

# Šta smo pravili nekad...

*Ušli smo u zrela kompjuterska vremena u kojima glavnu reč vodi kapital i svako unapređenje performansi sistema je u direktnoj proporciji sa svojom cenom. Ne mora, srećom, uvek da bude baš tako. Kompjuteri su alatke za konstruktivne ljude: ne dopustite da vas pretvore u pasivne potrošače!*

 **Voja Antonić**

**U** činiće vam se neobično da najavu samogradnje započinjemo davnim vremenima. Ipak, svaka akcija ima neku svoju predistoriju, pa tako i ova naša.

## 1976

Uskoro će se navršiti dvadeset godina od mog prvog projekta sa mikroprocesorom Z80. Bio je to LIFE (ili EVOLUCIJA), koji je na matrici od 16\*16 crvenih svetlećih dioda izvodio čarobnu matematičku igru svetlećih polja udruženih u organizme. I danas me fascinira taj jednostavni i nadahnuti algoritam, delo Džona Konveja koji je publikovao Martin Gardner. Kompjuter tada nisam imao, za assembler i emulator EPROM-a nisam ni znao da postoje, a termin razvojni sistem sigurno ne bih razlikovao od psovke na paragvajskom jeziku. Ipak, imao sam volju: sjajna knjiga o Z-80 motivisala me je da napravim programator u koji su se podaci unosili ručno, preko rotacionih prekidača. Program sam assemblerio bajt po bajt na papiru, što mi verovatno neće verovati oni koji su svoja prva iskustva sticali na modernim računarima. Međuverzije programa sam testirao tako što sam "pešice" programirao eprom, ubacivao ga u podnožje, uključivao uređaj, odoka konstatovao greške pa onda žvrljao po papiru sa programom dok se EPROM brisao kvarc-lampom...

Ništa od te "partizanske" opreme nisam sačuvao, ali LIFE skoro da nisam ni isključio, evo i dan-danas radi na vrhu police iznad mog radnog stola. Sad sigurno ne bih uspeo da nabrojim sve projekte sa mikroprocesorima koje sam napravio, većini ni traga ne znam, ali od ovog prvog se nikad neću rastati.

## 1983

Letnji odmor sam proveo u Risnu. Na dvadesetak metara od obale i samo par metara dubine nalazi se potonuli antički grad Rizon. O ovome sam ponešto znao jer sam krajem sedamdesetih godina zarađivao za džeparac tako što sam na Televiziji Beograd sa rediteljem Petrom Đurićem montirao seriju "Potonuli gradovi", a jedna od emisija je bila posvećena Rizonu. Ronio sam "na dah" i vadio antičke tegule i delove grnčarije stare po dve hiljade godina.

A onda mi je nešto odvuklo pažnju na drugu stranu. Prelistavajući literaturu o mikroprocesorima koju sam poneo na odmor naleteo sam na knjižicu sa aplikacijama za CDP 1802. Smešan mikroprocesor, bez *Stack Pointer*-a, sa arhitekturom "na štapče i kanapče" i vrlo neudobnim setom instrukcija, ali jedna aplikacija mi je baš zagolicala maštu: generisanje video-signala uz podršku mikroprocesora. Pa kad može 1802, zašto ne bi mogao i Z-80? Kupio sam svesku i olovku i tako sam ostatak odmora proveo u sobi.

U Beograd sam doneo potpuno razrađenu koncepciju računara koji generiše sliku uz pomoć softvera. Pokazalo se da su uštede u hardveru fantastične, mada na račun brzine. Odmah sam prionuo na posao i prva verzija ove sprege hardvera i softvera je ubrzo proradila. Z-80A na 3,072 MHz se uklopilo u sve standardne TV tajminge tako da je mogao da generiše sliku sa 32 znaka u 16 redova, ili grafiku rezolucije 64\*48.

Možda ćete požuriti da uporedite ove performanse sa danas aktuelnim, ali pokušajte da ih posmatrate sa pozicije tadašnjeg doba - malo ko je znao šta je računar, još manje ljudi ga je videlo, a tek poneko ga je imao. Pravi trenutak da se ponudi samogradnja jednostavnog i jeftinog računara.

