

Za boljšo rabo osciloskopa

Gradivo za Elektronski praktikum

Dušan Ponikvar

Fakulteta za matematiko in fiziko

Ljubljana, Slovenija

Oktober 2007

Predgovor

Sledeči tekst je namenjen tistim, ki morajo ali želijo uporabljati osciloskop pa se ne znajdejo najbolje in jih zanima, kakšnemu namenu služi množica gumbov na čelni plošči. Besedilo je prirejeno enostavnim osciloskopom, kot jih najdemo v večini šolskih laboratorijev. Obravnava uporabo osciloskopa in svetuje, kako nastaviti gumbes tako, da bo opazovanje boljše, hkrati pa opozarja na napake, ki jih je mogoče storiti. Upam, da bo po branju tega teksta uporaba osciloskopa enostavnejša.

Avtor

Kazalo

	stran
Uvod	2
1. Izbira osciloskopa za naše delo	2
2. Vkllop, kaj se dogaja ?	2
3. V rokah imam baterijo; kako dobra je ?	3
4. Slika sinusne napetosti se premika v levo. Kaj je narobe ?	5
5. Kakšna je frekvenca periodične napetosti sinusne oblike ?	8
6. Zdi se mi, da sem na osciloskop priključil pravokoten signal. Slika na zaslonu je drugačna. Kaj je narobe?	9
7. Po moje opazujem signale lepe pravokotne oblike. Zakaj je na ekranu videti pravo zmešnjavo?	11
8. Izmerimo čas vzpona pravokotnega signala	12
9. Pred menoj je napajalnik, ki naj bi nadomestil baterije. Kako veliko izmeničnega signala 100Hz je na izhodu, kadar je napajalnik obremenjen?	15
10. Imam dva signala. Kakšno je razmerje njunih frekvenc?	17
11. Ali lahko z osciloskopom opazujem signal z merilnega mostiča?	18
12. Zanima me fazni kot med dvema signaloma iste frekvence sinusne oblike. Kaj moram storiti?	20
13. Slike na zaslonu ne morem umiriti. Kaj je narobe?	21
14. Delovanje vezja se spremeni, če se ga dotaknem s konico sonde. Zakaj?	23
15. Rad bi izmeril prijateljeve reflekse. Vključil bom luč, prijatelj pa mora nato čim hitreje pritisniti gumb. Bo osciloskop primeren inštrument?	23

Uvod

Znano je, da je osciloskop vsestransko uporaben za opazovanje električnih signalov. V laboratoriju ga uporabljamo skoraj vsak dan. Postavlja pa se vprašanje: ga res uporabljamo tako, da nam da kar največ podatkov o opazovanem signalu? Ali res vemo, kaj vse se da doseči z množico gumbov na čelni plošči osciloskopa? Kaj moramo vedeti o osciloskopu, ga bomo njegove sposobnosti kar najbolj izkoristili in se izognili napačnim rezultatom zaradi nepoznavanja? Naslednje strani so namenjene temu, da bo uporaba osciloskopa enostavnejša in učinkovitejša.

1. Izbira osciloskopa za naše delo

Uporabimo lahko katerikoli osciloskop, ki ga imamo v laboratoriju, le analogen mora biti. Vsi analogni osciloskopi imajo gumb z enakimi funkcijami. Seveda so gumbi različno razporejeni, včasih so celo imena gumbov drugačna, vendar funkcije ostajajo. Mi uporabljamo osciloskope z dvema kanaloma in prepustno širino 20MHz. To je verjetno minimum za laboratorijski osciloskop.

Digitalni osciloskopi so čedalje bolj razširjeni, še posebej jih ponujajo in priporočajo izdelovalci. V našem laboratoriju ostajamo zvesti analognim osciloskopom, ker smo prepričani, da povprečen uporabnik osciloskopa zve več o opazovanem signalu iz slike na zaslonu analognega osciloskopa. Neukega opazovalca lahko slika na zaslonu digitalnega osciloskopa celo zavede. Poleg tega so analogni osciloskopi enakih električnih lastnosti cenejši in tudi to je razlog, da digitalnih tu ne bomo obravnavali.

Osciloskop se vede kot zelo ubogljiva oseba, ki za nas riše diagram na kos papirja. Diagram običajno kaže spreminjanje opazovanega signala v odvisnosti od časa, opravka imamo torej z dvodimenzionalnim diagramom. Ker pa je osciloskop neumen, mu moramo dopovedati, kako naj nariše diagram. To storimo z gumbi na čelni plošči. Razdelimo jih lahko v štiri osnovne skupine. Z dvema od teh skupin poskrbimo za obe osi diagrama (VERTICAL in HORIZONTAL), s tretjo skupino dopovemo osciloskopu kdaj naj začne risati diagram (TRIGGER), s četrto skupino pa uravnamo način risanja na zaslon (v teh zapiskih imenujemo to skupino "PAPER&PEN"). Opazili ste, da uporabljamo angleške izraze. V teh zapiskih bomo skušali dosledno navajati ključne besede, ki jih najdete zapisane na čelni plošči osciloskopa. Tako bo orientacija lažja.

2. Vkllop, kaj se dogaja ?

Vključi osciloskop. Če imaš srečo, se na zaslonu pokaže črta ali pika, lahko pa je zaslon tudi temen. Obstaja osnovna nastavitvev gumbov, zaradi katere se na zaslonu pojavi črta. Če na vhodih osciloskopa ni signalov, mora biti nekje na zaslonu ravna svetla črta. Poenostavimo (z vsakim gumbom posebej se bomo ukvarjali kasneje): sledijo navodila, ki pričarajo na zaslon svetlo ravno črto.

- Odstrani sonde z vhodov osciloskopa in postavi stikala AC/GND/DC vseh vhodnih kanalov v skupini VERTICAL v položaj GND,
- v skupini VERTICAL postavi stikalo MODE v položaj CH1,
- v skupini TRIGGER postavi stikalo MODE v položaj AUTO, stikalo SOURCE v položaj CH1 in stikalo COUPLING (če to stikalo obstaja) v položaj AC,
- v skupini HORIZONTAL postavi gumb TIME/DIV v položaj 2ms (tudi položaji blizu navedenega so dobri),
- v skupini PAPER&PEN obrni gumb z oznako INTEN do konca v smeri urinega kazalca, in
- vrti gumb POSITION v skupini vertical VERTICAL in gumb POSITION X v skupini HORIZONTAL da dobiš vodoravno črto blizu sredine ekrana. Črta mora biti tako dolga, da lahko hkrati sega preko obeh robov zaslona.

**Osnovna
nastavitvev**

Če kljub upoštevanju zgornjega recepta na ekranu ni črte, pokliči zdravnika za osciloskop.

Najverjetneje je črta na zaslonu preveč svetla; zasukaj gumb INTEN v skupini PAPER&PEN in nastavi željeno svetlost črte. Črta na zaslonu je morda debela in nima ostrih robov; zavrti gumb FOCUS v isti skupini in črta bo postala tanjša, robovi črte pa bolj ostri. Na nekaterih starejših osciloskopih je treba ostrino slike popraviti vsakokrat, ko spremenimo svetlost slike, novejši osciloskopi sami kompenzirajo izgubo ostrine zaradi spremenjene svetlosti.

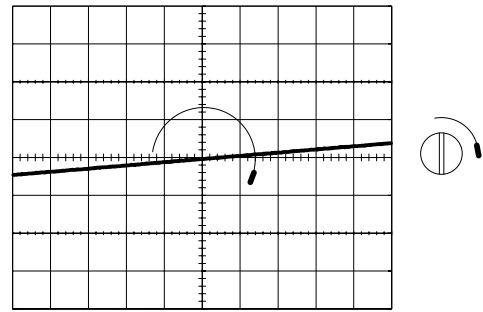
Intensity in Focus

Astigmatism

Nekateri osciloskopi imajo dva gumba za uravnavanje ostrine slike. Gumba se imenujeta FOCUS in ASTIGMATISM. Prvi od obeh se obnaša, kot je bilo napisano zgoraj, drugi pa naredi svetlo piko na ekranu okroglo. Najenostavneje ju nastavimo tako, da izberemo X-Y način delovanja osciloskopa. Ne ustraši se; na večini osciloskopov je dovolj, da zasukaš gumb TIME/DIV v skupini HORIZONTAL do konca dokler ne doseže oznake X-Y, na nekaterih osciloskopih pa je treba premakniti posebno stikalo z oznako X-Y. Ko je izbran X-Y način delovanja, je na zaslonu ena sama svetla točka, ki je najbrž zelo svetla. S vrtenjem gumbov POSITION v skupinah VERTICAL in HORIZONTAL premakni svetlo točko približno na sredino zaslona, potem pa pokvari nastavev gumba FOCUS tako, da dobiš na zaslonu svetel madež z velikostjo nekaj milimetrov. Z vrtenjem gumba ASTIGMATISM naredi madež čim bolj okrogel, potem pa ponovno nastavi gumb FOCUS, da dobiš majhno svetlo točko z ostrimi robovi. Tako je nastavev končana in osciloskop lahko vrneš iz X-Y načina delovanja v običajni način, na zaslonu je spet svetla črta, sedaj z ostrimi robovi in tanka.

Trace rotation

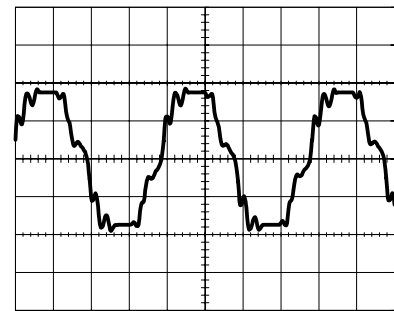
Morda je črta na zaslonu nagnjena kot kaže slika 2.1. Nagib je posledica zunanega magnetnega polja, ki dodatno vpliva na odklon curka elektronov v katodni cevi; črto lahko poravnamo z gumbom TRACE ROTATION. Ta gumb je navadno na pol skrit in ga lahko zavrtimo le s pomočjo izvijača, ki ga vtaknemo v označeno luknjo v čelni plošči. Morda bo treba ta gumb ponovno nastavljati vsakokrat, ko premaknemo osciloskop. Najbolje ga lahko nastavimo, če črto poravnamo z eno od linij, ki tvorijo mrežo pred zaslonom. Namig: če je črta debela v primeru z linijo v mreži, je težko uravnati nagib. Poskusi raje narediti rob črte vzporeden z eno od linij.



Slika 2.1: Nagib črte

Test odklona

Če je osciloskop uspešno prestal do sedaj opisane teste, vsaj za zdaj doktor zanj ni potreben; osciloskop deluje in nadaljujemo lahko z naslednjimi testi. Priključimo signal na vhod osciloskopa in opazujemo sliko na zaslonu. Kakršenkoli vir električnega signala bo dovolj dober, najenostavnejši vir pa je človekovo telo, ki je enakovredno anteni. Priključi sondo na vhod osciloskopa Ch1, premakni stikalo AC/GND/DC za ta kanal v položaj DC in se dotakni konice sonde s prstom. Na zaslonu se pojavi krivulja, podobna tisti na sliki 2.2. Podobna je delu popačene sinusne krivulje, njena amplituda je lahko celo tako velika, da sega preko roba zaslona. Ni nujno, da se krivulja začne ob robu mreže na zaslonu, lahko se celo navidez premika v levo ali desno. Če je zaslonu podobna slika, potem osciloskop vsaj približno deluje.



Slika 2.2: Test odklona, 5ms/div

3. V rokah imam baterijo; kako dobra je ?

Dobra baterija je vir stalne napetosti. Njeno kvaliteto navadno določimo z voltmetrom (modernejši so digitalni). Na dobri bateriji z nazivno napetostjo 1.5V bi morali nameriti okrog 1.5V, na z zmernim tokom obremenjeni pa le malo manj. Baterijo obremenimo z vzporedno vezanim upornikom (100mA naj bi bilo dovolj za baterije velikosti A in AA; potrebujemo upornik z upornostjo 15Ω in močjo vsaj 1 W).

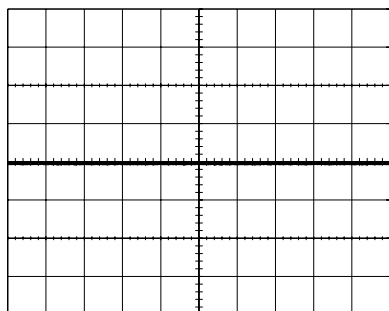
Osciloskop je naš vsestranski merilnik, zato bi morali biti sposobni opraviti enakovredno meritev tudi z njim. Postavi najprej gumba na osciloskopu v položaje, ki so bili omenjeni zgoraj pod Osnovna nastavev.

Izberi vhodni kanal

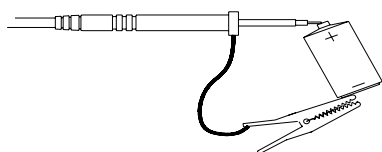
Priključi sondo na vhod Ch1. Ker bo signal priključen na kanal Ch1, mora osciloskop signal s tega kanala tudi risati na zaslon; prestavi stikalo MODE v skupini VERTICAL v položaj CH1. Osciloskopu moramo še povedati, kakšen signal želimo opazovati. V našem primeru je to stalna (enosmerna, DC) napetost z velikostjo približno 1.5V. Zato prestavimo stikalo z oznako AC/GND/DC za ta kanal v položaj DC. Na zaslonu je videti vodoravno črto.

Nastavi občutljivost

Črta se premakne v navpični smeri iz začetnega položaja na zaslonu zaradi napetostji, ki jo priključimo na vhod osciloskopa. Pred zaslonom je narisana mreža. Ko nastavljamo občutljivost v navpični smeri, osciloskopu dopovedujemo, kolikšna napetost na vhodu osciloskopa naj premakne črto po zaslonu za en razdelek mreže (žargonsko: "en kvadratak")



Slika 3.1: Začetni položaj črte, 5ms/div



Slika 3.2: Priključi signal na sondo

ali "en centimeter", kar je navadno isto). Občutljivost v navpični smeri nastavimo z gumbom V/DIV v skupini VERTICAL (na osciloskopu sta dva taka gumba, po eden za vsak vhodni kanal). Gumb V/DIV ima več možnih položajev. Za primer: ko je ta gumb v položaju "2", vhodna napetost vrednosti 2V premakne črto za en razdelek v navpični smeri. Ključna beseda je "premakne". Pred meritvijo lahko z gumbom POSITION v skupini VERTICAL postavimo črto v poljuben začetni položaj; signal, ki ga priključimo, črto le premakne iz tega položaja. Velikost priključene napetosti izračunamo iz premika črte, to je *razlike* med obema položajema. Zato si moramo zapomniti, kam smo postavili črto pred priključitvijo vhodnega signala.

Nastavi začetni položaj

Z gumbom POSITION v skupini VERTICAL lahko nastavimo začetni položaj črte. Morda izberemo sredino ekrana, glej sliko 3.1.

Priključili bomo napetost približno 1.5V; če izberemo vhodno občutljivost 0.5V/DIV (gumb V/DIV v skupini VERTICAL je v položaju 0.5), se mora po priključitvi

Priključi signal

baterije črta premakniti navzgor za približno 3 razdelke.

Dotakni se sedaj priključnih sponk baterije s priključkoma sonde. Ozemljitev (priključek s krokodilčkom) naj se dotika negativnega pola baterije, s konico sonde pa se dotakni pozitivnega pola, glej sliko 3.2. Ali se je črta na zaslonu premaknila za pričakovane tri razdelke? Če se ni, je možnih več vzrokov.

