenciometrom, bi bilo možno izvesti z dodatnim D/A pretvornikom in tipkami, možna pa bi bila tudi avtomatizacija te nastavitve. Verjetno bi bila smiselna tudi uporaba povratne zanke z neko zakasnitvijo, s katero bi se lahko zagotovilo precej stabilno nastavitve delovne točke. To je sedaj treba občasno ročno korigirati zaradi temperaturnih sprememb in podobnih motenj.
3. Tudi generator impulzov za vezje za dvig napetosti je možno v končni fazi enostavno realizirati kar z mikroprocesorjem, ki je že itak v vezju. To sem sicer že naredil, vendar zaradi preglednosti programa in celotnega vezja pri eksperimentiranju to sedaj še ni vključeno.
4. Za programiranje sistema nameravam uporabiti operacijski sistem kateri se uporablja na KEIL-ovih orodjih in KEIL-ovo razvojno orodje.
5. Na koncu bom vezje čimbolj poenostavil.
6. Izdelava tiskanega vezja za ta detektor kovin z ARM mikroprocesorjem in vgradnja v aluminijasto ohišje.
7. Zelo zanimiva in verjetno celo bolj primerna kot z ARM mikrokontrolerjem bi bila izvedba tega iskalca kovin z FPGA vezjem kar v prihodnosti nameravam zagotovo preizkusiti.

## **9.Podatki o nekaterih uporabljenih elementih:**

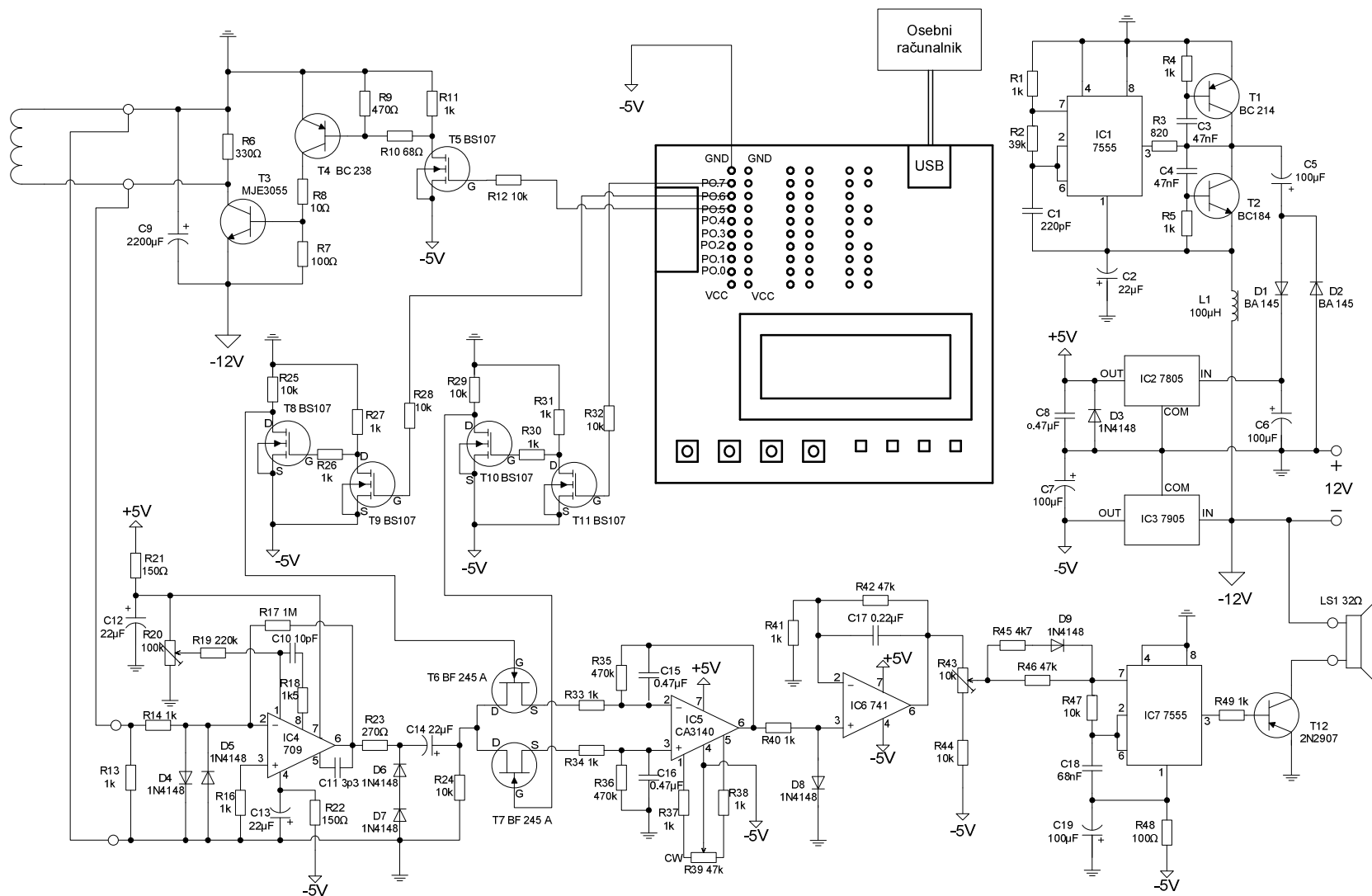
Uporabniški priročnik za LPC2138 : [http://www.s-arm.si/UM10120\\_1.pdf](http://www.s-arm.si/UM10120_1.pdf)

Razvojni sistem ŠARM: : <http://www.s-arm.si/shema.pdf>

Integrirano vezje 7555 : <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/ICM7555IN.pdf>

Integrirano vezje 709 : <http://www.national.com/ds/LM/LM709.pdf>

Integrirano vezje 741 : <http://www.national.com/ds/LM/LM741.pdf>



Slika 14: Električni načrt prototipa detektorja kovin s ŠARM-om