

Mikroelektronski sastavni dijelovi (čipovi) i vojni programi

Pukovnik ANTE PEZELJ, pukovnik PETAR KRUNIĆ

Ne upuštajući se u dublju analizu stanja, kretanja i odnosa prema tehnologijama izrade i primjene čipova u nas, autor navodi da su postojala, a vjerojatno još postoje, dva približno jednako utjecajna, međusobno suprotstavljena gledišta. Prema jednom od njih, čipovi i sredstva koja se od njih prave su gvožđurija, „tričavi čip“, odnosno nešto čime se ne trebamo baviti. Drugo gledište, suprotno prvom, jeste da trebamo osvojiti svu proizvodnju, ili ono glavno što nas u toj oblasti čini neovisnima.

Od činilaca koji utječu na opredjeljenja za vlastiti razvoj i proizvodnju čipova navedeni su: visoki investicijski troškovi, kratka aktualnost, brza promjena sadržaja proizvodnje, te da su proizvođači čipova i njihovi najveći potrošači. Naglašena je neminovnost suradnje između proizvođača čipova i sredstava u koje se oni ugrađuju, počev od zamisli, pa sve do pojave na tržištu.

Konstatacija, navedena u radu, da je potrošnja čipova za vojne potrebe manji dio ukupne potrošnje ilustrirana je podacima iz literature. Premda relativno manji dio potrošnje, vojna potrošnja je značajna kako zbog apsolutnog iznosa, tako i zbog toga što se radi o proizvodnji za vojnu upotrebu. Specifične vojne komponente nisu razmatrane u ovom napisu. Izveden je zaključak da vojska, odnosno vojne potrebe, iako interesantne i značajne za proizvođača čipova, ne mogu biti i nisu osnovni činilac koji determinira istraživanja, razvoj i njihovu proizvodnju.

Polazeći od pretpostavki, a i izvjesnih saznanja, navedeno je uvjerenje da su naši pojedinačni programi (DISK i JAIS – na primjer), svi naši vojni programi zajedno koji se zasnivaju na korištenju čipova, pa i ukupni programi naše zemlje maleni da bi opravdali samostalni razvoj i proizvodnju čipova za vlastite potrebe, te se sugerira udruživanje na širem planu (dionice u firmama, zajedničke firme itd.).

Uvodne napomene

Elektronski elementi, sklopovi, blokovi, uređaji i sistemi, elektronika uopće, imaju široku primjenu. Usavršavaju se i produbljuju na osvojenim, a proširuju i na nova područja. Nastao je oblik razmišljanja i ponašanja u okviru kojih rješenje mnogih problema traži uz pomoć i na osnovu elektronike – posebno elektronike kao nauke i tehnologije.

Osnova suvremenih elektronskih blokova i uređaja jesu elektronski sastavni dijelovi – ESD. Ima ih različitih, a najpoznatiji i najrasprostranjeniji su tzv. čipovi. Pod čipom se u ovom radu podrazumijeva elektronski dio sastavljen od relativno velikog broja elemenata međusobno uređenih i povezanih u elektronska kola – krugove, tako da prema okruženju čine jedinstvenu fizičku i logičku cjelinu. Na taj način oblikovane i uređene cjeline čine elektronski sklop koji se naziva čip. Pored naziva „čip“, koji je široko prihvaćen, u nas se susreću i termini „integralni krug“, „integralno kolo“, a i drugi. U ovom napisu želimo da skrenemo pažnju na mikroelektronske sklopove (čipovi) izrađene prvenstveno od poluprovodničkih elemenata, i to na neke osobine koje je uputno uzeti u obzir pri opredeljivanju za vlastitu proizvodnju i pravovremeno obezbjeđivanje za primjenu u vojnim programima zasnovanim na korišćenju čipova.

Postoji više vrsta i oblika čipova – mikroelektronskih sklopova. Podjele i izgled su posljedica različitih stajališta i kriterija na osnovu kojih se pristupa poslu, namjera i cilja koji se želi postići, osobina sklopova i drugih relevantnih činilaca. Rezultat određenih klasifikacija su i veoma rasprostranjeni nazivi, kao: tankoslojna i debeloslojna – prema tehnologiji izrade; digitalna i analogna – prema vrsti signala koji obrađuju; brza i spora – prema brzini kojom prelaze iz jednog u drugo stanje, i drugi. Sa stajališta ovog napisa interesantne su podjele prema namjeni i prema stupnju integracije (gustina pakovanja, koja označava broj elemenata na jedinici površine), odnosno prema kompleksnosti mikroelektronskih sklopova. Prema namjeni, čipovi se dijele na standardne i po narudžbi. S obzirom na kompleksnost, mikroelektronski sklopovi se dijele na: (1) niskog stupnja integracije – SSI (Small – Scalle Integration), sa do 100 vrata (kapija – engl. gate) po čipu; (2) srednjeg stupnja integracije – MSI (Medium – Scalle Integration), sa 100–1.000 vrata po čipu; (3) visokog stupnja integracije – LSI (Large – Scalle Integration), sa 1.000–10.000 vrata po čipu; (4) veoma visokog stupnja integracije – VLSI (Very – Large Scalle Integration), sa 10.000–100.000 vrata po čipu; (5) ultravisokog stupnja integracije – ULSI (Ultra Large Scalle Integration), sa 100.000 i više vrata po čipu. Porast komplek-

snosti mikroelektronskih kola i dalje ima eksponencijalni karakter.

Proizvodnja elektronskih sastavnih dijelova, naročito mikroelektronskih sklopova, unosan je posao. S obzirom na utjecaj na okolinu, može se zaključiti da proizvodnja čipova dobija na značaju mnogo više od ekonomskih efekata, koji su i sami veoma značajni.

Naša zemlja je posvećivala određenu pažnju proizvodnji elektronskih sastavnih dijelova, tako da smo imali izvjesnu proizvodnju. Njihov kvalitet i kvantitet bio je takav da se više njih moglo koristiti i u različitim vojnim uređajima. Na osnovu dobrenog spiska zamjenitelja, koji su izdavale nadležne vojne institucije, domaći sastavni dijelovi su se mogli koristiti i u sredstvima naoružanja i vojne opreme strane proizvodnje. U telefonskim aparatima, centralama, radio-uređajima raznih vrsta, televizorima i drugim elektronskim napravama bilo je ugrađeno više domaćih sastavnih dijelova. Značajno zaostajanje u njihovoj proizvodnji u našoj zemlji, u odnosu na razvijeni svijet, otpočela je u drugoj polovici šezdesetih godina, s pojavom mikroelektronskih sklopova – čipova.

