

Elas kord üks mehaanikainsener, kes oli tõeliselt kuldsete kätega ja suutis ka kõige keerulisemad masinad tööle panna. Kuid ühel päeval seoses rohepöördeliste digimuutustega polnud teda enam vaja.

Möödus paar kuud, kui ühel päeval helistati talle vanast töökohast. Neil oli seal mingi miljoneid maksnud masin seisma jäänud ning keegi ei leidvat viga üles.

Vanamees võttiski väljakutse vastu ning läks järgmisel päeval tehasesse. Uuris veidi vigast seadet ning võttis tüki kriiti, naeratas ning tegi sellega ühele detailile risti.

“See tükk ongi vigane,” ütles ta.

Detail vahetati ning masin hakkaski tööle!

Järgmisel päeval sai tehas insenerilt 10,000-eurose arve.

Selle sisu oli lakooniline:

“Kriidiga tehtud rist – 1 euro; teadmine, kuhu rist teha – 9 999 eurot!”

ISC0100 KÜBERELEKTROONIKA

Kevad 2025

Rikete otsimine

Martin Jaanus

NRG-308

martin.jaanus@ttu.ee 56 91 31 93

Õppetöö : <http://isc.ttu.ee>

Õppematerjalid : <http://isc.ttu.ee/martin>

Ole teadlik ohtudest !

- Järgnevatel slaididel olevate ideede kasutamine ainult omal vastutusel !
- **Tea, mida teed ! Kui kahtled, ära tee !**
- Lisaks mittetöötavale seadmele võib vale tegevus olla ohtlik ka mõõteriistadele ja ka Teile endile . Eriti võrgupinge korral !
- Oskamatu remondi korral võib seade olla ka ohuks teistele !
- Kasuta mõtlemiseks oma pead ja **loogikat** !
- Suhtu kõikidesse veebiõpetustesse “kriitiliselt” . “Tik-Doktoriks” olemine ei nõua tänapäeval isegi põhiharidust !

(sama kehtib audoktorite kohta)



“Vanasõnad”

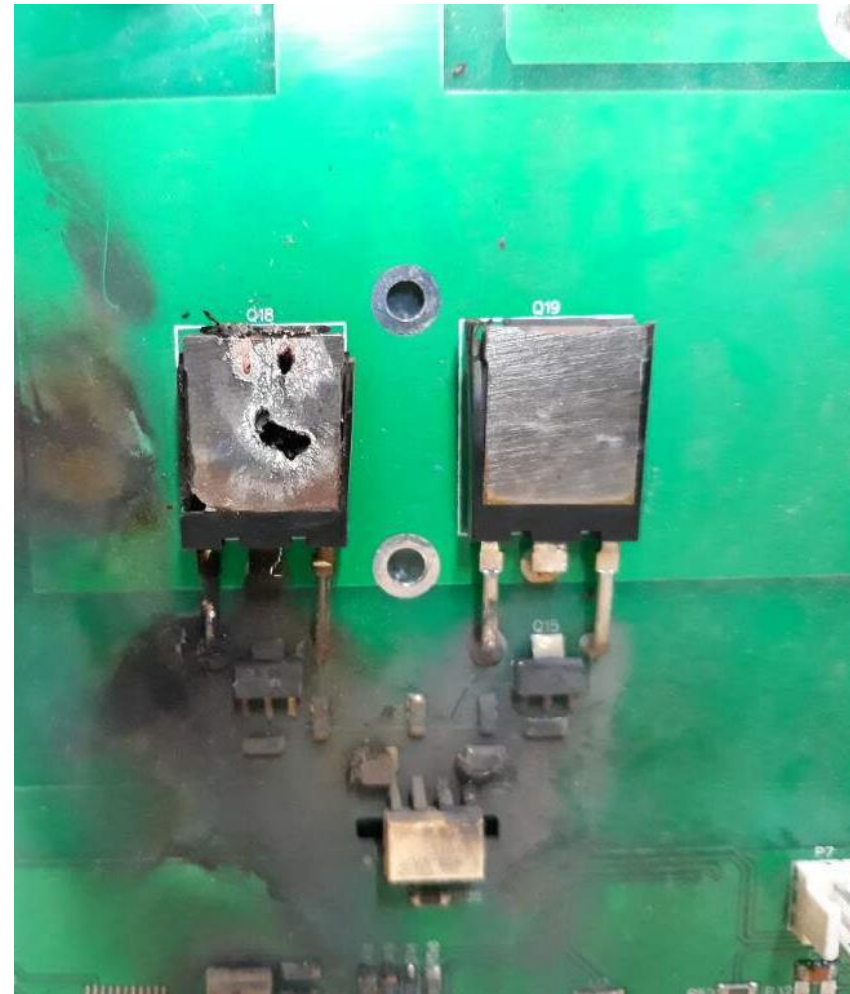
- Üheksa korda kahtle, üks kord lõika (lõiketangidega) !
- Üheksa inseneri ei jõua iialgi enne mõõta kui üks turundaja lõigata. (M.J)
- **Mida mõõdame, seda saame !** (Automaatikainstituut)
- Hädalamine teeb hädaldajaks, harjutamine teeb harjutajaks ! (M.J)
- Kui mingit asja on võimalik ühendada kahel viisil, siis esimesena lastakse läbi kaitse ! (Murphy seadus)
- Avariikindel vooluring lühistab kõik teised. (Murphy seadus)
- Vajadusel muutub iga asi haamriks. (Murphy seadus)
- Pärast seadme kokkupanekut jäävad tavaliselt mõned kruvid üle.

