

Osciloskopi u fundusu Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme

Sažetak: Opisana je skupina osciloskopa u fundusu Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme. Zbirka je nastajala zadnjih 50 godina i ima više od 1700 izložaka, artefakata primijenjene tehnike u Hrvatskoj. Najznačajnije za zbirku je da su izlošci izravno tematski vezan uz prostor Hrvatske. Mjeriteljski izlošci korišteni su u sveučilišnoj i srednjoškolskoj nastavi, institutima i tvornicama. Dio osciloskopa ili dijelova osciloskopa proizveden je u hrvatskim tvornicama. Osciloskopi su posebno zastupljeni u zbirci s obzirom na njihov značaj u hrvatskoj znanosti, razvoju i proizvodnji elektroničkih sklopova i uređaja, obrazovanju i nastavi, servisima proizvoda ili pak za hobističke potrebe samoobrazovanja. Osciloskopi koji su pronađeni u Hrvatskoj upućuju na izrazitu tehničku kulturu primjene ondašnje tehnike i razvojno stvaralaštvo naših ljudi. Na pojedinim primjerima izložaka osciloskopa prikazan je manje poznat dio naše impresivne tehničke povijesti.

Ključne riječi: hrvatska tehnička baština, osciloskopi, artefakti mjerne i komunikacijske tehnike, povijest i filozofija tehnike

Uvod

Prva, a koliko je poznato i zasad najveća, Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, javnosti je predstavljena tek u zadnjih nekoliko godina. U tom smislu napravljena je još uvijek eksperimentalna mrežna stranica na adresi web.hamradio.hr/9a9dr/ gdje se zbirka može pogledati [1]. Spomenuta stranica u stalnom je nastajanju i širenju. Publicirani su i prvi tiskani materijali koji govore o zbirci [2-4], a u idućem razdoblju zacijelo će se pronaći i drugi načini promocije zbirke zainteresiranoj stručnoj javnosti.

Zbirka je nastajala gotovo pola stoljeća i danas sadrži više od 1700 izložaka. Prikupljeni izlošci imaju zajedničko obilježje da su se koristili i nalazili na

području Republike Hrvatske. Sačuvani od zaborava, istinski su artefakti tehničkog stvaranja i primjene ondašnjih tehnički vrhunskih uređaja u Hrvatskoj. Zbirka je većim dijelom nastajala donacijama brojnih zaljubljenika i poštovatelja tehničkog stvaralaštva i ingenioznosti, ali i privatnim otkupom uređaja s različitih sajмова ili iz novinskih i internetskih oglasnika. Mnogi kupljeni ili donirani uređaji bili su u tehnički neispravnom stanju, električki, elektronički i mehanički nefunkcionalni, nekompletni ili fizički oštećeni, vrlo često bez ikakve tehničke popratne dokumentacije. Stoga se ulaže velik napor, materijalna i novčana sredstva u njihov popravak i obnovu kako bi se doveli u ispravno stanje i osiguralo njihovo kvalitetno čuvanje.

Osciloskopi u fundusu zbirke važan su dio i po broju izložaka i po njihovoj važnosti za znanstvena istraživanja, proizvodne, edukacijske i servisne svrhe. Jedan su od materijalnih dokaza bogate hrvatske tehničke baštine koju valja isticati i kojom se trebamo ponositi. Za zbirku je važno da čuvani osciloskopi budu u dobrom estetskom stanju, kompletni s aspekta vanjskog izgleda i unutarnjeg ustroja te da budu električki, elektronički i funkcionalno ispravni. Da bi se sagledala izvornost vanjskog oblika, cjelovitost unutarnjeg ustroja, radna funkcionalnost i mjerni parametri potrebna je dokumentacija koju je vrlo teško pronaći. Zahvaljujući internetskim stranicama moguće je pronaći besplatnu dokumentaciju za dio osciloskopa strane proizvodnje, no i tu ljudska gramzivost ograničava dostupnost nekim podacima tražeći novčanu naknadu za njih. S obzirom na velik broj osciloskopa i drugih artefakata, to i nije mali iznos novca koji treba namiriti. Za neke strane osciloskope ne postoji baš nikakva dostupna tehnička dokumentacija, a za neke osciloskope hrvatske proizvodnje gotov ju je nemoguće pribaviti. Stoga se valja osloniti na stručna znanja i iskustva koja autori članka posjeduju baveći se godinama restauracijom uređaja ili u razgovorima sa starijim konstruktorima i stručnjacima kojih je, tijekom godina, nažalost sve manje.

Osciloskopi su vrlo složeni elektronički uređaji. Sadrže brojne sklopove koji za ispravan rad zahtijevaju ispravne komponente sklopovlja. S obzirom na starost artefakata, česti su problemi promjene električkih vrijednosti otpornika, kondenzatora i elektronskih cijevi nastale starenjem, a mogu biti tako velike da više ne mogu osigurati ispravan rad sklopova.

Osim promjena vrijednosti komponenti prouzročenih starenjem, nije rijedak slučaj prekid u otpornicima, proboj u kondenzatorima zbog lošeg dielektrika, prekid žarenja u elektronkama, kratki spoj među elektrodama, gubitak vakuuma u njima ili smanjena emisija katode. Gotovo je redovita pojava gubitak kapaciteta elektrolitskih kondenzatora ili proboj nekadašnjih papirnatih kondenzatora.

Stari su uređaji često bili neadekvatno čuvani, godinama u nekom vlažnom podrumu, pomoćnom spremištu, ostavi ili potkrovlju te ih je ozbiljno načela

korozija kućišta, kontakata sklopki, releja i preklopnika, a nerijetko i izolacijskih slojeva mrežnih transformatora.

