

Iskrascope LCD

Navodila za uporabo



1. Uvod	5
2. Kratek opis instrumenta	5
3. Lega zaslona in osvetlitev, tehnologija LCD	9
4. Stilako za vklop akumulatorjev	11
5. AC-adapter za omrežno napetost	11
6. Opis vhodnih sponk	12
7. Konektor za serijsko komunikacijo z zunanjim računalnikom	12
8. Opis učinka posameznih tipk	13
8.1 Vklop instrumenta - tipka STANDBY	13
8.2 STAND-BY in polnjenje akumulatorjev	13
8.3 Izbira načina delovanja - tipka OSC/MM	13
8.4 Opis delovanja osciloskopa - tipka HOLD/READY	14
8.5 Pregledovanje povzročenega signala, premik opazovalnega okna	14
8.6 Nastavitev parametrov - dva načina nastavitve	15
8.7 Nastavitev vertikalne občutljivosti - tipka VERTICAL BASE	16
8.8 Nastavitev vertikalnega ničelnega položaja - VERTICAL POSITION	16
8.9 Izbira sklopitve vhodnega ojačevalnika - AC/GND/DC	17
8.10 Nastavitev časovne baze - HORIZONTAL BASE	17
8.11 Nastavitev praga proženja - Trigger LEVEL	18
8.12 Izbira naklona proženja - Trigger SLOPE	19
8.13 Izbira sklopitve prožilnega signala - Trigger COUPLING	19
8.14 Izbira izvora prožilnega signala - Trigger SOURCE	19
8.15 Izbira načina proženja - Trigger MODE	20
8.16 Izbira načina vzorčenja - SAMPLING MODE	20
8.17 Zadrževanje proženja - Trigger HOLD-OFF	22
8.18 Povprečevanje - AVERAGE	22
8.19 Shranjevanje signala v spomin - STORE	23
8.20 Priklic signala iz spomina - RECALL	23
8.21 Merilni indikatorje - CURSOR	23
8.22 Primerjava dveh signala - COMPARE	24
8.23 Invertiranje signala - INVERT	24
9. Matematične funkcije	24
9.1 Integriranje	24
9.2 Odvod	25
9.3 Izračun prave efektivne vrednosti - Trms	25
9.4 Vsota in razlika signalov	25
9.5 Brisanje, privzeta vrednost - CLEAR	26
9.6 Izris signala na Y-t risalnik - OUTPUT	26
10. Digitalni multi-meter	26
10.1 Volt/Ohm-meter	26
10.2 Statistične meritve - REF/TOL, n , σ , $\bar{x}$	27
11. Frekvenčna kompenzacija osciloskopske sonde	29
12. Vklop serijske komunikacije in daljinske kontrole	31
12.1 Parametri serijske komunikacije	31
Tabela 1 - Tehnični podatki	33
Tabela 2 - Privzete nastavitve instrumenta	38
Tabela 3 - Pogoji za avtomatski izklop instrumenta	38

Iskrascope LCD

Navodila za uporabo

Erik Margan, Institut Jožef Stefan, Ljubljana
<<mailto:erik.margan@ijs.si>>

1. Uvod

Iskrascope LCD je mikroprocesorsko kontroliran osciloskop z ročno ali programsko nastavljenim digitalnim vzorčenjem časovnega poteka električnih signalov in tekoče-kristalnim prikazom le teh (angl. 'liquid crystal display', LCD). Zahvaljujoč majhni porabi energije lahko deluje tudi z baterijskim napajanjem kar omogoča prenosnost in tudi od ozemljitve neodvisne meritve. V ta namen tudi prenos podatkov in krmilnih ukazov iz zunanjega računalnika poteka preko serijskih vrat (po standardu RS-232-C), ki so galvansko ločena (do 1 kV). Instrument omogoča tudi izris signalov na Y-t risalnik, prav tako preko galvansko ločene povezave. Instrument vsebuje tudi $3\frac{1}{2}$ -mestni V/Ω merilnik za enosmerne napetosti in upornosti.

Instrument, vključno z tehnologijo tekoče-kristalnih zaslonov, je bil razvit na Institutu Jožef Stefan v letih 1982-1984, ter nato v sodelovanju z Iskro (Merilni instrumenti, Otoče in Hipot, Šentjernej) pripravljen za serijsko proizvodnjo.

Instrument izpolnjuje stroge tehnične in varnostne zahteve in je zgrajen tako da omogoča izvedbo večine standardnih osciloskopskih meritev, tako v laboratorijskih ali industrijskih pogojih, ter kot prenosni instrument na terenu ob baterijskem napajanju. Obenem pa omogoča povezavo z zunanjim računalnikom, na katerem potem lahko teče program, ki avtomatizira merilne postopke.

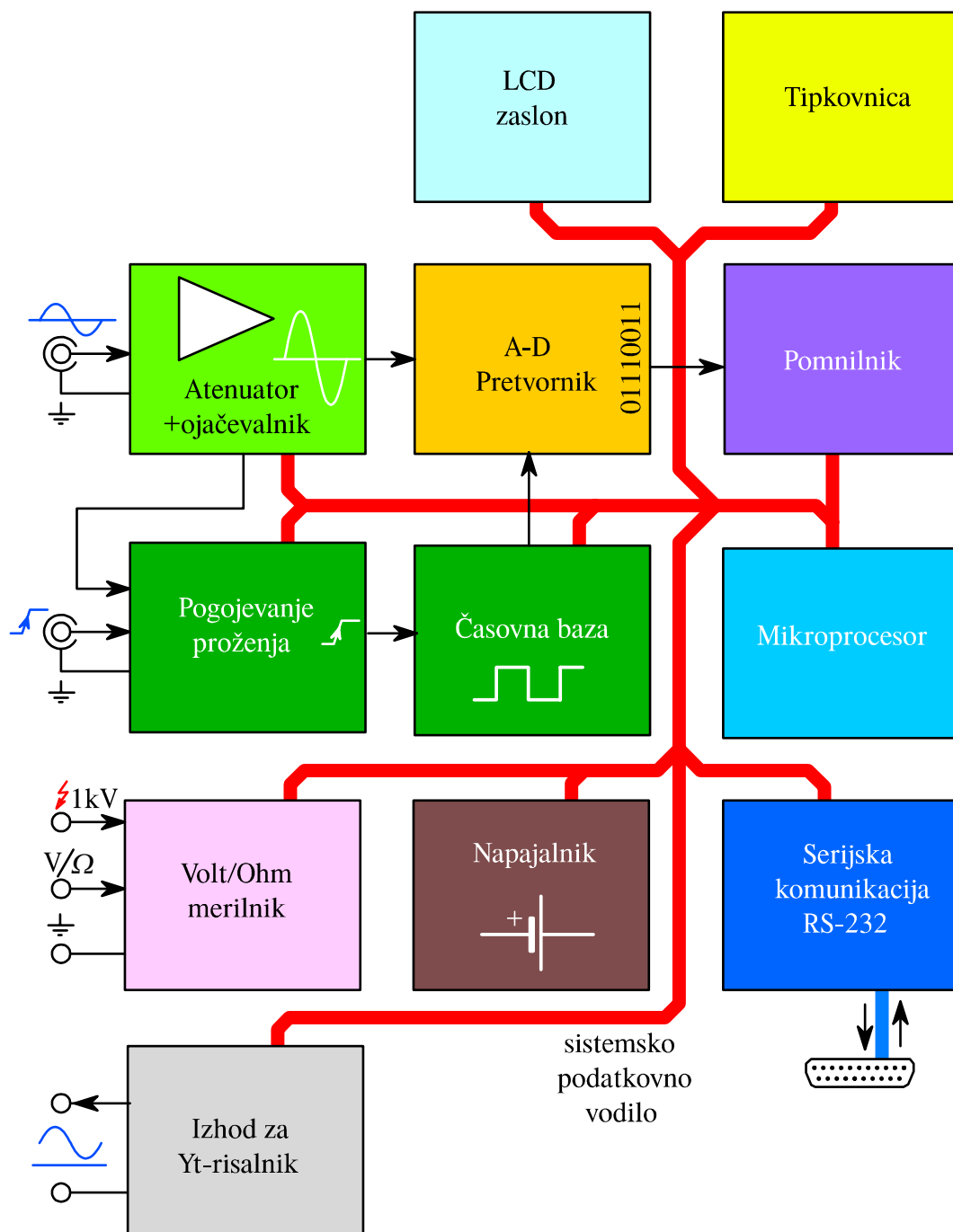
Podroben seznam tehničnih specifikacij je v **Tabeli 1** na koncu navodil.

2. Kratek opis instrumenta

Za razumevanje delovanja Iskraskopa LCD je potrebno slediti blok-diagramu na **sliki 1**. Instrument je zgrajen modularno, delovanje vseh modulov pa kontrolira mikroprocesor, ki sprejema ukaze operaterja bodisi preko tipkovnice, bodisi preko serijskih komunikacijskih vrat, ki delujejo skladno z mednarodnim EIA standardom znanim pod oznako RS-232-C (glej **odstavek 12**).

Zahtevane operacijske parametre instrumenta nastavi mikroprocesor preko podatkovno-ukaznega 8-bitnega vodila (narisane z rdečo barvo na **sliki 1**).

Velikost vhodnega signala prilagodi vhodni atenuator/ojačevalnik na območje kot ga zahteva analogno-digitalni pretvornik. Prožilni signal (Trigger) se generira bodisi znotraj instrumenta iz vhodnega ojačevalnika (INTERNAL Trigger), bodisi ga pripeljemo od zunaj (EXTERNAL Trigger).



Slika 1: Funkcionalni blok-diagram Iskraskopa LCD.

Vezje za pogojevanje proženja še omogoča nastavitve ustreznega praga proženja (Trigger LEVEL), izbiro naklona proženja (če gre vhodni signal čez prag navzgor ali navzdol), slopitve (AC/DC) in načina vzorčenja (AUTO — samodejno proženje če prožilnega signala ni dlje kot 250 ms; NORMAL — običajno, ko instrument lahko čaka na proženje poljubno dolgo; ali SINGLE MODE — enkratno proženje, ko se instrument po proženju in končanem vzorčenju ustavi in omogoči ponovno vzorčenje šele na zahtevo operaterja). Poleg tega je mogoče zahtevati vzorčenje pred proženjem (PRE-Trigger) ali zakasnjeno vzorčenje (DELAY).

Ob zaznavi ustreznega prožilnega signala steče vzorčenje v časovnih presledkih, ki jih definira časovna 'baza' (razdelitev horizontalne osi). Pri klasičnih osciloskopih je časovna baza pravzaprav žagasta napetost, ki premika žarek katodne cevi v horizontalni smeri. Pri osciloskopu z digitalnim vzorčenjem pa je to vzorčna ura, ki jo generira temperaturno stabiliziran oscilator in frekvenčna delilna veriga, ti pa se sinhronizirata z prožilnim signalom (razen ob vzorčenju pred proženjem, ko oscilator teče prosto). Vzorčna ura poganja A-D pretvornik, ki na vsak urni pulz naredi eno pretvorbo signala po metodi 'sukcesivne aproksimacije' (zaporedni približki od najvišjega proti najnižjemu bitu) in 8-bitno digitalizirano vrednost shrani v pomnilnik. Naslov pomnilnika kamor se tekoči vzorec zapiše prav tako določa vzorčna ura.

Po določenem številu urnih ciklov se vzorčna ura ustavi (to število je odvisno od velikosti pomnilnika; prvi modeli instrumenta so imeli kapaciteto 512 8-bitnih vzorcev, kasneje se je to povečalo na 2048 vzorcev). Posebnost pa je pri predproženju, ko vzorčenje teče od zahteve za novo vzorčenje do proženja, nato pa le še polovično število urnih ciklov, ter se ustavi. V tem načinu je tako trenutek proženja vedno na sredi sredi pomnilnika (na 256. naslovu), tako da prvih 256 naslovov vsebuje vzorce signala pred proženjem, nsalednje pa za njim.

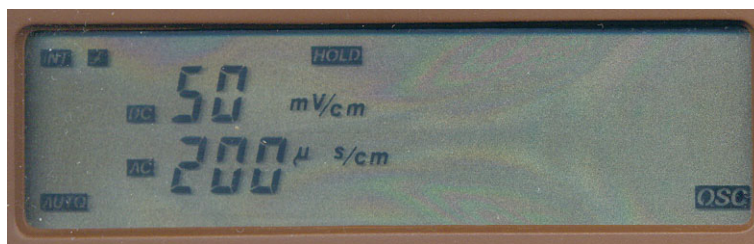
Po končanem vzorčenju mikroprocesor prebere signal iz pomnilnika in ga predela v obliko ki ustreza matričnemu prikazalniku, ter ga naloži v zaslonski pomnilnik. Ta se potem nenehno prikazuje na zaslonu dokler ni na voljo rezultat novega vzorčenja. Zamenjava vseh podatkov v zaslonskem spominu traja le 15 ms.

V primeru da je po serijski komunikaciji iz zunanjega računalnika prišla koda, ki pomeni zahtevo za prenos podatkov, mikroprocesor odgovori z 'odmevom' (enaka koda), nato pa posreduje najprej 22 8-bitnih besed, v katerih so zakodirani vsi vzorčni parametri s katerimi je signal bil posnet, za tem pa pošlje sam signal (dolžina je lahko različna, glede na zahtevo, bodisi le 200 vzorcev kot jih kaže LCD zaslon, bodisi 512, ali pri novejših instrumentih 2048).