“Vanasõnad” (2)

- Kes, kurat , selle pistiku välja tõmbas ? (M.J 2015)
- Kus häda kõige suurem, seal MJ kõige armsam (M.J.2008)
- Asja ei saa paranda enne kui see pole katki läinud !
- Osad (ja nende summa) kipuvad olema suuremad kui tervik. (M.J 2014)
- Ma ei saa sellest aru – järelikult see on vale ! (sotsiaalmeediast)
- Ma ei saa sellest aru – järelikult seda pole vaja (programmijuht)
- Ma ju tegin kõik õigesti, aga ikkagi on see vale ! (EAAB tudeng)
- Elekter on seinakontaktis olemas - järelikult pole seda vaja meil õppida (EAAB tudeng)
- Meistri juuresolek (1) – asi hakkab tööle siis kui on vaja viga demonstreerida.
- Meistri juuresolek (2) - Parandatud asi keeldub töötamast kui meister tahab seda kliendile näidata.
- **Kogenud meister on eksinud tunduvalt rohkem kui algaja.** (M.J.+rahvatarkus)

Väline vaatlus

- Kõige lihtsam kui on näha, mis on läbi põlenud
- Juhtmed, pistikud, lülitid terved ?
- Ära pingesta enne kui oled veendunud, et see on ohutu !!!!

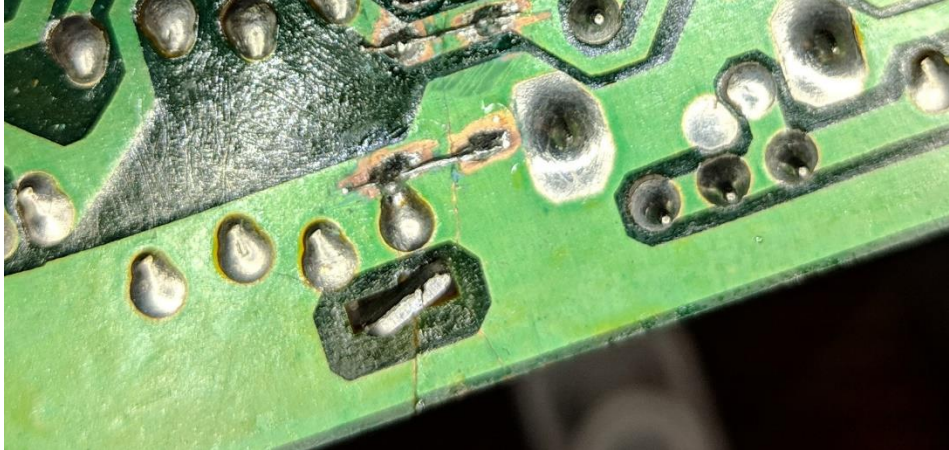


Elektromehaanilised komponendid

- “Vahest töötab” (näiteks heli katkendlik, pilt tuleb ja kaob)
- Lülitid ja pistikud oksüdeeruvad, mustus läheb vahele
- Kulumise tõttu halb kontakt.
- Mikropraod



Trükkplaadid

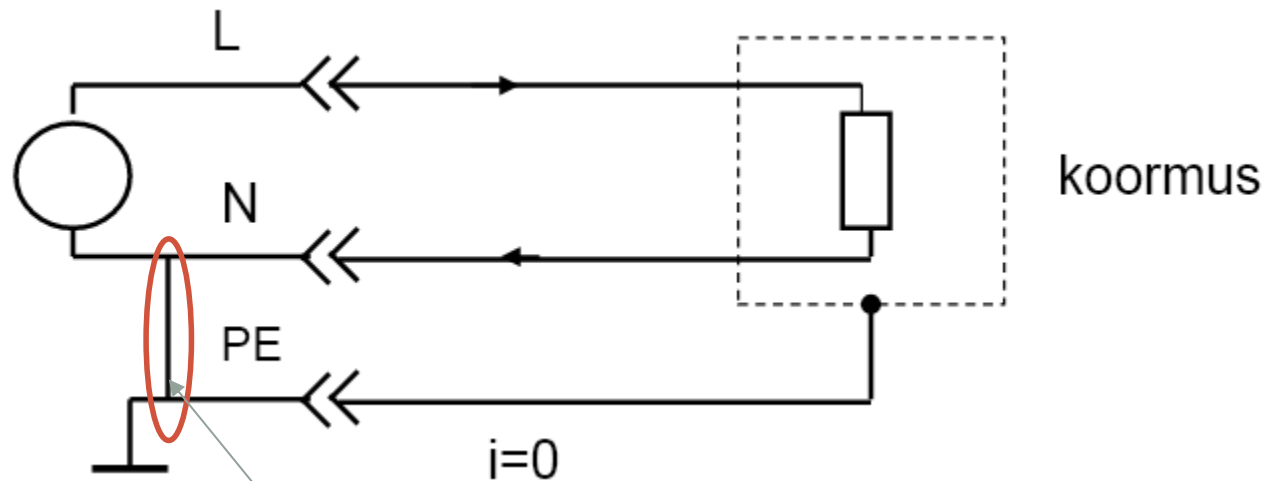
- Külmjooted
 - Radade läbipõlemine
 - Mikropraod
- 
- Elektrolüüs (plaat on saanud niiskust)
 - Komponentide lahtitulemine (parandamine keerukas kui väljastused on komponendi all)
 - Testida saab oommeetriga või juhtivuse testrežiimil (takistus peab olema 0)

(Alalis)pingete mõõtmine (testriga)