Sve spomenuto stvara velike probleme pri restauraciji i popravku starih artefakata. Vrlo su česte kombinacije spomenutih problema pa je stoga teško proniknuti u razloge neispravnosti. Ako se neispravnost i detektira, novi problem nastaje pri nabavi zamjenskih komponenti. Mnogih građevnih komponenti starih uređaja više nema ni u proizvodnji ni u prodaji. Suvremena elektronika temeljena je na malim komponentama malih snaga i niskih napona. Gotovo je nemoguće naći otpornike većih snaga za starije uređaje, a kad od mladih prodavača u trgovinama elektroničkih komponenti zatražite otpornike snage dva ili više vata, oni vam u čudu odgovore da ima otpornika od četvrtine ili osmine vata ili još manje SMD komponente, oprezno vas gledajući što to s vama nije u redu. Gotovo je nemoguće nabaviti kondenzatore s aksijalnim izvodima jer se danas proizvode gotovo isključivo oni s radijalnim izvodima, namijenjeni tiskanim pločicama, tako da je i zamjena neispravnih komponenti povezana s estetikom starih gradbenih komponenti sklopovlja. S obzirom na suvremenu poluvodičku tehniku napajaju, gotovo u pravilu, niskim naponima, teško je pronaći i kondenzatore s visokim radnim i probojnim naponima, a kad se i pronađu njihova je cijena visoka. Elektronske cijevi praktički se više ne proizvode, osim nekoliko vrsta namijenjenih audiofilima, no i one su od "egzotičnih" proizvođača i upitne kvalitete. Preostaje kupovina preko interneta, koja je nesigurna i skupa, ili oslonac na nekoliko preostalih živućih ljubitelja tehnike koji ljubomorno čuvaju svoje zalihe starih komponenti.

Iz ovog kratkog opisa razvidno je koliko je teško doći do starog i zanimljivog artefakta hrvatske tehničke povijesti i baštine, a koliko je potom potrebno znanja, volje, napora, vještine, prostora, alata, instrumenata, vremena i novca da se samo jedan izložak iz kolekcije dovede u vizualno prihvatljivo stanje i da se obnovi kako bi ponovno ispravno funkcionirao. Potpuno je jasno da iza skupljanja starih hrvatskih tehničkih artefakata mora stajati iznimna ljubav, svijest, materijalno i vremensko odricanje.

1. Osciloskopi hrvatske proizvodnje

Utvrđena je stručnoj javnosti razmjerno slabo poznata, a vrlo zanimljiva, činjenica da je naša vrhunska tvornica Radioindustrija Zagreb, mnogima poznatija kao RIZ, po brojnim proizvodima i svojim blistavim razvojnim postignućima izrađivala i složene mjerne uređaje potrebne za razvoj i proizvodnju uređaja, pa tako i uređaje poput osciloskopa.

Cijevni osciloskop Radioindustrije Zagreb, oznake OS-155, proizveden 1955. godine prikazan je na slici 1. Ta vrsta osciloskopa bila je prilično



Sl. 1.: Osciloskop zagrebačke tvornice RIZ oznake OS-155, proizveden 1955. godine

zastupljena u nas pa se i u fundusu Zbirke nalazi nekoliko primjeraka. Osciloskopi su rađeni vrlo solidno, postignute su vrlo male dimenzije uređaja vještom ugradnjom sastavnih komponenti tako da je svaki djelić prostora u njemu racionalno iskorišten. Građen je od vrlo kvalitetnih komponenti tako da velik broj primjeraka i danas ispravno radi. Osciloskop nije bio zamišljen za neka složenija mjerenja, nego samo za promatranje valnih oblika pa nije imao složenije i umjerene atenuatore, a ni graduaciju skala na prednjoj ploči. Korištene su elektronske cijevi tvrtke Philips serije E80 i cijevi tvornice RR zavodi Niš, kasnije poznatije kao EI Niš. Zanimljivo je da te cijevi nakon toliko vremena nisu izgubile vakuum niti im je oslabjela katodna emisija.

Na prednjoj ploči osciloskopa nije bilo jasno naznačeno da je to proizvod RIZ-a, nego je o tome svjedočila samo mala okrugla emaljirana značka s logotipom tvornice, koja je bila smještena neposredno iznad zaslona katodne cijevi. Isto tako, nije bilo oznake tipa osciloskopa.

RIZ-ovi su konstruktori tad izveli pomak slike katodne zrake na zaslonu cijevi promjera 65 mm s pomoću trimmer potencijometara i odvijača, što nije bilo posebno dobro rješenje s obzirom da su nestabilnosti mrežnog napona prouzročile oscilacije položaja slike valnog oblika. Ubrzo je taj nedostatak uklonjen pa su se na osciloskopu Radioindustrije Zagreb oznake OS-157A iz 1957. godine ispod zaslona katodne cijevi pojavila dva manja gumba pa je pomak slike



Sl. 2.: Osciloskop tvornice RIZ oznake OS-157A, proizveden 1957. godine

izveden konvencionalnim potenciometrima. Pritom ostale funkcije i izgled nisu mijenjani, slika 2. Nije poznato je li sklopovlje također poboljšavano, ali prema vizualnoj procjeni vjerojatno nije.

Razvoj i proizvodnja osciloskopa nastavljani su pa se veći i znatno bolji uređaj Radioindustrije Zagreb, oznake OS-258, pojavio već iduće, 1958. godine, slika 3. To je bio znatno veći, složeniji i bolji osciloskop od svojih prethodnika. RIZ-ovi su stručnjaci tad s ponosom istaknuli oznaku osciloskopa, logotip tvornice i puni naziv Radioindustrija Zagreb. Osciloskop je bio namijenjen ozbiljnijim mjerenjima, imao je građuirani attenuator i vremensku bazu. Osciloskop je imao vremensku bazu koja je mogla generirati pilasti napon do 2 MHz, za razliku od svojih prethodnika koji su radili do 100 kHz. Nije poznato je li RIZ dalje razvijao svoju liniju osciloskopa. Postoji mogućnost da su se inženjeri posvetili razvoju drugih proizvoda, a kvalitetni osciloskopi nabavljani su iz zapadnih zemalja, kojima se tadašnja država polako otvarala.

O razvoju, karakteristikama i proizvodnji osciloskopa u Tvornici računskih strojeva najbolje svjedoči tekst iz pera njezina tadašnjeg zaposlenika mr. sc. Darka Lukše, koji je sudjelovao u postupku razvoja i proizvodnje:

“Tvornica računskih strojeva – Zagreb (TRS) bila je od 1945. pa sve do 1990. godine istaknuti proizvođač računalne opreme u bivšoj državi, Jugoslaviji. Kraj sedamdesetih i cijelo razdoblje osamdesetih godina prošlog stoljeća karakteriziralo je u TRS-u intenzivan razvoj elektroničke računalne opreme.



