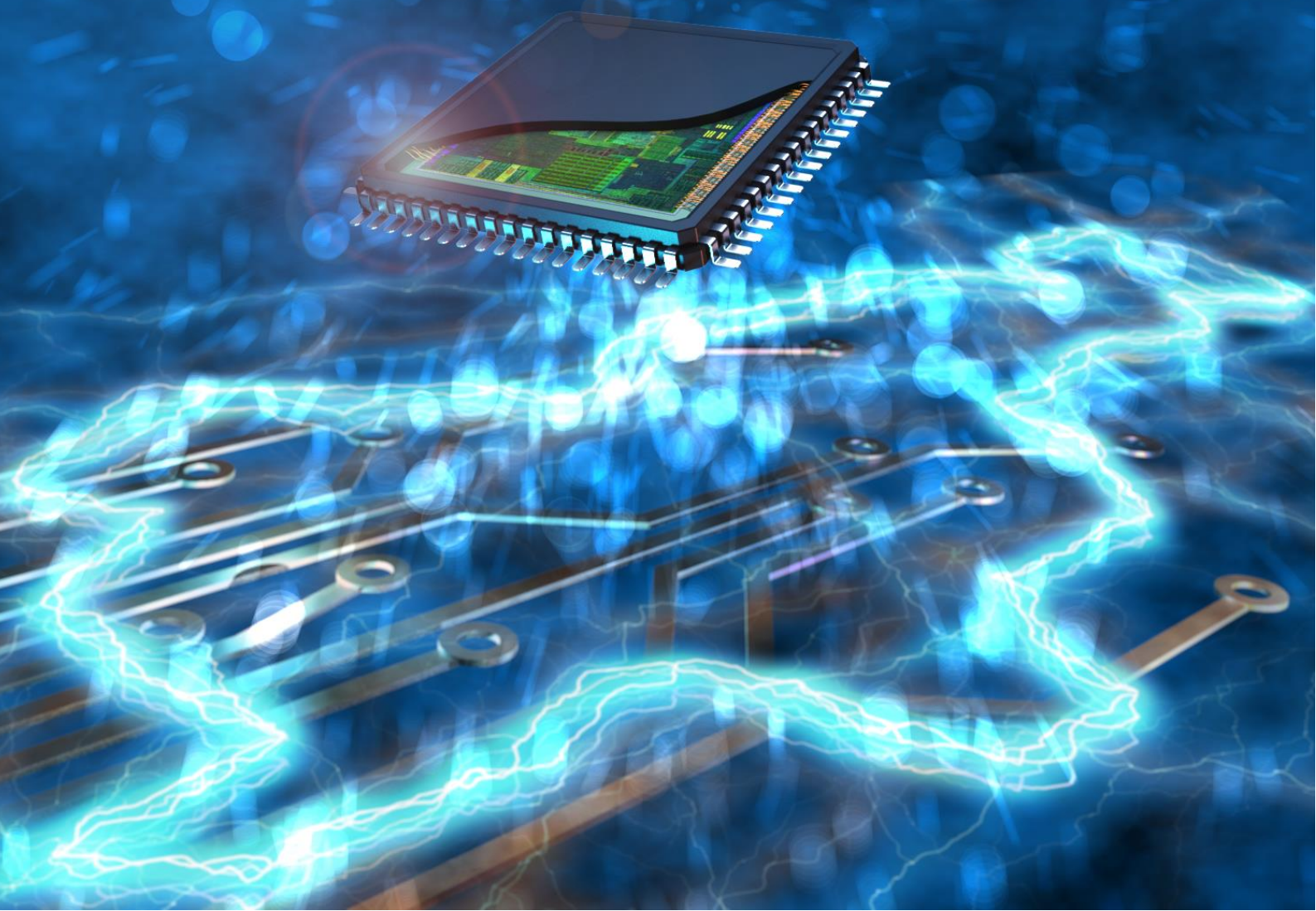




REPUBLIKA SLOVENIJA
VLADA REPUBLIKE SLOVENIJE

Program razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030



Verzija 1.0
23.7.2024

KAZALO

POVZETEK	5
Namen programa	13
Vizija	13
Osnovni strokovni pojmi	14
1 STANJE IN IZHODIŠČA	15
1.1 Pomen čipov in polprevodniških tehnologij.....	15
1.1.1 Splošni pomen.....	15
1.1.2 Vloga pri strateških usmeritvah Evrope	15
Digitalizacija	16
Zeleni prehod in trajnostna energetika	16
Ključne omogočitvene tehnologije	16
1.1.3 Pomen za razvoj Slovenije	16
Gospodarski pomen.....	16
Družbeni pomen.....	18
1.2 Pregled stanja in trendi.....	19
1.2.1 Svet	19
1.2.2 Evropa	20
1.2.3 Slovenija	22
Stanje in izzivi	22
Analiza SWOT.....	26
Vpetost v nacionalne programe in resolucije.....	29
Sinergije z ostalimi strategijami.....	29
1.3 Izhodišča in kazalniki uspešnosti	30
1.3.1 Izhodišča	30
1.3.2 Določitev ključnih kazalnikov uspešnosti	30
2 CILJI IN USMERITVE	32
2.1 Ključni cilji.....	32
2.2 Usmeritve razvoja	32
Akcijske usmeritve	33
STEBER I	33
2.2.1 Talenti.....	33
2.2.2 Znanja, spretnosti in kompetence	36

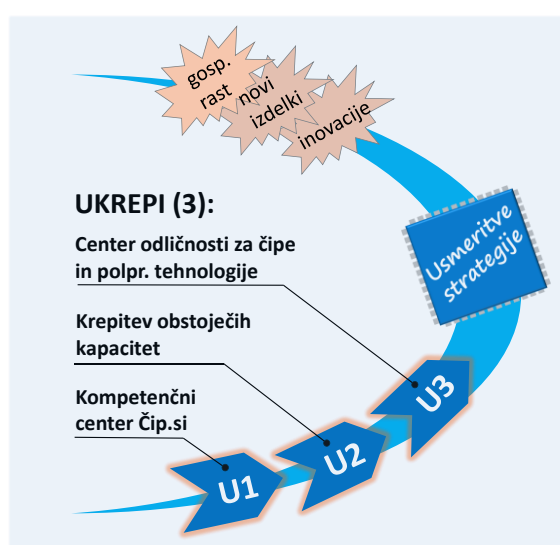
2.2.3	Delovna mesta.....	41
STEBER II.....		42
2.2.4	Raziskovalna in razvojna infrastruktura.....	42
2.2.5	Raziskave, razvoj in inovacije.....	46
2.2.6	Zaščita intelektualne lastnine in tehnološki prenos.....	48
STEBER III		50
2.2.7	Partnerstva in povezovanje za krepitev celotne vertikale	51
2.2.8	Povezovanje za krepitev celotnega ekosistema elektronske industrije	53
2.2.9	Evropska in mednarodna sodelovanja	54
2.2.10	Promocija področja	57
Področne usmeritve		58
2.2.11	Načrtovanje čipov in gradnikov.....	59
2.2.12	Prototipiranje čipov in gradnikov z možnostjo manjše nišne proizvodnje.....	61
2.2.13	Testiranje in karakterizacija čipov ter gradnikov	64
2.2.14	Pakiranje čipov	66
2.2.15	Razvoj in optimizacija nišne opreme	68
Tehnološke usmeritve		70
2.2.16	Elektronski čipi in gradniki.....	70
2.2.17	Fotonski čipi in gradniki	71
2.2.18	Kvantni čipi in gradniki	72
Aplikacijske usmeritve.....		72
3	UKREPI IN FINANCIRANJE.....	74
3.1	Ukrepi.....	74
3.1.1	Kompetenčni center Čip.si	75
3.1.2	Krepitev obstoječih kapacitet.....	76
3.1.3	Center odličnosti za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij.....	77
	Časovnica izvajanja ukrepov	79
3.2	Financiranje	80
3.2.1	Obstoječe stanje financiranja.....	80
3.2.2	Potrebe po financiranju za izvedbo ukrepov programa	81
3.2.3	Možnosti financiranja.....	82
4	SPREMLJANJE IN ODZIVANJE.....	86
4.1	Pričakovane vrednosti ključnih kazalnikov uspešnosti	86
4.2	Krizno spremljanje in odzivanje.....	87

PRILOGE	89
Priloga 1: Grafika programa.....	90
Priloga 2, str. 1 od 3: Slovenska vrednostna veriga polprevodnikov	91

POVZETEK

Čipi (integrirana vezja) predstavljajo osrednji del vsake sodobne elektronske naprave. Brez njih si našega vsakdanjega življenja skorajda ne moremo predstavljati. Omogočajo nam hiter dostop do informacij, komunikacijo na daljavo, učinkovito delo in drugo. Obenem 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 ter učinkovitejše rabe energije. So ključni element pametnih in trajnostnih izdelkov, storitev z visoko dodano vrednostjo in predstavljajo strateško panogo gospodarstva.

