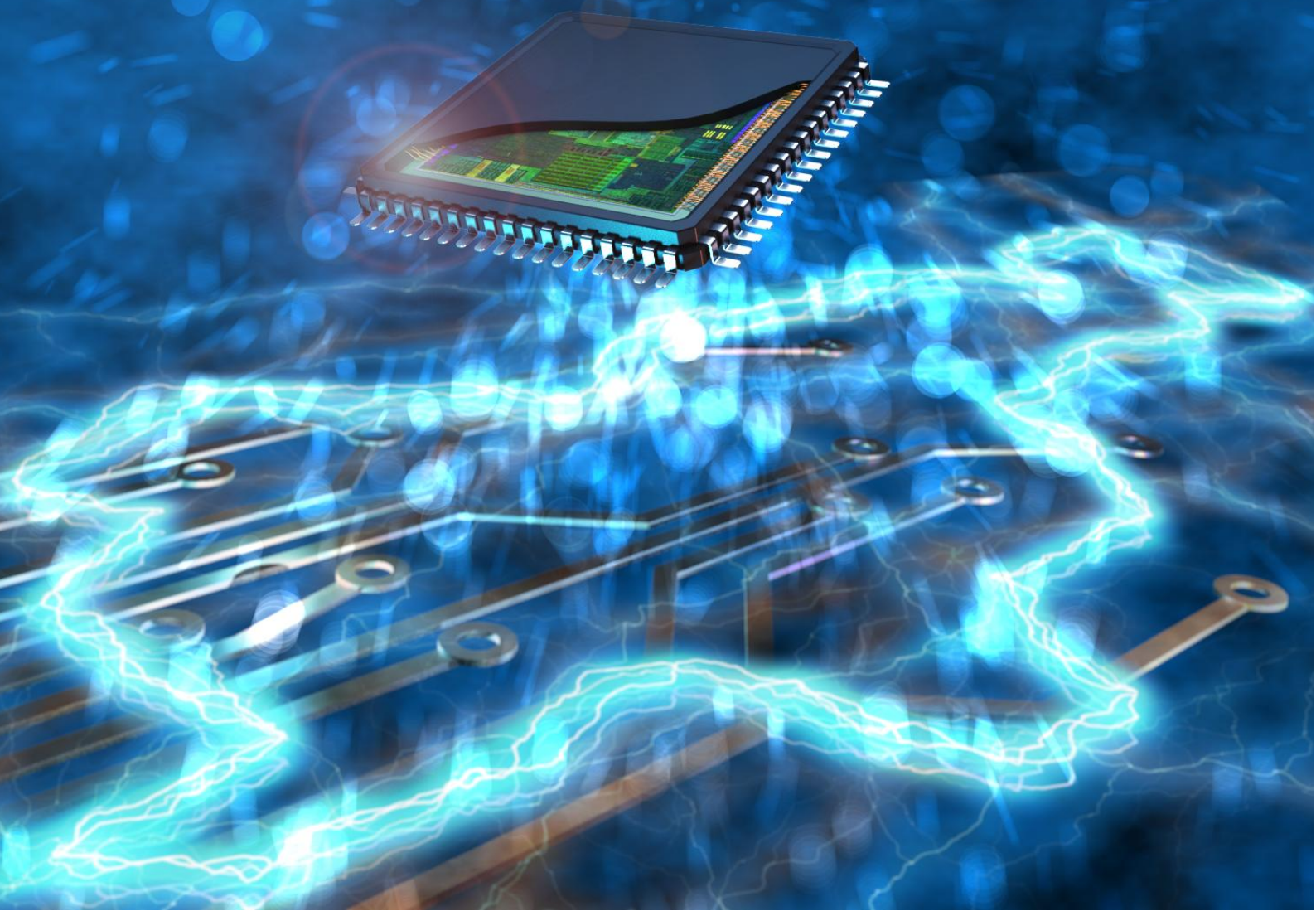




REPUBLIKA SLOVENIJA
VLADA REPUBLIKE SLOVENIJE

Program razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030



Verzija 1.5
18. 2. 2026

KAZALO

KAZALO	2
POVZETEK	4
Namen programa	10
Vizija	10
Osnovni strokovni pojmi	10
Pravne podlage	11
1 STANJE IN IZHODIŠČA	12
1.1 Pomen čipov in polprevodniških tehnologij	12
1.1.1 Splošni pomen	12
1.1.2 Vloga pri strateških usmeritvah Evrope	12
Digitalizacija	13
Zeleni prehod in trajnostna energetika	13
Ključne omogočitvene tehnologije	13
1.1.3 Pomen za razvoj Slovenije	13
Gospodarski pomen	13
Družbeni pomen	15
1.2 Pregled stanja in trendi	16
1.2.1 Svet	16
1.2.2 Evropa	18
1.2.3 Slovenija	19
Stanje in izzivi	19
Analiza SWOT	23
Vpetost v nacionalne programe in resolucije	26
Sinergije z drugimi strategijami	26
1.3 Izhodišča in kazalniki uspešnosti	27
1.3.1 Izhodišča	27
1.3.2 Določitev ključnih kazalnikov uspešnosti	28
2 CILJI IN USMERITVE	30
2.1 Ključni cilji	30
2.2 Usmeritve razvoja	30
Akcijske usmeritve	31
STEBER I	31
2.2.1 Talenti	31

2.2.2	Znanja, spretnosti in kompetence	34
2.2.3	Delovna mesta	39
STEBER II.....		40
2.2.4	Raziskovalna in razvojna infrastruktura	40
2.2.5	Raziskave, razvoj in inovacije.....	44
2.2.6	Varstvo intelektualne lastnine in tehnološki prenos	45
STEBER III		48
2.2.7	Partnerstva in povezovanje za krepitev celotne vertikale	49
2.2.8	Povezovanje za krepitev celotnega ekosistema elektronske industrije	51
2.2.9	Evropska in mednarodna sodelovanja.....	52
2.2.10	Promocija področja	55
Področne usmeritve		56
2.2.11	Načrtovanje čipov in gradnikov	57
2.2.12	Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje	59
2.2.13	Testiranje in karakterizacija čipov ter gradnikov	63
2.2.14	Pakiranje čipov.....	64
2.2.15	Razvoj in optimizacija nišne opreme	66
Tehnološke usmeritve		68
2.2.16	Elektronski čipi in gradniki	68
2.2.17	Fotonski čipi in gradniki	69
2.2.18	Kvantni čipi in gradniki.....	70
Aplikacijske usmeritve.....		70
3	SPREMLJANJE IN ODZIVANJE.....	73
3.1	Okvirna ocena potrebnih finančnih sredstev	73
3.2	Pričakovane vrednosti ključnih kazalnikov uspešnosti	73
3.3	Krizno spremljanje in odzivanje.....	74
PRILOGE.....		76
Priloga 1: Grafika programa.....		77
Priloga 2, str. 1 od 3: Slovenska vrednostna veriga polprevodnikov		78

POVZETEK

Čipi (integrirana vezja) predstavljajo osrednji del vsake sodobne elektronske naprave, zato si brez njih vsakdanjega življenja skorajda ne moremo predstavljati. Omogočajo nam hiter dostop do informacij, komunikacijo na daljavo, učinkovito delo in drugo. Hkrati nam pomagajo pri reševanju življenj, prispevajo k skrbi za naše zdravje, omogočajo udobnejše bivanje in dobro počutje. Brez čipov in elektronskih naprav ne moremo izvesti digitalizacije, zelenega prehoda in učinkovitejše rabe energije. So ključni element pametnih in trajnostnih izdelkov in storitev z visoko dodano vrednostjo ter predstavljajo strateško panogo gospodarstva.

V pričujoči *Program razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030* podajamo usmeritve razvoja in strokovne rešitve za izvedbo. Konkretni ukrepi in finančna konstrukcija bodo opredeljeni v akcijskem načrtu.

Stanje in pomen področja

Trg čipov in polprevodnikov v svetovnem merilu neprestano narašča, prav tako tudi njihov geostrateški in ekonomski pomen. Polprevodniki in čipi pospešujejo razvoj gospodarstva. Svetovni trg polprevodnikov bo ob predpostavki povprečne stopnje rasti v višini 7,1 % na letni ravni leta 2030 presegel 1 bilijon (1000 mrd) USD.¹ Zadnje napovedi nekaterih večjih podjetij kažejo še na precej večjo skupno rast trga.

Čipi skupaj s spremljajočimi polprevodniškimi tehnologijami za njihovo proizvodnjo predstavljajo velik potencial za nove tehnološke inovacije in preboje tudi v Evropi in Sloveniji. Nedavne prekinitev v globalnih dobavnih verigah čipov zaradi pandemije covida-19 in drugih dogajanj so izpostavile ranljivosti in pomen vlaganj v lastne kapacitete za razvoj in proizvodnjo čipov. Evropska unija si je v okviru Akta o čipih zadala cilj, da do leta 2030 poveča globalni tržni delež v proizvodnji čipov s sedanjih 10 % na 20 %, upoštevajoč 7,1-odstotno letno rast globalnega trga. Poudariti je treba, da vsi danes proizvedeni čipi na svetu, še posebej napredni čipi, vključujejo rezultate evropskih raziskav in tehnologije. V Evropi se predvideva več kot 43 milijard evrov naložb in pomembnejši proizvajalci že gradijo velike nove proizvodne obrate z najsodobnejšimi tehnologijami za izdelavo čipov.

Tudi Slovenija ne sme zamuditi trenutnega trenda na tem področju in mora izkoristiti priložnosti za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij na nacionalni ravni. Poleg koriščenja sredstev s strani EU mora zagotoviti lastna investicijska sredstva za pospešitev razvoja in doseganje prebojnih zgodb tako na strani raziskovalno-izobraževalnih organizacij kot tudi v podjetjih. Na področju mikroelektronike in polprevodnikov ima Slovenija že več kot 50-letno tradicijo. Kljub pomanjkljivim vlaganjem v opremo v preteklosti pridobljena vrhunska znanja in spretnosti odličnih raziskovalnih skupin in podjetij predstavljajo primerno odskočno desko za izvedbo pospešenega razvoja. Potrebne so večje investicije v raziskovalno infrastrukturo in izvajanje raziskovalnih, razvojnih in inovacijskih aktivnosti na področju. Posebno pozornost je treba

¹ Vir: [A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)

nameniti tudi pridobivanju novih talentov. **Slovenija ne stremi k masovni proizvodnji velikopotrošnih čipov, temveč se usmerja na nišne segmente namenskih čipov in tehnologij, kjer se lahko uvrsti v svetovni vrh.** Ta usmeritev nam bo omogočila konkurenčnost na globalnem trgu, zmanjšala odvisnost od dobavnih verig za nišne proizvode z veliko dodano vrednostjo in prispevala h krepitvi suverenosti države na tem strateškem področju. Okrepitev slovenskega polprevodniškega ekosistema, v katerem so čipi in polprevodniške tehnologije ključna dejavnost, kaže izjemen pomen za slovensko elektroindustrijo in celotno gospodarstvo.

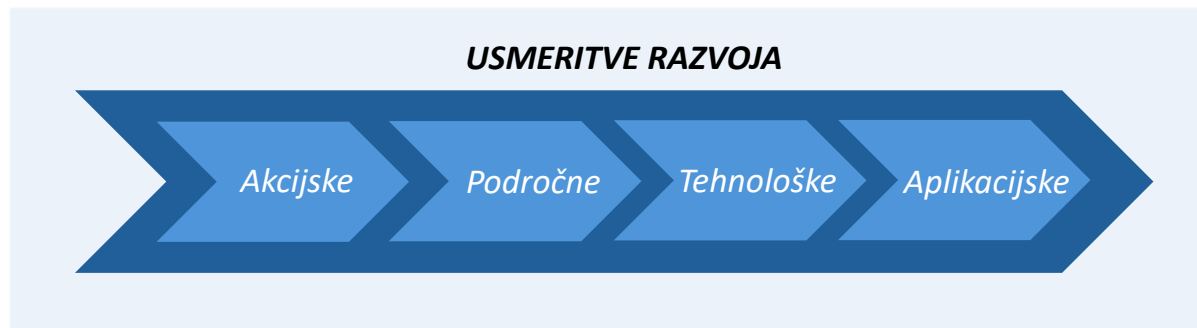
Izhodišča in cilji programa

Slovenija zaradi dolgoletnega pomanjkanja vlaganj na področju čipov in polprevodniških tehnologij zaostaja v svetovnem in evropskem merilu. Z investicijami v raziskovalno opremo in aktivnosti bomo našim visokotehnološkim podjetjem in raziskovalno-izobraževalnim organizacijam omogočili konkurenčnost na mednarodni ravni. Investicije v razvoj čipov in polprevodniških tehnologij so strateškega pomena za napredno gospodarstvo, obrambno sposobnost ter tako tehnološko kot ekonomsko suverenost države. Sloveniji trenutno primanjkuje tudi kakovostno izobraženih in usposobljenih strokovnjakov s področja čipov in polprevodniških tehnologij. **Da bi to področje postalo magnet za talente, ga moramo razvijati, hkrati pa povečati vpis na ustrezne visokošolske smeri in okrepiti njegovo promocijo.** Razvoj na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji je v skupnem interesu visokošolskih izobraževalnih institucij, raziskovalnih inštitutov, centrov odličnosti in podjetij, kar dokazuje podpisano [Pismo o nameri za sodelovanje na področju polprevodniških tehnologij in mikroelektronike](#). Navedena izhodišča narekujejo smernice in **ključne cilje programa**, ki jih povzemamo v nadaljevanju:

- **Modernizirati in znatno okrepiti raziskovalno in razvojno infrastrukturo ter aktivnosti** na področju razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v celotni vertikali – od izobraževanja, raziskav in inovacij do prototipov in nišnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo. S tem bi okrepili celoten državni ekosistem elektronske industrije (multiplikativni učinki) in povečali konkurenčnost gospodarstva.
- **Pridobiti nove talente** in ustvariti potrebno kritično maso motiviranega strokovnega kadra. S sodobnimi izobraževalnimi programi lahko zagotovimo visoko usposobljene strokovnjake, hkrati pa moramo poskrbeti, da jih obdržimo in jim zagotovimo kreativna delovna mesta.
- V povezavi s prejšnjima ciljema **povečati število in kakovost inovacij** na področju.
- Zagotoviti **večjo stopnjo nacionalne suverenosti in varnosti dobavnih verig** na področju čipov in polprevodniških tehnologij.
- **Povečati evropsko in mednarodno vpetost** in prepoznavnost Slovenije na področju. Želimo namreč postati ključni igralec na evropskem in globalnem trgu na določenih nišnih segmentih čipov in polprevodniških tehnologij.

Usmeritve razvoja

Usmeritve razvoja so razdeljene v štiri skupine, kot je prikazano na spodnji sliki.



Skupine usmeritev razvoja.

- **Akcijske usmeritve** se nanašajo na izvajanje ključnih aktivnosti in opredeljujejo potrebno opremljenost za učinkovit in konkurenčen razvoj področja v Sloveniji. Razdeljene so v tri stebre (steber I: pridobivanje talentov, izobraževanja, delovna mesta; steber II: raziskovalna infrastruktura, raziskovalno-razvojne in inovacijske aktivnosti, zaščite intelektualne lastnine in tehnološki prenos; steber III: pomen in oblike sodelovanj in povezovanj).
- **Področne usmeritve** opredeljujejo strokovna področja (od načrtovanja, prototipiranja, testiranja, pakiranja do razvoja nišne opreme).
- **Tehnološke usmeritve** določajo tehnologije čipov (elektronski, fotoniki, kvantni čipi in gradniki).
- **Aplikacijske usmeritve** se nanašajo na bogato izbiro možnih aplikacij čipov (industrija, zdravje, okolje, mobilnost, energija, vesolje, umetna inteligenca, komunikacije, obramba in drugo).

V programu so pri vseh skupinah usmeritev navedeni glavni izzivi, podane strokovne usmeritve in na njih vezani predlogi rešitev ter podrobnejši cilji. V prilogi povzetka podajamo seznam konkretnih usmeritev iz programa za vse štiri skupine usmeritev.

Nišna področja razvoja čipov in polprevodniških tehnologij

Nišna področja, v katerih v Sloveniji vidimo priložnosti za konkurenčno nastopanje na trgu, so namenski čipi (ASIC), čipi novih generacij in sistemi na čipu (SoC) s pripadajočimi gradniki v razpoložljivi tehnologiji na naslednjih segmentih:

- Senzorika: THz, optični senzorji, magnetni senzorji, senzorji na osnovi tehnologije MEMS, senzorji temperature in tlaka ter drugi s pripadajočo integrirano analogno in digitalno elektroniko za uporabo na široki izbiri možnih aplikacij.
- Močnostna elektronika: avtomobilska industrija, električni pogoni, industrijska elektronika.
- Radiacijsko odporni čipi: čipi za satelite in detektorje na pospeševalnikih delcev.

- **Optoelektronika:** specialni fotodetektorji in fotodetektorska polja z integrirano bralno elektroniko, optoelektronski gradniki iz naprednih materialov (2D hibridni, organski, perovskiti) za integracijo v čipe.
- **Fotonika:** fotonska integrirana vezja za senzorske, komunikacijske in kvantne sisteme, integracija z elektronskimi čipi, napredni vlakenski senzorji v integriranih fotonskih sistemih, strukture MOEMS, heterogena in hibridna integracija fotonskih integriranih vezij, vključitev gradnikov iz naprednih materialov.
- **Kvantne tehnologije:** napredni spominski gradniki, kvantni čipi.
- Spremljanje in sprotno prilagajanje aktivnosti prototipiranja in proizvodnje nišnih čipov glede na nova aktualna področja in potrebe trga.

Pri **načrtovanju čipov** se priložnosti kažejo na naslednjih segmentih:

- Izkoriščanje novih razpoložljivih tehnologij za izdelavo elektronskih čipov za dosego večje funkcionalnosti (npr. s pilotnimi linijami v okviru Chips JU in drugimi razpoložljivimi linijami).
- Načrtovanje specializiranih čipov in njihovih gradnikov, kjer se izkoriščajo možnosti domačega prototipiranja in manjše nišne proizvodnje (upoštevajoč nadgradnje opreme iz 2.2.12 Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje).
- Načrtovanje naprednih čipov (ASIC) za tržno zanimive nišne aplikacije, kot so senzorski sistemi (magnetni, optični, THz, temperaturni idr.), avtomobilska industrija, električni pogoni, radiacijsko odporni čipi za vesoljske aplikacije, čipi za vlakenske in druge fotonske senzorje, čipi s strukturami MEMS (*micro-electromechanical system*) in MOEMS (*micro-optoelectromechanical systems*), čipi za zagotavljanje pravilnega in varnega delovanja osnovnih čipov, čipi za zajem in obdelavo videosignalov, čipi v povezavi s tenzorskimi jedri idr.
- Načrtovanje naprednih čipov za umetno inteligenco, med njimi razvoj novih procesorskih arhitektur za globoke nevronske mreže, uporaba tehnike za izboljšanje učinkovitosti, ki izkoriščajo zmanjšano natančnost, sočasna optimizacija strojne in programske opreme na čipu za energijsko učinkovito sklepanje in novi pristopi za izboljšanje obdelave signalov na robu.
- Inovativne rešitve fotonskih čipov in gradnikov (na področju senzorike, (kvantnih) komunikacij idr.).
- Inovativne rešitve kvantnih čipov in gradnikov (področje kvantnega računalništva (npr. napredni spominski gradniki), komunikacij, senzorike).
- Spremljanje načrtovalskih usmeritev in njihovo prilagajanje aktualnim izzivom ter potrebam trga.

Področje čipov polprevodnikov spada v visokotehnološka področja, ki zahtevajo večje začetne investicije v raziskovalno in razvojno infrastrukturo (tehnološka in merilna oprema), a hkrati **zagotavljajo velike multiplikativne povračilne učinke**, saj so čipi uporabljeni v vseh končnih elektronskih proizvodih v mnogih aplikacijah in gospodarskih panogah.

Priloga povzetka

Seznam konkretnih usmeritev v programu:

Akcijske usmeritve
STEBER I
2.2.1 Talenti (promocija)
<i>Usmeritev 1:</i> Okrepiti aktivnosti za pridobivanje novih talentov
<i>Usmeritev 2:</i> Omogočiti in povečati vpis na programe s področja
<i>Usmeritev 3:</i> Zadržati talente
<i>Usmeritev 4:</i> Omogočiti in spodbujati dodatna izobraževanja strokovnjakov
<i>Usmeritev 5:</i> Pridobiti vrhunske strokovnjake iz tujine
2.2.2 Znanja, spretnosti in kompetence (izobraževanje)
<i>Usmeritev 1:</i> Izboljšave, vezane na visokošolsko izobraževanje
<i>Usmeritev 2:</i> Izboljšave, vezane na srednješolsko in osnovnošolsko izobraževanje
<i>Usmeritev 3:</i> Izvajanje vseživljenjskega izobraževanja
<i>Usmeritev 4:</i> Organizacija strokovnih konferenc, delavnic in seminarjev
<i>Usmeritev 5:</i> Izvedba specializacij za zaposlene v podjetjih
2.2.3 Delovna mesta
<i>Usmeritev 1:</i> Zagotoviti ustrezna in kakovostna delovna mesta visoko izobraženim kadrom s področja v industriji
<i>Usmeritev 2:</i> Nova zagonska in odcepnna podjetja na področju čipov in polprevodniških tehnologij z novimi delovnimi mesti
<i>Usmeritev 3:</i> Izboljšati pogoje v javnih raziskovalno-izobraževalnih organizacijah
STEBER II
2.2.4 Raziskovalna in razvojna infrastruktura
<i>Usmeritev 1:</i> Posodobitev obstoječe infrastrukture
<i>Usmeritev 2:</i> Vzpostavitev infrastrukture za razvoj naprednih polprevodniških in kvantnih tehnologij
<i>Usmeritev 3:</i> Zagotavljanje prototipnih in omejenih proizvodnih storitev, osredotočenih na stranke
<i>Usmeritev 4:</i> Učinkovit dostop do opreme in njena izkoriščenost
<i>Usmeritev 5:</i> Zagotavljanje licenc programske opreme za načrtovanje
2.2.5 Raziskave, razvoj in inovacije
<i>Usmeritev 1:</i> Prepoznavanje in podpora odličnosti ter podpora perspektivnim področjem
<i>Usmeritev 2:</i> Vzpostavitev ekosistema za razvoj inovacijskih in razvojnih aktivnosti na področju naprednih polprevodniških tehnologij
2.2.6 Varstvo intelektualne lastnine in tehnološki prenos
Intelektualna lastnina (IL)
<i>Usmeritev 1:</i> Krepitev zmogljivosti za zaščito IL
<i>Usmeritev 2:</i> Podpora TTO pri upravljanju IL
Tehnološki prenos
<i>Usmeritev 1:</i> Ustvarjanje učinkovitih mehanizmov za prenos tehnologije
<i>Usmeritev 2:</i> Okrepitev sodelovanja med raziskovalnimi organizacijami in industrijo za izboljšanje tehnološkega prenosa
STEBER III
2.2.7 Partnerstva in povezovanje za krepitev vrednostne verige
<i>Usmeritev 1:</i> Krepitev povezav med izobraževanjem, raziskovalno dejavnostjo in industrijo
<i>Usmeritev 2:</i> Povečanje sodelovanja v skupnih raziskovalnih projektih
<i>Usmeritev 3:</i> Povezovanje med javnim in zasebnim sektorjem
2.2.8 Povezovanje za krepitev celotnega ekosistema elektronske industrije
<i>Usmeritev 1:</i> Okrepitev povezovanj znotraj ekosistema
<i>Usmeritev 2:</i> Vzpostavitev interdisciplinarnih povezovanj z drugimi panogami
<i>Usmeritev 3:</i> Okrepitev vpetosti nacionalnega ekosistema v evropski in mednarodni prostor

2.2.9 Evropska in mednarodna sodelovanja
<i>Usmeritev 1:</i> Izboljšanje mednarodne integracije
<i>Usmeritev 2:</i> Povezovanje industrije in akademske sfere za skupni nastop na tujem trgu
<i>Usmeritev 3:</i> Vključevanje v evropska partnerstva in pobude ter krepitev sodelovanja v tehnoloških pobudah
<i>Usmeritev 4:</i> Povezovanje v mrežo evropskih kompetenčnih centrov
<i>Usmeritev 5:</i> Bilateralno sodelovanje z državami, zlasti sosednjimi
<i>Usmeritev 6:</i> Izkoriščanje možnosti v Programu znanj in spretnosti za Evropo
2.2.10 Promocija področja
<i>Usmeritev 1:</i> Ozaveščanje širše javnosti o pomenu področja
<i>Usmeritev 2:</i> Informiranje in sodelovanje z odločevalci in investitorji
Področne usmeritve
2.2.11 Načrtovanje čipov in gradnikov
<i>Usmeritev 1:</i> Okrepitev povezav in sodelovanj med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami in podjetji
<i>Usmeritev 2:</i> Omogočanje koriščenja storitev evropske načrtovalske platforme in drugih možnosti dost. do načrt. orodij
<i>Usmeritev 3:</i> Načrtovanje naprednih arhitektur in nišnih izvedb elektronskih čipov
<i>Usmeritev 4:</i> Razvoj naprednih algoritmov za načrtovanje čipov
<i>Usmeritev 5:</i> Načrtovanje čipov naslednjih generacij
2.2.12 Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje
<i>Usmeritev 1:</i> Posodobitev in nadgradnja tehnološke opreme za proces (Bi)CMOS za prototipiranje in omogočanje manjše proizvodnje nišnih elektronskih čipov
<i>Usmeritev 2:</i> Nadgradnja tehnološke opreme za fotonske čipe in gradnike
<i>Usmeritev 3:</i> Nadgradnja opreme za kvantne tehnologije
<i>Usmeritev 4:</i> Izdelava nišnih čipov z uporabo tehnološke opreme
2.2.13 Testiranje in karakterizacija čipov ter gradnikov
<i>Usmeritev 1:</i> Vzpostavitev skupnih zmogljivosti za karakterizacijo, validacijo in kvalifikacijo čipov
<i>Usmeritev 2:</i> Okrepitev sodelovanja med raziskovalnimi organizacijami in podjetji za prenos in izmenjavo znanja in izkušenj na področju testiranja
<i>Usmeritev 3:</i> Razvoj novih metod testiranja in karakterizacije elektronskih čipov
<i>Usmeritev 4:</i> Oprema in metode testiranja in karakterizacije čipov in gradnikov naslednjih generacij
2.2.14 Pakiranje čipov
<i>Usmeritev 1:</i> Splošna sistemska podpora za pakiranje čipov
<i>Usmeritev 2:</i> Razvoj naprednih tehnologij za pakiranje čipov
2.2.15 Razvoj in optimizacija nišne opreme
<i>Usmeritev 1:</i> Razvoj nišnih prototipnih rešitev za industrijo izdelave naprav za proizvodnjo čipov
<i>Usmeritev 2:</i> Optimizacija reševanja zahtevnih krmilnih problemov na področju nišne opreme
Tehnološke usmeritve
2.2.16 Elektronski čipi in gradniki
2.2.17 Fotonski čipi in gradniki
2.2.18 Kvantni čipi in gradniki
Aplikacijske usmeritve
Široka izbira možnih aplikacij, sledenje tržnim potrebam in možnostim financiranja

Namen programa

Namen vsebine dokumenta je podati usmeritve razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030 in naprej ter predlagati konkretne rešitve. Določeni so načini spremljanja in kriznega ukrepanja. Namen je tudi okrepiti povezave in sodelovanja med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami in podjetji v celotni vrednostni verigi. Vsebine dokumenta stremijo h krepitvi aktivnosti in vzpostavitvi sodobne tehnološke opremljenosti, kar bi v znatni meri prispevalo k večji konkurenčnosti in suverenosti države na nišnih področjih čipov in polprevodniških tehnologij. Okrepila bi se celotna vertikalna področja – od kakovostnega izobraževanja, vrhunskih raziskav do prebojnih inovacij in elektronskih proizvodov z visoko dodano vrednostjo na mnogih možnih področjih aplikacij. Konkretni ukrepi in finančni okvirji bodo opredeljeni v akcijskem načrtu.

Vizija

Slovenija bo na področju čipov in polprevodniških tehnologij do leta 2030 vzpostavila vrhunsko raziskovalno in inovativno ter konkurenčno podjetniško okolje za doseganje prebojev na nišnih segmentih področja v evropskem in svetovnem merilu.

Osnovni strokovni pojmi

Čipi ali integrirana (elektronska) vezja so ključni gradniki vseh sodobnih elektronskih naprav. Sestavljeni so iz množice izredno majhnih elektronskih elementov oziroma gradnikov (dimenzij stotinke ali celo tisočinke debeline človeškega lasu). Ti elementi so med seboj funkcionalno povezani in integrirani v končne čipe velikosti nekaj kvadratnih milimetrov. Pomembna skupina elementov v elektronskih čipih so **tranzistorji**, ki opravljajo vlogo ojačevalnika signalov ali elektronskega stikala. Sodobni procesorski čipi vsebujejo več milijard tranzistorjev in lahko izvršijo več kot milijardo operacij v sekundi.