Prva ideja je bila da kontaktiram zagrebački SAM, ali sam je napustio zbog lošeg iskustva koje sam imao u ranijoj saradnji (pre svega mi je smetalo što su mi tekstove prevodili na ijekavski, tako da su mi moje rodene reči delovale strano). A tada sam čuo da "Galaksija" priprema specijalno izdanje posvećeno kompjuterima...

...i tako sam upoznao Dejana Ristanovića. Ostalo valjda znate.

## 1985

Prvi analizator sam napravio samo za svoje potrebe, imao je 32 ulazna kanala i memoriju za 2048 uzoraka. Tada je IBM PC standard

još bio u pivoju, pa sam ovaj instrument dopunio video stepenom, tako da je mogao da radi kao nezavisan uređaj. Pošto se pokazalo da je projekat koncepcijski vrlo uspeo, poslao sam njegov opis i ponudu za članak o samogradnji uredništvu časopisa BYTE.

Prevelika je čast biti prihvaćen od najpoznatijeg svetskog kompjuterskog mesečnika, tako da se nisam baš mnogo nadao, ali sam dobio odgovor koji je bio toliko pozitivan da me je baš iznenadio. Odmah sam poslao pismom kompletnu dokumentaciju sa predlogom dogovora oko mog dolaska u Ameriku, ali kada sam i na to pismo dobio odgovor, video sam da se u povelikoj koverti vraća cela moja dokumentacija, što je bio loš znak. To se obično radi tek na kraju saradnje.

U propratnom pismu urednik mi je objasnio da je o najvećem problemu obavesthen od pravne službe časopisa, a to je da bi u slučaju samogradnje i organizovane distribucije štampanih ploča trebalo od američkog Ministarstva dobiti FCC atest, što je prilično skupo i ne bi bilo finansijski opravdano za uređaj za koji nije planirana masovna proizvodnja.

Mada sam bio razočaran i nije mi bilo do smeha, drugi "problem" me je naterao da se glasno nasmejem: članovima redakcije je jasno da se komponente za gradnju mogu nabaviti u Jugoslaviji, ali nisu sigurni da li ih ima u Americi!

## 1988

U Hamelnu, najlepšem gradu u Nemačkoj, u kome je malo koja kuća mlađa od pola milenijuma, završavam posao za naručioca koji ima fabriku za proizvodnju profesionalne fotografske opreme. Radi se o mikroprocesorskom kontrolerima koji upravljaju radom film i papir procesora, u fotografskom žargonu poznatih kao "mokre mašine". Izgleda da je vlasnik fabrike bio vrlo zadovoljan projektom, jer me je pored ugovorenog honorara "častio" sa još dve hiljade maraka. Iskoristio sam poziv na ručak i u restoranu ga upitao zašto je čoveka za razvoj angažovao čak iz Jugoslavije kad u Nemačkoj ima dosta firmi za razvoj hardvera i softvera, a on mi odgovara da su im Amerikanci zbog porasta potražnje odveli skoro sve stručnjake, zbog čega sad čekaju na red po šest i više meseci da bi započeli rad na naručenom projektu.

Još uvek lepo saradujem sa istom firmom, čak ni sankcije nisu prepreka.

# ... a šta ćemo danas

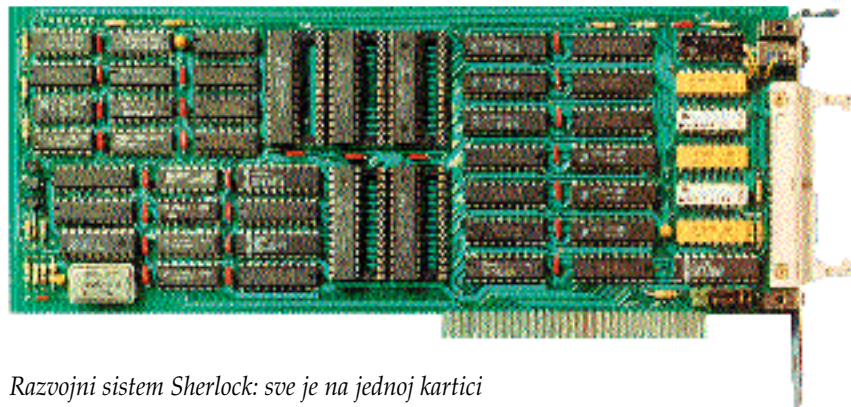
1995

Niko danas neće praviti kompjuter, ali ipak ima puno prostora za čitaće koje "svrbe prsti" da sami nešto naprave. Naime, mikroprocesorski kontroleri su pravi zlatni rudnik za konstruktore, ne samo za hobi i zabavu nego i za pristojnu zaradu, ali većina potencijalnih graditelja staje već na prvoj prepreci: nedostatak opreme, pre svega razvojnog sistema.