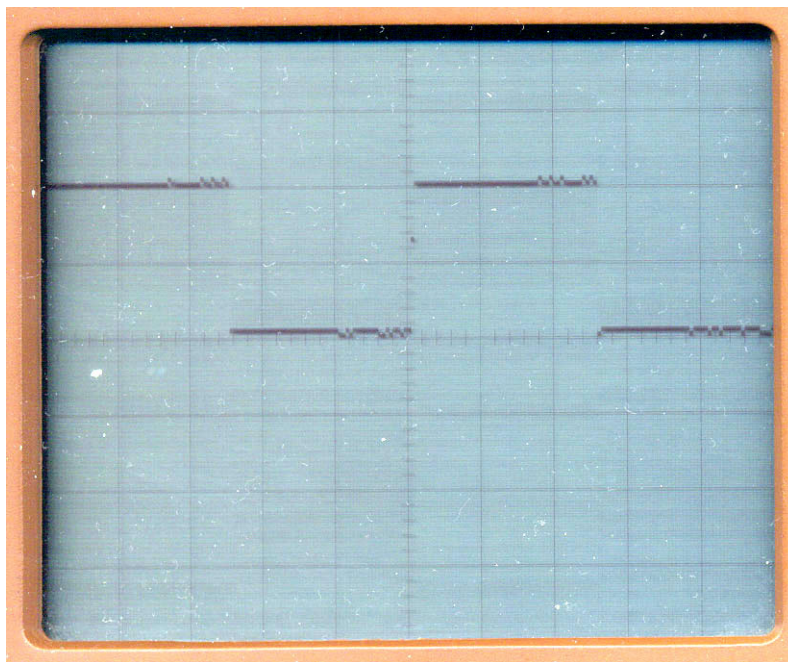
Pri risanju signala na Y-t risalnik se vedno izriše signal kot ga trenutno kaže LCD zaslon (vedno le 200 vzorcev), izberemo lahko dve hitrosti risanja.

V-meter in Ω -meter je mogoče uporabljati na običajen način, kot pri navadnih 'univerzalnih' merilnih instrumentih. Vendar Iskrascope LCD mogoča tudi uporabo v statističnem načinu, kjer najprej vnesemo referenčno vrednost (REF) in toleranco (TOL), nakar je po meritvah n vrednosti (denimo v nekem industrijskem procesu) možno prikazati srednjo vrednost $\bar{x}$, število meritev n , ter standardno deviacijo σ .

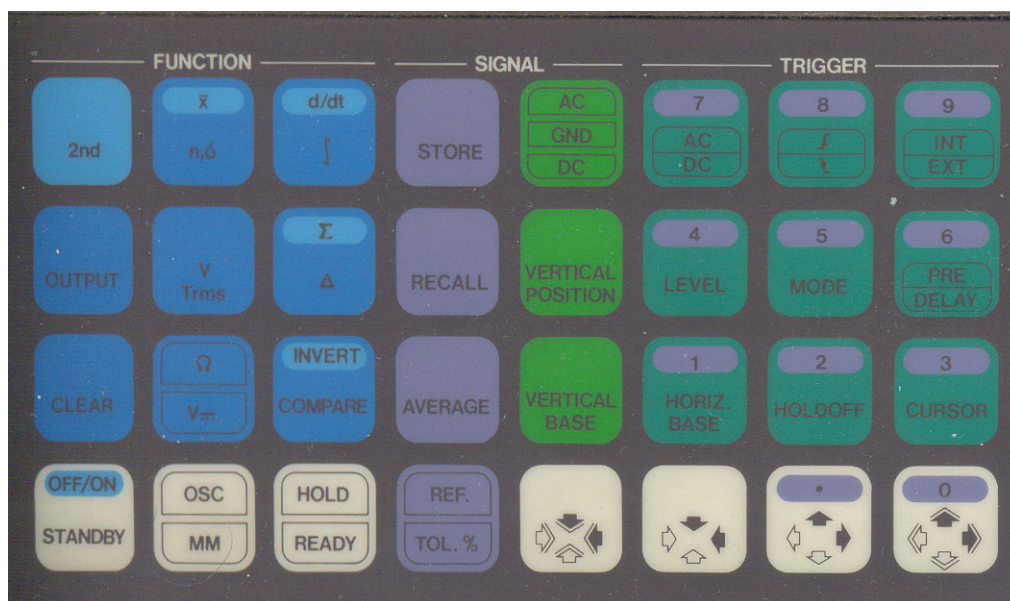
Vse zgoraj navedene operacije, in tudi tiste ki jih nismo posebej omenili, bodo opisane podrobneje ob opisu delovanja vseke tipke posebej.



Slika 2: Podakovni tekoče-kristalni prikazalnik (liquid crystal display, LCD) kaže stanje instrumenta z vsemi pomembnejšimi parametri za vzorčenje signala, kot so vertikalna občutljivost, časovna skala, parametri proženja, ali pa trenutne izmerjene vrednosti signalov in rezultate matematične obdelave.



Slika 3: Matrični LCD prikazuje trenutno povzorčen ali prej shranjen časovni potek električnega signala, lahko tudi primerjavo dveh signalov, v resoluciji 120 točk vertikalno in 200 točk horizontalno, (15 točk na cm vertikalno in 20 točk na cm horizontalno).



Slika 4: Membranska tipkovnica za nastavljanje delovanja instrumenta.

3. Lega zaslona in osvetlitev, tehnologija tekočih kristalov

Zaslon instrumenta je pasivnega tipa, brez osvetlitve ozadja, ima le reflektivno plast, ki odbija vpadno svetlobo. Zato so najboljši pogoji osvetlitve če v prostoru veliko razpršene svetlobe. Neposredna osvetlitev zaslona povzroči le moteče bleščenje. Zato je zaslon mogoče nagniti za skoraj 70° (glej sliko na naslovni strani) in tako preprečiti odsev svetlobnega vira. Temu tudi pripomore tip tekočega kristala ('twisted nematic', TN) ki nudi dokaj širok vidni kot in zadovoljiv kontrast. Zaslon pritrdimo v določeno lego z privitjem vijaka v kolenu nosilca na zadnj strani zaslona.

V elektrode zaslona vgrajena mreža omogoča opazovanje signala brez napake zaradi optične paralakse (ki je neizogibna pri klasični katodni cevi). Slika na LCD zaslonu se nenehno obnavlja iz sistemskega pomnilnika (RAM), zato kontrast ni odvisen od pogostosti vzorčenja, pogostosti ponavljanja signala, ali osvetlitve v prostoru (kot je to pri klasični katodni cevi), tudi enkratne dogodke lahko opazujemo poljubno dolgo.

Zaslon je matrični, ima 200 stolpčnih elektrod in 120 vrstičnih elektrod. Tako en slikovni element (pixel) na križišču dveh elektrod predstavlja natančnost izmerjene napetosti 0.8% vertikalno in 0.5% horizontalno. Vendar je temu terba dodati še neizogiben kvantizacijki šum 8-bitnega analogno-digitalnega pretvornika (ADC), ki je lako ± 1 bit (LSB), ter $\pm 1\%$ zaradi tolerančnega odstopanja upornosti, ki določajo ojačanje in vertikalni premik signala vhodnemu ojačevalniku. Časovna os je električno bolj natančna, tako da je vsa časovna napaka zajeta v velikosti točke (glej električne specifikacije v **Tabeli 1**).

Delovanje LCD zaslonov sloni na sukanju polarizacijskega kota svetlobe vzdolž molekul tekočega kristala. Besedna sintagma 'tekoči kristal' označuje družino snovi, ki hkrati kažejo lasnosti tekočin in kristalov. Tekočinske lasnosti se kažejo v visoki gibljivosti molekul, kristalne lasnosti pa v pravilni urejenosti položaja molekul, ter strukture samih molekul. Dimenzije značilnih molekulskih struktur so primerljive z valovno dolžino vidne svetlobe, zato lahko z spreminjanjem položaja molekul pod vplivom električnega polja spreminjamo tudi optične lasnosti tekočih kristalov.

Vendar tenka plast tekočega kristala sama lahko spreminja le orijentacijo polarizacijskega kota, ne more pa spreminjati intenzitete svetlobe. Da to dosežemo potrebujemo že polarizirano svetlobo. Fotoni (svetlobni energijski kvanti) iz naravnih in večine umetnih svetlobnih virov nihajo pravokotno na smer razširjanja svetlobe v vse smeri enako. Pravimo da so 'krožno polarizirani', oziroma nepolarizirani. Če pa tako svetlobo presegemo skozi sicer prozorno snov, ki pa ima neko preferenčno prostorsko razporeditev molekul, se zgodi da fotoni, ki nihajo v tej smeri, večinoma pridejo skozi, med tem ko tisti, ki nihajo pravokotno na to smer oddajo svojo energijo snovi, ki se nato te energije znebi z toplotnim sevanjem v infrardečem delu spektra. Taka snov polarizira svetlobo, oziroma rečemo da se obnaša kot 'polarizator'.

Če dva polarizatorja postavimo enega za drugim pod enakim polarizacijskim kotom, gre del svetlobe v toploto že na prvem polarizatorju, del pa gre naprej in skozi drugi polarizator pride le še maleknostno oslavljen. Če pa sedaj enega od polarizatorjev zasučemo pravokotno na prvotni položaj (tako postane 'analizator'), tudi tista svetloba, ki je prišla skozi prvi polarizator, prešla v toploto in skoraj noben foton več ne bo prišel skozi. In če je kot med polarizatorjem in analizatorjem manjši od 90°, dobimo sorazmerno temu neko vmesno količino svetlobe.

Vendar, če želimo hitro spreminjati prozornost, ne moremo kar mehansko sukati polarizatorje, potrebujemo še tekoči kristal, ki ga kontroliramo z električnim poljem. Polarizatorji so ponavadi iz snovi podobni plastični foliji, ki jo lahko nalepimo na površino steklene plošče. Na drugo stran steklene plošče pa nanese zelo tenko plast električno prevodne, a prozorne snovi, ki bo služila kot elektroda. Dve taki plošči zlepimo skupaj po robovih, z elektrodami na notranji strani, nato pa prostor med ploščami evakuiramo. Zračni pod-tlak nato zvleče tekoči kristal med obe plošči. Pod delovanjem električnega polja med elektrodami se molekule tekočega kristala sučejo in glede na medsebojno orientacijo polarizatorja in analizatorja po potrebi prepuščajo svetlobo skozi zaslon. Če nimamo osvetlitve ozadja, potrebujemo zrcalo, svetlo kovinsko folijo, ki jo zalepimo na zadnjo stran zaslona.

S tem pa še nismo opravili vsega. Želimo namreč kontrolirati zelo veliko število točk na zaslonu, neodvisno eno od druge. Zato bi morali površino zaslona razdeliti na veliko število majhnih kvadratkov. Denimo, Iskrascope LCD ima 120×200 točk, skupno torej 24 000. Če bi želeli kontrolirati vsako točko posebej, bi morali imeti vsaj po en tranzistor na vsaki točki, zraven pa še prevrtati ustrezno število majhnih lukenj v steklu za dostop do vsakega tranzistorja. Taka tehnologija sicer že obstaja (imenuje se 'thin-film transistor', TFT), a je izredno draga in tehnološko zahtevna. Zato smo se raje odločili za matrični tip zaslona: spodnjo in zgornjo elektrodo razdelimo na ozke pasove, ene v vodoravni, druge v navpični smeri, tako da tvorijo mrežo. Število elektrod je tako mnogo manjše, le $120 + 200$, skupno torej 320, kar je veliko lažje elektronsko krmiliti, pa še vse elektrode so električno dostopne z roba steklene plošče, ki je ni treba vrtati.

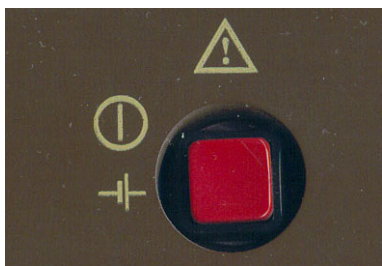
Žal ima tak način eno resno pomanjkljivost, namreč krmiljenje točk zaslona postane zelo zapleteno. Posamezne točke niso več neodvisne, ker si delijo po stolpcih ali vrsticah isto napetost. To je mogoče rešiti z tako imenovanim 'multipleksnim proti-faznim in so-faznim krmiljenjem', če, na primer, hkrati krmilimo vse stolpce, med tem ko vrstične elektrode aktiviramo eno po eno. To je mogoče le v primeru ko tekoči kristal ima take mehanske lastnosti, da se pod vplivom električnega polja hitro zasučje v zahtevani smeri, nato pa se počasi relaksira v prvotni položaj. To pa prinese za seboj tudi počasnejše osveževanje zaslona. Drugi način pa je da se sprijaznimo z možnostjo da en par elektrod aktivira le eno samo točko. Tak način krmiljenja ni uporaben za prikaz slik ali teksta, vendar je za uporabo v osciloskopskih zaslonih kot nalašč.

LCD zasloni imajo še eno nerodno lastnost. Krmilne elektrode morajo biti hkrati električno prevodne in zelo tenke da so lahko prozorne. A če bi skozi spuščali le enosmerni tok, čeprav je tekoči kristal slabo prevoden, bi že tako majhen tok povzročil elektromigracijo molekul elektrod, ki potem čez čas zgubijo prozornost. Temu se izognemo če elektrode krmilimo z izmeničnim tokom. To je mogoče ker so molekule tekočega kristala zadosti počasne da čutijo le efektivno vrednost polja.

Če je krmilna napetost digitalna (je torej bodisi 1 bodisi 0), mora biti časovno simetrična, torej mora vsebovati enako število ničel in enic, tako na eni elektrodi kot tudi na njej nasprotni. To dosežemo tako da neko poljubno izbrano bitno sekvenco časovno obrnemo in dodamo prvotni. Obenem mora biti vsaka točka krmiljena z drugačno bitno sekvenco, če hočemo aktivirati le določeno točko in ne cele vrstice ali stolpca hkrati. Tako, če želimo aktivirati točko z parom koordinat (x, y) , moramo pripeljati isto digitalno funkcijo na vrstično elektrodo y in stolpčno elektrodo x .

Tam kjer se elektrodi križata bo efektivna napetost enaka nič, torej tekoči kristal ne zasučje polarizacije svetlobe in, ker sta polarizator in analizator pravokotna, nastane tam temna pika. Povsod drugod pa bo tekoči kristal čutil neko efektivno napetost, ki bo zadosti visoka, da se molekule zasučjejo, če so vse digitalne funkcije med seboj za le nekaj bitov različne. Zato bo povsod drugod zaslon prozoren.