- Enamus elektrimõõtmistest on pingete mõõtmised, sest see on mugav. Ahelat ei pea katki tegema.
- Reeglina mõõdetakse pingeid üldjuhtme (maa) suhtes kui **ei ole skeemil /remondijuhendis näidatud teisiti !**
- Kui on vaja mõõta pinget kahe punkti vahel, saab seda ka arvutada. Kasuks tuleb Kirchhoffi seaduste tundmine.
-
- Voolu mõõtmine asendatakse valdavalt pinge mõõtmisega teada oleva suurusega takistil. Voolu leidmiseks kasutatakse Ohmi seadust.
- **Ära mõõda pinget ampermeetriga !**

Mõõteriistade ühendamine

- Kuigi mõõtur on kui kasklemm, tuleb üldjuhul (eriti võrgutoitega seadmete ühendamisel) jälgida teatud nõudeid.
- Seade (ka mõõteriist) ühendatakse elektrivõrku tänapäeval reeglina nii :

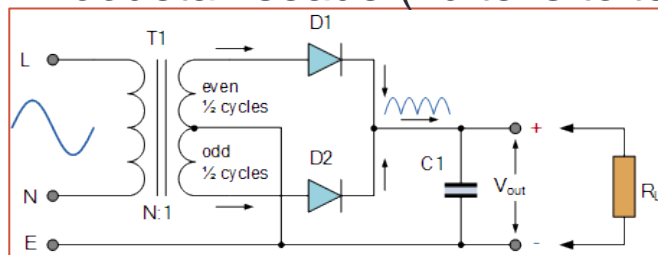


Ühendus tuleb teha sisenevas elektrikilbis !

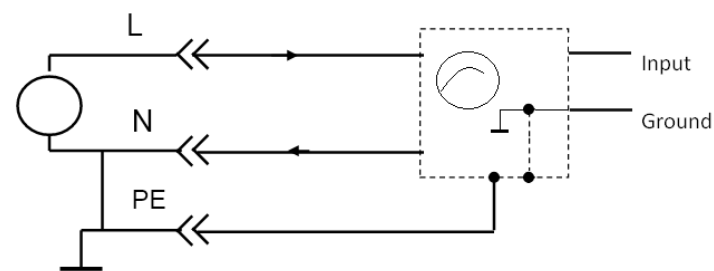
Mõõteriistade ühendamine

- Mõõteriista ja mõõdetava objekti „maahendus“ võib olla ühendatud võrgu „kaitsemaaga“ kokku seadme sees.
- Ei saa (**ei tohi !!!!**) mõõta lihtviisil suvalise kahe punkti vahel olevat pinget, ega ka voolu suvalises kohas.

Mõõdetav seade (näiteks toiteplokk)



Mõõteriist (ostsilloskoop)



Tuleb ühendada kokku „maajuhtmed“ !!!

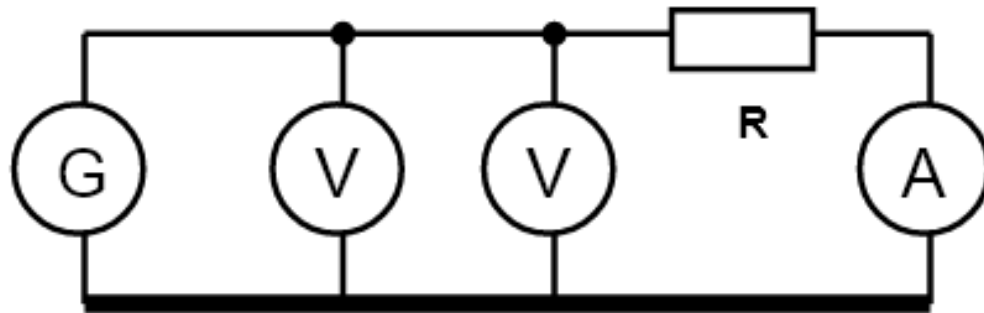
(NB ! maajuhtmed võivad kokku saada ka läbi PE!!!!)

Ei saa (**ei tohi !!!**) mõõta vahetult näiteks D1 pinget !

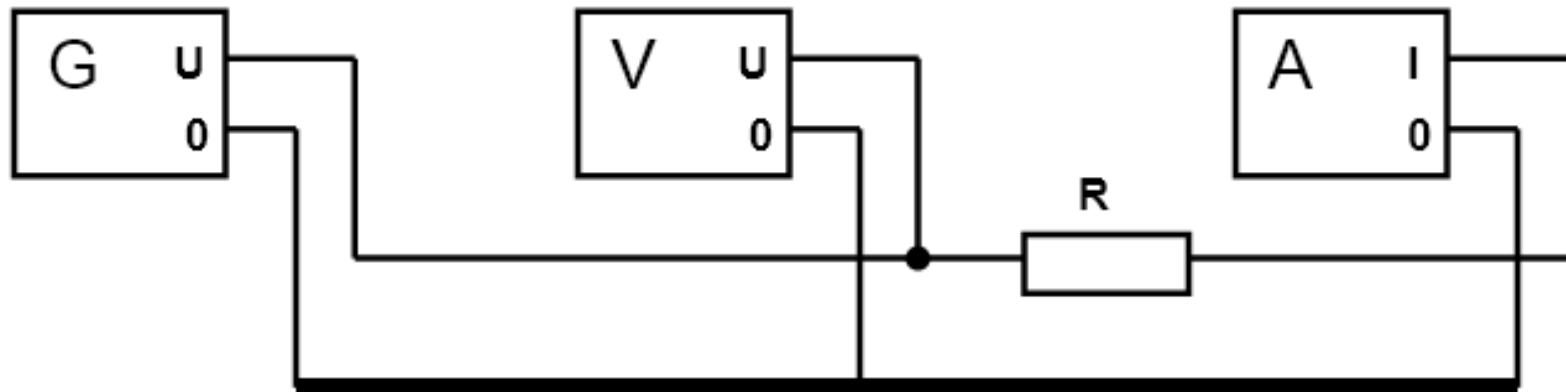
– mõõta pinget korruga mõlemal pool D1 ja leida vahe(kasutada diferentsiaalsisendit)

Mõõteriistade ühendamine

- „maad“ kokku !

