

MIKRORAČUNALNIŠKO KRMILJE STROJA ZA BRIZGANJE PLASTIČNIH MAS

Janez Pogorelc, Matjaž Cigrovski, Branko Premzel

KLJUČNE BESEDE: računalniško vodenje sistemov, mikroračunalniška krmilja, digitalna regulacija, CNC krmilja, regulacija temperature, operacijski sistem v realnem času, OS-9/68000, mikroračunalnik MC 68010, mikroračunalniški sistem ISKRA-CNC, brizganje plastičnih mas, industrija obutve

POVZETEK: V članku je opisano mikroračunalniško krmilje za obdelovalne stroje plastičnih mas, ki so namenjeni izdelavi dvobarvne plastične obutve. Najprej so obravnavane osnovne karakteristike stroja, značilne za tehnološki postopek. Nato sledi opis aparturne in programske opreme krmilnega sistema, ki omogoča realizacijo časovno zahtevnih funkcij upravljanja obdelovalnega stroja.

MICROCOMPUTER CONTROLLER FOR AN INJECTION MOULDING MACHINE

KEY WORDS: computer control systems, microcomputer controllers, digital control, CNC control, temperature control, real time operating system, OS-9/68000, microcomputer MC 68010, microcomputer system ISKRA-CNC, injection moulding machines, shoe industry

ABSTRACT: This paper describes the microcomputer controller for the injection moulding machine intended for production of two-colour footwear. In the beginning, the paper gives the basic characteristics of the machine in relation to production technology. Next comes the description of the microcomputer controller hardware and software which performs many complex real time functions.

1. UVOD

Hiter razvoj mikroelektronskih komponent je omogočil gradnjo mikroračunalniških sistemov, ki omogočajo reševanje vedno kompleksnejših nalog. Mikroračunalniki nastopajo v vlogi podsklopa neke naprave z namenom, da ji izboljšajo lastnosti ali pa ji dajo povsem nove lastnosti, ki jih sicer ne bi bilo možno doseči. V preteklosti so to vlogo opravljali predvsem 8-bitni mikroračunalniki s programsko opremo, kodirano pretežno v zbirnem jeziku. Sodobni 16 in 32-bitni mikroračunalniški sistemi (družine Motorola 680xx ali Intel 80xxx) imajo veliko večjo procesno moč, aparturna in programska oprema pa je poenotena, oz. dostopna pri množici svetovnih proizvajalcev. Poleg aparturne opreme (sistemi z vodili VME, MULTIBUS II) pa se je v zadnjih letih standardizirala tudi sistemska programska oprema za aplikacije v realnem času. Znani komercialni operacijski sistemi so VERSADOS, PDOS, OS-9/68000, VRTX in pSOS.^(1, 4, 5)

V naši ustanovi smo se za potrebe pedagoškega in raziskovalnega procesa odločili za operacijski sistem OS-9/68000, ki smo ga kot razvojno orodje instalirali na mikroračunalniški sistem Motorola VME/10. Ustreznost operacijskega sistema OS-9/68000 smo testirali na kompleksni industrijski aplikaciji mikroračunalniškega krmilnika stroja za brizganje plastičnih mas (za izdelavo dvobarvne gumijaste obutve).

Stroj za brizganje plastičnih mas je po svojih značilnostih tako industrijska naprava (obdelava logičnih vhodov in izhodov, vodenje proporcionalnih hidravličnih cilindrov), kot tudi procesna naprava (nadzoruje temperature plastične mase v štirih conah v cilindru, prikazuje stanja procesa na zaslonu monitorja, ima možnost vplivanja na izvajanje programa z vnosom ukazov prek tipkovnice, ipd.).

Priradili smo sistemsko programsko opremo mikroračunalniškega krmilnika, razvili aplikativne programe in vse skupaj integrirali na 16-bitni modularni aparturni opremi z VME vodilom.