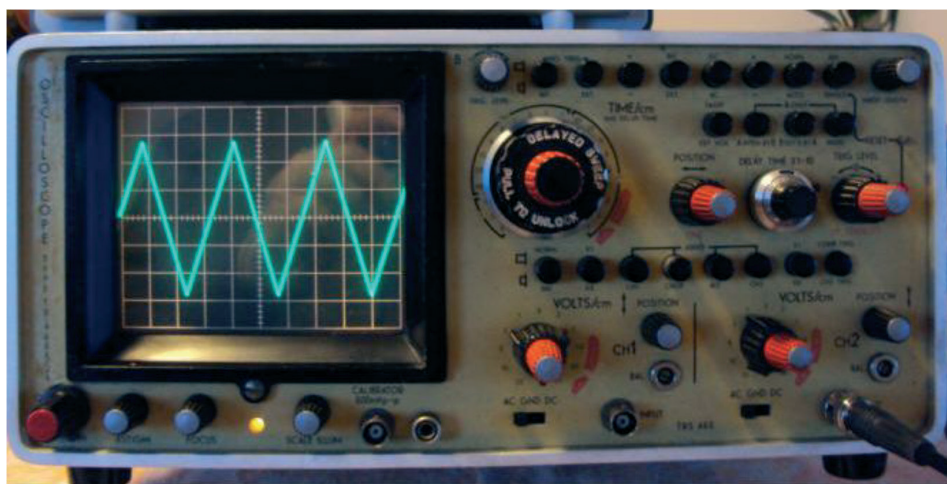
Sl. 3.: RIZ-ov osciloskop oznake OS-258 proizveden 1958. godine

Problemi sa kojima smo se izrazito suočavali bila je teško nabavljiva i ‘ustvari’ skupa mjerna oprema. Na ondašnjem domaćem tržištu postojala su dva proizvođača RIZ i ISKRA koji su imali u potpunosti vlastitu proizvodnju. Pored njih bilo je i nekoliko dobavljača koji su se predstavljali kao proizvođači, a u stvari su bili uvoznici stranih renomiranih i manje renomiranih svjetskih proizvođača mjerne opreme. S obzirom da je TRS bio gotovo 90-postotni proizvođač na bazi vlastitih snaga razvoja i proizvodnje, mjerna oprema u razvoju i proizvodnji bila je izrazit problem. Kako je to političko vrijeme dvaju ideološki svjetski sukobljenih blokova, nabava tzv. zapadne opreme bila je izrazito otežana, a i skupa. Kako smo mi dijelom bili na ovoj tzv. istočnoj strani, mogućnost suradnje sa zemljama tzv. istočnog bloka bila je lakša a tada i veoma poželjna. Rezultat toga bila je, kako je to u ono vrijeme bilo uobičajeno, prvo politički odobrena i potaknuta, a onda i realizirana stručna suradnja s državom Mađarskom, odnosno s tvornicom Elektronikus Mérökészülék Gyára (EMG). Prvi korak je bio da je u TRS došlo nekoliko mjernih uređaja i to OSCILOSKOP TR-4655, OSCILOSKOP TR-4655 / 2, PULSE GENERATOR TR-0361 i SIGNAL GENERATOR TR-0507. Najkorisniji uređaji su se pokazali osciloskopi koji su odmah uvedeni u odjel razvoja, u proizvodne pogone i u servis. Dolaskom kupaca i

kooperanata u TRS odmah je uočena i nova oprema, pa se pojavio interes i za te osciloskope. Kako je TRS u to vrijeme imao kadrovske i materijalne resurse za razvoj i proizvodnju elektronike, a i fino-mehaničkih ‘pozicija’ razmatrala se mogućnost, a i odmah potom se krenulo prema usvajanju proizvodnje. U prvom koraku uvezeni su gotovi uređaji, a zatim je ovladano sa sklapanjem na modularnom nivou. Paralelno s tim radnjama u potpunosti je ovladano sa servisom i baždarenjem, što su kupci izrazito cijenili jer je rok servisa bio kratak i kvalitetan. Usvojena su dva modela osciloskopa koji su imali komercijalne oznake TRS 455, slika 4. i TRS 457.”

Osciloskopi su se razlikovali minimalno u rasporedu komandi na prednjoj ploči. Funkcionalna karakteristika razlikovala se jedino u ulaznoj impedanciji vertikalnog pojačala, koja se kod TRS 455 temeljila na ulaznom otporu od 1 M Ω i kapacitetu od 35 pF, a kod TRS 457 na ulaznom otporu od 1 M Ω i kapacitetu od 28 pF. Razlikovali su se i u masi, koja je kod TRS 455 iznosila 11 kg, a kod TRS 457 bila je 13 kg. Bile su i neke minimalne razlike u elektronici, koje su se mogle uočiti tek na servisnom nivou. Neki osnovni tehničko-korišnički podaci su:

- iskoristiva površina ekrana: 80 × 100 mm
- vertikalno pojačalo: dvokanalno
- ulazni otpor: 1 M Ω (dual FET tranzistor na ulazu pojačala radi simetričnosti)
- širina propusnog pojasa: 0 – 30 MHz (mjerenjima pri podešavanju konstatirano je da je to redovito bilo do 50-60 MHz, a bilo je modela i do 100 MHz)



Sl. 4.: Osciloskop zagrebačkog TRS-a oznake TRS 455

- osjetljivost: 10mV/cm ... 20V/cm (11 položaja u 1-2-5 koracima)
- točnost ulaznog atenuatora: 5 %
- vremenska baza, osnovna: 0,5 s/cm pa do 0,1 μ s/cm (21 položaj u 1-2-5 koracima)
- točnost vremenske baze: 5 %.

Dodatna vremenska baza mogla se uključiti preklopnikom i omogućavala je da se signal, sinkroniziran s osnovnom vremenskom bazom, dodatno ubrza deset puta. Bitno je poboljšanje u tom slučaju da se osnovni promatrani signal može promatrati kao da se preko njega prelazi lećom i to je povećanje iznosilo najviše do deset puta. Za tu opciju postoji na prednjoj ploči 10-okretajni helikoidalni potencijometar. Ostale tehničke karakteristike nisu toliko bitne za ovakvu osnovnu informaciju i spadaju u specifičnosti mjerenja. Važno je napomenuti da je taj osciloskop u tehničkom pogledu bio usporediv sa sličnima na zapadnom tržištu, pa čak i bolji od njih.