Čipi in integrirani elektronski elementi so zgrajeni pretežno iz skupine materialov, ki jih imenujemo **polprevodniki**. V njih oziroma v strukturah, sestavljenih iz njih, lahko z električnimi ali drugimi signali učinkovito upravljamo nosilce naboja (elektrone in vrzeli) in tako dosežemo želene električne lastnosti elementa. Med polprevodniki je daleč najpogosteje uporabljen **silicij**.

Čipe izdelamo z uporabo namenskih **polprevodniških tehnologij**. Tako imenovane rezine (ploščice) iz čistega silicija pridobimo s predhodnimi procesnimi koraki obdelave kremenčevega peska. Pri izdelavi čipov na silicijevi rezini uporabimo nadaljnje procesne korake polprevodniških tehnologij. Med njimi so procesi vnašanja izbranih atomov primesi (dopiranje) za lokalno spreminjanje električnih lastnosti polprevodnika, nanašanje tankih plasti (na primer vmesne izolacijske in zaščitne plasti ter kovinske povezave), fotolitografija in jedkanje plasti za določanje območij posameznih gradnikov, razrez rezin na posamezne ploščice čipa, testiranje funkcionalnosti, povezovanje z žičkami na zunanje priključke in pakiranje v zaščitna ohišja. Ker so integrirani gradniki v čipu veliki manj kot tisočinko milimetra (mikrometer) oziroma celo milijoninko milimetra (nanometer), procese in dejavnosti izdelave čipov imenujemo **mikroelektronika** oziroma dandanes že pogosto **nanoelektronika**.

Najbolj uveljavljena tehnologija izdelave čipov se imenuje po tako imenovani vezavi komplementarnih tranzistorjev tipa kovina-oksidi-polprevodnik (angl. "Complementary Metal-Oxide-Semiconductor") ali na kratko **tehnologija CMOS**. V njej je narejena večina digitalnih čipov. Za doseganje nekaterih funkcionalnosti čipov (na primer v močnostni elektroniki) se tehnologija CMOS lahko kombinira s tehnologijo izdelave bipolarnih tranzistorjev, kar na kratko imenujemo **tehnologija BiCMOS**.

Poleg čipov za splošno uporabo (kot so npr. procesorji, mikrokrmilniki, splošni digitalni čipi) je treba izpostaviti pomen čipov, ki so načrtovani in prilagojeni za specifične aplikacije (angl. "Application Specific Integrated Circuits") in jih na kratko imenujemo čipi **ASIC**. Uporabljajo se lahko za različne nišne aplikacije in doseganje boljših funkcionalnih lastnosti elektronskih naprav kot z uporabo splošnonamenskih, velikoserijskih čipov.

Poleg visokotehnoloških elektronskih čipov vse pomembnejši postaja razvoj čipov novih generacij, med katere spadajo ftonska integrirana vezja oziroma **fotonski čipi** in **kvantni čipi**. V fotonskih čipih vlogo elektrona prevzame osnovni delec svetlobe, tj. foton. V kvantnih čipih izkoriščamo t. i. kvantnomehanske lastnosti različnih delcev. Fotonski in kvantni čipi kot samostojni čipi ali v integraciji z elektronskimi čipi omogočajo vrsto novih in neizmerno izboljšanih funkcionalnosti na določenih področjih komunikacij, simulacij, računalništva in senzorike.

Pravne podlage

Priprava tega strateškega dokumenta temelji na celovitem upoštevanju evropskih in nacionalnih pravnih podlag, ki opredeljujejo razvoj čipov, polprevodniških tehnologij ter naprednih digitalnih in inovacijskih zmogljivosti. Akt o čipih in njegovo izvajanje sta ključni evropski okvir, ki določa cilje EU na področju krepitve strateške avtonomije, spodbujanja raziskav, pilotnih linij, zmogljivosti za proizvodnjo ter razvoja in privabljanja talentov. Program se v skladu s tem opira tudi na Uredbo Komisije (EU) št. 651/2014 (GBER), zadnjič spremenjeno z Uredbo (EU) 2023/1315, ki določa pogoje, pod katerimi se lahko državna pomoč šteje za skladno z notranjim trgom, ter na Uredbo (EU) 2022/2473, ki dodatno ureja posebne vidike državnih pomoči. Na državni ravni program temelji na Zakonu o podpornem okolju za podjetništvo (ZPOP-1), ki določa institucionalni okvir in instrumente za spodbujanje podjetništva in inovacij, ter na določbah Zakona o znanstvenoraziskovalni in inovacijski dejavnosti (ZZRID), ki ureja izvajanje znanstvenoraziskovalne, razvojne in inovacijske dejavnosti ter podporne mehanizme na državni ravni. Pri pripravi dokumenta so bile upoštevane tudi strateške usmeritve državnih politik, med njimi Nacionalni program za spodbujanje in razvoj umetne inteligence 2030, Strategija Digitalna Slovenija 2030, Akcijski načrt Digitalna Slovenija 2030 ter Program ukrepov spodbujanja podjetništva Ministrstva za digitalno preobrazbo 2022–2030 (opredelitev ukrepov, vezanih na državne pomoči), ki skupaj oblikujejo konsistenten razvojni okvir za podporo digitalni preobrazbi, inovacijam in naprednim tehnologijam, vključno s področjem čipov, polprevodnikov in umetne inteligence.

1 STANJE IN IZHODIŠČA

1.1 Pomen čipov in polprevodniških tehnologij

1.1.1 Splošni pomen

Sodobnega življenja si brez elektronskih naprav, ki vsebujejo čipe, skorajda ne moremo predstavljati. Spremljajoče elektronske naprave pogosto dojemamo kot razpoložljivo danost, vendar nas krize, pandemije in vojne, tudi in zlasti na tem področju tehnologij, opozarjajo na ranljivosti.

Sodobne elektronske naprave ne delujejo brez čipov. Brez čipov ni medicinskih naprav in pripomočkov, ki nam rešujejo življenja, ni robotov in avtomatiziranih industrijskih sistemov, ki nam omogočajo učinkovito proizvodnjo, ni računalnikov, ki nam pomagajo pri delu, ni avtomobilov in komunikacije na daljavo, ni digitalizacije in ni pričakovane varnosti in sodobne obrambe. Prav tako so čipi in polprevodniške tehnologije osnova za neizbežne tehnologije bližnje prihodnosti, kot so umetna inteligenca, računalništvo z manjšo porabo energije, komunikacije 5G/6G, internet stvari ter platforme za robno, oblako in visokozmogljivo računalništvo.

Za izdelavo čipov potrebujemo namenske polprevodniške tehnologije. Večji del proizvodnje čipov trenutno poteka v Tajvanu, Južni Koreji in na Kitajskem, Evropa pa pokriva le približno 10 % tržnega deleža proizvodnje čipov. Nedavna pandemija covida-19 nas je opozorila na ranljivost dobavnih verig čipov in drugih elektronskih komponent in nas opomnila na nujnost krepitev tega ključnega gospodarskega sektorja v Evropi in Sloveniji.

Čipi skupaj s spremljajočimi polprevodniškimi tehnologijami predstavljajo velik potencial za nove tehnološke inovacije in preboje – tudi v Sloveniji. So ključni element prihodnjih pametnih in trajnostnih izdelkov ter storitev z visoko dodano vrednostjo. Sodobne tehnologije nam pomagajo na področju zdravja in dobrega počutja, pri delu, v industriji, mobilnosti in varovanju okolja, soprispevajo k naši varnosti in obrambi ter ne nazadnje omogočajo sodobni razvoj družbe.

Spodbude in podpore na področju čipov in polprevodniških tehnologij vodijo do multiplikativnih učinkov na mnogih področjih in v gospodarskih panogah.

1.1.2 Vloga pri strateških usmeritvah Evrope

Strateški pomen čipov in polprevodniških tehnologij je Evropska komisija v letu 2023 posebej naslovila s sprejetjem uredbe [Akta o čipih](#) in z ustanovitvijo Skupnega podjetja za čipe – [Chips JU](#), ki vključujeta vrsto ukrepov za novi zagon in zagotavljanje večje tehnološke suverenosti in manjših tveganj znotraj globalnih dobavnih verig. Čipi in polprevodniške tehnologije so neizogibni za izvedbo zadanih strateških usmeritev Evrope, kot so digitalizacija, zeleni prehod in druge usmeritve.

Digitalizacija

"No chips, no digital"

Digitalizacija pomeni prenos stvari iz klasičnih, neelektronskih oblik v (digitalno) elektronsko obliko. Vključuje tako področja zajemanja, obdelave, prenosa, shranjevanja, ustvarjanja in podajanja podatkov in informacij v elektronski obliki. Brez čipov ne moremo zgraditi naprav (strojne opreme) za izvajanje omenjenih postopkov digitalizacije, saj potrebujemo računalnike, elektronske čitalce, zaslone, senzorje, krmilnike, kamere in druge elektronske naprave. Čipi in polprevodniške tehnologije predstavljajo ključni člen verige za izvajanje digitalizacije.

Zeleni prehod in trajnostna energetika

"Towards carbon neutrality by 2050"

Elektronski nadzorni in senzorski sistemi s čipi omogočajo okolju prijaznejše in ljudem bolj zdrave tehnologije pridobivanja in varčnejše porabe energije. Prispevajo k trajnostno naravnani proizvodnji ter ponovni uporabi izdelkov in surovin. Igrajo ključno vlogo v električni mobilnosti in na drugih področjih. Sodobne polprevodniške tehnologije omogočajo tudi izdelavo okolju prijaznih obnovljivih virov električne energije, kot so sončne celice (fotovoltaika). Elektronske naprave in čipi prinašajo tudi pomembne priložnosti za zmanjšanje okoljskega in še posebej ogljičnega vpliva industrije na okolje.

Ključne omogočitvene tehnologije

"Micro-/nanoelectronics and photonics"

Evropa posebej izpostavlja raziskave in inovacije na področju šestih ključnih omogočitvenih tehnologij ([KET](#)), med katerimi so mikroelektronika, nanoelektronika in fotonika. KET omogočajo inovacije v celotnem gospodarstvu.

1.1.3 Pomen za razvoj Slovenije

Gospodarski pomen

Polprevodniki in čipi so v jedru delovanja praktično vsake elektronske naprave in, kot omenjeno, v središču digitalnega in zelenega prehoda EU. Igrajo ključno vlogo v digitalnem gospodarstvu. V svetu se je prodaja polprevodnikov na splošno v zadnjih treh desetletjih podvojila glede na BDP, od 0,25 % globalnega BDP do več kot 0,50 % v letih 2020 in 2021. Polprevodniki in čipi morda prispevajo le majhen odstotek globalnega BDP, vendar napajajo blago in procese v vrednosti milijard dolarjev.

V Sloveniji se je v letu 2022 število podjetij v panogi elektronske in elektroindustrije povečalo za 2 %, a so se skupni čisti prihodki povečali za skoraj 15 % glede na leto 2021 in znašajo 8,3 milijarde evrov.

Okrepitev slovenskega polprevodniškega ekosistema, v katerem čipi in polprevodniške tehnologije predstavljajo ključno dejavnost, je za slovensko gospodarstvo ključna. V nadaljevanju povzemamo nekaj dejstev v zvezi s tem:

- Čipi in elektronske naprave so uporabljeni v vseh industrijskih ekosistemih z namenom izboljšanja produktivnosti in doseganja konkurenčne prednosti. Vrhunski proizvajalci izdelkov se odločajo za načrtovanje in uporabo lastnih čipov. Povezovanje s skupinami in

podjetji s strokovnim znanjem o čipih in polprevodniških tehnologijah postaja del strategij podjetij z namenom izboljšanja ponudbe izdelkov in pospešitve proizvodnje.

- Vlaganja v razvoj čipov in polprevodniških tehnologij danes ne zadevajo le razvoja polprevodniške industrije, temveč oplemenitijo in povečajo konkurenčno prednost tudi industrijam na koncu proizvodne verige za različne izdelke.
- V širšem pogledu pripomorejo pri obrambi strateških gospodarskih interesov in državne varnosti.
- Zagotavljanje varnosti oskrbe in odpornosti v celotni dobavni verigi za te ključne izdelke je ključno za prihodnost evropskih držav, čemur Evropska komisija posveča pozornost tudi v Aktu o čipih za Evropo, ki med drugim načrtuje večje investicije v lastno proizvodnjo čipov.
- Čipi in polprevodniške tehnologije omogočajo proizvode z najvišjimi dodanimi vrednostmi in visokimi povračilnimi stopnjami vložkov. To dejstvo opravičuje tudi višje stopnje investicij, ki so potrebne predvsem zaradi uporabe visokotehnološke opreme pri razvoju in izdelavi čipov in elementov.

Čipi in drugi polprevodniški gradniki v elektronskih napravah igrajo pomembno vlogo pri državnem izvozu in uvozu.

Stanje izvoza:

Polprevodniške naprave so pomemben del slovenskega izvoza. V letu 2023 je Slovenija izvozila 111,4 milijona evrov polprevodniških elementov (carinska tarifa 8541 Diode, tranzistorji in podobni polprevodniški elementi, fotoobčutljivi polprevodniški elementi, diode za sevanje svetlobe, montirani piezoelektrični kristali), kar je za 13 % več kot leta 2020. Slovenija polprevodniške elemente največ izvaža v Italijo (30,3 milijona evrov oziroma 27 % vsega izvoza polprevodniških elementov), Srbijo (7 milijonov evrov; 6,3 %), Nemčijo (6,7 milijona evrov; 6 %), Švico, Nizozemsko, Belgijo in Hrvaško. Od leta 2020 se je vrednostno najbolj povečal izvoz polprevodniških elementov v Italijo, Hrvaško, Romunijo, Švico, Ukrajino in Švedsko, najbolj zmanjšal pa v Poljsko, Nemčijo, Belgijo in Francijo. Izvozniki so proizvajalci elektronskih komponent, ki so v letu 2022 ustvarili 426 milijonov evrov čistih prihodkov od prodaje in 13,5 milijona evrov dodane vrednosti.

Stanje uvoza:

V letu 2023 je Slovenija uvozila 230,6 milijona evrov polprevodniških elementov (carinska tarifa 8541 Diode, tranzistorji in podobni polprevodniški elementi, fotoobčutljivi polprevodniški elementi, diode za sevanje svetlobe, montirani piezoelektrični kristali), kar je za 80 % več kot leta 2020. Slovenija polprevodniške elemente, med njimi čipe, največ uvaža iz Kitajske (75 milijonov evrov oziroma tretjino vsega uvoza polprevodniških elementov), Nemčije (71 milijonov evrov; 31 %), Nizozemske (36,7 milijona evrov; 16 %), Belgije, Danske, Poljske in Italije. Od leta 2020 se je vrednostno najbolj povečal uvoz polprevodniških elementov iz Nemčije, Nizozemske, Kitajske in Danske, najbolj pa zmanjšal iz Republike Koreje, Malezije in Združenega kraljestva. Uvozniki polprevodniških elementov so proizvajalci računalniških, elektronskih, optičnih izdelkov, proizvajalci motornih vozil, prikolic in polprikolic ter proizvajalci raznovrstnih električnih naprav.

Pomembni vidiki za slovensko gospodarstvo:

- **Dostopnost:** Vzdržnost oskrbovalnih verig čipov in elektronskih komponent ter zagotavljanje boljših dobavnih in logističnih poti ob izkoriščanju možnosti lastne niše proizvodnje sta naša pglavitna cilja. Pomembna sta tudi skrbno spremljanje geopolitičnega dogajanja ter priprava različnih scenarijev v primeru prekinitve dobavnih verig. Pri tem igra ključno vlogo zmožnost lastne proizvodnje vsaj v omejenem obsegu.
- **Kakovost:** Slovenska podjetja in druge organizacije imajo veliko izkušenj na področju zagotavljanja kakovosti, testiranja in meritev v povezavi s čipi in polprevodniki. Tu med drugim opozarjamo na poseben pomen standardizacije in meroslovja.
- **Dvig konkurenčnosti:** Z vidika reindustrializacije sta povečanje proizvodne zmogljivosti in razvoj čipov v EU in Sloveniji ključna. Pri tem igra veliko vlogo tudi krepitev zmogljivosti za inovacije na področju načrtovanja, izdelave in pakiranja naprednih čipov.
- **Regulatorni okvir:** Poudarjamo nujnost zmanjšanja administrativnih bremen in regulacije za izgradnjo in okrepitev slovenskega polprevodniškega ekosistema.
- **Pomen strategije intelektualne lastnine:** V evropski raziskavi o čipih se je 15 % podjetij na strani kupcev opredelilo, da se jim zdi zelo pomembna intelektualna lastnina polprevodnikov, saj ob nakupu polprevodnikov odkupijo tudi intelektualno lastnino. Na podlagi tega lahko sklepamo, da so **čipi po meri** (namenski čipi, ASIC) pomembni za ohranjanje konkurenčnosti. Slovenija je v letu 2024 sprejela Nacionalno strategijo intelektualne lastnine do leta 2030, ki vključuje tudi področje čipov in polprevodnikov.
- **Povezovanje** podjetij in raziskovalno-izobraževalnih organizacij, ki olajšujeta dostop in zagotavljata strokovno znanje in inovacijske storitve skupnostim in industrijam končnih uporabnikov. S tem se pospeši razvoj novih proizvodov in aplikacij ter posledično okrepi delovanje trga, pri čemer GZS deluje tudi kot povezovalac med javnim in zasebnim sektorjem.

Družbeni pomen

Elektronske naprave in njihova pravilna uporaba v znatni meri pospešujejo razvoj in prispevajo k blaginji družbe. Čipe vgrajujemo v elektronske naprave, ki skrbijo za naše zdravje, omogočajo dobro počutje, nadgrajujejo naše znanje, omogočajo medsebojno komunikacijo na daljavo ter učinkovito in varno mobilnost, pomagajo pri odkrivanju novih stvari, raziskovanju veselja, igrajo ključno vlogo v varnostnih sistemih in obrambi.

Podjetja, ki se ukvarjajo s čipi in elektronsko tehnologijo v Sloveniji, zagotavljajo kreativna, visokokakovostna in dobro plačana delovna mesta. Podobno velja v celotni vrednostni verigi elektronske industrije. V preteklosti je elektronska industrija v Sloveniji že dokazala, da gre za zanesljivo panogo, ki lahko v znatni meri pripomore k širjenju prepoznavnosti Slovenije na svetovnem zemljevidu in s tem k blaginji družbe in države.

Sodobne tehnologije omogočajo nove možnosti kulturnega in umetniškega ustvarjanja. Sodobna glasbena, likovna in druge umetnosti dopuščajo uporabo različnih elektronskih rešitev in pripomočkov (snemalniki zvoka in slike, naprave za oblikovanje in ustvarjanje zvoka, digitalni fotografski pripomočki), med njimi tudi naprednejše elektronske sisteme v povezavi z umetno inteligenco – bodisi kot pomoč za uresničevanje ali ustvarjanje umetniških idej in končnih umetnin. Področje multimedije, ki lahko posega tudi v umetniško izražanje, sloni na sodobnih

elektronskih tehnologijah. Še vedno pa prav na področju kulture in umetnosti velja, da jih ustvarja človek.

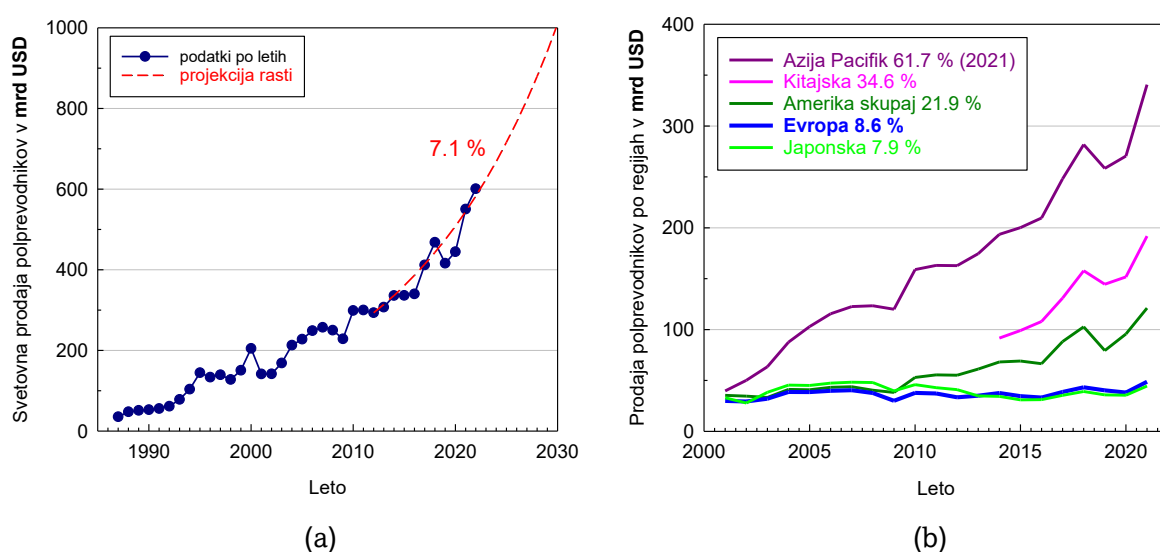
Vlaganja v lastni razvoj čipov in polprevodniških tehnologij zaradi strateškega pomena te neizogibne tehnologije sedanjosti in prihodnosti pomenijo tudi neposredno naložbo v blaginjo naše družbe in države.

Slovenija mora, tako kot druge članice EU, izkoristiti priložnosti, ki jih prinaša naslednje petletno obdobje, in tudi z lastnimi investicijami podpreti strateško področje čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji.

1.2 Pregled stanja in trendi

1.2.1 Svet

Trg čipov in polprevodnikov v svetovnem merilu neprestano narašča, prav tako tudi njihov geostrateški in ekonomski pomen. Polprevodniki in čipi pospešujejo razvoj svetovnega gospodarstva. Svetovni trg polprevodnikov bo ob predpostavki povprečne stopnje rasti v višini 7,1 % na letni ravni leta 2030 presegel 1 bilijon (1000 milijard) USD. Stanje in trend naraščanja trga prikazuje slika 1.1(a). Najnovejše napovedi nekaterih večjih podjetij kažejo celo na višjo stopnjo rasti in znatno preseganje navedene skupne vrednosti do leta 2030.

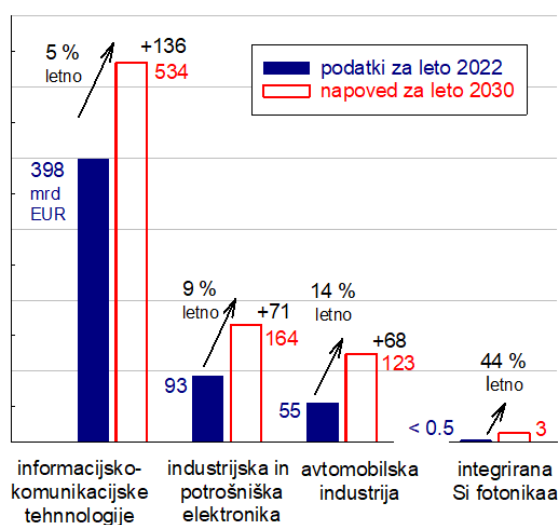


Slika 1.1: (a) Trend naraščanja svetovnega trga polprevodnikov. **(b)** Rast trga po regijah (podatki na obeh grafih povzeti po dokumentu [A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)).

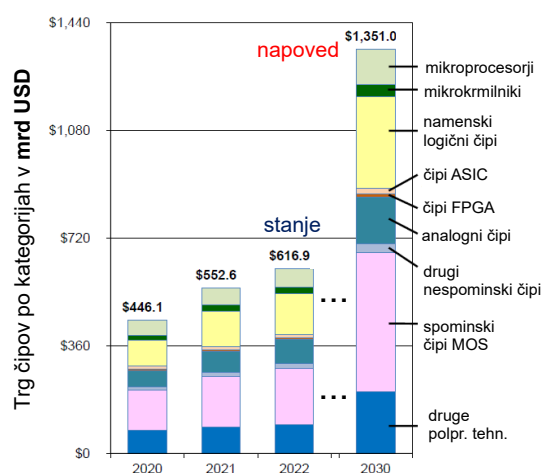
Na sliki 1.1(b) je prikazana rast trga po posameznih svetovnih regijah. Največji delež trga je v Aziji (pribl. 62 % v letu 2021), kjer večinski delež predstavlja Kitajska, sledi Amerika, nato še Evropa in Japonska z manjšim odstotnim deležem (7–9 %).

V industriji polprevodnikov igra Tajvan trenutno največjo vlogo s 65-odstotnim deležem. Pri tem ima podjetje Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) kar 53-odstotni delež na svetovnem trgu. Na drugem mestu je južnokorejski Samsung, ki obvladuje 17,1 % trga, druga vodilna podjetja pa so UMC na Tajvanu, SMIC na Kitajskem in Global Foundries s sedežem v ZDA [[A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)]. TSMC in Samsung razpolagata s tehnologijami za izdelavo čipov s kritičnimi dimenzijami pod 10 nm.

Na sliki 1.2(a) je prikazana predvidena rast trga polprevodnikov po področjih, in sicer za informacijsko-komunikacijske tehnologije, industrijsko in potrošniško elektroniko, avtomobilsko industrijo in integrirano silicijevo fotoniko.



(a)



(b)

Slika 1.2: (a) Svetovni trg polprevodnikov na izbranih področjih in predvidena letna rast (povzeto po virih: Decision Etudes & Conseil, Mc Kinsey, WSTS, Yole market studies in R. Baets Photonics West OPTO Plenary). (b) Trg čipov in napoved po posameznih kategorijah (podatki povzeti po dokumentu [A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)).

Med navedenimi področji največji tržni delež v svetovnem merilu zavzemajo informacijsko-komunikacijske tehnologije, sledijo industrijska in potrošniška elektronika ter avtomobilska industrija. Integrirana silicijeva fotonika kot ena od novejših tehnologij predstavlja relativno majhen delež v primerjavi z ustaljenimi elektronskimi tehnologijami, a se predvideva strma rast (44 %). Letne rasti navedenih treh velikih področij polprevodnikov se gibljejo med 5–14 %.

Na sliki 1.2(b) prikazujemo še projekcijo pričakovanih tržnih deležev različnih tehnologij čipov do leta 2030. Največji delež predstavljajo spominski čipi MOS in namenski logični čipi.

Kot je opredeljeno v programu, cilj Slovenije na področju čipov in polprevodniških tehnologij ni tekmovanje v množični proizvodnji čipov, temveč usmeritev v posamezne nišne segmente, v katerih smo lahko konkurenčni na svetovnem trgu. Hkrati je treba zagotavljati tudi določeno stopnjo neodvisnosti za lastne elektronske proizvode.

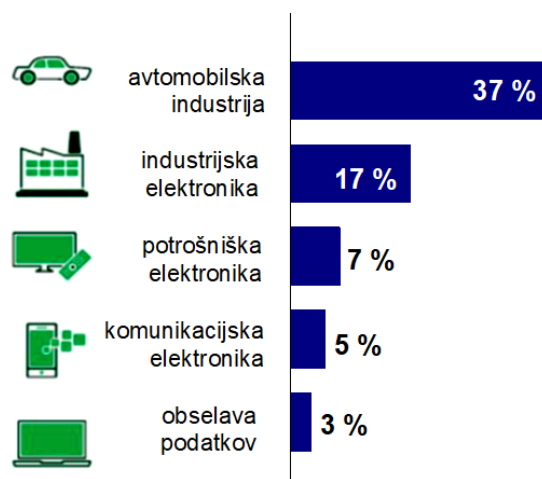
1.2.2 Evropa

Evropski tržni delež polprevodnikov v svetovnem merilu smo že prikazali na sliki 1.1(b). V tabeli na sliki 1.3(a) podajamo evropske tržne deleže v svetovnem merilu po posameznih segmentih vrednostne verige. V vrednostni verigi polprevodnikov ima Evropa ključne prednosti na področju raziskav in razvoja proizvodne opreme (21 %) ter dobave naprednih materialov (14 %), v nekaterih pomembnejših fazah dobavne verige – od zasnove in intelektualne lastnine do proizvodnje – pa mora odpraviti zaostanek in odvisnosti od drugih celin.

Na sliki 1.3(b) je prikazan delež trga polprevodnikov znotraj Evrope po posameznih panogah evropske elektronske industrije. Največji, tj. 37-odstotni delež predstavljajo polprevodniki za avtomobilsko industrijo, sledijo industrijska elektronika, potrošniška elektronika, komunikacije in obdelava podatkov.

Segment vrednostne verige	Tržni delež EU na svetovnem trgu
Načrtovalska orodja in intelektualna lastnina	2-%
Materiali in silicijeve rezine	14-%
Proizvodna oprema	21-%
Načrtovanje čipov	8-%
Proizvodnja	7-%
Preizkušanje, pakiranje	5-%

(a)



(b)

Slika 1.3: (a) Tabela s tržnimi deleži EU na svetovnem trgu po posameznih segmentih vrednostne verige. (b) Trg polprevodnikov v EU po posameznih panogah (podatki povzeti po [A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)).