Opredeljenje naše zemlje za proizvodnju elektronskih sastavnih dijelova – čipova, uređaja i sistema u koje se ugrađuju nikada nije do kraja izvedeno. U raspravama su se redovito suprotstavljale dvije krajnosti, dva oprečna, približno jednako utjecajna gledišta. Jedno je bilo da su čipovi i uređaji u koje se ugrađuje „gvožđurija“. Termin „tričavi čip“ bio je upotrebljavan i na stručnim skupovima. Softver koji se ugrađuje u čipove i isporučuje uz uređaje nazivan je „pisanija“. Naukom je označavano ono što se odnosilo na sistem i aplikativni softver. Nastavni planovi i programi, čak i nekih elektrotehničkih fakulteta, bili su sedamdesetih godina prožeti tim gledanjima i načinom razmišljanja. Drugo posve suprotno, bilo je gledište da mi moramo sve proizvoditi, a ako ne sve, onda ono glavno što nas čini neovisnim.

Jugoslavenska narodna armija je jedini korisnik elektronskih uređaja i sistema koji je pokušao uspostaviti proizvodnju mikroelektronskih sklopova (čipovi) u nas, u čemu je postignut djelomični uspjeh. Partneri su joj bili naši proizvođači „Iskra“, „RIZ“, „Rudi Čajavec“ i „Elektronska industrija“ iz Niša. Sada, kada se uspostavljaju novi, na tržištu zasnovani

uvjeti privređivanja, sve fabrike mikroelektronike u zemlji, između ostalog i zbog malog tržišta kojim raspolažu, i koje se još više sužava, prve su među onima koje obustavljaju proizvodnju. Odolijevaju proizvođači i proizvođači koji imaju tržište i van naše zemlje. Sve četiri navedene fabrike u zemlji spadaju u grupu malih proizvođača i potrošača, i dijele njihovu sudbinu, odnosno proizvode ono što im veliki ustupe, uglavnom zbog specifičnosti tržišta. Osnovni uspjeh tih ulaganja je, po mišljenju investitora, proizvođača, izvjesnog broja korisnika i promatrača, u osposobljavanju kadra za istraživanje i projektovanje u oblasti mikroelektronike, tako da razvijamo uređaje i sisteme, a potom i da ih proizvodimo, ali uz veće oslanjanje na uvoz čipova, koji je veći od željenog i očekivanog.

Pošto se u raspravama o proizvodnji čipova polazilo od suprotstavljenih mišljenja, rješenje je prepušteno fabrikama, a njihove ekonomske, stručne i druge mogućnosti su bile ispod nivoa problema koji je trebalo rješavati.

Odluka o proizvodnji čipova tijesno je povezana s opredjeljenjem za (ili protiv) proizvodnju i primjenu sistema u koje se ugrađuju čipovi, uz primjenu i drugih dijelova i tehnologija. Naime, proizvodnja čipova i proizvodnja uređaja u koje se ugrađuju čine cjelinu, pa je zaostajanje u proizvodnji čipova, uređaja i sistema u koje se oni masovno ugrađuju dovelo do zaostajanja zemlje u cjelini. Na to upozorava i činjenica da su najviše unapredovale oblasti i zemlje koje su imale veći rast proizvodnje i primjene čipova, uređaja i sistema u koje su oni masovno ugrađeni. Nema naučne oblasti i značajnije proizvodne i javne djelatnosti koja bi se mogla izuzeti od te konstatacije, i obratno. Saobrazno navedenom odnosu u nas prema toj oblasti, svaka djelatnost, odnosno ovlaštena organizacija je tražila odgovarajuće rješenje za sebe.

Izvjestan broj korisnika okrenuo se uvozu uređaja i sistema, drugi se opredijelio za uvoz čipova i domaću proizvodnju uređaja i sistema, a treći su rješenje tražili u domaćoj proizvodnji sastavnih dijelova i uređaja u koje se ugrađuju u mjeri u kojoj je domaća proizvodnja osvojena i aktualna. Premda bi svako od tih opredjeljenja moglo biti predmet posebnog interesa, jer je realan proizvod okruženja koje je na njega utjecalo, a povratno je djelovalo na razvoj okruženja koje se na njega oslanjalo, pažnju ćemo posvetiti domaćoj

proizvodnji elektronskih sastavnih dijelova (mikroelektronski sklopovi) – čipova sa stajališta aktualnog trenutka, imajući u vidu prevashodno detalje koji su korisni pri odlučivanju o vlastitoj proizvodnji i primjeni čipova.

KRATAK OSVRT NA PROIZVODNJU ČIPOVA PO LICENCAMA

Pravih istraživanja i originalnih rješenja u oblasti čipova i na toj osnovi zasnovane proizvodnje gotovo da nismo imali, što je neprestano povećavalo razliku između naše zemlje i zemalja koje su pravovremeno shvatile što ta tehnologija nudi čovječanstvu. Naša rješenja su se uglavnom zasnivala na licencama.

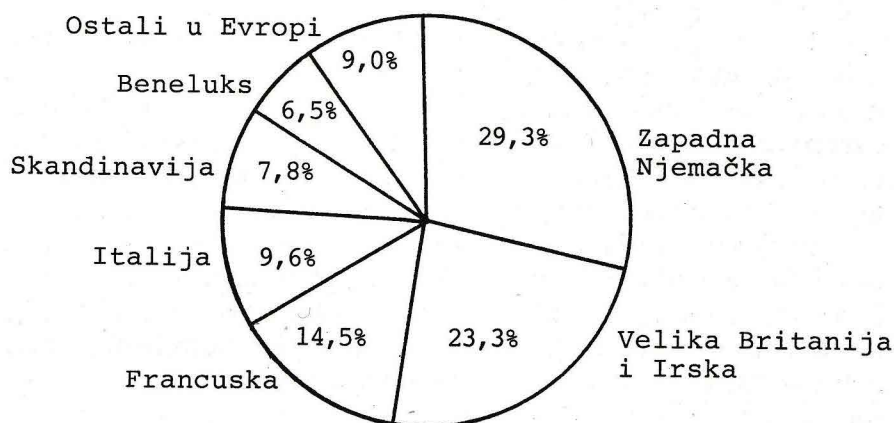
Kada su licence odabrane tako da proizvod – čip bude aktuelan u vrijeme serijske proizvodnje, kompletno nabavljene, uz osposobljen kadar i ostalo što je potrebno za uspješnu proizvodnju, te uz obezbijeđeno tržište, one ne moraju biti loše rješenje. Ali, pogrešna procjena ili bilo koja pogrešna odluka u vezi sa licencom koja se odnosi na proizvodnju čipova, ako nije pravovremeno valjano korigirana, ne samo da znači pogrešno utrošen novac nego i izgubljeno vrijeme, što veoma utječe na okruženje koje je svoje poslove zasnivalo na uspješnom ishodu plaćene licence. Stoga je veoma interesantno i sa stajališta opredjeljenja za budućnost veoma korisno kritički razmotriti podatke o količini uloženog novca u nabavku licenci za proizvodnju čipova i efekte tih ulaganja. Isti odnos bi trebalo imati i prema kupljenim tehnologijama i licencama za proizvodnju uređaja i (ili) njihovih većih cjelina. U nedostatku pravovaljanih, argumentiranih, na činjenicama zasnovanih ocjena, sudove o učinjenom daju pojedine kompetentne ličnosti, ali se oni razlikuju ne samo prema ličnostima koje ih daju nego i prema prilikama u kojima ih iznose.