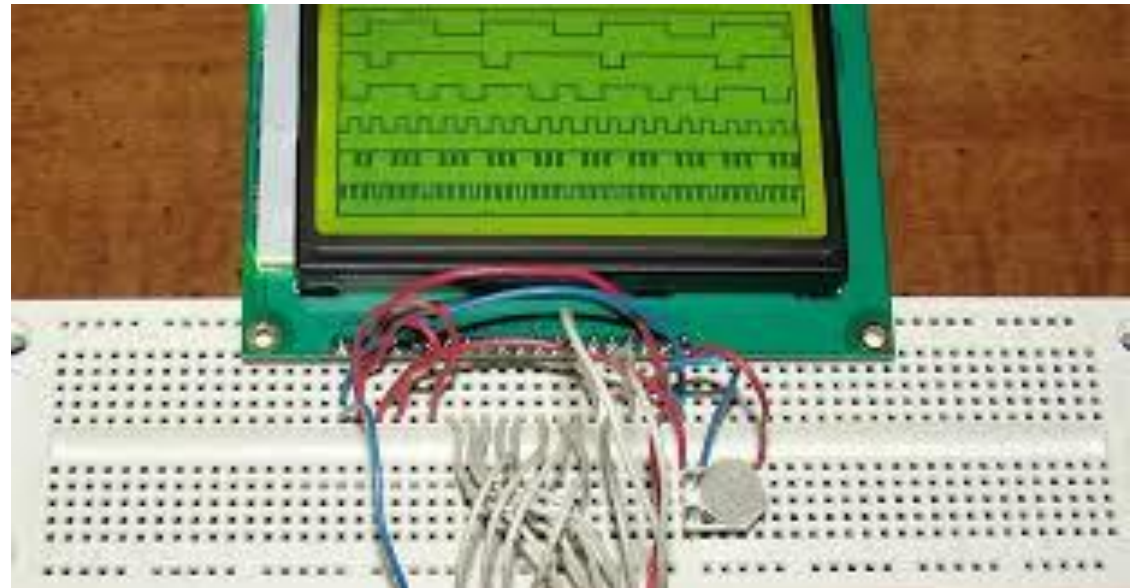


← ühine, common



Kui mõõteriista ei ole....

- Kasutavad insenerid loovust .
- Vajadusel muutub iga tööriist haamriks.
- Näiteks Arduino baasil leiab internetist ideid ,kuidas teha lihtsat ostsilloskoopi või loogikaanalüsaatorit.
- Arvuti helikaarti saab ka vajadusel kasutada ostsilloskoobina (**ettevaatust ! tea, mida teed !!!, pingejagur,kaitsedioidid vahele !**)
- **Valeühenduste puhul (vt eelmised slaidid) on võimalus rikkuda arvuti + mõõdetav seade .**
- **Arvutitel /arenduskomplektidel (nt Arduino) puuduvad kaitselülitused.**
- <https://www.hackster.io/vincenzo-g/diy-logic-analyzer-f61ee5>



Toiteosa kontroll

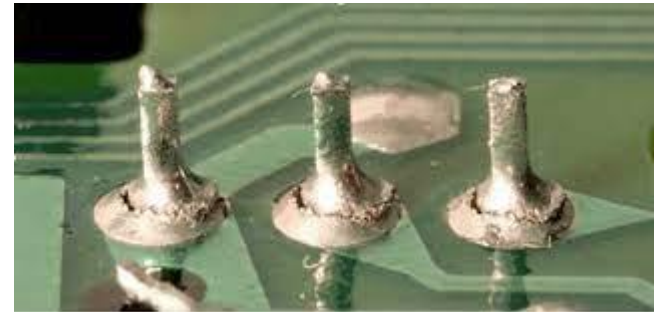
- Kas on väljundpinged õiged ? Sageli võivad koormamata toiteploki väljundpinged olla kõrgemad !
- Ostsilloskoop
- Koormuste lahtiühendamine (arvutil komponendid ükshaaval välja)
- Patareid/akud (sisetakistus suureneb) – kuidas käituvad koormuse muutudes ?

Kui selline “pilt” avaneb toiteploki väljundis, on reeglina silumiskondensaator(id) mahtuvuse kaotanud.



Vea lokaliseerimine

- Üks asi sõltub teisest (tagasisidestatud heli võimsusvõimendil võib suvalise komponendi välja joota ja alalisrežiim on korras)
- Milline osa ei tööta ?