Cilj Evropske unije je znatno okrepiti svoj položaj in globalno vlogo na področju čipov in polprevodnikov. Kot izhaja iz tabele na sliki 1.3(a), Evropa trenutno proizvede pod 10 % čipov na globalni ravni. V okviru Akta o čipih si je zadala cilj, da do leta 2030 ta delež poveča na 20 %. Pri tem je treba upoštevati tudi več kot 7-odstotno rast tega in izpostaviti, da vsi danes proizvedeni čipi po svetu, še posebej napredni čipi, vključujejo rezultate evropskih raziskav in tehnologije.

S tehnološkega vidika sta bili med drugim v Evropi razviti dve najnaprednejši sodobni tehnologiji za čipe: FinFet (angl. "fin-shaped field-effect transistor") in tehnologija FDSOI (angl. "Fully Depleted Silicon On Insulator"), ki omogoča veliko hitrost in računsko moč čipov.

Akt o čipih bi moral v EU privedi do dosedanjih javnih in zasebnih naložb v višini **15 milijard** evrov. Te naložbe bodo dopolnile obstoječe programe in investicije s strani držav članic. Tako se skupno predvideva več kot **43 milijard** evrov naložb.

Velike investicije v nove proizvodne obrate za izdelavo čipov so predvidene v Dresdnu, kjer podjetje Infineon postavlja novo tovarno. Skupni konzorcij podjetij TSMC (v sorazmernem deležu 70 %), Infineon (10 %), NXP (10 %) in Bosch (10 %) prav tako investira v novo tovarno v Dresdnu. Podjetji STM in GlobalFoundries gradita velik proizvodni obrat (megatovarno) pri Grenoblu, ki bo pospešila in povečala razvoj omenjene tehnologije FDSOI. Septembra 2023 je na Irskem v Leixlipu začela obratovati Intelova najsodobnejša tovarna za velikoserijsko proizvodnjo čipov z uporabo ekstremne ultravijolične litografije. Intelove naložbe na Irskem, skupaj z obstoječimi in načrtovanimi naložbami v Nemčiji in na Poljskem, ustvarjajo prvo vrednostno verigo proizvodnje najsodobnejših polprevodnikov v Evropi. Predstavljale bodo katalizator za dodatne naložbe v ekosistem in inovacije po vsej Evropski uniji. Tudi Evropa tako postaja eden vodilnih igralcev v najnaprednejših tehnologijah čipov z najmanjšimi kritičnimi dimenzijami približno dva nanometra in celo pod to vrednostjo.

Za krepitev gospodarstva je na podlagi [Evropske strategije za gospodarsko varnost](#) Evropska komisija sprejela [Priporočilo o ključnih tehnoloških področjih za gospodarsko varnost EU](#). Mednje spada prav tako področje naprednih polprevodniških tehnologij, vključno s čipi. Poleg pomena razvijanja novih znanj in tehnoloških rešitev na teh ključnih področjih je treba upoštevati tudi tveganja, povezana s tehnološko varnostjo in uhajanjem tehnologije.

Evropska komisija je objavila sporočilo z naslovom Napredni materiali za vodilni položaj v industriji ([Advanced materials for industrial leadership](#)), katerega cilj je vzpostaviti dinamičen, varen in vključujoč ekosistem materialov v Evropi, ki bi ji pomagal pri raziskavah in inovacijah, hkrati pa zagotavljal trajnost in zaščito zdravja ljudi in okolja. Sporočilo navaja [14 ukrepov](#) in določa okvirni časovni okvir za njihovo izvedbo. Evropska komisija bo sodelovala z državami članicami, da bi oblikovala nabor ciljev in prednostnih nalog za raziskave in inovacije naprednih materialov, pri čemer se bo najprej osredotočila na področja energetike, mobilnosti, gradbeništva in elektronike. Na področju elektronike bo to vključevalo materiale za izboljšano delovanje in nove funkcionalnosti elektronskih komponent, senzorjev, proizvodnje čipov za večjo učinkovitost v naslednji generaciji komunikacijskih tehnologij in zmožnost delovanja v težkih okoljih.

Slovenija mora kot članica EU izkoristiti zgoraj opisani evropski zagon na področju čipov in polprevodniških tehnologij, unovčiti svoje priložnosti in znanja in poleg državnih investicij črpati razpoložljiva evropska sredstva, da bo v prihodnjih letih pospešila dejavnosti in gospodarski razvoj na tako strateškem področju.

1.2.3 Slovenija

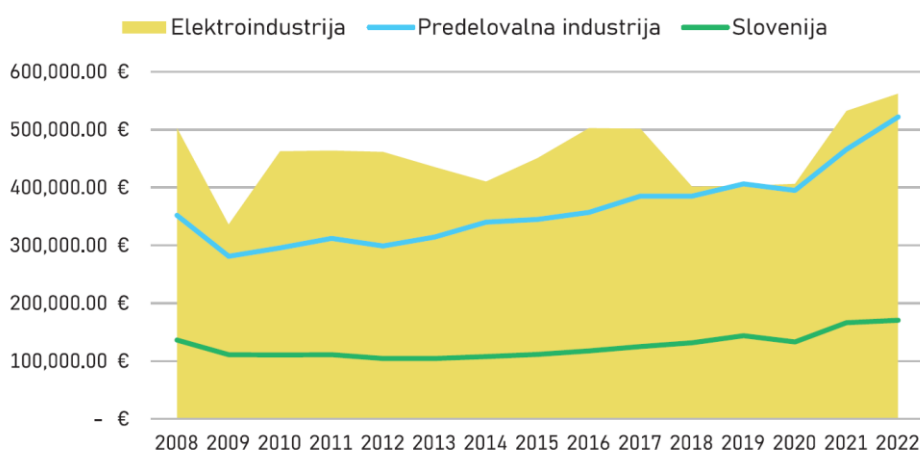
Stanje in izzivi

V Sloveniji obstaja veliko zanimanje tako s strani podjetij kot tudi raziskovalno-izobraževalnih organizacij za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij na državni ravni. Sem spadajo ne le akterji, ki izvajajo aktivnosti neposredno na področju razvoja čipov in spremljajočih polprevodniških tehnologij, temveč tudi druga podjetja iz verige elektronskih izdelkov.

Začetek razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji sega že v šestdeseta leta, potem pa sta Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in Iskra Mikroelektronika v sedemdesetih in osemdesetih letih odigrali ključno vlogo pri raziskavah in razvoju izdelkov. Zaradi pomanjkanja vlaganj v to strateško področje v preteklih desetletjih smo predvsem na ravni visokotehnološke opremljenosti zaostali za razvitejšimi državami Evrope. S sistematičnimi večjimi vlaganji v razvoj področja v naslednjih letih lahko znatno izboljšamo raven konkurenčnosti na celotni vertikali, od raziskav do inovativnih produktov, in prispevamo pomemben delež k slovenskemu gospodarstvu.

Na sliki 1.4 je prikazana primerjava povprečne vrednosti parametra EBITDA (prihodek pred obrestmi, davki in amortizacijo) slovenske elektroindustrije, katere del je tudi elektronska industrija, s predelovalnimi dejavnostmi in vseslovenskim povprečjem. EBITDA predstavlja enega od kazalnikov uspešnosti gospodarstva. Iz grafa lahko razberemo, da je njegova vrednost za elektroindustrijo v večji meri nad drugima dvema krivuljama, vendar je treba opozoriti na nihanja, ki so posledica občutljivosti panoge na globalna dogajanja (npr. trgovinska dogajanja med ZDA in Kitajsko v letih 2018–2019 in vpliv pandemije covida-19).

Povprečna EBITDA za podjetje v panogi 2008–2022 (€)



Slika 1.4: Primerjava povprečne vrednosti parametra EBITDA za elektroindustrijo (vir: Poslovanje elektroindustrije v letu 2022, Gospodarska zbornica Slovenije).

Tudi zaradi omenjenih nihanj na globalnem trgu je pomembno, da sta razvoj in nišna proizvodnja urejena in v čim večji možni meri zagotovljena tudi na državni ravni.

Aktivnosti na področju čipov in polprevodniških tehnologij

V okviru priprave Akta o čipih so se glavni akterji s področja čipov in polprevodnikov v Sloveniji povezali v **skupno iniciativo** z namenom, da se najdejo načini povezovanja in okrepitve sodelovanja raziskovalnega, akademskega in gospodarskega okolja. Na tak način bi učinkoviteje prispevali k razvoju in utrditvi področja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji, ki je bilo v preteklosti zapostavljeno.

Pomembnejši cilji pobude se navezujejo na zagotavljanje okolja za izobraževanje kadrov, usposabljanje strokovnjakov iz gospodarstva, raziskave, razvoj, izdelavo prototipov, testiranje in prenos rešitev v gospodarstvo in na druga področja. V okviru pobude je »[Pismo o nameri za sodelovanje na področju polprevodniških tehnologij in mikroelektronike](#)« (v nadaljevanju: Sporazum) doslej podpisalo 25 partnerjev. Med njimi so tri univerze (Univerza v Ljubljani, Univerza v Mariboru, Univerza v Novi Gorici), trije raziskovalni inštituti (Institut Jožef Stefan, Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije (Nanocenter) in Inštitut za kovinske materiale in tehnologije), Inženirska akademija Slovenije, Gospodarska zbornica Slovenije, Zbornica elektroindustrije in doslej 16 podjetij (navajamo jih po abecednem vrstnem redu): Beyond Semiconductor, raziskave in razvoj, d. o. o., COSYLAB, laboratorij za kontrolne sisteme, d. d., DEWESOFT, d. o. o., izdelava programske opreme in proizvodnja elektronskih komponent, DIOTEC SEMICONDUCTOR, proizvodnja elektronskih komponent, d. o. o., ELAPHE pogonske tehnologije, d. o. o., ELVEZ, proizvodnja kableske konfekcije in predelava plastičnih mas, d. o. o., HIDRIA, razvoj in proizvodnja avtomobilskih in industrijskih sistemov, d. o. o., HYB Proizvodnja hibridnih vezij, d. o. o., Instrumentation Technologies, elektronska instrumentacija in produkti za procesiranje signalov, d. o. o., KENS elektronika, d. o. o., LPKF LASER & ELECTRONICS, d. o. o., L-TEK elektronika, d. o. o., miDALIX, razvoj in proizvodnja, d. o. o., Renishaw Tehnični Inženiring, d. o. o., RLS Merilna tehnika, d. o. o., in SkyLabs, vesoljske tehnologije, d. o. o.

Sporazumu se je priključilo tudi Gospodarsko interesno združenje ACS Slovenski avtomobilski grozd, ki ravno tako podpira razvoj čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji.

Ker so na področje vezana ne le zgoraj naštetá podjetja in združenja, v **prilogi 2** prikazujemo slovensko vrednostno verigo na področju polprevodnikov, ki poleg podpisnikov sporazuma vključuje tudi druge udeležence (seznam se še dopolnjuje).

V nadaljevanju je najprej podan kratek opis dejavnosti na univerzah in inštitutih.

Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani z dolgoletno tradicijo na področju čipov in polprevodniških tehnologij poleg izobraževanja potekajo aktivnosti načrtovanja in delno prototipiranja namenskih čipov (ASIC) z digitalnimi in analognimi stopnjami s tehnologijo (Bi)CMOS. Razvijajo se napredni senzorski sistemi, vključujoč inovativne rešitve THz-senzorjev, sistemov na čipih, fotodetektorjev in struktur MEMS (micro-electromechanical system). Aktivnosti potekajo na področju načrtovanja programirljivih vezij FPGA in z uporabo naprednih računalniških algoritmov izvajajo optimizacije integriranih vezij. Na fakulteti so bila zasnovana številna integrirana vezja za domače in tuje naročnike, med katerimi so laserski daljinomer, trifazni števec električne energije, čip za prvo pametno kartico, prvi mikroračunalnik, vgrajen v naprave napredne bele tehnike, manjše hišne telefonske centrale in avtomate, analogni čip v digitalni tehnologiji CMOS za telefon, čip za napravo za rentgenski pregled prtljage na letališčih, čip za pravilno sprožitev varnostnih blazin v avtomobilu v primeru trka, čip za merjenje položaja in kota z magnetnim senzorjem in številni drugi čipi. Poleg nadaljnjega razvoja in inovacij na področju elektronskih čipov se kot eno od perspektivnih smernic razvoja kaže področje integrirane fotonike (fotonski čipi), na katerem se že izvajajo raziskave.

Tudi na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani potekajo določene aktivnosti na področju načrtovanja čipov, med drugim v povezavi s tenzorskimi jedri, dodanimi čipi za varnost in v povezavi z umetno inteligenco.

Na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (UM FER), razvijajo optične senzorje ftonske tehnologije in strukture MEMS. V sodelovanju s podjetjem SkyLabs pa so specializirani za načrtovanje vezij ASIC za delovanje v ekstremnih vesoljskih pogojih.

Z načrtovanjem specialnih, zelo hitrih in občutljivih čipov ASIC, namenjenih za detektorje v pospeševalnikih visokih energij, se ukvarjajo na Institutu "Jožef Stefan" (IJS), kjer izvajajo tudi raziskave na področju fotonike, kvantnih tehnologij, novih materialov z možnostjo uporabe v čipih novih generacij in obdelavo površin. Omenjeni čipi ASIC se uspešno uporabljajo tako v razvoju instrumentacije za ameriški vesoljski program kot tudi na področju nuklearne medicine. Na tem področju je samo odsek F9 nosilec več mednarodnih projektov kot tudi tehnični sodelavec pri načrtovanju spektrometrov na CERNu. Pogosto v svoje aktivnosti vključuje slovenska podjetja in tako povečuje prepoznavnost in ugled slovenske industrije. Odsek K1 na IJS se ukvarja z anorgansko kemijo, kjer se določeni procesi lahko uporabljajo tudi pri obdelavi ali predelavi silicijevih rezin, kar vključuje tudi procese priprave nekaterih materialov iz skupine [CRM](#).

Nove materiale, kot so organski in dvodimenzionalni hibridni materiali s potencialom uporabe v čipih, raziskujejo na Univerzi v Novi Gorici.

Center odličnosti Nanocenter ob raziskavah na področju nanotehnologij in kvantnih tehnologij zagotavlja tudi sodobno raziskovalno infrastrukturo z možnostjo prototipiranja novih tehnik za fabriciranje čipov.

Na strani gospodarstva so podjetja, ki so vključena v različne stopnje polprevodniške vrednostne verige. Njihova vključenost v posamezne dejavnosti je razvidna iz priloge 2, dejavna pa so na naslednjih področjih:

- Merjenje in preizkušanje: Na področju meroslovja in kontrole v Sloveniji igrajo ključno vlogo napredne merilne tehnologije in čipi, ki omogočajo natančno spremljanje, analizo in nadzor v različnih industrijah. Razvoj in uporaba visokotehnoloških čipov in senzorjev, ki so vgrajeni v merilne naprave, omogočajo izredno natančne meritve in kontrolo kakovosti v proizvodnih procesih, medicini, energetiki in telekomunikacijah.
- Proizvajalci sestavnih delov opreme: Na področju sestavnih delov in komponent za opremo v Sloveniji številna podjetja prispevajo k razvoju in proizvodnji visokokakovostnih komponent, ki so ključne za različne industrijske, znanstvene in medicinske aplikacije. Nekatera od njih se specializirajo za proizvodnjo keramičnih komponent za elektronske naprave, druga pa za razvoj naprednih čistilnih sistemov in filtracij, ki zagotavljajo čistočo v kritičnih okoljih, kot sta farmacevtska proizvodnja in biotehnologija.
- Proizvajalci opreme: V Sloveniji so podjetja, ki se ukvarjajo z razvojem in proizvodnjo opreme, specializirana za visokotehnološke aplikacije, kot so mikrostrukturiranje in laserska tehnologija. Ta podjetja zagotavljajo inovativne rešitve za natančno izdelavo mikrokomponent, ki so ključne v različnih industrijskih in znanstvenih aplikacijah. S poudarkom na kakovosti in

tehnični dovršenosti tehnologije omogočajo izdelavo zapletenih struktur, ki prispevajo k napredku v mikroelektroniki in nanotehnologiji.

- Načrtovanje čipov: V Sloveniji se na področju načrtovanja čipov razvijajo napredne rešitve, ki poganjajo tehnološki napredek v različnih industrijskih in potrošniških aplikacijah. Podjetja se ukvarjajo z načrtovanjem polprevodniških čipov, ki vključujejo načrtovanje FPGA in ASIC, in sistemov na čipu (SoC), kar je ključno za inovacije na različnih področjih, med njimi v avtomobilski industriji, robotiki, medicinski tehnologiji, telekomunikacijah in drugih.
- Sestavljanje in pakiranje: V Sloveniji področje sestavljanja in pakiranja zajema sofisticirane procese, ki so pomembni za pripravo elektronskih komponent in naprav za trženje. To vključuje montažo elektronskih sklopov, uporabo naprednih tehnologij za pakiranje čipov in tiskanih vezij ter zagotavljanje kakovosti končnih izdelkov.
- Surovine: V Sloveniji se na področju surovin za proizvodnjo čipov in polprevodnikov osredotoča na zagotavljanje materialov, ki so temelj za visokotehnološke aplikacije. Dejavnosti vključujejo dobavo specializiranih kemičnih sestavin in plinov, ki se uporabljajo v procesih izdelave in obdelave čipov. Te surovine zagotavljajo potrebno čistost in specifikacije, ki so pomembne za zagotavljanje kakovosti končnih polprevodniških izdelkov. Industrija podpira tako lokalno proizvodnjo kot mednarodne tehnološke potrebe, kar Slovenijo postavlja v vlogo pomembnega igralca na področju visokotehnoloških materialov.
- Elektronske komponente: V Sloveniji številna podjetja delujejo na področju proizvodnje komponent za elektroniko, kjer ponujajo raznolike rešitve za integrirana vezja, polprevodniške naprave in tiskana vezja. Te komponente so pomembne za različne aplikacije – od potrošniške elektronike do industrijskih sistemov.

Izzivi

Za nadaljnji razvoj in okrepitev strateškega področja čipov in polprevodniških tehnologij je zelo pomembno vlaganje v sodobno raziskovalno infrastrukturo, ki bo raziskovalcem omogočala sledenje evropskemu in svetovnemu trendu ter ravni raziskav prihodnjih tehnologij na področju čipov. Potrebno stopnjo avtonomije in odpornost pri prekinitvah dobavnih verig bi poleg prototipiranja omogočila manjša proizvodna linija namenskih čipov ASIC. Pri načrtovanju čipov so ključne licence programov, in sicer tako za raziskovalne organizacije kot za podjetja. Pomembno bo tudi boljše povezovanje in sodelovanje izobraževalnih in raziskovalnih institucij z gospodarstvom, kar bo podjetjem zagotovilo zadosten nabor vrhunsko usposobljenih strokovnjakov, dostop do sodobne raziskovalne opreme in prenos novih tehnologij v prakso. Za uspešno sodelovanje med akademsko sfero in gospodarstvom bodo pomembni skupni projekti, kar bi s sofinanciranjem lahko omogočili in spodbudili država in Evropska unija.

Analiza SWOT

V spodnji tabeli navajamo prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti (angl. "Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats – SWOT") na področju razvoja čipov in polprevodniških tehnologij, kjer upoštevamo tudi specifične naše države.

PREDNOSTI	SLABOSTI
Splošno: – Strateško visokotehnološko področje, pomembno na globalni in lokalni ravni s	Splošno: – Velike začetne investicije v raziskovalno in prototipno/proizvodno opremo.

stališča gospodarstva in družbe, vpetosti v sodobne globalne trende razvoja. – Področje spada med ključne omogočitvene tehnologije za udejanjanje strateških usmeritev, kot so digitalizacija, zeleni prehod; čipi omogočajo izgradnjo elektronskih naprav in sistemov, ki pripomorejo k dvigu kakovosti našega življenja in ustvarjanja (zdravje, dobro počutje, okolje, energija, varnost idr.). – Hiter razvoj in rast trga, visoka dodana vrednost in velika povračilna stopnja vloženih investicij. – Elektronske naprave in sistemi s čipi omogočajo udejanjanje razvoja praktično na vseh gospodarskih področjih. – Še posebej omogočajo učinkovito informatizacijo, procesiranje podatkov, vodenje procesov, sodobne komunikacije, zeleno mobilnost, zdravo življenje, čisto energijo. – Področje omogoča kakovostna in kreativna (inženirsko usmerjena) delovna mesta za vse generacije s sodobnim pogledom na svet. Specifično za Slovenijo: – Slovenija ima že več kot 50-letno tradicijo na področju razvoja čipov, polprevodniških tehnologij in elektronske industrije; z novimi vlaganji v raziskovalno infrastrukturo in aktivnosti lahko izkoristimo potencial znanj in spretnosti. – Razvoj in vlaganje v področje pomenita tudi večjo nacionalno suverenost, konkurenčnost in manjšo ranljivost dobavne verige v primeru kriz. – Slovenija je kot majhna država lahko odzivna na razmere in ima možnosti za vstop v sam vrh v posameznih segmentih razvoja namenskih nišnih čipov in polprevodniških tehnologij (ne pa pri množični proizvodnji), hkrati ima odprte priložnosti na področju raziskav in razvoja	– Stroški obratovanja in vzdrževanja visokotehnološke opreme. – Trenutno pomanjkanje kadrov, podjetja in organizacije težko najdejo primerne kadre. Specifično za Slovenijo: – Doseganje kritične mase usposobljenih kadrov na državni ravni; treba je povečati vpise v ustrezne tehnične in naravoslovno-matematične visokošolske programe. – Omejitve pri nagrajevanju inženirjev in raziskovalcev v javnih ustanovah. – Nekonkurenčen plačni sistem, ki otežuje mednarodno mobilnost v javnih raziskovalnih organizacijah. – Ne dovolj ustrezni učni načrti in gradiva za osnovnošolsko izobraževanje na področju tehnike. – Ne dovolj velika prepoznavnost področja kot strateškega za Slovenijo in s tem mnogo premajhna vlaganja.
--	---

čipov novih generacij, kot so fotonski in kvantni čipi, kjer se aktivnosti že začenjajo. – Z vlaganji v raziskovalno opremo in raziskave ter razvoj na omenjenem področju postanemo konkurenčni in zanimivi za vključitev v večje evropske in svetovne konzorcije, kar vodi do novih multiplikativnih učinkov.	
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
Splošno: – Čipi in polprevodniške tehnologije so neizogibna tehnologija sedanjosti in prihodnosti – omogočajo premikanje mej prav na vseh področjih gospodarstva in pri usmeritvah sodobnega sveta (zdravje, dobro počutje, znanje, delo, okolje, industrija, energija, umetna inteligenca, mobilnost, veselje, varnost). – Z vlaganji v čipe in polprevodniške tehnologije se povečuje dodana vrednost vsem drugim proizvodom na koncu vrednostne verige, ki te čipe in elemente uporabljajo. Specifično za Slovenijo: – Ravno v tem času se za razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij odpirajo številne priložnosti, ki jih moramo kot država pravočasno izkoristiti tudi z dodatnimi državnimi investicijami (trend in usmeritve EU in globalno). – Izkoristiti moramo potencial, znanja, motiviranost ljudi in s primernimi investicijami v nižnih segmentih področja seči v svetovni vrh. – Postati konkurenčni partner na evropski in svetovni ravni – tako na področju raziskav in razvoja kot tudi gospodarstva v specializiranih segmentih. – Inovacije, razvoj novih rešitev in izdelkov, ki se razvijajo in proizvajajo v Sloveniji. V to vodi tudi večja povezanost izobraževalnih in raziskovalnih organizacij s podjetji.	Splošno: – Prevlada azijskih in ameriških proizvajalcev. – Morebitne večje omejitve kritičnih surovin (CRM), potrebnih za proizvodnjo čipov. – Odvisnost evropskih držav od globalnih dobavnih verig v primeru nezadostnega spodbujanja področja. Specifično za Slovenijo: – Nevarnost, da država ne vzpostavi in ne zagotovi systemskega financiranja za raziskovalno infrastrukturo (kot ga imajo urejenega v drugih članicah EU). Kot omenjeno, so potrebne večje investicije (visokotehnološko področje) in podpora odličnim skupinam. – Še večji beg usposobljenih inženirjev in strokovnjakov v sosednje države, če ne zagotovimo ustreznih pogojev (plače, stimulativno okolje, opremljenost). – Mladi se v primeru nedinamičnega razvijanja področja v državi ne odločajo za kariere na tem področju. – Mladi se zaradi neustreznih možnosti nagrajevanja v času doktorskega usposabljanja (mladi raziskovalci) in neprepoznavanja pomena najvišje stopnje izobrazbe in spretnosti na visokotehnološkem področju ne odločajo za doktorat. – Nezagotovljeno kontinuirano in nestabilno financiranje. – Nezmožnost kritja stroškov obratovanja in vzdrževanja visokotehnološke opreme za izdelavo in testiranje čipov in s tem

	neizkoriščanje vložene investicije v primeru nekontinuiranega financiranja. – Prevzemi podjetij s prevelikimi enostranskimi koristmi s strani tujih multinacionalk. – Nezadostno oblikovana in ne dovolj povezana vrednostna veriga nacionalnega ekosistema elektronske industrije oziroma neobstoje posameznih členov verige nacionalnega ekosistema.
--	--

Glede na strateški pomen področja čipov in polprevodniških tehnologij v številnih gospodarskih sektorjih in ob zavedanju, da se ključne slabosti in nevarnosti vežejo prav ob pomanjkanju financiranja, je pomembno, da se v Sloveniji vzpostavi sistemsko financiranje (kot v drugih državah) in zagotovijo znatne investicije za nakup ustrezne raziskovalne in razvojne opreme za izvajanje dejavnosti. Konkretno predloge usmeritev in ukrepov navajamo v tem programu.

Vpetost v državne programe in resolucije

Program (strategija) je ukrep, ki ga narekuje [Nacionalni strateški načrt za digitalno desetletje](#), sprejet s strani Vlade Republike Slovenije. Načrt v okviru digitalne infrastrukture obravnava cilj EU na področju čipov in polprevodniških tehnologij, tj. povečati 10-odstotni delež proizvodnje čipov v EU na 20-odstotnega do leta 2030.

Poleg tega krovna strategija digitalne preobrazbe Slovenije [Digitalna Slovenija 2030](#) v okviru horizontalnih načel delovanja strategije področje čipov in polprevodniških tehnologij obravnava v smislu spodbujanja raziskav in razvoja digitalnih tehnologij ter njihove uporabe in strateške avtonomije, enotnega digitalnega trga in digitalne suverenosti.

Sinergije z drugimi strategijami

Z [Nacionalnim programom spodbujanja razvoja in uporabe umetne inteligence v Republiki Sloveniji do leta 2025](#) Slovenija jasno in nedvoumno izraža svoje zanimanje za okrepitev vseh aktivnosti na področju umetne inteligence (UI) – celovito, koordinirano in v okviru celotnega inovacijskega življenjskega cikla – ki bodo pospešile raziskave, razvoj, uvajanje in uporabo tehnologij in orodij s področja UI na državni ravni. Sistemi UI temeljijo na splošnih (visokozmogljivih) procesorskih čipih in namenskih čipih prilagojenih arhitektur in funkcionalnosti. To velja tako za elektronske kot tudi fotonske in kvantne čipe. Poleg čipov, ki omogočajo obstoj in delovanje algoritmov umetne inteligence, se UI lahko uporabi tudi za pomoč pri načrtovanju in optimizaciji topologije čipov ter pri vodenju procesov za izdelavo čipov.

S Strategijo razvoja kvantnih tehnologij v Sloveniji do leta 2033 (v pripravi) si Slovenija prizadeva postati prepoznana kot ena od vodilnih držav na nišnih področjih kvantnih tehnologij in kvantnega računalništva. Cilj je premostiti zaostanek in Slovenijo v naslednjem desetletju postaviti med vodilne v Evropi na specifičnih nišnih področjih, ki izkoriščajo naše edinstvene prednosti na področjih izobraževanja, raziskav in inovacij. Tudi na področju kvantnih tehnologij igrajo čipi

nenadomestljivo vlogo – poleg elektronskih in fotonских čipov so tu v ospredju kvantni čipi z novimi naprednimi funkcionalnostmi.

[Slovenska industrijska strategija](#) med drugim veliko pozornosti namenja tudi digitalni preobrazbi gospodarstva z razvojem in uvajanjem novih pametnih tehnologij, katerih bistveni gradniki so največkrat polprevodniški čipi. V sodobnem digitalnem gospodarstvu so ključni, saj so prisotni v pametnih telefonih in avtomobilih ter v kritičnih aplikacijah in infrastrukturah na različnih področjih (od zdravstva, energetike, mobilnosti, vesolja, komunikacij do industrijske avtomatizacije).