V pričujoči *Program razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji do leta 2030* podajamo usmeritve razvoja, strokovne rešitve in ukrepe za realizacijo.



Program razvoja čipov in polprevodniških tehnologij (2025-2030) in njeni ukrepi za doseg ciljev.

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 letnem nivoju leta 2030 presegel 1 bilijon (1000 mrd) USD¹. 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 prekinitve v globalnih dobavnih verigah čipov zaradi pandemije Covid-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 % letno rast globalnega trga. Izpostaviti velja, da

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

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, pomembnejši proizvajalci že gradijo velike nove proizvodne obrate z najsodobnejšimi tehnologijami za izdelavo čipov.

Tudi Slovenija ne sme zamuditi trenutnega trenda na 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 v podjetjih. Na področju mikroelektronike in polprevodnikov ima Slovenija že več kot 50-letno tradicijo. Kljub pomanjkljivim vlaganjem v opremo v preteklosti predstavljajo pridobljena vrhunska znanja in spretnosti odličnih raziskovalnih skupin in podjetij 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 potrebno posvetiti tudi pridobivanju novih talentov. **Slovenija ne stremi k masovni proizvodnji velikopotrošnih čipov, ampak 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, kjer čipi in polprevodniške tehnologije predstavljajo ključno 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 omogočili našim visokotehnološkim podjetjem in raziskovalno-izobraževalnim organizacijam 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 kvalitetno izobraženih in usposobljenih strokovnjakov s področja čipov in polprevodniških tehnologij. **Razvoj področja skupaj s povečanjem vpisa na ustrezne visokošolske smeri in promocijo področja potrebujemo kot magnet za talente.** 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:

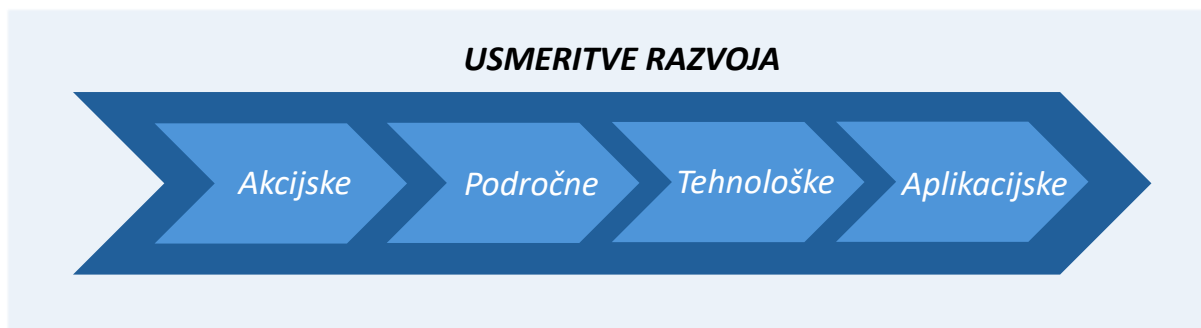
- **Modernizirati in znatno okrepiti raziskovalno in razvojno infrastrukturo ter aktivnosti** na področju razvoja čipov in polprevodniških tehnologij v celotni vertikali, od izobraževanja, raziskav in inovacij, prototipov in nišnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo. S tem bi okrepili celoten nacionalni ekosistem elektronske industrije (multiplikativni učinki) in povečali konkurenčnost gospodarstva.
- **Pridobiti nove talente** in ustvariti potrebno kritično maso motiviranega strokovnega kadra. Preko izobraževanja s sodobnimi vsebinami lahko zagotovimo visoko usposobljene

strokovnjake. Potrebno je poskrbeti za zadržanje strokovnjakov in jim ponuditi kreativna delovna mesta.

- V povezavi s prejšnjima ciljema **povečati število in kvaliteto 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 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 široko paleto 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, kjer 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 ostali s pripadajočo integrirano analogno in digitalno elektroniko za uporabo na široki paleti 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, MOEMS strukture, 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. preko pilotnih linij v okviru Chips JU in drugih razpoložljivih linij).
- 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 z MEMS (*micro-electromechanical system*) in MOEMS (*micro-optoelectromechanical systems*) strukturami, čipi za zagotavljanje pravilnega in varnega delovanja osnovnih čipov, čipi za zajem in obdelavo video signalov, 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).
- Sledenje in prilagajanje načrtovalskih usmeritev aktualnim izzivom potrebam na trgu.

Ukrepi in potrebe po financiranju

Predvideni so trije večji ukrepi za izvedbo programa (gl. uvodno sliko):

- **U1: Ustanovitev Kompetenčnega centra Čip.si**
- **U2: Krepitev obstoječih kapacitet**
- **U3: Ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije**

Ukrep U1 se veže neposredno na vzpodbude in cilje EU, medtem ko sta ukrepa U2 in U3 nacionalne narave s sinergijskimi učinki visokotehnološkega stičišča med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami (RO) in podjetji.

U1: Ustanovitev Kompetenčnega centra Čip.si

Časovnica: od začetka 2025 do konca 2028 (4 leta, vezano na sofinanciranje Chips JU)

Potrebe po financiranju: 1 mio EUR letno (0,5 mio EU + 0,5 mio nacionalno), skupaj 4 mio EUR v štirih letih

U2: Krepitev obstoječih kapacitet

Časovnica: od začetka 2025 - 2030 (časovno obdobje programa in naprej)

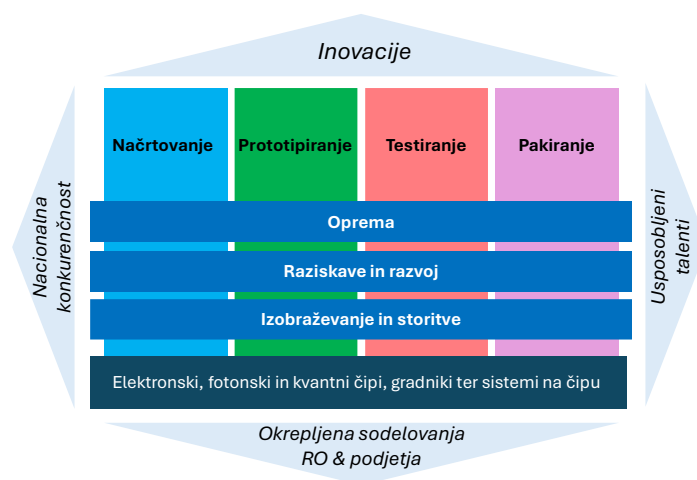
Potrebe po financiranju: RO: 30 mio EUR začetne investicije + 5 x 0,5 mio letno, podjetja 20 mio EUR + v primeru Scenarija 1 +30 mio EUR (gl. pojasnilo pri U3)

U3: Ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije

Časovnica: sredina 2026 – 2030 in delovanje naprej

Potrebe po financiranju: RO: 70 mio EUR začetne investicije + 4 x 2 mio letno, podjetja: v primeru Scenarija 2 se 30 mio EUR prenese iz U2 v U3 (odvisno od inštrumentov izvajanja podpore podjetjem)

SKUPAJ U1-U3: za RO **115 mio EUR** + za podjetja **50 mio EUR** = **165 mio EUR**



U3: Aktivnosti Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.

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.

Dodatni viri evropskega in nacionalnega financiranja za izvedbo programa so opredeljeni v programu. Prav tako navajamo predvideno **povečanje ključnih kazalnikov uspešnosti** ob izvajanju ukrepov programa v letu 2030 in usmeritve glede kriznega spremljanja in odzivanja.

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 vzpodbujati 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 kvalitetna delovna mesta visoko izobraženim kadrom s področja v industriji
<i>Usmeritev 2:</i> Nova zagonska in odcepa 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> Nudnje 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 Zaščita 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> Okrepiti povezovanja znotraj ekosistema
<i>Usmeritev 2:</i> Vzpostaviti interdisciplinarna povezovanja z drugimi panogami
<i>Usmeritev 3:</i> Okrepiti vpetost 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 iniciativah
<i>Usmeritev 4:</i> Povezovanje Kompetenčnega centra v mrežo evropskih kompetenčnih centrov
<i>Usmeritev 5:</i> Bilateralno sodelovanje z državami, zlasti sosednjimi
<i>Usmeritev 6:</i> Izkoristiti 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> Okrepiti povezave in sodelovanja med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami in podjetji
<i>Usmeritev 2:</i> Omogočiti koriščenje 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 (Bi)CMOS proces za prototipiranje in omogočanje manjše proizvodnje nišnih elektronskih čipov
<i>Usmeritev 2:</i> Nadgradnja tehnološke opreme za ftonske čipe in gradnike
<i>Usmeritev 3:</i> Nadgradnja opreme za kvantne tehnologije
<i>Usmeritev 4:</i> Izdelavo 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 kompleksnih 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 paleta 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, predlagati konkretne ukrepe, rešitve in opredeliti okvir financiranja ter možne vire. 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 nižnjih 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. Del predlaganih ukrepov se navezuje neposredno na ukrepe Evropske komisije v okviru Skupnega podjetja za čipe (Chips JU), kot je ustanovitev Kompetenčnega centra. Drugi del predlaganih ukrepov, ki so ključni za nadaljnji razvoj področja v Sloveniji, se navezuje na nacionalne investicije, kamor spadata ukrepa Krepitev obstoječih kapacitet in ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.