- “Juhuslikud” vead – täna töötab, homme ei tööta – kõige hullemad.
Mikropragu, külmjooode
- Äkki on vigane hoopis tarkvara ?
- Disainivead ?
- Vigade ahelreaktsioon

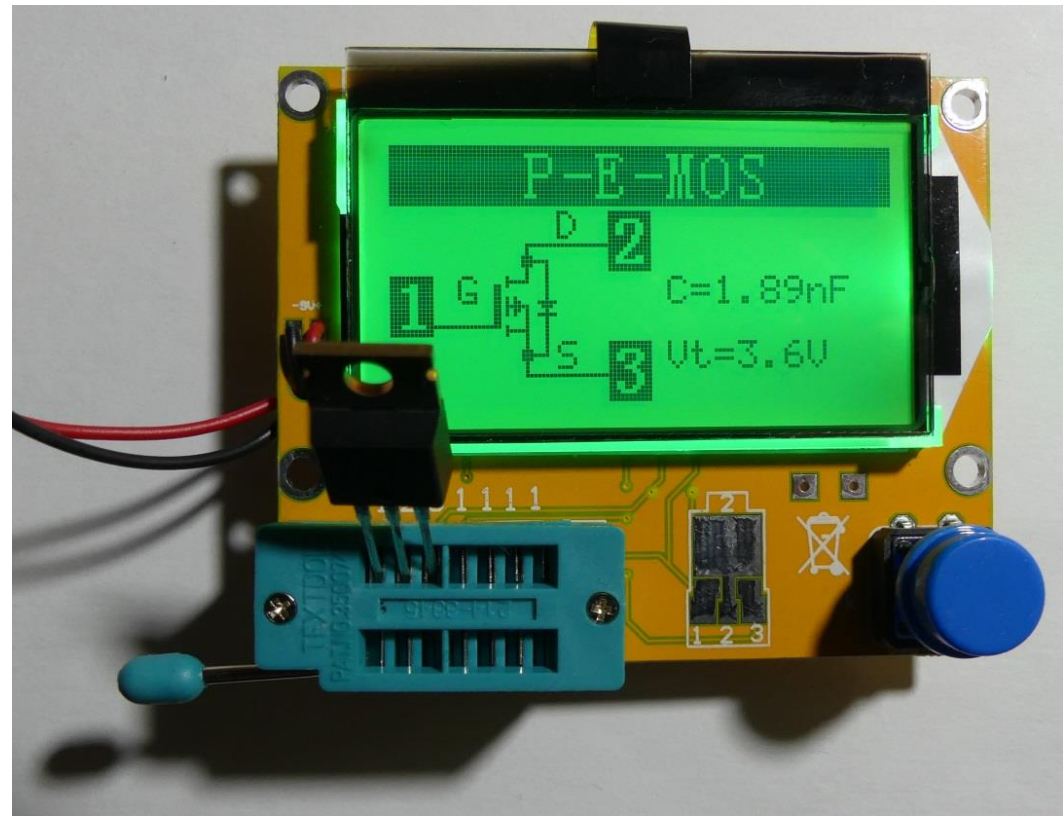


ELEKTROONIKA- KOMPONENDID

Vead ja kontroll

Hea abiline

- Universaalne komponenditester
- Saab Hiina veebipoodidest umbes 10 euroga
- Täpsus eriti hea ei ole, aga otsustamiseks kõlblik/kõlbmatu sobib.



Takistid

- Katkestus (läbipõlemine)
- **Kui takisti on läbi põlenud, siis reeglina on see vaid tagajärg** (põhjus mujal, aga ka aladimensioneeritud tooted)
- Takistuse muutus ajas (eelkõige suurenemine)
- Mikropraod – takistuse sõltuvus temperatuurist – kuumeneb, katkeb, jahtub, väärtus taastub.
- Kontroll – oommeetriga (sagel tuleb üks ots lahti joota)



Kondensaatorid

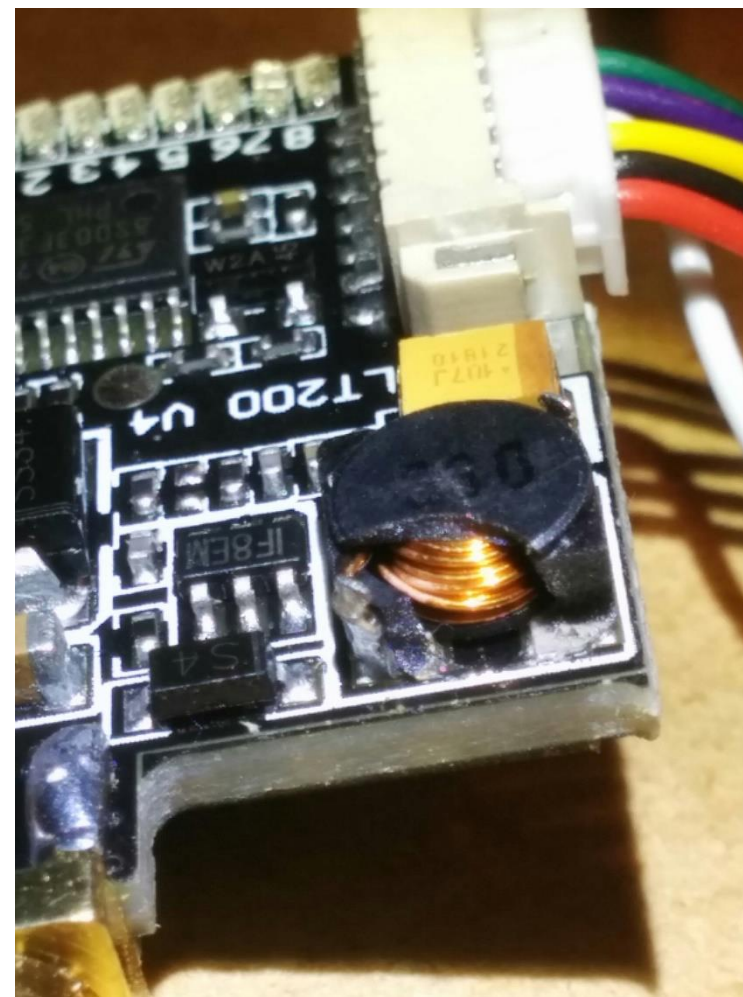
- Katkestus
- Lühis
- Leke (aktiivtakistus)
- Mahtuvuse muutus (reeglina vähenemine)
- Mikrofoniefekt (mahtuvus muutub vibratsiooni tulemusena - eelkõige raadio- ja helitehnika)
- Elektrolüüt-kondensaatoritel vananedes kuivamine, lõhkemine (aladimensioneeritud tooted, vale kasutamine)
- Analoogetehnika signaaliahelas saab kondensaatori korrasolekut kontrollida, mõõtes signaali taset ostsilloskoobiga (vahelduvsisendirežiim). Signaali nivoo tunduv vähenemine peale kondensaatorit viitab rikkele.