Ker pa je napetostni občutljivostni prag tekočega kristala relativno nizek, razlika malega števila bitov med posameznimi digitalnimi funkcijami povzroči da se včasih kažejo 'sence' podobne prikazanemu signalu, ki se periodično ponavljajo. Te sence so sicer dovolj blede da niso moteče, so pa opazne. To je normalna posledica takega načina krmiljenja.



4. Stikalo za vklop akumulatorjev

Na zunanji levi strani instrumenta je stikalo za vklop in izklop akumulatorjev. Akumulatorje je potrebno izklopiti le takrat ko instrument dalj časa (več kot 2 tedna) ne uporabljamo. Čeprav instrument v STAND-BY stanju porabi le 4 mA pri 5 V, oziroma 20 mW, bodo akumulatorji, katerih kapaciteta je 4 Ah, po 1000 urah prazni, a že na 2/3 tega časa, torej že po 600 urah, ali 25 dni, bodo tako izpraznjeni, da se bo instrument stežka zagnal.

Samopraznjenje akumuklatorjev je sicer majhno, a če ne upoštevamo navodil proizvajalca o njihovem varnem hranjenju, lahko že po enem ali dveh letih iztečejo in korodirajo kontakte v instrumentu.

Prav tako je treba biti pozoren da akumulatorjev ne prepolnimo. Čeprav je tok polnjenja omejen na varno mejo 300 mA, in traja 13–14 ur da se napolnijo, se vseeno lahko zgodi da se po daljšem priklopu na polnilni tok akumulatorji poškodujejo in napihnejo, kar jim bo tudi zmanjšalo kapaciteto in skrajšalo življensko dobo.

5. AC-adapter za omrežno napetost

AC-adapter pretvori nominalno omrežno napetost $\sim 230 V_{\text{rms}}$ (ki pa lahko odstopa od kraja do kraja in v odvisnosti od dnevne porabe tudi do $\pm 5\%$) na enosmerno napetost $12 V_{\text{DC}}$ (lahko tudi nestabilizirano) ob toku do 0.5 A, ki jo Iskrascope LCD potrebuje med delovanjem in/ali polnjenjem akumulatorjev.

Obenem mora AC-adapter imeti nizko parazitno kapacitivnost med primarnim in sekundarnim tokokrogom. Med izvajanjem meritev se napetost instrumenta lahko skokovito spremeni, če se, na primer, referenčno elektrodo odklopimo od ozemljitve in priklopimo na neko visoko napetost. Instrument je narejen tako da prenese take (Common-Mode) napetostne skoke do $250 V/\mu\text{s}$, ne da bi se poškodoval (kvečjemu se utegne zgoditi da se mikroprocesor zaradi napake na naslovnem ali kontrolnem vodilu resetira; zato je specifikacija CMV za varno delovanje le $\pm 25 V/\mu\text{s}$). Vendar ni vsak AC-adapter primeren za take delovne pogoje, mnogi namreč imajo parazitno kapacitivnost 5 nF in več, zato ob CMV skokih lahko steče proti mreži razmeroma velik tokovni sunek. Zato se priporoča uporaba originalnega adapterja Iskra NTO101.

6. Opis vhodnih sponk

Na desni strani instrumenta so vhodne sponke. Z leve proti desni se vrstijo:



- izhod (+) in referenčni (–) priključek za Y-t risalnik (OUTPUT);
- napajalni vhod (12 V_{DC}, 0.5 A) za AC-adapter;
- tipka RESET za ročni zagon računalnika (če se zaradi zunanjih motenj zgodi da mikroprocesor sam ne zazna napake in obtiči v izvajanju neskončne zanke);



- poseben visokonapetostni vhod za napetosti nad ± 200 V_{DC} in do ± 650 V_{DC};
- univerzalni nizkonapetostni V/Ω vhod;
- referenčni ničelni priključek za V/Ω-meter;

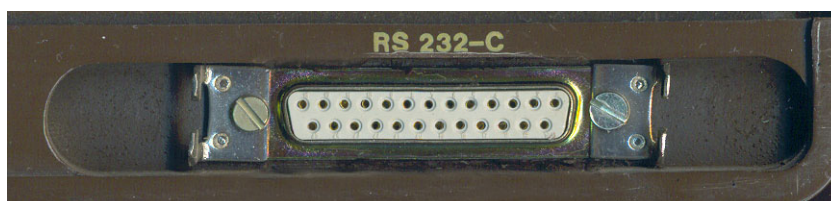


- BNC vhod za zunanje proženje osciloskopa;
- BNC signalni vhod osciloskopa;
- kovinski kontakt za kalibracijo osciloskopske sonde (glej: **Kalibracija sonde**).

Vhodne sponke za osciloskop in V/Ω-meter so **dodatno zavarovane z drsnimi vrati**. Ta preprečujejo kratek stik, ki utegne nastati če, denimo, referenčni vhod V/Ω-metra priključimo na neko visoko napetost, hkrati pa ozemljitveni priključek osciloskopske sonde priključimo na ozemljitev ali neko drugo napetost.

7. Konektor za komunikacijo z zunanjim računalnikom

Na levi strani instrumenta, pod stikalom za izklop akumulatorjev, se nahaja 25-kontaktni Sub-D konektor, ki je namenjen serijski komunikaciji po mednarodnemu EIA standardu RS-232-C (glej: **12.1 Parametri serijske komunikacije**).



8. Opis učinka posameznih tipk



8.1 Vkllop instrumenta - tipka STANDBY

Če instrument ni pod napajanjem, vklop akumulatorjev ali omrežnega adapterja avtomatično vklopi instrument. Mikroprocesor razpozna vklop in postavi skočni vektor na začetek programa, kar se kaže na podatkovnem zaslonu v obliki izmenjave napisov LCD–OSC. V tem stanju ostane instrument do pritiska na tipko OSC/MM, s katero izberemo način delovanja (digitalni multi-meter ali osciloskop). Če do tega ne pride v 10 minutah, mikroprocesor ugasne vsa napajanja (minimalna poraba) in gre v 'STAND-BY' stanje, iz katerega ga lahko zbudi le tipka STANDBY, ali pritisk na tipko RESET (na desni strani, zraven priključka za AC-adapter).

Zaradi zaščite vhodov so v stanju STAND-BY vse nastavitve instrumenta postavljene na tovarniško privzete vrednosti, kot so navedene v **Tabeli 2**.

Če pa je instrument že pod napajanjem in ga zbudimo s pritiskom na tipko STANDBY, mikroprocesor vpostavi vse parametre na stanje kot je bilo ob izklopu instrumenta, bodisi da smo ga izklopili s tipko STANDBY, bodisi da se je samodejno izklopil po določenem času (pogoji za samodejni izklop so v **Tabeli 3**).



Omogočanje samodejnega izklopa dosežemo z zaporednim pritiskom tipk 2nd, STANDBY. Stanje se za nekaj sekund pokaže na podatkovnem zaslonu z izpisom 'On' (samodejni izklop omogočen) ali 'OFF' (samodejni izklop preprečen). Privzeto stanje je 'On'.

8.2 STND-BY in polnjenje akumulatorjev

Znotraj instrumenta si napajalnik in polnilec akumulatorjev delita tok iz AC-adapteja. Več toka ko porabi instrument za svoje delovanje, manj ga bo na voljo za polnjenje akumulatorjev. Akumulatorji se najhitreje napolnijo če je instrument v stanju STAND-BY. Tokovna poraba in tok polnjenja v posameznih načinih delovanja instrumenta so navedeni v **Tabeli 1**.



8.3 Izbira načina delovanja - tipka OSC/MM

Tipka OSC/MM omogoča preklap v V/ Ω -meter ali osciloskop. Poudariti je treba da je dostop do vhodnih sponk za osciloskop in V/ Ω -meter ločen z drsnimi vrati. To je nujno, ker bi sicer lahko prišlo do kratkega stika na napravi na kateri izvajamo meritve, če bi, denimo, referenčno sponko V-metra priklopili na eno napetost, referenčno sponko osciloskopa pa na drugo.

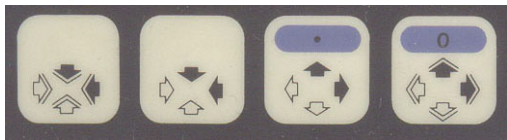


8.4 Opis delovanja osciloscopa - tipka HOLD/READY

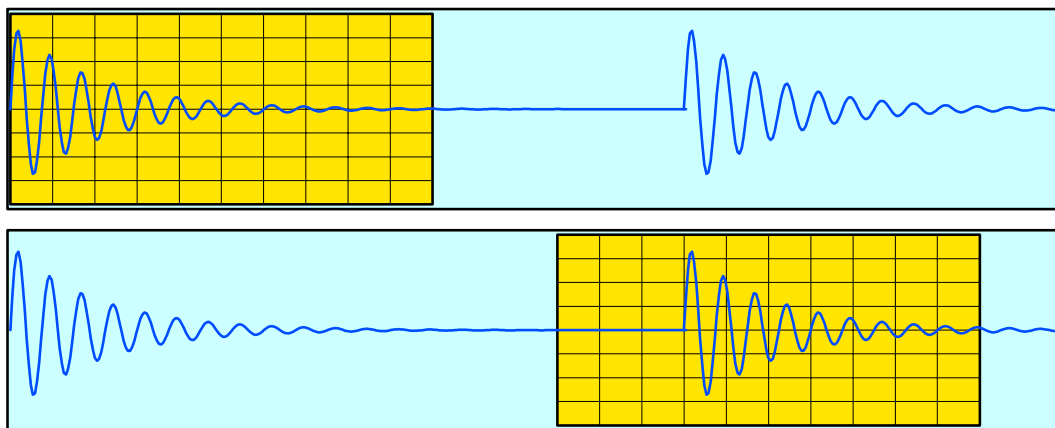
Privzeta nastavitev v osciloskopskem načinu delovanja je READY, kar pomeni da je instrument pripravljen na vzorčenje, ki se začne ob prepoznanem prožilnem signalu. Vzorčenje pa lahko po volji ustavimo s pritiskom na to tipko. Če osciloskop takrat ravno čaka na novo vzorčenje, bo le to prekinil in še naprej prikazoval nazadnje zajeti signal. Če pa je takrat ravno sredi vzorčenja, bo tekoča operacija dokončana in zajeti signal prikazan na zaslonu, nakar se nadaljnje vzorčenje prekine in osciloskop preide v stanje HOLD. Novo vzorčenje se lahko začne šele po ponovnem pritisku na to tipko (READY).

8.5 Pregledovanje povzorčenega signala in nastavitev opazovalnega okna

Ko je vzorčenje ustavljeno in je osciloskop v stanju HOLD je mogoče pregledovati ves v pomnilniku zajet signal. Iskrascope LCD prikazuje na zaslonu le 200 vzorcev signala, v pomnilniku pa je z enim vzorčenjem zajeto 512 vzorcev (pri novjših modelih 2048 vzorcev). Z uporabo tipk s puščicami:



je mogoče zaslonsko okno premikati po 1 cm (20 vzorcev - zunanji dve tipki) ali po 1/20 cm (1 vzorec - notranji dve tipki) po celotnem pomnilniku. Primer premika opazovalnega okna prikazuje **slika 6**.



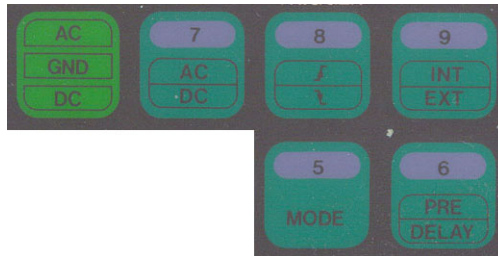
Slika 6: Premik opazovalnega okna (zaslona) glede na v pomnilniku zajeti signal.

Pomembno: Osciloskop si zapomni zadnji položaj opazovalnega okna; po pritisku na tipko HOLD/READY, ter prehod v stanje READY, ohranja ta položaj pri prikazu nanovo povzorčenih signalov.

Med premikanjem okna se na podatkovnem zaslonu izpiše premik v času po trenutno veljavni enoti časovne baze. Po zahtevi za novo vzorčenje ta informacija izgine z zaslona in o premaknjenem opazovalnem oknu ni posebne indikacije. Če med vzorčenjem pride do spremembe časovne baze, osciloskop ohrani zamik opazovalnega okna glede na položaj v pomnilniku (ne pa časovno!), kar pomeni da se opazovani detail signala lahko premakne izven opazovalnega okna (seveda je referenčna točka vedno trenutek proženja).

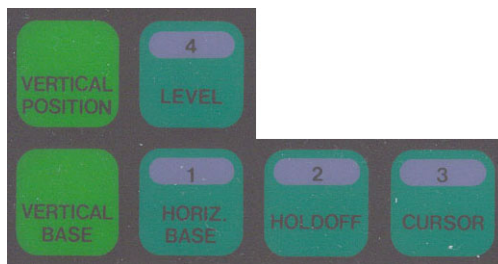
8.6 Nastavitev parametrov - dva načina nastavljanja

Večina osciloskopskih parametrov ima lahko le dva ali tri stanja, ki jih nastavimo z enkratnim ali dvakratnim pritiskom na ustrezno tipko. To so funkcije ki jih tudi pri klasičnih osciloskopih preklapljamo s stikali, **slika 7**.

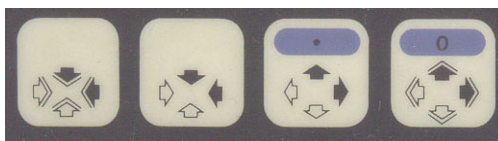


Slika 7: Tipke z 2 ali 3 nastavitveni vrednosti (ciklično nastavljanje). Pritisk na eno od teh tipk neposredno spremeni ustrezni parameter.

Nekatere funkcije pa zahtevajo večje število nastavitvev, take so tiste ki jih pri klasičnih osciloskopih nastavimo z potenciometri ali vrtljivimi preklopniki, **slika 8**. V tem primeru Iskrascope LCD ponuja preprosto rešitev. Parameter ki ga želimo spreminjati aktiviramo z pripadajočo tipko, nato pa z eno od štirih tipk z puščicami, **slika 9**, povečujemo ali zmanjšujemo vrednost aktivnega parametra. Parameter ostaja aktiven in ga lahko še naprej spreminjamo z večkratnimi pritiski na tipke z puščicami, dokler ne pritisnemo na tipko HOLD/READY, ali pritisnemo tipko CLEAR, ki ta parameter postavi na privzeto vrednost, ali izberemo drugi parameter.