Na tržište je plasirano nekoliko stotina komada modela TRS 455 i nekoliko desetaka TRS 457. Prava proizvodnja nikad nije ni usvojena ni pokrenuta jer je kraj osamdesetih godina obilježila politička nestabilnost ondašnje države. To je bilo vrijeme kad su se granice otvarale, okruženje se promijenilo, TRS je zapao u probleme, kao i većina proizvodnih struktura u okruženju.

2. Osciloskopi republika bivše države

Najveći proizvođač osciloskopa od svih republika bivše države slovenska je tvornica ISKRA. Ona je nastala iz Instituta za elektroniku i vakuumsku tehniku IEV – Ljubljana. Proizvodnja osciloskopa počela je u pogonima IEV-a, a kasnije je nastavljena u tvornici ISKRA. IEV vuče korijene iz 1943., kad su pokrenute prve radionice za radiouređaje na oslobođenom području Slovenije, no formalno je Institut IEV osnovan 1948., a već 1961. pripojen je poduzeću ISKRA – Kranj.

Proizvodnja osciloskopa je kontinuirana. Počela je cijevnim osciloskopima ranih šezdesetih i nastavljena razvojem poluvodičkih osciloskopa sve do ranih devedesetih. Tad je zbog raspada bivše države i gubitka tržišta prestala raditi tvornica ISKRA i proizvodnja osciloskopa u Sloveniji. Spomenuti osciloskopi bili su relativno kvalitetni pa su svoje mjesto uglavnom našli na polju edukacije (fakulteti i srednje škole), u tvornicama i servisima za popravak elektroničkih uređaja širom bivše države, a i u Hrvatskoj su bili jako zastupljeni.

Prvi osciloskop u proizvodnom programu bio je IEV MA 4001/A. S obzirom na to da se pojavio krajem pedesetih godina, bio je to odličan osciloskop za ondašnje vrijeme. Vremenska baza dosežala mu je do 100 kHz. Imao je kalibrirane atenuatore za X i Y pojačala, mjernu mrežicu na zaslonu katodne cijevi

i niz gumba koji su omogućili dobru sinkronizaciju i rukovanje prikazom na zaslonu katodne cijevi. Imao je zastarjele ulazne konektore u to vrijeme karakteristične za instrumente tt. Philips i Rohde & Schwarz i slovensko nazivlje na natpisima prednje ploče, slika 5.a).

Kasnije izlazi nova serija osciloskopa s oznakom IEV MA 4001/B, gdje su promijenjeni ulazni konektori te uvedeni i danas korišteni BNC konektori, a nazivlje na slovenskom jeziku djelomično je izmijenjeno (npr. natpis Prevesnik izmijenjen je u Časovna baza, Y Ojačevalnik u Ojačevalnik Y i sl.), a dimenzije osciloskopa i raspored upravljačkih gumba ostali su jednaki, slika 5.b).

Zadnji osciloskop koji je izrađen u poduzeću IEV dobio je oznaku IEV MA 4040. Bio je po svemu identičan modelu MA 4001/B, ali nazivlje je bilo na srpskom jeziku, slika 5.c), te je "novi model" očito bio namijenjen korisnicima iz drugih republika kojima je slovenski jezik bio stran.

Kad je ISKRA preuzela IEV, nastavila je proizvodnju istog modela IEV MA 4040, samo je naziv glasio ISKRA MA 4040 i to je bio njezin prvi osciloskop. Zanimljivo je da je ISKRA natpise na tom modelu ponovno ispisala na slovenskom jeziku pa se samo po toj kozmetičkoj promjeni razlikuje od prethodnika, slika 5.d).

Ubrzo je ISKRA počela izradu manjih i jeftinijih osciloskopa namijenjenih samo za promatranje valnih oblika, bez građuiranih atenuatora te bez mjerne mrežice na zaslonu katodne cijevi, očito namijenjenih školama i servisima. Pojavilo se više verzija tih osciloskopa.

Prvi je bez oznake proizvođača na prednjoj ploči i nosi oznaku Tip NE 0070 uz natpise na slovenskom jeziku, sl. 5.e). Pri dnu prednje ploče ima četiri utisna gumba koji imaju funkciju jednostavnog atenuatora. To su jedini utisni gumbi na cijevnoj seriji Iskrinih osciloskopa tvrtke ISKRA. Kasnije su utisni gumbi zamijenjeni okretnim preklopnici ili jednostavnim grubim biranjem područja primjenom buksni.

Fizički jednak model nosi oznaku MOC-2, ali na njemu se pojavio karakterističan logotip tvornice u obliku zvijezde u krugu i s natpisom Iskra, slika 5.f). S trećim modelom, oznake MA 4005, slika 5.g), Iskra se vratila, i kasnije zadržala, svoj način označavanja mjernih instrumenata po kojima je serija osciloskopa nosila oznaku MA 40xx i po kojima je ostala prepoznatljiva.

Nakon eksperimenta s prethodnom linijom razmjerno malih osciloskopa, Iskra prelazi na proizvodnju srednje malih osciloskopa prepoznatljivog i vrlo uspjelog dizajna, sa svjetlosivim prednjim pločama i plavim kućištima. Bili su dobri i razmjerno jeftini tako da se ta linija vrlo često koristila u edukacijske svrhe u gimnazijama i srednjim strukovnim školama te servisima za popravak elektroničke opreme.

Jedan od najstarijih i vrlo rijetkih osciloskopa iz spomenute serije nosio je oznaku MA 4002, slika 5.h). Nije imao gumbe za vertikalni i horizontalni pomak slike, ali imao je građuiranu mrežicu na zaslonu katodne cijevi i kalibratore



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)



j)



k)



l)



m)



n)

Sl. 5.: Cijevni osciloskopi IEV i Iskra

a) IEV MA 4001/A, b) IEV MA 4001/B, c) IEV MA 4040, d) Iskra MA 4040, e) Iskra NE 0070,
 f) Iskra MOC-2, g) Iskra MA 4005, h) Iskra MA 4002, i) Iskra MA 4003, j) Iskra MA 4003/M,
 k) Iskra MA 4006/S, l) Iskra MA 4006/E, m) Iskra MA 4060, n) Iskra MA 4061

te okretnne atenuatore za vertikalno i horizontalno pojačalo tako da su bila moguća jednostavna očitavanja vršnih vrijednosti signala i vremena promatranih pojava. Iz tog su modela kasnije izvedene različite inačice drugih, s mjernom mrežicom i bez nje, s okretnim ili jednostavnim atenuatorima s buksnama, s kalibratorom za vertikalno pojačalo i bez njega, a kalibracija horizontalnog pojačala pojavila se tek na zadnjim modelima cijevnih osciloskopa.