Pilt: electronics-diy.com

Induktorid (trafod, poolid, releed, mootorid....)

- Katkestus (saab teha kindlaks testriga)
- Keerdudevaheline lühis /mähiste vaheline lühis
- lühiskeerde saab tuvastada vaid spetsiaalmõõteriistaga või näiteks toitetrafo läheb tühijooksul (NB ! Alaldi lahti ühendada !) soojaks, undab (aga see võib olla ka aladimensioneeritud toote omapära)
- Südamiku purunemine (sh väljakukkumine) seadme füüsilise väärkohtlemise tagajärjel.



Dioodid

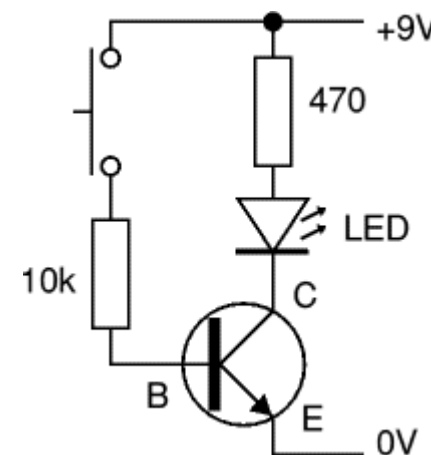
- Kui dioodi läbib vool, tekib sõltuvalt tüübist peale pinget (0.2....3.5 V)
- Kui diood ei tegele skeemis aldamisega, saab võrrelda pingeid nt “maa” suhtes. Peavad erinema, aga mitte rohkem. Kui lühis, siis on pinged võrdsed või dioodi ei läbi vool.
- Ka vastupingestatud dioodi vool ei läbi.
- **Väljajoodetud** dioodi saab kontrollida testriga (diodi test)



Päri- ja vastutakistused peavad erineva tunduvalt !

Bipolaartransistorid

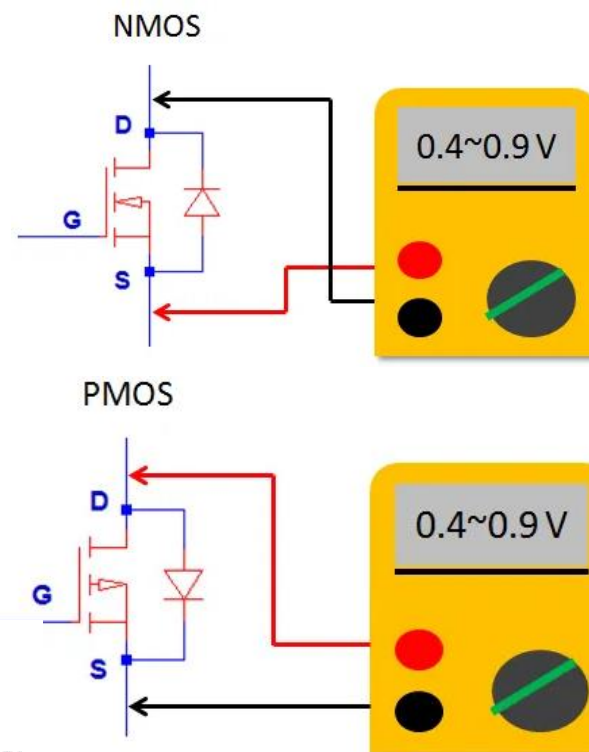
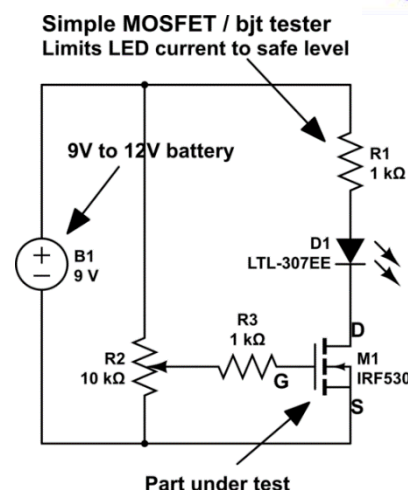
- Kontroll skeemis: Avatud bipolaartransistori emitterbaasi vaheline pinge ei saa olla suurem kui **0.7 V** !!!!
- Kui on tunduvalt väiksem aga PEAKS olema avatud, siis on emittersiire lühises, kui suurem, emittersiire katkestuses.
- Kui bipolaartransistor on avatud, peab läbi kollektor/emitterkoormuse jooksuma vool. Saab mõõta pingelangusid vastavatel takistitel.
- Transistori täielikuks kontrollimiseks tuleb see skeemist välja joota. Saab ka tavalise testriga (dioodirežiim)
- Hea on omada spetsiaalset mõõteriista (ka odav Hiina oma sobib)



Saab ka nii: Korras transistori puhul LED süttib nupu vajutamisel PNP transistori puhul tuleb LED-i ja toitepinge polaarsus vahetada.