2. UPORABA OPERACIJSKEGA SISTEMA V REALNEM ČASU

Pri uporabi operacijskega sistema OS-9/68000 kot programirnega okolja smo ugotovili nekatere dobre lastnosti kot so: mikroračunalnik z MC68010 in dovolj masovnega ter hitrega pomnilnika podpira delo 4 do 6 uporabnikov sočasno; enostavna uporabnost zaradi podobnosti z UNIX; s knjižnicami dobro podprta C-jezik in zbirni jezik; dobra orodja za preizkušnje programov v nadzornem in uporabniškem načinu delovanja (simbolični "debugger"). Nekatere izmed navedenih lastnosti in tudi način dodeljevanje procesorjevega časa posameznim procesom ter hiter odziv na zunanje dogodke (prekinitve) omogočajo uporabnost OS-9/68000 tudi v aplikacijah realnega časa.

Tako smo s pomočjo omenjenega operacijskega sistema v "industrijski verziji" pristopili k realizaciji mikroracionalniškega krmilnika stroja za brizganje plastičnih mas (ARBD-12). Stroj je prototipni produkt Kombinata Belišče - Tovarna strojev, medtem ko je bil za aparaturno opremo izbran 16-bitni mikroracionalnik ISKRA-CNC.

Stroj je sestavljen iz dveh, med seboj neodvisnih hidravlično krmiljenih enot za doziranje in brizganje plastičnih mas in iz vrtljive mize (karusel), kjer je nameščenih 12 kalupov (orodij). Vsaka izmed enot (cilinder) za brizganje, oz. doziranje je razdeljena na 4 cone, kjer je potrebno regulirati temperaturo mase. V obeh cilindrih sta vstavljena polžna vijaka, katerih hitrost pomika in položaj krmilijo proporcionalne dvostopenjske črpalke. V šobi vsake enote je še grelec za krmiljenje temperature mase ob izstopu. Pogonski mehanizem stroja obsega elektromotorje za pogon obeh enot za brizganje, pogon vrtljive mize, pogon za transporterje granulata obeh enot in črpalke za centralno mazanje.

Tehnološki postopek zahteva regulacijo temperature plastike v posameznih conah cilindra v področju 50°C do 450°C z odstopkom ±2°C od želene vrednosti ter natančno meritev položaja polžnih vijakov obeh enot (odstopki ±0,1 mm). Skupno je potrebno krmiliti 14 proporcionalnih ventilov glede na čas ali na položaj, pri čemer se ob določenih pogojih nastavljajo konstantne vrednosti, v določenih pogojih pa se te vrednosti spreminjajo po krivuljah, katere podajajo tehnologi tabelarično. Razen tega lahko tehnologi na interaktiven način (s pomočjo menijev) vpisujejo razne strojne in tehnološke parametre (dostopnost je odvisna od položaja

ključa in preklopnika), oz. lahko izbirajo različne zaslonske izpise o stanju procesa.

Krmilje stroja obsega še množico binarnih logičnih signalov (galvansko ločenih), ki predstavljajo stanja stikal, raznih komand, kontaktov, dvopoložajnih merilnikov, relejev, kontaktorjev, svetlobnih indikatorjev, itd...

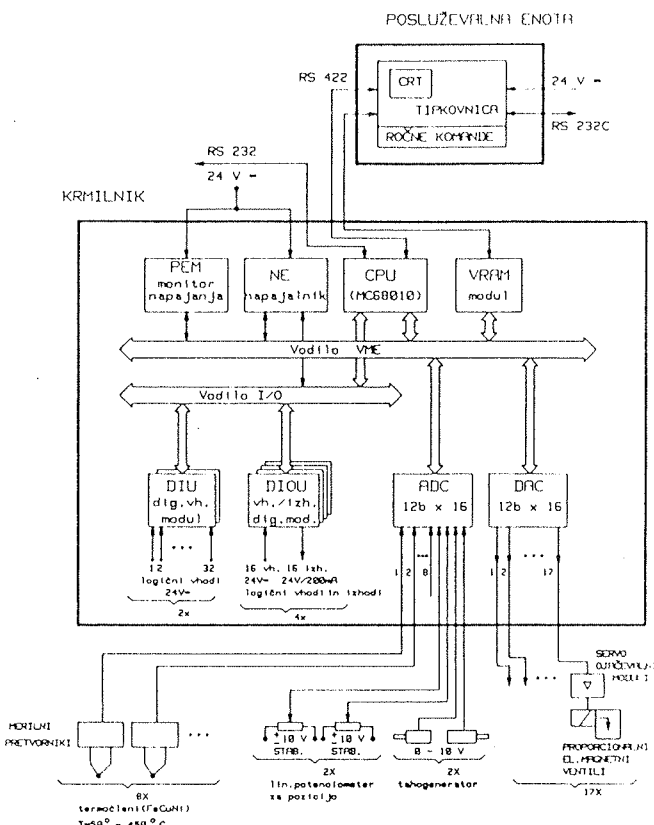
2.1. Aparaturna oprema krmilnega sistema