NEKI AKTUALNI ČINIOCI KOJI UTJEČU NA OPREDJELJENJE O PROIZVODNJI ČIPOVA

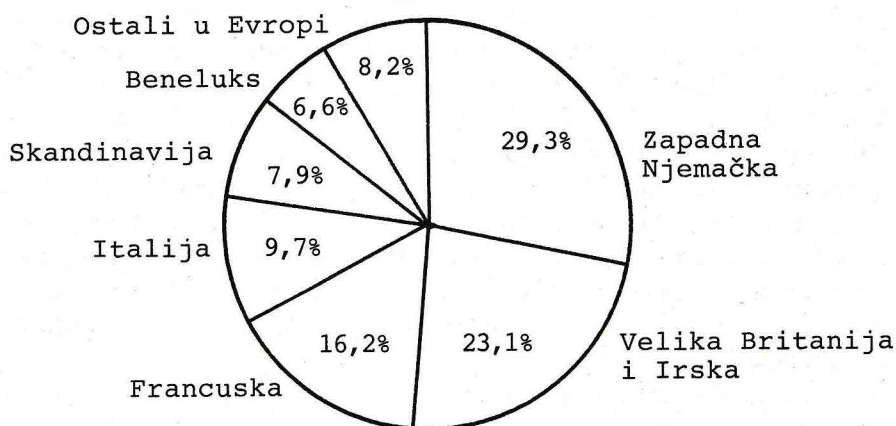
Pri opredjeljenju za vlastiti razvoj, osvajanje proizvodnje i proizvodnju čipova svrsishodno je imati u vidu općeprihvaćene činjenice.

Osvajanje proizvodnje i proizvodnja mikroelektronskih sklopova – čipova zahtijeva visoke investicijske troškove, reda više desetina miliona dolara. Pojedinačni proizvod (čip) mora imati prihvatljivu cijenu da bi ga tržište prihvatilo. Visoki investicijski troškovi i prihvatljiva cijena čipa dovode se u sklad putem raspodjele investicijskih troškova na velik broj komada, što znači da se podrazumijeva visokoserijska proizvodnja.

Aktualnost nekih čipova, pa i tehnologija čiji su rezultat, relativno kratko traje, ne samo zato što ima boljih i prihvatljivijih već, prvenstveno, zbog toga što se zahtjevi postavljeni za uređaje ne mogu na prihvatljiv način riješiti zastarjelim tehnološkim rješenjima i proizvodima. Ta osobenost uslovljava relativno brzu izmjenu sadržaja proizvodnje, odnosno perma-



Slika 1



Slika 2

nentna istraživanja kao začetak razvoja i osvajanja proizvodnje.

Brze promjene sadržaja proizvodnje i relativno kratka aktualnost određene vrste čipa isključuju opravdanost osvajanja proizvodnje proizvoda (vrsta čipa) koji se nalazi na tržištu, odnosno čiju vrijednost je tržište već verificiralo. Naime, za osvajanje proizvodnje potrebni su vrijeme, nova znanja i drugi resursi, a kada njihova primjena dovede do proizvoda, on obično zastari toliko da konstruktori uređaja za njega ne pokazuju interes, jer se u međuvremenu pojavio bolji i po svemu prihvatljiviji čip. Proizvođač koji svoju proizvodnju zasniva na proizvodima, uključujući i proizvodnju po licencama, nakon tržišne verifikacije proizvoda (čip) nema priliku za respektivan uspjeh.

Najveći proizvođači čipova ujedno su i najveći potrošači, a manji dio se nudi tržištu. Ta konstatacija se odnosi i na firme, i na zemlje. Na slikama 1 i 2 dati su podaci za neke evropske zemlje. Obe slike su prikazane u istoj razmjeri, tako da se iz površine kružnice, može uočiti razlika u potrošnji. U literaturi su navedeni i odgovarajući podaci za firme.

Projekti uređaja i sistema s odgovarajućim čipovima odvijaju se sinhronizirano, tako da se pojavljuju na tržištu jednovremeno ili vremenski malo pomjereni. Taj detalj je interesantan i zbog toga što ukazuje da suvremeni proizvođači elektronskih uređaja i mikroelektronskih sklopova (čipovi) tijesno surađuju od ideje za generiranje proizvoda do njegove verifikacije od strane krajnjeg korisnika – tržišta. Interes proizvođača uređaja i čipova za suradnjom zasnovan je na interesu da se prvi pojave na tržištu s kvalitetnim proizvodom. Na slici 3 data je kvalitativna razlika u visini prihoda i dobiti koju ostvaruju dva proizvođača koja nude u osnovi isti proizvod, ali vremenski pomjeren. Za približno ista početna ulaganja proizvođač A, koji se prvi pojavio na tržištu, ostvaruje veći prihod i dobit nego proizvođač B, koji se kasnije pojavio. Proizvođač čipova interes u suradnji nalazi u pravovremenom plasmanu proizvoda i tržišnoj verifikaciji (aplikacija) proizvoda. Nepostojanje te veze šteti kako jednom, tako i drugom proizvođaču.