Väljatransistorid

- Skeemi joodetud transistori puhul saab testida vaid kanali lühist (seda ka juhul kui transistori ei "lühista" näiteks trafo mähis, nagu toiteseadmetes tavaline)
- Kanali korrasolekut saab mõõta "dioodi" testiga
- Aitab ka Hiina "universaaltester"

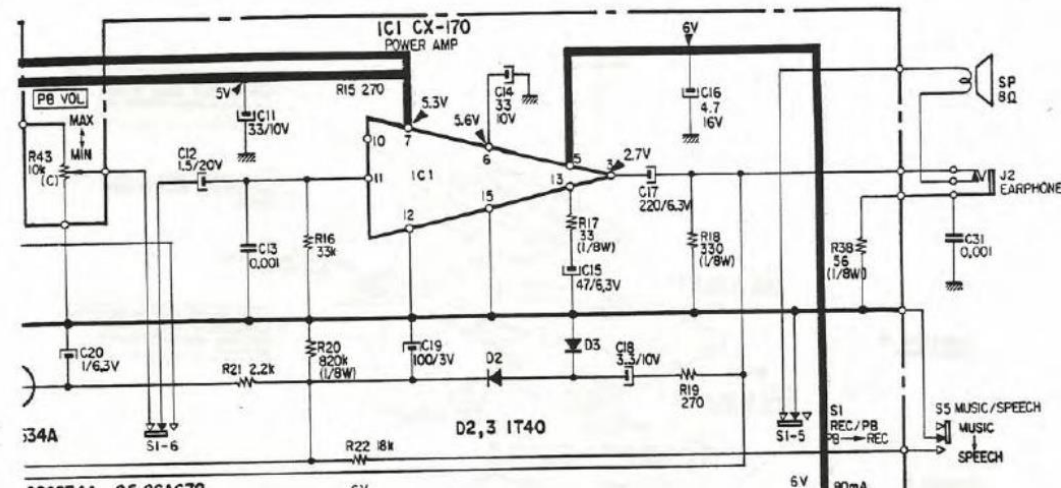


Mikroskeemid (üldine)

- Läheneda vastavalt mikroskeemi sihtotstarbele
- Lisaks skeemile otsi välja andmeleht
- Vaadata pingeid, signaalikujusid
- Toitepinged peavad olema korras, ostsillograafiga mõõtes “puhtad”
- Digitaalskeemide puhul võib olla vajalik ka analüsaator

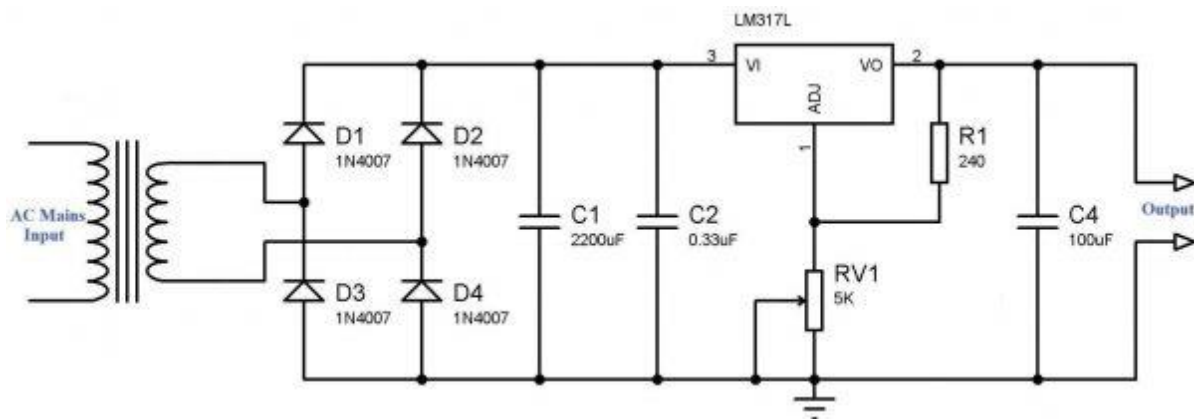


Sony TC 150 remondijuhendist



Pingestabilisaatorid

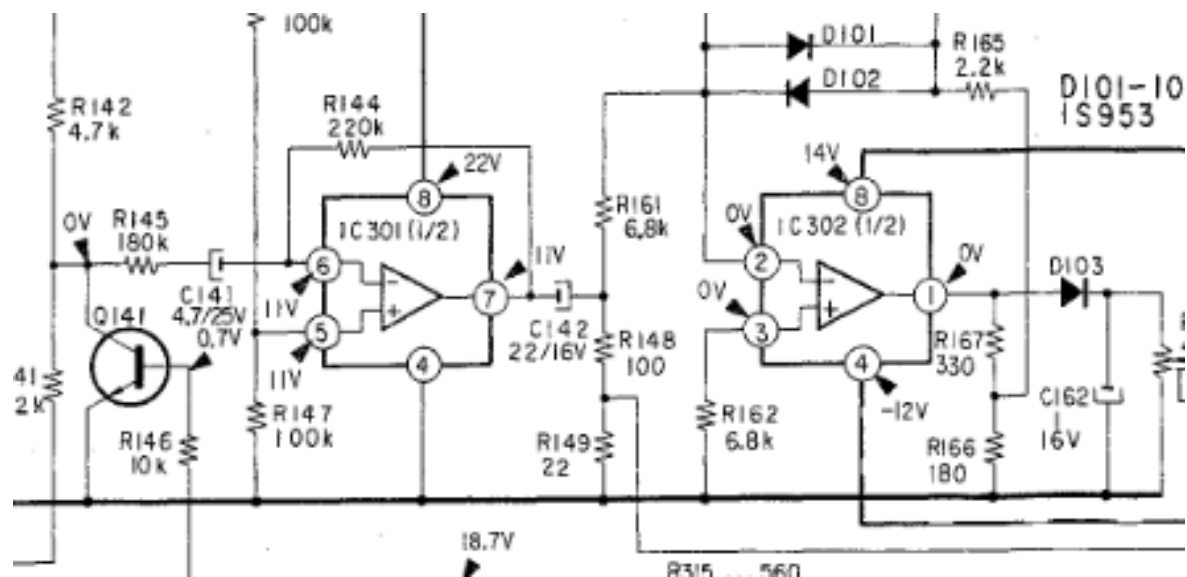
- Lineaarstabilisaator saab toimida siis ja ainult siis kui sisendis on kõrgem pinge kui väljundis.
- Diskreetelementidel stabilisaatori korral saab läheneda komponendipõhiselt
- “kolmjalgstabilisaatori” puhul võimalusel eemaldada koormus ja mõõta pingeid. Kui väljund õige ei ole, aga sisend on väljundist tunduvalt kõrgem, on stabilisaator rikkis.
- Kui väljund on “õige” ja koormuse külgeühendamisel langevad nii sisend kui ka väljund alla normi on viga kas enne stabilisaatorit või koormus liiga suur.