Slika 8: Nekatere tipke z več nastavitvenih vrednosti.

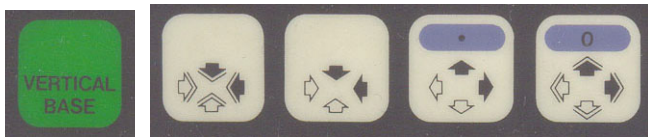


Slika 9: Tipke za povečanje/zmanjšanje vrednosti aktivnega parametra

Temne puščice na teh tipkah nakazujejo učinek ki ga bo imela sprememba posameznega parametra na prikaz signala zaslona.

Puščice sicer kažejo v obe smeri, vendar nekateri parametri učinkujejo le na vertikalno, drugi pa le na horizontalno komponento signala; noben parameter ne vpliva hkrati na obe razsežnosti prikaza.

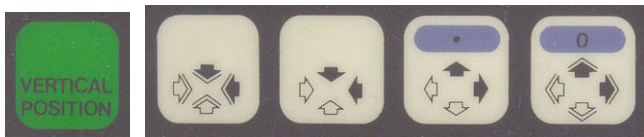
Zunanji dve tipki spremenita aktivni parameter bodisi za faktor 10, bodisi za 1cm, notranji dve tipki pa spremenita aktivni parameter le za en korak. Ko nastavitveni parameter doseže svoje mejne vrednosti se z nadaljnjimi pritiski na isto tipko ne spreminja več, spremeni se spet lahko le v nasprotni smeri. Prav tako, če nek parameter spreminjamo v velikih korakih, ko je dosežena taka vrednost, da bi z pritiskom na isto tipko že presegli mejno vrednost, se velikost koraka zmanjša.



8.7 Nastavitev vertikalne občutljivosti - VERTICAL BASE

Spreminjanje vertikalne občutljivosti omogočimo s pritiskom na to tipko in s tem postane ta parameter aktiven. Stanje aktivnosti se kaže z utripanjem enote [(m)V/cm] za številko na podatkovnem zaslonu. Dejansko spremembo številke in hkrati občutljivosti same pa uveljavimo šele ob pritisku na eno od štirih tipk s puščicami. Pomembno je poudariti da zahteva po spremembi parametra prekine tekoče vzorčenje in po opravljeni spremembi parametra zažene novo vzorčenje. Privzeta nastavitev je 10 V/cm.

Vertikalno občutljivost je mogoče spreminjati v korakih 1-2-5, od največje, ki znaša 5 mV/cm, prek 10, 20 in 50 mV/cm, itd., do najmanjše, ki znaša 20 V/cm. Z vsakim korakom se signal na zaslonu skrči za enak faktor kot je razmerje med dvema korakoma. Osciloskopska sonda z atenuacijskim faktorjem 10:1 ta območja spremeni na 50 mV/cm do 200 V/cm, kar zadostuje za skoraj vse meritve. Le za zelo visoke napetosti je treba uporabiti sonde z atenuacijskim faktorjem 100:1, ali celo 1000:1.

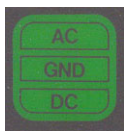


8.8 Nastavitev vertikalnega položaja - VERTICAL POSITION

Vertikalni položaj je privzeto na središčni horizontalni liniji zaslona. Območje nastavitve je enako velikosti zaslona (± 4 cm). Funkcijo spreminjanja vertikalne pozicije aktiviramo s pritiskom na to tipko (ni posebne indikacije za aktivnost te funkcije!), nato pa dejansko spremembo vrednosti uveljavimo s tipkami z puščicami. Te spremenijo položaj signala ppo vertikali za 1 cm (zunanji dve tipki), oziroma 1/15 cm (notranji dve tipki). Pritisk na tipko CLEAR vrne nastavitev na privzeto vrednost, ter ukine aktivnost funkcije.

Ta funkcija ne spreminja le prikaz signala na zaslonu, pač pa s pomočjo 8-bitnega digitalno-analognega pretvornika prišteje vhodnemu ojačevalniku zahtevano enosmerno komponento, nakar analogno-digitalni pretvornik povzorči signal skupaj z prišteto novo enosmerno komponento. Na ta način je možno kompenzirati že obstoječo enosmerno komponento signala, vendar le za največ ± 4 cm. Če pa želimo opazovati zelo majhne signale, ki imajo superponirano veliko enosmerno komponento (denimo, kako dobro nek napajalnik regulira napajalno napetost ob vklopu bremena), je bolje uporabiti AC sklopitev vhodnega signala (glej opis naslednje tipke) in ustrezno povečati vhodno občutljivost.

Zaradi tega ker funkcija vpliva na rezultat vzorčenja, mora mikroprocesor ob vsaki zahtevi po spremembi vrednosti parametra ustaviti tekoče vzorčenje (brez prikaza rezultata), nato opraviti spremembo, ter pognati novo vzorčenje.



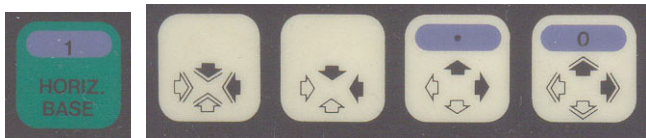
8.9 Izbira sklopitve vhodnega ojačevalnika - AC/GND/DC

Ta funkcija omogoča preklap vhoda ojačevalnika bodisi direktno na signal (DC), bodisi preko kondenzatorja (AC), bodisi na 'zemljo' (ground, GND).

Privzeto je sklopitev postavljena na DC, spreminja pa se v zaporedju GND, AC, GND, DC. Z vsakokratnim vmesnim preходом skozi GND omogočimo da se kondenzator za AC sklopitev sprazni preko vhodne upornosti instrumenta, oziroma se ob priklopu na enosmerno napetost do konca napolni. Tako se izognemo popačenju srednje vrednosti signala, ki bi lahko nastala zaradi relativno dolgega eksponencialno pojemajočega 'repa'. Indikacija trenutne nastavitve je prikazana na podatkovnem zaslonu pred številčno oznako vertikalne občutljivosti.

Priklop čez kondenzator uporabljamo takrat, ko želimo opazovati neko spreminjajočo se napetost z večjo občutljivostjo, brez (včasih zelo velike) enosmerne komponente. Vrednost kondenzatorja je izbrana tako da skupaj z vhodno upornostjo ojačevalnika ($1\text{ M}\Omega$) tvori ničlo v karakterističnem polinomu prenosne funkcije sistema, ter tako postavi spodnjo frekvenčno mejo sistema na približno 5 Hz. Ta meja predstavlja standarden kompromis: po eni strani želimo čim hitrejšo vrnitev signala na referenčni položaj po priklopu enosmerne komponente, po drugi strani pa ne želimo vnesti prevelike amplitudne napake pri opazovanju omrežne napetosti, ki niha z razmeroma nizko frekvenco (50 ali 60 Hz).

Priklop na referenčno vrednost ('zemljo') potrebujemo včasih da ugotovimo kolikšna je dejansko enosmerna napaka vhodnega ojačevalnika, oziroma kje natančno je vrednost vretikalne pozicije, če smo jo kam premaknili od izhodiščnega položaja.



8.10 Nastavitev časovne baze - HORIZONTAL BASE

Tudi časovna baza ima veliko število vrednosti, zato pri nastavitvi uporabljamo, enako kot pri vertikalni občutljivosti, tipke z puščicami. Vrednosti je 26, od $2\text{ }\mu\text{s/cm}$ do 500 s/cm , v korakih 1-2-5. Aktivnost te funkcije je nakazana z utripanjem enote $[(\mu, \text{m})\text{s/cm}]$ za številčno oznako.

Iskrascope LCD ima temperaturno stabiliziran RC -oscilator, ki steče po prožilnem impulzu in se ustavi po programsko določenem številu ciklov. Ta oscilator je osnova za generiranje urnih pulzov za analogno-digitalni pretvornik (ADC), obenem pa ti poganjajo digitalni števec, ki določa naslov pomnilniku, v registre katerega se digitalizirana vrednost signala vpiše. Oscilator teče z frekvenco 2 MHz, ter tako ADC vzorči v časovnih presledkih $0.5\text{ }\mu\text{s}$. To je najvišja hitrost vzorčenja, ki jo še dovoljuje vgrajeni ADC čip. Ker ima zaslon v horizontalni smeri ločljivost 200 točk in 10 razdelkov, pomeni da na en razdelek pride 20 vzorcev. Zato najhitrejša časovna baza znaša $20 \times 0.5 = 10\text{ }\mu\text{s/cm}$.

Nižje časovne baze se generirajo s pomočjo programabilnega digitalnega števca, ki deli osnovno frekvenco oscilatorja z faktorji 2, 5, 10, 20, 50, itd. Tako

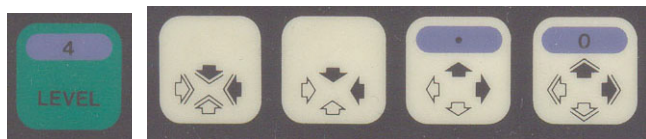
dobimo časovne baze 20, 50, 100, 200, 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, itd. Privzeta vrednost časovne baze je 5 ms/cm.

Pri časovnih bazah do 50 ms/cm ADC vzorči signal v svoj pomnilnik, ki ga po končanem vzorčenju mikroprocesor prebere in prepíše v zaslonski pomnilnik (ta teče neodvisno od preostalega del instrumenta). A pri časovnih bazah 100 ms/cm in več je interval med dvema urnima pulzoma 5 ms in več, kar pušča mikroprocesorju dovolj časa da ob vsakem urnem pulzu sproti prebere trenutni naslov ADC pomnilnika in prebrano digitalizirano vrednost signala prenese na zaslon, tako da slika signala nastaja točko za točko.

Opozoriti je treba, da pri časovnih bazah 100 ms/cm in več vzorčenje traja dokler se ne zapolni ves pomnilnik (512 ali 2048 vzorcev), torej dlje kot je dolžina slike na zaslonu. Pri najdaljši časovni bazi 500 s/cm traja zajetje prvih 200 vzorcev 5000 s, vseh 512 vzorcev pa 12800 s ali dobre 3 ure in pol. Za sledenje počasnim procesom (na pr., temperaturnim spremembam) se je treba oborožiti s potrpljenjem.

Poleg vzorčenja v 'realnem' času ima Iskrascope LCD tudi možnost vzorčenja v 'ekvivalentnem' času. Pri klasičnih 'sampling' osciloskopih, kjer se izkorišča dolga persistenca fosfornega premaza na zaslonu, je tak način vzorčenja pomenil zajem le enega vzorca na proženje, zato je tam slika nastajala razmeroma počasi, zlasti če se vhodni signal ni ponavljal hitro. V nasprotju s tem, Iskrascope LCD zajema signal le nekajkrat po več vzorcev na proženje, ter za vsako vzorčenje nastavi drugačno zakasnitev prožilnega pulza (ta zakasnitev znaša le delček periode med dvema vzorcema), na koncu pa sliko signala sestavi z ustreznim prepletanjem vzorcev vseh zajetih signalov.

Načeloma bi na ta način efektivno časovno bazo poljubno zvišali, vendar, na žalost, tako ADC kot tudi vhodni ojačevalec, ter zlasti vezje za proženje, imajo omejeno pasovno širino, zato se napaka vzorčenja hitro poveča. Iskrascope LCD ima zato le $2\times$ in $5\times$ ekvivalentno vzorčenje, torej časovne baze 5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ in 2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (kar ustreza intervalu med dvema vzorcema od 250 ns in 100 ns). Poleg tega, tak način vzorčenja zahteva zelo stabilno proženje, zato vzorčenje ne more potekati v samodejnem načinu proženja (AUTO); posledično pri teh časovnih bazah program vklopi normalen način proženja (NORMAL).



8.11 Nastavitev praga proženja - Trigger LEVEL

Prag proženja je še en parameter katerega vrednost nastavimo z uporabo tipk s puščicami. Prag proženja je dejansko enosmerna napetost, ki jo s pomočjo 8-bitnega digitalno-analognega pretvornika posredujemo diskriminatorskemu vezju. To vezje primerja signal z pragom in generira prožilni pulz ko signal prečka prag v izbrani smeri (glej opis naslednje tipke).

Privzeto je prag proženja na sredi zaslona (vertikalno gledano). Aktivnost te funkcije nakazuje $\frac{1}{2}\text{cm}$ dolga črtica na začetku drugega razdelka z leve (čeprav je dejansko vzorec zajet ob proženju privzeto na levem robu zaslona). Pritisk na tipke s puščicami takoj premakne položaj nakazan na zaslonu, vendar bo šele naslednje

vzorčenje signala ustrezalo novi vrednosti praga. Tako kot pri mnogih drugih funkcijah, tudi ta funkcija ob zahtevani spremembi praga prekine tekoče vzorčenje in pripravi instrument na proženje z novo vrednostjo praga.

Prag lahko nastavljamo v velikih korakih po ± 1 cm ali v majhnih korakih po $\pm 1/15$ cm, v območju ± 4 cm. V primeru da je izbrano proženje na zunanji signal (poseben prožilni vhod, EXT. Trigger), prikaz praga na zaslonu ne ustreza opazovanemu signalu, temveč je prag definiran kot enosmerna napetost, nastavljiva znotraj ± 2.5 V, ob minimalnem koraku 40 mV.

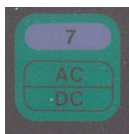
Aktivnost funkcije ukinemo z aktiviranjem ali spremembo drugega parametra, ali z pritiskom na tipko HOLD/READY. Tipka CLEAR ukine aktivnost funkcije in obenem povtavi vrednost parametra na privzeto vrednost.

Za zagotovitev stabilnosti proženja ima prožilni diskriminator majhno histerezo, ki znaša približno $\pm \frac{1}{4}$ cm glede na vrednost praga. Če pade amplituda signala pod to vrednost, do proženja ne bo prišlo (v samodejnem načinu proženja pride do izgube sinhronosti časovne baze z signalom).