Suradnja proizvođača čipova i uređaja je raznovrsna i sadržajna, naročito u području izrade kola po narudžbi. Za

prigodnu ilustraciju uzeti su prikazi i mogućnosti suradnje iz literature. Proizvođači čipova nude proizvođačima uređaja četiri oblika suradnje, koji im omogućavaju pravovremeno obezbjeđivanje čipova:

(1) programibilne logičke sklopove – PLD (Programabile Logic Devices), koji su razvijeni i proizvode se za neke funkcije u elektronskim uređajima, a mogu se kupiti na tržištu. Približno četrdeset sklopova za neke standardne funkcije može zadovoljiti mnogo proizvođača koji bez velikog rizika u razvoju mogu brzo organizirati proizvodnju nekog elektronskog uređaja. Važno je da se uz sklopove nudi i već urađen softver. U slučaju da se u uređaju očekuje reprogramiranje, na tržištu su raspoloživi logički sklopovi koje je moguće reprogramirati – EPLD (Erasable Programabile Logic Devices);

(2) programibilne rešetke nizova od strane korisnika uređaja – FPGA (Field – Programmable Gate Arrays), čija je gustina pakovanja veća za red veličine od prethodne, obezbjeđuju relativno brz razvoj uređaja i relativno malen rizik u primjeni. Pored sklopova gustine pakovanja 2.000 vrata po čipu, koji postoje na tržištu, u pripremi su sklopovi veće gustine pakovanja;

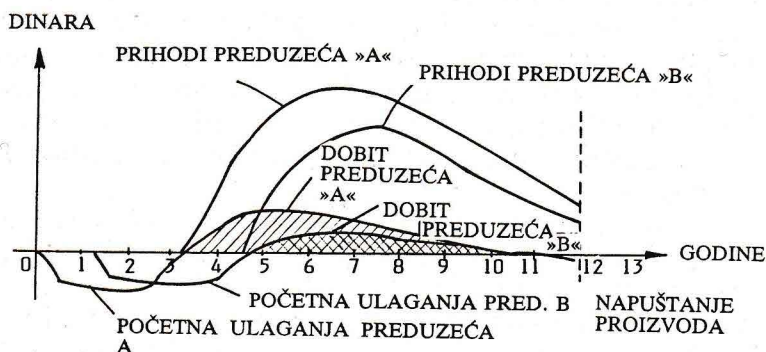
(3) rešetke nizova – GA (Gate arrays), čija je gustina pakovanja do 50K (K–kilo, puta hiljadu) vrata po čipu, koriste se za izradu prototipova uređaja, gdje je važno brzo završavanje razvoja i s relativno velikom gustinom pakovanja. Proizvođač uređaja definira funkcije, izvode na nožicama i sve što je potrebno za funkcioniranje uređaja. Ta vrsta proizvoda ima 256 izvoda (nožice);

(4) standardne ćelije – SC (Standard Cells), čija je gustina pakovanja za dva reda veličine veća nego u prvom slučaju. Mogu se obezbijediti specifični mikroelektronski sklopovi prema zahtjevu konstruktora uređaja – koliko je potrebno za uređaj. Primjenjuju se u uređajima i sistemima za koje su performanse i integracija sistema presudni i ne mogu se dozvoliti kompromisi u konstrukciji uređaja. Proizvođači čipova posjeduju potpune biblioteke podataka za projektovanje, odgovarajuću opremu i pribor (računarski sistemi i drugo).

U primjeni nekog od navedenih pristupa, odnosno modela suradnje, važno je imati u vidu cijenu sklopova, koja u materijalu određuje cijenu uređaja i sistema. Može se, na osnovu literature zaključiti da je za količine sklopova iznad

100.000 komada relativna cijena za sve oblike suradnje približno jednaka, ali se izvjesna prednost daje složenijim rešenjima. Za manje količine sklopova prednost imaju jednostavnija rešenja – prema navedenom redosljedu.

Prva dva oblika suradnje zasnovana su na već osvojenim čipovima, a druga dva predviđaju zajedničko projektovanje i razvoj čipova, tako da timovi projektanata čipova i uređaja zajednički obavljaju posao u cjelosti. Svi veliki proizvođači čipova imaju svoje tehnološke centre na više mjesta u svijetu, opremljene i osposobljene za projektovanje čipova i zajednički rad projektanata čipova i uređaja. Način i uvjeti suradnje su također bitni, ali je to predmet i odgovarajućih konkretnih aranžmana. No, ne ulazeći u način i uvjete suradnje, ponuđeni sadržaj je veoma interesantan i privlačan.



Slika 3

Konstruktor uređaja i sistema koji iz literature upoznaje karakteristike čipa u mjeri da ga može koristiti za proizvod koji konstruira, ili kada čeka provjeru svojstva čipa u nečijoj konstrukciji, nema priliku da bude proizvođač A (slika 3), u najboljem slučaju može biti proizvođač B. Pored više korisnih informacija koje nudi, slika 3 upozorava i na postojanje mogućnosti, a neki su je koristili i u nekoliko prilika, da proizvođači koji se sa zakašnjenjem opredijele za proizvodnju čipa (ili elektronskog uređaja), ili im početna ulaganja dugo traju, ne ostvare prihod, tj. ostanu samo u području obično ne malih početnih ulaganja. U takvim slučajevima vještina rukovođenja je što prije ustanoviti takav status proizvoda i energično ga napustiti. Improvizacije, nedosljednost i neodluč-

nost u tehnologiji proizvodnje čipova i elektronskih uređaja se brzo i efikasno kažnjavaju. Sve to ukazuje da ozbiljan proizvođač suvremenih elektronskih uređaja i sistema ne može uspješno poslovati ako nema direktan oslonac na proizvođača čipova.

Polazeći od pretpostavke da su podaci iz korištene literature, prikazani na slikama 1 i 2, dovoljno pouzdani, a u slobodnoj interpretaciji isječaka krugova, naša zemlja, ako je statistički obuhvaćena, nalazi se u grupi „Ostali u Evropi“. Slika pokazuje da ta grupa učestvuje manje od 10 odsto u ukupnoj potrošnji, te da će se njen relativni udio smanjivati u naznačenom periodu s 9 na 8,2 odsto. Pošto su površine krugova srazmjerne količini utrošenog novca, odnosno predviđenog za nabavku čipova, uočava se da se očekuje apsolutni porast potrošnje, pri čemu će doći do izvjesnih promjena i u relativnim odnosima između potrošača. Podaci sa slika pokazuju da su naši programi maleni da bismo mogli biti dovoljno veliki potražać vlastite proizvodnje čipova. Suprotno tome, i naši proizvođači elektronskih uređaja i sistema, da bi bili konkurentni, moraju imati neposrednu, međusobno uslovljenu vezu s proizvođačima čipova, i to od početne – istraživačke faze. Rješenje se može tražiti u suradnji – udruživanju, saobrazno onome što se u nas predviđa, a u poslovnom svijetu već odavno događa. Kao moguća, što ne znači i jedina rješenja, jesu zajedničke firme i dionice u firmama.