[Strategija digitalne transformacije gospodarstva](#) v tretjem poglavju »Ključna področja digitalne transformacije gospodarstva« v okviru čezmejnega večdržavnega sodelovanja neposredno navaja sodelovanje Slovenije pri pomembnem projektu skupnega evropskega interesa na področju mikroelektronike oziroma polprevodnikov in mikročipov kot usmeritve Evropske unije za krepitev strateške avtonomije Evrope.

[Nacionalna strategija intelektualne lastnine do leta 2030](#) poudarja, da je intelektualna lastnina (IL) ključno gibalno inovacij. Strategija med drugim že v uvodu navaja, da med pravice IL spadajo zlasti patenti, dodatni varstveni certifikati, modeli, znamke, geografske označbe, avtorska in sorodne pravice, topografije polprevodniških vezij, žlahtniteljske pravice in firme. Poleg teh formalnih pravic IL so še neformalne strategije pravic IL, kot so predvsem tajnost (poslovne skrivnosti, skrito znanje), objavlanje oziroma strategija vodenja inovacij, ki opušča uporabo lastninskih pravic – ta strategija jih obravnava, kadar je to primerno.

1.3 Izhodišča in kazalniki uspešnosti

1.3.1 Izhodišča

V nadaljevanju povzemamo nekatera dejstva in ugotovitve, ki predstavljajo splošna izhodišča za določanje usmeritev:

- Slovenija zaradi dolgoletnega pomanjkanja vlaganj zaostaja na področju čipov in polprevodniških tehnologij v svetovnem in evropskem merilu.
- Brez investicij v sodobno raziskovalno opremo in aktivnosti se področje ne bo moglo konkurenčno razvijati.
- Razvoj področja je ključen za Slovenijo – s tem bi našim visokotehnološkim podjetjem in raziskovalnim organizacijam omogočili konkurenčnost na mednarodni ravni.
- Polprevodniške tehnologije in čipi so osnova praktično za vse zahtevnejše tehnološke izdelke. Obvladovanje polprevodniških tehnologij je zato strateškega pomena za vse napredno gospodarstvo, obrambno sposobnost in ekonomsko suverenost države.
- Sloveniji primanjkuje kakovostno izobraženih in usposobljenih strokovnjakov s področja čipov in polprevodniških tehnologij. Potrebna je promocija za pridobitev talentov in povečanje vpisa na ustrezne visokošolske smeri. Z ustrezno opremljenostjo, motiviranostjo ljudi in vizijo na področju nam bo te talente uspelo tudi zadržati v Sloveniji.
- Razvoj na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji je v skupnem

interesu visokošolskih izobraževalnih institucij, raziskovalnih inštitutov, centrov odličnosti in podjetij, kar dokazuje podpisano Pismo o nameri za sodelovanje na področju polprevodniških tehnologij in mikroelektronike.

1.3.2 Določitev ključnih kazalnikov uspešnosti

Izbrani ključni kazalniki uspešnosti, ki se v splošnem ali specifično vežejo na področje razvoja čipov in polprevodniških tehnologij, so navedeni v spodnji tabeli. Pomembni so ne le kvantitativni, temveč tudi kvalitativni parametri kazalnikov.

Podjetja	Raziskovalno-izobraževalne organizacije	Drugi kazalniki
– inovacije – delovna mesta – nova zagonska podjetja – izboljšani in novi produkti – povečani prihodki in investicije – kadrovske kompetentno okolje, ki je sposobno samostojno razvijati proizvode z visoko dodano vrednostjo ali privabiti ključne investitorje	Izobraževanje: – uspešnost promocij za pritegnitev talentov in povečanje števila vpisnih mest na univerzah s programi z vsebinami s področja programa – zastopanost, kakovost in sodobnost vsebin s področja pri predmetih v rednih programih – izvedba in kakovost specializiranih usposabljanj za podjetja – usposobljenost in mednarodna vpetost profesorjev – vpetost študentov v raziskave in razvoj – stopnja usposobljenosti študentov/kadrov Raziskave in razvoj: – moderna tehnološka oprema za izdelavo nišnih čipov – izumi in nove rešitve – stopnja tehnološkega prenosa	– patentne prijave in patenti – pridobljeni novi projekti in sodelovanja Specifično za čipe in polprevodniške tehnologije: – projekti in pridobljena sredstva v okviru Chips JU – sodelovanja in pridobljena sredstva v drugih projektih EU, v katerih so čipi ključni rezultat – načrtani čipi za različne tehnologije – koriščenje storitev večprojektnih rezin (MPW) ali/in produkcijskih izvedb v tehnologijah z različnimi kritičnimi dimenzijami (350 nm–130 nm, 90 nm–28 nm, 22 nm in nižje) – izdelani prototipi čipov – testiranja čipov – pakiranja čipov

	– odcepljena podjetja iz organizacij – pomembne objave in njihova odmevnost	– razvita tehnološka in merilna oprema
--	--	--

2 CILJI IN USMERITVE

2.1 Ključni cilji

Ključni splošni cilji v okviru programa so:

- Znatno okrepiti in modernizirati raziskovalno in razvojno infrastrukturo ter aktivnosti in medsebojna povezovanja na področju razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v celotni vertikali – od izobraževanja, raziskav in inovacij do prototipov in nišnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo.
- Pridobiti nove talente in ustvariti potrebno kritično maso motiviranega kadra. S sodobnimi izobraževalnimi vsebinami lahko zagotovimo visoko usposobljene strokovnjake. Treba je poskrbeti za zadržanje strokovnjakov in jim zagotoviti kreativna delovna mesta.
- Z naložbami v raziskave in razvoj čipov in polprevodnikov okrepiti celoten ekosistem elektronske industrije in gospodarstvo na tem strateškem področju.
- Okrepiti sodelovanje med industrijo in raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami.
- Zagotoviti večjo stopnjo nacionalne suverenosti in varnosti dobavnih verig na področju čipov in polprevodniških tehnologij.
- Povečati število inovacij in novih naprednih produktov.
- Povečati število kakovostnih delovnih mest na področju.
- Povečati zanimanje in vpis v visokošolske programe, ki zagotavljajo znanja s področja čipov in polprevodniških tehnologij.
- Povečati evropsko in mednarodno vpetost in prepoznavnost Slovenije na področju.
- Postati ključni igralec na evropskem in globalnem trgu v določenih nišnih segmentih čipov in polprevodniških tehnologij.
- Povečanje stopnje družbenega zavedanja o pomembnosti področja na državni ravni.

Poleg zgoraj navedenih ključnih splošnih ciljev v okviru posameznih usmeritev razvoja navajamo tudi specifične cilje (gl. naslednje poglavje).

2.2 Usmeritve razvoja

Usmeritve razvoja so razdeljene v štiri sklope:

- **akcijske usmeritve,**
- **področne usmeritve,**
- **tehnološke usmeritve in**
- **aplikacijske usmeritve.**

Sklopi usmeritev so razdeljeni na posamezne vsebinske podsklope. Le v primeru akcijskih usmeritev zaradi obsežnosti in sistematičnosti vsebinsko povezane podsklope dodatno razvrstimo v tri stebre. V podsklopih usmeritev najprej na kratko izpostavimo obstoječe stanje in izzive, nato podamo konkretne usmeritve, ki jih nadgradimo s predlogi rešitev. Na koncu posameznih podsklopov navedemo specifične cilje vključenih usmeritev.

Akcijske usmeritve

V okviru akcijskih usmeritev izpostavljamo potrebne aktivnosti, ki jih moramo izvajati za učinkovit razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji. Aktivnosti so glede na vsebino razporejene v **tri stebre**.

Za razvoj je potrebno prepletanje vseh navedenih aktivnosti, pri čemer se ključna finančna vlaganja za izvedbo programa nanašajo na steber II (v raziskovalno infrastrukturo in aktivnosti na področju raziskav, razvoja in inovacij). V povezavi z akcijskimi usmeritvami stebra II podrobnejše tehnične usmeritve podamo v sklopu področnih usmeritev.

STEBER I

Prvi steber akcijskih usmeritev združuje usmeritve, ki se vežejo na **kadre** – od pridobivanja talentov, kakovostnega izobraževanja do možnosti kreativnih zaposlitev na področju.

2.2.1 Talenti

Spodnje usmeritve se nanašajo na **promocijske aktivnosti za pridobivanje in zadržanje talentov** (kakovostnih in motiviranih kadrov). Promocija področja v širšem pomenu in družbi je dodatno opredeljena v podpoglavju 2.2.10 Promocija področja.

Visokotehnološko področje, kot je razvoj čipov in polprevodniških tehnologij, zahteva kakovostne in motivirane kadre za ustvarjanje in uresničevanje novih tehničnih idej na področju, ki vodijo v inovacije, nove tehnološke rešitve in preboje na državni in mednarodni ravni. Ključno je zaznati in pridobiti več talentiranih mladih ljudi in ljudi vseh generacij z zanimanjem za tehniko in elektroniko, jim zagotoviti optimalne pogoje za strokovno rast z najsodobnejšimi izobraževalnimi vsebinami ter spodbuditi razvoj kreativnih in privlačnih zaposlitvenih priložnosti.

Kritično pomanjkanje talentov – tehnikov, usposobljenih inženirjev, magistrov in doktorjev znanosti – predstavlja trenutno eno ključnih ozkih grl za učinkovit razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij.

Obstoječe stanje in izzivi

- Kritično pomanjkanje usposobljenih inženirjev, procesnih tehnikov in visoko usposobljenih strokovnjakov v Sloveniji (in celi Evropi), kjer zaradi hitrega razvoja potrebe vedno bolj naraščajo.
- Odtekanje usposobljenih (mladih) kadrov iz Slovenije v druge države zaradi boljših možnosti in pogojev na danem področju.
- Nefleksibilnost pri možnostih nagrajevanja v javnih izobraževalnih in raziskovalnih ustanovah – razkorak plač med (mladimi) raziskovalci v raziskovalno-izobraževalnih ustanovah in zelo iskanimi inženirji v podjetjih je prevelik, da bi se talenti odločali za pridobitev tretje, najvišje stopnje izobrazbe in pridobili raziskovalne spretnosti na najvišji stopnji, kar je na visokotehnološkem področju ključno tudi za podjetja.

- Pomen tehnike in inženirstva v družbi in Sloveniji, zlasti z vidika iskanja talentov, je še vedno premalo poudarjen.

Velike potrebe po kadru so povezane z dinamiko in hitrim razvojem področja.

USMERITVE IN REŠITVE ZA MLADE

Usmeritev 1: **Okrepiti aktivnosti za pridobivanje novih talentov**

Povečati promocijo področja na vseh ravneh izobraževanja za odkrivanje, pridobivanje in motiviranje talentov za tehniko, vključno s poudarki na strokovnih področjih, ki jih obravnava program. Ustrezno informiranje o priložnostih in pomenu področja za povečanje vpisa v ustrezne visokošolske programe vseh treh stopenj in srednješolske programe. V programe osnovnega in srednjega izobraževanja sistematično vpeljati obvezne vsebine s področja elektrotehniške fizike, elektrotehnike in elektronike. Posebno pozornost moramo posvečati izbiri in podajanju vsebin, da bi pri učencih in dijakih vzbudili in prepoznali zanimanje za to področje.

Predlogi rešitev:

- S pomočjo medresorskega usklajevanja doseči potrebne spremembe osnovnošolskih in srednješolskih izobraževalnih in vzgojnih programov (dodatno pozornost nameniti splošnim gimnazijam). V predmete fizike, tehnike, računalništva in sorodne predmete vključiti reprezentativne in zanimive vsebine s področja elektrotehnike, elektronike, čipov.
- Vsebine vključiti v (neobvezne) izbirne predmete in krožke v srednjih in osnovnih šolah.
- Seznaniti ravnatelje s pomenom tega področja in spodbuditi učitelje k aktivnemu vključevanju vsebin v pouk in interesne dejavnosti.
- Izvajati usposabljanja s področja vsebin za srednješolske in osnovnošolske učitelje.
- Izdelati zanimive poskuse z navodili – poskusi morajo poleg osnovnih znanj odražati tudi sodobnost in pomembnost tematike na področju tehnike, različne zahtevnostne stopnje za osnovnošolske in srednješolske predmete.
- Izdelati (kit) complete za mladino (tudi nevezano na formalni izobraževalni proces), vključujoč elektronske komponente, prilagojene razvojne plošče za izdelavo uporabnih enostavnih aplikacij, ki v mladih vzbudijo zanimanje (posodobljene izvedbe dobrih praks iz preteklosti, kot so bili npr. kompleti Elektro pionir, Dobro jutro elektronika).
- Za predmete poleg poskusov izdelati kakovostna učna gradiva za izvajanje celoletnih predmetov v programih.
- Dopolniti aktivnosti tehnične vzgoje (zanimivi poskusi in uporabne aplikacije iz elektronike), spodbujati ustvarjalnost na tem področju že pri najmlajših.
- Izvajati promocijske aktivnosti in dogodke po šolah in univerzah.
- Informirati dijake in učence – konkretne strokovne informacije o dejanski uporabnosti in raznovrstni aplikativnosti področja, možnosti zaposlitve in

- karijerne poti. Posebno pozornost nameniti promociji v e-medijih, informiranju na sodobnih družbenih omrežjih.
- Organizirati praktične delavnice za dijake na univerzah.
 - Zagotoviti tehnična stičišča za mlade (oprema, prostori, vodenje) za praktično izvedbo idej.
 - V visokošolskih programih, ki obravnavajo tematike, opredeljene v programu, že v nižjih letnikih v okviru študijskih in obštudijskih dejavnosti ustrezno izpostaviti področje čipov in polprevodniških tehnologij; vključevanje študentov v projekte (pred izbiro smeri in po njej).
 - Motivirati odlične študente za doseganje najvišje stopnje izobrazbe in usposobljenosti na področju (doktorat znanosti).
 - Povezati visokošolske in druge izobraževalne organizacije, inštitute in podjetja, ki delujejo na področju, za usklajen skupni nastop pri promociji. Veliko težo pri tem bodo imela tudi v okviru programa opredeljena vlaganja v razvoj področja (sodobna opremljenost) in možnosti kakovostnih zaposlitev.
 - Vključiti vsebine in pripraviti dejavnosti v sodelovanju s tehniškimi zvezami (npr. ZOTKS).

Usmeritev 2: **Omogočiti in povečati vpis v programe s področja**

Povečati število vpisnih mest za visokošolske programe z vsebinami s področja programa. Poskrbeti za sodobne in zanimive vsebine programov (gl. usmeritev 2.2.2 Znanja, spretnosti in kompetence).

Predlogi rešitev:

- Ministrstvo, pristojno za visoko šolstvo, v pogajanjih za financiranje visokošolske študijske dejavnosti upošteva področje kot prioriteto, na katerem je treba spodbujati povečanje vpisa. Cilj je zagotoviti sredstva za povečanje vpisa na prvi in drugi stopnji visokošolskega študija (30- do 50-odstotno povečanje vpisa do leta 2030) in na 3. stopnji (100-odstotno povečanje).
- Zagotovitev dodatnih, namenskih sredstev, za povečanje ne le kadrovske zasedbe, temveč tudi opreme za izvedbo kakovostnih praktičnih laboratorijskih vaj na področju.

USMERITVE IN REŠITVE ZA VSE GENERACIJE

Usmeritev 3: **Zadržati talente**

Vzpostaviti okolje, v katerem obdržimo usposobljene kadre na vseh področjih verige na državni ravni.

Predlogi rešitev:

- Zagotoviti sistemsko in usmerjeno financiranje raziskovalno-razvojnih (RR) dejavnosti na področju programa na univerzah in v javnih raziskovalnih organizacijah (JRO).

- Zagotoviti kontinuiteto financiranja projektov RR.
- Vzpostaviti infrastrukturne zmogljivosti, ki bodo omogočale kakovostno in v mednarodnem prostoru konkurenčno raziskovalno-razvojno delo.
- Omogočiti preprosto prehajanje ključnih kadrov med univerzami, JRO in industrijskimi partnerji.

Usmeritev 4: **Omogočiti in spodbujati dodatna izobraževanja strokovnjakov**
Prenos najnovejših znanj in kompetenc na strokovnjake.

Predlogi rešitev:

- Organizacija delavnic in specializacij, domači in tuji specializirani strokovnjaki (gl. tudi naslednjo usmeritev Znanja, spretnosti in kompetence).
- Izvedba krajših, ciljnih izobraževalnih tečajev, ki bodo omogočali prešolanje ali vstop strokovnjakov z drugih sorodnih področij na področje čipov in polprevodniških tehnologij.
- Visokošolski zavodi v sodelovanju z gospodarstvom s področja vzpostavijo nabor krajših izobraževanj in usposabljanj s področja z izdajo mikrodokazil.

Usmeritev 5: **Pridobiti vrhunske strokovnjake in študente iz tujine**

Vzpostaviti okolje, da privabimo vrhunske tuje strokovnjake in raziskovalce v Slovenijo (sodobna oprema, pogoji dela, nagrajevanje). Vzpostaviti pogoje za izobraževanje študentov iz tujine.

Predlogi rešitev:

- Poskrbeti za fleksibilnejši sistem nagrajevanja in pridobivanja nazivov v javnih izobraževalnih in raziskovalnih ustanovah.
- Vlaganja v sodobno opremo so pomemben dejavnik za vzpostavitev pogojev za pridobitev uveljavljenih tujih strokovnjakov.
- Zagotoviti možnosti izvajanja izobraževanja tujih študentov v angleškem jeziku.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Vzpostaviti in vzdrževati kritično maso dobro usposobljenih in motiviranih kadrov za učinkovit razvoj področja v Sloveniji.
- S povečanjem vpisa v visokošolske zavode, ki pokrivajo področje čipov in polprevodniških tehnologij, ter s ponudbo krajših izobraževanj in usposabljanj za pridobitev mikrodokazil zagotoviti možnost krajših izobraževanj in usposabljanj na področju.
- Kadrom zagotoviti ustrezno stimulativno okolje – od kakovostnega izobraževanja (gl. naslednjo usmeritev) do kreativnih delovnih mest (gl. usmeritev 2.2.3 Delovna mesta) – in druge pogoje.

2.2.2 Znanja, spretnosti in kompetence

Usmeritev se nanaša na **izobraževanje in usposabljanje** kadrov.

Obstoječe stanje in izzivi

Na področju izobraževanja so potrebe in možnosti za znatne izboljšave na celotni vertikali izobraževanja – od osnovnih in srednjih šol do fakultet in vseživljenjskega izobraževanja. Le tako bomo lahko ustvarili zadostno število dovolj usposobljenih kadrov na omenjenem visokotehnološkem področju, kjer se trendi spreminjajo in nadgrajujejo iz leta v leto. Poleg poglobljenih teoretičnih znanj je poseben pomen treba pripisati praktičnim znanjem, spretnostim in kompetencam. Pri tem igra veliko vlogo ustrezna laboratorijska oprema za izvajanje praktičnega dela izobraževanja na vseh ravneh.

V nadaljevanju so podane usmeritve in predlagane možne rešitve za posamezne stopnje izobraževanja.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Izboljšave, vezane na visokošolsko izobraževanje**

Visoko usposobljeni inženirji, magistri in doktorji znanosti tehničnih ved so motor za ustvarjanje novih znanj in prebojnih inovacij na visokotehnoloških področjih. Področje čipov in polprevodniških tehnologij je eno od ciljnih področij izobraževanja na elektrotehniških fakultetah. Študenti podrobneje spoznajo, načrtujejo in praktično uporabljajo integrirana vezja (čipe) in njihove gradnike na študijskih smereh, ki omogočajo študij s področja elektronike. Nekatere vsebine s širšega področja so v manjši meri obravnavane tudi v okviru nekaterih drugih tehničnih in naravoslovnih fakultet.

Študentom, ki se odločajo za študijske smeri ali izbirne predmete s področja elektronike, je treba še bolj predstaviti aktualnost in pomembnost čipov ter polprevodniških tehnologij in jih z različnimi aktivnostmi motivirati, da izberejo te vsebine. V sodelovanju z gospodarstvom je treba tudi identificirati vsebine in izzive, ki bi jih lahko študentje spoznali že na prvi in drugi stopnji bolonjskega študija, najboljši študentje pa v okviru poglobljenega študija in raziskav v okviru doktorskega študija. Doktorandi in doktorji z najvišjo stopnjo znanja, spretnosti in kompetenc s področja elektronike imajo zagotovo velik potencial za ustvarjanje novih znanj in inovacij na državni in svetovni ravni.

Študentom vseh stopenj študija je treba v okviru rednih in obštudijskih programov in dejavnosti zagotavljati znanja ter razumevanje najnovejših in aktualnih vsebin s področja. Hkrati je treba skrbeti za poglobljanje njihovega temeljnega teoretičnega razumevanja, ki jih vodi in usmerja pri novostih na hitro spreminjajočem se področju.

Nadalje je na področju čipov in polprevodniških tehnologij praktično delo v okviru laboratorijskih vaj in drugih usposabljanj na sodobni opremi ključno (posodobitev opreme v študijskih laboratorijih). V okviru doktorskega študija je

pomembna možnost opravljanja raziskave na najsodobnejši raziskovalni opremi doma in v tujini.

Predlogi rešitev:

- Posodobitev obstoječih učnih načrtov z najsodobnejšimi vsebinami s področja načrtovanja, prototipiranja in testiranja čipov in gradnikov.
- Preveriti potrebe za ustanovitev novih študijskih programov s poudarkom na najsodobnejših tehnologijah s področja, ki/če niso pokrite v okviru obstoječih programov.
- Vključitev in uporaba najsodobnejših programskih orodij za načrtovanje integriranih vezij.
- Pomembno okrepiti infrastrukturne zmogljivosti (opremljenost) na univerzah za izvajanje kakovostnega pedagoškega in raziskovalnega dela na področju polprevodniških tehnologij.
- Zagotoviti sredstva za kontinuirano nabavo licenc, surovin, materialov, zaščitne opreme, energentov itd. za delo na področju polprevodniških tehnologij.
- Zagotoviti sredstva in omogočiti študentom, da v tehnoloških centrih načrtane čipe tudi izdelajo in nato na fakulteti preverijo njihovo pravilnost delovanja (testiranje).
- Ker postopek načrtovanja, izdelave in testiranja čipov po navadi traja več mesecev, je treba ta proces obravnavati v okviru več med seboj povezanih strokovnih predmetov (vertikalna vsebinska povezava med posameznimi predmeti).
- Zagotoviti finančna sredstva za programsko opremo za načrtovanje, financiranje izdelave in opremo za testiranje vezij v sklopu izobraževanja.
- Spodbujati študente k udeležbi na študijskih izmenjavah na tujih univerzah v času študija (program Erasmus+) (in tuje študente na naših), kjer je poudarek na razvoju čipov in polprevodniških tehnologij, hkrati pa zagotoviti tudi zanimive karijerne možnosti na tem področju v Sloveniji po njihovi vrnitvi (preprečevanje bega možganov).
- Spodbujati asistente, učitelje in raziskovalce za gostovanje v tujih institucijah s področja razvoja čipov in polprevodniških tehnologij, nadgrajevanje znanja, sklepanje novih sodelovanj in prenos znanja v Slovenijo.
- Aktivno spremljati aktivnosti mreže izobraževanja EU STEM (znanost, tehnologija, inženirstvo, matematika) in spodbujati nove načine sodelovanja izobraževalnih ustanov in podjetij za izmenjavo najboljših praks.
- Ponovno oživiti program usposabljanja mladih raziskovalcev iz gospodarstva (že s šol. letom 2024/25) in pridobiti podjetja in doktorske študente, ki se zanimajo za to obliko sodelovanja.
- Vključevati izbrana vabljen predavanja priznanih profesorjev in strokovnjakov iz tujine s področja čipov in polprevodniških tehnologij.
- Pridobiti sredstva za posodobitev in nadgradnjo laboratorijske opreme za študente.

- Podpirati in spodbujati študente k udeležbi pri obštudijskih dejavnostih in na domačih in mednarodnih delavnicah na temo čipov in polprevodniških tehnologij, kot jih na primer organizirajo industrijska združenja AENEAS, EPoSS, INSIDE, SEMI in The European Chips Skills Academy (ECSA).
- Koriščenje izobraževalnih vsebin, ki so bile oziroma še bodo razvite v projektih, kot so [Metis4Skills](#), [ECovEM](#), [The European Chips Skills Academy](#), [Edu4Chip](#), [Girls Go Circular](#) idr.

Usmeritev 2: **Izboljšave, vezane na srednješolsko in osnovnošolsko izobraževanje**
Vključitev vsebin s področja elektrotehniške fizike, elektrotehnike, elektronike in čipov v vse formalne oblike izobraževanje od osnovne šole dalje (tako z namenom promocije – gl. usmeritve 2.2.1 Talenti – kot z namenom usvajanja prvih znanj s področja). Posebna pozornost je potrebna pri vključitvi dela teh vsebin v učne vsebine pri splošnih gimnazijah.

Predlogi rešitev:

- Vključitev vsebin s področja elektrotehniške fizike, elektronike in osnovnih vsebin tehnologij čipov v predmet fizike v programu splošne gimnazije.
- Vključitev vsebin s področja osnov tehnologije čipov (mikroprocesorji, pomnilniki, periferija), osnov obdelave in shranjevanja podatkov, umetne inteligence, strojnega učenja s poudarkom na izvedbi v integriranih vezjih v predmet računalništvo in informatika v programu splošne gimnazije.
- Organiziranje delavnic, izobraževanj, tečajev za srednješolce (dijake gimnazij in strokovnih šol).
- Pomembno preoblikovanje vsebin fizike na vseh ravneh poučevanja z jasno in pomembno umestitvijo vsebin, ki se nanašajo na električne pojave in polprevodnike.
- Vključitev tematike osnov elektronike z uporabo čipov v predmet tehnike v osnovnih šolah. Da med učenci vzbudimo zanimanje, bi moral biti poudarek na aplikacijah, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju.
- Organizacija poletnih šol in tehniških dnevov za učence na fakultetah ali drugih institucijah (na primer Dnevi elektrotehnike).
- Vključitev zainteresiranih upokojenih profesorjev in strokovnjakov za posredovanje bogatih izkušenj, znanja in motivacijskih zgodb na mlade talente.
- Koriščenje izobraževalnih vsebin, ki so bile oziroma še bodo razvite v projektih, kot so [Metis4Skills](#), [ECovEM](#), [The European Chips Skills Academy](#), [Edu4Chip](#), [Girls Go Circular](#) idr.

Usmeritev 3: **Izvajanje vseživljenjskega izobraževanja**
Nadgradnja znanj, kompetenc in spretnosti, prenašanja zadnjih dosežkov v gospodarstvo z različnimi formalnimi in neformalnimi oblikami izobraževanja. Izobraževanje mora vsebovati tudi praktično delo. Pridobljena znanja bodo

pripomogla k dvigu dodane vrednosti izdelkov. Ne smejo se prezreti potencial, zanimanje in znanje vseh generacij.

Predlogi rešitev:

- Organizacija in izvedba posebnih izobraževanj in tečajev (eno- ali večdnevni, izdaja mikrodokazil), na katerih bi zaposlene seznanili z zadnjimi dosežki na področju čipov in polprevodniških tehnologij.

Usmeritev 4: **Organizacija strokovnih konferenc, delavnic in seminarjev**

Konference, delavnice in seminarji predstavljajo enega od inštrumentov za seznanjanje z novostmi, aktivnostmi in mreženje vseh zainteresiranih za področje.

Ob vsakoletnih znanstvenih in strokovnih konferencah, ki v svojih sekcijah vključujejo tudi teme s področja čipov (na primer konferenci MIDEM in ERK), je bila v letu 2023 tudi prva konferenca SLO-Chip prav na tematiko čipov in polprevodniških tehnologij.

Poleg kontinuitete teh pomembnih dogodkov se je treba usmerjati na nadgradnje vsebin, pridobitev uglednih strokovnjakov in organizacijo novih delavnic in seminarjev.

Konference, seminarji in delavnice odigrajo tudi ključno vlogo pri promociji področja v širši javnosti.

Predlogi rešitev:

- Privabiti nove ugledne znanstvenike in strokovnjake iz Slovenije in tujine, ki bodo na konferencah predstavili zadnje dosežke pri svojem delu (tudi s povezavami Chips JU).
- Konference promovirati med širšo strokovno javnostjo in jih z zanimivim programom nagovoriti k udeležbi.

Usmeritev 5: **Izvedba specializacij in krajših izobraževanj ter usposabljanj za zaposlene v podjetjih**

Za tematike, ki so prezahtevne za eno- ali večdnevna izobraževanja, je smiselno, da se s strani pristojnih raziskovalno-izobraževalnih institucij izvedejo večtedenska ali večmesečna specializirana izobraževanja s poudarkom na praktičnih vsebinah. Predvidi se izdaja mikrodokazil.

Predlogi rešitev:

- Organizacija in izvedba večtedenskih izobraževanj s poudarkom na teoretičnem in praktičnem delu s sodobno opremo (na primer za načrtovanje čipov, testiranje čipov, napredne tehnologije čipov in drugo glede na potrebe).