8.12 Izbira naklona prožilnega signala - Trigger SLOPE

Naklon proženja določa ali se bo časovna baza sprožila pri prehodu signala čez prag proženja v smeri proti pozitivni napetosti (navzgor) ali proti negativni (navzdol). Indikacija trenutne nastavitve je prikazana na podatkovnem zaslonu.



8.13 Izbira sklopitve proženja - Trigger COUPLING

Prožilni diskriminator, tako kot pri sklopitvi vhodnega signala, lahko na izvor signala za proženje priklopimo neposredno (DC) ali čez kondenzator (AC), s katerim izločimo vpliv enosmerne komponente signala na višino praga proženja.

Poudariti je treba da je pri notranjem proženju (INT. Trigger) signal za proženje vzet na izhodu vertikalnega ojačevalnika, kar pomeni da njegove nastavitve vplivajo na nastavitve proženja. Če je, denimo, sklopitev vhodnega signala AC, sklopitev proženja pa DC, enosmerna komponenta signala ne bo vplivala na prag proženja, v nasprotnem primeru pa bo. Le če sta obe nastavitvi DC bo prikaz praga glede na signal dejansko tak kot na zaslonu. Prav tako zmanjšanje vertikalne občutljivosti signala zmanjša amplitudo signala glede na prag proženja. Edino sprememba vertikalne pozicije ne vpliva na prožilne parametre.

Indikacija stanja je prikazana na podatkovnem zaslonu pred številčno oznako časovne baze.



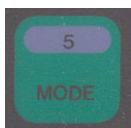
8.14 Izbira izvora prožilnega signala - Trigger SOURCE

Izvor prožilnega signala je lahko notranji (internal trigger, INT.), kar pomeni da isti signal, ki ga opazujemo, hkrati posredujemo prožilnemu diskriminatorju; to je

tudi privzeta nastavitvev. Lahko pa drug prožilni signal pripeljemo na poseben prožilni vhod, ter s pritiskom na to tipko izberemo zunanji izvor (external trigger, EXT.). Prožilni vhod lahko sicer sprejme napetosti do ± 50 V, vendar je območje nastavitve praga proženja omejeno na le ± 2.5 V. Prožilni vhod ima podobno vhodno impedanco kot signalni vhod ($1\text{ M}\Omega \parallel 35\text{ pF}$), tako da je za višje napetosti možno uporabiti enako sondo kot za signalni vhod.

Poudariti je treba da v primeru izbranega zunanjega izvora proženja prikaz praga proženja na splošno ne bo ustrezal prikazanemu signalu, razen v primeru ko sta vhodni in prožilni signal po obliki enaka in sinhrona.

Izbrano nastavitvev prikazuje podatkovni zaslon.



8.15 Izbira načina proženja - Trigger MODE

Iskrascope LCD ima vgrajena tri načina proženja, AUTO, NORMAL in SINGLE.

Privzeta nastavitvev je AUTO (avtomatsko, samodejno proženje). V tem načinu osciloskop omogoči proženje in hkrati požene 0.5 s dolg čakalni interval. Če znotraj tega intervala ne pride do proženja, istek čakalnega intervala samodejno sproži vzorčenje. Da do proženja včasih ne pride je lahko več različnih vzrokov: bodisi zato ker signala ni, bodisi zato ker se ta ne ponavlja dovolj pogosto, ali ker je prag proženja nastavljen previsoko ali prenizko in amplituda signala ne sega čez prag. AUTO način omogoča osveževanje zaslona brez prožilnega signala na vsake 0.5 s (plus čas ki je potreben za vzorčenje samo, ta pa je odvisen od nastavitve časovne baze), ter s tem ponuja možnost lažje nastavitve prožilnih parametrov glede na povzorčeni signal.

V način NORMAL ponavadi preidemo ko enkrat imamo nastavljeno zanesljivo proženje, a se signal ponavlja na več kot 0.5 s, tako da bi samodejno proženje povzročilo nesinhrono prikazovanje signala glede na izbrani prožilni prag.

SINGLE, oziroma enkratno proženje uporabimo ko želimo opazovati kratek časovni interval dogodka, ki ima več veljavnih prehodov čez prožilni prag (v načinu NORMAL bi osciloskop kmalu za prvim proženjem zajel tudi enega izmed kasnejših prožilnih dogodkov in bi prvega pokazal le za hip). V SINGLE načinu se po proženju in kočnem vzorčenju instrument samodejno ustavi (stanje HOLD), zato opazovanje signala ne motijo kasnejši prehodi signala čez prag proženja. Novo vzorčenje zahtevamo s tipko READY.



8.16 Izbira načina vzorčenja - SAMPLING MODE

Iskrascope LCD omogoča tudi opazovanje signala pred proženjem (PRE-Trigger SAMPLING) in zakasnjeno vzorčenje (DELAYED SAMPLING). Privzeta nastavitvev pa je NORMAL SAMPLING (kar ni posebej označeno na podatkovnem zaslonu), oziroma običajno vzorčenje, ko vzorčna ura steče ob prožilnemu pulzu.

Pri klasičnih analognih osciloskopih je opazovanje trenutka proženja omogočeno z analogno zakasnilno linijo, ki signal pripelje na odklonske plošče

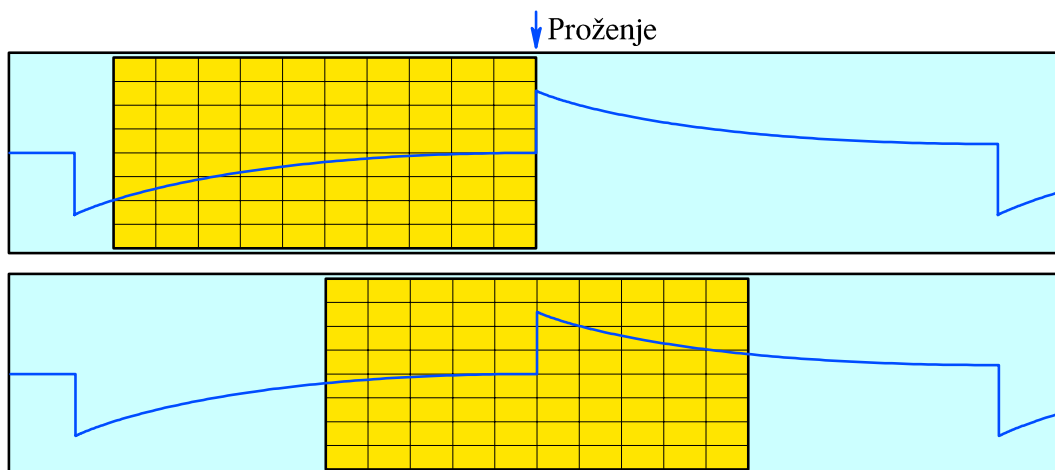
katodne cevi 50 do 100 ns za proženjem časovne baze. Tako lahko opazujemo čelo prožilnega signala in morda tudi nekaj 10 ns pred njim. Kot zakasnilno linijo se je nekoč uporabljal kar koaksialni kabel (zakasnitev 5 ns/m), kasneje pa je tehnologija dozorela za izdelavo drugačnih zakasnilnih linij z metodo večstopenjskih širokopasovnih pasivnih (*LC*) filtrov, nazadnje pa z izdelavo folijskih linij.

Iskrascope LCD žal ima relativno dolgo zakasnitev (270 ns) signala čez prožilni diskriminator in logično vezje za start časovne baze, zato vdelava dolge zakasnilne linije, z fazno zakasnitvijo linearno odvisno od frekvence, ne bi bila smiselna. Vendar digitalni osciloskop omogoča vzorčenje pred proženjem, zato zakasnilna linija ni potrebna, oziroma njeno funkcijo lahko prevzame kar polovica signalnega pomnilnika.

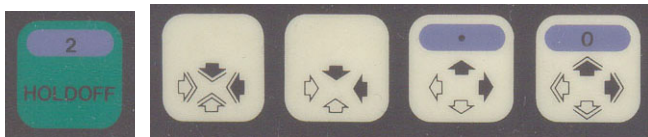
Denimo da vzorčna ura steče takoj po zahtevi za novo vzorčenje in hkrati poganja A-D pretvornik in dva števec. Prvi števec določa naslov pomnilnika kamor se vsak tekoči vzorec po AD-pretvorbi vpiše. Drugi števec pa čaka na proženje. Dokler prožilnega pulza ni, se vzorci signala vpisujejo v pomnilnik drug za drugim in ko pride števec do končnega naslova pomnilnika se ob naslednjem urnem pulzu postavi na začetek in prepíše prvi vzorec s tekočim, ter enako nadaljuje s drugim in naprej. Ko pa enkrat pride do proženja (ob katerem koli naslovu), začne drugi števec šteti urne pulze in šteje le do polovice dolžine pomnilnika, nakar ustavi vzorčenje. Zato bo le polovica vzorcev v pomnilniku zajeta za proženjem, polovica pa pred proženjem.

Predproženje seveda zahteva da do proženja prej ali slej pride, zato nima nobenega smisla vzorčenje z samodejnim proženjem (AUTO). Če je osciloskop bil v AUTO načinu proženja, bo z preklopom na vzorčenje pred proženjem prestavil tudi v NORMAL način proženja. Uporabnik mora zagotoviti da so prožilni parametri pravilno nastavljeni, sicer se zgodi da osciloskop čaka na proženje, do katerega sploh ne pride. Takrat je potrebno izklopiti predproženje in preiti nazaj na AUTO, ter ob pomoči samodejnega proženja pravilno nastaviti prožilne pogoje, zlasti prag proženja.

Ob preklopu na vzorčenje pred proženjem osciloskop prestavi tudi prikaz signala, tako da se trenutek proženja nahaja na desnem robu zaslona (in ne na levem, kot običajno). Tako opazujemo za cel zaslon signala pred proženjem. Seveda je tudi tu, kot pri običajnem vzorčenju, mogoče preiti v HOLD in premakniti opazovalno okno kamor koli, denimo tako, da bo trenutek proženja na sredini zaslona. Primer tega premika kaže **slika 10**:



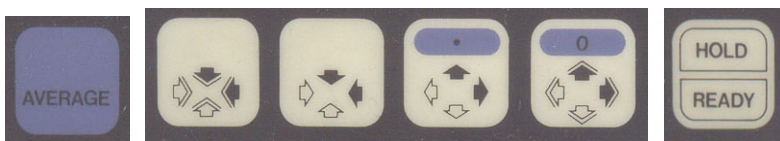
Slika 10: Položaj prožilne točke v pomnilniku ob vzorčenju pred proženjem, ter zamik opazovalnega okna v istem načinu vzorčenja.



8.17 Zadrževanje proženja - Trigger HOLD-OFF

Zadrževanje proženja (Trigger HOLD-OFF) nima enake vloge kot pri klasičnih osciloskopih, pač pa le preprečuje prehitro osveževanje zaslona. Tekoče-kristalni zasloni izgubljajo kontrast če se slika spreminja prehitro, zato zadrževanje proženja to preprečuje in obenem omogoča opazovanje signala in ustavitev vzorčenja ko želimo ujeti nek naključno pojavljajoči se dogodek.

Zadrževanje ima 8 vrednosti, od 30ms (približno 20 slik na sekundo) do 5 s, v približno podvajajočih se korakih (če odštejemo samo trajanje vzorčenja). Privzeta vrednost je približno 250 ms. Večje vrednosti so potrebne le v izjemnih primerih.



8.18 Povprečevanje - AVERAGE

Povprečenje signalov (AVERAGE) je uporabno le v primerih ko je signal sinhron z nekim dobro definiranim prožilnim signalom, obenem pa je iz različnih razlogov moten, oziroma zašumljen. Pogoji je da motilni signal ni sinhron z opazovanim signalom, kar je pri šumu skoraj vedno res. Zato z seštevanjem večjega števila zajetih signalov le tega ojačamo, med tem ko moteči signal interferira sam s seboj in se zmanjša. Tako v primeru da ima moteči signal frekvenčni spekter 'belega šuma' (kjer so vse frekvence enako zastopljene) z seštevanjem N signalov izboljšamo razmerje signal-šum za približno $\sqrt{N}$. Za drugačne spektre motilnih signalov je ta faktor lahko različen.

Privzeta vrednost povprečenja je 2, povečamo jo lahko z podvajanjem do 128. Ob aktiviranju tega parametra instrument preide samodejno v HOLD in prikaže trenutno vrednost parametra na podatkovnem zaslonu. To vrednost lahko nato po želji spremenimo. Novo vzorčenje s povprečenjem steče po pritisku na tipko READY.

Med povprečevanjem se na podatkovnem zaslonu prikažejo tekoče številke vzorčenja, med tem ko se na signalnem zaslonu prikazujejo vmesni rezultati, ki pa so sproti skrčeni za ustrezní faktor (tako da je velikost signala vedno med faktorjema 0.5 in 1 od dejanske amplitude). Po zajetju predpisanega števila signalov preide instrument ponovno v HOLD. Po povprečenju je premikanje opazovalnega okna v časovni smeri preprečeno. Omogočeno pa je raztegovanje povprečenega signala po velikosti (z podvajanjem, za največ N -krat) in lahko opazujemo manjše podrobnosti. Pri tem je treba poudariti naslednje: ker signal zajemamo 8-bitno, je rezultat 128 povprečenj lahko največ 16-biten in, ker poteka razteg slike po modulu 2, vzorci signala ki segajo čez zgornji rob zaslona se ponovno prikažejo nad spodnjim robom zaslona (obratno za vzorce ki segajo čez spodnji rob).

Povprečenje ukinemo z ponovnim pritiskom na tipko AVERAGE.



8.19 Shranjevanje signala v spominski register - STORE

Iskrascope LCD omogoča shranjevanje do 10 slik v pomnilnik. Vedno se shrani le slika na zaslonu (torej prikazanih 200 vzorcev), ne glede na to kje je v pomnilniku zajet trenutek proženja (če smo, denimo, premaknili opazovalno okno).