ČIPOVI ZA VOJNE ELEKTRONSKE PROGRAME

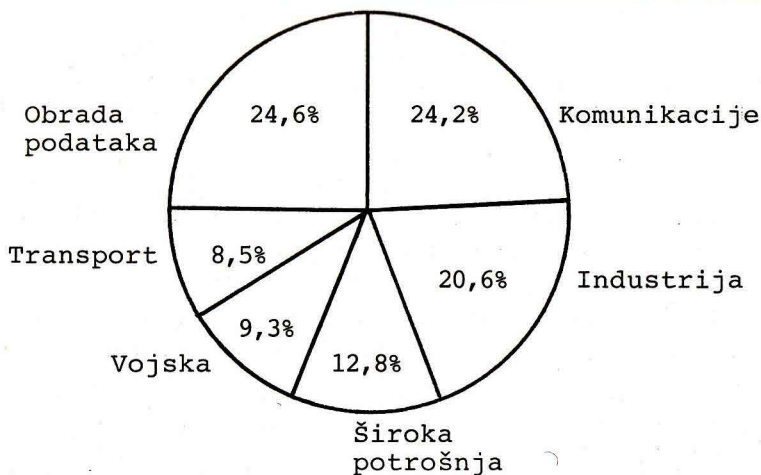
Postoje tipične i specifične vojne komponente, dakle i čipovi, koje su, naročito u nekim prilikama, veoma teško dostupne. Za njihovo posjedovanje apriorna pitanja su ima – nema, može – ne može itd. Tek nakon povoljnog odgovora slijedi uobičajena pitanja, vezana za cijenu, rok, dinamiku i druge uvjete kupoprodaje, stabilnost isporuke, i slično. Broj takvih specifičnih komponenata nije veliki. Konstruktori i proizvođači opreme i naoružanja nastoje, i sve češće uspijevaju, da smanje broj takvih čipova. Imajući u vidu specifičnost i malobrojnost specifičnih vojnih komponenata, te da se teži smanjenju broja uređaja koji zahtijevaju, u ovom razmatranju su specifične vojne komponente izostavljene. Naime, razma-

tranje se odnosi na mikroelektronske sklopove – čipove koji imaju univerzalniju primjenu i koji nisu strogo vojni.

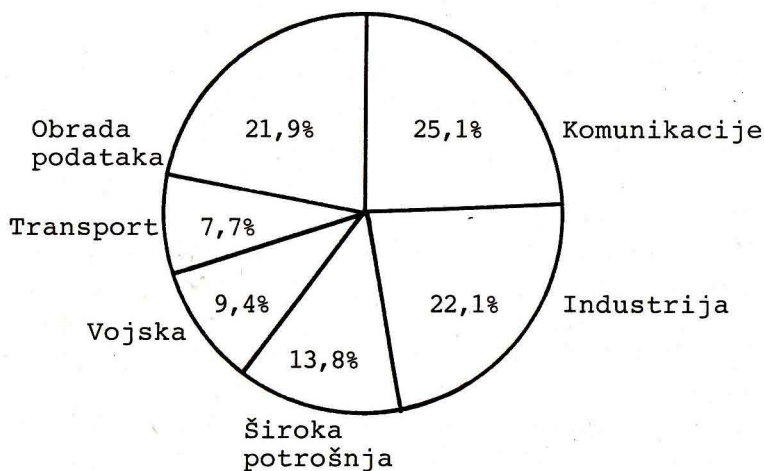
Po pravilu, u oblasti tehnologije izrade i korištenja čipova izrađenih od poluprovodničkih materijala nema posebne vojne proizvodnje – postoji proizvodnja za vojne potrebe. Pod njom se podrazumijeva, grubo rečeno, „obična“ proizvodnja i dodatni postupci i operacije u proizvodnji kojima se čip osposobljava da može zadovoljiti i vojne zahtjeve, koji su stroži, a rezultat su otežanih uvjeta korištenja i rada tehničkih sredstava. Ponekad se dodatni zahtjevi svode na testiranje kojim se ustanovljava da li proizvod (mikroelektronski sklop) zadovoljava strože zahtjeve. Činjenica da čipovi za vojnu primjenu moraju zadovoljavati strože zahtjeve, za čije ispunjenje treba utrošiti skuplji materijal i dodatni rad, ukazuje da su čipovi za vojnu primjenu skuplji od „običnih“. U općem slučaju nema stručnih ni sigurnosnih razloga koji opravdavaju postojanje posebnih razvojnih i proizvodnih resursa za proizvodnju mikroelektronskih sklopova – čipova, samo ili pretežno za vojne potrebe. One se podmiruju, po pravilu, na način immanentan tehnologiji i opredeljenjima koja važe za zemlju u cjelini.

Odvojenom promatranju razvoja, osvajanja proizvodnje i proizvodnje čipova samo ili pretežno za vojne potrebe ne ide u prilog ni činjenica da je vojna potrošnja relativno manji dio ukupne potrošnje čipova i da se, relativno, još smanjuje. Tako je, prema podacima iz literature, moguće uočiti da je za vojne programe SAD 1965. godine potrošeno oko 50 odsto proizvedenih čipova, da bi 1978. godine udio vojne potrošnje bio oko sedam odsto, s tendencijom daljnjeg relativnog pada. Značaj podatka o relativnom padu vojne potrošnje čipova ne umanjuje ni činjenica da je u svim područjima primjene (dakle, i vojnom) došlo do apsolutnog porasta potrošnje u svim oblicima – po asortimanu, količinama, financijskim izdacima i slično.

Predviđanja o kretanju vojne, porast apsolutne i pad relativne potrošnje potvrdila su kretanja u Evropi. Iz podataka na slikama 4 i 5 vidi se da je vojna potrošnja ispod 10 odsto ukupnih financijskih izdataka za nabavku čipova. (Površine krugova, dakle i isječaka, srazmjerne su financijskim sredstvima, te se sa slika 4 i 5 uočava, između ostalog, da se očekuje daljnji porast izdataka za nabavku čipova, a što ukazuje i na porast primjene, odnosno proizvodnje i potrošnje).