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Vključiti vsebine s področja elektronike in čipov v obstoječe predmete v osnovnih šolah in splošnih gimnazijah in na ta način spodbuditi zanimanje in širiti znanja med mladimi za to področje.
- Posodobiti programsko in strojno opremo v visokošolskem izobraževanju. Predvsem pri sami opremljenosti laboratorijev obstajajo razlike v primerjavi z razvitejšimi evropskimi državami.
- Študentom prenašati kolaž znanj, ki vsebuje (a) dobre osnove za nadaljnje razumevanje (predvsem v začetnih letnikih študija), (b) najnovejša znanja na področju (2. in 3. stopnja) in (c) izpostaviti znanja, ki so koristna za podjetja.
- Omogočiti študentom izdelavo čipov v tehnoloških centrih in nato preizkušanje delovanja izdelanih vezij.
- V okviru izobraževanj, tečajev in sodelovanj prenašati zadnje dosežke zaposlenim v gospodarstvu; ponovna oživitev programa doktorskega usposabljanja mladih raziskovalcev iz gospodarstva.
- Učinke predlaganih izboljšav v izobraževanju uspešno prenesti v dvig dodane vrednosti izdelkov slovenske industrije čipov in polprevodniških tehnologij.
- Osvetliti pomen pridobivanja najvišje stopnje izobrazbe in usposobljenosti (doktorat znanosti) za prebojnejši razvoj področja v Sloveniji.

2.2.3 Delovna mesta

Usposobljenim kadrom je treba zagotoviti in ponuditi kreativna delovna mesta, da ostanejo v Sloveniji, izkoristijo svoja znanja, razvijajo nove kompetence in spretnosti ter prispevajo k razvoju področja in gospodarstva na državni ravni.

Obstoječe stanje in izzivi

Razvoj čipov in polprevodniških tehnologij ima pomemben vpliv na delovna mesta tudi v Sloveniji. V svetovnem merilu polprevodniška industrija neposredno zaposluje veliko število delavcev na visoko plačanih delovnih mestih, povezanih z raziskavami in razvojem in proizvodnjo. Poleg tega podpira še večje število dodatnih delovnih mest. Navajamo primer za ZDA, kjer naj bi 50 milijard dolarjev vlaganj v domačo proizvodnjo polprevodnikov ustvarilo povprečno 185.000 začasnih delovnih mest letno. Podobne pozitivne učinke vlaganja v polprevodniško industrijo si obetamo tudi v EU in Sloveniji.

Vendar pa je treba opozoriti, da razvoj polprevodniške industrije prinaša tudi izzive. Eden od trenutnih je pomanjkanje kvalificiranih delavcev, potrebnih za razvoj te industrije. To je pomemben izziv, ki ga je treba rešiti, da bi lahko v celoti izkoristili gospodarske koristi razvoja polprevodniške industrije (potrebna je podrobnejša raziskava glede sedanjih in pričakovanih potreb po spretnostih ter dejanski dostop do kvalificirane delovne sile v sektorju polprevodnikov v Sloveniji).

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Zagotoviti ustrezna in kakovostna delovna mesta visoko izobraženim kadrom s področja v industriji**

Predlogi rešitev:

- Na delovnih mestih izpostaviti prave in dovolj velike strokovne izzive in njihov pomen.
- Ustrezno nagrajevanje, ki spodbuja inovacije.

Usmeritev 2: **Nova zagonska in odcepna podjetja na področju čipov in polprevodniških tehnologij z novimi delovnimi mesti**

Predlogi rešitev:

- Vzpostaviti stimulatívno okolje in podpore s strani države za nova zagonska podjetja na področju čipov in polprevodniških tehnologij.

Usmeritev 3: **Izboljšati pogoje v javnih raziskovalno-izobraževalnih organizacijah**

Predlogi rešitev:

- Mladim raziskovalcem omogočiti spodbudno nagrajevanje in osvetliti pomen doktorskega študija za razvoj področja.
- Vrhunskim strokovnjakom na področju v javnih institucijah omogočiti ustrezno nagrajevanje.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Vzpostaviti kreativne pogoje v podjetjih za pridobitev visoko usposobljenega kadra (tudi doktorjev znanosti).
- V raziskovalno-izobraževalnih organizacijah izboljšati pogoje glede nagrajevanja mladih raziskovalcev in vrhunskih raziskovalcev.
- Osvetliti pomen in izkoristiti ves potencial, ki ga imajo mladi z najvišjo stopnjo izobrazbe na področju (doktorji znanosti). Za to moramo v podjetjih zagotoviti ustrezna delovna mesta.

STEBER II

V drugem stebru akcijskih usmeritev izpostavljamo velik pomen **infrastrukture**, ki je potrebna za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij. Opredelimo splošne usmeritve glede aktivnosti v okviru **raziskav in razvoja** ter pomen **zaščite intelektualne lastnine in tehnološkega prenosa**. S tehničnega vidika se aktivnostim in opremi podrobneje posvetimo v sklopu področnih usmeritev, ki so navedene v poglavjih za akcijskimi.

2.2.4 Raziskovalna in razvojna infrastruktura

Raziskovalna in razvojna infrastruktura zajema naslednjo opremo za razvoj čipov in polprevodnikov:

- tehnološka oprema za raziskave, prototipiranje in manjšo serijsko proizvodnjo,
- oprema za karakterizacijo in preizkušanje čipov in gradnikov,
- oprema za prototipno in maloserijsko pakiranje in za razvoj metod za pakiranje,
- programska oprema za načrtovanje, simulacije in programiranje čipov.

Poleg razvoja (i) elektronskih čipov naj oprema omogoča tudi raziskave in razvoj novih generacij čipov, kjer izpostavljamo dve tehnologiji, na katerih že potekajo raziskave v Sloveniji: (ii) fotoniki čipi in gradniki ter (iii) kvantni čipi in gradniki.

V nadaljevanju podajamo ključne splošne usmeritve, rešitve in poglobitve cilje v zvezi z infrastrukturo, podrobnejše tehnične rešitve v zvezi z zahtevano opremo pa so posebej navedene v okviru področnih usmeritev.

Obstoječe stanje in izzivi

Tehnološka oprema predstavlja ozko grlo in izziv za razvoj čipov in polprevodnikov v Sloveniji. Večje naložbe v opremo bi spodbudile ponoven razcvet panoge in zagotovile konkurenčnost pri nižnjih rešitvah v evropskem in svetovnem merilu.

Obstoječe raziskovalne in proizvodne zmogljivosti za produkcijo čipov v Sloveniji so v veliki meri zastarane, omejene in pomanjkljive. Potrebne so investicije v nadgradnje opreme in posodobitve tehnologije. Za področje raziskav na tehnologijah nove generacije (npr. kvantni gradniki) je pri opremi pomembna predvsem možnost izdelave in karakterizacije čipov v inertni atmosferi (brez kisika in vlage), za kar so potrebni posebno prilagojeni sistemi. Za prototipiranje fotoniki čipov so potrebne nekatere nadgradnje sistemov za izdelavo elektronskih čipov. Tudi izdelava fotoniki gradnikov na osnovi vlaken potrebuje specializirano opremo. Izzivi glede opremljenosti se prepletajo s trenutnim pomanjkanjem kakovostnega in motiviranega kadra za obvladovanje takih naprednih proizvodnih procesov.

Poleg začetne investicije v opremo je treba zagotoviti tudi stalne finančne vire za delovanje, vzdrževanje in obnavljanje opreme. Zagotoviti je treba trajno financiranje usposobljenih ekip (proizvodnih inženirjev, fabrikatorjev, tehnikov) za delo s tehnološko zahtevno opremo.

Na področju opreme za načrtovanje čipov v Sloveniji nimamo sistematično urejenih dostopov do licenc programske opreme za načrtovanje čipov za izobraževalne institucije in dograjevanja licenc za komercializacijo in za prvo industrializacijo, srečujemo se tudi s pomanjkanjem kadrov na področju načrtovanja čipov.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Posodobitev obstoječe infrastrukture**

Za doseganje standardov naprednih polprevodniških tehnologij je potrebna posodobitev obstoječe infrastrukture za izdelavo čipov iz sedanje submikrometerske tehnologije (Bi)CMOS v smeri proti 180-nm tehnologiji. Ključna je tudi posodobitev tehnološke opreme za preizkušanje in

karakterizacijo čipov. To bi omogočilo konkurenčno prednost pri zagotavljanju prototipnih storitev za nišne aplikacije.

Predlogi rešitev:

- Večji ciljni državni razpisi za opremo prav na področju razvoja čipov in polprevodniških tehnologij.
- Nadgradnja določenih sklopov opreme za širšo uporabnost pri sorodnih polprevodniških tehnologijah (npr. sončne celice, fotonika).
- Vzpostavitev sistema financiranja za kritje stroškov dela usposobljenih ekip za delo na opremi in materialnih stroškov ter za amortizacijo opreme.

Usmeritev 2: **Vzpostavitev infrastrukture za razvoj naprednih polprevodniških in kvantnih tehnologij**

Polprevodniške tehnologije za čipe novih generacij: (i) fotoniki čipi in gradniki ter (ii) kvantni čipi in gradniki. Potreben je razvoj na področju raziskav od novih materialov, gradnikov in čipov, kar zahteva zelo kakovostno opremo za karakterizacijo in izdelavo čipov ter napredne merilne sisteme.

Predlogi rešitev:

- V okviru večjih namenskih razpisov za opremo za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij en del sredstev ciljno namenjen za opremo za razvoj fotoniki in kvantnih čipov ter njihovih gradnikov.
- Posodobitev opreme za izdelavo prototipnih vezij fotoniki ali kvantnih tehnologij (namenski elektronski pisalnik, globoko plazemsko jedkanje, komore z inertno atmosfero).
- Pridobitev in posodobitev opreme za napredne optične in električne meritve in snovno karakterizacijo vezij na fotoniki in kvantnih čipih.

Usmeritev 3: **Zagotavljanje prototipnih in omejenih proizvodnih storitev, osredotočenih na stranke**

Uporaba opreme tudi za razvoj in zagotavljanje prototipnih storitev, prilagojenih specifičnim zahtevam strank, lahko predstavlja dodatni vir prihodkov za raziskovalne institucije in hkrati spodbuja napredek področja polprevodniških tehnologij in tehnologij nove generacije v Sloveniji v smeri nišnih aplikacij z visoko dodano vrednostjo. Pri tem je treba strankam zagotoviti celovito tehnično pomoč v celotnem procesu prototipiranja, vključno s posvetovanjem in načrtovanjem, izdelavo produktov in opredelitvijo zmogljivosti.

Predlogi rešitev:

- Temeljita analiza trga in potreb potencialnih strank iz domačega okolja in tujine na področju prototipnih storitev in nišnih aplikacij.
- Ciljno usmerjena tržna kampanja za povečanje ozaveščenosti o zmogljivostih Slovenije na področju nanofabrikacije in prototipiranja čipov z namenom privabljanja domačih in tujih industrijskih partnerjev.
- Zagotoviti konkurenčne modele cen in prilagodljive sporazume o storitvah.

Usmeritev 4: **Učinkovit dostop do opreme in njena izkoriščenost**

Nujna je optimizacija uporabe obstoječe in nove opreme, in sicer z vzpostavitvijo sistema vzajemnega dostopa. To omogoča krepitev sodelovanja med akademskimi institucijami, raziskovalnimi organizacijami in industrijskimi partnerji, kar vodi do izmenjave znanj in spodbuja inovacije. Takšno sodelovanje omogoča tudi boljšo vključenost določenih raziskovalnih vsebin v študijski proces in predstavlja priložnost za pridobitev motiviranega kadra (npr. študenti fizike, elektrotehnike, strojništva, kemije idr.).

Predlogi rešitev:

- Popisati obstoječe zmogljivosti raziskovalnih centrov v Sloveniji v smislu opreme, strokovnega znanja in infrastrukture za nanofabrikacijo.
- Vzpostaviti enoviti sistem med organizacijami, ki omogoča preprost vpogled v zmogljivosti in preprosto komunikacijo in sodelovanje med udeleženci.
- Vzpostavitev skupnih raziskovalnih projektov med akademskimi, raziskovalnimi in industrijskimi organizacijami.
- Spodbujati zanimanje med študenti z izvajanjem organiziranih ogledov laboratorijev in omogočanjem opravljanja seminarskih nalog na dotični opremi.

Usmeritev 5: **Zagotavljanje licenc programske opreme za načrtovanje**

Zagotoviti je treba dostop do najsodobnejše programske opreme za načrtovanje, simulacije in programiranje čipov. To vključuje zagotavljanje licenc javnim raziskovalnim in izobraževalnim organizacijam ter njihovo nadgradnjo za potrebe komercializacije in prve industrializacije ob hkratni povezavi z načrtovalsko platformo EU.

Predlogi rešitev:

- V okviru namenskih razpisov za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij en del sredstev ciljno nameniti za nakup licenčne programske opreme za načrtovanje.
- Spodbujati raziskave na področju načrtovanja, simulacij in optimizacij čipov ter gradnikov v študijskem procesu s seminarskimi, diplomskimi in magistrskimi nalogami.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Posodobiti in pridobiti raziskovalno-razvojno infrastrukturo za (a) izdelavo, (b) testiranje in (c) pakiranje čipov. Poleg elektronskih čipov se investicije nanašajo tudi na opremo tehnologij nove generacije (gl. podrobne tehnične usmeritve v sklopu področnih usmeritev programa).

- Pridobiti najsodobnejšo merilno opremo za potrebe raziskav na kvantnih in fotonih čipih (tj. prvi dilucijski hladilnik v Sloveniji, gl. tudi podrobne tehnične usmeritve v sklopu področnih usmeritev programa).
- Pridobiti in vzdrževati kritično maso raziskovalcev, tehnikov, študentov in podpornega osebja za učinkovito izvajanje raziskav in storitev z opremo.
- Vzpostavitev večjih projektov z industrijskimi partnerji, domačimi ali tujimi, za izkoriščenost tehnološke opreme za prototipiranje in možne manjše serijske proizvodnje.

2.2.5 Raziskave, razvoj in inovacije

Visokotehnološka opremljenost in usposobljeni kadri omogočajo izvajanje raziskav, razvoj in vodijo do inovacij. Pri tem je ključna usmeritev v nišne čipe in sorodne nišne napredne polprevodniške sisteme, kjer Slovenija kot majhna država lahko zavzame vodilno mesto. Vzpostaviti je treba še tesnejše sodelovanje med izobraževalno-raziskovalnimi organizacijami in podjetji. Spodbuditi je treba ustanavljanje in inkubacijo visokotehnoloških odcepljenih in zagonskih podjetij, ki bodo omogočala komercializacijo prebojnih raziskovalnih in inovacijskih dosežkov s področja polprevodniških tehnologij. Pozornost je treba nameniti tudi intelektualni zaščiti novih rešitev in inovacij.

Tehnične usmeritve razvoja čipov in polprevodniških tehnologij so izpostavljene v okviru poglavij področnih, aplikacijskih in tehnoloških usmeritev. V nadaljevanju navajamo splošne akcijske usmeritve glede raziskav, razvoja in inovacij na tem področju.

Obstoječe stanje in izzivi

Odsotnost napredne tehnološke infrastrukture in pomanjkanje systemske finančne podpore ni omogočila pogojev, v katerih bi lahko v Sloveniji izvajali zadosten obseg raziskovalno-razvojnih aktivnosti, ki bi vodile v prebojne inovacije na področju naprednih polprevodniških tehnologij. Kljub temu je posameznim podjetjem in institucijam uspelo razviti rešitve na nišnih področjih, ki so lahko odskočna deska oziroma dobra osnova za nadaljnji razvoj in vključitve v globalne trende zlasti na nišnih področjih.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Prepoznavanje in podpora odličnosti ter podpora perspektivnim področjem**

Podpora perspektivnim in že odličnim skupinam ter organizacijam na aktualnih področjih razvoja čipov in polprevodniških tehnologij zagotavlja doseganje ključnih novih znanj, prebojnih inovacij in tržnega potenciala.

Predlogi rešitev:

- Identificirajo se področja, na katerih obstajajo predhodne izkušnje/dosežki in možni sinergijski učinki. Področja se podprejo z ustreznim razvojem infrastrukture in systemsko finančno podporo, ki omogoča izvajanje razvojno-raziskovalnih aktivnosti.

- Posebej se zagotovi podpora za razvoj interdisciplinarnih področij, ki združujejo polprevodniške tehnologije z drugimi ključnimi in hitro se razvijajočimi področji, kot so npr. senzorika, fotonika, biomedicina, pretvarjanje energije, mikrofluidika, elektromobilnost, vesoljske tehnologije in drugo (gl. aplikacijske usmeritve programa).
- Vzpostavijo se temeljni raziskovalni projekti, ki omogočajo začetne raziskave in testiranje idej s ciljem identifikacije in tvorbe novih polprevodniških konceptov, čipov, izdelkov in tehnologij. Primarni cilji teh projektov niso znanstveni članki, temveč eksperimentalno potrjena konceptualna zasnova novih, uporabnih in tržno zanimivih polprevodniških naprav, sistemov ali tehnologij, ki jih je mogoče ščititi s patenti.

Usmeritev 2: **Vzpostavitev ekosistema za razvoj inovacijskih in razvojnih aktivnosti na področju naprednih polprevodniških tehnologij**

Predlogi rešitev:

- Vzpostavijo se mehanizmi, ki spodbujajo oziroma omogočijo izvajanje ciljnih razvojno-raziskovalnih projektov na področju čipov in polprevodniških tehnologij. Merila za izbor projektov so visok inovacijski in/ali tržni potencial. Cilji teh projektov so razvoj novih produktov in tehnologij ali ustanovitve zagonskih ali odcepljenih podjetij s področja polprevodniških tehnologij. Spodbujajo se partnerstva med akademskim okoljem in gospodarstvom, predvsem z ustanavljanjem skupnih odcepljenih podjetij.
- Zagotovi se faznost izvajanja projektov, ki omogoča postopno napredovanje tehnologije od ideje do izdelka.
- V okviru dovoljenih možnosti se zagonskim in odcepljenim podjetjem pod najboljšimi možnimi pogoji omogoči stroškovno učinkovit dostop do potrebne infrastrukture in drugih nujnih servisov, uvedejo se ukrepi, ki omogočajo preprosto prehajanje ljudi med odcepljenimi podjetji in akademskimi institucijami tako, da se omogoči najučinkovitejša izraba človeških virov.
- S tehnološkega vidika se poleg razvoja elektronskih čipov pozornost nameni raziskavam novim naprednim polprevodniških tehnologij, kot so integrirana fotonika in kvantne tehnologije z visokim inovacijskim potencialom.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Podrobnejša identifikacija perspektivnih tehnoloških področij in razvojnih idej z visokimi možnostmi za inovacije in komercialni uspeh v skladu s področnimi in tehnološkimi usmeritvami programa.
- Sistemska projektna podpora identificiranim področjem oziroma idejam.
- Doseganje poglobljenega sodelovanja med akademskim okoljem in gospodarstvom in ustanavljanje visokotehnoloških odcepljenih podjetij.

2.2.6 Varstvo intelektualne lastnine in tehnološki prenos

Inovacije in njihov prenos v gospodarstvo predstavljajo enega od pomembnih ciljev tudi na področju čipov in polprevodniških tehnologij. Pri tem igra ključno vlogo dober sistem varstva intelektualne lastnine (IL), ki poleg sistemske zaščite hkrati tudi spodbuja ustvarjalnost, inovacije in njihov prenos. Slovenija ima na tem področju že izdelano [Nacionalno strategijo intelektualne lastnine do leta 2030](#) (v nadaljevanju: strategija IL). Poleg upoštevanja usmeritev in izvajanja ukrepov omenjene krovne strategije IL, ki obravnava tudi področje čipov in polprevodnikov, v nadaljevanju zaradi pomena varstva IL na danem področju izpostavljamonekatere poudarke. Na začetku je treba omeniti, da je bila prva patentna prijava v Republiki Sloveniji povezana prav s področjem čipov (izum vezja za napetostno zaščito napajanja integriranega vezja CMOS, 1992).

Obstoječe stanje in izzivi

Večina javnih raziskovalnih organizacij (JRO), kamor sodijo univerze in javni raziskovalni inštituti, ima urejen sistem upravljanja izumom in prenosa znanja v skladu s predpisi. Na JRO-jih delujejo pisarne za prenos znanja (KTO) oziroma pisarne za prenos tehnologij (TTO), ki skrbijo za prevzem službenih izumov in njihovo patentno zaščito ali zaščito kot skrito znanje. Te službe skrbijo tudi za trženje in komercializacijo izumov in drugega tehničnega znanja. Zaradi izmenjave znanja in izkušenj med večjimi in dlje časa delujočimi KTO-ji in TTO-ji ter manjšimi in manj izkušenimi, MVZI spodbuja sodelovanje med njimi s financiranjem dveh konzorcijev. En konzorcij pod vodstvom Univerze v Ljubljani združuje KTO-je z javnih univerz, medtem ko drugi konzorcij pod vodstvom Instituta »Jožef Stefan« združuje KTO-je in TTO-je z javnih raziskovalnih inštitutov.

Upravljanje intelektualne lastnine, predvsem njenega varstva, je dobro urejeno (strategija IL), več težav pa je pri trženju in prenosu znanja v gospodarstvo. Pri trženju sta predvsem dve težavi:

- Izumi z JRO-jev so na nizkih TRL-jih in zaradi tega manj zanimivi za podjetja.
- Visokotehnoški izumi so prezahtevni za prenos v majhna in srednja podjetja.

Pri prenosu znanja na področju čipov predstavlja poseben izziv prenos vezij ASIC, ki bi nastala v okviru izobraževalnega ali raziskovalnega procesa v gospodarstvu za komercialno uporabo. Ovira so licence za načrtovanje vezij, ki so za načrtovanje čipov za komercialno uporabo bistveno dražje od licenc za izobraževalne in raziskovalne namene.

USMERITVE IN REŠITVE

Varstvo intelektualne lastnine

Varstvo intelektualne lastnine je na visokotehnoškem področju, kot so čipi in polprevodniške tehnologije, zelo pomembno. Tega se je treba zavedati v vseh fazah razvoja, najprej pa pri snovanju in načrtovanju čipov.

Glavne vrste varstva intelektualne lastnine na področju

Varstvo IL je ključna za ohranjanje konkurenčnosti in zagotavljanje, da inovacije prinašajo ekonomski učinek. V polprevodniški industriji in proizvodnji čipov so tri glavne vrste zaščite IL:

- Patenti: Zagotavljajo pravno zaščito novim izumom ali izboljšavam in dajejo imetniku ekskluzivne pravice za proizvodnjo, uporabo ali prodajo izuma za določeno obdobje, po navadi 20 let. Patenti so še posebej pomembni za zaščito novih procesorskih tehnologij ali edinstvenih metod izdelave čipov.

- Topologija polprevodniških vezij (čipov): Ta specifična pravica zaščiti tridimenzionalno strukturo polprevodniških oziroma integriranih vezij, ki je ključna za njihovo funkcionalnost. Zaščita topologije vezij je ključna zaradi visokih stroškov in tehnične zahtevnosti, povezane z razvojem čipov.
- Poslovne skrivnosti: Omogočajo zaščito procesov, formul ali drugih informacij, ki niso javno znane in pri katerih razkritje teh informacij lahko pomeni komercialno škodo. V polprevodniški industriji so poslovne skrivnosti pogosto uporabljene za zaščito proizvodnih tehnik ali specifičnih tehnoloških rešitev, ki niso primerne za patentiranje.

Usmeritev 1: **Krepitev zmogljivosti za zaščito IL**

Izboljšanje zmožnosti JRO za učinkovito zaščito IL, s čimer se zagotavlja, da so inovacije pravilno zavarovane pred komercializacijo.

Predlogi rešitev:

- Zagotavljanje dodatnih sredstev za zaščito IL v okviru vseh sistemskih financiranj raziskav in razvoja.
- Izobraževanje TTO-jev z organizacijo ciljanih izobraževalnih seminarjev, ki bodo osredotočeni na najnovejše trende in prakse v zaščiti IL na področju polprevodnikov in čipov.
- Izvajanje delavnic za raziskovalce in načrtovalce čipov o pomenu in možnostih zaščite IL.

Usmeritev 2: **Podpora TTO pri upravljanju IL**

TTO-ji na JRO-jih imajo pomembno vlogo pri zagotavljanju podpore raziskovalcem in akademskemu osebju pri zaščiti in upravljanju njihove IL.

Predlogi rešitev:

- Nudjenje pomoči s strani TTO-jev pri pripravi dogovorov o nerazkritju informacij (NDA), ki so ključni pri varovanju poslovnih skrivnosti in drugih občutljivih informacij v fazi pogajanj ali sodelovanja med sodelujočimi partnerji.
- Vključitev TTO-jev pri urejanju IL v pogodbah o skupnih projektih, kar zagotavlja, da so pravice in obveznosti jasno opredeljene, še preden se začne sodelovanje med različnimi partnerji – predvsem med javnimi organizacijami in podjetji.
- Aktivna pomoč TTO-jev pri trženju in komercializaciji IL, pri iskanju komercialnih partnerjev za licenciranje ali prodajo IL, kar vključuje tudi tržne analize, vrednotenje tehnologij in pogajanja o licenčnih pogodbah.

Tehnološki prenos

Usmeritev 1: **Ustvarjanje učinkovitih mehanizmov za prenos tehnologije**

Za uspešen tehnološki prenos je zelo pomembna vzpostavitev strukturiranih procesov, ki omogočajo gladko pretakanje inovacij iz akademskega okolja v industrijo.

Predlogi rešitev:

- Urediti postopek prenosa načrtanih vezij ASIC z uporabo akademskih licenc iz raziskovalnih organizacij v podjetja z doplačilom komercialnih licenc ob sočasnem licenciranju ali prodaji intelektualne lastnine podjetjem.
- Uvedba namenskih skladov oziroma povečanje obstoječih skladov za komercializacijo raziskav, ki bi financirali prototipiranje in validacijo tehnologij na trgu.

Usmeritev 2: **Okrepitev sodelovanja med raziskovalnimi organizacijami in industrijo za izboljšanje tehnološkega prenosa**

Predlogi rešitev:

- Sklenitev strateških partnerstev in sporazumov med raziskovalnimi organizacijami in vodilnimi industrijskimi akterji za skupne raziskovalne in razvojne projekte.
- Skupno sodelovanje podjetij in udeležencev iz akademskega okolja na državnih in evropskih razpisih raziskovalnih in razvojnih projektov.
- Ureditev lastništva skupne intelektualne lastnine, nastale v okviru sodelovanja raziskovalnih organizacij in podjetij.
- Ureditev komercialne uporabe skupne intelektualne lastnine v podjetjih v skladu z veljavnimi predpisi.
- Organizacija rednih forumov in delavnic, ki spodbujajo izmenjavo znanja in iskanje novih priložnosti za sodelovanje.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Ob upoštevanju strategije IL zagotoviti sistemsko in učinkovito varstvo ter upravljanje IL. Cilj je zagotoviti, da so vse inovacije ustrezno zaščitene in da se IL upravlja na način, ki spodbuja inovativnost in komercialni uspeh.
- Povečati (vsaj podvojiti) število uspešno patentiranih izumov s področja polprevodniških tehnologij in čipov.
- Izboljšanje komercializacije IL: Doseči znatno povečanje števila licenciranj ali prodaj IL, ki izvirajo iz JRO.
- V slovenskih podjetjih vsaj podvojiti število uspešno komercializiranih tehnoloških inovacij ali novih vezij ASIC, ki izvirajo iz slovenskih raziskovalnih institucij.
- Vsaj pet novih tehnoloških produktov, ki so plod domačih raziskav in razvoja, uvesti na trg.

STEBER III

V tretjem stebru akcijskih usmeritev izpostavljamo pomen in podajamo usmeritve za **partnerstva, povezovanja, sodelovanja in promocijo** za krepitev razvoja področja.

2.2.7 Partnerstva in povezovanje za krepitev celotne vertikale

Usmeritve v tem podpoglavju se nanašajo na partnerstva in povezovanje znotraj vertikale čipov in polprevodnikov kot enega od segmentov vrednostne verige polprevodnikov in ekosistema elektronske industrije. V naslednjem podpoglavju pa se osredotočimo na zunanja povezovanja tega segmenta v celotni ekosistem elektronske industrije.

Obstoječe stanje in izzivi

Na področju čipov, mikroelektronike in polprevodniških tehnologij imamo tri ločene sisteme, med katerimi moramo vzpostaviti boljše povezave:

- izobraževanje,
- raziskave in
- gospodarstvo.

Za izobraževanja na najvišji stopnji (visokošolsko) univerze v večini primerov samostojno pripravljajo in izvajajo visokošolske programe, pri čemer je zaznan primanjkljaj medsebojnega sodelovanja z drugimi izobraževalnimi ustanovami, predvsem pa s podjetji. Tak način izobraževanja je osiromašen glede vsebin, ki jih imajo v drugih institucijah in podjetjih, hkrati pa je pomanjkljiv tudi s stališča praktičnega usposabljanja, saj je oprema v posameznih institucijah pomanjkljiva.