En vzrok je lahko občutljivost osciloskopa. Vsak osciloskop ima gumb za uravnavanje vhodne občutljivosti v korakih (V/DIV), ter gumb za zvezno uravnavanje vhodne občutljivosti, ki ga imenujejo VARIABLE (kasneje bomo spoznali uporabnost tega gumba). Gumb VARIABLE je navadno na vrhu gumba V/DIV, obračamo pa ga lahko neodvisno od gumba V/DIV. Gumb VARIABLE lahko zavrtimo v takoimenovani zaklenjeni položaj, ki je skrajno levo ali skrajno desno, odvisno od osciloskopa. Zaklenjeni položaj je označen s puščico ali besedico CAL. Poskusi zasukati gumb. Ob sukanju boš pod prsti začutil lahen skok tik predno dosežeš skrajni položaj; to je zaklenjeni položaj. Ko je gumb VARIABLE v zaklenjenem položaju, je vhodna občutljivost osciloskopa taka, kot piše ob gumbu V/DIV.

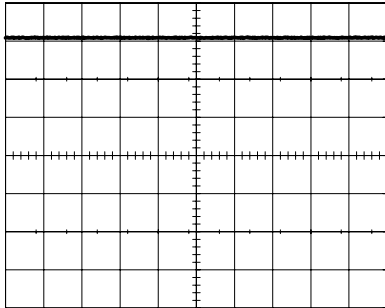
Variable

Osciloskop ima dodatni ojačevalnik, z njim lahko povečamo vhodno občutljivost. Ta ojačevalnik vključimo z gumbom, ki je označen s x5 MAG ali x10 MAG, odvisno od dodatnega ojačanja. Stikalo je običajno del gumba VARIABLE, na nekaterih osciloskopih pa je v ta nemen na čelni plošči posebno stikalo. Če posebnega stikala ne najdeš, poskusi izvleči gumb VARIABLE (ne bodi premočan). Gumb bo z rahlim pokom skočil ven za nekako 2mm in občutljivost osciloskopa je večja. Pritisk na isti gumb vrne stikalo v prvotni položaj. Dodatnega ojačevalnika naj bi ne uporabljali, če za to ni posebno dobrega razloga, ker vnaša šum, poleg tega pa onemogoča opazovanje signalov visokih frekvenc. Vključi dodatni ojačevalnik le, če je gumb V/DIV že v najbolj občutljivem položaju (za navadne osciloskope ta znaša 5mV/div) pa je občutljivost še premajhna.

x5 MAG

Na občutljivost osciloskopa lahko vpliva tudi sonda. Naprodaj so različne vrste sond. Najpogosteje uporabljamo pasivne sonde (brez ojačevalnikov), ki so označene z 1:1 ali 10:1. Nekatere sonde imajo stikalo s položajema 1:1 ter 10:1. Sonda z oznako 1:1 prepušča signal, ki ga pritaknemo na konico sonde nespremenjen, sonda z oznako 10:1 pa zmanjša amplitudo signala na 1/10 preden ga prepusti osciloskopu. Osnovna razlika je v velikosti prepuščenega signala, posledica tega pa je obremenitev vira signala: če uporabljamo sondo z oznako 1:1 je vir obremenjen z upornostjo 1MΩ, če uporabljamo sondo z oznako 10:1 pa upornost bremena desetkrat večja ali 10MΩ. Merjenje manj vpliva na vir, če je bremenska upornost večja, zato kadarkoli je mogoče uporabljamo sondo z oznako 10:1. Vedeti pa je treba, da to zmanjšuje skupno vhodno občutljivost osciloskopa. Zmanjšanje signala v sondi je treba kompenzirati z zvečanjem vhodne občutljivosti z gumbom V/DIV. Zasukaj gumb v položaj 50mV/div in skupna občutljivost bo spet 0.5V/div.

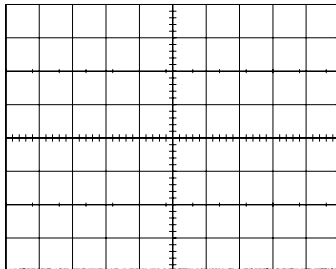
Sonde 1:1 in 10:1



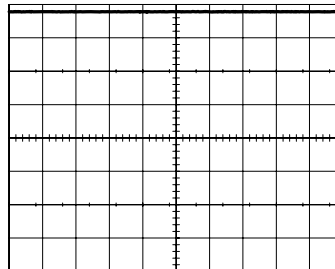
Slika 3.3: Prvi diagram na zaslonu osciloskopa; $0.5V/div, 1ms/div$

Po teh korekcijah bi morala priključena napetost 1.5V z baterije povzročiti premik črte na zaslonu za približno tri razdelke navzgor. Najlažje je določiti velikost premika na skali srednje navpične linije v mreži, glej sliko 3.3. Premik seveda želimo natančno izmeriti. Debelina svetle črte na zaslonu je okrog 0.5mm, premik pa znaša približno 30mm. Napaka, ki jo lahko napravimo pri odčitavanju je torej okrog 1.6%. Če želimo večjo natančnost odčitavanja, moramo sliko povečati. Opazovani signal je vedno pozitiven. Zato je bolje nastaviti začetni položaj črte nekam na spodnji del zaslona, morda na linijo blizu spodnjega roba mreže na ekranu, potem pa povečati občutljivost in tako raztegniti premik toliko, da črta skoraj doseže zgornji rob mreže. Primerna občutljivost znaša $20mV/div$, če uporabimo sondo z oznako 10:1, napaka pri odčitavanju pa znaša samo 0.6%.

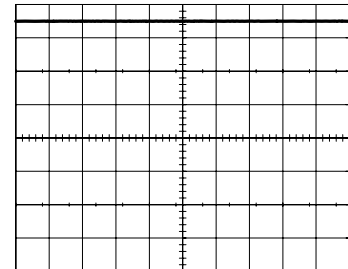
Analogni osciloskop ni preveč točen instrument. Točnost osciloskopa v navpični smeri znaša tipično 3% oziroma 1.25% za zelo dobre osciloskope. Točnost nekaterih osciloskopov je še manjša ob robu zaslona. Naredi sliko čim večjo, če želiš zmanjšati nenatančnost odčitavanja.



Slika 3.4: Začetni položaj črte; $0.2V/div, 1ms/div$



Slika 3.5: Črta se premakne, ko pritaknemo baterijo; $0.2V/div, 1ms/div$



Slika 3.6: Črta se spet premakne, ko baterijo obremenimo; $0.2V/div, 1ms/div$

Po tem uvodu končno lahko določimo, kako dobra je naša baterija. Napetost preskušane baterije U_0 je povzročila premik črte na zaslonu za 7.8 razdelkov, iz česar lahko v kombinaciji z vhodno občutljivostjo osciloskopa $20mV/div$ in sondo z oznako 10:1 (dejanska napetost je desetkrat večja) izračunamo :

$$U_0 = 7.8div \times \frac{0.02V}{div} \times 10 = 1.56V$$

Ko baterijo obremenimo z upornikom vrednosti 15Ω , se odmik zmanjša na 7.5 kvadratkov, kar da novo napetost baterije U_1 :

$$U_1 = 7.5div \times \frac{0.02V}{div} \times 10 = 1.5V$$

Ker se napetost baterije po obremenitvi ni bistveno spremenila in se je takoj po odstranitvi bremena povrnila na prvotno vrednost U_0 , je baterija dobra.

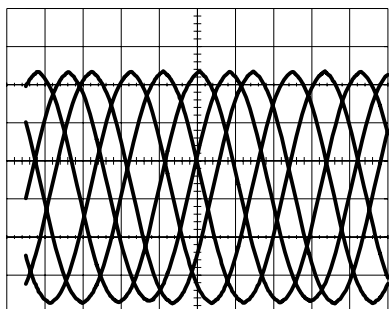
4. Slika sinusne napetosti se premika v levo. Kaj je narobe ?

Osciloskop je v prvi vrsti namenjen opazovanju oblike, amplitude in frekvence spreminjajočih signalov. Prejšnji zgled zagotovo ni prepričljivo prikazal njegovih zmogljivosti. Poskusimo raje opazovati periodičen signal, za vir signala naj služi funkcijski generator.

Priključi signal

Če želimo opazovati signal s funkcijskega generatorja, se moramo s konico sonde dotakniti ustreznega priključka na generatorju. Ker ima generator izhodni signal dostopen na BNC konektorju in konica sonde natanko paše v srednjo luknjo BNC konektorja, te gotovo mika,

da bi jo tja tudi vtaknil. *NE POČNI TEGA!* Takoj se bo namreč našel kdo, ki bo neprevidno premaknil sondo in s tem skrivil ali celo odlomil kovinsko konico sonde. Poleg tega so konice sond navadno debelejšje od konic v moškem delu BNC konektorja. Če nimaš originalnega kovinskega obročka, ki z BNC konektorjem poveže tudi zunanji, ozemljitveni del sonde (takšni obročki so navadno priloženi sondi ob nakupu), uporabi raje kabel z BNC konektorjem na vsakem koncu. Če povežeš generator z osciloskopom preko kabla z BNC konektorji, je to enako, kot če uporabiš sondo z oznako 1:1. Lahko pa se povezovanja lotiš tudi s pomočjo MEHKE žice, ki jo vtakneš v luknjo BNC konektorja na generatorju in s kaveljčkom na sondi to žico zapneš. Ozemljitveni priključek sonde (žica, ki visi s sonde in ima krokodilsko sponko na koncu) poveži z ozemljitvijo generatorja, lahko tudi z zunanjim obročem na BNC konektorju generatorja.



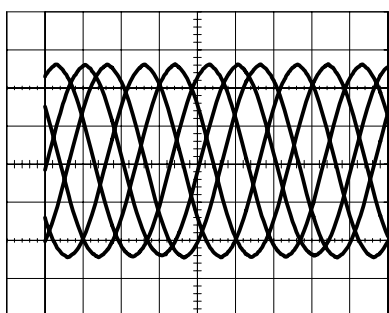
Slika 4.1: V prvem poskusu se slika premika; $1V/div, 0.2ms/div$

Za začetek izberimo parametre izhodne napetosti generatorja; frekvenca naj znaša približno 1kHz, amplituda pa naj bo okrog 3V. Zavrti gumb na osciloskopu v položaj, naveden pod "Osnovna nastavitve" v poglavju 2, priključi sondo na kanal Ch1 in premakni stikalo AC/GND/DC za ta kanal v položaj DC. Na zaslonu bi sedaj že moral videti nekaj podobnega sliki 4.1.

Vidim nekaj

Z gumbom V/DIV iz skupine VERTICAL nastavi amplitudo krivulj, z gumbom POSITION iz iste skupine pa premakni krivulje na sredino zaslona. Z gumbom POSITION X v skupini HORIZONTAL premakni krivulje za približno 1 razdelek od levega roba mreže. Na sliki 4.2 je tisto, kar verjetno sedaj vidiš na zaslonu.

Naravnaj velikost



Slika 4.2: Nastavimo sliko takole; $1V/div, 0.2ms/div$

Če imaš srečo, slika miruje. Najverjetneje pa beži na stran ali pa je sestavljena iz množice krivulj sinusne oblike. Razlog je nepravilno nastavljeno proženje. Za pravilno proženje je v osnovi odgovoren en sam gumb, označen je z napisom LEVEL in pripada skupini TRIGGER.

Ustavi premikanje

Osciloskop riše krivuljo na ekran tako, da vleče svetlo točko z levega roba zaslona proti desnemu z znano stalno hitrostjo, vhodna napetost pa isto svetlo točko premika v navpični smeri. Ker enkrat narisana krivulja ne ostane na ekranu, jo je treba vseskozi obnavljati, to pa pomeni narisati še enkrat in še enkrat in... Če je začetek ponovnega risanja na levem robu zaslona usklajen z opazovanim signalom, osciloskop naslednjč nariše na zaslon

Tako riše osciloskop

po obliki enak del krivulje preko prejšnje krivulje, rezultat pa je mirujoča slika. Če risanje ni usklajeno, dobimo na zaslonu množico krivulj drugo poleg druge. Ker človeške oči reagirajo počasi, se nam zdi, da preko ekrana krivulja drsi, če so bile podobne krivulje narisane blizu druga drugi, lahko pa vidimo le zmedo krivulj, odvisno od frekvence opazovanega signala in hitrosti risanja po zaslonu. Hitrost vlečenja svetle točke po zaslonu v desno bi lahko uskladili s frekvenco opazovanega pojava tako, da bi na zaslonu dobili enak del krivulje vsakokrat na istem mestu. Vendar ta način ni dober, ker slika spet beži z zaslona vsakokrat, ko se frekvenca vhodnega signala spremeni. Poleg tega pri hitrosti vlečenja, ki je prilagojena frekvenci opazovanega signala, ni mogoče odčitati časa s horizontalne osi.

Tudi to težavo je mogoče rešiti. Sliko na zaslonu umirimo, če dovolimo svetli piki počivati na levem robu zaslona (med počivanjem zmanjšamo njeno svetlost) dokler vhodni signal ne preseže izbrane vrednosti. Temu pravimo "proženje". V tem trenutku pika postane svetla in se začne premikati s stalno znano hitrostjo proti desnemu robu zaslona. Ko pika pride do desnega roba zaslona, se njena svetlost spet zmanjša, pika pa preskoči nazaj na levi rob zaslona in čaka na naslednje proženje... Tudi ta rešitev pa ima pomankljivosti: kaj pa, če vhodna napetost nikoli ne preseže izbrane vrednosti? Potem bo pika kar počivala in na zaslonu ne bo slike. Rešitev je spet salomonska: naj pika čaka na proženje na levem robu zaslona, vendar kvečjemu čas T_{po} . Če do proženja ne pride v času T_{po} , osciloskop začne vleči svetlo piko proti desnemu robu zaslona ne glede na vhodni signal. Tako delujejo moderni osciloskopi, kadar je stikalo MODE iz skupine TRIGGER v položaju AUTO. Izbrano vrednost lahko

Sinhronizacija s proženjem

Ustavimo sliko: NORM

Ustavimo sliko: AUTO

LEVEL, HOLDOFF

nastavimo z gumbom LEVEL, najkrajši čas čakanja na levem robu ekrana pa z gumbom HOLDOFF iz iste skupine. Če slika beži z zaslona, je treba zavrteti gumb LEVEL; v določenem položaju gumba bo slika obmirovala. Ne pozabimo, da lahko na zaslonu pokažemo

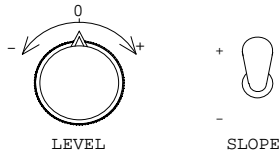
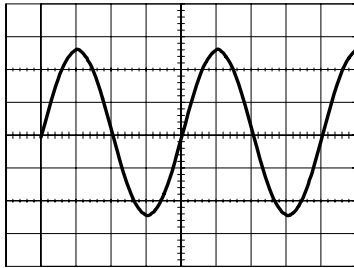
SOURCE

signale, ki so priključeni na različne vhode osciloskopa. Osciloskop mora vedeti, kateri vhodni signal želimo uporabiti za proženje; s stikalom MODE iz skupine TRIGGER izberemo ustrezeni vhod. To je lahko eden od vhodnih kanalov (CH1 ali CH2), zunanji vir (EXT) ali omrežna napetost (LINE). Kadar opazujemo le en sam signal, nam ta hkrati služi tudi za proženje.

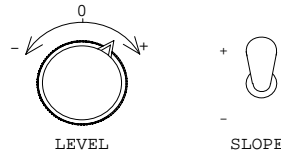
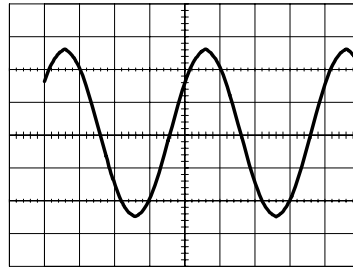
+/-

Svetla pika lahko začne pot proti desnemu robu zaslona ko signal za proženje naraste nad izbrano vrednost ali kadar ta signal pade pod izbrano vrednost. Pravimo, da smo prožili z pozitivnim ali z negativnim robom; enega od obeh robov izberemo s stikalom. Na nekaterih osciloskopih je to stikalo samostojno in označeno s +/-, drugje je to le kapica na vrhu gumba LEVEL, ki jo je mogoče izvleči ali zavrteti.