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 nižnjih 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**. Tranzistorji 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 polprevodnikih oziroma strukturah, sestavljenih iz njih, lahko z električnimi ali drugimi signali učinkovito upravljamo z nosilci naboja (elektroni 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), imenujemo procese in dejavnosti izdelave čipov **mikroelektronika** oziroma dandanes že pogosto **nanoelektronika**.

Najbolj uveljavljena tehnologija izdelave čipov se imenuje po tako imenovani vezavi komplementarnih tranzistorjev tipa kovina-oksida-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, mikrokontrolerji, splošni digitalni čipi) je potrebno izpostaviti pomen čipov, ki so načrtovani in prilagojeni za specifične aplikacije (angl. "Application Specific Integrated Circuits"), na kratko jih 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 na pomenu vse bolj pridobiva razvoj čipov novih generacij, mednje spadajo ftonska integrirana vezja oziroma **fotonski čipi** in **kvantni čipi**. V ftonskih čipih vlogo elektrona prevzame osnovni delec svetlobe, tj. foton. V kvantnih čipih izkoriščamo t. i. kvantno-mehanske lastnosti različnih delcev. Fotonski in kvantni čipi kot samostojni čipi ali v integraciji z elektronskimi čipi ponujajo vrsto novih in neizmerno izboljšanih funkcionalnosti na določenih področjih komunikacij, simulacij, računalništva in senzorike.

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 ključnega pomena za neizbežne tehnologije bližnje prihodnosti, kot so umetna inteligenca, računalništvo z manjšo porabo energije, komunikacije 5G/6G, internet stvari ter platforme za robno, oblračno in visokozmogljivo računalništvo.

Za izdelavo čipov potrebujemo namenske polprevodniške tehnologije. Večji del proizvodnje čipov trenutno poteka na Tajvanu, Južni Koreji in na Kitajskem, Evropa pokriva le okoli 10 % tržnega deleža proizvodnje čipov. Nedavna pandemija Covid-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, varovanju okolja, soprispevanju k naši varnosti in obrambi. Omogočajo sodobni razvoj družbe.

Vzpodbude in podpore na področju čipov in polprevodniških tehnologij vodijo do multiplikativnih učinkov na mnogih področjih in 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 ustanovitvijo Skupnega podjetja za čipe - [Chips JU](#), ki vključujeta vrsto ukrepov za nov zagon in zagotavljanje večje tehnološke suverenosti in manjših tveganj znotraj globalnih dobavnih verig. Čipi in polprevodniške tehnologije so neizogibne 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 in ponovni uporabi izdelkov ter 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 njimi 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 €.

Okrepitev slovenskega polprevodniškega ekosistema, kjer čipi in polprevodniške tehnologije predstavljajo ključno dejavnost, je izjemnega pomena za slovensko gospodarstvo. 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 samo 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 nacionalne varnosti.
- Zagotavljanje varnosti oskrbe in odpornosti v celotni dobavni verigi za te ključne izdelke je bistvenega pomena za prihodnost evropskih držav, kar Evropska komisija naslavlja tudi z Aktom 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 visokotehnoške opreme pri razvoju in izdelavi čipov in elementov.

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

Stanje izvoza:

Polprevodniške naprave so pomemben del slovenskega izvoza. V 2023 je Slovenija izvozila 111,4 mio EUR 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 izvažata v Italijo (30,3 mio EUR oz. 27 % vsega izvoza polprevodniških elementov), Srbijo (7 mio EUR; 6,3 %), Nemčijo (6,7 mio EUR: 6 %), Švico, Nizozemsko, Belgijo, Hrvaško. Od leta 2020 se je vrednostno najbolj povečal izvoz polprevodniških elementov v Italijo, Hrvaško, Romunijo, Švico, Ukrajino, Švedsko, najbolj zmanjšal pa na Poljsko, Nemčijo, Belgijo, Francijo. Izvozniki so proizvajalci elektronskih komponent, ki so v letu 2022 ustvarili 426 mio EUR čistih prihodkov od prodaje in 13,5 mio EUR dodane vrednosti.

Stanje uvoza:

V 2023 je Slovenija uvozila 230,6 mio EUR 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 uvažata iz Kitajske (75 mio EUR oz. tretjino vsega uvoza polprevodniških elementov), Nemčije (71 mio EUR; 31 %), Nizozemske (36,7 mio EUR: 16 %), Belgije, Danske, Poljske 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 in prikolic ter polprikolic ter proizvajalci raznovrstnih električnih naprav.

Pomembni vidiki za slovensko gospodarstvo:

- **Dostopnost:** vzdržnost oskrbovalnih verig čipov in elektronskih komponent, zagotavljanje boljših dobavnih in logističnih poti ob izkoriščanju možnosti lastne nišne proizvodnje je naš poglobitveni cilj. Pomembno je tudi skrbno spremljanje geo-političnega dogajanja ter

priprava različnih scenarijev v primeru prekinitve dobavnih verig. Pri tem igra ključno vlogo zmožnost lastne proizvodnje, vsaj v omejenem obsegu.

- **Kvaliteta:** slovenska podjetja in druge organizacije imajo veliko izkušenj na področju zagotavljanja kakovosti, testiranja in meritev v povezavi s čipi in polprevodniki. Tukaj med drugim opozarjamo na poseben pomen standardizacije in meroslovja.
- **Dvig konkurenčnosti:** z vidika re-industrializacije je povečanje proizvodne zmogljivosti in razvoj čipov v EU in Sloveniji izjemnega pomena. Pri tem igra veliko vlogo tudi krepitev zmogljivosti za inovacije na področju načrtovanja, izdelave in pakiranja naprednih čipov.
- **Administrativna in davčna bremena:** poudarjamo nujnost zmanjšanja administrativnih bremen in regulacije za izgradnjo in okrepitev slovenskega polprevodniškega ekosistema.
- Opredelitev **strategije intelektualne lastnine** glede polprevodnikov za Slovenijo. V EU raziskavi o čipih se je 15 % podjetij na strani kupcev opredelilo, da jim je 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.
- **Povezovanje** podjetij in raziskovalno-izobraževalnih organizacij v mrežo nacionalnih kompetenčnih in centrov odličnosti, ki olajšujejo dostop in zagotavljajo strokovno znanje in inovacijske storitve skupnostim in industrijam končnih uporabnikov. S tem se pospeši razvoj novih proizvodov in aplikacij ter posledično okrepi delovanje trga. GZS tukaj deluje tudi kot povezovalec 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, 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, ponujajo kreativna, visokokvalitetna 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 višanju prepoznavnosti Slovenije na svetovnem zemljevidu. In s tem k blaginji družbe in države.

Sodobne tehnologije ponujajo nove možnosti kulturnega in umetniškega ustvarjanja. Sodobna glasbena, likovna in ostale umetnosti dopuščajo uporabo različnih elektronskih rešitev in pripomočkov (snemalniki zvoka in slike, naprave za oblikovanje in ustvarjanje zvoka, digitalni fotografski pripomočki). Med njimi tudi naprednejši elektronski sistemi 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.