Po pritisku na tipko STORE preide instrument v HOLD (če že ni bil prej) in zahteva vnos številke registra v katerega naj shrani prikazani signal. Stanje ko instrument čaka na vnos številke je nakazano z izpisom črk 'nr.' (number). Številko vnesemo s pritiskom na eno od tipk, ki imajo v ovalnem violičasto obarvanem polju številko. Veljavni vnos je od 0 do 9.

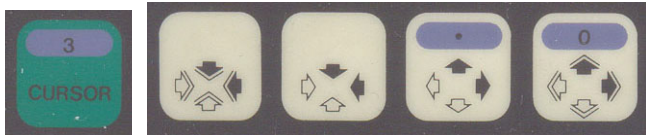
Slike bodo shranjene dokler jih ne prepisemo z novimi, ali pa do takrat ko instrumentu odklopimo tako AC-adapter kot tudi akumulatorje, oziroma do pritiska na tipko RESET (na desni strani instrumenta ob priključku za AC-adapter).



8.20 Priklic signala iz spominskega registra - RECALL

Shranjene slike signalov je seveda možno kadar koli priklicati. Tako kot pri shranjevanju, po pritisku na tipko RECALL instrument preide v HOLD (če ni že bil), ter zahteva vnos številke, nakar prikaže sliko iz ustreznega pomnilniškega registra.

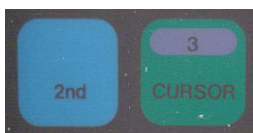
S pritiskom na tiko CLEAR pa povrne na zaslon zadnji zajeti signal.



8.21 Nastavitev merilnih indikatorjev - CURSOR

Iskrascope LCD omogoča izvajanje meritev na signalu in prikaz številčnih rezultatov, vendar za definiranje območja znotraj katerega se izvaja meritev potrebuje s strani uporabnika določene mejne vrednosti. Te pa določimo s merilnimi indikatorji, ali 'drsniki' (cursor).

Pritisk na tipko CURSOR postavi instrument v HOLD (če ni že) in aktivira prvi indikator, ki se privzeto nahaja na spodnjem levem vogalu zaslona in ima obliko 5 slikovnih elementov visokega stolpiča. Tega je sedaj mogoče z tipkami s puščicami premikati horizontalno do željenega položaja. Hkrati s premikom se na podatkovnem zaslonu izpiše trenutna vrednost signalne napetosti v izbrani točki.



Z zaporedjem tipk 2nd, CURSOR, lahko aktiviramo še drugi merilni indikator, ki je privzeto v spodnjem desnem vogalu zaslona, in ga prav tako lahko premikamo horizontalno do željene vrednosti. Številčni prikaz na podatkovnem zaslonu pa v tem primeru prikazuje časovno razliko med obema indikatorjema. Instrument si zapomni položaj indikatorjev na zaslonu do pritiska na tipko CLEAR.

Ta trenutno aktivni indikator prestavi v privzeti položaj, oba indikatorja pa preneha prikazovati in sliko signala obnovi.

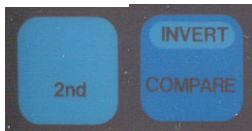


8.22 Primerjava dveh signalov - COMPARE

Pogoj za primarjavo je da sta oba signala zajeta z enakimi vrednostmi vzorčnih parametrov (sicer je operacija nesmiselna). Iskrascope LCD lahko primerja in hkrati prikaže dva signala, denimo trenutno zajeti signal na zaslonu z enim od signalov shranjenih v pomnilniških registrih. Če, denimo, pritisnemo tipki RECALL, 3, bo instrument prešel v HOLD in prikazal signal v registru 3. Sedaj s tipko COMPARE dobimo hkratni prikaz slike iz registra in nazadnje zajete slike.

Prev tako je možno opazovati dva signala shranjena v registrih. Pritisnemo zaporedje tipk, na pr., RECALL, 5, RECALL, 2, COMPARE, in na zaslonu bosta signala iz registra 5 in registra 2.

Tipka CLEAR povrne zadnji zajeti signal na zaslon.



8.23 Invertiranje signala - INVERT

Trenutno prikazani signal na zaslonu je možno invertirati, oziroma prezrcaliti okoli časovne osi zaslona. To je pripravno če želimo primerjati nek signal z njegovo lastno fazno zrcalno podobo, ali pa narediti kakšno drugo primerjavo ali matematično operacijo ki zahteva zrcaljenje. To omogoča zaporedje tipk 2nd, INVERT.

Tipka CLEAR povrne zadnji zajeti signal na zaslon.

9. Matematične funkcije



9.1 Integriranje

Časovni integral signala znotraj določenih časovnih meja lahko izračunamo z nastavitvijo obeh merilnih indikatorjev (CURSOR) na željene časovne meje in pritisnemo tipko z znakom za integral, $\int$. Če sta merilna indikatorja na položajih določenih z časovnimi koordinatami t_1 in t_2 in če signal poimenujemo $y(t)$, se matematični izraz za izračun glasi:

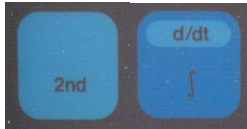
$$A(t) = \int_{t_1}^{t_2} y(t) dt$$

kjer je $A(t)$ površina, ki jo tvori signal z časovno osjo med obema časovnimi limitami. Ker pa seveda nimamo neskončnega števila neskončno kratkih časovnih vzorcev, moramo zgornji infinitezimalni izraz zapisati v diskretni obliki:

$$A(t) = \sum_{n=1}^N y(n) \Delta t$$

kjer je N število vzorcev od t_1 do t_2 in Δt je interval med dvema vzorcema.

Rezultat izračuna integrala se prikaže na podatkovnem zaslonu z izmenično izpisano decimalno številko (mantis) in eksponentom, v enotah [Vs].



9.2 Odvod

Tako kot integral, tudi funkcija odvoda zahteva nastavitve dveh merilnih indikatorjev (CURSOR). Vendar je treba biti pozoren z izbiro časovnega intervala. Zagotoviti je treba da je signal znotraj izbranega časovnega intervala monotono naraščajoč, ali padajoč, nikakor pa ne sme padati in naraščati, sicer bo rezultat nesmislen. To zahtevo ponavadi lahko izpolnimo tako da izberemo zadosti majhen časovni interval. Prav tako moramo zagotoviti da se bo signal relativno počasi spreminjal znotraj intervala, kar dosežemo z izbiro hitrejšje (krajše) časovne baze. S tem imamo na voljo večje število vzorcev in merilno natančnost povečamo. Instrument izračuna srednji odvod:

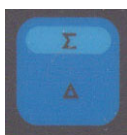
$$a(t_n) = \overline{\left\{ \frac{dy(t)}{dt} \right\}} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{y(n+1) - y(n)}{t(n+1) - t(n)}$$

kjer je t_n časovna koordinata vzorca (med t_1 in t_2) na katerega se nanaša izračun. V tej točki, kamor se po izračunu prestavi merilni indikator, instrument tudi nariše funkcijo odvoda (premico), ter izpiše številko, prav tako kot pri integralu, izmenično mantiso in eksponent, v enotah [V/s].



9.3 Izračun prave efektivne vrednosti signala - Trms

Izračun prave efektivne vrednosti signala ('true root mean square', V_{rms}) je rezultat vsote srednjih kvadratov zajetih vzorcev signala. Izračun zahteva predhodno določitev časovnega intervala s pomočjo merilnih indikatorjev (CURSOR). Za večjo natančnost je treba zajeti signal tako da je amplituda kar se da velika, ter časovna baza taka da zajame čim več od nič različnih vzorcev (vendar ne več kot eno periodo signala). Ne smemo pozabiti da je meritev V_{rms} podana na eno periodo signala, zato tudi to treba vzeti v poštev, denimo v primeru da iščemo pravo efektivno vrednost kratkih pulzov ki se ponavljajo z periodo mnogo daljšo od širine posamičnega pulza.



9.4 Vsota in razlika dveh signalov

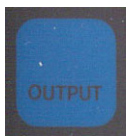
Pogoj za izračun vsote ali razlike dveh signalov je da sta oba zajeta z enakimi vrednostmi vzorčnih parametrov.

Razliko med pravkar zajetim signalom in signalom shranjenim v enem od pomnilniških registrov dobimo tako da prikličemo signal iz registra (RECALL, n) in pritisnemo tipko Δ (oziroma 2^{nd} , Σ , za vsoto). Operacija se izvede le na prikazanih 200 vzorcev na zaslonu. Prav tako je možno priklicati dva signala iz registrov in na njih narediti enako operacijo. Odšteva se vedno drugi signal od prvega ($A - B$).



9.5 Brisanje, privzeta vrednost parametra - CLEAR

Tipka CLEAR ima nalogo povrniti stanje na zaslonu pred izvedbo matematične operacije, oziroma preklicati aktivnost trenutno aktivnega parametra in povrniti njegovo privzeto vrednost. To zadnje velja za vse parametre ki se nastavljajo s tipkami s puščicami, razen vertikalne občutljivosti in časovne baze.



9.6 Izris signala na Y-t risalnik - OUTPUT

Signal na zaslonu (ne glede na to ali je bil pravkar povzorčen ali pa priklican iz spomina, ali pa je rezultat matematične obdelave) je mogoče izrisati na Y-t risalnik. Za razliko od Y-X risalnika ima Y-t risalnik svojo lastno časovno bazo, ki se jo da nastaviti (najbolj pogosto na 2 s/cm in 20 s/cm). Ob vklopu tipke OUTPUT gre instrument v HOLD (če ni že bil), ter nam izpiše trenutno veljavno hitrost, Hi/Lo (privzeto Hi), ki jo je mogoče spremeniti z tipkami s puščicami. Nato začne instrument na izhodnih sponkah oddajati napetost ki je sorazmerna prvi točki na zaslonu, kar omogoča da nastavimo ničleno, oziroma začetno vrednost na risalniku. Največja izhodna napetost pa je 1 V, kar moramo upoštevati pri nastavitvi vertikalne občutljivosti risalnika. Sedaj lahko startamo časovno bazo risalnika in hkrati pritisnemo na tipko READY za izris signala. Risanje lahko prekinemo z CLEAR.

10. Digitalni multi-meter (DMM)

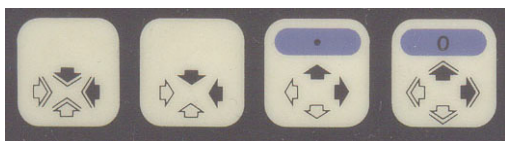


Z pritiskom na tipko OSC/MM postane instrument digitalni multi-meter. Ta način delovanja zahteva tudi odklop osciloskopskih sond, premik drsnih zaščitnih vrat, ter vklop sponk za V-meter ali Ω -meter.



10.1 Volt/Ohm-meter

Ob vklopu MM je privzeta nastavitve V-meter, z merilnim dosegom 200 V.



Območja V-metra nastavljamo z tipkami s puščicami, in sicer 20 mV, 200 mV, 2 V, 20 V in 200 V. Za doseg nad 200 V in do

650 V je potrebno prestaviti vhodno sponko v poseben visokonapetostni vhod (glej opis vhodnih sponk na začetku). Kot opozorilo, ob prehodu na ta doseg instrument dodatno nekajkrat zapiska. Vhodna impedanca obeh vhodov je enaka ($10\text{ M}\Omega$).

Sicer je visokonapetostni vhod z ustreznimi merilnimi sondami mogoče uporabljati tudi do 2 kV, vendar nad 650 V natančnost meritev ni specificirana. Za visoko-napetostne meritve je bolje vzeti dobro izolirano in proti koroni zaščiteno visokonapetostno sondo z impedanco $1\text{ G}\Omega$ in atenuacijskim faktorjem 1000:1, ki jo je mogoče uporabljati na običajnem vhodnem priključku in dosegu 2 V.

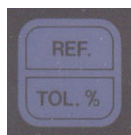
V-meter meri le DC vrednosti in nima posebnega AC usmernika (osciloskop lahko meri izmenične pojave bolj natančno in tudi prikaz pomeni več kot le številka!).

Z tipko V/Ω preklapimo v merilnik upornosti. Privzeto je doseg $200\text{ }\Omega$. Upornost se meri tako da instrument oddaja enosmerni tok in meri padec napetosti na priključenemu uporu. Izhodni tokovi in merilna območja so:

I_{out}	$V_{\text{in(max)}}$	R (doseg)
1 mA	0.2 V	$199.9\text{ }\Omega$
1 mA	2.0 V	$1.999\text{ k}\Omega$
$10\text{ }\mu\text{A}$	0.2 V	$19.99\text{ k}\Omega$
$10\text{ }\mu\text{A}$	2.0 V	$199.9\text{ k}\Omega$
100 nA	0.2 V	$1.999\text{ M}\Omega$
100 nA	2.0 V	$19.99\text{ M}\Omega$

Čeprav to ni posebej označeno, je območje z dosegom $2\text{ k}\Omega$ možno uporabiti tudi za test navadnih in svetlečih diod v prevodni smeri, saj je vhodni napetostni doseg 2 V pri toku 1 mA.

Pri Ω -metru so odprte sponke ('over-range' indikacija) označene z '1---'.



10.2 Statistične meritve - REF/TOL, n , σ , $\bar{x}$

Iskrascope LCD omogoča izvajanje statističnih meritev v V/Ω -metrskem načinu, denimo, če želimo opraviti vhodno kontrolo komponent, ki jih vgrajujemo v nekem industrijskem procesu, na pr., kontrolo nekega kritičnega upora, vrednost katerega naj ne bi odstopala za več kot določeno toleranco, ali pa na pr., izvajamo kontrolo napetosti baterij, ali pa napetostnih referenc ki se vgrajujejo, itd.

Pred uporabo te funkcije moramo instrument nastaviti na pravo območje merjenja, ki zajema pričakovano vrednost z zadovoljivo natančnostjo (denimo nad 201 in pod 1950 digitov merilnega dosega). Po pritisku na tipko REF/TOL.% zahteva instrument vnos najprej referenčne vrednosti (tipke z številkami), nato pa še tolerance v odstotkih. Meritve se začnejo po pritisku na tipko READY.