Sad ste shvatili gde ćemo da se sretnemo: samogradnja razvojnog sistema. Počinjemo u septembru, a kad završimo krećemo sa hardverskom školom začinjenom projektima mikroprocesorskih kontrolera. Ali pošto smo sad na početku, tako ćemo se i ponašati: razjasnićemo neke osnovne pojmove. Možda vam ovo sad deluje čudno, ali pre dvanaest godina Dejana i mene su svi opsedali istim pitanjem: šta je to kompjuter i šta on može da radi? E, pa onda...

## Šta je mikroprocesorski kontroler...

Prva reč nam govori o njegovoj strukturi, a druga o funkciji. Dakle, to je uređaj koji sadrži **mikroprocesor** uz koji ide i medij na kome se nalazi program (uglavnom EPROM, koji može da bude zaseban čip ili integrisan u mikroprocesoru), zatim nešto RAM-a (takođe eksternog ili internog), i ulazno - izlazne jedinice, koje variraju u zavi-



Razvojni sistem Sherlock: sve je na jednoj kartici

snosti od namene. Takođe, podrazumeva se i neka jedinica za napajanje i stabilizaciju napona.

Reč **kontroler** u našem jeziku zvuči neprecizno, jer je direktno uzeta iz engleskog, gde *control* ne znači isto što i naše kontrolisati (proveravati) nego upravljati. Dakle, kontroler je uređaj koji upravlja nekim procesom. Mišljenja su podeljena o tome da li kontroler treba smatrati kompjuterom (jer on sadrži sve što i kompjuter), ali ipak ga treba razlikovati od onoga što mi obično smatramo kompjuterom, jer kontroler nije univerzalan, nego selektivno prilagođen jednoj funkciji. Kontroler može da upravlja radom alarmnog uređaja, dirigovanog projektila ili aparata za merenje krvnog pritiska. Primene su toliko različite, ali je kod svih princip isti.

## ... a šta razvojni sistem?

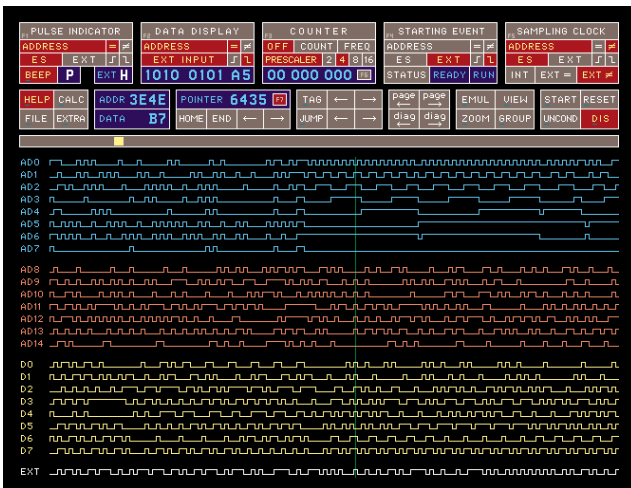
To je kompjuter sa hardverskim i softverskim dodacima, alatka koje pomažu konstrukturu da projektuje i sagradi kontroler. Pošto je rad na tome često vrlo složen i skopčan sa greškama (svi smo mi ipak samo ljudi, zar ne?), dosta pažnje je poklonjeno alatka za detektovanje i lociranje grešaka. Razvojni sistemi su redovno deo ponude firmi koje proizvode mikroprocesore, i prilagođeni su određenom procesoru ili familiji procesora koje ta firma izrađuje. To znači da biste (za cenu od nekoliko hiljada do par desetina hiljada dolara) dobili vrlo snažan razvojni sistem, ali ograničen na mali broj mikroprocesora.