Raziskovalno sodelovanje je razvito bolje, še vedno pa je v veliki meri omejeno na s strani države financirane raziskovalne projekte in programe, v okviru katerih sodelujejo raziskovalne organizacije. Zaradi narave raziskovalnih projektov je sodelovanja s podjetji premalo, v okviru evropskih ali drugih mednarodnih projektov pa tudi sodelovanje med raziskovalnimi organizacijami ni zadostno.

Podjetja iz gospodarstva so na komercialnem trgu večinoma prepuščena sama sebi. Ker gre pretežno za manjša podjetja, sama nimajo dovolj finančnih virov za financiranje raziskovalnega sodelovanja z akademsko raziskovalno sfero, država in EU pa tega ne spodbujata dovolj z ustrezno finančno podporo. Vključevanje podjetij v evropske raziskovalne projekte je sicer mogoče, vendar je težje, saj kot majhna podjetja niso dovolj privlačni partnerji za mednarodne projektne konzorcije, dodatno pa bi podjetja potrebovala podporo pri prijavi na evropske projekte.

Za uspešen razvoj strateškega področja čipov in polprevodniških tehnologij bo ključno medsebojno povezovanje izobraževanja kadrov, raziskav in gospodarstva.

Raziskovalne organizacije morajo ohraniti raziskovalne projekte za razvoj novih znanj in tehnologij, ki bodo ključne v prihodnosti, dodatno pa bi morale imeti možnost sodelovanja s podjetji v skupnih raziskovalno-razvojnih projektih pri razvoju produktov in tehnologij, ki so bližje trgu (višji TRL) in jih podjetja potrebujejo v bližnji prihodnosti za uspešno delovanje na trgu. S takšnimi projekti bo lažji tudi prenos novih tehnologij iz raziskovalnih institucij v prakso – v gospodarstvo.

Izzivi

V Sloveniji so na področju čipov in polprevodniških tehnologij področja izobraževanja, raziskav in gospodarstva trenutno premalo povezana. Univerze, raziskovalni inštituti in podjetja delujejo pretežno neodvisno drug od drugega, kar vodi do neizkoriščenih sinergij in oteženega prenosa znanj in tehnologij v podjetja.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Krepitev povezav med izobraževanjem, raziskovalno dejavnostjo in industrijo**

Integracija industrije v izobraževalne procese lahko znatno izboljša kakovost in praktično uporabnost izobraževanja. To študentom omogoča pridobivanje neposrednih izkušenj in boljše razumevanje potreb sodobnega trga dela – poleg dobrih osnov in razumevanja ter seznanjenosti z najsodobnejšimi trendi na področju.

Predlogi rešitev:

- Uvedba izobraževalnih programov, v katerih bi podjetja sodelovala pri oblikovanju kurikula in pri praktičnem usposabljanju.
- Organizacija rednih delavnic in seminarjev, na katerih bi strokovnjaki iz industrije predavali na univerzah, v raziskovalnih institucijah in obratno, univerzitetni profesorji in raziskovalci pa bi sodelovali v projektih v podjetjih (gl. tudi usmeritve Znanja, kompetence in spretnosti).

Usmeritev 2: **Povečanje sodelovanja v skupnih raziskovalnih projektih**

Spodbujanje skupnih projektov med akademskimi ustanovami in industrijo lahko poveča inovacijski potencial in pospeši komercializacijo novih odkritij. Taka sodelovanja omogočajo učinkovitejši prenos znanja in tehnologij iz raziskovalnih organizacij v podjetja. Sodelovanja so potrebna tako na aplikativni ravni kot tudi na temeljni.

Predlogi rešitev:

- S strani države finančno podprti skupni projekti med raziskovalnimi organizacijami in podjetji, ki bi spodbujali razvoj aplikativnih rešitev.
- Skupne prijave raziskovalnih organizacij in podjetij na razpise evropskih raziskovalnih projektov.

Usmeritev 3: **Povezovanje med javnim in zasebnim sektorjem**

Predlogi rešitev:

- Izkoristiti možnosti, ki jih pri tem zagotavlja oziroma omogoča Gospodarska zbornica Slovenije.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Znatno povečati število skupnih raziskovalnih projektov med raziskovalnimi organizacijami in podjetji, ki vodijo do komercializacije novih tehnologij.
- Okrepiti celotno verigo, ki omogoča kroženje znanja in strokovnjakov med akademskim svetom in industrijo, s čimer se poveča inovacijski potencial Slovenije na področju polprevodnikov.
- Doseči, da Slovenija postane prepoznavna lokacija za raziskave in razvoj polprevodniških tehnologij na evropski ravni, s čimer privabimo mednarodne investicije in talente (gl. tudi usmeritev Evropska in mednarodna sodelovanja).

2.2.8 Povezovanje za krepitev celotnega ekosistema elektronske industrije

Program se nanaša na en segment elektronske industrije, to so čipi in polprevodniške tehnologije. Čipi predstavljajo osrednji del elektronskih naprav in sistemov. Elektronske naprave in sisteme pa sestavljajo tudi druge (diskretne) elektronske komponente, tiskanine, ohišja in drugi sestavni deli. Poleg tehnično usmerjenih členov verige ekosistema je treba upoštevati še ekonomsko-poslovne člene in aktivnosti, ki so ravno tako neizogibni za uspešno trženje proizvodov.

V okviru naslednjih usmeritev izpostavljamo sodelovanja segmenta čipov in polprevodniških tehnologij kot celote z drugimi udeleženci v okolju elektronske industrije.

Obstoječe stanje in izzivi

Obstoječe stanje vključenih podjetij in organizacij v ekosistem oziroma celotno vrednostno verigo je prikazano v **prilogi 2**. Ključno je okrepiti povezave na ravni celotnega ekosistema.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Okrepiti povezovanja znotraj ekosistema**

Povezovanja udeležencev od razvoja materialov, čipov do razvoja naprav in sistemov, tehnološke in merilne opreme na strani tehnologije in poslovno-ekonomskih udeležencev za povečanje ekonomskih učinkov. Povezovanja znotraj verige polprevodnikov in celotnega ekosistema.

Predlogi rešitev:

- Identifikacija in okrepitev povezav (formalnih in neformalnih).
- Izmenjava znanja, kompetenc in informacij na presečnih področjih znotraj verige in v ekosistemu kot celoti.

Usmeritev 2: **Vzpostaviti interdisciplinarna povezovanja z drugimi panogami**

Elektronske naprave so prisotne in služijo kot pripomoček praktično v vseh dejavnostih in panogah. Treba je še bolje izkoristiti potencial slovenske elektronske industrije tudi v drugih panogah in spodbujati uporabo slovenskih elektronskih proizvodov.

Predlogi rešitev:

- Spodbujanje in organizacija ciljnih srečanj med udeleženci, kjer se zaznava potencial za sodelovanje in razvoj novih konkurenčnih izdelkov na domačem in tujem trgu.

Usmeritev 3: **Okrepiti vpetost državnega ekosistema v evropski in mednarodni prostor**

Ta usmeritev predstavlja pogled navzven, izpostavlja pomen celotnega ekosistema elektronske industrije. Delno se povezuje z naslednjo točko 2.2.9 Evropska in mednarodna sodelovanja, ki poudarja predvsem pomen povezovanja na področju čipov in polprevodniških tehnologij (ne celotne elektronske industrije).

Predlogi rešitev:

- Podpora ministrstev in zbornic pri vzpostavljanju stikov in organizaciji gospodarskih meddržavnih obiskov.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Okrepljene povezave znotraj ekosistema in zunaj njega bodo omogočile večjo učinkovitost pri iskanju novih rešitev in inovativnih nišnih elektronskih proizvodov.

2.2.9 Evropska in mednarodna sodelovanja

Evropska in mednarodna sodelovanja na področju čipov in polprevodniških tehnologij so za Slovenijo kot majhno državo strateškega pomena. Močna vpetost v širši prostor nam omogoča prisotnost na globalni ravni in sodelovanje pri oblikovanju najsodobnejših tehnologij in vključevanju v pomembnejše mednarodne projekte in globalne verige na področju.

Obstoječe stanje in izzivi

Slovenija že sodeluje v številnih mednarodnih, predvsem evropskih raziskovalnih projektih, ki vključujejo različna področja, tudi področje čipov in polprevodniških tehnologij. Kljub temu obstaja potreba po intenzivnejšem vključevanju vseh slovenskih udeležencev, še posebej malih in srednje velikih podjetij (MSP), ki se soočajo z ovirami pri dostopu do informacij in mreženju na evropski ravni. Potrebna sta povezovanje in sodelovanje MSP-jev z raziskovalnimi organizacijami na državni ravni in skupen nastop v evropskem prostoru. Dodatno je potrebno vključevanje slovenskih udeležencev na evropski ravni v obstoječe pobude, ki posebej obravnavajo tudi področje polprevodnikov.

Pri pomoči ob vstopanju v mednarodna partnerstva se nam izjemnega pomena zdi tudi koriščenje storitev mreže slovenskih diplomatskih predstavništov in konzulatov. Na številnih predstavništvih v tujini namreč delujejo [ekonomski svetovalci](#), katerih glavna naloga je pomoč slovenskim podjetjem pri prodiranju na tuje trge.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Izboljšanje mednarodne integracije**

Okrepiti sodelovanje slovenskih raziskovalnih institucij in predvsem podjetij v evropskih in mednarodnih raziskovalnih in razvojnih programih.

Predlogi rešitev:

- Informiranje potencialnih uporabnikov storitev o priložnostih sodelovanja v centraliziranih programih EU.
- Organizacija delavnic in usposabljanj o možnostih financiranja in sodelovanja v mednarodnem prostoru.
- Pomoč MSP-jem pri vključevanju v mednarodne konzorcije in pri pripravi prijave na evropske razpise.
- Izboljšanje koriščenja storitev, ki jih omogoča portal Wideraexperts.eu.²
- Izkoriščanje mrež slovenskih diplomatskih predstavništev za pomoč pri prodiranju podjetij na tuje trge.

Usmeritev 2: **Povezovanje industrije in akademskega okolja za skupni nastop na tujem trgu**

Spodbujanje partnerstev med slovenskimi univerzami, raziskovalnimi institucijami in podjetji pri skupnem nastopu v evropskem prostoru. Usmeritev se delno navezuje na 2.2.7 Partnerstva in povezovanje za krepitev vrednostne verige.

Predlogi rešitev:

- Povezovanje med univerzami, raziskovalnimi institucijami in podjetji.
- Izmenjava znanja in prenos tehnologij med raziskovalnimi organizacijami in industrijo za krepitev konkurenčnosti na mednarodnih trgih.
- Skupen nastop raziskovalnih organizacij in podjetij na evropskih razpisih za raziskovalne in razvojne projekte s področja čipov in polprevodniških tehnologij.

Usmeritev 3: **Vključevanje v evropska partnerstva in pobude ter krepitev sodelovanja v tehnoloških pobudah**

² Ta omogoča povezovanje strokovnjakov (ki se za ta namen vpišejo v bazo) s prijavitelji iz t. i. widening držav, ki pripravljajo predloge za prijavo na posamezne dele v okviru programa Obzorja Evropa, in sicer: Widening, ERA, grozde 2. stebra (kamor spada npr. Grozd 4), institucionaliziranih evropskih partnerstev (kamor spada npr. Chips JU) in shem EIC Pathfinder. Cilj te platforme je zagotoviti čim bolj kakovostne projektne predloge kasneje ob dejanski oddaji na razpise zaradi povratnih informacij, ki jih prijavitelji prejmejo od strokovnjakov. Pred oddajo svojih projektnih prijav na zgoraj navedene dele Obzorja Evropa torej lahko prijavitelj izvede t. i. predhodni pregled (*pre-screening*) svojega projektnega predloga. Storitve je brezplačna. Za povezavo projektnega predloga in ustreznega strokovnjaka poskrbijo nacionalne kontaktne točke. Glede na to, da Slovenija prav tako spada med t. i. widening države, predlagamo, da se izboljša koriščenje omenjenih storitev. Prav tako se lahko prijavitelji vpišejo v bazo strokovnjakov, če bi želeli sami opravljati predhodne preglede (taki pregledi so tudi plačani). Registracije vašega projektnega predloga ali vpisa v bazo strokovnjakov je mogoče opraviti [tukaj](#).

Okrepiti sodelovanje v različnih evropskih partnerstvih, ki podpirajo raziskave in razvoj v sektorju polprevodnikov, ter aktivno sodelovati v ključnih tehnoloških platformah in zavezništvi, ki jih podpira EU.

Predlogi rešitev:

- Aktivno sodelovanje v zavezništvih, kot so Zavezništvo za procesorje in polprevodniške tehnologije ([Alliance on Processors and Semiconductor Technologies](#)), ki združuje ključne akterje za načrtovanje in proizvodnjo mikroelektronskih čipov. Evropsko zavezništvo za spretnosti na področju čipov ([European Chips Skills Alliance](#)) ter Evropska akademija za spretnosti na področju čipov ([The European Chips Skills Academy](#)).
- Vključevanje v industrijska združenja (kot so [EPoSS](#), [AENEAS](#), [INSIDE](#), [SEMI](#)) in morebitne nove projekte skupnega evropskega interesa (IPCEI, [Important projects of Common European Interest](#)).
- Sodelovanje v evropskih partnerstvih, kot so sofinancirana, institucionalizirana in soprogramirana partnerstva, ki vključujejo člane iz industrije in akademskih krogov ter ciljajo na skupni razvoj tehnologij in standardov.
- Konkretno za področje čipov in polprevodniških tehnologij izkoristiti možnost sodelovanj in financiranja v okviru Skupnega podjetja za čipe [Chips JU](#) ([razpise](#), povezane s pobudo Čipi za Evropo, in [razpise](#), nepovezane s pobudo Čipi za Evropo).³

Usmeritev 4: **Povezovanje v mrežo evropskih kompetenčnih centrov**

Ta usmeritev omogoča izrabo evropskih virov in znanja za nadgradnjo lokalnih kapacitet in inovativnosti ter za povezovanje slovenskih udeležencev v evropskem prostoru.

Predlogi rešitev:

- Vzpostavitev formalnih partnerstev z evropskimi kompetenčnimi centri za čipe, ki omogočajo dostop do najnovejših tehnologij in raziskovalnih infrastruktur.
- Organizacija rednih delovnih srečanj in izmenjav znanja med slovenskim centrom in evropskimi partnerji.
- Dostop do evropskih pilotnih linij in načrtovalskih platform za razvoj in testiranje čipov, kar bo okrepilo tehnično znanje in izkušnje.

Usmeritev 5: **Bilateralno sodelovanje z državami, zlasti sosednjimi**

³ Prvi steber Akta o čipih vzpostavlja t. i. »pobudo Čipi za Evropo«, s pomočjo katere bi nadgradili naše prednosti na področju raziskav in inovacij ter jih pretvorili v nove proizvodne zmogljivosti. Pobuda bo okrepila načrtovalsko zmogljivost Evrope, podprla obstoječe in nove pilotne linije za preizkušanje inovativnih rešitev za čipe in eksperimentiranje z njimi, pospešila razvoj kvantnih čipov in povezanih polprevodniških tehnologij ter podprla mrežo kompetenčnih centrov po vsej Evropi. Navedene aktivnosti se bodo izvajale pod okriljem Skupnega podjetja za čipe, in sicer z razpisi, povezanimi s to pobudo. Skupno podjetje za čipe pa bo ohranilo tudi svoje predhodne aktivnosti, ki spadajo med razpise, ki niso povezani z omenjeno pobudo.

Okrepiti bilateralno sodelovanje na področju čipov in polprevodniških tehnologij, zlasti s sosednjimi državami, kot sta Avstrija in Italija, in drugimi evropskimi državami (Belgija, Nemčija, Nizozemska, Švica, Danska idr.) s pomočjo slovenske diplomacije.

Predlogi rešitev:

- Sklepanje meddržavnih bilateralnih sporazumov za izboljšanje tehnološkega sodelovanja in raziskovalnega sodelovanja na področju čipov in polprevodniških tehnologij.
- Vzpostaviti nove možnosti za bilateralne projekte z drugimi državami (kot je npr. obstoječa shema Weave).
- Izkoriščanje mrež slovenskih diplomatskih predstavništev za pomoč pri prodiranju podjetij na tuje trge.
- Uporaba ekonomskih svetovalcev na veleposlaništvih za vzpostavljanje stikov z raziskovalnimi organizacijami in ključnimi industrijskimi partnerji v tujini ter razvoj partnerstev med državama.

Usmeritev 6: **Izkoriščanje možnosti v Programu znanj in spretnosti za Evropo**
[Program znanj in spretnosti za Evropo](#) je petletni načrt za pomoč posameznikom in podjetjem pri razvoju večjih in boljših znanj in spretnosti tudi na področju mikroelektronike. Pod njegovim okriljem so se oblikovala tudi bolj specifična partnerstva v skladu s [štirinajstimi industrijskimi ekosistemi](#).

Predlogi rešitev:

- Preveriti in izkoristiti možnosti v [paktu za spretnosti na področju mikroelektronike](#).

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Povečanje števila slovenskih podjetij, vključenih v evropske raziskovalne in razvojne programe s področja čipov in polprevodnikov.
- Ustanovitev novih trajnostnih partnerstev z evropskimi tehnološkimi in industrijskimi vodilnimi akterji.
- Izboljšanje slovenskega mednarodnega položaja na področju polprevodnikov z vsaj desetimi novimi mednarodnimi projekti, ki vključujejo slovenske udeležence.
- Ustvarjanje novih bilateralnih sodelovanj s sosednjimi državami, ki bodo okrepila tehnološko sodelovanje in inovacije na področju čipov in polprevodniških tehnologij.
- Aktivno vključevanje v evropska partnerstva in zavezništva, ki bodo spodbujala nadaljnji razvoj in uporabo polprevodniških tehnologij v industriji.

2.2.10 Promocija področja

Promocija področja čipov, polprevodniških tehnologij in pomena elektronske industrije v Sloveniji v ciljni in širši javnosti je pomembna za kratkoročni in dolgoročni razvoj področja.

Obstoječe stanje in izzivi

Dejanski pomen področja je v širši družbi trenutno premalo osvetljen. Šele krize in konflikti nas opomnijo na pomen področja in njegovega razvoja tudi na državni ravni. Izziv predstavlja vprašanje, kako bolje izpostaviti pomen tako v širši družbi kot pri ciljnih odločevalskih ali investitorskih skupinah.

USMERITVE IN REŠITVE

Medtem ko so aktivnosti za pridobivanje talentov že navedene v okviru usmeritve 2.2.1 Talenti, tu navajamo preostale usmeritve za promocijo področja v širšem smislu.

Usmeritev 1: **Ozaveščanje širše javnosti o pomenu področja**

Predlogi rešitev:

- Prirejanje atraktivnih dogodkov za širšo javnost.
- Objave v medijih – izpostavljanje zgodb o uspehu, novih odkritij na področju.
- Sodelovanje izobraževalnih organizacij s podjetji v promociji področja.

Usmeritev 2: **Informiranje in sodelovanje z odločevalci in investitorji**

Za strateške odločitve in ključne investicije je treba izpostaviti in argumentirati pomen in potencial področja za Slovenijo.

Predlogi rešitev:

- Organiziranje ciljnih sestankov, okroglih miz in panelnih razprav z odločevalci in/ali investitorji.
- Vključenost strokovnjakov v ključne državne strokovne delovne skupine, telesa in svete.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Izboljšati raven zavedanja in zanimanja za področje v širši javnosti v Sloveniji.
- S pomočjo boljšega informiranja in sodelovanja z odločevalci in investitorji pridobiti ustrezna dodatna sredstva za investicije v razvoj področja.
- Pridobiti nove, motivirane talente za uspešen razvoj področja.

Področne usmeritve

V okviru področnih usmeritev podrobneje navajamo zahtevane aktivnosti in strokovne usmeritve za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji. Te vključujejo:

- **načrtovanje čipov in gradnikov,**
- **prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje,**
- **testiranje in karakterizacijo čipov ter gradnikov,**
- **pakiranje čipov in**

- **razvoj in optimizacijo nišne opreme.**

2.2.11 Načrtovanje čipov in gradnikov

Načrtovanje elektronskih čipov, kot tudi njihovo prototipiranje, ima v Sloveniji že več kot 50-letno tradicijo (gl. 1.2.3 Slovenija – stanje in izzivi). S pridobljenimi znanji in kompetencami načrtovalec z uporabo ustreznega programskega paketa načrta in s simulacijami preveri ustreznost in pravilnost delovanja vezja. Nato izdelava načrt mask za izdelavo čipa. Na voljo je širok izbor proizvodnih procesov in tehnologij različnih zmogljivosti in velikosti gradnikov čipa (od mikro- do nanometrskih tehnologij).

Večina digitalnih čipov se načrtuje s pomočjo programskega jezika VHDL (angl. "Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language") ali Verilog. Čipi se lahko izvedejo s pomočjo programirljivih vezij FPGA (angl. "Field Programmable Gate Array") ali namenskih čipov tipa ASIC (angl. "Application Specific Integrated Circuit"). Čipi poleg digitalnih sklopov (kjer so signali logične ničle in enice) pogosto vključujejo tudi analogne dele vezij (vrednost signalov je na mnogih zveznih nivojih). Analogni deli nam omogočajo komunikacijo z zunanjim (analognim) svetom in hkrati pomagajo, da se določene operacije izvedejo učinkoviteje in hitreje. Naslednja stopnja so t. i. sistemi na čipu, ki omogočajo še večje funkcionalnosti. Glede na vse večjo uporabo umetne inteligence na praktično vseh področjih je v zadnjih letih velik poudarek na načrtovanju čipov, na katerih se izvajajo algoritmi strojnega učenja. To predstavlja še dodatni izziv v vgrajenih sistemih, kjer smo omejeni z velikostjo čipov, hitrostjo obdelave zahtevnih računskih operacij in porabo energije.

Načrtovanje čipov poleg izvajanja simulacij in naprednih optimizacij vezij v širšem pomenu zajema tudi programiranje univerzalnih mikroprocesorjev in mikrokontrolerov, kjer se v zadnjih letih posebna pozornost namenja odprtokodnim arhitekturam RISC-V (angl. "Reduced Instruction Set Computer 5").

Poleg načrtovanja elektronskih čipov se aktivnosti usmerjajo tudi v načrtovanje fotonih in kvantnih čipov.

Obstoječe stanje in izzivi

V Sloveniji raziskovalno-izobraževalne organizacije in podjetja, ki se ukvarjajo z načrtovanjem čipov, deloma razpolagajo s sodobno programsko opremo za načrtovanje (pridobivanje in vzdrževanje licenčnih). Raziskovalno-izobraževalne organizacije do licenc za programsko opremo zaenkrat dostopajo po znižanih cenah v okviru programa Europractice, ki združuje ponudnike programske opreme in proizvajalce načrtanih čipov v manjšem obsegu. Tržne licence programske opreme za podjetja so mnogo dražje. Vnaprej se v okviru Skupnega evropskega podjetja za čipe (Chips JU) odpirajo možnosti za dostop do evropske platforme za načrtovanje čipov (Design platform). Poleg načrtovanja čipov na RO in v podjetjih aktivnosti na RO potekajo tudi na razvoju napredne programske opreme za načrtovanje čipov. Poudarek je visokonivojski logični sintezi in avtomatski sintezi analognih vezij. V Sloveniji se načrtujejo tudi čipi za delovanje v posebnih okoljih (npr. v vesolju), kar zahteva odpornost vezja na poškodbe sevanja, ki jo načrtovalci do neke

meje podprejo z različnimi naprednimi izvedbami vezij. Načrtujejo se tudi gradniki in čipi novih generacij, kot so fotonski in kvantni čipi.

Slovenska podjetja z ekipami za načrtovanje lastnih čipov za svoje izdelke že zaznavajo konkurenčne prednosti na trgu. Okrepitev sodelovanja med podjetji in RO odpira nove prebojne možnosti.

POVEZOVALNE USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: Okrepitev povezav in sodelovanja med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami in podjetji

Kadri, oprema, znanja, kompetence, spretnosti.

Predlogi rešitev:

- Raziskovalne aktivnosti RO in podjetij na področju načrtovanja intenzivirati tudi v okviru predvidene vertikale v Visokotehnološkem stičišču za čipe in polprevodniške tehnologije.

Usmeritev 2: Omogočanje koriščenja storitev evropske načrtovalske platforme in drugih možnosti dostopa do načrtovalskih orodij

Načrtovalska orodja v oblaku, dostop do licenc.

Predlogi rešitev:

- Pomoč pri dostopu in koriščenju načrtovalskih orodij v okviru predvidene načrtovalske platforme v sklopu Chips JU (predvsem za MSP in zagonska podjetja).
- Izkoristiti dostop do načrtovalskih programov za raziskovalno-izobraževalne namene (npr. Europractice).

TEHNIČNE USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 3: Načrtovanje naprednih arhitektur in nišnih izvedb elektronskih čipov

Predlogi rešitev:

- Izkoriščanje novih razpoložljivih tehnologij za izdelavo elektronskih čipov za doseganje večje funkcionalnosti (npr. na pilotnih linijah v okviru Chips JU).
- Načrtovanje določenih specializiranih čipov in njihovih gradnikov, kjer se izkoriščajo možnosti domačega prototipiranja in manjše nišne proizvodnje (upoštevajoč nadgradnje opreme iz 2.2.12 Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje).
- Načrtovanje naprednih čipov (ASIC) za tržno zanimive nišne aplikacije, kot so senzorski sistemi (magnetni, optični, THz, temperaturni idr.), avtomobilska industrija, električni pogoni, radiacijsko odporni čipi za vesoljske aplikacije, čipi za vlakenske in druge fotonske senzorje, čipi s strukturami MEMS (micro-electromechanical system) in MOEMS (micro-optoelectromechanical

systems), čipi za zagotavljanje pravilnega in varnega delovanja osnovnih čipov, čipi za zajem in obdelavo videosignalov, čipi v povezavi s tenzorskimi jedri idr.

- Načrtovanje naprednih čipov za umetno inteligenco, med njimi razvoj novih procesorskih arhitektur za globoke nevronske mreže, uporaba tehnike za izboljšanje učinkovitosti, ki izkoriščajo zmanjšano natančnost, sočasna optimizacija strojne in programske opreme na čipu za energijsko učinkovito sklepanje in novi pristopi za izboljšanje obdelave signalov na robu.
- Sledenje in prilagajanje novim potrebam trga glede načrtovanja naprednih čipov.

Usmeritev 4: Razvoj naprednih algoritmov za načrtovanje čipov

Avtomatizacija načrtovanja čipov sledi tehnološkemu napredku izdelave čipov, ki omogoča vedno zmogljivejšo funkcionalnost, stopnjo integracije in hitrost obdelave podatkov.

Predlogi rešitev:

- Razvoj novih algoritmov za visokonivojsko logično sintezo.
- Razvoj novih algoritmov za avtomatsko sintezo analognih integriranih vezij (sita, ojačevalniki).
- Razvoj novih algoritmov za verifikacijo digitalnih vezij in avtomatsko generacijo testnih vzorcev.

Usmeritev 5: Načrtovanje čipov naslednjih generacij

Fotonski in kvantni čipi.

Predlogi rešitev:

- Inovativne rešitve fotonских čipov in gradnikov (na področju senzorike, (kvantnih) komunikacij idr.).
- Inovativne rešitve kvantnih čipov in gradnikov (področje kvantnega računalništva (npr. napredni spominski gradniki), komunikacij, senzorike, generatorji naključnih števil).

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Urediti dostop do načrtovalskih orodij (licence).
- Okrepiti sodelovanje med RO in podjetji na področju načrtovanja.
- Razviti inovativne rešitve na podlagi naprednih elektronskih, fotonских in kvantnih čipov.
- Izkoristiti domačo infrastrukturo (nadgraditi) za prototipiranje in manjšo nišno proizvodnjo za izdelavo določenih nišnih čipov (zmanjšana negotovost dobavnih verig).

2.2.12 Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje

Možnost izdelave nišnih čipov in integriranih gradnikov (od Si rezin naprej) v domačih institucijah je ključna za razvoj področja v Sloveniji. Brez te eksperimentalne komponente razvoja in izdelanih

prototipov in izdelkov ne moremo biti konkurenčni na področju. Ob tem bi nam vzpostavitev manjše serijske proizvodnje omogočila tudi večjo stopnjo suverenosti in neodvisnosti od globalnih dobavnih verig.

Obstoječe stanje in izzivi

Ključni dejavnik za razvoj prototipiranja in proizvodnje čipov ter gradnikov predstavlja ustrezna visokotehnološka oprema za polprevodniške tehnologije. Obstoječa oprema s čistimi prostori za izvedbo celotnega procesa (Bi)CMOS za izdelavo elektronskih in delno fotonских čipov je na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Oprema za izdelavo specifičnih kvantnih gradnikov za kvantne čipe je v Nanotehnološkem centru in Institutu Jožef Stefan, oprema za izdelavo naprednih vlakenskih fotonских senzorjev pa na Univerzi v Mariboru. Tehnološka oprema za proizvodnjo preprostejših diskretnih polprevodniških elementov (diode, usmerniški mostiči) je v podjetju Diotec, d. o. o., nekaj tehnološke opreme pa imajo tudi v drugih ustanovah.