Aparaturna oprema krmilnega sistema stroja za brizganje plastičnih mas obsega mikroracionalniški sistem ISKRA-CNC, ki je zgrajen na osnovi vodila VME in perifernega vodila Motorola "I/O channel". Na sliki 1 je podana blokovna shema mikroracionalnika vključno z merilnimi pretvorniki in aktuatorji.

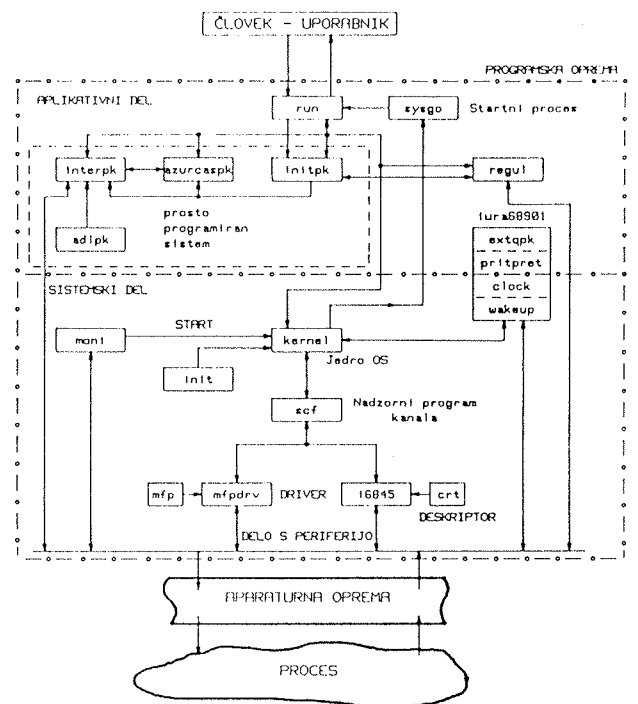
Meritev temperatur poteka s pomočjo termočlenov in merilnih pretvornikov ISKRAMEK, ki generirajo proporcionalni napetostni nivo med 0V in 10V, kar peljemo na analogne vhode (ADC). Meritev položaja polžnega vijaka poteka s pomočjo dveh preciznih linearnih potencio metrov, ki generirata proporcionalni napetostni nivo v območju -10 V do +10 V, kar peljemo na preostala analogna vhoda (ADC).

Krmiljenje proporcionalnih elektromagnetnih ventilov poteka prek analognih izhodov (DAC), ki generirajo napetostni signal za krmiljenje servo-ojačevalnih modulov.

Mikroracionalniški sistem je v celoti proizvod ISKRE Avtomatike z izjemo 12-bitnih A/D in D/A modulov, ki sta nabavljena na zahodnem tržišču od proizvajalcev Motorola in Burr-Brown.



Slika 1: Blokovna shema mikroracionalniškega krmilja



Slika 2: Nivojska zgradba programske opreme

2.2. Programska oprema krmilnega sistema

Na sliki 2 je prikazana nivojska zgradba programske opreme krmilnika stroja za brizganje plastičnih mas.