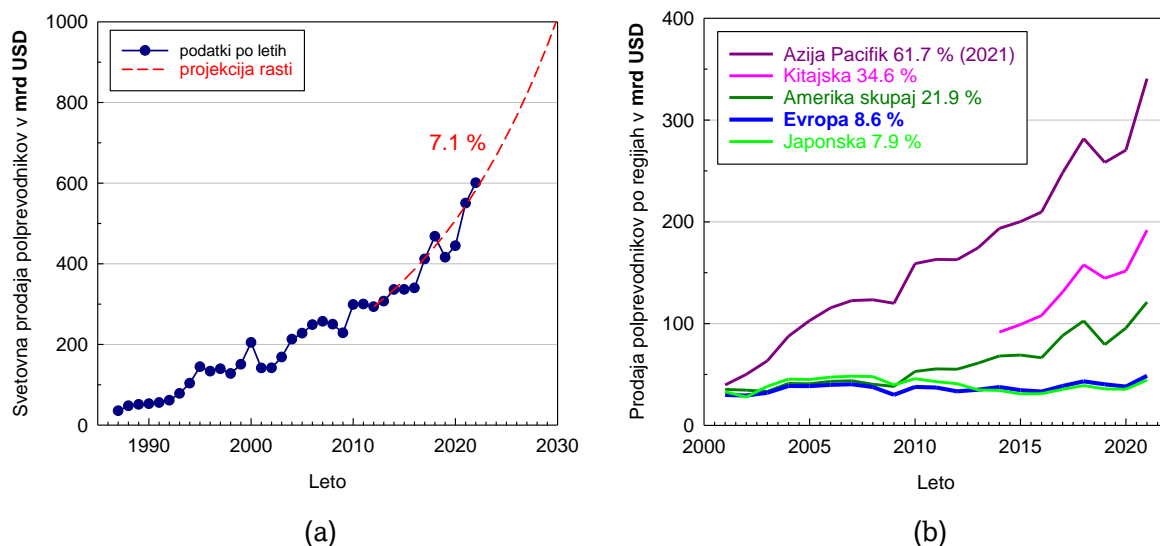
Vlaganja v lastni razvoj čipov in polprevodniških tehnologij zaradi strateškega pomena te neizogibne tehnologije sedanjosti in prihodnosti pomeni tudi neposredno naložbo k blaginji naše družbe in države.

Slovenija mora, tako kot ostale članice EU, izkoristiti priložnosti, ki jih ponuja naslednje petletno obdobje in tudi z lastnimi investicijami podpreti strateško področje čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji (gl. 3.1 Ukrepi).

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 letnem nivoju leta 2030 presešel 1 bilijon (1000 mrd) USD. Stanje in trend naraščanja trga prikazuje slika 1.1(a). Najnovejše napovedi nekaterih večjih podjetij celo kažejo na višjo stopnjo rasti in znatno preseganje navedene skupne vrednosti do 2030.

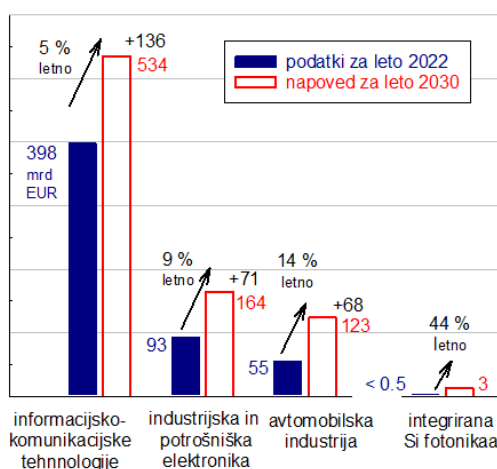


Slika 1.1: (a) Trend naraščanja svetovnega trga polprevodnikov. (b) Rast trga po regijah (podatki na obeh grafih povzeti po dokumentu [A Chips Act for Europe – Commission staff working document](#)).

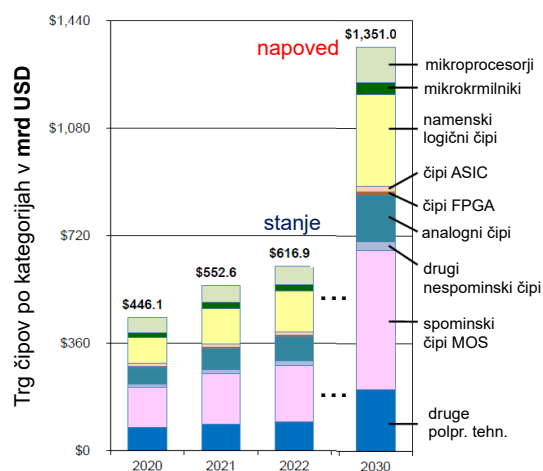
Na sliki 1.1(b) je prikazana rast trga po posameznih svetovnih regijah. Največji delež trga predstavlja Azija (~ 62 % v 2021), kjer večinski delež predstavlja Kitajska, sledi Amerika, nato Evropa in Japonska z manjšim odstotnim deležem (7 – 9 %).

V industriji polprevodnikov igra Tajvan trenutno največjo vlogo s 65 % deležem. Pri tem podjetje Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) pokriva 53-odstotni delež na svetovnem trgu. Naslednji največji delež pokriva korejski Samsung s 17,1 % tržnim deležem. Druga vodilna podjetja 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 zavzemajo v svetovnem merilu največji tržni delež informacijsko-komunikacijske tehnologije, sledijo industrijska in potrošniška elektronika ter avtomobilsko industrija. Integrirana silicijeva fotonika, kot ena izmed 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 %.

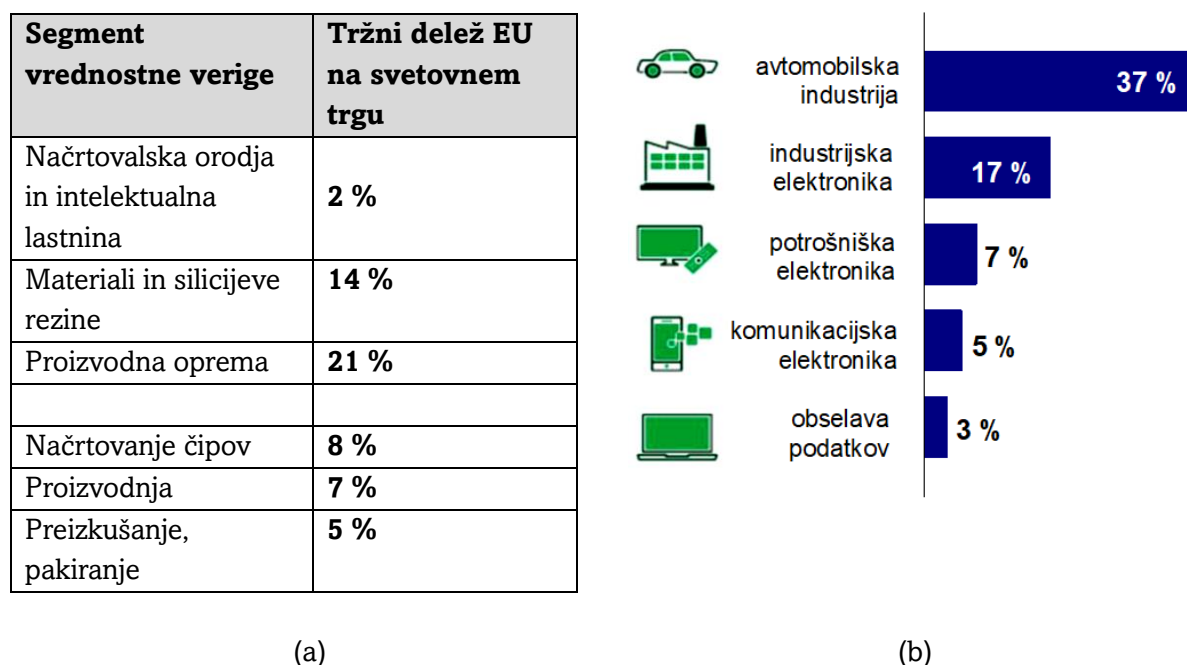
Na sliki 1.2(b) prikazujemo še projekcijo pričakovanih tržnih deležev različnih tehnologij čipov do leta 2030. Največji delež predstavljajo spominski čipi MOS in namenski logični čipi.

Kot je opredeljeno v programu, cilj Slovenije na področju čipov in polprevodniških tehnologij ni tekrovati pri masovni proizvodnji čipov, ampak se usmeriti v posamezne nišne segmente, kjer smo lahko konkurenčni na svetovnem trgu. Hkrati pa je potrebno zagotavljati 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, 37 % delež predstavljajo polprevodniki za avtomobilsko industrijo, sledi industrijska elektronika, potrošniška elektronika, komunikacije in obdelava podatkov.



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 globalnem nivoju. V okviru Akta o čipih si je zadala cilj, da do 2030 ta delež poveča na 20 %. Pri tem je potrebno upoštevati tudi več kot 7 % rast tega. Izpostaviti velja, 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 v Nemčiji, kjer podjetje Intel gradi dve tovarni v Magdeburgu. Podjetje Infineon postavlja tovarno v Dresdnu. 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 z obratovanje pričela 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. Služile bodo kot katalizator za dodatne naložbe v ekosistem in inovacije po vsej Evropski uniji. Tudi Evropa tako postaja eden izmed vodilnih igralcev v najnaprednejših tehnologijah čipov z najmanjšimi kritičnimi dimenzijami okoli in celo pod dvema nanometroma.

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

Evropska komisija je objavila tudi 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, začeniši s področjem energetike, mobilnosti, gradbeništva in elektronike. Na področju elektronike bo to zajemalo materiale za izboljšano delovanje in nove funkcionalnosti elektronskih komponent, senzorjev, proizvodnje čipov, za večjo učinkovitost v naslednji generaciji komunikacijskih tehnologij in zmožnostjo delovanja v težkih okoljih.