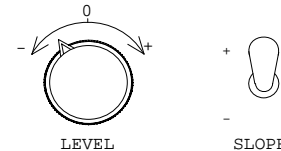
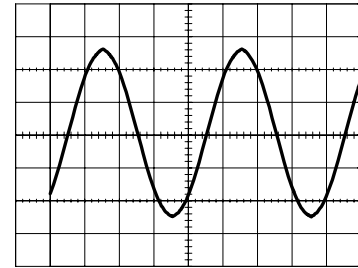
Nekaj možnih načinov proženja in ustrezne krivulje na zaslonu osciloskopa so na slikah 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, and 4.8..



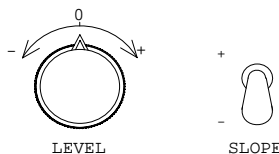
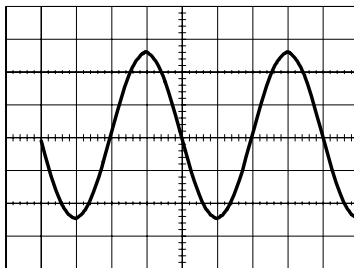
Slika 4.3: LEVEL na ničli, pozitivni rob; 1V/div, 0.2ms/div



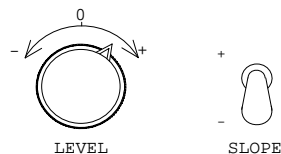
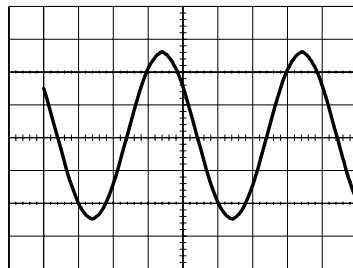
Slika 4.4: LEVEL večji od nič, pozitivni rob; 1V/div, 0.2ms/div



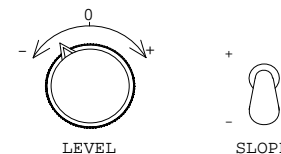
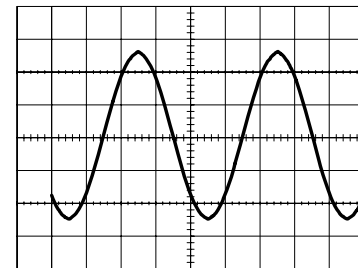
Slika 4.5: LEVEL manjši od nič, pozitivni rob; 1V/div, 0.2ms/div



Slika 4.6: LEVEL na ničli, negativni rob; 1V/div, 0.2ms/div



Slika 4.7: LEVEL večji od nič, negativni rob; 1V/div, 0.2ms/div



Slika 4.8: LEVEL manjši od nič, negativni rob; 1V/div, 0.2ms/div

Z gumbi v skupini TRIGGER lahko umiriš sliko na zaslonu osciloskopa. S stikalom SOURCE izberi vhod, kamor je priključen signal za proženje, z gumbom LEVEL nastavi izbrano vrednosti, pri kateri naj osciloskop začne risati krivuljo ter s stikalom +/- izberi proženje na pozitivni ali negativni rob. Pri opazovanju enostavnih pojavov naj bo stikalo MODE v položaju AUTO.

Z gumbom HOLDOFF nastavimo minimalni čas, ki ga svetla pika v vsakem primeru preživi na levem robu ekrana. To je lahko koristno le pri opazovanju nekaterih bolj kompleksnih periodičnih signalov, kot bomo

videli kasneje. Za večino signalov velja, da je bolje narisati krivuljo na zaslon takoj, ko je pogoj za proženje izpolnjen, ker je sled na zaslonu obnovljena bolj pogosto ter zato bolj svetla.

Navadno uporabljamo osciloskop tako, da pustimo gumb MODE v položaju AUTO in osciloskop deluje, kot je bilo opisano prej. Če opazujemo zelo počasne pojave pa je morda bolje, da svetla pika čaka na levem robu zaslona dlje. Zato prestavimo stikalo MODE v položaj NORM in čakanje na levem robu zaslona traja dokler vhodni signal ne preseže izbrane vrednosti, lahko tudi neskončno dolgo.

MODE

Nekateri osciloskopi sami določijo izbrano vrednost, ko je stikalo MODE v položaju AUTO, mi pa jo lahko izberemo le, kadar je stikalo MODE v položaju NORM.

Proženje ni mogoče, če je signal za proženje zelo majhen. Amplituda signala za proženje mora biti vsaj pol razdelka mreže.

5. Kakšna je frekvenca periodične napetosti sinusne oblike ?

Z osciloskopom želimo izmeriti frekvenco neznanega signala. Signal priključimo na enega od vhodov osciloskopa in ustrezno izberemo položaj stikala MODE v skupini VERTICAL. Stikalo AC/GND/DC ustreznega kanala postavimo v položaj DC.

Priključimo signal

Sliko na zaslonu osciloskopa je treba umiriti; stikalo SOURCE v skupini TRIGGER zato prestavimo na kanal, kamor je priključen vhodni signal. Stikalo MODE v skupini TRIGGER prestavimo v položaj AUTO ter z vrtenjem gumba LEVEL umirimo sliko na zaslonu.

Proženje

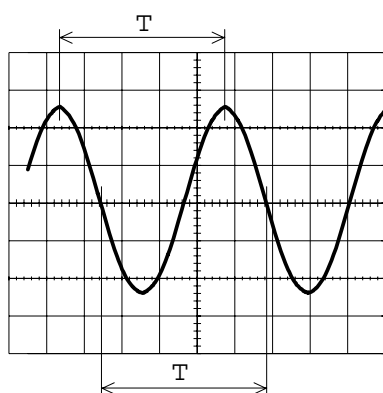
Osciloskop vleče svetlo piko z levega roba zaslona proti desni s stalno hitrostjo. Hitrost se da izbirati z dvema gumboma, to sta TIME/DIV in VARIABLE. Oba pripadata skupini HORIZONTAL. Poskusi vrteti oba gumba in opazuj njun vpliv na krivuljo na zaslonu. Z gumbom VARIABLE razteguješ krivuljo v vodoravni smeri zvezno, z gumbom TIME/DIV pa v skokih. Podobno kot gumba VARIABLE v skupini VERTICAL ima tudi gumb VARIABLE v skupini HORIZONTAL položaj, za katerega pravimo da je "zaklenjen"; ta je odvisno od osciloskopa v eni od skrajnih leg tega gumba. Pod prsti je čutiti lahen skok, ko gumb sede v zaklenjeni položaj, ki je označen z besedico CAL ali puščico. Če je gumb VARIABLE v zaklenjenem položaju, lahko z gumba TIME/DIV odčitamo čas, ki je potreben da žarek prepotuje en razdelek po zaslonu v vodoravni smeri. Za primer: ko je gumb TIME/DIV v položaju 1ms/div, potrebuje žarek 10 razdelkov \times 1ms/div = 10ms za pot od levega do desnega roba mreže na zaslonu.

Svetla pika se pomika v desno

TIME/DIV & VARIABLE

Z gumbom POSITION X v isti skupini določimo odmik začetka krivulje od levega roba mreže na zaslonu: krivulja se lahko začne kjerkoli, izven zaslona ali pa na njegovi sredini, kar je najbolj primerno za njeno opazovanje.

POSITION X



Slika 5.1: Kako izmeriti nihajni čas; 1V/div, 0.2ms/div

Frekvenco opazovanega signala lahko izračunamo, če poznamo čas enega nihaja; tega izmerimo z osciloskopom. Čas enega nihaja je čas, ki mine predno se začne vhodni signal ponavljati. Če smo priključili signal sinusne oblike, lahko nihajni čas izmerimo kot čas med dvema vrhovoma ali pa čas med dvema točkama, kjer sinusoida na enak način seka izbrano (srednjo) linijo na mreži. Kaj je bolje, glej sliko 5.1 ?

Kako odčitavati?

Če želiš zmanjšati napake pri odčitavanju zaradi debeline črte na ekranu, naredi sliko na zaslonu veliko. Zavrti gumb TIME/DIV tako, da boš na zaslonu dobil sliko ene same periode vhodnega signala, pri tem mora biti gumb VARIABLE v zaklenjenem položaju. Potem izberi točko na krivulji, ki jo je najlažje natančno določiti; najboljši je najstrmejši del, za sinusno obliko je to trenutek, ko signal prečka vrednost nič. Postavi črto brez signala v sredino zaslona: prestavi gumb

velika slika \equiv dobra slika

AC/GND/DC v položaj GND, nato zavrti gumb POSITION v skupini VERTICAL tako, da bo vodoravna črta pokrivala srednjo linijo na mreži zaslona. Nato vrni na zaslon sliko

Odčitaj čas ob strmem delu krivulje

vhodne napetosti s premikom stikala AC/GND/DC nazaj v položaj DC. Ker želiš izkoristiti ves ekran, uravnaj gumb LEVEL v skupini TRIGGER tako, da se bo slika krivulje začela malo pod linijo, ki označuje sredino ekrana (če je stikalo +/- v skupini TRIGGER v položaju +). Zaradi te nastavitve bo sinusoida prvič prečkala srednjo linijo mreže blizu levega roba zaslona in sedaj lahko sliko sinusoide raztegneš v vodoravni smeri z vrtenjem gumba TIME/DIV ter jo z gumbom POSITION X premakneš tako, da prvič prečka srednjo linijo natanko na levem robu mreže ter prešteješ razdelke do naslednjega podobnega prečkanja, glej sliko 5.2. Srednja llinija mreže je najprimernejša, ker že ima skalo. Ta skala razdeli posamezen kvadratega na pet delov in olajšuje odčitavanje. Slika lahko raztegneš še bolj tudi v navpični smeri, to pripomore k natančnejšemu odčitavanju. V našem primeru smo našli 9.5 razdelkov in z gumbom TIME/DIV v položaju 0.1ms/div to da:

$$T = 9.5 \text{ div} \times 0.1 \text{ ms/div} = 0.95 \text{ ms}$$

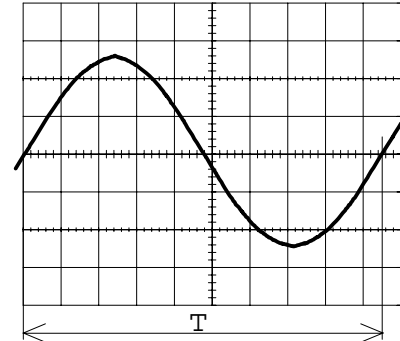
⇓

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.95 \text{ ms}} = 1052 \text{ Hz}$$

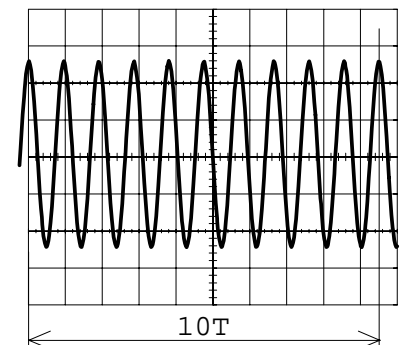
Enako dobro bi bilo, če bi na zaslon pričarali mnogo period, izmerili trajanje znanega števila period in iz tega podatka izračunali frekvenco vhodnega signala. To storimo takole: postavi gumb TIME/DIV v položaj 1ms/div. Zaradi tega je na zaslonu narisanih dobrih deset nihajev vhodnega signala. Z gumbom POSITION X lahko poravnáš vrh prvega nihaja z levim robom mreže, prešteješ deset period in odčitaš število razdelkov. Za naš zgled to da 9.5 kvadratkov in rezultat je enak zgoraj navedenemu. Kadar je na zaslonu mnogo nihajev, je morda težje natančno določiti trenutek prehoda signala skozi vrednost nič. Ker so v tem primeru tudi vrhovi sinusoide ostro zarisani, je upravičeno v tem primeru poravnávati in šteti vrhove. Napaka pri odčitavanju se razdeli na deset period in je zato majhna.

Analogni osciloskop ni točen instrument. Njegova točnost za merjenje časov znaša tipično $\pm 3\%$, za zelo dobre osciloskope pa do $\pm 0.5\%$.

Slika naj bo velika. Odčitavaj čas tam, kjer se signal najhitreje spreminja. Lahko pa izmeriš tudi trajanje več period in iz tega izračunaš trajanje posamezne periode. Točnost za merjenje časa je okrog $\pm 3\%$ za običajne osciloskope in do $\pm 0.5\%$ za zelo dobre.



Slika 5.2: Raztegni sliki; 1V/div, 0.1ms/div

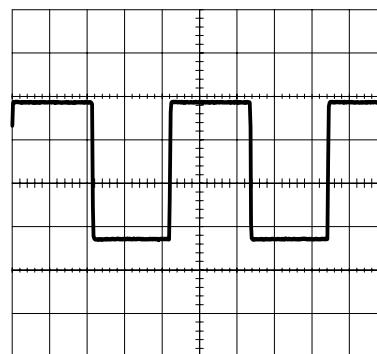


Slika 5.4: Meri lahko tudi trajanje niza period; 1V/div, 1ms/div

6. Zdi se mi, da sem na osciloskop priključil pravokoten signal. Slika na zaslonu je drugačna. Kaj je narobe?

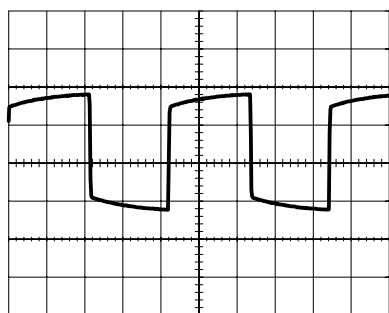
Priključi periodični signal pravokotne oblike s frekvenco približno 2kHz na vhod osciloskopa. Vir signala je lahko funkcijski generator. Umiri sliko z gumbi v skupini TRIGGER in raztegni sliko tako, da je na zaslonu videti nekaj period pravokotnega signala

Če si uporabil sondo z oznako 1:1, je slika na zaslonu verjetno takšna, kot si jo pričakoval: krivulja poskoči v trenutku gor, poteka nekaj časa vodoravno, nato v trenutku preskoči dol pa spet nekaj časa poteka naravnost..., glej sliko 6.1. Če pa si uporabil sondo z oznako 10:1 je slika lahko drugačna, primeri so na slikah 6.2 in 6.3. Slika je popačena. Pravimo, da je sondo potrebno kompenzirati, kajti šele s kompenzirano sondo lahko dobimo na zaslonu verno sliko vhodnega signala. Vsaka sonda z oznako 10:1 ima nekje skrito luknjico z vijakom za kompenziranje, ta luknjica je lahko bodisi na sami sondi ali pa ob BNC konektorju, ki gre do osciloskopa. Vijak v luknjici dosežeš z majhnim izvijačem. Vtakni ga v luknjico in zavrti ter opazuj spreminjanje slike na zaslonu. Sonda je kompenzirana, ko slika kaže pravilno pravokotno napetost, glej sliko 6.1. Ko je sonda enkrat kompenzirana na zgoraj opisani način, kaže pravilno obliko signala ne glede na njegovo obliko ali frekvenco in je ni potrebno ponovno kompenzirati dokler je priključena na isti vhod osciloskopa. Kompenzacija je namreč odvisna od lastnosti vhoda v osciloskop, te pa so lahko različne na različnih vhodih osciloskopa. Zato je treba postopek kompenzacije ponoviti, če sondo prestavimo na drug vhod ali drug osciloskop. Za kompenzacijo potrebujemo vir dobrega pravokotnega signala, tak pa je že vgrajen v osciloskop in je dostopen na sponki CAL ali PROBE ADJUST.