Za opravljeno meritev se šteje večkrat zajeta enaka vrednost, ki pade znotraj tolerančnega območja okoli referenčne vrednosti. Instrument loči med posamičnimi meritvami ko zazna odprte sponke, torej pri V-metru vrednost pod ± 50 digitov, pri Ω -metru pa prekoračitev območja, '1---'. Ob vsaki sprejeti vrednosti instrument zapiska. Trenutno vrednost, ki je iz kakršnih koli razlogov ne želimo upoštevati lahko zberišemo s tipko CLEAR in meritve nadaljujemo.

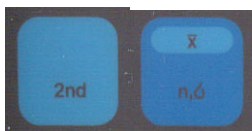
En set meritev lahko zajame do največ 1000 vrednosti.

Po končanih meritvah rezultate ovrednotimo tako da pritisnemo na tipko:



, ki izmenično prikaže celotno število meritev n in standardno deviacijo σ , ki je izračunana na intervalu zaupanja 96%. Tipka samodejno prestavi instrument v stanje HOLD.

S pritiskom na zaporedje tipk:



pa prikažemo povprečno vrednost vseh meritev, $\bar{x}$.

Če po izračunu, med tem ko je instrument v stanju HOLD, pritisnemo tipko CLEAR, se meritve in rezultati zbrisejo in je mogoče začeti nov set meritev pod enakimi pogoji le s pritiskom na READY.

11. Frekvenčna kompenzacija osciloskopske sonde

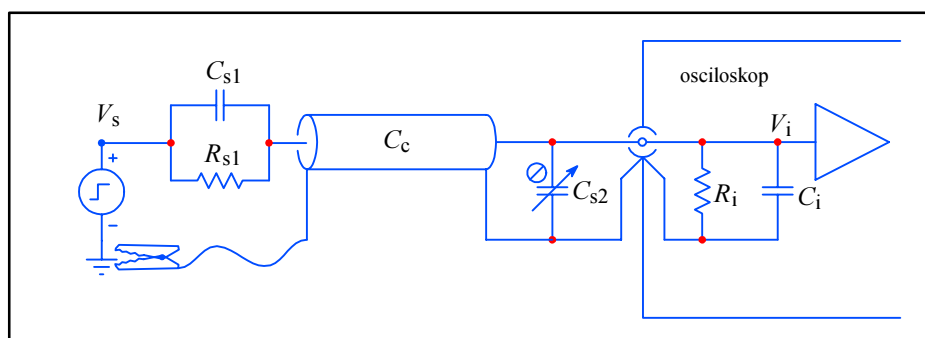
Signal lahko pripeljemo na vhod osciloskopa z oklopljenim kablom, kot je standardni RG-58 (s karakteristično impedanco $50\ \Omega$) ali RG-59 (s karakteristično impedanco $75\ \Omega$), ki potem mora biti tudi na nasprotnem koncu od izvora signala zaključen z ustrezno upornostjo ($50\ \Omega$, oziroma $75\ \Omega$), da preprečimo odboje signala (v ta namen uporabimo BNC T-člen in v BNC konektor vgrajen ustrezen upor). Tak način je nujen za opazovanje impulznih pojavov in visokih frekvenc.

Lahko pa uporabimo tudi osciloskopsko sondo brez atenuacije (1:1).

Pomanjkljivost obeh teh načinov povezovanja je v obremenitvi izvora signala:

- Koaksialni kabel z ustrezno zaključitvijo predstavlja zelo nizko impedanco po celotnem spektru, od DC do najvišjih frekvenc, in ta način povezave je primeren le za izodne signale naprav, ki vsebujejo zadosti močne ojačevalnike.
- Osciloskopska sonda brez atenuacije predstavlja visoko upornost le pri DC in nizkih frekvencah (ta je kar enaka osciloskopski vhodni upornosti, $1\ \text{M}\Omega$), vendar kapacitivnost koaksialnega kabla (okoli $100\ \text{pF/m}$) bremeni izvor signala na visokih frekvencah (če gre, denimo, za kak operacijski ojačevalnik, postane ta nestabilen in lahko celo oscilira z takim bremenom).

Da se izognemo kapacitivnemu bremenu ponavadi uporabljamo sondo z atenuacijo, kot na **sliki 11**, kjer se vhodna impedanca zviša za isti faktor kot znaša atenuacija signala (upornost se poveča, kapacitivnost se zmanjša).



Slika 11: Atenuacijska sonda in osciloskopski vhod. R_{s1} in C_{s1} sta serijska upornost in kapacitivnost sonde, C_c je kapacitivnost kabla sonde, C_{s2} je kompenzacijska kapacitivnost sonde, R_i in C_i sta upornost in kapacitivnost osciloskopskega vhodnega ojačevalnika.

Atenuacija je ponavadi 10:1 (včasih tudi 100:1) in je določena z razmerjem upornosti sonde in vhodne upornosti osciloskopa:

$$A_{DC} = \frac{V_s}{V_i} = 1 + \frac{R_{s1}}{R_i}$$

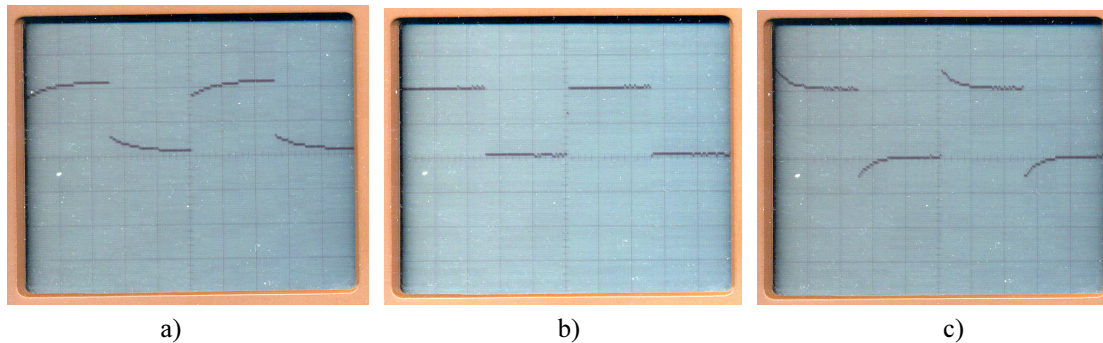
Če naj bo $A = 10$, mora biti $R_{s1} = 9 R_i$. Potem mora sonda imeti enako razmerje upornosti in kapacitivnosti, če želimo $A_{DC} = A_{VF}$ na vseh frekvencah:

$$A_{VF} = \frac{\frac{1}{j\omega C_{s1}}}{\frac{1}{j\omega(C_{s1} + C_c + C_{s2} + C_i)}} = 1 + \frac{C_c + C_{s2} + C_i}{C_{s1}}$$

Ker pa različni instrumenti imajo lahko različne vhodne kapacitivnosti (C_i) in kabli sond (C_c) se lahko malenkostno razlikujejo v dolžini in debelini, imajo sonde nastavljivo kapacitivnost C_{s2} za prilagoditev posameznemu instrumentu. Zato je nujno vsako sondo pred uporabo kalibrirati, da sta časovni konstanti delilnika enaki:

$$\tau_s = R_{s1}C_{s1} = R_i(C_c + C_{s2} + C_i)$$

Za lažjo kalibracijo sonde ima vsak osciloskop, tudi Iskrascope LCD, lastni izvor pravokotnih signalov. Običajno skupaj s sondo v paketu najdemo tudi majhen plastični izvijač (kovinski bi lahko vplival na kapacitivnost); s tem izvijačem zavrtimo kompenzacijsko kapacitivnost, ki je včasih na sami sondi, bolj pogosto pa na BNC priključku na koncu kabla sonde. Primer kalibracije sonde prikazuje **slika 12**:



Slika 12: Frekvenčna kompenzacija sonde: a) prekompensirana sonda, preveč atenuacije na visokih frekvencah; b) pravilno kompenzirana sonda, ki ima enako atenuacijo na visokih in nizkih frekvencah; c) podkompensirana sonda, premalo atenuacije na visokih frekvencah.

Če z neko sondo ne dosežemo prikaza signala kot pri b) in c) najbrž ima ta premajhno kapacitivnost C_{s1} , in zato ni primerna za uporabo z tem instrumentom. Je pa lahko taka sonda primerna za uporabo z osciloskopom, ki ima manjšo vhodno kapacitivnost C_i .

Denimo da ima sonda 1 m dolg kabel, kapacitivnosti $C_c = 100$ pF, ter kompenzacijsko kapacitivnost C_{s2} nastavljivo od 10 pF do 40 pF. Iskrascope LCD ima vhodno kapacitivnost C_i okoli 35 pF. Skupna največja kapaciteta na vходу je, torej, 175 pF, najmanjša pa 145 pF. Vhod osciloskopa ima upornost $R_i = 1$ M Ω , upornost sonde $R_{s1} = 9$ M Ω . To pomeni da mora biti kapacitivnost C_{s1} približno $9\times$ manjša od srednje skupne vhodne kapacitivnosti 160 pF, denimo $C_{s1} = 18$ pF. Tako bo izvor signala obremenjen le z skupno upornostjo $R_{s1} + R_i = 10$ M Ω , vsporedno s skupno efektivno kapacitivnostjo C_{eff} okoli 16 pF:

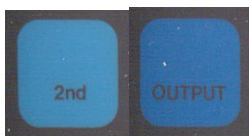
$$C_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{C_{s1}} + \frac{1}{C_c + C_{s2} + C_i}}$$

Poleg tega da atenuacijska sonda izvor razbremeni, njena uporaba tudi razširi frekvenčni pas. Zgornja frekvenčna meja, če je R_o upornost izvora signala, bo:

$$f_h \approx \frac{1}{2\pi R_o C_{eff}}$$

Isto relacijo lahko uporabimo tudi za spodnjo frekvenčno mejo f_L če uporabljamo AC sklopitve, le da R_o zamenjamo z $(R_{s1} + R_i)$, ter C_{eff} z kapacitivnostjo AC sklopitve $C_{AC} \approx 33$ nF. Brez sonde imamo le R_i , torej se f_L zniža za $10\times$. Pravilno kalibrirana sonda bo na splošno ustrezala tudi vходу za zunanje proženje, čeprav je vhodna kapacitivnost le tega ponavlja nekoliko manjša.

12. Vklp serijske komunikacije in daljinske kontrole



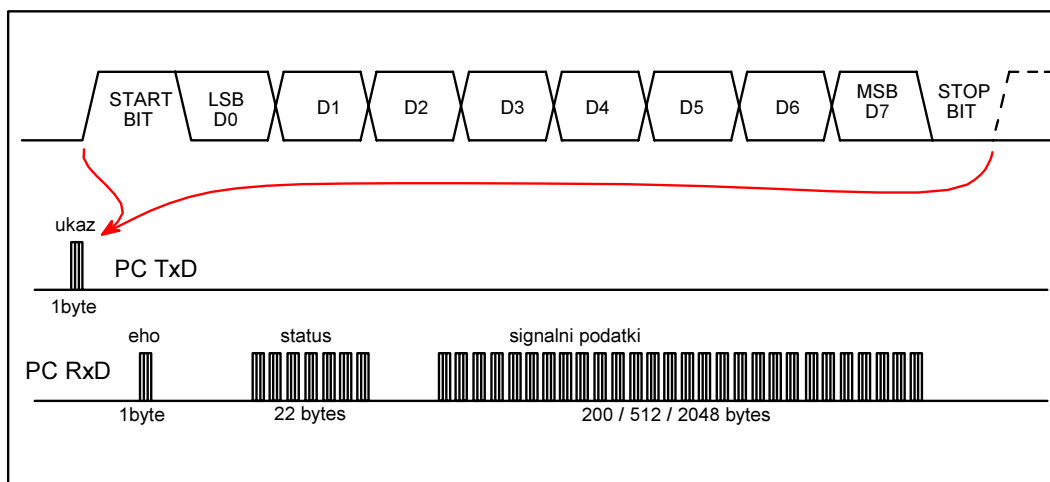
Z zaporednim pritiskom tipk 2nd, OUTPUT, vklopimo ali izklopimo komunikacijski kanal. Informacija o stanju se izpiše na podatkovnem zaslonu. Črke 'rE' (REMOTE) označujejo možnost daljinskega upravljanja z osciloskopom, med tem ko črke 'Loc' (LOCAL) označujejo kontrolo z lokalne osciloskopske tipkovnice. V REMOTE načinu so, razen teh dveh tipk, vse druge tipke onemogočene.

12.1 Parametri serijske komunikacije

Več podrobnosti o standardu RS-232-C je mogoče dobiti na naslovu:

< <http://en.wikipedia.org/wiki/RS-232> >.