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

1.2.3 Slovenija

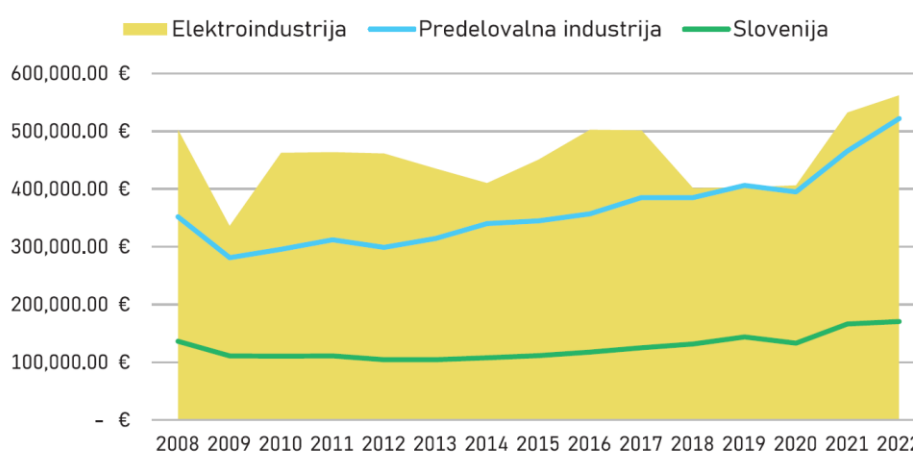
Stanje in izzivi

V Sloveniji obstaja velik interes tako s strani podjetij, kot tudi raziskovalno-izobraževalnih organizacij za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij na nacionalnem nivoju. Sem ne sodijo samo deležniki, ki izvajajo aktivnosti neposredno na področju razvoja samih 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, kjer sta Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in Iskra Mikroelektronika v sedemdesetih in osemdesetih letih odigrala 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 nivo 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) za slovensko elektroindustrijo, katere del predstavlja tudi elektronska industrija, v primerjavi s predelovalno in slovenskim povprečjem. EBITDA predstavlja enega izmed kazalnikov uspešnosti gospodarstva, na grafu vidimo, da se njegova vrednost za elektroindustrijo nahaja v večji meri nad ostalima dvema krivuljama. Vendar je potrebno opozoriti na nihanja, ki so posledica občutljivosti panoge na globalna dogajanja (npr. trgovinska dogajanja med ZDA in Kitajsko v letih 2018-2019 in vpliv Covid-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 imamo razvoj in nišno proizvodnjo urejeno in v čim večji možni meri zagotovljeno tudi na nacionalnem nivoju.

Aktivnosti na področju čipov in polprevodniških tehnologij

V okviru priprave Akta o čipih so se ključni deležniki 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 bolj učinkovito prispevati k razvoju in utrditvi področja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji, ki je bilo v preteklosti zapostavljeno.

Pomembnejši cilji iniciative 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 iniciative je »[Pismo o nameri za sodelovanje na področju polprevodniških tehnologij in mikroelektronike](#)« (v nadaljevanju Sporazum) do sedaj podpisalo 25 partnerjev. Med njimi so 3 univerze (Univerza v Ljubljani, Univerza v Mariboru, Univerza v Novi Gorici), 3 raziskovalni inštituti (Inštitut Jožef Stefan, Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije (Nanocenter) in Inštitut za kovinske materiale in tehnologije), Inženirska akademija Slovenije, Gospodarska zbornica Slovenije, Zbornica elektroindustrije in do sedaj 16 podjetij (navajamo 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 kabelske 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 na področje niso vezana le zgoraj naštetá podjetja in združenja, v **prilogi 2** prikazujemo slovensko vrednostno verigo na področju polprevodnikov, ki poleg podpisnikov sporazuma vključuje tudi ostale deležnike (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 mikroročunalnik, 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 pozicije in kota z magnetnim senzorjem in številni drugi čipi. Poleg nadaljnega razvoja in inovacij na področju elektronskih čipov se kot eno izmed perspektivnih smernic razvoja kaže področje integrirane fotonike (fotonski čipi), kjer 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 FERI) razvijajo optične senzorje fotonske tehnologije in strukture MEMS. V sodelovanju s podjetjem SkyLabs pa so specializirani za načrtovanje ASIC vezij za delovanje v ekstremnih vesoljskih pogojih.

Z načrtovanjem specialnih, zelo hitrih in občutljivih ASIC čipov namenjenih za detektorje v pospeševalnikih visokih energij se ukvarjajo na Institutu "Jožef Stefan" (IJS), kjer se ukvarjajo tudi

z raziskavami na področju fotonike, kvantnih tehnologij, novih materialov z možnostjo uporabe v čipih novih generacij in obdelavo površin. Omenjeni ASIC čipi se uspešno uporabljajo tudi 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 renome 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 pokriva tudi procese priprave nekaterih materialov iz skupine [CRM](#).

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

Center odličnosti Nanocenter ob raziskavah na področju nano in kvantnih tehnologij nudi 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. Dejavnosti so na 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 izmed 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 so farmacevtska proizvodnja in biotehnologija.
- Proizvajalci opreme: V Sloveniji so podjetja, ki se ukvarjajo z razvojem in proizvodnjo opreme, specializirana za visokotehnološke aplikacije, kot so mikro-strukturiranje in laserska tehnologija. Ta podjetja nudijo 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 kompleksnih 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, 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.
- Sestavljanja in pakiranja: V Sloveniji področje sestavljanja in pakiranja zajema sofisticirane procese, ki so ključni 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 ključnih 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 ključne za zagotavljanje kakovosti končnih polprevodniških izdelkov. Industrija podpira tako lokalno proizvodnjo kot mednarodne tehnološke potrebe, kar Slovenijo postavlja kot 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 ključne za različne aplikacije od potrošniške elektronike do industrijskih sistemov.

Izzivi

Za nadaljnji razvoj in okrepitev strateškega področja čipov in polprevodniških tehnologij je ključno vlaganje v sodobno raziskovalno infrastrukturo, ki bo omogočala raziskovalcem, da bodo sledili evropskemu in svetovnemu trendu ter nivoju raziskav bodočih 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 ključnega pomena licence programov, tako za raziskovalne organizacije, kot za podjetja. Pomembno bo tudi boljše povezovanje in sodelovanje izobraževalne in raziskovalne sfere s podjetji, da bo imelo gospodarstvo na voljo dovolj kvalitetno izobraženih strokovnjakov, dostop do sodobne raziskovalne opreme in na razpolago razvite nove tehnologije za prenos v prakso. Za uspešno sodelovanje med akademsko sfero in gospodarstvom bo pomembno, da bodo imeli možnost sodelovati na skupnih projektih, kar bi lahko omogočili in spodbudili država in Evropska unija s sofinanciranjem skupnih projektov.

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 nacionalne specifične.

PREDNOSTI	SLABOSTI
<p>Splošno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strateško visokotehnološko področje pomembno na globalnem in lokalnem nivoju s 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 kvalitete našega življenja in ustvarjanja (zdravje, dobro počutje, okolje, energija, varnost idr.). 	<p>Splošno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Velike začetne investicije v raziskovalno in prototipno/proizvodno opremo. - Stroški obratovanja in vzdrževanja visokotehnološke opreme. - Trenutno pomanjkanje kadrov, podjetja in organizacije težko najdejo primerne kadre. <p>Specifično za Slovenijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Doseganje kritične mase usposobljenih kadrov na nacionalnem nivoju, potrebno je povečati vpise na ustrezne tehnične in naravoslovno-matematične visokošolske programe.

<ul style="list-style-type: none"> - 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 panogah. - Še posebej omogočajo učinkovito informatizacijo, procesiranje podatkov, vodenje procesov, sodobne komunikacije, zeleno mobilnost, zdravo življenje, čisto energijo. - Področje ponuja kakovostna in kreativna (inženirsko usmerjena) delovna mesta za vse generacije s sodobnim pogledom na svet. <p>Specifično za Slovenijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 na področje pomeni 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 priti v sam vrh na posameznih segmentih razvoja namenskih nišnih čipov in polprevodniških tehnologij (ne pa na masovni proizvodnji), hkrati ima odprte priložnosti na področju raziskav in razvoja čipov novih generacij, kot so fotoniki 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - Omejitve pri nagrajevanju inženirjev in raziskovalcev na 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.
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
Splošno:	Splošno: - Prevlada azijskih in ameriških proizvajalcev.