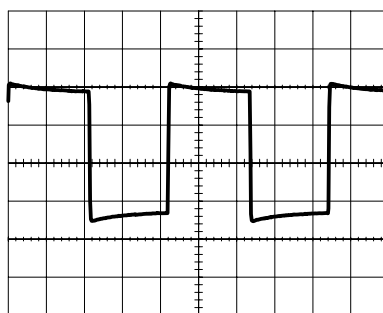


Slika 6.1: Slika pravokotnega signala; 1V/div,0.1ms/div

Kompenziranje sonde



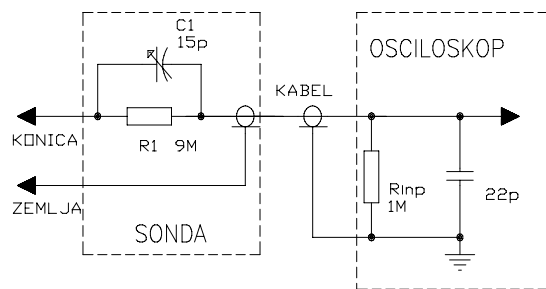
Slika 6.2: Nekompenzirana sonda; 1V/div,0.1ms/div



Slika 6.3: Nekompenzirana sonda; 1V/div,0.1ms/div

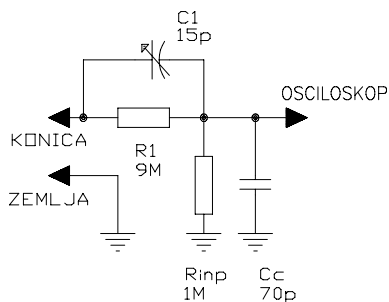
Razlog za kompenzacijo bo jasen takoj, ko se seznanimo z elementi v sondi z oznako 10:1. V sondi je delilnik napetosti, ki ga sestavljata upornik R_1 z vrednostjo $9M\Omega$ in vhodna upornost osciloskopa R_{inp} z vzporedno vezano vhodno kapacitivnostjo osciloskopa, glej sliko 6.4. Vhodna upornost osciloskopa je navadno $1M\Omega$, vhodna kapacitivnost pa

okrog 20pF. Upoštevati je treba še kapacitivnost kabla; med srednjo žico oklopljenega kabla in plaščem je mogoče nameriti kapacitivnost, ki znaša tipično 50pF na vsak meter dolžine kabla. Ta kapacitivnost se prišteva k vhodni kapacitivnosti osciloskopa, nadomestna shema vezja je na sliki 6.5; kondenzator C_c predstavlja vsoto vhodne kapacitivnosti osciloskopa in kapacitivnosti kabla z dolžino en meter. Vežje prepušča enosmerne signale, le njihovo velikost zmanjša na desetino. Pri hitro spreminjajočih signalih pa na delilno razmerje vplivajo še kapacitivnost C_c . Z dodatnom speremenljivim kondenzatorjem C_k , ki je vezan vzporedno z R_1 lahko izničimo vpliv kondenzatorja C_c . Z nekaj matematike se priklopljemo do izraza:



Slika 6.4: Elementi delilnika napetosti v sondi: uporovni delilnik, oklopljeni kabel in spremenljivi kondenzator

$$C_1 = C_c \times \frac{R_{INP}}{R_1}$$



Slika 6.5: Shema vezja v sondi

Lahko pa sklepamo tudi takole: V enakem razmerju, kot upornika delita enosmerno komponento vhodnega signala, morata izmenično komponento deliti tudi kondenzatorja. Zato znaša tipična vrednost spremenljivega kondenzatorja C_1 okrog 15pF, ki pa jo moramo umeriti glede na kapacitivnost kabla in osciloskopa. To počnemo z vrtenjem vijaka na sondi.

KOMPENZACIJA

Naslednje vprašanje pa je zagotovo tole: zakaj sploh uporabljamo sondo z oznako 10:1, saj povzroča le dodatne težave in delo. Odgovor je preprost: kadar opazujemo signale s sondo 1:1 obremenjujemo vir signala z upornostjo $1M\Omega$ in kapacitivnostjo okrog $70pF$. Teh $70pF$ pa predstavlja veliko breme pri večjih frekvencah (vsega 1000Ω pri približno $2MHz$) in lahko popolnoma spremeni razmere v vezju. Sonda 10:1 obremenjuje vezje le z $1/10$ prejšnjega bremena in zato manj vpliva nanj. Če je signal dovolj velik, da ga lahko opazujemo s sondo 10:1, potem uporabljamo to sondo, ker so rezultati meritve bolj točni.

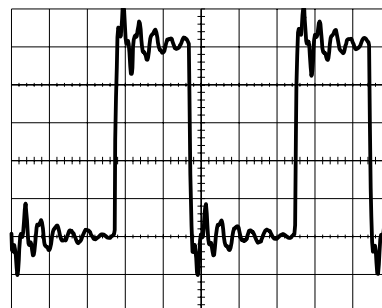
Zakaj sonda 10:1 ?

Uporabljaljaj sondo 10:1, ker manj obremenjuje vir signala. Sonda 10:1 mora biti kompenzirana; priključi jo na vir pravokotnega signala PROBE ADJUST na osciloskopu in z izvijačem nastavi spremenljivi kondenzator na sondi tako, da ima krivulja na zaslonu obliko pravokotnega signala.

7. Po moje opazujem signale lepe pravokotne oblike. Zakaj je na ekranu videti pravo zmešnjavo?

Pri tej vaji bomo opazovali hitro spreminjajoče se signale v digitalnem vezju. Mi smo poskusili s signalom ure v vezju z mikroprocesorjem. Uporabljamo kompenzirano sondo z oznako 10:1.

S konico sonde se dotakni žice s signalom ure mikroprocesorja. Sonda naj bo priključena na kanal Ch1, izberi DC položaj stikala AC/GND/DC. Nastavi gumbes tako, da vidiš na zaslonu sliko signala. Krivulja je morda podobna tisti na sliki 7.1. Na zgledu je ničelna linija pomaknjena dva razdelka pod srednjo vodoravno linijo mreže.



Slika 7.1: Pravokotni signal?
1V/div, 0.1μs/div

Signal z nihanjem?

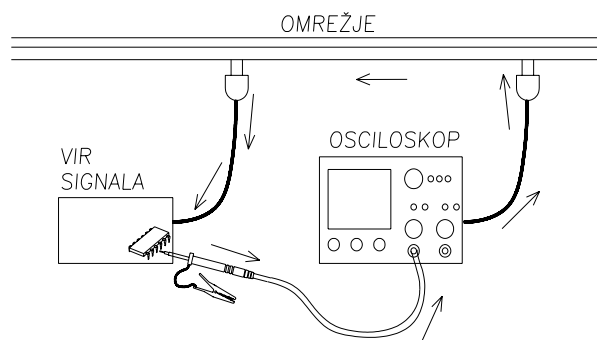
Kar nekaj stvari je čudnih. Signal ne skače le med vrednostima logične nič (0V) in ena (+5V), ampak takoj po razmeroma počasnem prehodu iz ene vrednosti v drugo celo preseže napajalne napetosti. Zakaj prehodi iz nivoja v nivo niso hitri? In zakaj signal po prehodu zaniha okrog nove vrednosti?

Če je sonda pravilno kompenzirana, osciloskop dober in so v mikroprocesorskem sistemu uporabljena običajna logična vezja, je odgovor lahko le eden: slaba ozemljitev. Pravo vprašanje bi se pravzaprav moralo glasiti: ali res opazujemo z osciloskopom le signal, ki je prisoten v digitalnem vezju?

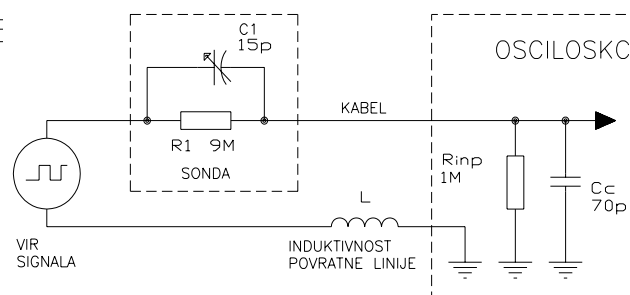
Električni signal je razlika dveh električnih potencialov. Na vhod osciloscopa je potrebno pripeljati električni signal, torej oba potenciala. Eden od obeh potencialov je običajno zemlja ali 0V in ker je osciloskop že itak ozemljen, velikokrat na ta priključek pozabimo.

Poglejmo, kakšne so razmere, če se s sondo dotaknemo je ene točke vezja, ozemljitvene sponke pa ne priključimo. Osciloskop je v tem primeru ozemljen preko napajalnega kabla in ozemljitev v šuko vtičnici morežne napetosti, vir signala pa je navadno prav tako povezan preko lastnega napajalnika in kabla za omrežno napetost na enako ozemljitev v drugi šuko vtičnici. Ko se žice s signalom dotaknemo s konico sonde, steče vanjo tok, ki nadaljuje pot v osciloskop. Ker mora biti tokokrog sklenjen, se tok vrača preko ozemljitve v napajalnem kablu osciloscopa, omrežja in napajalnega kabla opazovane naprave nazaj do vira signala. Dejanska situacija je narisana na sliki 7.2, nadomestna električna shema pa je na sliki 7.3. Na shemi induktivnost L predstavlja dolgo žico od osciloscopa nazaj do vira signala v opazovani napravi, po kateri se mora tok vrniti k izvoru. Signal z vira se razdeli: del ga je na vhodu v osciloskop, del pa ga je ostal na dolgi povratni žici (induktivnosti) od osciloscopa k viru. Na zaslonu osciloscopa pa je videti le tisti del signala, ki je priključen nanj. Ker se tok zaradi hitrih sprememb signala spreminja, to lahko povzroči znatne padce napetosti na induktivnosti L in slika signala, ki jo vidimo na zaslonu osciloscopa je lahko drugačna od pričakovane. Stvari so celo slabše: vezje s slike 7.3 vsebuje zaporedno vezani induktivnost in kapacitivnost, zato je pričakovati tudi resonančne pojave. To pa je videti na sliki 7.1 kot iznihavanje po hitrem prehodu signala. Amplituda iznihavanja je lahko tako velika, da preseže napajalne napetosti opazovanega vezja.

Nadomestno vezje



Slika 7.2: Tok te~e po omre`nih napajalnih kabljih. ~e sponka za ozemljitev na sondi ni povezana



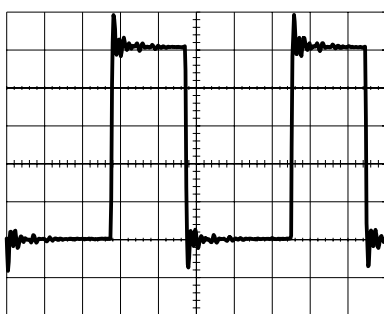
Slika 7.3: Nadomestna shema situacije na sliki 7.2

OZEMLJI SONDO

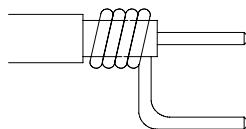
Ozemljitev mora biti kratka. Tako je povratna žica kratka, nadomestna induktivnost L je majhna in padci napetosti na njej so neopazni pa še resonančna frekvenca nadomestnega vezja je velika.

Vsaka sonda ima priključek za ozemljitev, to je žica s krokodilsko sponko na koncu. Ta sponka je ozemljitev vhodnega ojačevalnika osciloskopa in morali bi jo povezati na ozemljitev čim bližje tisti točki, kjer opazujemo signal. Na sliki 7.4 je isti signal, kot je na sliki 7.1, vendar je tokrat krokodilska sponka povezana na ozemljitev v opazovani napravi zelo blizu

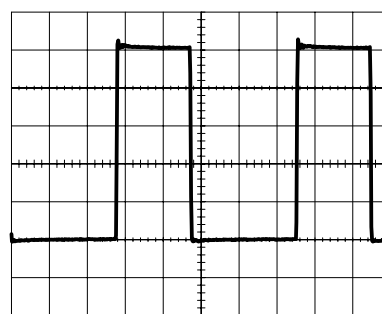
Skrajšaj ozemljitev



Slika 7.4: Boljša slika istega signala; $1V/div$, $0.1\mu s/div$



Slika 7.5: Doma narejena najkrajša možna ozemljitev



Slika 7.6: [e boljša slika istega signala; $1V/div$, $0.1\mu s/div$

opazovane točke. Ker je povratni vodnik krajši, je slika boljša.

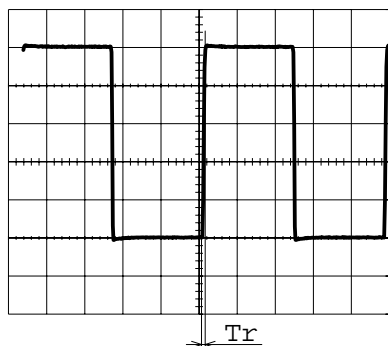
Tudi žica s krokodilsko sponko je včasih predolga, saj znaša njena dolžina okrog 200mm in že pri tej dolžini je videti vpliv induktivnosti. V tem primeru je treba opustiti krokodilsko sponko in povezati ozemljitev po še krajši poti. Tik ob konici sonde je kovinski obroč, ki je tudi ozemljen. Najlaže je na ta kovinski obroč naviti nekaj ovojjev gole bakrene žice, ki jo lahko učvrstimo z zvijanjem koncev. [trleči konec dodane žice uporabimo za ozemljitveni vodnik, z njim se dotaknemo ozemljitvene nožice integriranega vezja, od koder s konico sonde tipljemo signal, slika 7.5. [trleči konec naj bo krajši od 20mm.

NAJKRAJJA OZEMLJITEV

To smo tudi poskusili. Rezultat poskusa je na sliki 7.6. Prehodi med logičnima nivojema so sedaj hitri in ostri, poleg tega pa ni videti nihanja po prehodu iz enega nivoja v drugega.

Ozemlji sondo čim bližje točki, v kateri opazuješ električni signal. Če uporabljaš več sond, ozemlji vsako posebej ob opazovanem signalu. Krajša žica za ozemljitev \Rightarrow realnejša slika na zaslonu osciloskopa.

8. Izmerimo čas vzpona pravokotnega signala



Slika 8.1: Izhodiščna situacija, $2\mu\text{s}/\text{div}$, $1\text{V}/\text{div}$

Zanima nas, kako dolgo potrebuje logični signal, da zamenja stanje. Vir signala za naš poskus je izhod CMOS vrat CD4011, vhod v vrata pa poganjamo s funkcijskim generatorjem, ki daje pravokotni signal primerne amplitude s frekvenco okrog 50kHz. Ker je napajalna napetost za logična vrata samo 5V, pričakujemo čas prehoda iz vrednosti logične nič v vrednost logične ena nekaj sto nanosekund. Za poskus lahko namesto logičnih vrat uporabiš tudi katerikoli drug vir pravokotne napetosti, le izmerjeni časi bodo najbrže drugačni.

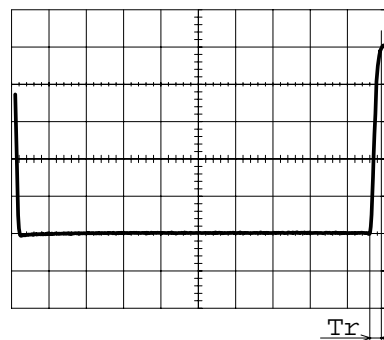
Priključi pravokotni signal preko sonde na vhod osciloskopa. Uporabi sondo z oznako 10:1 in poveži zemljo osciloskopa po čim krajši poti z zemljo za pravokotni signal. Z gumbi iz skupine TRIGGER umiri sliko na zaslonu in naredi sliko veliko z gumbi iz skupin HORIZONTAL in VERTICAL. Krivulja na zaslonu je najbrže podobna tisti na sliki 8.1. Časa vzpona signala iz take

Priključimo signal

slike ne moremo določiti, ker je prekratek. Poskusimo lahko raztegniti sliko v horizontalni smeri z gumbi iz skupine HORIZONTAL, vendar nam prehod iz enega stanja v drugo stanje uide iz zaslona. Poskusimo še prožiti osciloskop s padajočim robom, slika 8.2. Tako lahko sliko bolj raztegnemo, vendar to še vedno ni dovolj.