Obstoječa polprevodniška tehnologija (Bi)CMOS za elektronske in ftonske čipe zahteva korenito prenovu in nadgradnjo za doseganje konkurenčnosti raziskav in novih prebojnih inovacij. Tudi tehnološka oprema v drugih institucijah za razvoj integriranih gradnikov in specifičnih čipov potrebuje nadgradnje in nove investicije.

Izzivi:

- Večje investicije v prenovu in nakup nove tehnološke opreme.
- Kontinuirana sredstva za obratovanje in vzdrževanje opreme ter tehničnega kadra.

USMERITVE IN REŠITVE

Ozko grlo za prototipiranje in proizvodnjo čipov in za razvoj celotnega področja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji predstavlja prav omejena tehnološka oprema, zato so prve tri usmeritve, predstavljene v nadaljevanju, usmerjene v reševanje tega izziva. Splošne usmeritve in usmeritve za dostopnost in izkoriščenost opreme na državni in širši ravni so obravnavane v okviru akcijskih usmeritev (2.2.4 Raziskovalna in razvojna infrastruktura).

Slovenija ne more konkurirati pri serijski izdelavi elektronskih čipov v nekaj nanometrskih tehnologijah – smiselno je stremeti k 180-nm ali 350-nm tehnologiji na 6-palčnih (ali več) rezinah, ki zagotavlja izdelavo nišnih čipov za širok nabor aplikacij za potrebe domačega in tujega trga.

Usmeritev 1: Posodobitev in nadgradnja tehnološke opreme za proces (Bi)CMOS za prototipiranje in omogočanje manjše proizvodnje nišnih elektronskih čipov

Usmeritev, ki omogoča izdelavo celotnih čipov od izdelanih rezin naprej do zapiranja v ohišje (pakiranje).

Predlogi tehničnih rešitev:

- Novi sistem za optično litografijo za tehnologijo 180 nm (ali 350 nm) za 6- ali večpalčne silicijeve rezine, oprema za nanašanje tankih prevodnih in neprevodnih plasti (PECVD, LPCVD, MOCVD, PLD, ALD, termično),

oprema za mokro in suho jedkanje (RIE, ICP), ionski implanter za dopiranje, difuzijske peči za dopiranje in termično oksidacijo, anodno bondiranje, končna obdelava rezin (razrez, lepljenje, bondiranje, zalivanje, pakiranje), nadgradnja opreme za izdelavo in integracijo strukture MEMS (*micro-electromechanical system*) in MOEMS (*micro-optoelectromechanical systems*), možnost nadgradnje za materiale III–V ter druga spremljevalna oprema.

- Uporaba domačih rešitev za avtomatsko vodenje opreme in napredno kontrolo procesov (gl. usmeritev 2.2.15 Razvoj in optimizacija nišne opreme).

Usmeritev 2: **Nadgradnja tehnološke opreme za ftonske čipe in gradnike**

Poleg izdelave elektronskih čipov se proces (Bi)CMOS prilagodi tudi za izdelavo ftonskih in kombiniranih elektronsko-ftonskih čipov, ki odpirajo možnosti za izboljšane in nove funkcionalnosti izdelkov. Usmeritev na nove senzorske rešitve, kvantno integrirano fotoniko, optične komunikacije in napredne izvedbe za druge aplikacije.

Pomembno usmeritev predstavljajo tudi integrirani vlakenski senzorji v kombinaciji z integriranimi ftonskimi vezji.

Predlogi tehničnih rešitev:

- Nadgradnja zgoraj omenjene opreme za proces (Bi)CMOS z napravo z elektronskim snopom (e-beam) za izdelavo struktur nanometrskje ločljivosti na celotni površini ftonskih (in elektronskih) čipov, naprava za izdelavo 3D ftonskih struktur in povezav (ftonske bondirne žičke), sistem mikroprenosnega tiska za heterogeno integracijo (aktivnih) komponent na ftonske čipe.
- Sistemi za napredno pakiranje optičnih čipov in njihova integracija z vlakni, nadgradnja opreme za visoko nadzorovano tankoplastno fizikalno depozicijo, ki bo omogočala izdelavo zahtevnih večplastnih struktur, kot so npr. optični filtri in etaloni.

Usmeritev 3: **Nadgradnja opreme za kvantne tehnologije**

Predlogi tehničnih rešitev:

- Pridobitev prvega dilucijskega hladilnika v Sloveniji za izvajanje raziskav pri nizkih temperaturah (mK).
- Posodobitev (nadgradnja) procesnih postopkov za preskok v novo generacijo kvantnih čipov.

Skupni predlogi investicijskih rešitev za navedene usmeritve:

- Namenski infrastrukturni programi investicij v visokotehnološko infrastrukturo.

- Spodbujanje investicij z ustanovitvijo Visokotehnološkega stičišča za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij.
- Zagotavljanje stabilnega financiranja za obratovanje in vzdrževanje visokotehnološke opreme ter kadrov.

Predhodne usmeritve v zvezi z opremo za prototipiranje in proizvodnjo čipov nam bodo omogočale naslednjo usmeritev, ki se nanaša na predlagana področja čipov.

Usmeritev 4:

Izdelava nišnih čipov z uporabo tehnološke opreme

Slovenija zaradi svoje majhnosti lahko tekmuje na globalnem trgu in svojo prisotnost utrjuje v svetovnem vrhu pri izdelavi manjših serij specialnih čipov na nišnih področjih:

Predlogi rešitev:

Namenski čipi (ASIC), čipi novih generacij in sistemi na čipu, pripadajoči gradniki v razpoložljivi tehnologiji na področjih:

- senzorike: THz, optični senzorji, magnetni senzorji, senzorji na osnovi tehnologije MEMS, senzorji temperature in tlaka ter drugi s pripadajočo integrirano analogno in digitalno elektroniko za uporabo na široki izbiri možnih aplikacij;
- močnostne elektronike: avtomobilska industrija, električni pogoni, industrijska elektronika;
- radiacijsko odporni čipi: čipi za satelite in detektorje na pospeševalnikih delcev;
- optoelektronike: specialni fotodetektorji in fotodetektorska polja z integrirano bralno elektroniko, optoelektronski gradniki iz naprednih materialov (2D hibridni, organski, perovskiti) za integracijo v čipe;
- fotonike: fotonska integrirana vezja za senzorske, komunikacijske in kvantne sisteme, integracija z elektronskimi čipi, napredni vlakenski senzorji v integriranih fotonskih sistemih, strukture MOEMS, heterogena in hibridna integracija fotonskih integriranih vezij, vključitev gradnikov iz naprednih materialov;
- kvantne tehnologije: napredni spominski gradniki, kvantni čipi;
- spremljanje in sprotno prilagajanje aktivnosti prototipiranja in proizvodnje nišnih čipov glede na nova aktualna področja in potrebe trga.

Nišne čipe je mogoče uporabiti v širokem spektru aplikacij (gl. aplikacijske usmeritve).

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Zagotoviti možnost prototipiranja sodobnih nišnih čipov in gradnikov v Sloveniji.
- Zagotoviti možnost manjše proizvodnje čipov za slovenska podjetja in globalni trg.
- Vzpostaviti prototipiranje novih tehnologij čipov, kot so fotonski in kvantni čipi.

2.2.13 Testiranje in karakterizacija čipov ter gradnikov

Eni ključnih korakov v procesu razvoja čipov so karakterizacija in validacija vseh parametrov in primerjava z rezultati simulacij. Poleg tega je v zadnjem koraku validacije čipa treba izvesti tudi teste za kvalifikacijo (kot so t. i. testi "latch-up", ESD, HAST, HTOL in drugi). Za izvedbo teh meritev je potrebna uporaba namenske merilne opreme (spektralni analizator, mrežni analizator, testirnik ESD, temperaturne komore, manipulator za rezine, kontaktne igle, programska oprema). Izdelani čipi in gradniki se po navadi testirajo na silicijevih rezinah še pred razrezom. Ključna je avtomatska merilna oprema za kontaktiranje in nadzor meritev.

Poleg opreme za testiranje izdelanih čipov je treba izpostaviti tudi potrebe in pomen nepogrešljive opreme za karakterizacijo med samim procesom razvoja čipov in gradnikov (optični in elektronski mikroskopi, spektrometri, elipsometri in drugo).

Ob testiranju elektronskih čipov je pomemben segment tudi specializirana oprema za (avtomatsko) optično in električno karakterizacijo fotonov in kvantnih čipov, gradnikov ter podstruktur.

Obstoječe stanje in izzivi

Poleg obstoječe opreme za avtomatsko, serijsko testiranje čipov na Fakulteti za elektrotehniko UL in opreme za testiranje in karakterizacijo na drugih univerzah ter inštitutih nekatera slovenska podjetja sama vlagajo v nakup lastne opreme za testiranje čipov. V podjetjih zmogljivosti za testiranje čipov (na ravni Si rezin) omogočajo popoln nadzor nad kakovostjo čipov, ki so vgrajeni v končne izdelke. Oprema za testiranje je z vidika posameznega podjetja draga in nakup pogosto ni upravičen. Prav tako je zaradi omejene uporabe vprašljiva tudi upravičenost investicije v spretnosti in kompetence s področja poznavanja mnogih standardov in testnih metod. Določena oprema bi bila na podlagi novih sodelovanj lahko tudi bolje izkoriščena.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Vzpostavitev skupnih zmogljivosti za karakterizacijo, validacijo in kvalifikacijo čipov**

Predlogi rešitev:

- Sofinanciranje naprav in infrastrukture in omogočanje uporabe udeležencem iz gospodarstva in raziskovalnih organizacij.

Usmeritev 2: **Okrepitev sodelovanja med raziskovalnimi organizacijami in podjetji za prenos in izmenjavo znanja in izkušenj na področju testiranja**

Predlogi rešitev:

- Vzpostaviti kompetence na področju poznavanja standardov in metod za testiranje integriranih vezij.
- V pedagoški proces v večji meri vključiti tudi vsebine s področja testiranja čipov.

- Vzpostaviti sodelovanje pri reševanju problemov neskladnosti (odstopanja od pričakovanih rezultatov meritev), identificiranih med validacijo integriranih vezij.

Usmeritev 3: **Razvoj novih metod testiranja in karakterizacije elektronskih čipov**
Testiranje in karakterizacijo čipov izvaja več podjetij v Evropi. Slovenija se mora osredotočiti predvsem na inovativne rešitve, ki še niso na voljo v Evropi in zahtevajo nove tehnologije in pristope ter so specializirane za nove aplikacije.

Predlogi rešitev:

- Poudarek na avtomatizaciji in hitrosti merjenja pri zahtevani točnosti meritev.

Usmeritev 4: **Oprema in metode testiranja in karakterizacije čipov in gradnikov naslednjih generacij**

Predlogi rešitev:

- Napredni avtomatski sistemi za optično in električno karakterizacijo fotonских čipov in gradnikov na ravni čipa in rezin.
- Ustrezno hlajeni sistemi za meritve kvantnih čipov.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Do leta 2027 okrepiti zmogljivosti s področja testiranja čipov in omogočanje uporabe udeležencem iz gospodarstva in raziskovalnih organizacij.
- Do leta 2028 vzpostaviti kompetence na področju poznavanja standardov in metod za testiranje.
- Do leta 2027 v pedagoški proces vključiti dosedanje vsebine s področja karakterizacije in testiranja čipov oziroma jih nadgraditi.
- Do leta 2027 nadgraditi opremo za optično in električno karakterizacijo čipov in gradnikov naslednjih generacij (fotonski in kvantni čipi).

2.2.14 Pakiranje čipov

Po izvedbi meritev na čipu (testiranje) na rezini se izvedejo razrez, povezovanje kontaktov čipa z bondirnimi žičkami na priključke ohišja in zapiranje v ohišje (pakiranje).

Obstoječe stanje in izzivi

- Tehnologija pakiranja čipov je ključna podporna tehnologija v proizvodnji čipov in funkcionalnih polprevodniških naprav in je lahko pomemben, nemalokrat celo prevladujoči del dodane vrednosti končnega izdelka.
- Pakiranje je v mnogih primerih tisto, ki določa izvedljivost in/ali funkcionalno uporabnost polprevodniškega sklopa. Dostop do konvencionalnih tehnik pakiranja je zato nujno potreben za razvoj polprevodniških naprav in tehnologij, veliko priložnosti za nove prebojne izdelke pa je prav v razvoju novih in nekonvencionalnih tehnik za pakiranje.

- Z izjemo posameznih podjetij (npr. Hyb) in nekaterih lokalnih zmogljivosti v JRO nimamo organizirane podpore naprednemu pakiranju čipov, zato je to področje treba ustrezno razviti in omogočiti širšo dostopnost.
- Napredne tehnike pakiranja so tiste, ki lahko omogočijo prebojne rešitve na nižnjih področjih, ki jih vidimo kot pomembno priložnost za razvoj polprevodniških tehnologij v Sloveniji.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Splošna sistemska podpora za pakiranje čipov**

Predlogi rešitev:

- Posamezne infrastrukturne centre je treba podpreti/opremiti s stališča različnih oprem za konvencionalno in fleksibilno pakiranje čipov.
- V okviru ustreznih projektov je treba razviti in negovati ustrezna znanja in veščine s področja pakiranja čipov.
- Slediti je treba obstoječim mednarodnim projektom, ki se osredotočajo na zmogljivosti pakiranja čipov, kot je npr. projekt [Pack4EU](#), in se vključevati vanje.

Usmeritev 2: **Razvoj naprednih tehnologij za pakiranje čipov**

Ustanoviti ali dopolniti je treba enega ali več infrastrukturnih centrov, ki se bodo ukvarjali z razvojem novih, naprednih in zahtevnih tehnik za pakiranje čipov.

Primeri naprednih pakiranj:

- sistemi za pakiranje različnih senzorskih čipov in sistemov,
- tehnike pakiranja za heterogeno integracijo, ki omogočajo optične in električne povezave med polprevodniki III–V, CMOS in drugimi tehnologijami, pomembnimi za fotonske in kvantne čipe,
- mikrofluidnimi sistemi (s kapilarami),
- sistemi za biomedicinsko implementacijo in implantacijo,
- sistemi za pakiranje čipov za GHz- in THz-aplikacije (kot so tehnologije z vmesniki (npr. keramičnimi, LTCC), tehnologije obrnjenega čipa (angl. "flip-chip") in drugo),
- pakiranja čipov z visoko gostoto povezav (z razmiki reda 100 mikrometrov in manj, povezave s kontrolirano RF-impedanco, zahteve po izredno kratkih povezavah).
- sistemi MCM (angl. "multi-chip-modules"), ki so lahko izvedeni z litografijo manjših ločljivosti,
- pakiranje oziroma integracija SiP (angl. "System in Package"), ko ena tehnologija ne omogoča vseh potrebnih funkcionalnosti,
- tridimenzionalno pakiranje, vključno z uporabo tehnike TSV (angl. "Through Silicon Vias") in
- druga napredna pakiranja.

Podpreti je treba tudi razvoj infrastrukture za spremljajoče tehnologije ali omogočiti njihovo nadgradnjo – npr. sistemi za mikro- in nanomanipulacijo, sistemi za proizvodnjo kapilar in/ali valovodov, sistemi za lasersko in drugo mikrovarjenje, sistemi za lasersko mikroobdelavo itd. K temu je treba dodati zmogljivosti za dodelavo že izdelanih čipov (kot so npr. depozicije tankih plasti po različnih postopkih, dodelava s tehnikami, kot je FIB, ipd.)

Predlogi rešitev:

- V projektnih in drugih razpisih je treba nameniti pozornost naprednemu pakiranju, kar bo zagotovilo razvoj znanja, idej in kadrov na tem pomembnem področju.
- Ciljno vlaganje v infrastrukturo, izobraževanje in raziskave na področju pakiranja bo omogočilo razvoj novih polprevodniških sistemov ter izdelavo novih prebojnih izdelkov.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Omogočiti široko dostopnost za konvencionalno malo in srednje serijsko pakiranje čipov.
- Omogočiti nove zmogljivosti in razvoj novih in naprednih metod za pakiranje čipov in njihovo integracijo v zapletene sisteme.

2.2.15 Razvoj in optimizacija nišne opreme

Proizvodni procesi na področju polprevodnikov in čipov v različnih fazah zahtevajo uporabo specializirane strojne in programske opreme. Potreba po takšni opremi ni omejena le na proizvodne linije za izdelavo naprednih čipov, temveč je razširjena tudi na področje karakterizacije in testiranje čipov, integriranih gradnikov in materialov (poleg tehnološke opreme tudi merilna). Skupne takšnim sistemom so predvsem zahteve po veliki točnosti, natančnosti in zanesljivosti. Pomembna je tudi visoka stopnja avtomatiziranosti. Oprema mora pogosto obratovati v zahtevnem delovnem okolju (vakuum, čiste sobe, različne temperature). Različni sklopi tehnološke in merilne opreme so bili navedeni že v predhodnih področnih usmeritvah.

Obstoječe stanje in izzivi

Rast trga čipov in polprevodniških tehnologij ter potrebe po neodvisnosti EU na področju polprevodnikov in čipov od proizvajalcev ključnih orodij zahtevajo nenehno rast inovacij in optimizacijo svojih sistemov. Vseh ključnih komponent ne morejo in ne zmorejo razviti interno, zato se morajo opreti na dobavno verigo.

V Sloveniji obstajajo tako podjetja kot tudi raziskovalne ustanove, ki znajo na različnih nišnih področjih v visokotehnoloških panogah zagotoviti ustrezne rešitve. Za prilagoditev obstoječih rešitev (nove inovacije) oziroma obstoječih kompetenc za izdelavo tovrstnih naprav so potrebna vlaganja tako z vidika izobraževanja kadrov (ključne tehnologije, teoretske osnove procesov idr.) kot tudi z vidika razvoja in izvedbe lastnih rešitev.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Razvoj nišnih prototipnih rešitev za industrijo izdelave naprav za proizvodnjo čipov**

1. Razvoj testnih (kontrolnih) sistemov s področja zapletenih merilnih sistemov za litografske naprave in druge proizvodne naprave in procese za izdelavo in testiranje čipov ter njihovih gradnikov (proces CMOS in drugo). Pri tem igrajo pomembno vlogo uvajanje novih naprednih tehnologij v procese vodenja in merjenja ter optimizacija kontrolnih procesov in povečevanje izplena izdelkov.
2. Razvoj nestandardnih rešitev s področja elektronike in programske opreme v skladu s potrebami uporabnikov in industrije. Sem spadata optimizacija in avtomatizacija tako opreme za proizvodnjo kot tudi merilne opreme za avtomatsko testiranje in karakterizacijo čipov in gradnikov. Pozornost je treba nameniti tudi tehnologijam novih generacij čipov, in sicer s stališča izdelave ter karakterizacije in testiranja.

Predlogi rešitev:

- Izpeljati razpis oziroma v okviru večjih namenskih razpisov en del sredstev ciljno nameniti za subvencioniranje razvoja nišnih prototipnih rešitev za industrijo izdelave naprav za izdelavo in karakterizacije čipov, vključno z nakupom potrebne opreme in licenc za razvoj.

Usmeritev 2: **Optimizacija reševanja zapletenih krmilnih problemov na področju nišne opreme**

Pogosto se pri razvoju najnovejše nišne opreme znotraj dobavne verige izdelovalcev naprav za proizvodnjo čipov izdelovalci soočajo z zahtevnimi krmilnimi problemi, ki se morajo med razvojem prilagajati spreminjajočim se zahtevam. Zaradi zahtevne zasnove naprav in agilnega pristopa k njihovem razvoju se optimizacija razvoja krmilnih naprav lahko doseže z vpeljavo specializiranih digitalnih dvojčkov (angl. "digital-twin"). Vpeljejo in uporabijo se lahko tudi izbrani algoritmi na osnovi umetne inteligence. Zaradi potrebe po bolj celoviti optimizaciji sistemov pa se predvidi tudi vlaganje v nakup ali najem sklopov ustrezne testne in razvojne opreme. Le takšna infrastruktura omogoča razumevanje omejitev trenutnega stanja tehnike in odkrivanje inovativnih pristopov.

Predlogi rešitev:

- Izpeljati razpis oziroma v okviru večjih namenskih razpisov en del sredstev ciljno nameniti za subvencioniranje raziskovanja možnosti vpeljave in razvoja digitalnih dvojčkov in drugih rešitev za zapletene sisteme na področju razvoja nišnih naprav znotraj polprevodniške industrije. To vključuje tako raziskovanje in testiranje obstoječih industrijskih rešitev,

nakup potrebne opreme in licenc ter subvencioniranje specializiranih izobraževanj za uporabo le-teh in ne nazadnje razvoj lastnih rešitev.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Nove inovativne rešitve na področju nišne opreme za optimizacijo procesov polprevodniških tehnologij za izdelavo čipov (tehnološka za serijsko proizvodnjo in prototipiranje) in testiranje (merilna oprema) – tako na področju programske opreme kot tudi strojne.
- Povečanje učinkovitosti in boljše optimizacije procesov izdelave in karakterizacije čipov z vpeljavo sodobnih pristopov reševanja krmilnih problemov.
- Okrepitev konkurenčnost slovenskega gospodarstva tudi na področju razvoja nišne opreme v celotni dobavni verigi polprevodniške industrije.

Tehnološke usmeritve

Tehnološke usmeritve se nanašajo na tehnologije čipov, ki jih obravnava program. Poleg razvoja elektronskih čipov program vključuje tudi razvoj novih generacij čipov: fotoniki čipi in kvantni čipi ter njihovi integrirani gradniki.

2.2.16 Elektronski čipi in gradniki

Tehnologija elektronskih čipov in njihovih gradnikov predstavlja osnovno usmeritev programa. Elektronski čipi so v zadnjih 40 letih doživeli popoln tehnološki razcvet na račun razvoja in potreb predvsem računalniških mikroprocesorjev. Tehnološki razvoj elektronskih čipov je v splošnem osredotočen na izboljšanje zmogljivosti in učinkovitosti. Na globalni ravni poteka razvoj v smeri vedno manjše velikosti tranzistorjev, kar omogoča miniaturizacijo in povečano hitrost delovanja (iz mikroelektronike v nanoelektroniko). Najsodobnejše tehnologije omogočajo čipe z najmanjšimi kritičnimi dimenzijami 2 nanometra in manj. Raziskave se osredotočajo tudi na uporabo novih materialov, ki izboljšajo električne, toplotne in druge lastnosti čipov. Sem se uvršča tudi heterogena integracija oksidov s polprevodniki, s katero se čipi lahko obogatijo s posebnimi funkcionalnostmi lastnostmi, kot so npr. feroelektričnost, feromagnetizem, piezoelektričnost, superprevodnost itd., ter s tem pripraviti posebne nišne aplikacije na polprevodniški platformi. Med drugimi so zanimivi tudi polprevodniški materiali, ki so odporni proti sevanju (metal-halide perovskiti) in tehnologiji tekočih polprevodnikov (arzen, selen, telur) ter heterostikom (tekoče-trdno). Izkoriščajo se tudi prednosti integracije organskih in 2D hibridnih materialov. Hkrati potekajo prizadevanja za povečanje energetske učinkovitosti in trajnostne proizvodnje čipov. S stališča energetske učinkovitosti je raziskovalni izziv možnost neposredne pretvorbe sevanja v električno energijo z visokim izkoristkom.

Večina elektronskih čipov je danes narejenih v tehnologiji CMOS. S to tehnologijo je mogoče narediti velikanske in cenovno ugodne količine čipov – od namenskih merilnih naprav za industrijske, medicinske in druge namene do naprednih mikroprocesorskih enot. Rezultat integriranja zapletenih vezij na posamezni čip za opravljanje točno določenih specifičnih

funkcionalnosti so t. i. čipi ASIC. Namenska integrirana vezja ASIC so ključne komponente produktov, ki jih nekatera visokotehnološka podjetja v Sloveniji tržijo po celem svetu. Poleg točno določene želene funkcionalnosti omogočajo visoko stopnjo integracije, boljše razmerje med signalom in šumom in večjo pasovno širino v primerjavi z alternativnimi rešitvami.

Navkljub nenehnemu razvoju tehnologije se je manj pozornosti namenjala arhitekturi za specifične namene, ki omogočajo razvoj novih izdelkov. Lastni čip v izdelku ponuja več prednosti, npr. konkurenčno prednost, nezmožnost kopiranja, neodvisnost pri dobavi, produkcijsko skalabilnost, možnost prilagajanja cene, znanje za naslednjo generacijo razvoja idr.

V Evropi se krepi ekosistem, ki bo omogočal lažji in cenejši dostop do načrtovalskih orodij in maloserijske proizvodnje. Stremimo k razvoju, ki bo vključeval zmožnost načrtovanja in prototipiranja različnih arhitektur za nišne aplikacije v tehnologijah od 350 nm do 22 nm in manj (za čipe z najmanjšimi kritičnimi dimenzijami gradnikov bi uporabili linije izven Slovenije, npr. pilotne linije). Za tehnologije 350–180 nm pa stremimo k postavitvi prototipne linije z možnostjo manjše proizvodnje v Sloveniji.

V kombinaciji z lastnimi zmogljivostmi institucij in podjetij na področju testiranja čipov na Si rezinah in pritrjevanja ter povezovanja posameznih čipov in drugih diskretnih elektronskih gradnikov na tiskana vezja ali v posebna ohišja lahko zagotovimo verigo od čipa do elektronskega proizvoda.

2.2.17 Fotonski čipi in gradniki

Poleg tehnologije elektronskih čipov se razvijajo in uveljavljajo tudi nove tehnologije čipov, ki nam že danes omogočajo izdelavo naprav in sistemov z izboljšanimi ali popolnoma novimi funkcionalnostmi (večja hitrost delovanja, manjša poraba energije, boljša zaščita podatkov, višja natančnost zaznavanja, drugačni pristopi k reševanju težav idr.). V okviru razvoja čipov in polprevodnikov mora biti tudi Slovenija vključena v razvoj in ustvarjati nova znanja in inovacije na teh perspektivnih področjih, ki postajajo vse pomembnejši.

Eno od naprednih tehnologij čipov predstavljajo fotonski čipi. Fotonske čipe oziroma fotonska integrirana vezja sestavljajo integrirani gradniki, ki upravljajo svetlobni signal. S svetlobo oziroma fotoni lahko v mnogih primerih določene operacije izvajamo še hitreje in učinkoviteje kot z elektroni in vrzelmi v elektronskih čipih. Pri prenosu hitro se spreminjajočih signalov (stotine GHz), k čemur težijo vsi sodobni računalniki, uporaba svetlobe namesto elektrike omogoča precej manj izgub in s tem manjšo porabo energije.

Za izdelavo fotonskih čipov obstajajo različne materialne platforme, med njimi platforme na osnovi silicija (Si, SiN), zmesnih polprevodnikov iz III. in V. skupine periodnega sistema (GaAs, InP), litijevega niobata, polimerov in druge izvedbe. Pri tem je treba poudariti, da je silicijeva platforma v veliki meri združljiva s tehnologijo CMOS za izdelavo elektronskih čipov. Tako z določenimi nadgradnjami tehnologije CMOS lahko izvajamo raziskave in prototipiranje na področju silicijevih fotonskih čipov tudi v Sloveniji, hkrati pa izkoriščamo možnost za izdelavo kombiniranih elektronsko-fotonskih čipov z novimi funkcionalnostmi.

Fotonski čipi se že dandanes uporabljajo za hiter prenos podatkov (sprejemno-oddajni moduli v podatkovnih centrih), obdelave podatkov (hitro in učinkovito procesiranje podatkov, multipleksiranje in demultipleksiranje signalov), v porastu so raziskave in uporaba na mnogih segmentih senzorike (LIDAR, senzorji molekul, spektroskopije materialov, vlakenski senzorji v povezavi s fotonskimi čipi, senzorji za razpoznavanje obraza v pametnih telefonih in mnoge druge aplikacije). Kvantna narava fotonov hkrati omogoča tudi uporabo fotonskih čipov v kvantnih aplikacijah, kot so kvantna kriptografija, senzorika in kvantno računalništvo. V fotonskih čipih lahko izkoriščamo tudi prednosti mikroelektromehanskih sistemov za vodenje svetlobe (MEMS, MOEMS). Fotonske čipe je tako mogoče uporabljati s celotnim naborom aplikacij (gl. aplikacijske usmeritve), hkrati pa odpirajo pot novim nadgradnjam elektronskih čipov in sistemov. Čeprav je trenutni trg silicijevih fotonskih čipov mnogo manjši kot trg elektronskih čipov, izkazuje veliko skupno letno stopnjo rasti (CARG), ki je do leta 2030 ocenjena na 44 % (slika 1.2(a)).