Sistemske del programske opreme predstavlja skupaj z aparaturno opremo mikroročunalnika virtualni računalnik. Število modulov v tem delu je minimalno potrebno za funkcioniranje aplikacije. Na kratko opišimo te module:

- "moni" je monitorski program, ki vzpostavi operacijski sistem;
- "kernel" je jedro operacijskega sistema, ki upravlja sredstva računalnika in razvršča procese;
- "init" je sistemski podatkovni modul s podatki za konfiguracijo operacijskega sistema;
- "scf" je nadzorni program serijskih kanalov;
- "i6845" je driverski program, ki podpira komunikacijo prek konzole sistema (video izhodni vmesnik za monitor in posebno tipkovnico, priključeno prek serijskega kanal);
- "crt" je deskriptorski modul s konfiguracijskimi podatki za inicializacijo konzole;
- "mfdrv" je driverski program serijskega kanala RS232 s komunikacijskim vmesnikom MK 68901 - MFP;
- "mfp" je deskriptorski modul s konfiguracijskimi podatki za inicializacijo serijskega komunikacijskega kanala RS232;
- "iura 68901" - sistemski modul (driver) ure realnega časa, ki ima pridružena še aplikativna podprograma "extqpk" in "pritpret".

Aplikativni del programske opreme je sestavljen iz modulov, ki tečejo v uporabniškem načinu delovanja 68010. Prosto programirani sistem (programirani logični krmilnik) je sestavljen iz treh programskih modulov: "initpk" (inicializacija podatkovne strukture, "interppk" (interpreter logičnih ukazov), "azurcaspk" (ažuriranje časovnikov) ter iz podatkovnega modula s tabelo ukazov aplikativnega programa prosto programiranega sistema. Proces "interppk" in "azurcaspk" se izvajata periodično na vsakih 100 ms.

- "regul" je proces za digitalno regulacijo 8 temperatur. Uporabljen je algoritem dvopoložajnega regulatorja s povratno zanko, ki ima podobne odzive kot PID regulator.⁽²⁾ Kot aktuatorji za vklopjanje grelcev so uporabljeni elektronski releji (SSR).
- "run" je proces, ki omogoča interaktivno komunikacijo človek-stroj prek sistemske konzole. Med vsemi procesi ima najnižjo prioriteto, saj ima tudi majhne časovne zahteve. Uporabnik ima možnost spremljanja odvijanja procesa in možnost spreminjanja tehnoloških ali strojnih parametrov glede na položaj ključa.

Glede na tehnološke zahteve pozicionirne enote polžnega vijaka (hitrost pomika 80 mm/s, ponovljivost 0,1 mm) se mora programska naloga za krmiljenje pritiskov in

pretokov "pritpret" izvajati periodično vsakih 2,5 ms. Ker je časovni korak operacijskega sistema 10 ms, smo omenjeni podprogram priključili k driverskemu programu za uro realnega časa ("iura 68901").

Večina programov je bila zaradi časovne kritičnosti kodirana v zbirnem jeziku za mikroprocesor MC 68010 z izjemo procesa "run", ki je bil kodiran v C-jeziku. Slednji je tudi daleč najboljše in najkompleksnejši program.

Poudariti velja, da je kodiranje tehnološkega dela programa (nadzor logičnih binarnih vhodov, krmiljenje binarnih izhodov, časovnikov in števnikov) povsem ločeno od ostale programske opreme in da se v ta namen uporablja PLC programski jezik (v mnemonični obliki). Tako lahko dele programov, ki so vezani na specifično aplikacijo stroja načrtuje tehnolog, ki problematiko najboljše pozna. Vnašanje PLC programov poteka na osebni računalniku PC/AT ali pa na mikroročunalniškem razvojnem sistemu.

3. ZAKLJUČEK

Procesna moč današnjih 16 in 32-bitnih komercialnih mikroprocesorjev je tako velika, da lahko v mnogih aplikacijah realnega časa uporabimo komercialni operacijski sistem, ne da bi to bistveno vplivalo na zakasnitev odzivov na zunanje dogodke. Prednosti so predvsem v tem, da imajo ti operacijski sistemi orodja za razvoj in preizkušanje programov ter da podpirajo delo z datotekami na diskovnih enotah, tračnih enotah in podpirajo lokalne računalniške mreže.