Čas vzpona je kratek

Osciloskop začne risati krivuljo takrat, ko vhodni signal preseže izbrano vrednost. Če nam uspe prepričati osciloskop, naj začne risati takrat, ko začne vhodni signal naraščati, potem bomo videli za nas zanimiv del krivulje na levem robu zaslona in tega lahko raztegnemo. Prožiti moramo s signalom, ki ga opazujemo (premakni stikalo SOURCE v položaj CH1, če je pravokotni signal priključen na vhod Ch1), ker pa nas zanima rastoči rob vhodnega signala, moramo prožiti z pozitivnim robom. Zato prestavi stikalo +/- v položaj +. Z gumbom POSITION X premakni krivuljo v vodoravni smeri tako, da začne nekje ob levem robu ekrana (glej sliko 8.3). Sledi najpomembnejši del. Gumb LEVEL je treba nastaviti kar najbolj v levo (proti vrtenju urinega kazalca), saj želimo prožiti tisti trenutek, ko je vhodna napetost čim manjša in začne naraščati. Pazi: če nastaviš gumb preveč levo, potem vhodna napetost nikoli ne preseže izbrane vrednosti, brez proženja pa slika na zaslonu ne miruje. Sedaj na zaslonu že vidiš rastoči rob vhodne napetosti, ki nas zanima, glej sliko 8.4. Z gumbom TIME/DIV lahko sliko raztegneš tako, da rastoči del krivulje zasede ves zaslon, glej sliko 8.5. Če iz slike še vedno ni mogoče odčitati časa vzpona, jo lahko še raztegneš za 10 krat s stikalom X10 MAG, z gumbom

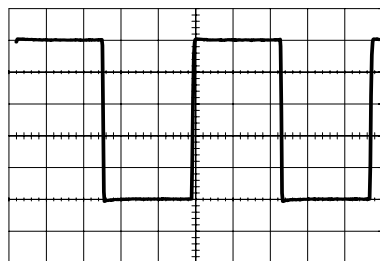


Slika 8.2: Raztegnjena slika, $500\text{ns}/\text{div}$, $1\text{V}/\text{div}$

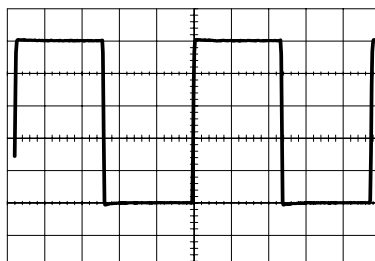
Nastavi na levi rob zaslona, nato raztegni

POSITION X pa rastoči del signala postaviš na sredo zaslona, glej sliko 8.5.

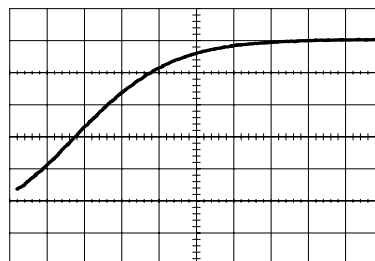
Na nekaterih osciloskopih ni mogoče izbrati nivoja proženja kadar je stikalo MODE v položaju AUTO. Premakni ga v položaj NORM in uravnaj gumb LEVEL tako, da dobiš na zaslonu sliko.



Slika 8.3: Začni na levi, $2\mu\text{s}/\text{div}$, $1\text{V}/\text{div}$



Slika 8.4: Zavrti gumb LEVEL kar najbolj levo tako, da slika miruje, $2\mu\text{s}/\text{div}$, $1\text{V}/\text{div}$



Slika 8.5: In raztegni sliko, $20\text{ns}/\text{div}$, $1\text{V}/\text{div}$

Po zgoraj opisanem nastavljanju je krivulja na zaslonu morda komaj opazna. Poglejmo zakaj. Krivuljo rišemo na zaslon le vsakih $20\mu\text{s}$ (frekvenca vhodnega signala je 50kHz). Slika je raztegnjena ($20\text{ns}/\text{div}$) in osciloskop potrebuje od tega le $0.2\mu\text{s}$ za risanje, preostali čas pa svetla pika počiva na levem robu zaslona. Ni torej čudno, da je krivulja blede. Osciloskop jo riše preveč poredko. Zavrti gumb INTENSITY skrajno desno (najbolj svetlo) in objemi zaslon osciloskopa z dlanema da preprečiš dostop zunanji svetlobi. Preveri, če je gumb HOLDOFF v zaklenjenem položaju. Če še to ne pomaga, je treba povečati frekvenco opazovanega signala tako, da osciloskop nariše krivuljo na zaslon pogosteje in je zaradi tega bolj svetla.

Podobno lahko opazujemo padajoči rob signala. Edina razlika je ta, da moramo tokrat prestaviti stikalo +/- v položaj -, gumb LEVEL pa moramo zavrteti čim bolj v desno, da le ostane slika na zaslonu pri miru.

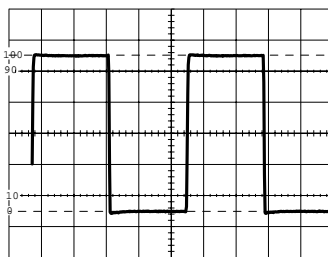
Običajno je čas vzpona za digitalne signale definiran kot čas, ki je potreben, da signal preide od 10% do 90% končne vrednosti. Oznake 0%, 10%, 90% ter 100% so zapisane na zaslonu osciloskopa, uporabimo jih.

Najprej moramo stlačiti sliko opazovanega signala med liniji z oznakama 0% in 100%. Zavrtimo gumb TIME/DIV tako, da je na zaslonu videti nekaj nihajev vhodnega signala, nato z gumbi POSITION, VOLTS/DIV in VARIABLE iz skupine VERTICAL poravnajmo spodnji rob krivulje z linijo 0% in zgornji rob krivulje z linijo 100%, glej sliko 8.6. Za konec še enkrat raztegnimo krivuljo v vodoravni smeri tako, kot je bila raztegnjena prej ter preberimo časovni interval med trenutkoma, ko vhodni signal prečka linijo 10% in linijo 90%, glej sliko 8.7. Morda je bolje premakniti krivuljo v vodoravni smeri tako, da krivulja prečka linijo 10% na eni od navpičnih linij mreže, to lahko storiš z gumbom POSITION X. In to je vse. Ne pozabi vrniti gumba VARIABLE v zaklenjeni položaj po meritvi, sicer bodo vse naslednje meritve napačne.

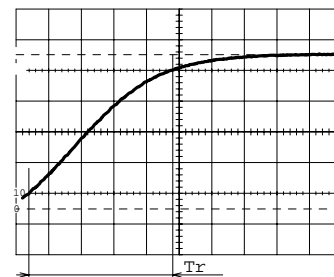
Definicija časa vzpona

Knjige s podatki o digitalnih vezjih podajajo čase vzpona za obremenjena vezja, oglej si jih v katalogih. Ker smo za vajo merili neobremenjeni izhod logičnih vrat, rezultati niso enakim tistim iz kataloga.

Zgoraj opisana meritev je mogoča na večini osciloskopov. Pogoj je, da ima osciloskop vgrajeno kasnilno vezje, le tako lahko na zaslonu pokaže začetek naraščanja vhodnega signala. Tudi z osciloskopi brez zakasnilnega vezja lahko opazujemo take pojave. Uporabimo lahko zunanje proženje ali pa raztegnemo sliko v vodoravni smeri z gumbom X10. Natančnejše odčitke lahko dosežemo s pomočjo zunanjega proženja.



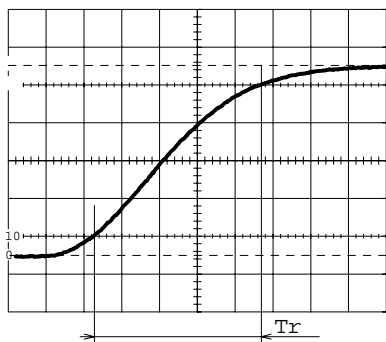
Slika 8.6: Nastavi velikost slike, $2\mu\text{s}/\text{div}$, občutljivost VAR



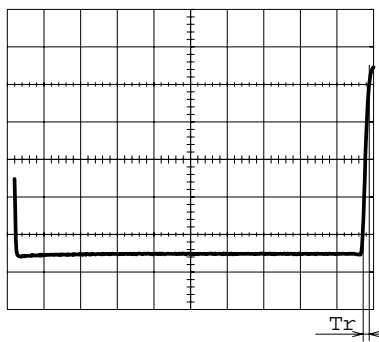
Slika 8.7: Nato raztegni, $20\text{ns}/\text{div}$, občutljivost VAR

Poskusimo prožiti osciloskop z zunanjim signalom. Za primer: V našem poskusnem vezju sta na razpolago dva signala: signal na vhodu v CMOS vrata in signal na izhodu istih vrat. Signal na izhodu vrat zamuja za signalom na vhodu in za izbrano vrsto vrat in napajalno napetost znaša zamujanje lahko do nekaj sto nanosekund. Zato s signalom na vhodu v vrata prožimo, opazujemo pa signal na izhodu iz vrat. Zaradi zamujanja je na zaslonu lepo videti ves rastoči del, glej sliko 8.8.

Zunanje proženje



Slika 8.8: Isti rob vhodnega signala, zunanje proženje, $20\text{ns}/\text{div}$, VAR vertical



Slika 8.9: Isti rob, tokrat uporabljamo le stikalo X10, $250\text{ns}/\text{div}$, VAR vertical

Poveži signal z vhoda vrat na vhod osciloskopa z imenom EXT, signal z izhoda vrat pa na vhod Ch1. Nekateri osciloskopi imajo vhod za zunanje proženje na zadnji strani. Prestavi gumb z oznako SOURCE v skupini VERTICAL v položaj EXT in zavrti gumb LEVEL iz iste skupine tako, da je na zaslonu osciloskopa krivulja. Z gumboma TIME/DIV in POSITION X raztegni krivuljo na zaslonu kot poprej in odčitaj čas vzpona. Lahko pa povežeš signal za proženje (tisti z vhoda vrat

oziroma s funkcijskega generatorja) na vhod osciloskopa Ch2 in uporabiš signal s tega kanala za proženje. V

tem primeru prestavi stikalo SOURCE v položaj CH2. Takšno opazovanje je koristno, ker vidiš na zaslonu oba signala in lahko npr. izmeriš zamujanje skozi vrata.

Lahko pa poskusiš raztegniti krivuljo v vodoravni smeri s stikalom X10 v skupini HORIZONTAL. Priključi signal z izhoda CMOS vrat na vhod osciloskopa Ch1 in proži z istim signalom (stikalo SOURCE gre v položaj CH1, stikalo MODE v položaj AUTO, z gumbom LEVEL pa umiri sliko). Nato izberi z gumbom TIME/DIV takšno hitrost risanja po ekranu, ki da na zaslon malo več od polovice periode signala. Premakni stikalo X10 v položaj X10, nato pa z gumbom POSITION X prestavi krivuljo v vodoravni smeri tako, da vidiš na zaslonu rastoči del, glej sliko 8.9. Čas vzpona odčitaj ko prej. Takšen način opazovanja je slabši od zgoraj navedenih, saj ni mogoče raztegniti rastočega roba preko vsega zaslona in odčitavanje je nenatančno.

X10 v vodoravni smeri

Premakni opazovani del signala na levi rob zaslona. Proži s tistim delom opazovanega signala, ki te zanima. Z gumbi iz skupine TRIGGER premakni ta del signala na levi rob zaslona in ga nato raztegni. Večina osciloskopov ima vgrajeno vezje za kasnitev in lahko pokaže tudi začetek signal, s katerim prožimo. Če osciloskop takega vezja nima, lahko prožimo s signalom, za katerim opazovani signal malo zamuja. Tega priključimo na drug vhod osciloskopa ali na vhod za zunanje proženje. Če tudi to ne gre, uporabi stikalo za raztegovanje slike v vodoravni smeri, X10.

Boljši osciloskopi imajo še dodatne funkcije, s katerimi lahko opazujemo kratke izseke signalov. Te funkcije se imenujejo zakasnjena časovna baza (delay time base) in zakasnjeno proženje (delay trigger) in presegajo namen teh strani.

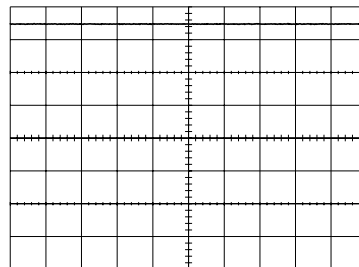
9. Pred menoj je napajalnik, ki naj bi nadomestil baterije. Kako veliko izmeničnega signala 100Hz je na izhodu, kadar je napajalnik obremenjen?

Izhodna napetost enosmernega napajalnika naj bi bila konstantna. Ker pa je napajalnik priključen na omrežno napetost, prejšnja zahteva ni izpolnjena. Na izhodu vsakega napajalnika je mogoče nameriti tudi majhno izmenično komponento napetosti, ki je posledica frekvence omrežne napetosti. Ta komponenta je večja, če napajalnik obremenimo. Ker hočemo le stalno enosmerno napetost, lahko kvaliteto napajalnika ocenimo tudi z merjenjem izmenične komponente napetosti na izhodu. Določimo amplitudo in obliko izmenične komponente izhodne napetosti enosmernega napajalnika. Pri slabih napajalnikih je poleg že omenjenega izmeničnega signala, ki ima frekvenco 50 ali 100 Hz, včasih mogoče nameriti še signale višjih frekvenc. To večinoma pomeni, da elektronika v napajalniku niha in taki napajalniki so neuporabni.

Mi smo poskusili z napajalnikom, ki daje 15V enosmerne napetosti. Ne poskušaj z napajalnikom, ki daje preveliko izhodno napetost! Osciloskop zdrži največ 250V vhodne napetosti. Koliko pa zdrži človek, ki se po pomoti dotakne signala?

Priključi signal

S konico sonde se dotakni pozitivnega pola napajalnika, sondin priključek za ozemljitev pa pritakni na negativni pol, nato vključi napajalnik. Postavi stikalo AC/GND/DC ustreznega vhodnega kanala v položaj GND in premakni črto na zaslonu v izhodiščni položaj, ki naj bo nekje v spodnjem delu. Ker merimo pozitivne napetosti, lahko premaknemo črto na spodnjo linijo v mreži. Nato prestavi isto stikalo nazaj v položaj DC. Izberi občutljivost za ustrezní kanal tako, da se črta na zaslonu premakne čim bliže zgornjega roba mreže (gumb VOLTS/DIV v skupini VERTICAL). Pri tem naj bo gumb VARIABLE v tej skupini v zaklenjenem položaju, sicer odčitek ne bo pravilen. Na zaslonu je videti ravno črto, slika 9.1. Določiš lahko enosmerno napetost, ki v našem primeru znaša (občutljivost je 2V/div):



Slika 9.1: Začetna slika, 5ms/div, 2V/div

$$U_{DC} = 7.5 \text{ div} \times 2V / \text{div} = 15V$$

Slika je premajhna, izmenične komponente ne moreš odčitati

Opazuj le spremembe = izmenična komponenta

To pa je tudi vse, kar se da reči o opazovanem napajalniku. Videti je, da je njegova izhodna napetost stalna. Slike ne moremo še bolj raztegniti, ker gre sicer črta ven z zaslona. Vendar z meritvijo nismo zadovoljni, če ne moremo ničesar odčitati. To namreč pomeni, da je naš način opazovanja slab.