Slika 4



Slika 5

S obzirom na činjenicu da su vojni čipovi skuplji, podaci objavljeni 1981. i 1988. godine samo su kvantitativno različiti, dok se u kvalitativnom pogledu dopunjuju. Dodatni zahtjevi, realizirani primjenom dodatnih postupaka i radnji, kao i kvalitetnijeg materijala, imaju svoju cijenu, koja nije malena.

Korisno je uočiti da vojni programi, čiji je udio u potrošnji čipova, gledano financijski, ispod 10 odsto, a količinski i znatno manji, ne mogu biti (a i nisu) dominantni u determiniranju i kreiranju istraživanja, razvoja, osvajanja proizvodnje i proizvodnje čipova, jer se oni oslanjaju prvenstveno na ma-

sovne potrošače. Manji potrošači, u koje spada i vojska, veoma su interesantni i za njih se rješenja traže u okviru općih kretanja i specifičnosti potrošača.

ČIPOVI ZA VOJNE PROGRAME JUGOSLAVENSKE NARODNE ARMIIJE

Za potrebe Jugoslavenske narodne armije rade se raznovrsna sredstva naoružanja i vojne opreme za čiju se izradu a priori podrazumijeva korištenje raznovrsnih čipova visokog kvaliteta. Nazivi nekih programa i izvjesni podaci o njima objavljeni su i u sredstvima javnog informiranja, naročito putem televizije i međunarodne armijske suradnje, kao i u stručnim časopisima. Na primjer, na stranicama „Vojnog dela“ nedavno je objavljeno da se radi na istraživanju i razvoju digitalnog integrisanog sistema komunikacija (DISK) koji će obezbijediti transmisiju podlogu i za »C³I« sisteme, kao i da je u toku opremanje jedinstvenog automatizovanog informacionog sistema (JAIS) koji će se znatno koristiti i u »C³I« sistemu. I iz toga je vidljivo da se radi o relativno velikim potrošačima čipova i o sredstvima i sistemima za čiji će razvoj, proizvodnju i opremanje trebati mnogo novca.

Da bi elektronske naprave poput uređaja koji će biti sastavni dijelovi DISK-a i JAIS-a bile suvremene u vrijeme uvođenja u naoružanje i vojnu opremu neophodno je da njihovi projekti budu zasnovani na čipovima iz razvoja. Kada bi projekti uređaja, DISK-a na primjer, bili zasnovani na čipovima iz serijske proizvodnje, bili bi podvrgnuti rekonstrukciji (trebalo bi pokriti nove troškove i obezbijediti dodatno vrijeme) često već u prvim fazama proizvodnje, a možda i ranije – u vrijeme razvoja, naprosto zbog toga što će prestati proizvodnja čipova s kojima se ušlo u razvoj. Tokom razvoja i proizvodnje uređaja, umjesto projektom predviđenih, proizvodit će se drugi, po svemu prihvatljiviji čipovi, ali tako da prosta (mehanička) zamjena nije moguća. Ta činjenica se odnosi na gotovo sve projekte elektronskih uređaja koji imaju pretenziju da ostanu konkurentni, odnosno funkcionalno i tehnički dovoljno dobri, ili barem prihvatljiviji u vrijeme prvih

nekoliko godina eksploatacije. U ovom slučaju radi se o suradnji projekatana čipova i uređaja.

Rješenje problema suradnje između konstruktora i proizvođača čipova i uređaja u koje će biti ugrađeni, što je sa stajališta vojnih programa veoma važno, usložava činjenica da je ona uglavnom omogućena konstruktorima koji rade u firmama koje razvoj uređaja i čipova rješavaju pravovremeno. Suradnja s konstruktorima uređaja dozvoljava se konstruktorima čipova samo ako njihov proizvod nije konkurencija, već dopuna programa firmama koje razvijaju uređaje i čipove, odnosno ako nije konkurencija programima firmi koje su obezbijedile suradnju između konstruktora uređaja i čipova. Ranije pojavljivanje na tržištu, uz približno jednaka ulaganja u razvoj, omogućavaju veću dobit onoj firmi koja se prva pojavi na tržištu (što se vidi i na slici 3). Znači, važno je izbjeći konkurenciju, a taj cilj se postiže i poštivanjem prednosti koje nudi suradnja između proizvođača čipova i uređaja. Kada su vojni programi u pitanju, umjesto dobiti (slika 3), treba promatrati kvalitet i suvremenost sredstava naoružanja i vojne opreme.

Svi razlozi, uključujući i navedene, upućuju na zaključak da je projektantima i proizvođačima elektronskih sredstava i sistema neophodno obezbijediti neposredno prisustvo i utjecaj na proizvodnju čipova – da utjecaj na projektovanje i proizvodnju čipova bude njihova mogućnost, pravo i obaveza, ali da važi i obratno. To saznanje je suprotno shvatanju da se mi ne trebamo baviti tehnologijama projektovanja i proizvodnje elektronskih sastavnih dijelova, tzv. tričavih čipova, gvožđurije i slično.

Promatrani ponaosob, i zajedno, programi DISK i JAIS, a i svi vojni programi, premda za svaki treba izdvojiti mnogo novca za nabavku čipova, ne mogu, u stručnom i ekonomskom smislu, biti podrška mišljenju da bi trebalo imati uglavnom svu, ili barem veliki dio proizvodnje čipova za vlastite potrebe. Za stručni i poslovni svijet bilo bi, blago rečeno, „zabavno“ čuti ili pročitati da netko predlaže osvajanje proizvodnje čipova (mikroelektronski sklopovi) za DISK i JAIS, ili slične programe, a da to nije dio već osvojene i uhodane, za šire potrebe (tržište) namijenjene proizvodnje. Premda su razlozi za ovu konstataciju poznati, nije suvišno neke ponovo iskazati.

Ekonomski isplative serije su reda veličine stotina hiljada, pa i miliona komada, te je, ako se ne gleda na ekonomsku opravdanost, nužno prihvatiti visoku cijenu uređaja i sistema. Naime, firme proizvođači čipova su ujedno i njihovi najveći potrošači, a samo jedan dio se u pogodnom trenutku nudi tržištu.

Vojni programi, koji će se i u budućnosti smanjivati, ne opravdavaju osvajanje proizvodnje i proizvodnju čipova samo ili pretežno za vojne potrebe. Ta konstatacija se može primijeniti i na našu zemlju, odnosno na naše armijske programe, a da se i ne spominju pojedinačni programi, pa makar i oni koji se spominju u sredstvima informiranja, kao što su DISK i JAIS. To nikako ne znači da vojska, pa i JNA, ne treba sudjelovati u financiranju istraživanja i razvoja čipova – mikroelektronskih sklopova.