Znatno zastupljeniji osciloskop koji se godinama proizvodio imao je oznaku MA 4003, slika 5i). Imao je ulaze s BNC konektorima za vertikalno pojačalo i vanjsku sinkronizaciju slike. Vremenska baza dostizala je frekvenciju od 50 kHz. Imao je mjernu mrežicu na zaslonu katodne cijevi i jednostavan kalibrator tako da se ga moglo umjeriti za određivanje vršnih vrijednosti promatranih signala. Nazivlje na prednjoj ploči bilo je na engleskom jeziku. Zanimljivo je da mu je bio omogućen samo vertikalni pomak slike, a horizontalni je bio tvornički namješten. S obzirom na to da je osciloskop bio dobro prihvaćen na tržištu ondašnje države i da se dugo proizvodio, pretrpio je i uspjele kozmetičke promjene. Na modelu MA 4003M, slika 5.j), estetski je promijenjena prednja ploča tako da je siva nijansa postala dominantna, plavu boju kućišta zamijenila je također elegantno siva, a gumbi na prednjoj ploči dobili su novi, moderniji oblik. To je očito bio jedan od najdugovječnijih cijevnih osciloskopa pa je uspio doživjeti estetska dizajnerska poboljšanja. Taj novi estetski iskorak nije zaživio u Iskrinoj produkciji jer se naslućivao kraj ere cijevnih uređaja i dolazak poluvodičkih modela temeljenih na drukčijem dizajnu.

Seriya osciloskopa s oznakom MA 4006/S, slika 5.k), očito je bila namijenjena za školske edukativne svrhe. Kod tih osciloskopa nije bilo mjerne mrežice na zaslonu katodne cijevi, a izbačen je i kalibrator pa se nije mogla mjeriti vršna vrijednost signala. I vremenska baza bila je najskromnija od svih proizvedenih osciloskopa iz skupine. Išla je samo do 20 kHz, ali to je za školske potrebe očito bilo dovoljno. Nije bilo ni gumba za vertikalni i horizontalni pomak slike, a tu razmjerno asketsku varijantu malo je popravila mogućnost priključka horizontalnih signala, što je bilo zahvalno za prikaz Lissajousovih krivulja u nastavi fizike i elektronike. Ulazne BNC priključnice zamijenjene su buksnama preko kojih je izvedena jednostavna atenuacija signala uz izbjegnuti, vjerojatno skuplji, preklopnik. Nazivlje na osciloskopu bilo je na slovenskom jeziku. Kasnije se pojavila mehanički i elektronički jednaka inačica tog osciloskopa, MA 4006/E, samo je na prednjoj ploči nazivlje bilo ispisano na engleskom jeziku, slika 5.l).

Zajedničko obilježje opisane serije osciloskopa dugovječnost je i pouzdanost, a svi osciloskopi iz Zbirke ispravni su i u radnom stanju.

Ponukana uspjehom opisane serije osciloskopa, tvornica Iskra napravila je izvrsne osciloskope oznake MA 4060 s golemim katodnim cijevima promjera zaslona od čak 160 mm, slika 5.m). Osciloskop je očito bio namijenjen

demonstracijama na vježbama iz elektroničkih sklopova gdje je grupa učenika mogla promatrati prikazane oblike signala. Osciloskop je i inače bio velik, a imao je niz potenciometara i preklopnika koji su omogućavali brojne funkcije. Zanimljivo je da su kao ulazni konektori korišteni tzv. Amphenol konektori, koji se nisu ni prije ni poslije pojavili u Iskrinu proizvodnom programu osciloskopa. Osciloskop je bio efektne sive boje koju je uveo još IEV i imao je crne kljunašte gumbe kao i prvi IEV-ovi i Iskrini osciloskopi. Nazivlje je bilo na slovenskom jeziku.

Opisani osciloskop kasnije je doživio dizajnerske promjene pa mu je prednja ploča poprimila svjetlosivu boju, kućište je dobilo prepoznatljivu Iskrinu plavu boju i englesko nazivlje na prednjoj ploči. Pritom nije mijenjan raspored funkcija komandi na prednjoj ploči, ali osciloskop je ipak dobio novu oznaku, MA 4061, slika 5.n). I danas taj uređaj plijeni dizajnom i pouzdanim radom. Kao kuriozitet može se istaknuti da je prikazani primjerak osciloskopa 1973. godine instaliran u Laboratoriju za elektroniku tadašnjeg Školskog centra za strojarstvo i elektrotehniku u Klaićevoj ulici u Zagrebu. Prvi suautor članka, Dubravko Rogale, imao je priliku raditi na njemu i sjeća se ushićenja tijekom rada i izvrsne organizacije vježbi iz elektroničkih sklopova. Voditelj Laboratorija i nastavnik predmeta tad je bio Slobodan Praljak, dipl. inž., erudit i izvrstan predavač, pedagog, zaštitnik učenika. Osciloskop je prije nekoliko godina pronađen u podrumu škole, pod hrpom ugljena. Nakon čišćenja i nekoliko dana sušenja ispravno je proradio. I Željko Knezić, također suautor članka, završio je tu školu, s lijepim uspomenama na izvrsne i plemenite profesore. Taj osciloskop zauzima stoga počasno mjesto u Zbirci i budi u nama sjetne uspomene. Na slici 6. prikazani su učenici Školskog centra za strojarstvo i elektrotehniku u Klaićevoj ulici u Zagrebu u Laboratoriju za elektroniku pri radu s osciloskopom Iskra MA 4061. Autor slike treći je suautor članka, koji je fotografirao skupinu svojih kolega iz razreda na laboratorijskim vježbama.

Tim su cijevnim osciloskopima IEV i Iskra obilježili jednu epohu s najvećim odrazom na obrazovanje srednjoškolaca i servisne aktivnosti u Hrvatskoj. U Prvoj hrvatskoj zbirci čuva se svih 14 modela opisanih osciloskopa u ispravnom stanju. Nažalost, dokumentacija je manjkava i postoji za samo nekoliko modela te se za njom i dalje intenzivno traga.