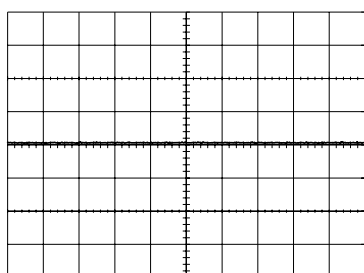
Pravzaprav nas zanimajo le spremembe napetosti in ne njena absolutna vrednost. Izraženo v frekvencah pa to pomeni, da nas enosmerna komponenta (DC) ne zanima, videti hočemo le višje frekvence (AC). Enosmerno komponento lahko izločimo s kondenzatorjem, ki ga postavimo na pot vhodnemu signalu. Samo signali višjih frekvenc lahko pridejo skozi kondenzator in jih zato vidimo na zaslonu. Primeren kondenzator je že na razpolago v osciloskopu. Vključimo ga s premikom stikala AC/GND/DC v položaj AC. To izloči enosmerno komponento vhodnega signala in na zaslonu vidimo le izmenično komponento, ki jo lahko raztegnemo z gumbom za vertikalno občutljivost.

Naš napajalnik je dober, ker tudi na raztegnjeni sliki ni videti izmenične komponente, glej sliko 9.2.

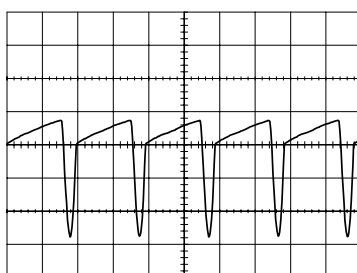
Obremenjen napajalnik

Poskusimo isto še z obremenjenim napajalnikom, glej sliko 9.3. Naš napajalnik smemo obremeniti z največ enim Amperom toka, zato smo izbrali primeren obremenilni upornik ($R=15\Omega$). Slika na zaslonu osciloskopa se spremeni. Črta ni več ravna, ampak polna jam z globino nekaj 100mV. Enosmernemu izhodnemu signalu je dodana izmenična komponenta s frekvenco 100Hz (perioda je 10ms). Te jame so posledica obremenitve in dejstva, da napajalnik dobiva energijo iz omrežja le vsakih 10ms (polnovalno usmerjena napetost s frekvenco 50Hz), preostali čas pa črpamo energijo iz kondenzatorja v napajalniku. V našem napajalniku je še regulator, ki naj bi poskrbel za stalno izhodno napetost. Pri velikih bremenskih tokovih se kondenzator med zaporednima polnjenjema preveč izprazni. Regulator zato ne more opraviti svojega dela in posledica je krivulja na sliki 9.3.

Proži z omrežno napetostjo



Slika 9.2: Na izhodu napajalnika brez bremena ni videti izmenične komponente, 5ms/div, 2mV/div



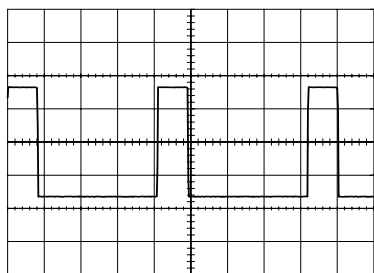
Slika 9.3: Izmenična komponenta na izhodu obremenjenega napajalnika, 5ms/div, 200mV/div

Ker vemo, da ima izmenična komponenta izhodnega signala frekvenco omrežne napetosti, je morda pametneje prožiti osciloskop z omrežno napetostjo. To storimo tako, da preklopimo stikalo SOURCE v skupini TRIGGER v položaj LINE in z gumbom LEVEL umirimo sliko na zaslonu.

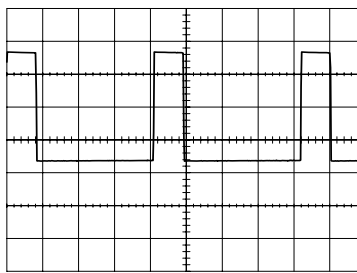
S stikalom AC/GND/DC lahko torej izločimo enosmerno komponento vhodnega signala.

Vendar je treba biti pri tem previden: ko opazujemo spreminjajoče se nesimetrične signale s stikalom v položaju AC, najde osciloskop sam srednjo vrednost opazovanega signala in jo premakne v izhodiščni položaj, tja kamor smo nastavili črto predno smo priključili signal. Kadar je stikalo v položaju AC lahko zato merimo le velikost od spodnjega vrha do zgornjega vrha izmeničnih signalov (peak to peak) ter čase. Za zgled pogledjmo sliko 9.4, kjer je narisana nesimetričen signal. Ta ostane L časa pri vrednosti +3V in l časa pri vrednosti -3V. Ko tak signal priključimo na osciloskop in je stikalo AC/GND/DC v položaju AC, dobimo na zaslonu sliko, ki jo kaže slika 9.5. Napaka! Videti je, kot da signal začne pri vrednosti -1V in naraste do vrednosti 5V. Pravilno sliko signala dobimo, ko premaknemo stikalo AC/GND/DC v položaj DC.

AC/GND/DC



Slika 9.4: Opazujemo kompletan nesimetričen signal 25% duty cycle signal, 200ms/div, 2V/div



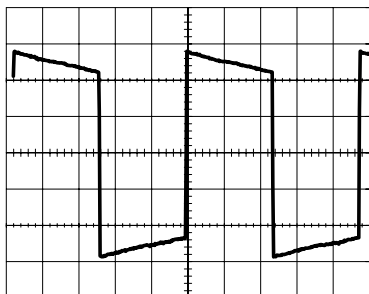
Slika 9.5: Opazujemo le izmenično komponento nesimetričnega signala, 200ms/div, 2V/div

Ko prestavimo stikalo AC/GND/DC v položaj AC, vstavimo zaporedno z vhodom osciloskopa še kondenzator. Ta pa skupaj z vhodno upornostjo osciloskopa tvori RC filter, ki prepušča le signale visokih frekvenc. Filter lahko spremeni

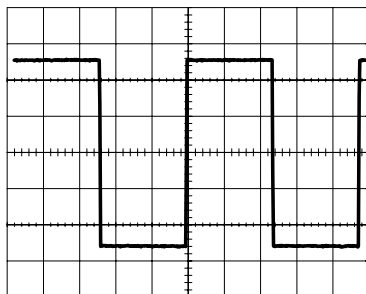
velikost in fazo opazovanih signalov. Če vhodni signal ni harmonične oblike, lahko spremeni tudi njegovo obliko. Časovna konstanta filtra je tipično 0.3 sekunde, kar da mejno frekvenco:

$$f[\text{Hz}] = \frac{1}{2 \times \pi \times \tau[\text{s}]} = 0.5\text{Hz}$$

Položaj AC \equiv filter, ki prepušča visoke frekvence !



Slika 9.6: Opazujemo le izmenično komponento signala, 2ms/div, 1V/div



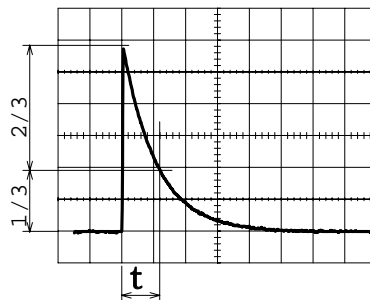
Slika 9.7: Isti signal, stikalo v položaju DC, 2ms/div, 1V/div

To pa pomeni, da filter praktično ne spremeni velikosti ali faze signalov harmonične oblike s frekvenco nad 3Hz. Signali manjših frekvenc so spremenjeni in jih je zato treba vzeti z rezervo, ali pa jih opazovati s stikalom v položaju DC, ko niso spremenjeni. Za primer pogledjmo pravokotno napetost s frekvenco 100Hz, ki jo opazujemo s stikalom v položaju AC, slika 9.6 ter jo primerjajmo s sliko 9.7, ki smo jo dobili s stikalom v položaju DC.

Mejno frekvenco filtra zlahka izmerimo. Premakni stikalo AC/GND/DC v položaj AC in gumb TIME/DIV v skrajno levi položaj (najpočasnejše risanje) ter se s konico sonde dotakni vira stalne napetosti. Svetla pika skoči navzgor, nato se eksponentno vrne nazaj v začetno lego. Časovna konstanta filtra je čas, ki je potreben, da se pika vrne na približno 1/3 maksimalnega odklona, glej sliko 9.8.

S stikalom AC/GND/DC v položaju AC izločimo enosmerno komponento signala s slike na zaslonu.

Mejno frekvenco RC filtra, ki ga s stikalom AC/GND/DC vstavimo na pot signala, lahko določimo; tipično znaša 0.5Hz. Ta filter ne spremeni opazovanih signalov sinusne oblike, če je njihova frekvenca nad 5Hz.



Slika 9.8: Časovno konstanto filtra lahko izmerimo, 200ms/div, 1V/div

10. Imam dva signala. Kakšno je razmerje njunih frekvenc?

Mnogokrat opazujemo dva signala istočasno. Zgled je lahko primerjanje frekvenc dveh signalov. Vira signala sta lahko dva funkcijska generatorja, frekvenci signalov naj bosta podobni. Ker hočemo opazovati dva signala, ju bomo priključili na dva vhoda osciloskopa (Ch1 and Ch2). Osciloskop mora vedeti, da hočemo opazovati hkrati oba signala; s stikalom MODE v skupini VERTICAL izberemo kanal, ki naj ga osciloskop pokaže na zaslonu. Premakni to stikalo v položaj DUAL in na zaslonu bo videti dve krivulji. Nato nastavi občutljivosti za posamezen kanal in položaj zapisa na zaslonu, gumb TIME/DIV pa zavrti tako, da bo na zaslonu videti nekaj period opazovanih signalov, amplituda krivulje naj bo nekaj razdelkov.

Priključi signala

Z gumbom LEVEL v skupini TRIGGER umiri sliko na zaslonu:

⇒ Če lahko s sukanjem tega gumba umiriš obe krivulji na zaslonu in sta periodi nihanj enaki, potem je njuna frekvenca enaka. Če obe krivulji mirujeta, periodi pa sta različni, potem je frekvenca enega signala mnogokratnik frekvence drugega signala. Če oba funkcijska generatorja nista sinhronizirana, je skoraj nemogoče naenkrat umiriti obe krivulji na zaslonu.

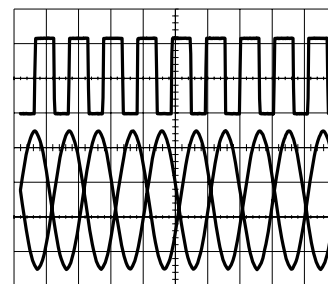
⇒ Če ena krivulja miruje, druga pa se premika, potem sta frekvenci obeh signalov različni.

Proži z enim od signalov

Če imata signala različni frekvenci, je jasno videti, s katerim signalom prožimo osciloskop. S stikalom SOURCE v skupini TRIGGER izberemo vir signala za

proženje: ko je stikalo v položaju CH1 na zaslonu miruje slika signala, ki je priključen na vhod Ch1, slika drugega signala se premika. Slika signala s kanala Ch1 beži, če stikalo premaknemo v položaj CH2; tedaj miruje slika signala s kanala Ch2.

Če je frekvenca prvega signala celoštevilčen mnogokratnik frekvence drugega signala (na primer $f_2 = 2 \times f_1$), je slika malo težje razvozlati. Tudi taki frekvenci dveh generatorjev, ki nista sinhronizirana, je težko nastaviti; morda bo šlo pri majhnih frekvencah okrog 100Hz. Če v takem primeru prožimo osciloskop s signalom manjše frekvence, mirujeta sliki obeh signalov. Če pa prožimo s signalom večje frekvence, slika signala manjše frekvence navadno ni dobra, glej sliko 10.1. Razlog za zmedo je v načinu risanja dveh slik na zaslon. Osciloskop namreč začne risati sliko počasnega signala takrat, ko hitrejši signal preseže izbrano vrednost, to pa se lahko zgodi večkrat v isti periodi počasnega signala. Včasih osciloskop nariše na zaslon eno verzijo počasnega signala, drugič drugo in slika na zaslonu je sestavljena iz dveh prekrivajočih se slik počasnega signala.



Slika 10.1: Dva signala, sinhroniziramo s hitrejšim, 5ms/div, 1V/div

Če opazuješ signala s frekvencama, ki sta celoštevilčni mnogokratnik druga druge, proži s signalom nižje frekvence.

Pomeniti pa se moramo še, kako osciloskop sploh nariše dve krivulji na zaslon. Slikovna cev v osciloskopu zmora narisati sočasno le eno krivuljo (saj uporabljate poceni osciloscope, kajne). To se da storiti na dva načina.

ALT / CHOP

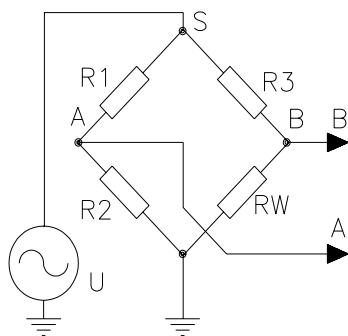
- ⇒ Svetla pika delček sekunde (tipično 10μs) riše na zaslon signal s prvega kanala, nato hitro preskoči in naslednji delček sekunde riše na zaslon signal z drugega kanala, potem spet preskoči... . Krivulja, ki ustreza signalu posameznega kanala, je zato sestavljena s kratkih črtic. Teh ne opazimo, če je čas risanja cele krivulje na zaslon veliko večji od časovnega intervala za risanje posameznega delčka. Obe krivulji sta videti kot dve neprekinjeni črti, tak način risanja pa imenujemo razsekavanje (CHOP).
- ⇒ Osciloskop lahko po proženju nariše krivuljo, ki ustreza signalu na prvem kanalu do konca, ob naslednjem proženju pa nariše krivuljo, ki ustreza signalu z drugega kanala, naslednjič spet krivuljo za prvega... . Temu načinu pravimo risanje izmenoma (ALTERNATE), in je uporaben, če je čas za risanje posamezne slike dovolj kratek (tipično za hitrosti nad 2ms/div), da naše oči ne zaznajo utripanja na zaslonu.

Nekateri osciloskopi imajo stikalo z napisom CHOP/ALT. Z njim izberemo enega od zgoraj opisanih načinov risanja dveh krivulj na isti zaslon. Drugi osciloskopi imajo tako stikalo povezano z gumbom za izbiranje časovne baze TIME/DIV in stikalo se ob izbiri časovne baze avtomatsko preklopi v ustrezen način delovanja.

Če želiš na zaslonu sočasno videti dva signala, uporabi CHOP način risanja pri časovni bazi pod 2ms/div in ALT način za ostale časovne baze.

Pri nekaterih slabših osciloskopih je slika na zaslonu težje umiriti, kadar je izbrano risanje z razsekavanjem (CHOP). Sekanje signala moti proženje tudi, če je prožilni signal majhen. Če imaš te vrste težav, prestavi stikalo CHOP/ALT v položaj ALT in poskusi ponovno umiriti sliko.

11. Ali lahko z osciloskopom opazujem signal z merilnega mostiča?



Slika 11.1: Električna shema merilnega mostiča, R_W je tipalo pritiska, $R_1=R_2=50K$, R_3 je trimer

Tipalo pogosto vežemo v mostično vezavo na sliki 11.1. Takšen merilni mostič običajno napajamo z izmenično napetostjo sinusne oblike v točki S, elementi mostička pa so izbrani tako, da med izhodnima sponkama A in B ni signala, ko je mostič v ravnovesju. Signala z mostiča A in B odštejemo in ojačimo, s pasovno-prepustnim filtrom ali takoimenovano lock-in tehniko pa se znebimo motilnih signalov. Z osciloskopom pa lahko opazujemo signale z mostiča še preden jih predelamo z elektronskimi vezji. Mi smo uporabili tipalo pritiska R_W , ki se mu upornost zmanjša, če nanj pritisnemo. Amplituda izmenične napajalne napetosti je znašala okrog 5V, njena frekvenca pa 1kHz.