<ul style="list-style-type: none"> - Čipi in polprevodniške tehnologije so neizogibna tehnologija sedanjosti in prihodnosti - omogočajo premikati meje prav na vseh področjih gospodarstva in 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 ostalim proizvodom na koncu vrednostne verige, ki te čipe in elemente uporabljajo. <p>Specifično za Slovenijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ravno v tem času, se za razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij odpira mnogo priložnosti, ki jih moramo kot država pravočasno izkoristiti, tudi z dodatnimi nacionalnimi investicijami (trend in usmeritve EU in globalno). - Izkoristiti moramo potencial, znanja, motiviranost ljudi in s primernimi investicijami na nižnjih segmentih področja seči v svetovni vrh. - Postati konkurenčni partner na evropskem in svetovnem nivoju, tako na področju raziskav in razvoja, kot gospodarstva na nižnjih 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - Morebitne večje omejitve kritičnih surovin (CRM) potrebnih za proizvodnjo čipov. - Odvisnost evropskih držav od globalnih dobavnih verig v primeru nezadostnega spodbujanja področja. <p>Specifično za Slovenijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 v kolikor ne zagotovimo ustreznih pogojev (plače, stimulatívno 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. - Prezvemi 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 na širokem spektru gospodarstva in ob zavedanju, da se ključne slabosti in nevarnosti vežejo prav na pomanjkanju

financiranja, je pomembno, da se v Sloveniji vzpostavi sistemsko financiranje (kot v drugih državah) in zagotovi znatne investicije za nakup ustrezne raziskovalne in razvojne opreme za izvajanje dejavnosti. Predloge usmeritev, ukrepov in financiranja konkretno navajamo v programu.

Vpetost v nacionalne 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 naslavlja cilj EU na področju čipov in polprevodniških tehnologij, t. j. povečati 10 % delež proizvodnje čipov v EU na 20 % do leta 2030.

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

Sinergije z ostalimi strategijami

Z [Nacionalnim programom spodbujanja razvoja in uporabe umetne inteligence v Republiki Sloveniji do leta 2025](#) Slovenija jasno in nedvoumno izraža svoj interes 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 nacionalni ravni. UI sistemi temeljijo na splošnih (visokozmogljivih) procesorskih čipih in namenskih čipih prilagojene topologije in funkcionalnosti. To velja tako za elektronske, kot tudi ftonske 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 segmentih izobraževanja, raziskav in inovacij. Tudi na področju kvantnih tehnologij igrajo čipi nenadomestljivo vlogo. Poleg elektronskih in ftonskih čipov so tu v ospredju kvantni čipi z novimi, naprednimi funkcionalnostmi.

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

[Strategija digitalne transformacije gospodarstva](#) v okviru tretjega poglavja »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.

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 omogočili našim visokotehnološkim podjetjem in raziskovalnim organizacijam konkurenčnost na mednarodni ravni.
- Polprevodniške tehnologije in čipi so osnova praktično za vse zahtevnejše tehnološke izdelke. Obvladovanje polprevodniških tehnologij je zato strateškega pomena za vsa napredno gospodarstvo, obrambno sposobnost ter ekonomsko suverenost države.
- Sloveniji primanjkuje kvalitetno 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 bomo te talente uspeli 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 niso le kvantitativni, ampak tudi kvalitativni parametri kazalnikov.

Podjetja	Raziskovalno-izobraževalne organizacije	Ostali kazalniki
<ul style="list-style-type: none">- inovacije- delovna mesta- nova zagonska podjetja- izboljšani in novi produkti- povečani prihodki in investicije- kadrovsko kompetentno okolje, ki je sposobno samostojno razvijati proizvode z visoko dodano vrednostjo ali privabiti ključne investitorje	<p>Izobraževanje:</p> <ul style="list-style-type: none">- 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 na rednih programih	<ul style="list-style-type: none">- patentne prijave in patenti- pridobljeni novi projekti in sodelovanja <p>Specifično za čipe in polprevodniške tehnologije:</p> <ul style="list-style-type: none">- projekti in pridobljena sredstva v okviru Chips JU- sodelovanja in pridobljena sredstva na drugih EU projektih, kjer so čipi ključni rezultat

	<ul style="list-style-type: none"> - izvedba in kakovost specializiranih usposabljanj za podjetja - usposobljenost in mednarodna vpetost profesorjev - vpetost študentov v raziskave in razvoj - stopnja usposobljenosti študentov/kadrov <p>Raziskave in razvoj:</p> <ul style="list-style-type: none"> - moderna tehnološka oprema za izdelavo nišnih čipov - izumi in nove rešitve - stopnja tehnološkega prenosa - odcepljena podjetja iz organizacij - pomembne objave in njihova odmevnost 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - 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, prototipov in nišnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo.
- Pridobiti nove talente in ustvariti potrebno kritično maso motiviranega kadra. Preko izobraževanja s sodobnimi vsebinami lahko zagotovimo visoko usposobljene strokovnjake. Potrebno je poskrbeti za zadržanje strokovnjakov in jim ponuditi kreativna delovna mesta.
- Z investicijami v raziskave in razvoj čipov in polprevodnikov okrepiti celoten ekosistem elektronske industrije, krepitev gospodarstva 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 povečati vpis na visokošolske programe, ki pokrivajo 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 na določenih nišnih segmentih čipov in polprevodniških tehnologij.
- Povečanje stopnje družbenega zavedanja o pomembnosti področja na nacionalnem nivoju.

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. Samo 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 izpostavljammo potrebne aktivnosti, ki jih moramo izvajati za učinkovit razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji. Aktivnosti so glede na njihovo 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 nacionalnem in mednarodnem nivoju. Ključno je zaznati in pritegniti več talentiranih mladih ljudi in ljudi vseh generacij z zanimanjem za tehniko in elektroniko, jim zagotoviti ugodne pogoje in dati priložnosti, tako pri izobraževanju z najsodobnejšimi vsebinami, kot pri omogočanju kreativnih in dobro nagrajenih zaposlitev.

Kritično pomanjkanje talentov – tehnikov, usposobljenih inženirjev, magistrstrov in doktorjev znanosti – predstavlja trenutno eno izmed 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 na javnih izobraževalnih in raziskovalnih ustanovah – razkorak plač med (mladimi) raziskovalci na 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 ključnega pomena tudi za podjetja.

- Pomen tehnike in inženirstva v družbi in Sloveniji tudi v luči iskanja talentov ni zadostno naslovljen.

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 nivojih izobraževanja za odkrivanje, pridobivanje in motiviranje talentov za tehniko, vključno s poudarki na strokovnih področjih, ki jih pokriva program. Ustrezno informiranje o priložnostih in pomenu področja za povečanje vpisa na ustrezne visokošolske programe vseh treh stopenj in srednješolske programe. V programe osnovnega in srednjega izobraževanja sistematično vpeljati obvezne vsebine s področja elektro-tehniške fizike, elektrotehnike in elektronike. Pri izbiri vsebin in njihovem podajanju moramo posvečati posebno pozornost, da pri učencih in dijakih vzbudimo in zaznamo zanimanje za področje.

Predlogi rešitev:

- S pomočjo medresorskega usklajevanja doseči potrebne spremembe osnovnošolskih in srednješolskih izobraževalnih in vzgojnih programov (dodatno pozornost posvetiti splošnim gimnazijam). V predmete fizike, tehnike, računalništva in sorodne predmete vključiti reprezentativne in atraktivne vsebine s področja elektrotehnike, elektronike, čipov.
- Vsebine vključiti v (neobvezne) izbirne predmete in krožke v srednjih in osnovnih šolah.
- Informirati ravnatelje o pomenu področja in apelirati na učitelje za aktivno izvajanje vsebin s področja pri predmetih in krožkih.
- Izvajati usposabljanja za srednješolske in osnovnošolske učitelje na področju vsebin.
- Izdelati zanimive poskuse z navodili, poskusi morajo poleg osnovnih znaj 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 pritegnejo mlade (posodobljene izvedbe dobrih praks iz preteklosti, kot so bili npr. kompleti Elektro pionir, Dobro jutro elektronika).
- Za predmete poleg poskusov izdelati kvalitetna učna gradiva za izvajanje celoletnih predmetov na programih.
- Dopolniti aktivnosti tehnične vzgoje (zanimivi poskusi in uporabne aplikacije iz elektronike), vzpodbujanje ustvarjalnosti na tem področju že pri najmlajših.
- Izvajati promocijske aktivnosti in dogodke po šolah in na univerzah.

- Informiranje dijakov in učencev - konkretne strokovne informacije, o dejanski uporabnosti in raznovrstni aplikativnosti področja, možnosti zaposlitve in karierne poti. Posebno pozornost posvetiti promociji preko e-medijev, informiranje preko sodobnih socialnih omrežij.
- Organizacija praktičnih delavnic za dijake na univerzah.
- Zagotoviti tehnična stičišča za mlade (oprema, prostori, vodenje) za praktično realizacijo idej.
- Na visokošolskih programih, ki pokrivajo področja programa, že v nižjih letnikih v okviru študijskih in obštudijskih dejavnosti ustrezno izpostaviti področje čipov in polprevodniških tehnologij, vključevanje študentov v projekte (pred in po izbiri smeri).
- Motivirati odlične študente za doseg 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 izvajati aktivnosti v okviru tehničnih zvez (npr. ZOTKS).
- V sklopu ukrepa kompetenčnega centra (gl. ukrepe programa) pospešiti izvajanje zgoraj predlaganih rešitev.