Iskra je razvoj osciloskopa nastavila u poluvodičkoj tehnici. Za hrvatsku tehničku povijest važno je istaknuti da su praktički svi tranzistori u idućoj seriji osciloskopa, neka operacijska pojačala i integrirani stabilizatori napona proizvod renomirane zagrebačke tvornice RIZ.

Prvi osciloskop izrađen u poluvodičkoj tehnici bio je s oznakom MA 4041, slika 7.a). Iz slike je vidljivo da je Iskra za poluvodičke osciloskope odabrala potpuno novi, izduljeni dizajn. Kod većine je katodna cijev s pravokutnim zaslonom na lijevoj strani, slijedi skupina gumba za intenzitet i fokus slike,

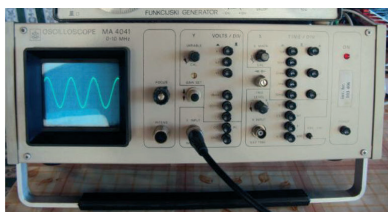


Sl. 6.: Učenici Školskog centra za strojarstvo i elektrotehniku u Klaićevoj ulici u Zagrebu u Laboratoriju za elektroniku pri radu s osciloskopom MA 4061

jednokanalno vertikalno pojačalo, vremenska baza i gumbi te indikacija rada. Prednja ploča obojena je svjetlosivo, kućište tamnosivo, a nazivlje na svim osciloskopima je englesko. Osciloskop MA 4041 konstruiran je do granične frekvencije od 10 MHz. Sljedeći model, MA 4042, sl. 7.b), ima jednaku graničnu frekvenciju i vanjski oblik, a zbog nedostatka dokumentacije ne može se potvrditi poboljšanje konstrukcije. Oba osciloskopa imaju vrlo ostru sliku i izvrsnu sinkronizaciju. Zanimljivo je da kod njih dominiraju utisni gumbi koji su dotad izbjegavani.

Na slici 7.c) prikazan je model oznake MA 4048, prvi dvokanalni poluvodički osciloskop tvornice Iskra. Dizajn je ostao sličan prethodnim modelima, ali broj utisnih gumba znatno je smanjen i uvedeni su uobičajeni okretni attenuatori s konvencionalnim preklopnjcima. Novost je i indikacija rada okidnog sklopa (trigera) vremenske baze. Spomenuti model radio je do granične frekvencije od 15 MHz. Novi model, MA 4049, slika 7.d), zadržao je oblik, ali mu je granična frekvencija povećana na 20 MHz. I on se odlikuje izvrsno fokusiranom i stabilnom slikom.

Nakon tih uspješnih modela jednokanalnih i dvokanalnih poluvodičkih osciloskopa, Iskra se odlučila za novi dizajn i povećanu katodnu cijev s većim zaslonom na osciloskopu oznake MA 4070, slika 7.e). Katodna cijev malo je pomaknuta prema sredini tako da se gumbi za uključenje i podešavanje



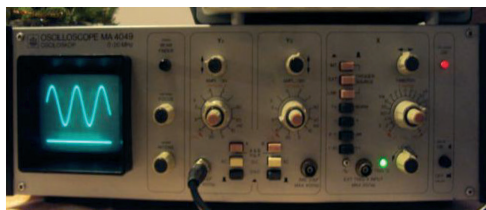
a)



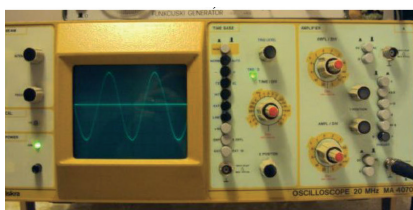
b)



c)



d)



e)



f)



g)

Sl. 7.: Poluvodički osciloskopi tvornice Iskra

a) Iskra MA 4041, b) Iskra MA 4042, c) Iskra MA 4048, d) Iskra MA 4049, e) Iskra MA 4070, f) Iskra BM 566, g) Iskra Iskrascope LCD

intenziteta i fokusa nalaze s lijeve strane. Redoslijed pojačala promijenjen je pa se desno od katodne cijevi nalazi vremenska baza i horizontalno pojačalo, a dvokanalno vertikalno pojačalo smješteno je na krajnjoj desnoj strani osciloskopa. Granična frekvencija ostala je 20 MHz, ali za prednju ploču odabrana je dominantna zlatnožuta boja. Osciloskop je građen potpuno modularno što je vjerojatno olakšavalo servis, popravak i umjeravanje, a ima izvrsnu oštrinu i stabilnost slike.

Iskra je kasnije napravila još jedan vrhunski osciloskop, s katodnom cijevi u sredini i odličnih karakteristika, oznake BM 566, slika 7.f). Za njega nema dokumentacije, no moguće je da radi do frekvencija od 100 MHz, a zasigurno ima vrlo ozbiljnu dvostruku vremensku bazu i izvrstan okidački sklop. Dobri poznavatelji mjerne povijesti ističu da je to rađeno u suradnji s jednom europskom zemljom, a respektabilan dizajn i radne karakteristike samo potvrđuju uspješan Iskrin razvojni put.

Spomenuti Iskrin razvojni put završava konstrukcijom hibrida osciloskopa s LCD ekranom i multimetrom oznake Iskra Iskroscope LCD, slika 7.g). U Zbirci se nalazi jedan neispravan primjerak tog uređaja, bez dokumentacije. Vidljiv je profesionalni izgled tiskanih pločica i složenost uređaja, primjena uvoznih integriranih krugova visoke složenosti, ali bez dokumentacije ne može se obaviti popravak uređaja niti dobiti neki od tehničkih podataka.

Najveća je boljka Iskrinih poluvodičkih osciloskopa ugradnja loših tantalnih kondenzatora koji često probijaju čineći kratke spojeve zbog kojih su osciloskopi neupotrebljivi. Zamjenom takvih kondenzatora osciloskopi u pravilu odmah prorade sa svim svojim dobrim obilježjima.

U Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme nalazi se 21 prikazani model cijevnih i poluvodičkih osciloskopa slovenskih tvornica IEV i Iskra i svi su ispravni osim zadnjeg. Iako su slovenske proizvodnje, u njih su ugrađene brojne komponente proizvedene u hrvatskim tvornicama. Isto tako, u velikoj su mjeri svi osciloskopi korišteni u Hrvatskoj, a u njoj su i pronađeni te se čuvaju u Zbirci. I ti podaci govore o impresivnoj hrvatskoj tehničkoj povijesti i baštini.