Ker je koristen signal z mostiča majhen, moramo izračunati razliko obeh signalov in to razliko ojačiti. [ele potem bodo spremembe vidne.

Predno se lotimo meritve, moramo biti prepričani, da sta oba vhoda osciloskopa enako občutljiva. Če to ni res, potem razlika signalov A - B ne bo enaka nič pri uravnoteženem mostiču. Občutljivost naj bi bila enaka, če sta gumba VOLTS/DIV za oba kanala v enakih položajih in sta gumba VARIABLE v zaklenjenem položaju. Morda pa občutljivost kljub temu ni enaka. Razlogov za to je lahko več, od slabe izdelave osciloskopa ali staranja njegovih elementov do neenakosti sond. Najpametneje je občutljivosti primerjati in po potrebi nastaviti. Na obe sondi priključimo isti signal, lahko je to vzbujalni signal mostiča S. Ta signal povzroči na zaslonu osciloskopa dve krivulji in z gumbom POSITION v skupini VERTICAL naj bi bilo mogoče eno krivuljo postaviti natanko preko druge tako, da sta na zaslonu videti kot ena sama. Če to ni mogoče, glej sliko 11.2 za zgled (pretiravamo), potem je treba občutljivosti uravnorežiti. Z gumbom VARIABLE občutljivost posameznega kanala spremenimo tako, da se obe krivulji natanko prekrivata. Med tem postopkom naj bosta krivulji na zaslonu čim večji, tako bo natančnost večja.

ADD

INVERT

Občutljivosti obeh kanalov sta sedaj enaki, zanima nas razlika vhodnih signalov. Z osciloskopom je mogoče dva signala sešteti, če stikalo MODE v skupini VERTICAL prestavimo v položaj ADD. Ker nas zanima razlika, bomo enemu od signalov spremenili predznak (pomnožili ga bomo z -1). Ustrezno stikalo je mogoče najti med stikali za kanal 2 v skupini VERTICAL, označeno pa je s napisom INV. Na naših osciloskopih je skrito v gumb POSITION za kanal Ch2 in ga je potrebno izvleči.

Z osciloskopom je mogoče dva signala sešteti ali odšteti. Uporabi stikali ADD in INVERT.

Ojači razliko

Ko premakneš stikala v prej navedene položaje, je na zaslonu osciloskopa videti razliko signalov A in B. Razliko lahko ojačaš, če zavrtiš gumba VOLTS/DIV za oba kanala. GUMBA ZA OBA KANALA MORATI BITI V ENAKIH POLOŽAJIH! Če sedaj pritisneš na tipalo pritiska, mora biti sprememba signala vidna.

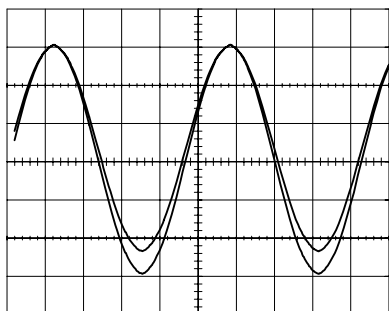
Priključi signala

Signala A in B sta priključena na vhoda osciloskopa Ch1 in Ch2. Uporabili smo sonde 10:1, ker z osciloskopom ne želimo vplivati na

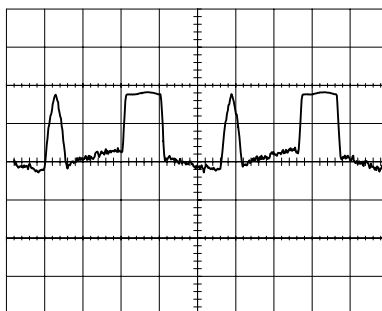
Uravnoreži občutljivosti vhodnih kanalov

VARIABLE

Pozor! Če preveč povečaš občutljivost osciloskopa, lahko preobremeniš vhodne ojačevalnike, zato odštevanje ne daje pravih rezultatov. Na sliki 11.3 je videti sliko, ki je posledica preobremenitve. Priključena signala A in B sta sinusne oblike, zato bi morala biti tudi njuna razlika takšne oblike. Nenadni skoki so jasen znak preobremenitve.



Slika 11.2: Občutljivosti nista enaki; izenačiš ju lahko z gumbom VARIABLE, 200 μ s/div, 1V/div



Slika 11.3: Če je občutljivost prevelika, sta vhoda preobremenjena, 200 μ s/div, 10mV/div

Če izbereš preveliko vhodno občutljivost, je slika signalov popačena; značilni so nenadni poskoki. Zmanjšaj občutljivost.

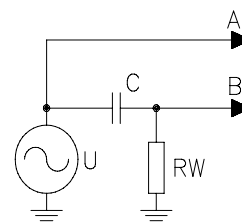
12. Zanima me fazni kot med dvema signaloma iste frekvence sinusne oblike. Kaj moram storiti?

Merjeno veličino lahko s pomočjo tipala prevedemo v fazni kot med dvema signaloma. Z osciloskopom lahko fazni kot merimo. Poskusimo z generatorjem napetosti sinusne oblike, kondenzatorjem in tipalom pritiska R_W , ki je bil uporabljen že v prejšnjem poglavju, glej sliko 12.1.

Priključi signala

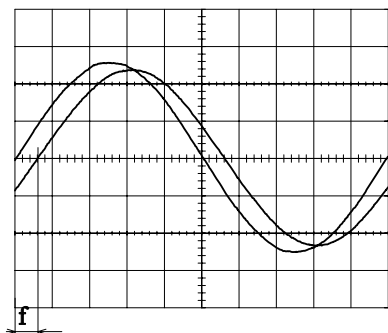
Izhodni signal v točki B je fazno premaknjen glede na signal z generatorja A. Fazni kot je odvisen od vrednosti kondenzatorja in upornosti tipala ter frekvence nihanja vzbujevalne napetosti. Frekvenco f izberemo tako, da znaša kot 45° kadar na tipalo ne pritiskamo, ker to daje največjo občutljivost za spremembe upornosti tipala:

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times RW \times C}$$



Slika 12.1: Shema testnega vezja

Signala A in B priključimo na vhoda osciloskopa preko sond z oznako 10:1; tako zmanjšamo vpliv sond in osciloskopa na dogajanje v RC vezju. Z gumbi iz skupine TRIGGER umirimo sliko na zaslonu. Prožimo raje s signalom z generatorja, ker se med meritvijo ne spreminja. Signal z generatorja je priključen vhod Ch1. Zato premaknimo stikalo SOURCE v skupini TRIGGER v položaj CH1. Z gumbi iz skupine VERTICAL nastavimo ničelni liniji signalov na sredino ekrana, nato izberemo vhodni občutljivosti tako, da krivulji napolnita zaslon, z gumbom TIME/DIV v skupini HORIZONTAL pa raztegnemo sliko krivulje, da je zaslonu malo več kot ena perioda. Sedaj pritisnemo na tipalo; to povzroči spremembo faznega kota med signaloma A in B, kar lahko vidimo na zaslonu.



Slika 12.2: Meritev faznega kota, cca. 100 μ s/div, 1V/div

Vendar pa je fazni kot treba šele izračunati in dobljenih podatkov. Podatki

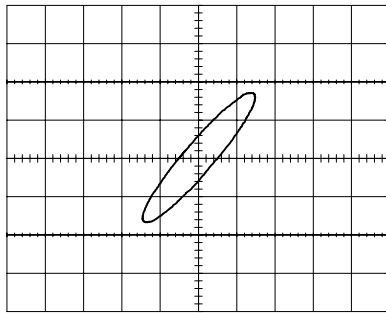
so: perioda signala ter čas, ki mine med prehodom obeh signalov skozi vrednost 0V. Računanju se izognemo, če z gumbi na osciloskopu spremenimo sliko. Ena perioda signala A naj napolni natančno en zaslon, glej sliko 12.2. To nastavimo z gumbom VARIABLE X v skupini HORIZONTAL. Takrat je vodoravna os zaslona umerjena v stopinjah: ves ekran predstavlja 360° , iz slike pa lahko odčitamo vrednost 20° . Z gumbom TIME/DIV lahko povečaš občutljivost, raztegniti moraš bodisi polovico periode preko vsega zaslona (poln obseg je 180°) ali četrtno periode preko zaslona (poln obseg je takrat 90°). Lahko poskušaš tudi s stikalom X10MAG v vodoravni smeri, ta je v skupini HORIZONTAL. Trenutke prehoda skozi vrednost 0V lahko natančneje odčitaš, če

VARIABLE X

raztegneš sliko v navpični smeri.

Raztegni sliko ene periode opazovanega signala preko zaslona; to storiš z gumbom VARIABLE X, potem lahko fazni kot odčitaš z mreže na zaslonu. Ta tehnika je učinkovita, če je frekvenca opazovanega signala stalna.

Zgoraj omenjeni način merjenja je učinkovit, če je frekvenca signala stalna. V nasprotnem primeru je treba vsakokrat prilagajati gumb VARIABLE X periodi signala in je morda bolje poskusiti na drugačen način, ki pa je uporaben samo za signale sinusne oblike.



Slika 12.3: Ista signala, tokrat v X-Y načinu

Signala sta priključena kot prej, osciloskop pa prestavimo v takoimenovani X-Y način delovanje. Takrat signal, ki je priključen na en vhod osciloskopa (navadno Ch1) premika svetlo piko po zaslonu v navpični smeri, signal priključen na drugi vhod (navadno Ch2) v vodoravni smeri. Občutljivosti za premikanje in izhodiščni položaj svetle pike lahko nastavimo z gumbi iz skupine VERTICAL za posamezni kanal. Na prednji plošči osciloskopa je navadno stikalo z oznako X-Y, lahko pa je tako označena tudi ena od skrajnih leg gumba TIME/DIV. Če sta na vhod osciloskopa še priključena ista signala, preklopi osciloskop v X-Y način delovanja. Slika na zaslonu bo podobna tisti na sliki 12.3. Nastavi oba gumba VOLTS/DIV tako, da elipsa napolni zaslon. Premakni elipso na sredino zaslona; najlaže je to storiti, če najprej prestaviš stikali

X - Y

AC/GND/DC za oba kanala v položaj GND in premakneš svetlo piko v središče zaslona. Pozor: svetla pika je sedaj tako svetla, da lahko poškoduje zaslon, zato takoj zmanjšaj njeno svetlost ali pa je vsaj ne zadržuj na istem mestu zaslona dolgo časa.

Svetlo piko na zaslonu premika v vodoravni smeri signal sinusne oblike, ki je priključen na vhod Ch2, zato lahko zapišemo:

$$x = B \times s_x \times \sin(\omega t + \varphi) \quad ,$$

pri tem je x odmik svetle točke od sredine zaslona v vodoravni smeri, B je amplituda signala B , s_x je občutljivost kanala Ch2, ω je frekvenca vhodnega signala, φ pa je fazni kot med signaloma A in B. Podobno enačbo lahko zapišemo tudi za premikanje svetle točke v navpični smeri zaradi signala na kanalu Ch1:

$$y = A \times s_y \times \sin(\omega t) \quad ,$$

pri tem je y odmik svetle točke od sredine zaslona v navpični smeri, A je amplituda signala A , s_y pa je občutljivost za kanal Ch1. Odmik žarka od sredine zaslona v navpični smeri je nič, kadar je produkt ωt enak nič; To se zgodi dvakrat v periodi, ustrezni točki sta označeni s T_1 in T_2 na sliki 12.4. Takrat sta točki odmaknjeni od sredine zaslona za:

$$T_{1X} = B \times s_x \times \sin(\varphi) \quad \text{in} \quad T_{2X} = -B \times s_x \times \sin(\varphi) \quad .$$

Svetla točka se najbolj odmakne od sredine zaslona v točkah T_3 in T_4 . Svetla točka je v teh dveh položajih, kadar je izraz $\omega t + \varphi$ enak $\pm \pi/2$. Odmika točk spet izračunamo:

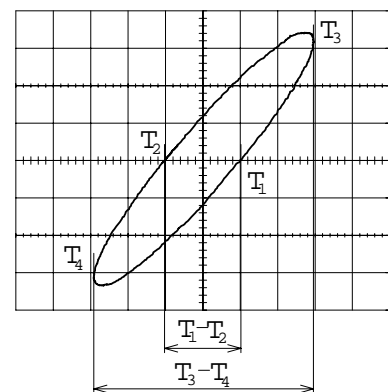
$$T_{3X} = B \times s_x \quad \text{in} \quad T_{4X} = -B \times s_x \quad .$$

Iz povedanega izračunamo fazni kot φ po enačbi

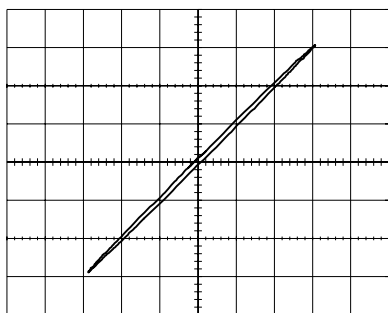
$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{T_{1X} - T_{2X}}{T_{3X} - T_{4X}} \right) \quad .$$

Fazni kot lahko izračunamo

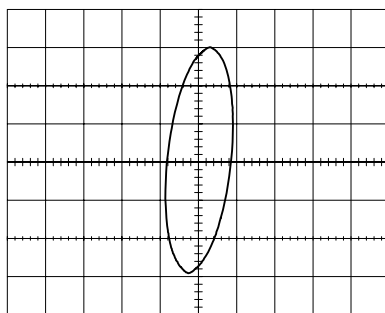
Izmeriti je treba samo dve amplitudi in izračunati kvocient ter \sin^{-1} . Ustrezna slika na zaslonu osciloskopa je podobna tisti na sliki 12.4. Označeni so potrebni odčitki. V našem primeru je rezultat znašal okrog 20° . Fazni kot lahko ocenimo in naklona elipse. Ravno črto z naklonom 45° dobimo za fazni kot 0° , ravno črto z naklonom 135° pa za fazni kot 180° .



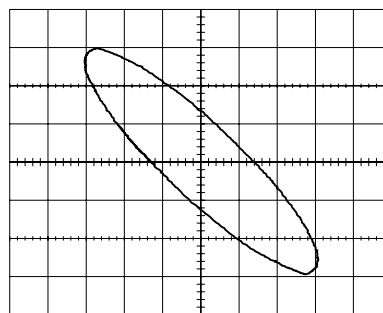
Slika 12.4: Značilne točke na sliki



Slika 12.5: Fazni kot je skoraj 0°



Slika 12.6: Fazni kot je blizu 90°

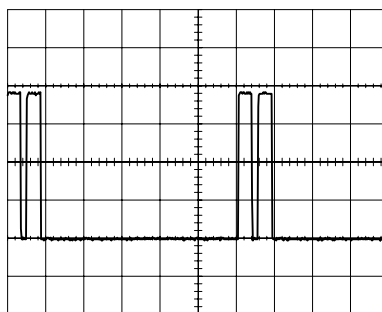


Slika 12.7: Fazni kot je blizu 180°

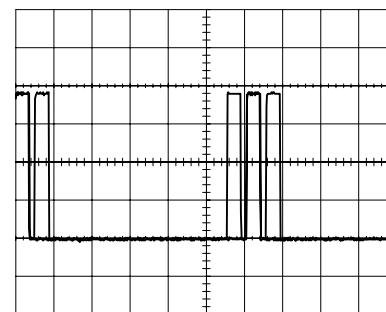
X-Y način delovanje osciloskopa je uporaben za določanje faznih kotov brez dodatnih nastavljanj občutljivosti v horizontalni smeri, vendar moramo rezultat računati, opazovani signal pa mora biti sinusne oblike.