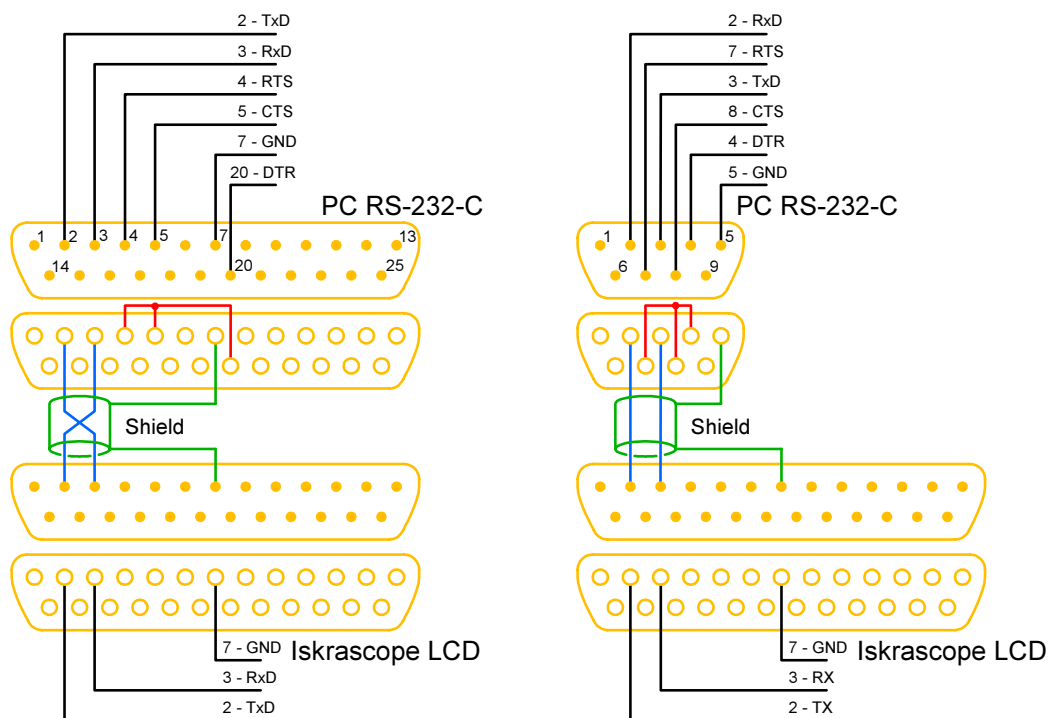
Na **sliki 14** je narisani časovni potek serijskega prenosa podatkov. Ena beseda (byte) je sestavljena iz start-bita, ki je vedno 1, osmih podatkovnih bitov (najprej najnižji bit, nazadnje najvišji bit), ter enega stop-bita, ki pa je vedno 0. Ukaz je večinoma ena sama beseda, odgovor pa je bodisi ena beseda (eho - enak kot ukaz), bodisi mu sledi še 22 statusnih besed, ki definirajo trenutne nastavitve instrumenta, temu pa lahko sledi večje število signalnih bitov (200, 400, 512, 1024, ali 2048).



Slika 14: Serijski prenos podatkov

Na **sliki 15** je narisana shema možnih povezav komunikacijskega kabla na ustreznih 25-kontaktnih ali 9-kontaktnih konektorih na zunanem računalniku.

Ovisno od tipa računalnika je odprtost komunikacijskega kanala določena s stanjem 1 kontrolnih bitov CTS in DTR. Kontrolnih bitov je pri RS-232 sicer več, vendar zadostuje če sta sprejemni liniji CTS in DTR na PC strani v stanju 1. To najbolj preprosto dosežemo tako da RTS na kabelskem konektorju vežemo hkrati na CTS in DTR, tako da PC sam vzdržuje kanal odprt. Na drugi strani Iskrascope LCD ne potrebuje teh linij, ker je kanal vedno odprt (če je le osciloskop delujoč in v REMOTE CONTROL načinu, ki ga vzpostavimo z pritiskom na tipki 2nd in OUTPUT - glej opis tipk).



Slika 15: Možne povezave kabla za serijsko komunikacijo v primeru 25-kontaktne in 9-kontaktne konektorja na zunanjem računalniku.

Prenos ukazov in podatkov določajo programske kode, ki so pri večini ukazov enake kodam tipk za posamezne funkcije. Spodnja tabela kaže kode tipk v šesnajstiškem zapisu (v enakem razporedu tipkovnice kot na **sliki 4**)

3F	2F	1F	0F	7F	6F	5F	4F
37	27	17	07	77	67	57	47
33	23	13	03	73	63	53	43
31	21	11	01	71	61	51	41

Tabela tipkovnih kod (šesnajstiški zapis)

Tako je ukazovanje instrumentu enako kot da bi pritiskali na tipke. Razlika je le v kodah za prenos statusa in slike:

Parameter	Ukaz	Odgovor
Status	F0	eho + 22 bytes
Signal na zaslonu	E2	eho + status + 200 bytes
Povprečen signal na zaslonu	E8	eho + status + 400 bytes
Signal v pomnilniku ADC	F8	eho + status + 512 bytes
Povprečen signal v pomnilniku ADC	E7	eho + status + 1024 bytes
Signal v pomnilniku ADC (nov tip)	E1	eho + status + 2048 bytes

Tabela ukazov za prenos statusa in podatkov signala (eho je enak ukazu).

Tabela 1: Tehnični podatki

Vhodni ojačevalnik in A-D pretvornik			
Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Občutljivost	S_v	(12 korakov 1-2-5) 0.005 – 20	V/cm
Čas posamičnega vzorčenja	τ_s	450	ns
Ločljivost ADC	r_1	8	bit
Ločljivost pri N -kratnem povprečevanju ($N = 2^n$; $n = 1 \dots 7$)	r_{1A}	$8 + n$	bit
Sistemska napaka	ϵ_s	$\pm 1.5\% \pm 1 \text{ LSB}$	-
Pasovna širina (-3 dB)	BW, f_H	DC – 500	kHz
AC sklopitev (-3 dB)	f_L	10 (probe 1:1), 1 (probe 10:1)	Hz
Vsponski čas (10–90%)	τ_r	≤ 0.7	μs
Prenihaj pri stopnici	δ_r	0.4	%
Vhodna upornost	R_i	1 ± 0.01	$M\Omega$
Vhodna kapacitivnost	C_i	35 ± 5	pF
Najvišja dovoljena napetost (vsa območja)	$V_{i\max}$	$\pm 400 \text{ (peak)}, 275 \text{ (rms)}$	V
Vertikalni položaj	V_{offs}	nastavljiv, ± 4 , korak 1/15	cm
Temperaturna odvisnost	ϵ_θ	$< \pm 2$	%
Proženje			
Notranje, prag	L_{it}	nastavljiv, ± 4 , korak 1/15	cm
Zunanje, prag	L_{et}	nastavljiv, ± 2.5 , korak 0.04	V
Občutljivost (DC–100kHz)	S_t	min. 0.5	cm
Občutljivost (400kHz)	S_{tH}	min. 2.5	cm
AC sklopitev (-3 dB)	f_{tL}	≤ 5	Hz
AUTO, Min.sign.fr.	f_{Amin}	≤ 10	Hz
Maks.napetost (EXT)	V_{et}	275	Vrms
Temperaturna odvisnost	$\epsilon_{t\theta}$	$< \pm 2$	%
Časovna baza (horizontalna baza)			
Območja (vzor. v realnem času)	t_B	24, 1-2-5, od 10μ do 500	s/cm
Območja (vzor. v ekvival. času)	t_{Be}	2 in 5	$\mu\text{s/cm}$
Sistemska napaka	ϵ_t	$< \pm 1$	%
Temperaturna odvisnost	$\epsilon_{t\theta}$	$< \pm 1$	%

Tabela 1: Tehnični podatki (nadaljevanje)

Analogni izhod za Y-t risalnik			
Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Izhodna napetost	V_{OP}	0 – 1	V
Upornost bremena	R_{LP}	≥ 1000	Ω
Napetost med risalnikom in signalnim izvorom	V_{aP}	≤ 250	Vrms
Nazivna izolacijska napetost	V_{nP}	650	Vrms
Preizkusna izo. napetost (50 Hz, 60 s)	V_{TP}	4000	V
Hitrost izpisa	s_P	Hi: 0.5, Lo: 0.05	cm/s
Volt/Ohm — meter			
Prikaz	-	$\pm 3\frac{1}{2}$	digit
Ločljivost ADC	r_2	12	bit
Odzivni čas	t_{su}	< 1	s
Območja V-metra (6)	S_{Vdc}	0.02 – 650	V (doseg)
Vhodna upornost	R_{idc}	10 ± 0.02	M Ω
Sistemska napaka	ϵ_{dc}	$\pm (0.5\% + 1\text{digit})$	-
Največja napetost (V/ Ω , GND)	V_{1max}	$\pm 275 / \pm 400$	Vrms/Vpk
Največja napetost (650V, GND)	V_{2max}	650	Vrms
Common-Mode V	V_{CM}	600	Vrms
Common-Mode Rejection	CMR	120	dB
Normal-Mode Rejection	NMR	60	dB
Območja Ω -metra (6)	S_{Ω}	0.200 – 20 000	k Ω
Ločljivost	r_{Ω}	0.1 – 10	Ω – k Ω
Sistemska napaka	ϵ_{Ω}	$\pm (0.5\% + 2\text{digit})$	-
Merilni tokovi	$I_{o\Omega}$	1 m/10 μ /100 n	A
Največja vhodna napetost	$V_{i\Omega}$	250/200	Vac/Vdc
Napetost odprtih sponk	V_{open}	< 10	V
Kalibracijski signal			
Napetost	V_{cal}	1 ± 0.1	V
Frekvenca	f_{cal}	1 ± 0.1	kHz
Nelinearnost	ϵ_n	< 0.5	%

Tabela 1: Tehnični podatki (nadaljevanje)

Računalniška serijska komunikacija			
Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Standard	-	RS-232-C	-
Baud-Rate (odvisno od modela)	BR	9600 ali 19200	bit/s
Število start bitov	N_{start}	1	-
Število podatkovnih bitov	N_{data}	8	-
Število stop bitov	N_{stop}	1	-
Število parnostnih bitov	N_{par}	0	-
Protokol	-	command–echo	-
Hand-shaking	$X_{\text{ON/OFF}}$	brez	-
Nazivna izolacijska napetost	V_{ni}	650	V
Preizkusna izo. napetost (brez komunikacije, 50 Hz, 60 s)	V_{Ti}	4000	V
Največje motnje (CMV, med komunikacijo)	dV_{CM}/dt	15	V/ μs
Konektor	-	25-kontaktni Sub-D	-
Dolžina kabla (pri BR 9600)	l_{cab}	(vsaj) 15	m
Nazivna izhodna napetost (TX/GND)	V_{TX}	$\pm 12 \pm 0.5$	V
Največja vhodna napetost (RX/GND)	V_{RX}	± 30	V
Upornost bremena	R_{TXmin}	≥ 3	k Ω
Kapacitivnost bremena	C_{TXmax}	≤ 2	nF
Vhodna upornost	R_{RXH}	≥ 7	k Ω
Vhodna kapacitivnost	C_{RX}	< 100	pF
Ukaz (sprejem)	-	1 ali 2	byte
Odgovor (echo)	-	1	byte
Status (odvisno od modela)	N_{ST}	22 ali 32	byte
Število podatkov [odvisno od modela]	kratka slika N_{DS} kratka povprečena N_{DSA} dolga slika N_{DL} dolga povprečena N_{DLA}	200 200×2 512 ali 2048 $(512 \text{ ali } 1024) \times 2$	byte

Tabela 1: Tehnični podatki (nadaljevanje)

Referenčni splošni pogoji			
Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Temperatura okolja	θ_{An}	23 ± 3	$^{\circ}\text{C}$
Relativna vlažnost zraka	H_{rAn}	60 ± 15	%
Mrežna napetost (PS NTO101)	V_{PSn}	230 ± 12	Vac
Izolacijska trdnost			
Nazivna izolacijska napetost	V_{ni}	650	Vrms
Preizkusna izo. napetost (50 Hz, 60 s)	V_{Ti}	4000	V
Napajanje			
Zunanje: PS NTO101 (mreža)	V_{PS}	230 ± 23	Vac
Mrežna frekvenca	f_{PS}	48 – 60	Hz
Izhodna napetost NTO101	V_{oPS}	12 ± 0.5	Vdc
Največja tokovna poraba	I_{Smax}	0.5	A
Akumulatorji, tip	-	4 × NiCd, IEC KR35/62	-
Napetost akumulatorja	V_{bat}	4 × 1.20	Vdc
Poraba moči (PS NTO101)			
Delovanje instrumenta	P_{op}	6	VA
Polnjenje akumulatorjev	P_{ch}	4	VA
Poraba moči iz akumulatorja			
Osciloskop	P_{osc}	2	VA
V/ Ω -meter	P_{vom}	1.5	VA
Stand By	P_{stby}	0.02	VA
Polnjenje akumulatorja			
Med delovanjem osciloskopa	I_{cho}	$\simeq 35$	mA
Med delovanjem V/ Ω -metra	I_{chv}	$\simeq 50$	mA
Stand By	I_{chs}	$\simeq 300$	mA
Klimatski pogoji			
Delovna temperatura okolja	θ_{Aop}	0 ... +50	$^{\circ}\text{C}$
Hranilna temperatura okolja (brez akumulatorjev)	θ_{Ast}	-30 ... +65	$^{\circ}\text{C}$
Temperaturni koeficient	α_{θ}	$< 1\epsilon_s/10^{\circ}\text{C}$	-
Relativna vlažnost zraka (delovna in hranilna)	H_{rA}	< 90	%

Tabela 1: Tehnični podatki (nadaljevanje)

Mehanske		obremenitve	
Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Pospešek pri vibracijah (3×20min, 50 Hz)	a_v	2.5	g
Pospešek pri udarcih (2×3×3)	a_s	15	g
Masa			
Masa brez akumulatorjev	m_i	4.4	kg
Masa z akumulatorji	m_{tot}	5.1	kg
Dimenzije			
višina × širina × globina	$h \times w \times d$	83 × 331 × 294	mm

Tabela 2: Privzete nastavitve instrumenta

Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Vertikalna občutljivost	S_v	10	V/cm
Vertikalni položaj	V_{offs}	0 (sredina zaslona)	cm
Vertikalna sklopitev	-	DC	-
Časovna baza	t_B	5	ms/cm
Prag proženja	L_{it}	0 (sredina zaslona)	cm
Sklopitev proženja	-	AC	-
Naklon proženja	-	↑	-
Izvor proženja	-	Notranji (INT)	-
Način proženja	-	AUTO	-
Način vzorčenja	-	NORMAL	-
Zadržano proženje	-	0.25	s
Cursor 1/2	-	0/10	cm
Povprečenje	-	izklopljeno	-
Komunikacija (RS-232)	-	izklopljena	-
Avtomatski izklop	-	omogočen	-
V-meter, območje	R_{Vm}	200.0	V
Ω -meter, območje	$R_{\Omega m}$	200.0	Ω
Referenca, Toleranca	-	nedefinirani	-
Signalni spomini	-	izbrisani (ničle)	-

Tabela 3: Pogoji za avtomatski izklop instrumenta

Po pritisku na tipko RESET	neaktivnost 10 min.
Osciloskop v READY	neaktivnost 60 min.
Osciloskop v HOLD	neaktivnost 10 min.
V/ Ω -meter v READY	neaktivnost 60 min.
V/ Ω -meter v HOLD	neaktivnost 10 min.