Stručnoj je javnosti poznato da je i tvornica EI Niš u bivšoj državi proizvodila cijevne i poluvodičke osciloskope. Na slici 8. prikazan je jednokanalni poluvodički osciloskop tvornice EI Niš oznake PO6. Osciloskop je razmjerno malih dimenzija i mase, vrlo uspjelog dizajna, s engleskim nazivljem na prednjoj ploči. Za njega također nema nikakve tehničke dokumentacije tako da nije moguće napraviti barem skroman osvrt na tehničke karakteristike. U fundusu Zbirke nalaze se dva primjerka spomenutog modela osciloskopa, ali oba su pokvarena i imaju jednak kvar: pregorjelu nit žarenja katode katodne cijevi. Razlog bi mogao biti loše projektiran i dimenzioniran oscilatorski sklop za generiranje visokog napona i žarenje katodne cijevi.



Sl. 8.: Osciloskop tvornice EI Niš oznake PO6

Nažalost, to je jedini model osciloskopa tvornice EI Niš u fundusu Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme. Autorima je iz stručne literature poznato da je tvornica izradila nekoliko vrsta cijevnih osciloskopa, a nije im poznato je li prikazani poluvodički osciloskop jedini u asortimanu ili ih je bilo više. S obzirom na dugo razdoblje nastajanja Zbirke, neobično je da u Hrvatskoj nije pronađen još poneki primjerak osciloskopa proizvodnje EI Niš, iz čega se može zaključiti da nisu bili posebno zastupljeni u našoj zemlji. Poznato nam je da su se u hrvatskoj industriji, školama, na fakultetima i u istraživačkim institutima koristili brojni osciloskopi mnogih eminentnih proizvođača poput tvornica Tektronix, Hewlett Packard, Philips, Siemens, Hameg, Rohde & Schwarz, Telequipment, Hameg i dr. U Zbirci se čuva oko 150 različitih tipova osciloskopa spomenutih proizvođača. U Zbirci su osciloskopi koji su korišteni u tvornicama RIZ, TRS, *Nikola Tesla* [5], ICL Computers, na Institutu *Ruder Bošković* te brojnim fakultetima i srednjim školama, kao i društvenim i privatnim servisima elektroničke opreme. Osim osciloskopa, čuva se i veći broj mernih sonda, utičnih modula, kolica za prijevoz osciloskopa i dokumentacije. Oni će biti opisani nekom drugom prilikom.

3. Crtica o jednom načinu dolaska do osciloskopa

Većina osciloskopa iz Zbirke donirana je ili pak kupljena po vrlo prihvatljivim i razumnim cijenama od prijatelja radioamatera ili onih koji znaju za naš hobi skupljanja starih vojnih i civilnih radiouređaja i stare mjerne tehnike, ili bolje, artefakata hrvatske tehničke kulture i baštine.

No, ima još jedan važan izvor, a to su tzv. buvljaci. Njih ima više vrsta: na različitim okupljanjima radioamatera na Jarunu u Zagrebu, Hamfestu, klupskim buvljacima, poznati buvljak starina na Britancu, internetske aukcije i oglasnici. Najpopularniji je, najpoznatiji i najbolji buvljak Jakuševac ili bivši Hrelić. Na njemu se uz malo sreće, ako se redovito obilazi nedjeljom i srijedom, može na štošta naletjeti.

Evo primjera: prvi je autor samo rijetko izostajao s Jakuševca tako da prosječno jednom u nekoliko mjeseci izostaje uz valjan razlog, kao što je to bilo 19. prosinca 2010. kad je izostao zbog zdravlja užeg člana obitelji. Međutim, prijatelji i stalni posjetitelji: Krešo 9A3DBC, Ron 9A3JR, Ivica 9A3AWD i Toni 9A6RPQ (9Ax... pozivna je oznaka hrvatskih radioamatera) tog su dana u tri različite grupe pronašli ponudu od čak dva tzv. lampaška osciloskopa, što je iznimna rijetkost. Sve su tri grupe mobitelom javile o tom važnom događaju, ali prodavač je tražio čak 250 i 200 eura (!) po komadu, uz ozbiljno obrazloženje da "on dobro zna što se na internetu traži". Snimljena je i fotografija ponude, slika 9., i poslana mailom istog dana. U prvom je redu desno Iskrin osciloskop MA 4001, a u drugom redu lijevo engleski osciloskop Cossor 1035. Zbog neopravdane i stravično visoke cijene i iznimno lošeg stanja osciloskopi, naravno, nisu prodani.

Otad je prvi autor, Dubravko Rogale, svaki put bio na Jakuševcu srijedom i nedjeljom po onim žestokim smrzavicama, ali žuti hrđavi kombi i prodavač s osciloskopima kao da je u zemlju propao. Nikog nigdje. Sve do nedjelje 9. siječnja 2011., kad je iznenada zatopilo, Ivica javlja da ima u bunkeru jedan osciloskop za mene. Veselo hitam glavnim prolazom na Jakuševcu prema njemu i usput, na desnoj strani na jednom štandu ugledam Cossora. – Pošto je? – 150 kn! – Bez cjenkanja (što je uvijek mali ritual) plaćam, odnosim ga uz pomoć sina Martina u svoj auto i hitam ponovno Ivici. U bunkeru ona tražena Iskra, cijena 200 kn! To je znači to. Ulovili smo dva zapuštena prljava dragulja iz 1948. i 1956. godine. Veselo kući pa prvo temeljito čišćenje bar do faze da se može primiti u ruke i početi ispitivanja. Nakon čišćenja osciloskopi pomalo dobivaju stari šarm. Vidljivo je da je Cossor otvaran, ali Iskra ima još tvorničku plombu. Idemo ih priključiti na napon.

Uključuje se autotransformator, prva je na redu Iskra. Polagano se diže napon da ne eksplodiraju elektroliti, lampica na prednjoj ploči svijetli sve jače! Čeka se nekoliko minuta da se zagriju lampe, ali nema slike. Okreću se svi gumbi i prvo razočaranje, osciloskop ne radi. Vjerojatno onda ne radi ni Cossor



Sl. 9.: Ponuda starih osciloskopa na Jakuševcu

jer je znatno stariji, otvaran i u lošijem stanju. Kad ono drugo iznenađenje – Cossor radi !

