

MINA – Modularni Industrijski Numerički Automat

Kao što se iz naziva može razabrati radi se u stvari o upravljačkom računalu namijenjenom upravljanju numerički upravljanih alatnih (obradnih) strojeva, prvenstveno obradnih centara za glodanje i tokarskih strojeva. Sa današnjeg gledišta, kao godinu njenog nastanka najbolje bi bilo odrediti 1985. To je godina kada je još u prototipnoj izvedbi MINA prvi puta bila prezentirana javnosti na Izložbi inovacija, izuma i tehničkih unapređenja - INOVA u Zagrebu. Njezin rad je bio demonstriran na tro osnoj Prvomajskoj alatnoj glodalici AG-250, a njena pojava je izazvala opću pozornost struke i posjetitelja izložbe. Tom prilikom je i njenim autorima Razvojnoj i istraživačkoj grupi Prvomajske (J. Radej, Z. Šoštarić, S. Srblić, D. Mišljenčević i I. Maršić), bila dodijeljena prva nagrada "Velika zlatna plaketa". Sama upravljačka jedinka za upravljanje alatnim strojem početkom osamdesetih godina u Europi već je bila komercijalno dobavljiva od velikih multinacionalnih kompanija kao što su bili Philips, Siemens, Alen Bradley, Olivetti i td. ali i izuzetno skupa. Daljnji opstanak proizvodnje i uporabe alatnih strojeva bio je uvjetovan potpunom rekonstrukcijom i novim pristupom u izgradnji strojeva, te shodno tome i uvođenjem posve nove organizacije rada u strojogradbenoj i metalo prerađivačkoj industriji. Bila je to logična posljedica prave "revolucije" u proizvodnji koju je pojava i širenje numeričkog upravljanja izazvala u Americi tijekom 70-tih godina prošlog stoljeća. Pod nazivom numeričko upravljanje (Numerical Control) u stvari se podrazumijeva "računalno upravljanje", koje je nastalo uz primjenu novih računalnih sustava i elektroničke opreme, utemeljenih i izvedenih uz primjenu novih tehnologija toga doba.

Za MINU se s potpunom sigurnosti može reći da je u potpunosti domaći proizvod nastao kao rezultat dugogodišnje i više nego plodonosne istraživačko-razvojne suradnje između PRVOMAJSKE - Industrije alatnih strojeva, Zagreb i ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA (danas FER) u Zagrebu. Projekt izgradnje vlastitog upravljačkog računala započeo je 1979. godine s postupnim formiranjem stručnog tima, čiji su članovi odabrani mahom među tada najboljim mladim kadrom diplomiranih inženjera s računarskim usmjerenjem, te formiranjem laboratorija za rad na računalnom upravljanju pri Zavodu za elektroniku ETF-a. Svojevrtni mentori cijelog projekta su bili sa strane ETF-a prof.dr.sc. Stanko Turk, a sa strane Prvomajske direktor razvoja Branimir Milčić, također i dugo vremena predavač na Katedri za alatne strojeve FSB-a u Zagrebu. Gledajući s današnje vremenske distance može se reći da su njih dvojica bili najzaslužniji za sam nastanak projekta a i kasnije za njegovo održanje. Vlastiti razvoj se od samog početka temeljio na sustavnim istraživanjima čiji rezultati su redovno bili izlagani na znanstvenim i stručnim skupovima u zemlji i inozemstvu. Svojevrtnu krunu tih istraživačkih aktivnosti predstavljao je rad u kojem su izneseni osnovni koncepti i temeljno programsko i sklopovsko ustrojstvo MINE iz 1984. godine:

S. Turk, L. Budin, J. Radej, Z. Šoštarić; **A Modular Multimicroprocessor Control Unit for Numerically Controlled Machine Tools**, Proc. of the IEEE First International Conference on Computers and Applications, Beijing, 1984, 153-159.

Rad je prezentiran na *I svjetskoj konferenciji o računalima i njihovoj primjeni*, održanoj u Peking. Kao svojevrsan kuriozitet može se spomenuti da je radu pored znanstvene pridjeljena i svojevrsna medijska pozornost, pa su tom prilikom na Pekinškoj televiziji bili pokazani ožičeni moduli koji su prethodno poslužili za izradu laboratorijskog prototipa upravljačkog računala, a prije izrade njihove tiskane verzije.