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

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

Predlogi rešitev:

- Zagotoviti sredstva za povečanje vpisa na obeh prvih stopnjah visokošolskega študija (30 – 50 % povečanje vpisa do 2030) in na 3. stopnjo (100 % povečanje).
- Zagotovitev dodatnih, namenskih sredstev, za povečanje ne samo 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, da obdržimo usposobljene kadre na vseh segmentih verige na nacionalnem nivoju.

Predlogi rešitev:

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

- Zagotoviti kontinuiteto financiranja RR projektov.
- Vzpostaviti infrastrukturne zmogljivosti, ki bo omogočale kvalitetno in v mednarodnem prostoru konkurenčno RR delo.
- Omogočiti enostavno prehajanje ključnih kadrov med univerzami, JRO in industrijskimi partnerji.

Usmeritev 4: **Omogočiti in vzpodbujati dodatna izobraževanja strokovnjakov**

Prenos najnovejših znanj in kompetenc na strokovnjake.

Predlogi rešitev:

- Organizacija delavnic in specializacij, tudi v sklopu ukrepa kompetenčnega centra, domači in tuji specializirani strokovnjaki (gl. tudi naslednjo usmeritev Znanja, spretnosti in kompetence).
- Izvedba krajših, ciljnih izobraževalnih tečajev, ki bodo omogočali do-šolanje ali vstop strokovnjakov iz drugih sorodnih področij na področje čipov in polprevodniških tehnologij.

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 na 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 števila vpisnih mest na fakultete, ki pokrivajo področje čipov in polprevodniških tehnologij, zagotoviti možnost izobraževanja in usposabljanja na področju.
- Kadrom zagotoviti ustrezno stimulatívno 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. Izobraževanje na področju čipov in polprevodniških tehnologij bo naslovljeno tudi v enem izmed stebrov kompetenčnega centra, prav tako je pridobivanje aktualnih znanj, kompetenc in spretnosti vključeno v aktivnosti predvidenega centra odličnosti (gl. ukrepe programa).

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 potrebno posvetiti praktičnim znanjem, spretnostim in kompetencam. Pri tem igra veliko vlogo ustrezna laboratorijska oprema za izvajanje praktičnega dela izobraževanja na vseh nivojih.

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 izmed ciljnih področij izobraževanja na elektrotehniških fakultetah. Študenti se podrobneje spoznajo, načrtujejo in praktično uporabljajo integrirana vezja (čipe) in njihove gradnike na študijskih smereh, ki pokrivajo področje elektronike. Nekatere vsebine s širšega področja so v manjši meri obravnavane tudi v okviru nekaterih ostalih tehničnih in naravoslovnih fakultet.

Študentom, ki se odločajo za študijske smeri ali izbirne predmete s področja elektronike, je potrebno 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 potrebno 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 imajo zagotovo velik potencial za ustvarjanje novih znanj in inovacij na nacionalnem in globalnem nivoju.

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

Nadalje, na področju čipov in polprevodniških tehnologij je praktično delo v okviru laboratorijskih vaj in ostalih usposabljanj na sodobni opremi ključnega pomena (posodobitev opreme v študijskih laboratorijih). V okviru doktorskega

študija pa 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 kvalitetnega 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 načrtane čipe tudi izdelajo v tehnoloških centrih in nato na fakulteti preverijo njihovo pravilnost delovanja (testiranje).
- Ker postopek načrtovanja, izdelave in testiranja čipov traja tipično več mesecev, je potrebno ta proces pokriti z več med seboj povezanimi strokovnimi predmeti, ki si sledijo eden za drugim (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 v študijske izmenjave v času študija (program Erasmus+) na tuje univerze (in tuje študente na naše), kjer je poudarek na razvoju čipov in polprevodniških tehnologij, hkrati zagotoviti možnosti za atraktivne kariere na tem področju v Sloveniji po njihovem povratku (v izogib begu možganov).
- Spodbujati asistente, učitelje in raziskovalce za gostovanje na tujih inštitucijah 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 so zainteresirani za to obliko sodelovanja.
- Vključevanje izbranih vabljenih predavanj priznanih profesorjev in strokovnjakov iz tujine s področja čipov in polprevodniških tehnologij (tudi v okviru Kompetenčnega centra).
- Pridobiti sredstva za posodobitev in nadgradnjo laboratorijske opreme za študente.

- Podpirati in vzpodbujati študente k udeležbi občudijskih dejavnosti in domačih in mednarodnih delavnic 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 osvajanja 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 pri programu splošne gimnazije.
- Organiziranje delavnic, izobraževanj, tečajev za srednješolce (dijake gimnazij in strokovnih šol).
- Pomembno preoblikovanje vsebin fizike na vseh nivojih 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 prek različnih formalnih in neformalnih oblik izobraževanja. Izobraževanje mora vsebovati tudi praktično delo. Pridobljena znanja bodo pripomogla k dvigu dodane vrednosti izdelkov. Ne sme se prezreti potenciala, zanimanja in znanja vseh generacij.

Predlogi rešitev:

- Organizacija in izvedba posebnih izobraževanj in tečajev (eno ali večdnevni, izdaja mikrodokazil), kjer 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 izmed inštrumentov za seznanjanje z novostmi, aktivnostmi in mreženje vseh zainteresiranih za področje.

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

Poleg kontinuitete teh pomembnih dogodkov se je potrebno 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 preko povezav Chips JU).
- Promovirati konference med širšo strokovno javnostjo in jih z zanimivim programom privabiti k udeležbi.

Usmeritev 5:

Izvedba specializacij za zaposlene v podjetjih

Za tematike, ki so prekompleksne za eno ali večdnevna izobraževanja, je smiselno, da se s strani pristojnih raziskovalno-izobraževalnih inštitucij izvedejo specializirana izobraževanja v okviru večtedenskih ali več mesečnih specializacij. Z bolonjsko študijsko reformo specialističnega študija formalno ni več, tako da bi v sodelovanju s potrebami gospodarstva pripravili različno tematsko usmerjene programe izobraževanja za zaposlene, ki bi vsebovali tako poglobljeno teoretično, kot tudi praktično delo.

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). Del aktivnosti se veže tudi na ukrepe kompetenčnega centra.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Vključitev vsebin s področja elektronike in čipov v obstoječe predmete v osnovnih šolah in splošnih gimnazijah in na ta način vzpodbuditi zanimanje in širiti znanja med mladimi za to področje.
- Posodobitev programske in strojne opreme v visokošolskem izobraževanju. Predvsem pri sami opremljenosti laboratorijev nastopajo 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 potrebno 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 nacionalnem nivoju.

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 v 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 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 kvalitetna 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 vzpodbuja 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 vzpodbudno nagrajevanje in osvetliti pomen doktorskega študija za razvoj področja.
- Vrhunskim strokovnjakom na področju v javnih inštitucijah 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 ter tehnološkega prenosa**. S tehničnega vidika se aktivnostim in opremi podrobneje posvetimo v sklopu področnih usmeritev, ki so navedene v podpoglavjih 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 izpostavljam 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 poglobljene cilje v zvezi z infrastrukturo, podrobnejše tehnične rešitve v zvezi z zahtevano opremo pa so posebej navedene v okviru področnih usmeritev. Posodobitev infrastrukture je zajeta tudi v ukrepih Krepitev obstoječih kapacitet in ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.

Obstoječe stanje in izzivi

Tehnološka oprema predstavlja ozko grlo in izziv za razvoj čipov in polprevodnikov v Sloveniji. Večje investicije v opremo bi omogočile ponoven zagon področja in konkurenčnost na nišnih aplikacijah v evropskem in globalnem merilu.

Obstoječe raziskovalne in proizvodne zmogljivosti za produkcijo čipov v Sloveniji so v veliki meri zastarale, 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 zlasti pomembna 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 potrebno zagotoviti tudi stalne finančne vire za delovanje, vzdrževanje in obnavljanje opreme. Zagotoviti je potrebno 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 sub-mikrometrške (Bi)CMOS tehnologije 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 nacionalni 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).
- Vzpostaviti sistem financiranja za kritje stroškov dela usposobljenih ekip za delo na opremi, materialnih stroškov in 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 kvalitetno 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 fotonik in kvantnih čipov ter njihovih gradnikov.
- Posodobitev opreme za izdelavo prototipnih vezij fotonik 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 fotonik in kvantnih čipih.