Moguće je pretpostaviti da je dio kupljene opreme upotrebljiv i za suvremenu proizvodnju. Ukoliko je ta pretpostavka točna, za osvajanje proizvodnje čipova suvremenih karakteristika potrebno je kupiti nove opreme u vrijednosti više desetina miliona dolara. Kada se tim izdacima dodaju troškovi opreme za proizvodnju, rad, materijal, usluge i drugo, onda se iznos višestruko uvećava, pa su to visoki troškovi za malene serije uređaja, bez obzira na to što se „ne polazi od nule“.

Kadar, raspoređen u više istraživačkih i proizvodnih organizacija, u više regiona, uglavnom orijentiran da usvaja na tržištu kroz proizvod verificirana znanja i vještine, nije u mogućnosti, premda je nužno, pravovremeno i permanentno da osavremenjava proizvodnju vlastitim rješenjima. Poznato je da proizvođač koji sam, pravovremeno, novim i boljim čipom ne potiskuje tržištu ponuđeni i od njega dobro prihvaćeni prethodni čip ubrzo biva potisnut s tržišta. Suvremena kretanja idu u pravcu smanjenja broja firmi koje rade za vojsku, što bi u našim uvjetima bilo teško izvodljivo.

U slučaju vlastite proizvodnje čipova za vojne potrebe najveća je opasnost, premda latentna, u tome što investitor, u konkretnom slučaju odgovarajuće institucije Jugoslavenske narodne armije, da bi opravdao uloženi novac i vrijeme često nekritički zahtijeva primjenu nabavljenih tehnologija. Lakše je ustanoviti kako su završeni projekti, kakve i kolike štete su

pričinjene nekritičkom primjenom nekih tehnologija nego sagledati koje i kakve su štete nastale, ili su mogle nastati zbog toga. Pošto je prvenstveno riječ o vojsci, kao specifičnoj djelatnosti, tj. o vojnim programima, moguće posljedice zbog nepovoljnog ishoda pojedinih programa su veoma značajne, a njihovim sagledavanjem se smanjuje vjerovatnoća ponovnog pravljenja istih i sličnih pogrešaka. Naime, u vrijeme mira i mirnodopskog načina života promašaji se bitno ne uočavaju, ali u slučaju stvarne potrebe za odgovarajućim sredstvima naoružanja i vojne opreme promašaji se odražavaju na sposobnost, a možda i na mogućnost obavljanja određene vrste zadataka.

NEOPHODNOST VLASTITIH ISTRAŽIVANJA

Odnos prema istraživanjima, ciljevi, sadržaj, metodologija i ostalo što determinira istraživački program zaslužuje posebnu pažnju. I sa stajališta ovog napisa istraživanja se smatraju nezaobilaznim – njima se alternativa ne vidi. Ona bi imala za cilj, pored ostalog, ovladavanje znanjima u mjeri pravovremenog, dovoljno pouzdanog predviđanja kretanja i razvoja u toj oblasti i nuđenja (predlaganje) potrebnih pravovremenih opredjeljenja u oblasti istraživanja, razvoja, osvajanja proizvodnje i proizvodnje čipova, a u funkciji razvoja i proizvodnje elektronskih uređaja i sistema. Istraživanjima bi trebalo omogućiti predviđanja, a ona se moraju zasnivati na naučno utemeljenim činjenicama čija je relevantnost dokazana. Takođe, one moraju biti pouzdane toliko da vjerojatnoća pogrešne odluke (pogrešan izbor) bude prihvatljivo malena. Činjenice korištene u predviđanjima moraju biti dostupne i prepoznatljive ne samo stručnjacima iz oblasti odgovarajućih tehnologija već i ljudima koji donose odluke.

Zaključak i sugestije

Proizvodnja mikroelektronskih sastavnih dijelova – čipova savremena je i ekonomski isplativa visokoserijska proizvodnja. Firme i zemlje u čijoj je nadležnosti proizvodnja čipova ujedno

su i njihovi najveći potrošači, a dio proizvodnje se u pogodnom trenutku nudi tržištu čipova.

Projektovanje i proizvodnja čipova i uređaja na osnovu njih međusobno su uvjetovane i, po pravilu, povezane radnje. Znatno slabiji uspjeh postižu proizvođači koji proizvode čipove uglavnom za tržište, odnosno koji projekte i proizvodnju uređaja zasnivaju na čipovima čija je valjanost na tržištu prethodno kroz uređaje dokazana.

Za razvoj, osvajanje proizvodnje i proizvodnju mikroelektronskih sklopova potrebne su desetine miliona dolara. Prihvatljiva cijena čipa dobija se kroz visokoserijsku proizvodnju, a sadržaj proizvodnje se mora relativno brzo inovirati novim i po svemu prihvatljivijim proizvodom. I samo s tog stajališta bilo koji program Jugoslavenske narodne armije (DISK – na primjer), svi naši vojni programi zajedno, a vjerojatno i ukupne potrebe Jugoslavije, kako trenutne, tako i u doglednoj budućnosti, ne opravdavaju postojanje relativno samostalne proizvodnje čipova zasnovane na vlastitom razvoju i osvajanju.

Rješenja kojima se obezbjeđuju elektronski sastavni dijelovi, shodno ovom promatranju – čipovi, za istraživanje, razvoj, proizvodnju i održavanje uređaja i sistema potrebnih Jugoslavenskoj narodnoj armiji uputno je tražiti u okvirima rješenja za Jugoslaviju u cjelini.

Istraživačima, konstruktorima i proizvođačima uređaja potrebnih Jugoslavenskoj narodnoj armiji treba obezbijediti mogućnost, obavezu i pravo da surađuju s konstruktorima i proizvođačima čipova koje će koristiti.

Suvremena kretanja u našoj zemlji idu ka širem i dubljem povezivanju sa svijetom, koji taj problem uspješno rješava, što i nama nudi realne perspektive. Moguća rješenja su zajedničke firme i dionice u njima.

Istraživanja u oblasti mikroelektronskih sklopova – čipova, i elektronskih sastavnih dijelova uopće, nemaju alternativu, a cilj, sadržaj i konkretan program prilagođavaju se potrebama i mogućnostima.

Literatura:

1. Hamilton C. Walker, *Applying Advanced Computer Technology to the Military Environment*; Signal, mart 1981, str. 35–41.