2.2.18 Kvantni čipi in gradniki

Kvantne tehnologije predstavljajo hitro rastoče tehnološko področje, ki obljublja radikalne preboje v najrazličnejših smereh, kot so npr. komunikacije, senzorika, kriptografija, farmacija, medicina ter kvantno računalništvo. Glavni gradnik kvantnega računalnika je kvantni čip, ki vsebuje veliko število kvantnih bitov (kubitov) in ki je odgovoren za izvajanje računskih operacij na kvantni ravni. Poleg kvantnega čipa, ki obratuje pri kriogenih temperaturah (10 mK), so za delovanje kvantnega računalnika pomembni tudi kontrolna vezja in sistemi za manipulacijo kubitov ter krmilna elektronika in računalniški pomnilnik na sobni temperaturi.

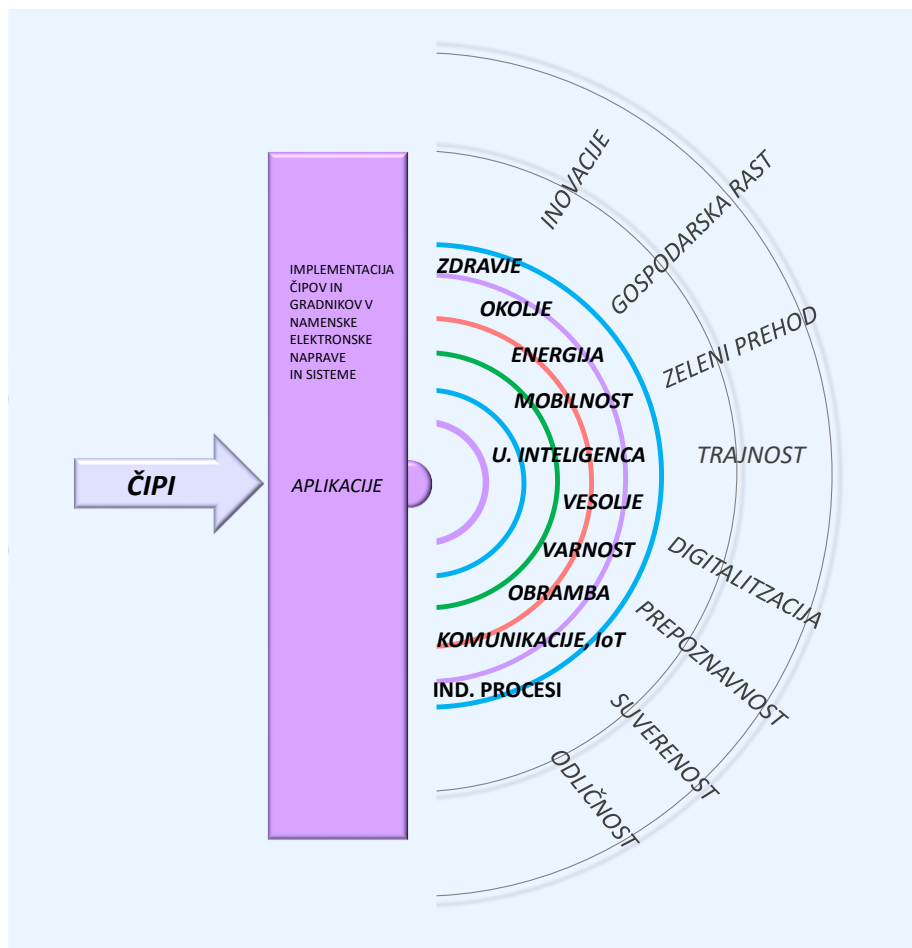
Eno od pomembnih usmeritev v sklopu raziskav na področju kvantnih čipov predstavljajo raziskave superprevodnih kubitov (tj. transmon), pri katerih so obratovalne lastnosti (npr. koherentni čas, residualna upornost) posameznega kubita v veliki meri odvisne od snovnih lastnosti superprevodnih materialov in načina obdelave med celotnim tehnološkim procesom izdelave. Zelo pomembne so natančne analize strukture in površine kubita ter razne meritve električnih lastnosti. Poleg izboljšav lastnosti kvantnih čipov so raziskave usmerjene tudi v izboljšave podpornih členov kvantnega računalnika, predvsem v razvoj energijsko učinkovite pomnilniške celice (CCM), ki deluje pri kriogenih temperaturah, ter v superprevodno logiko (SFQ), ki bi bila povezovalni in kontrolni člen. S tako arhitekturo, pri kateri vsi glavni členi delujejo pri nizkih temperaturah, bi lahko močno izboljšali obratovalne lastnosti kvantnega procesorja.

Z namenom veliko bolj učinkovitega in hitrejšega napredka na področju raziskav in razvoja komercialnih kvantnih čipov sta glavna cilja pridobitev prvega dilucijskega hladilnika in posodobitev (nadgradnja) proizvodne linije za raziskavo postopkov proizvodnje nove generacije superprevodnih kvantnih procesorjev. Ocenjujemo, da bo naslednjih pet let ključnih za razvoj kvantnih tehnologij v Sloveniji in za uveljavitev Slovenije na tem področju v Evropi in svetu.

Aplikacijske usmeritve

Z namenom zagotavljanja čim večjih multiplikativnih učinkov vlaganja v razvoj čipov in polprevodniških tehnologij je smiselno odpreti možnosti in izkoristiti široko izbiro aplikacij, pri čemer elektronske naprave in sistemi kot končni produkti igrajo pomembno vlogo. Pomembno je slediti tudi aktualnim potrebam in možnostim financiranja, upoštevajoč sodobne usmeritve

(digitalizacija, zeleni prehod, trajnostni razvoj in druge). Slika 2.1 prikazuje nekatera pomembna področja možne uporabe – mednje lahko uvrščamo elektronske naprave za (navedeno po abecednem vrstnem redu): avtomobilsko industrijo, energetiko, industrijsko opremo, sodobne komunikacije (optične, brezžične 5G in naslednje generacije, satelitske, kvantne), medicinsko opremo, merilno opremo na različnih področjih, elektronske, fotonske mikromehanske in kvantne senzorske sisteme, umetno inteligenco, varnost in obrambo, vesoljske tehnologije, zeleni prehod, zdravo prehrano in trajnostno kmetijstvo ter drugo.



Slika 2.1: Nabor možnih aplikacij uporabe čipov v elektronskih napravah na različnih področjih (slika iz predstavitvene grafike programa).

Ker so sredstva za raziskave in razvoj v Sloveniji relativno omejena, se je treba usmeriti bodisi v zrele aplikacije, za katere je financiranje zagotovljeno iz tržnih dejavnosti, bodisi v raziskave in razvoj, ki je v evropskem, če že ne svetovnem vrhu in ima potencial za financiranje iz evropskih sredstev. Nekatere od trenutno aktualnih tematik s podporo evropskega financiranja tudi v povezavi s čipi so kvantne tehnologije v povezavi s fotoniko in elektroniko (kvantna distribucija ključa, senzorika, računalništvo), radiofrekvenčne (RF) in teraherčne (THz) tehnologije, tehnologije za umetno inteligenco in druge.

3 SPREMLJANJE IN ODZIVANJE

3.1 Okvirna ocena potrebnih finančnih sredstev

Razvoj visokotehnološkega področja, kot so čipi in polprevodniške tehnologije, zahteva začetne investicije v raziskovalno in razvojno infrastrukturo in kontinuirano sistemsko financiranje tako za izvajanje aktivnosti kot tudi za obratovanje, vzdrževanje in prenavljanje opreme. Pri tem je treba izpostaviti, da področje omogoča velike priložnosti in povračilne učinke (gl. analizo SWOT). Brez investicij v posodobitev in nabavo nove tehnološke in druge opreme se področje ne bo moglo konkurenčno razvijati.

Potrebe po financiranju za izvedbo programa znašajo približno 160 milijonov evrov v obdobju 2025–2030. Financiranje bo zagotovljeno iz državnih sredstev, evropskih in mednarodnih shem ter iz sredstev zasebnega sektorja. Potencialni viri financiranja vključujejo evropske programe, kot so Digitalna Evropa, Obzorje Evropa, Erasmus+, Interreg in Chips JU, STEP ter kohezijska sredstva EU in evropske obrambne sklade (EDF, EDA). Državni viri zajemajo razpise MVZI, ARIS, SPIRIT in podporo na podlagi Zakona o spodbujanju investicij (ZSinv) ter sodelovanje zasebnega sektorja.

Natančna ocena finančnih posledic bo izvedena po sprejetju Programa razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030, konkretno v izvedbenem načrtu, ki ga bo moralo pristojno ministrstvo pripraviti v roku dvanajstih mesecev od sprejetja programa. V izvedbenem načrtu bodo natančno razdelani predvideni ukrepi, določene pravne podlage izvedbe predvidenih ukrepov, mehanizmi financiranja ter finančni viri za izvedbo ukrepov in dosego ciljev Programa razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030, ki jih bodo pristojni resorji zagotavljali v okviru svojih finančnih načrtov ob upoštevanju vsakokratnih javnofinančnih zmožnosti.

3.2 Pričakovane vrednosti ključnih kazalnikov uspešnosti

V tabeli 4.1 navajamo ocene za pričakovane vrednosti nekaterih ključnih kazalnikov uspešnosti, ki smo jih vpeljali v 1.3.2 Ključni kazalniki uspešnosti. Nanašajo se na obdobje do leta 2030. Kot je bilo omenjeno pri vpeljavi kazalnikov, poleg količine pri vseh kazalnikih ključno vlogo tudi kakovost (ni številsko ovrednotena v tabeli).

Podjetja	
Ključni kazalnik	Ocena povečanja do 2030
1. inovacije	+100 %
2. delovna mesta	+50 %
3. nova zagonska podjetja	5 novih
4. izboljšani in novi produkti	+40 mio EUR/letno
5. povečani prihodki in investicije	+80 mio EUR/letno
Raziskovalno-izobraževalne organizacije	

Ključni kazalnik	Ocena povečanja do 2030
Izobraževanje	
1. uspešnost promocij za pridobivanje talentov in povečanje števila vpisnih mest na univerzah s programi z vsebinami s področja programa	50 % za 1. stopnjo in 2. stopnjo študija, 100 % za 3. stopnjo
2. zastopanost, kakovost in sodobnost vsebin s področja pri predmetih na rednih programih	prenova več kot 50 predmetov
3. izvedba in kakovost specializiranih usposabljanj za podjetja	vsaj 10 tečajev
4. usposobljenost in mednarodna vpetost profesorjev	vsaj 10 profesorjev in asistentov na večmesečnih usposabljanjih v tujini
5. vpetost študentov v raziskave in razvoj med študijem	vsaj 20 študentov na leto aktivno vključenih v delo laboratorijev
Raziskave in razvoj:	
1. moderna tehnološka oprema za izdelavo nišnih čipov	+80 mio EUR, povračilni učinki
2. izumi in nove rešitve	+100 %
3. odcepljena podjetja iz organizacij	5 novih
4. pomembne objave in njihova odmevnost	+100 %

Tabela 4.1: Ocena pričakovanih vrednosti izbranih ključnih kazalnikov uspešnosti.

3.3 Krizno spremljanje in odzivanje

Dogodki in pojavi, kot so pandemije, vojne, politična nesoglasja, naravne katastrofe, lahko povzročijo motnje in prekinitve v dobavnih verigah in ogrožajo izvajanje dejavnosti tudi na področju čipov in polprevodniških tehnologij. Posledice pandemije covid-19 so bile na primer glavni povod za ukrepanje na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Evropi, in sicer z namenom okrepitve področja in zagotavljanja lastne proizvodnje čipov in polprevodnikov. Zavedati se je treba, da so trenutno največje koncentracije proizvodnje čipov izven Evrope (Tajvan, Kitajska, ZDA) in da smo s tega vidika v verigi ranljivi. Ob zavedanju, da si brez čipov in polprevodniških tehnologij ter elektronskih naprav sodobnega gospodarstva in življenja ne moremo predstavljati, se poudarja pomen vlaganja v lastni razvoj za zmanjšanje odvisnosti od globalnih dobavnih verig in vzpostavljanja suverenosti držav na tem strateškem področju. To je ključni ukrep za blaženje posledic morebitnih kriz vsaj na določenih delih področja.

V nadaljevanju je podanih nekaj smernic in ukrepov za krizno spremljanje in ukrepanje na področju.

Vloga nacionalnega organa v okviru ukrepov EU

Evropska komisija v okviru Akta o čipih (Poglavje IV, členi 19–27) in drugih izvedbenih dokumentov Evropskega odbora za polprevodnike predvideva ukrepe kriznega spremljanja in odzivanja na skupni ravni članic EU. V kriznem načrtu so opredeljene naloge naslednjih udeležencev: Evropske komisije, pristojnega nacionalnega organa, Evropskega odbora za polprevodnike, Sveta EU in skupine drugih vključenih udeležencev (podjetja, RO, mednarodni partnerji, države članice, tretje države in drugi). V tem načrtu so za državno raven opredeljene naslednje naloge:

- pristojni nacionalni organ mora v primeru zaznavanja tveganja za resno motnjo na državni ravni opozoriti Evropsko komisijo,
- nacionalni predstavnik v Evropskem odboru za polprevodnike sodeluje pri spremljanju situacije in postopka, sodeluje pri posvetovanju o aktiviranju kriznega stanja, v času kriznega postopka je informiran o ukrepih in lahko zaprosi za dodatne ukrepe, komisijo obvešča o nacionalnih ukrepih in soodloča pri zaključku kriznega stanja.

Evropska komisija skupaj s Svetom EU in Evropskim odborom za polprevodnike odloča o dejanski izvedbi ukrepov, kot so zbiranje dodatnih informacij in predvsem odločitev za prednostna naročila in skupne nabave.

Ukrepi na državni ravni

Poleg aktivne vključenosti na evropski ravni se na državni ravni predvidevajo naslednji ukrepi, usmerjeni v spremljanje in krizno ukrepanje na državni ravni:

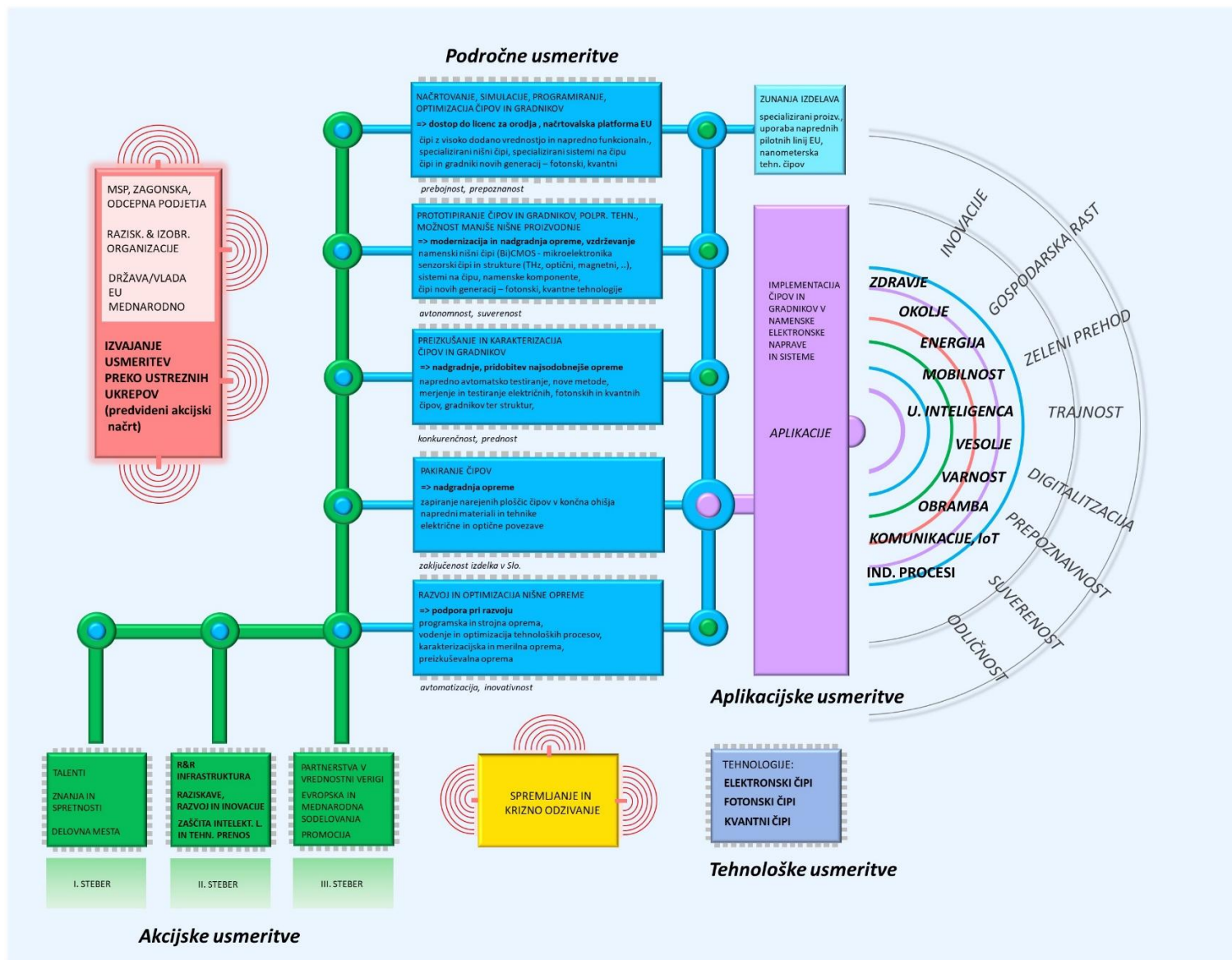
1. Uskladitev in določitev izvedbenih nalog s strani državnega pristojnega organa (pod okriljem MDP).
2. Identifikacija potencialno kritičnih delov in proizvodov v državni vrednostni verigi polprevodnikov v odvisnosti od globalne dobavne verige.
3. Izvedba analize možnosti premostitev morebitnih prekinitev z lastnimi kapacitetami (pomen nadgradnje in zagotovitev nove sodobne tehnološke opreme za prototipiranje in manjšo serijsko proizvodnjo).
4. Vzpostavi se kontaktna točka za povezovanje, informiranje in spremljanje situacije v zvezi s kriznimi razmerami na državni ravni.
5. V primeru identifikacije krizne situacije na državni ravni se poleg sprožitve ukrepanja na ravni EU (zgornji ukrepi) s pomočjo povezane mreže kompetenčnih centrov vzpostavijo dodatni stiki z dobavitelji, iščejo se alternativne možnosti (diverzifikacija dobavnih verig) in prizadeva se za vzpostavitev prednostnih naročil za slovenska podjetja.
6. Kontaktna točka v primeru motenj ali kriznih situacij informira pristojna ministrstva za posredovanje ob pomoči diplomatskih povezav z državami, v katerih nastopi motnja ali prekinitev dobavne verige in si skupaj prizadevajo za odpravo tudi po tej poti.
7. Ob morebitnih zaznanih motnjah lahko vsakdo poroča v sistem za spremljanje polprevodniške vrednostne verige na [EUSurvey - Survey \(europa.eu\)](https://survey.europa.eu).
8. Po potrebi se izdela podrobnejši nacionalni načrt spremljanja in kriznega ukrepanja (npr. po zgledu modela [SCAN](#) (*Supply Chain Alert Notification*) za polprevodnike ali po drugi ustrezni metodologiji).

PRILOGE

Priloga 1: Grafika programa

Priloga 2: Slovenska vrednostna veriga polprevodnikov

Priloga 1: Grafika programa



Slovenska vrednostna veriga polprevodnikov^{*, **}

Meroslovje & pregledi

RLS d.o.o., Dewesoft d.o.o., Instrumentation technologies d.o.o., Renishaw d.o.o., SMARTronik d.o.o., Iskraemeco d.d.,

Sestavni deli opreme za proizvodnjo, sestavljanje in pakiranje čipov

Stelem d.o.o.,
Iskra PIO d.o.o.,
KARBA mge, d.o.o.,
TRM Filter d.o.o.,
NKM d.o.o.,
MESSER SLOVENIJA d.o.o.,
LONSTROFF d.o.o.,
CAMFIL d.o.o.,
NAYA LIFE SCIENCES d.o.o.,
Cleangrad d.o.o.,
Alfa Laval d.o.o.,

Oprema za proizvodnjo, sestavljanje in pakiranje čipov

miDALIX d.o.o.,
LPKF Laser & Electronics
d.o.o.,

Orodja za načrtovanje čipov

Načrtovanje integriranih vezij

Beyond Semiconductor d.o.o.,
Skylabs d.o.o., Elaphe d.o.o.,
RLS d.o.o.,
Renishaw d.o.o.,
STMicroelectronics d.o.o.,
Cosylab d.d.,

Proizvodnja čipov

Sestavljanje & pakiranje čipov

L-Tek d.o.o., KENS d.o.o.,
RLS d.o.o., Renishaw d.o.o.,
SMARTronik d.o.o., EMS Place d.o.o., Proplace
d.o.o., INTECTIV d.o.o., PCBontime d.o.o., LSP
d.o.o., ALTEL PCB d.o.o., Smart key d.o.o.,
Mi elektronika d.o.o., SMT d.o.o.,
ATECH d.o.o., FTA d.o.o.,

Surovine

Cinkgrna Celje,
TKI Hrastnik d.d.,
Istrabenz plini d.o.o.,
Belinka Perkemija d.o.o.,
MESSER SLOVENIJA d.o.o.

Sestavni deli

Diotec d.o.o., HYB d.o.o., ELVEZ d.o.o.,
Elgoline d.o.o., Lingva d.o.o., AKA
PCB d.o.o., INTECTIV d.o.o., Luznar
d.o.o., Gromark d.o.o., PCBontime
d.o.o.,
KEKON d.o.o.,
Stelem d.o.o.,
RESISTEC UPR d. o. o. & CO. k. d

Podjetje, ki integrira vse procese v proizvodnji polprevodnikov od načrtovanja do izdelave končnih izdelkov

R&D / Izobraževalne aktivnosti / Podporne storitve

Inštitut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Novi Gorici, Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije – Nanocenter, GZS-Zbornica elektroindustrije, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (IMT), Inženirska akademija Slovenije (IAS), Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale (MIDEM), KLIMER ŠTIRN & Co. d.o.o.

vir: pripravljeno po modelu Venture IQ - Dutch Semiconductor Industry Value Chain Overview

*posamezna organizacija je lahko uvrščena v več kategorij

**pripravljeno po najboljšem vedenju, popravki so mogoči tudi kasneje

Področja aplikacij

- **Letalstvo & obramba** (Skylabs d.o.o., Beyond Semiconductor d.o.o., Vesolje-SI, ELEM, Leon Pavlovič s.p., Balmar d.o.o.,
- **Satelitska komunikacija** (Skylabs d.o.o.,
- **Agroživilstvo** (Sinergise d.o.o.,
- **AI aplikacije** (
- **Avtomobilska industrija** (Elaphe d.o.o., Mahle d.o.o., AKA PCB d.o.o., Hella Saturnus d.o.o., Hidria d.o.o., ACS Slovenski avtomobilski grozd,
- **(Potrošniška) Elektronika** (AKA PCB d.o.o.,
- **Prenos podatkov** (
- **Znanosti o življenju in zdravju** (HYB d.o.o., Cosylab d.d., Innovation Technologies d.o.o., Lonstroff d.o.o.,
- **Industrijska oprema** (HYB d.o.o.,
- **Audio & video** (
- **Obnovljivi viri energije** (Bisol Group d.o.o.,
- **Telekomunikacije/mobilno/5G** (
- **Varnost** (
- **Znanost / R&D** (IJS, UL FE, UL FRI, UM FER, UNG,
- **Polprevodniki** (
- **Pametne rešitve** (

Taksonomija

Meroslovje in pregledi - dobavitelji opreme in storitev za meroslovje, preglede in testiranje: sistemi za pregledovanje rezin, sistemi za pregledovanje elektronskih žarkov, sistemi za pregledovanje svetlega polja, sistemi za pregledovanje temnega polja, meroslovni sistemi ebeam, pregledovanje načrtovanja IC, oprema ATE, EMC, pozicioniranje rezin, vezava rezin, mehanska, tankoslojna, kemična, RF in mikrovalovna, fotonska IC, optika, spektralno in barvno testiranje, testiranje pakiranja, programska oprema, masni pretok plina in tekočin, merjenje tlaka.

Surovine - materiali za izdelavo čipov: rezine, kovinski prah, materiali za sestavljanje.

Sestavni deli opreme - Sestavni deli za opremo, s katero se izdeluje, testira, pakira, sestavlja čipe: hranilniki rezin, pozicioniranje rezin, stabilizacija rezin, stabilizacija maske, optika, laserska mehatronika, hladilni sistemi, čisti prostori, vakuumski sistemi, kovinske komponente, druge komponente.

Oprema - stroji za proizvodnjo, sestavljanje in pakiranje čipov: litografija, ALD, CVD, PVD, epitaksija z molekularnim žarkom, jedkanje, fotorezist, orodja, premazi, razrez, pakiranje, napredno pakiranje in 3D zlaganje, fotonski sklop IC, MEMS, RF, senzorji, sistemska integracija, pakiranje.

Orodja za načrtovanje čipov - programska oprema za načrtovanje čipov/arhitekture: EDA, IP načrtovanje, FPGA arhitektura, vgrajena programska oprema, orodja za načrtovanje.

Načrtovanje integriranih vezij - načrtovanje polprevodnikov (storitve), prodaja intelektualne lastnine na področju načrtovanja čipov: FPGA, ASIC, ASPIC, PMIC, SoC, MEMS, Lab-on-Chip design, senzorski vmesniki.

Proizvodnja čipov - proizvodnja čipov z lastnimi tovarnami za tretje osebe: fotonska tovarna IC, tovarna MEMS

Sestavljanje & pakiranje - ponudniki storitev, ki sestavljajo in pakirajo čipe: rezanje, pakiranje, napredno pakiranje in 3D zlaganje, OSAT, EMS, mikro-sestavljanje (RF, PIC).

Komponente - aktivne in pasivne komponente za izdelavo in sestavljanje čipov: diode, tranzistorji, aktivna elektronika, pasivna elektronika, proizvajalec tiskanih vezij itd.

Podjetje, ki integrira vse procese v proizvodnji polprevodnikov od načrtovanja do izdelave končnih izdelkov (IDM) – organizacije, ki združujejo dva ali več čipov v (pod)izdelek: upravljanje porabe energije, mikroprocesorji, mikrokrmilniki, obdelava signalov, RF in mikrovalovne komponente, optika, fotonika in senzorji, avdio/video/radio, vmesniki & izolacija, brezžična povezljivost, ura in čas, pomnilnik, izdelki, specifični za industrijo (LiDar).

R&D / Izobraževalne aktivnosti / Podporne storitve – ponudniki storitev, vključno s tistimi za raziskave in razvoj, inženiring, finance in razvoj, trgovino in logistiko itd.: raziskave in razvoj, inženirsko svetovanje, sistemski inženiring, MPM, industrijska avtomatizacija, strojništvo, elektrotehnika, razvoj programske opreme, razvoj izdelkov/aplikacij, izdelava prototipov, upravljanje življenjskega cikla izdelka, upravljanje življenjskega cikla aplikacije, finance, tvegani kapital, pospeševalniki, usposabljanje in coaching, poslovni razvoj, trgovanje (novo + rabljeno), popravilo in vzdrževanje, trženje in distribucija.

Področja aplikacij - organizacije, kot so ODM in sistemski integratorji, ki naredijo končni izdelek za: npr. letalstvo in obramba (RFIC, radar, optični senzorji, PIC), satelitska komunikacija (antena, ojačevalniki, fazni preklopniki), agroživilstvo (RFIC, optični senzorji, PIC), aplikacije AI (AIoT IC, nevromorfni AI-IC), avtomobilska industrija (SoC, MEMS, RFIC, NFC, LiDar, PMIC, optični senzorji), (potrošniška) elektronika (PIC, RFIC, RFID-IC, LED osvetlitev), prenos podatkov (optični SoC, PIC, hlajenje čipov), znanosti o življenju in zdravju (merilna naprava PIC, Lab-on-Chip, optični SoC, fotonski biosenzor, diagnostika, pametni SFP), industrijska oprema (oprema za testiranje, kalorimetrija IC, senzorji za plin/vakuum, programska oprema za simulacijo procesa OLED), avdio in video (ASSP, avdio IC, sistemi video DSP), obnovljivi viri energije (optične meritve PIC), telekomunikacije/mobilno/5G (RFIC, brezžične naprave, optični prenos podatkov, pametni SFP, fotonske naprave (PIC)), varnost (vložki RFID, biometrija, bančne kartice, antena RFID), znanost / raziskave in razvoj (raziskovalni instrument z biosenzorjem), polprevodniki (proizvodna oprema IC), pametne rešitve (pametna kartica IC/RFIC/SoC, IoT)

vir: pripravljeno po modelu [Venture IQ - Dutch Semiconductor Industry Value Chain Overview](#)