Nakon laboratorijskog, uskoro je uslijedio i industrijski prototip koji je poslužio za ispitivanja obradnih učinaka stroja u proizvodnim uvjetima, kao i ispitivanja pune funkcionalnosti različitih upravljačkih načina rada. Od 1985. godine radna grupa se preselila iz relativno skućenih fakultetskih prostora u novouređeni Laboratorij za tehničku kibernetiku

u Prvomajskoj, opremljen za tu priliku modernom instrumentacijom za razvoj i ispitivanje mikro-računalnih sustava. To je dalo novi zamah u širenju razvojnih i istraživačkih poslova grupe. Postupno povećanje broja djelatnika omogućilo je s jedne strane finalizaciju poslova na industrijskoj izvedbi MINE i njezinoj integraciji na proizvodnu seriju alatnih glodalica AG-400, a s druge strane poslove na modifikacijama njene modularne strukture zbog upravljanja složenijim konstrukcijama strojeva za glodanje, kao i tokarskim obradnim centrima. S gledišta razvojne perspektive, najvažniji poslovi su se odnosili na strukturne promjene upravljačkog računala zbog prelaska na 16 i 32 bitovne procesorske sklopove i novi sabirnički sustav.

Iz tih razloga je sama izrada, odnosno proizvodnja industrijskog finalnog upravljačkog uređaja MINA povjerena razvojnoj grupi elektroničara iz TEP-a (Tvornica električnih proizvoda – Zagreb), koji su u tu svrhu koristili i modernu tehnologiju računalnog projektiranja i izrade višeslojnih tiskanih pločica instaliranu u Tvornici "Nikola Tesla" u Zagrebu. Na taj način je i TEP postao kooperant Prvomajske na poslovima izrade i proizvodnje upravljačkog uređaja MINA.

Ukoliko je vjerovati nekim podacima dobivenim od ljudi iz održavanja Prvomajskih strojeva, u Hrvatskoj i drugim regijama bivše države bilo je do kraja 1990. godine instalirano više od 50 CNC strojeva s upravljačkim računalom MINA. Vodili su se i intenzivni pregovori za plasman MINE u inozemstvo čime bi MINA postala i izvozni proizvod.

Modularna struktura MINE

Upravljačko računalo MINA karakterizira modularni pristup u izgradnji kako njenog sklopovlja, tako i samog ustrojstva programske opreme. Sklopovska struktura računala sadrži niz funkcijskih modula izvedenih na zasebnim tiskanim pločicama i koji su međusobno povezani sa sabirnicom sustava:

Modul centralnog procesora – Uz centralni procesor sustava i logiku za generiranje upravljačkih signala modul sadrži sklopove za paralelnu i serijsku komunikaciju, višekanalni generator vremenskih signala i sklopovlje za generiranje i pridjelu razine prekidnih signala.

Modul memorije – Programska memorija sadrži EPROM programabilne memorijske sklopove, dok podatkovni dio sadrži dinamičko DRAM sklopovlje.

Modul za osno gibanje – Modul je izveden u obliku samoinicijalizirajućeg ugrađenog računala a namijenjen je za izvođenje pojedinog osnovnog gibanja stroja. Pri izvođenju gibanja ili u stanju mirovanja (održavanja pozicije) modul koristi impulsno inkrementalni davač kao mjerni uređaj položaja osi stroja, dok se izlazni signal modula (uz slijednu D/A pretvorbu) dovodi na (analogni) pogonski sklop istosmjernog motora. Komunikacija sa središnjim dijelom sustava ostvarena je posredstvom memorije s dvostranim pristupom.

Modul interpolatora – Modul je također izveden kao ugrađeno računalo, a služi za izvođenje složenih gibanja (osnih, ravninskih i prostornih) generiranjem komponentnih putanji odgovarajućim modulima za osna gibanja.

Modul međusklopa – Modul služi za prihvati i generiranje množine logičkih signala na sučelju računala i stroja, odnosno za digitalne aktivatore i brojne impulsne senzorske davače kojima je stroj opremljen.

Ishodište modularne strukture programske opreme utemeljeno je na radu jezgre operacijskog sustava prilagođenoj za rad u stvarnom vremenu. Radi se o jezgri operacijskog sustava koja je originalno projektirana i izvedena za potrebe upravljačkog računala. Jezgra se sastoji od niza izgrađenih jezgrinih objekata i odgovarajućih jezgrinih procedura, koje se pozivaju prilikom izgradnje višezadaćnog programskog sustava. Izgradnja korisničke programske opreme u obliku sustava programskih zadataka omogućuje selektivan pristup u funkcijskoj izvedbi, doradi ili izmjeni svakog pojedinog zadatka kao neovisnog funkcijski

oblikovanog programskog segmenta. Na taj način sustav programskih zadataka predstavlja najpogodniji oblik modularne izvedbe programske opreme. Aktivacija zadataka, odnosno njihovo izvođenje bilo je omogućeno dinamičkom dodjelom memorijskog prostora.