Operatsioonivõimendid

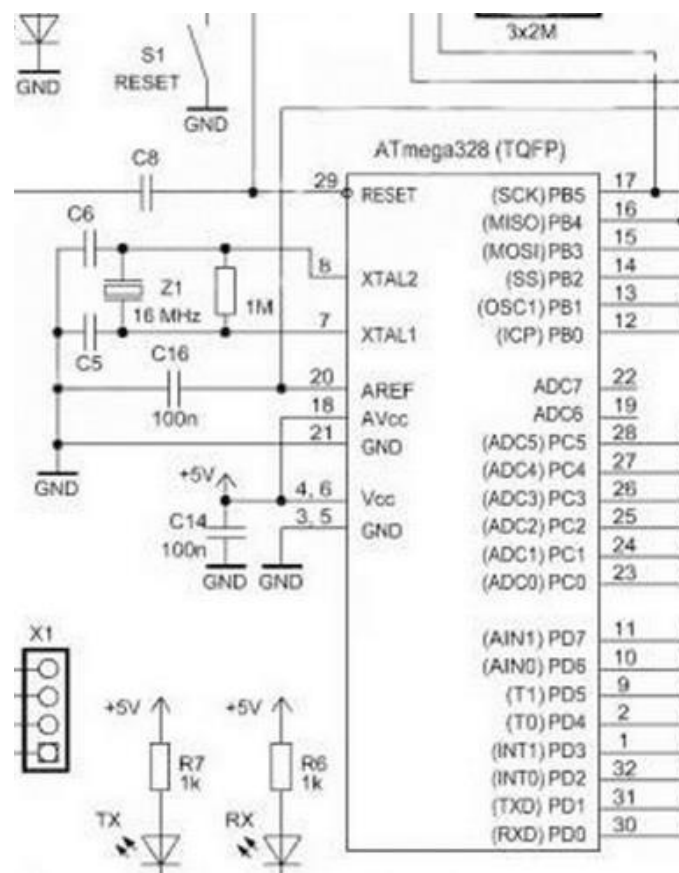
- Lineaarrežiimis töötava OV sisendid peavad olema **võrdsed** ning paiknema toitepingete vahel.
- Komparaatorina töötava OV sisendid võivad olla erinevad. Kui näiteks mitteinverteerivas sisendis on kõrgem kui inverteeritavas, peab väljund lähenema + toitepingele ja vastupidi. Kui see on ka võimendina töötava OV puhul mõõtes sedasi, on tagasisideahel katki.

SONY TC-30
remondijuhend →



Digitaalloomika

- Veendu, et toitepinge on õige !
- Multimeeter näitab vaid staatilisi olekuid.
- Vajalik loogikaanalüsaator (oskaja teeb nt Arduino baasil)
- Andmeside jälgimiseks vaja rohkem kogemusi.
- Mikrokontrollerid ja spetsiaalsed lülitused – klemmide olekud sõltuvad ka tarkvarast,
- Kaudselt saab oletada mikrokontroller töövõimekuses, mõõtes ostsillograafiga signaalikuju taktigeneraatorilt. Kui seal on olemas ettenähtud taktsagedus, siis võib **oletada**, et mikrokontroller töötab.



Eelviimane slaid

- Kõike ei jõua õpetada, kõike ei peagi õpetama.
- Inimene õpib kogu elu – sureb aga ikka lollina (O.Arder)
- Mõnikord läheb asi untsu, tunnista vigu, tee uuesti !
- Täpsuse tagaajamine ei lahenda probleemi, selle mõistmine on olulisem !
- Väikese asja saavutamiseks võib teha suuri muudatusi, kuid kas see on iga kord vajalik ?
- Mõned asjad/oskused/alad on ületähtsustatud, mõned on alatähtsustatud.
- Igal tagajärjel on põhjus, igal põhjusel on tagajärg !
- Üks põhjus, miks (üli)koolis õppida – see tuleb odavam!

Seadmete ühendamist ja kasutamist ei saa teoreetiliselt õpetada, selleks on praktikumid !



Viimane slaid

- Kui on küsimusi, küsi julgesti !
- Küsija suu pihta ei lööda !
- Emotsioonid inseneerias eriti ei aita.

- **Kasutage **alati** loogilist mõtlemist !**
- **Lahendus võib olla lähemal kui oskad arvata !**

Õppeaine lõpeb **11. juunil !** , 37 päeva on veel aega.

Õppimise põhieesmärk – targemaks saada (see ei välista teisi eesmärke).