Operacijski sistem skupaj z aparaturno opremo mikroročunalnika predstavlja virtualni računalnik. Razvijalec ima tako vrsto prednosti pri načrtovanju in testiranju programske opreme, saj mu ni potrebno posebej sestavljati programov za vzbujanje procesov v določenih časovnih presledkih in za izpise ter vpise prek standardne vhodno/izhodne enote. Pomembna prednost je tudi, da je programska oprema modularna in je zato možno vsako programsko nalogo (proces) do določene mere že preizkusiti na razvojnem sistemu.

Stroj za izdelavo dvobarvne plastične obutve, ki deluje na principu vrtljive mize z 12 kalupi in dveh enot za brizganje, je s stališča upravljivosti zelo zahtevna naprava, saj je potrebno obdelovati množico raznovrstnih informacij in hkrati skrbeti za ustrezen dialog s tehnologom. Te naloge uspešno opravlja procesni mikroročunalnik s 16-bitnim mikroprocesorjem 68010 in modularno programsko opremo, ki teče pod operacijskim sistemom OS-9/68000.

Celotna programska oprema (sistemski moduli OS-9/68000, aplikativni moduli, PLC program) je bila v končni fazi naložena v EPROM integrirana vezja in obsega približno 180 k zlogov. Tako predstavlja mikroročunalniško krmilje elektronski sestav, ki je sestavni del stroja za brizganje plastičnih mas.

Projekt izdelave prototipa mikroračunalniškega krmilja stroja za brizganje plastičnih mas je naročil kombinat Belišče - Tovarna strojev v Iskri Avtomatiki, le-ta pa je zasnovano programske opreme in realizacijo določenih programov naročila na Tehniški fakulteti, VTO ERI.

Prvi prototip stroja skupaj z opisanim krmiljem je Tovarna strojev iz Belišča predala naročniku Jugoplastiki iz Splita v letu 1987. Stroj je bil namenjen za izdelavo dvobarvne plastične obutve (gumijasti škornji). Po razpoložljivih informacijah stroj še vedno uspešno deluje, medtem pa je Iskra Avtomatika opremila še tri stroje s podobnimi krmilji in sicer za izdelavo gumijastih plavuti in škornjev.

Pri realizaciji projekta so iz Iskre Avtomatike sodelovali:

dr. Anton Čižman, dipl.ing.,
Srečo Klančar, dipl.ing.,
Tomaž Pelko, dipl.ing.,
Igor Jamšek, dipl.ing. in
Gregor Topole, dipl.ing..

4. LITERATURA

- (1) P. D. Lawrence, K. Mauch: Real - Time Microcomputer System Design, Mc Graw-Hill, 1987
- (2) J. Pogorelc, B. Premzel, K. Jezernik: Mikroprocesorski dvopoložajni regulator, MIPRO, Opatija 1987
- (3) Microware: OS-9/68000 Operating System Technical Manual, 1987
- (4) B. Premzel: Operacijski sistemi za delo v realnem času za družino MC680xx 16/32 bitnih mikroprocesorjev, Informatika 87, Nova Gorica
- (5) K. Jezernik in soavtorji: Mikroračunalniške regulacije realnega časa, poročilo o delu za URP Sistemi avtomatike in obdelava podatkov, Tehniška fakulteta VTO ERI, Maribor 1988
- (6) VME bus - Systeme in Echtzeit - Applikationen, Elektronik 1986/20, str. 34-38

mag. Janez Pogorelc, dipl.ing.
mag. Matjaž Cigrovski, dipl.ing.
mag. Branko Premzel, dipl.ing.
Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta,
VTO Elektrotehnika, računalništvo in informatika
Smetanova 17, 62000 Maribor

Prispelo: 12.02.91

Sprejeto: 27.03.91