Postoji i drugi pristup: softverska simulacija mikroprocesora, ali to podrazumeva i simulaciju celog ciljnog sistema, kontrolera koji razvijamo. Ovo je vrlo ekonomičan način (sve što nam treba je program - simulator) ali je od male koristi ako kontroler obavlja procese u realnom vremenu: ne mogu se simulirati svi ulazni i izlazni podaci (recimo, *bouncing* efekat kod tastature ili pokretanje multipleksnog displeja). Osim toga, umesto da se koncentrišete na uređaj koji razvijate, vi bar polovinu "procesorske snage" vašeg mozga trošite na pitanja "kako bi se sad ovo moglo simulirati" i "da li će to u praksi raditi baš tako". Da i ne pominjemo slučaj da kontroler treba da upravlja radom neke mašine, tu je svaka simulacija predaleko od savršenstva. Teško da bih u svojoj praksi pronašao i jedan projekat koji bi bilo moguće prvesti kraju pomoću simulatora.

Zato ćemo mi krenuti trećim putem. Svako od nas ima kompjuter, dakle taj problem smo rešili. Dalje, veoma dobri assembleri cirkulišu među našim programerima pa ćemo i to izostaviti iz ponude. Hardver našeg razvojnog sistema će se ceo nalaziti na







Glavni ekran analizatora: digitalni talasni oblici

jednoj štampanoj pločici koja se postavlja u standardni PC slot, pa otpadaju i neugodni problemi oko kućišta i napajanja. I ono naj-ljepše, sistem će biti univerzalan, a ne prilagođen jednom mikroprocesoru; ovo ćemo, doduše, platiti gubitkom nekih performansi, ali će sve to imati za posledicu pojednostavljenje i smanjenje cene uređaja.

Jedini nezaobilazni deo razvojnog sistema je emulator eproma. Ovaj naš će moći da emulira sve standardne EPROM-e počev od 2716 pa zaključno sa 27512; to znači da ćemo imati sondu sa trakastim kablom, na čijem kraju se nalazi konektor koji fizički imitira EPROM. PC će moći u svakom trenutku da upisuje program u RAM emulatora, koji će ciljni sistem videti kao program u svom EPROM-u. Ovaj prepis traje samo deo sekunde, što je znatno brže nego programiranje i brisanje eproma.

## U stilu Šerloka Holmsa

Analizator je okosnica alata za lokalizaciju grešaka i najčešće radi ovako: postavimo uslov starta (koji može da bude očitavanje neke određene programske linije, upis podatka na neku adresu, prozivanje nekog od portova ili prosto promena stanja na eksternom ulazu). Kad se zadati uslov ispuni, počinje trasiranje: analizator memoriše sledećih 32768 stanja na adresnoj magistrali, magistrali podataka i eksternom ulazu, i to po taktu koji je definisan interno (podešljivo do 10 MHz) ili eksterno, koincidencijom stanja ulaza (recimo, kad je prozvan EPROM ili kad se upisuje na neku određenu ili neodređenu adresu u RAM ciljnog sistema). Prednost ovakvog analizatora je što ceo posao radi hardverski, nezavisno od mikroprocesora ciljnog sistema (što je inače u razvojnim sistemima čest slučaj), tako da nema nikakvog "uznemiravanja" kontrolera u radu, nikakvih softverskih *breakpoint*-a, specijalnih

sve skokove, pozive potprograma i prekide, a posebno su uočljive petlje.

Predviđena je i mogućnost da se sa eksternog ulaza uz pomoć ugrađenog sinhronizatora snimi serijski signal (zajedno sa *handshaking* RS-232 signalima) što ovaj analizator stanja može da pretvori u neku vrstu analizatora protokola.

Osim analizatora, sistem radi i kao standardna logička sonda sa indikatorom nivoa i monostabilom za produžavanje kratkih impulsa (sve se prikazuje na ekranu). Na ulaz ovog monostabila može da se prosledi i signal sa adresnog komparatora (i da se uključi tonski signal) što bi, recimo, moglo da posluži kao indikator da li mikroprocesor izvršava određenu instrukciju u programu.