13. Slike na zaslonu ne morem umiriti. Kaj je narobe?

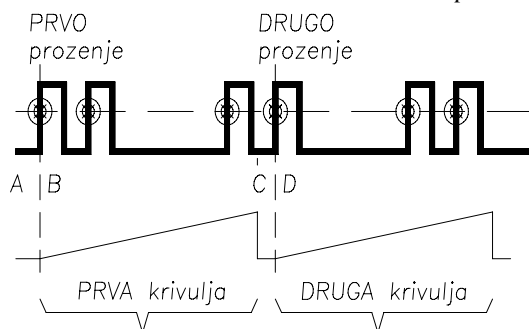
Slike nekaterih periodičnih signalov je težko umiriti na zaslonu. Za primer pogledjmo signal na sliki 13.1. Signal je periodičen, vendar prečka za proženje izbrano vrednost dvakrat v periodi, torej pride do proženja dvakrat v isti periodi. Osciloskop lahko začne risati krivuljo na zaslon ob kateremkoli od obeh proženj in rezultat sta dve različni krivulji položeni druga preko druge, glej sliko 13.2.



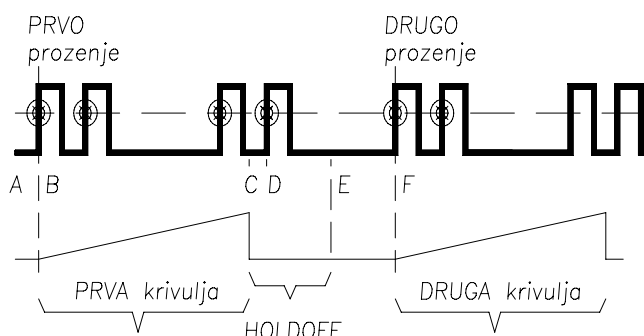
Slika 13.1: Signal, ki ga želimo opazovati, 20ms/div, 1V/div



Slika 13.2: Zmešnjava na ekranu. Bodi pozoren na dvojno sled med drugim, tretjim in petim pulzom



Slika 13.3: Napačno proženje se da odpraviti



Slika 13.4: Če uporabimo gumb HOLDOFF

Sliko lahko popravimo, če zavrtimo gumb HOLDOFF v skupini TRIGGER. Pojasnilo je narisano na sliki 13.3; za zgled smo uporabili signal z generatorja dvojnih pulzov. Ob trenutku B vhodni signal povzroči proženje in svetla točka se začne pomikati z levega roba zaslona proti desni. Pomikanje traja do trenutka C, ko je svetla točka na desnem robu zaslona, od koder se v trenutku vrne nazaj na levi rob. Svetla točka čaka na levem robu na naslednje proženje, ko bo spet začela svojo pot na desno. Odvisno od frekvence opazovanega pojava je svetla točka morda pripravljena ponoviti svojo pot v desno v trenutku D, ko je spet izpolnjen pogoj za proženje. Če svetla točka takrat starta, nariše na zaslon krivuljo, ki je drugačna od prej narisane: na zaslonu sta dve različni krivulji.

Težave s proženjem?

Nekatere signale je težje opazovati

Problem rešimo na ta način, da osciloskopu preprečimo proženje za izbran čas po tem, ko se svetla točka vrne na levi rob zaslona, glej sliko 13.4. Če zamrznemo

delovanje osciloskopa na primer do trenutka E, naslednje proženje ob trenutku F povzroči risanje enake krivulje preko prejšnje na zaslonu. Slika je enolična in dobra. Časovni interval od C do E, med katerim je proženje onemogočeno, mora biti prilagojen periodi in obliki opazovanega signala. Nastavimo ga z vrtenjem gumba HOLDOFF v skupini TRIGGER.

Nastavljanje gumba HOLDOFF je enostavno: če je na zaslonu videti dvojno sled in slika miruje, je to verjetno posledica napačnega proženja. Počasi sukaj gumb HOLDOFF, da dvojna sled izgine. Dvojna sled se lahko spet pojavi, ko se spremeni frekvenca opazovanega pojava.

HOLDOFF

Dvojne sledi na zaslonu se znebimo s sukanjem gumba HOLDOFF. S tem nastavimo čas, med katerim mora sve-tla pika čakati na levem robu zaslona ne glede na proženje.

Vrni gumb HOLDOFF v za-klenjen položaj, sicer je kri-vulja narisana na zaslon po-redkeje in zato manj svetla.

Svetla točka ne čaka na proženje na levem robu ekrana neskončno dolgo, če je stikalo MODE iz skupine TRIGGER v položaju AUTO. Zato ni mogoče umiriti slike počasnih signalov. Čas čakanja podaljšamo, če premaknemo stikalo v položaj NORM.

AUTO / NORM

Včasih uporabljamo za proženje tudi signale, ki so sestavljeni iz množice signalov različnih frekvenc in amplitud, pa vendar je vanje vgrajen značilen vzorec. Tipičen primer je signal za moduliranje svetlosti pike na zaslonu televizijskega sprejemnika (video signal). Če poskusimo prožiti z njim, je težko umiriti sliko. Če pa osciloskop ve, da želimo prožiti s tako kompleksnim signalom, nam vanj vgrajena elektronika lahko pomaga. Na nekaterih osciloskopih ima stikalo MODE v skupini TRIGGER še položaja z oznakama TV-H in TV-V. Stikalo lahko premakneš v ustrezi položaj, kadar opazuješ video signale.

Signali v televizijskem sprejemniku

Včasih je signali za proženje sestavljen iz več signalov različnih frekvenc, značilen zglede je motilni signal s frekvenco omrežja, ki je dodan opazovanemu signalu večje frekvence. Motilni signal lahko proženje zmoti in krivuljo na zaslonu je težko umiriti. Nekateri osciloskopi imajo dodatna stikala, s katerimi jim lahko dopovemo, naj ignorirajo bodisi nizkofrekvenčno ali visokofrekvenčno komponento prožilnega signala. Ta stikala so običajno označena z HF-REJ in LF-REJ. Na nekaterih osciloskopih je mogoče tudi izbirati proženje z izmenično komponento signala (AC) ali pa enosmerno (DC). Za večino signalov pa zadošča proženje z izmenično komponento signala in to je tudi tipična nastavev na običajnih osciloskopih.

Kadar so signali za proženje sestavljeni iz več signalov različnih frekvenc

14. Delovanje vezja se spremeni, če se ga dotaknem s konico sonde. Zakaj?

Delovanje nekaterih vezij se spremeni, če se jih dotaknemo s sondo. Ta pojav pogosto opazimo pri oscilatorjih; nekateri prenehajo delovati, spet drugi samo spremenijo frekvenco. Vzrok za čudno vedenje je obremenitev, ki jo predstavlja sonda in ta spremeni razmere v vezju.

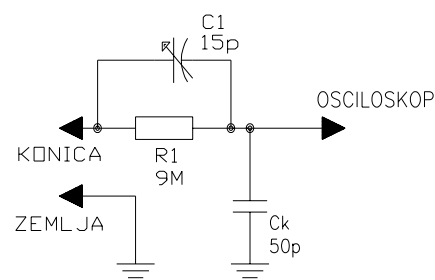
Na tržišču je mogoče najti več različnih vrst sond. Če ne želimo zapraviti veliko denarja, lahko izbiramo med sondami z oznako 1:1 in 10:1. Ti dve vrsti sond se razlikujeta po vhodni impedanci.

Vir signala je obremenjen

Sonda z oznako 1:1 ima vhodno upornost $1M\Omega$ (takšna je vhodna upornost osciloskopa) in vhodno kapacitivnost približno $70pF$ (ta je vsota vhodne kapacitivnosti osciloskopa, okrog $20pF$, ter kapacitivnosti med vodnikoma oklopljenega kabla, ki povezuje sondo z osciloskopom). Vhodna kapacitivnost predstavlja močno breme za vir signala. Opazovani signali so hitri, pri hitrih spremembah napetosti pa tudi skozi majhen kondenzator teče velik tok. V visokofrekvenčnih oscilatorjih lahko dodatna kapacitivnost sonde spremeni način delovanja.

10:1 je bolje

Ker s sondo ne želimo spremeniti razmer v vezju, ga ne smemo obremeniti. To lahko storimo, če uporabimo sondo z oznako 10:1. Takšna sonda ima v seriji s signalom vgrajen upornik z vrednostjo $R_1 = 9\text{M}\Omega$, zato je vhodna upornost take sonde $10\text{M}\Omega$. Zaradi kapacitivnosti kabla in vhodne kapacitivnosti osciloskopa mora biti vzporedno uporniku R_1 vezan še kompenzacijski kondenzator C_1 , glej sliko 14.1. V enakem razmerju, kot enosmerne signale delita upornika R_1 in vhodna upornost osciloskopa, mora signale visokih frekvenc deliti tudi kompenzacijski kondenzator C_1 in nadomestna kapacitivnost C_c , ki je sestavljena iz kapacitivnosti kabla in vhodne kapacitivnosti osciloskopa. Postopek umerjanja imenujemo kompenzacija in je že bil opisan. Če uporabljamo sondo z oznako 10:1, je obremenitev opazovnega vezja samo še okrog 7pF in je torej bistveno manjša, kot če uporabljamo sondo 1:1. Slaba lastnost take sonde pa je, da zmanjša velikost opazovanega signala na desetino prvotne vrednosti. To izgubo lahko nadomestimo s povečanjem vhodne občutljivosti osciloskopa.



Slika 14.1: Električna shema sonde

Če je le mogoče uporabljaj sondo z oznako 10:1. Ne pozabi je kompenzirati.

Za več denarja se da dobiti sonde s FET (Field Effect Transistor) tranzistorji na vhodu. Vhodna upornost teh sond je zelo velika (do nekaj $100\text{M}\Omega$), vhodna kapacitivnost pa znaša le nekaj pF. Slaba lastnost teh sond je poleg visoke cene še občutljivost na prevelike vhodne napetosti in posebni napajalnik za ojačevalni tranzistor v sondi. Nekatere sonde te vrste so prilagojene osciloskopu do te mere, da z osciloskopa dobijo tudi napajalno napetost.

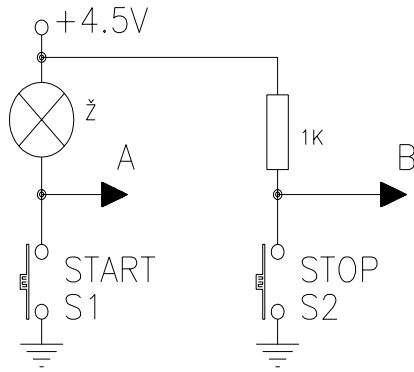
15. Rad bi izmeril prijateljeve reflekse. Vključil bom luč, prijatelj pa mora nato čim hitreje pritisniti gumb. Bo osciloskop primeren inštrument?

Postavitev elektronskih elementov za poskus je na sliki 15.1. Dva signala A in B prihajata iz vezja. Signal A preskoči iz vrednosti $+4.5\text{V}$ na vrednosti 0V takrat, ko žarnica posveti (pritisnemo stikalo S_1). Uporabimo lahko običajno žarnico za $6.3\text{V}/300\text{mA}$, lahko pa tudi svetlečo diodo (LED) z zaporedno vezanim upornikom vrednosti 270Ω . Signal B preskoči iz vrednosti $+4.5\text{V}$ na vrednost 0V takrat, ko preskušana oseba pritisne stikalo S_2 .

Poskus**Priključi signal**

Ker želimo izmeriti čas, ki mine od takrat, ko žarnica posveti do takrat, ko prijatelj reagira s pritiskom na stikalo S_2 , moramo oba signala priključiti na vhoda osciloskopa. Osciloskop naj ne riše (svetla točka naj počiva na levem robu zaslona), dokler žarnica ne sveti. [ele ko žarnica posveti, naj osciloskop začne risati krivuljo, ki predstavlja signal B. Vemo, da ostave signal B še nekaj časa na vrednosti $+4.5\text{V}$, odvisno od reakcijskih sposobnosti prijatelja, potem pa preskoči na vrednost 0V . Čas, ki mine od začetka risanja krivulje do preskoka signala na vrednost 0V , je reakcijski čas opazovane osebe.

Če želimo z mreže na zaslonu odčitati čas, mora osciloskop začeti z risanjem krivulje natanko na levem robu mreže. Levi konec krivulje na zaslonu zato poravnamo z levim robom mreže; to storimo z gumbom POSITION X v skupini HORIZONTAL. Nato poskrbimo za pravilno proženje. Svetla točka mora počivati na levem robu zaslona (seveda je ne vidimo, ker je med počivanjem zatemnjena) in tam mora ostati, dokler ne prižgemo žarnice; takrat se signal A spremeni iz vrednosti $+4.5\text{V}$ na vrednost 0V . Osciloskop moramo torej prožiti s padajočim robom signala A. Prestavi stikalo MODE v skupini TRIGGER v položaj NORM. Ker smo priključili signal A na vhod osciloskopa Ch1, prestavi stikalo SOURCE v isti skupini v položaj CH1. Pričakujemo, da bo opazovana oseba potrebovala nekaj milisekund za reakcijo. Postavi torej gumb z oznako TIME/DIV v položaj $2\text{ms}/\text{div}$ za začetek, kasneje ga lahko prilagodiš hitrosti opazovane osebe.



Slika 15.1: Elektronika za poskus

LEVEL nekajkrat sem ter tja. Opazil boš, da osciloskop nariše sled na zaslon vsakokrat, ko gumb zavrtiš preko srednje oznake na skali v smeri vrtenja urinega kazalca, čeprav na vhodih osciloskopa ni signala. Zakaj? Do proženja pride, kadar vhodni signal preseže izbrani nivo, lahko pa tudi vhodni nivo miruje in spreminjamo izbrani nivo. Pusti gumb LEVEL tik pred položajem, ki povzroči proženje.

Ker želimo na zaslonu videti sliko signala B, ki je priključen na kanal Ch2, premaknimo stikalo MODE v skupini VERTICAL v položaj CH2. To je vse. Najdi prijatelja, ki želi sodelovati, daj mu v roke stikalo in vklopi žarnico.

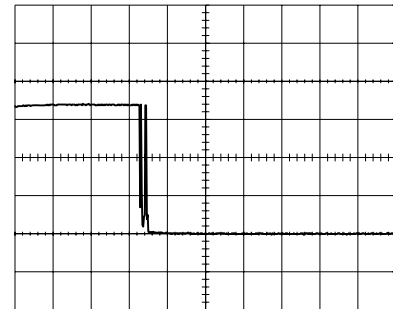
Gumb TIME/DIV zavrti v položaj, primeren hitrosti odziva prijatelja. Ker je sled na zaslonu narisana le enkrat, bo potrebno odčitavati hitro. Prav bi nam prišel spominski osciloskop, ki lahko sled obdrži na zaslonu.

Osciloskop lahko tudi enkratne pojave nariše na zaslon. Prestavi stikalo MODE v skupini TRIGGER v položaj NORM in pazljivo nastavi gumb LEVEL.

Nastavi proženje

Prožiti hočemo s padajočim robom, zato prestavi stikalo +/- v isti skupini v položaj -. Na koncu pa še nastavi gumb LEVEL na vrednost tik pod 0V. Zakaj tja? Verjetno uporabljamo proženje z izmenično komponento signala AC. Če je osciloskop enostaven, je to sploh edina možnost. Z risanjem slike na zaslonu je treba začeti, ko signal A preskoči s +4.5V na 0V. Proženje z izmenično komponento pomeni, da signal za proženje vodimo preko RC člena, podobno kot pri opazovanju izmenične komponente vhodnega signala. Če torej vhodni signal preskoči s +4.5V na 0V, za RC členom preskoči napetost z vrednosti 0V navzdol na -4.5V. Gumb LEVEL ima skalo z označeno sredino; postavi ga v položaj malo pod sredino.

Lahko poskusiš še drugače: zasukaj gumb



Slika 15.2: Zapis na zaslonu; večkratni preskok z visokega na nizek nivo je posledica poskakovanja stikala, 20ms/div