Funkcionalnost i načini rada MINE

Pomoću izbornika načina rada operateru je bilo omogućeno da izabere željenu vrstu posla koje je pružalo upravljačko računalo. Osnovi i moglo bi se reći nužni načini rada upravljačkog računala su *IZVOĐENJE RADNOG PROGRAMA*, *UNOS RADNOG PROGRAMA* i *NAVOĐENJE U NULTOČKU STROJA*.

U automatskom izvođenju stroj izvodi operacije obrade koje su slijedno navedene u naredbama radnog programa. U tu svrhu naredbe radnog programa sadrže uz uobičajene programske funkcije i sve relevantne geometrijske podatke, kao što su koordinate ciljnih točaka, geometrijske funkcije zadanih putanji i td., te isto tako i sve tehnološke parametre koje određuju obradu u danom trenutku, kao na pr. posmik, brzinu rezanja, alat i td. Posebno je zahtjevan "konturni" način obrade, gdje alat u slijedu uzastopnih gibanja izvodi neprekinutu obradu zadane konture izratka. Kad se uzme u obzir da alat (glodalo) svojim obodnim dijelom "izrezuje" konturu izratka, to se vidi da središte alata prolazi putanjom ekvidistantnoj konturi i to za veličinu radijusa alata s određene strane. Izračun ekvidistantnih putanji alata nije trivijalan zadatak pogotovo kad se radi o složenijim funkcijama kontura. Algoritam za "radijus korekciju" izvodi se u trenutku izvođenja dotične naredbe, jer su tek u tom trenutku poznati svi relevantni podaci.

Osim automatskog izvođenja postoji i t.zv. izvođenje blok po blok čiji naziv je preuzet iz tvorničkog žargona, a označava način rada gdje upisu jedne naredbe neposredno slijedi njeno izvođenje. Na taj način slijed upisanih naredbi čini novo stvoreni radni program kojeg je moguće ponavljati u automatskom izvođenju.

Unos radnog programa predstavlja uz izvođenje jedan od bitnih načina rada koje omogućuje upravljačko računalo. Time upravljačko računalo postaje ujedno i mjesto gdje se unose i kreiraju novi radni programi, kao i na osobnom računalu. Unos radnih programa je transparentan izvođenju jer uz ugrađenu i ergonomski dizajniranu tastaturu koristi i zaseban prozor za prikaz odvojen od prikaza izvođenja. Pri kreiranju radnih programa postavljaju se posebno strogi zahtjevi na njihovu korektnost, jer unesene pogreške prilikom prvog izvođenja mogu izazvati oštećenja alata, izratka i stroja. Zbog toga se prilikom unosa provodi analiza svih jezičnih leksika, kao i sveobuhvatna analiza sintakse svih pojedinačnih naredbi i specifičnih ciklusa naredbi. Za dugotrajniju pohranu ili arhiviranje izrađenih i provjerenih radnih programa predviđene su različite vrste vanjskih i priručnih memorija. U početku se to radilo s kasetnom jedinicom i magnetskom trakom, kasnije s disketnom i diskovnom jedinicom, a naposljetku s prijenosom na osobno računalo.

Navođenje u nultočku stroja je nužna procedura prilikom svake inicijalizacije sustava i započinjanja djelotvorne sprege između stroja i upravljačkog sustava. Prilikom izvođenja procedure navođenja stroj izvodi programirana kretanja u svim osima s ciljem da se aktiviraju impulsni davači senzora osjetljivih na nailazak grebena učvršćenih na odgovarajućim mjestima. Nakon toga slijedi reverzno gibanje stroja u svakoj osi puzajućim hodom i generiranje impulsa prilikom silaska s grebena, koje mjesto upravljačka jedinica proglašava ishodištem koordinatnog sustava stroja. Nakon stavljanja i stezanja obratka na stol stroja potrebno je odgovarajuće ticalo (mjerni uređaj) dovesti u označenu ishodišnu točku koordinatnog sustava obratka i zatim na osnovi očitnog položaja ticala izvesti pomak koordinatnog sustava stroja u novu točku. Na taj način izvodi se usklađenje koordinatnih sustava stroja i izratka, odnosno radnog programa u kojem je opisana geometrija obrade.

Rukovanje strojem prilikom spomenutog dovođenja ticala obavlja se upravljačkim računalom u tzv. ručnom radu. Ručni rad je također jedan od načina upravljanja strojem iz izbornika načina rada. Rabi se prilikom razno raznih manipulacija sa strojem, kao što su namještanje komada, ručna izmjena alata, razna mjerenja i td.

Prof. dr. sc. Joško Radej

U Zagrebu, 27. 7. 2011.