Postoji i mogućnost stalnog prikazivanja sadržine jednog bajta eksternog RAM-a ili izlaznog porta ciljnog sistema u binarnom, decimalnom i heksadecimalnom modu. Uređaj takođe može da radi i kao digitalni frekvencometar ili brojač impulsa.

## Sherlock

Na pločici razvojnog sistema Sherlock biće objedinjene sledeće komponente:

- Emulator EPROM-a kapaciteta 64 kilobajta, za sve EPROM-e od 2716 do 27512
- 24-kanalni digitalni analizator kapaciteta 32768\*24 bita, sa internim ili eksternim taktom i mogućnošću definisanja uslova starta
- Logička sonda sa indikacijom pojave kratkih impulsa
- Stalna indikacija prozivanja odabrane adrese
- Stalno prikazivanje sadržaja odabrane memorijske lokacije u ciljnom sistemu
- Frekvencometar i brojač spoljnih događaja

trap rutina i tako dalje. Kratko rečeno, ceo posao se radi "pošteno" i bez "prljavih" trikova.

Po završenom trasiranju, na ekranu računara se pojavljuje snimljena sekvenca u jednom od tri moda: digitalni talasni oblici, *hex dump* ili oscilografski, gde je na Y osi predstavljena adresa instrukcije koja se očitava iz programa, tako da možemo jednim pogledom da obuhvatimo

U okviru programa za PC postoji još nekoliko korisnih softverskih alatki kao što je kalkulator sa konvertorom za binarni, oktalni, decimalni i heksadecimalni brojni sistem.

Ako ste pažljivije proučavali fotografiju pločice, videli ste pet neobičnih čipova koji su uski a ubačeni u široka podnožja: stvar je u tome što je pločica rešena tako da je, po izboru, moguće ugraditi uske (*shrink-dip*) ili normalne (600 mils) čipove. To su statički RAM-ovi kapaciteta po 32 kilobajta (dva rade u emulatoru a tri u analizatoru). Na ploči postoji i mnogo malih i naizgled neinteresantnih čipova koji čine hardver uređaja. Među njima se, verovali ili ne, nalazi i jedan RISC mikroprocesor: PIC 16C54, koji u sebi sadrži RAM i EPROM. On upravlja radom vitalnih delova hardvera, generiše tajminge za analizator i služi kao frekvencometar. Videćete ga u donjem levom uglu, iznad kvarcnog oscilatora, koji se lako prepoznaje po metalnom kućištu. A pet neobičnih šarenih čipova u desnoj koloni i nisu čipovi - to su zapravo nizovi otpornika (tako zvane otporne mreže) koji rade u sklopu prenaponske zaštite svih spoljnih priključaka.

U jednoj od kasnijih dogradnji ćemo proširivati ovaj sistem, tako da će analizator moći da radi na većoj brzini (uz srazmerno smanjenje broja ulaza), a takođe planiramo i dodatak pomoću koga ćemo uređaj pretvoriti u digitalni *storage* osciloskop.

Ako se opredelite za gradnju ovog razvojnog sistema, prvo logično pitanje koje ćete postaviti biće gde da nabavite komponente. Tu ćemo vam pomoći, jer smo organizovali proizvodnju štampanih pločica (vrlo kvalitetnih, dvoslojnih, sa metalizacijom, solder-maskom i pozlaćenim konektorom) i nabavku komponenata, tako da ćemo vam omogućiti naručivanje kompleta delova. Zavisno od afiniteta, moći ćete da nabavite samo disketu sa programom za PC, štampanu pločicu i programirani PIC. U drugoj varijanti uz navedeno biće prisutne i sve ostale komponente potrebne za gradnju (uključujući i konektore, sonde i kablove) a treća varijanta sadrži kompletno sagrađen i testiran uređaj sa garancijom. Što se cena tiče, još uvek nemamo uvida u konačne troškove, ali vam možemo dati neku orijentaciju: za prvu varijantu (program, pločica i PIC) cena će biti oko 100 DEM, za drugu (sve komponente) 250 DEM, a za treću (kompletan uređaj) 320 DEM. To što su cene date u markama ne znači da se plaćanje vrši u stranoj valuti; treba samo na dan kupovine preračunati cenu u dinare po tržišnom kursu.

Zasad je na vama samo da se setite gde ste ostavili lemilice i da sačekate septembar-ski "PC".