2. Potpukovnik mr Mirko Maleš, *Izviđanje iz kosmosa i sistemi »C³I«*; „Vojno delo“, 4/1989, str. 91–103.
3. Prof. dr Stjepan Han, *Rukovođenje IR – radom (predavanje na seminaru)*, mart 1990.
4. *Markets and The Technology: The European Semiconductor Industry*; Overvien 1988.
5. James Heitz Jackson, *Reshaping of the defence industry*, Journal Defence Weekly, 25. novembar 1989.
6. Ante Pezelj, *Računari i sastavni delovi pogodni za korišćenje u otežanim uslovima*; „Vojnotehnički glasnik“, 1/1986, str. 67–72.
7. *Texas Instruments, A perspective on ASIC design*, Electronic Design, mart 1990.
8. MIPRO 1989, *Aplikacijski specifični integrirani sklopovi (ASIC) – Seminar*.

S U M M A R Y

MICROELECTRONIC COMPONENT PARTS (CHIPS) AND MILITARY PROGRAMMES

Not entering a deeper analysis of the situation, trends and treatment of the technologies of manufacturing and application of chips in our country, the author notes that there existed, and probably exist still, two roughly aually influential mutually opposed approaches or views. After one of them, chips and devices or equipment made of them are only hardware, „mere chips“, or something that we should not occupy ourselves with. The second one maintains, contrary to the first one, that we should master the entire process of manufacturing of chips, or at least the major part of it that would make us independent in this domain.

Of factors influencing our determination to our own development and manufacturing of chips are presented the following ones: high investments, short actualness, swift changes in contents of manufacture, the fact that the manufacturers of chips are at the same time their major users or consumers. The author underlines the inevitability of cooperation between the manufacturers of chips and manufacturers of equipment into which they are built, starting from the very idea of their design and to their appearance in the market.

The finding that the consumption of chips for military uses makes only a minor part of their overall consumption is illustrated by data from the literature. Although it makes a minor part of their overall consumption, the consumption of chips for military uses is significant because of their absolute amount and because it concerns production of armament and military equipment. Specific military components have not been in this article considered. The conclusion has been drawn that the Army, i.e. the military requirements, although

interesting and significant for the manufacturers of chips, cannot be nor are the main factor which determinates the research, development and manufacture of chips.

On the basis of surmises, and certain cognitions, the author maintains that our individual programmes (e.g. DISK and JAIS), all of our military programmes based on utilization of chips taken together, and even all programmes of our country taken together, are too small to justify our independent development and manufacturing of chips for our own uses, and suggests association on a wide plan (shares in firms, joint firms, etc.).

R É S U M É

LES COMPOSANTES MICROELECTRONIQUE (CHIPS) ET LES PROGRAMMES MILITAIRES

Ne faisant pas une analyse profonde de l'état, des mouvements et des rapports aux technologies de fabrication des chips chez nous, auteur cite qu'il existe, et probablement encore, deux plus au moins égaux entre eux, points de vue opposant l'un l'autre. Selon l'un d'eux, les chips et composants sont seulement le fer, „inepties“, ou quelque chose qui ne mérite pas la peine. L'autre montre la nécessité de production des chips entier ou, au moins, les composantes importants des chips.

On a mentionné les faits suivants qui font influence sur la prise de décision pour la production des chips: les frais très élevés de l'investissement, actualité très courte des produits, le changement brusque de contenu de production et le fait que les producteurs des chips sont en même temps les plus grands consommateurs de ceux-ci. Nécessité de coopération entre producteurs et moyens est très accentuée tout au long de l'utilisation à partir de l'idée jusqu'à l'apparition sur le marché.

Constatation, cité dans le travail, que la consommation des chips pour les besoins militaires fait une partie mineure de consommation totale est illustrée par les données tirées de littérature. Mais malgré cela, consommation militaire est importante car il s'agit de production pour les besoins militaires. Composantes militaires spécifiques ne sont pas traitées dans cet article. La conclusion tirée dit que l'armée, c'est-à dire les besoins militaires, intéressants et considérables pour les producteurs des chips, ne peuvent pas être la composante déterminante pour les recherches, le développement et la production des chips.

Partant des suppositions et des certaines connaissances, on a cité que nos programmes (DISK et JAIS par exemple), tout programmes militaires ensemble fondés sur l'utilisation des chips, et même tous les programme de notre pays vus ensemble sont petits et ne peuvent pas prouver la décision de production et le développement autonome. C'est pourquoi on suggère unification sur un plan large et complet (actions dans les entreprises, entreprises mixtes etc).

РЕЗЮМЕ

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ (ЧИПЫ)
И ВОЕННЫЕ ПРОГРАММЫ

Не входя в более глубокий анализ состояния, движения и отношения к технологиям изготовления и применения чипов у нас, автором утверждается, что существовали, а вероятно все еще существуют, две приблизительно одинаково влиятельные, взаимно противопоставленные точки зрения. В согласии с одной из них чипы и средства, изготавливающиеся из них, – металлолом, „ничтожный чип“, т.е. то, чем не надо заниматься. Вторая, противопоставленная этой точка зрения, требует, чтобы мы освоили все производство, или по крайней мере ту его часть, которая нам в этой области обеспечивает независимость.

Из факторов, влияющих на пути собственного развития и производства чипов, приводятся: высокие инвестиционные расходы, непродолжительность актуальности, быстрое изменение содержания производства, а также, что изготовители чипов являются их самыми большими потребителями. Подчеркивается необходимость сотрудничества между изготовителями чипов и средств, в которые они устанавливаются, начиная с замысла, вплоть до выступления на рынке.

Констатация, приведенная в труде, что потребление чипов для военных целей представляет собой меньшую часть совокупного потребления, иллюстрируется данными из литературы. Хотя составляет относительно меньшую часть совокупного потребления, военное потребление имеет значение, как по причине абсолютной суммы, так и потому, что речь идет о производстве для военного использования. Специфичные военные компоненты в настоящей статье не рассматриваются. Делается вывод, что армия, т.е. военные потребности, хотя интересные и значительные для изготовителей чипов, не могут быть и не являются основным фактором, определяющим исследования, развитие и их производство.

Исходя из предпосылок, а также из некоторых сознаний, высказывается уверенность, что наши отдельные программы (ДИСК, ЙАИС, например), все наши военные программы вместе, основывающиеся на использовании чипов, даже совокупная программа нашей страны являются недостаточными, чтобы оправдать самостоятельное развитие и выпуск чипов для собственных потребностей, так что внушается объединение в более широком плане (вклад в фирмы, совместные фирмы и т.д.).