Popravak Iskre potrajao je od nedjelje do petka. Cijeli su se tjedan kod poznatih i po internetu tražile sheme, svakodnevno su se ispitivali i mijenjali istrunuli papirnati kondenzatori, izgorjeli otpornici i stari ugljeni otpornici koji su promijenili svoje vrijednosti. Sve su to bile komponente koje je Iskra tek bila počela proizvoditi nakon Drugog svjetskog rata, prije više od 70 godina, bez ikakvog prethodnog iskustva. Promijenjena su tri probijena kondenzatora, jedan izgorjeli otpornik i dva otpornika koja su promijenila vrijednosti. I u petak, šesti dan rada, na ekranu se napokon pojavila slika kalibracijskog signala, zahvaljujući Krešinim visokonaponskim blok kondenzatorima. No, ni danas još u Zbirci nemamo objavljene sheme ni tiskanih servisnih podataka za taj osciloskop. Kvarovi su otklanjani na temelju postojećeg znanja, iskustva i intuicije. Osciloskop je na kraju testiran, sastavljen, fotografiran i stavljen među ostale primjerke, a oba možete vidjeti u galeriji slika [1]. Ova crtica govori o našim doživljajima i težnjama, ali i o tužnom načinu gdje i kako su završili vrijedni hrvatski tehnički artefakti.

Na sličan su način skupljeni, očišćeni, testirani i popravljeni ostali osciloskopi iz Zbirke. Po neke se putovalo i u druge krajeve Hrvatske, od Osijeka do Splita, no o tome na drugom mjestu. Smatramo da ova crtica dovoljno govori

o stanju društvene svijesti da se očuva hrvatska tehnička baština. Vrijedni artefakti završavaju na otpadu, a samo poneki od njih završi na nekom mjestu na kojem ga je moguće kupiti i pribaviti. Na žalost, više nema ni skupljanja glomaznog otpada pa sad vrijedni primjerci završavaju izravno u drobilicama reciklažnih dvorišta, čime su nepovratno izgubljeni. Ni u hrvatskim ustanovama i poduzećima ne postoje zbirke starih uređaja koji bi svjedočili o našoj bogatoj tehničkoj povijesti. Mnoge su tvornice u pretvorbi propale, a inventar bačen, tako da su i na taj način uništeni vrijedni materijalni dokazi. Skupljanje dijela tehničkih artefakata na području Hrvatske sad uvelike ovisi o naporima i mogućnostima nekoliko entuzijasta.

Zaključak

Osciloskopi su dio iznimne hrvatske tehničke kulture i baštine. Nažalost, u Hrvatskoj ne postoje muzeji ni zbirke komunikacijske i mjerne opreme koji bi svjedočili o našoj bogatoj povijesti tehničkog obrazovanja od osnovnih, srednjoškolskih i akademskih ustanova, tvornicama s iznimnim postignućima tehničkog stvaralaštva, razgranatim servisnim službama i pojedincima koji su kao hobisti skupljali ili čak gradili brojne elektroničke uređaje. Tako su zastarjeli osciloskopi, kao i druga oprema, najčešće bacani kao otpad. Još donedavno bilo ih je moguće pronaći i otkupiti nakon nekadašnjih akcija prikupljanja i odvoza glomaznog otpada. Promjenom zakonskih odredbi o recikliranju taj izvor je presahnuo pa sad skupljanje tehničkih artefakata ovisi o svijesti i dobroj volji pojedinaca koji daruju preostale artefakte Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme. Iako su neki primjerci donirani ili kupljeni za razmjerno prihvatljive novčane iznose, naknadno zahtijevaju mnogo vremena, volje, znanja, napora, vještine, prostora, alata, instrumenata i novca za obnovu i čuvanje, što je malo tko, u današnje vrijeme konzumerizma i iskrivljenih mjerila vrijednosti, spreman učiniti. Stoga se nadamo da će napor, znanje i sredstva uloženi u artefakte hrvatske tehničke povijesti u budućnosti ipak uroditi nekim plodom i da će mladi naraštaji moći vidjeti materijalne dokaze korištenja i stvaranja tehničkih uređaja svojih prethodnika, a time primjereno poštovati svoju nacionalnu tehničku povijest.

Literatura

- [1] web.hamradio.hr/9a9dr/, pristupljeno 2020-09-10
- [2] Rogale, D.; Fajt, S.; Knezić, Ž.; Lukša, D.: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 7. simpozij PIFT 2018.*, Benčić, Z. (ur.), Kiklos – Krug knjige, Zagreb, str. 355-364.

- [3] Rogale, D.; Lukša, D., Fajt, S., Knezić, Ž.: Zbirka niskofrekvencijskih izvora signala, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 8. simpozij PIFT 2019.*, Benčić, Z. (ur.), Kiklos – Krug knjige, Zagreb, str. 1115-1133.
- [4] Rogale D.: Struktura i artefakti Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske: Hrvatska tehnička i industrijska baština*, Zagreb, 2019., str. 323-338.
- [5] Nikolić, G.; Rogale D.: Sjećanja na proizvodnju u Tvornici telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla u Zagrebu, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske: Hrvatska tehnička i industrijska baština*, Zagreb, 2019., str. 292-310.

Oscilloscopes in the holdings of the First Croatian Collection of Measuring and Communication Equipment

Dubravko Rogale, Darko Lukša, Željko Knezić, Siniša Fajt

Abstract: A group of oscilloscopes in the holdings of the First Croatian Collection of Measuring and Communication Equipment, which was created during the last 50 years is described. The collection was created during the last 50 years and include more than 1700 exhibits, artefacts application techniques in Croatia. The most important thing for the collection is that the exhibits are directly thematically related to the area of Croatia. Metrological exhibits used as secondary and university education, institutes and factories. Some oscilloscopes or oscilloscope parts are manufactured in Croatian factories. Oscilloscopes are particularly represented in the collection because of their importance in the Croatian science, development and manufacture of electronic circuits and devices, education and teaching, services or products for hobby purposes of self-education. Oscilloscopes found in Croatia indicate a distinct technical culture of application of the then modern technology and the developmental creativity of our people. At some oscilloscope exhibits shows the less known part of our impressive technical history.

Keywords: Croatian technical heritage, oscilloscopes, artefacts of measurement and communication techniques, history and philosophy techniques