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

Uporaba opreme tudi za razvoj in nudenje prototipnih storitev, prilagojenih specifičnim zahtevam strank, lahko predstavlja dodaten 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 potrebno strankam zagotoviti celovito tehnično pomoč v celotnem procesu prototipiranja, vključno s posvetovanjem in načrtovanjem, izdelavo produktov in karakterizacijo 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.
- Ponuditi konkurenčne modele cen in prilagodljive sporazume o storitvah.

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

Potrebno je zagotoviti in poskrbeti za čim večjo stopnjo izkoriščenosti obstoječe in nove opreme preko urejenega medsebojnega dostopa. To omogoča krepitev sodelovanja med akademskimi institucijami, raziskovalnimi organizacijami in industrijskimi partnerji, kar vodi do izmenjave znanj in spodbuja inovacije. Tako sodelovanje omogoča tudi boljšo vključenost določenih raziskovalnih vsebin v študijski proces in predstavlja priložnost za pridobitev motiviranega kadra (npr. študenti fizike, elektrotehnike, strojništva, kemije, ...).

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 deležniki.
- Vzpostavitev skupnih raziskovalnih projektov med akademskimi, raziskovalnimi in industrijskimi organizacijami.
- Spodbujati zanimanje med študenti preko izvajanja organiziranih ogledov laboratorijev in nudenja opravljanja seminarskih nalog na dotični opremi.

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

Potrebno je zagotoviti dostop do najsodobnejše programske opreme za načrtovanje, simulacije in programiranje čipov. Zagotovitev licenc javnim raziskovalnim in izobraževalnim organizacijam ter dograjevanja licenc za komercializacijo in za prvo industrializacijo. Povezava z načrtovalsko platformo EU preko kompetenčnega centra.

Predlogi rešitev:

- V okviru namenskih razpisov za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij en del sredstev ciljno namenjen za nakup licenčne programske opreme za načrtovanje.
- Spodbujati raziskave na področju načrtovanja, simulacij in optimizacij čipov ter gradnikov v študijskem procesu preko seminarskih, diplomskih in magistrskih nalog.

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 usmeritvah programa).

- Pridobiti najsodobnejšo merilno opremo za potrebe raziskav na kvantnih in fotonih čipih (t. j. 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 potrebno še tesnejše sodelovanje med izobraževalno-raziskovalnimi organizacijami in podjetji. Vzpodbuditi je potrebno ustanavljanje in inkubacijo visokotehnoloških odcepljenih in zagonskih podjetij, ki bodo omogočala komercializacijo prebojnih raziskovalnih in inovacijskih dosežkov s področja polprevodniških tehnologij. Pozornost je potrebno nameniti 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 so posamezna podjetja in inštitucije uspele razviti rešitve na nišnih področjih, ki lahko služijo kot 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 dosego 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 RR 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, bio-medicina, pretvarjanje energije, mikrofluidika, elektro-mobilnost, vesoljske tehnologije in ostalo (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, ampak eksperimentalno potrjena konceptualna zasnova novih, uporabnih in tržno zanimivih polprevodniških naprav, sistemov ali tehnologij, ki jih je možno ščititi s patenti.

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

Predlogi rešitev:

- Vzpostavijo se mehanizmi, ki vzpodbujajo oziroma omogočijo izvajanje ciljnih razvojno-raziskovalnih projektov na področju čipov in polprevodniških tehnologij. Kriteriji 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. Vzpodbujajo se partnerstva med akademsko in gospodarsko sfero, posebej preko ustanavljanja 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 nudi stroškovno učinkovit dostop do potrebne infrastrukture in drugih nujnih servisov, uvedejo se ukrepi, ki omogočajo enostavno prehajanje ljudi med odcepljenimi podjetji in akademskimi institucijami tako, da se omogoči najbolj učinkovita izraba človeških virov.
- S tehnološkega vidika se poleg razvoja elektronskih čipov pozornost posveti raziskavam novim naprednih 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 usmeritve programa.
- Sistemska projektna podpora identificiranim področjem oziroma idejam.
- Doseganje poglobljenega sodelovanja med akademsko in gospodarsko sfero in ustanavljanje visokotehnoloških odcepljenih podjetij.

2.2.6 Zaščita intelektualne lastnine in tehnološki prenos

Inovacije in njihov prenos v gospodarstvo predstavljajo enega izmed pomembnih ciljev tudi na področju čipov in polprevodniških tehnologij. Pri tem igra ključno vlogo dober sistem varstva intelektualne lastnine, ki poleg sistemske zaščite hkrati tudi vzpodbuja ustvarjalnost, inovacije in njihov prenos. Slovenija ima na tem področju izdelano krovno [Nacionalno strategijo intelektualne lastnine do leta 2030](#). Poleg upoštevanja usmeritev in izvajanja ukrepov omenjene krovne strategije so v nadaljevanju izpostavljene nekatere specifične vezane na področje čipov in polprevodniških tehnologij. Uvodno velja omeniti, da se je prva patentna prijava v Republiki Sloveniji nanašala prav na področje 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 z izumi in prenosom znanja skladno s predpisi. Na JRO-jih delujejo pisarne za prenos znanja (KTO) oz. 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 z intelektualno lastnino, predvsem njena zaščita je dobro urejena, 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.
- Visokotehnološki izumi so prezahtevni za prenos v majhna in srednja podjetja.

Pri prenosu znanja na področju čipov predstavlja poseben izziv prenos ASIC vezij, ki bi nastala v okviru izobraževalnega ali raziskovalnega procesa v gospodarstvo 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

Zaščita intelektualne lastnine

Zaščita intelektualne lastnine je na visokotehnološkem področju, kot so čipi in polprevodniške tehnologije, velikega pomena. Tega se je potrebno zavedati v vseh fazah razvoja, začevši s snovanjem in načrtovanjem čipov.

Vrste zaščite intelektualne lastnine

Zaščita intelektualne lastnine (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,

običajno 20 let. Patenti so še posebej pomembni za zaščito novih procesorskih tehnologij ali edinstvenih metod izdelave čipov.

- **Topologija integriranih vezij (čipov):** Ta specifična pravica zaščiti tridimenzionalno strukturo integriranih vezij, ki je ključna za njihovo funkcionalnost. Zaščita topologije integriranih vezij je esencialna zaradi visokih stroškov in tehnične zahtevnosti, povezane z razvojem čipov.
- **Poslovne skrivnosti:** Omogočajo zaščito procesov, formul ali drugih informacij, ki niso javno znane in kjer 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 primerni 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 nudenju podpore raziskovalcem in akademskemu osebju pri zaščiti in upravljanju njihove IL.

Predlogi rešitev:

- Nudenje 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, še posebej 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 ključno vzpostaviti strukturirane procese, ki omogočajo gladko pretakanje inovacij iz akademske sfere v industrijo.

Predlogi rešitev:

- Urediti postopek prenosa načrtanih ASIC vezij z uporabo akademskih licenc z raziskovalnih organizacij v podjetja z doplačilom komercialnih licenc ob sočasnem licenciranju ali prodaji intelektualne lastnine podjetjem.
- Uvedba namenskih oz. 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 akademske sfere na nacionalnih 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 skladno z veljavnimi predpisi.
- Organizacija rednih forumov in delavnic, ki spodbujajo izmenjavo znanja in iskanje novih priložnosti za sodelovanje.

CILJI NAVDENIH USMERITEV:

- Sistemska in učinkovita zaščita ter upravljanje IL, da se zagotovi, 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.
- Vsaj podvojitev števila uspešno komercializiranih tehnoloških inovacij ali novih ASIC vezij, ki izvirajo s slovenskih raziskovalnih institucij, v slovenska podjetja.
- Uvedba vsaj petih novih tehnoloških produktov na trg, ki so plod domačih raziskav in razvoja.

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 izmed segmentov vrednostne verige polprevodnikov in ekosistema elektronske industrije. V naslednjem podpoglavju pa se osredotočimo na eksterna 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, še manj pa s podjetji. Tak način izobraževanja ni osiromašen samo glede vsebin, ki jih imajo na drugih institucijah in v podjetjih, ampak je pomanjkljiv tudi s stališča praktičnega usposabljanja, saj je oprema na posameznih institucijah pomanjkljiva.

Raziskovalno sodelovanje je razvito bolje, še vedno pa je v veliki meri omejeno na nacionalno 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 sodelovanja med raziskovalnimi organizacijami ni dovolj.

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 ustrežno finančno podporo. Vključevanje podjetij v evropske raziskovalne projekte je sicer mogoče, vendar je težje, ker kot majhna podjetja niso dovolj privlačni partnerji za mednarodne projektne konzorcije, dodatno pa bi podjetja potrebovala podporo pri prijavih na evropske projekte.

Za uspešen razvoj strateškega področja čipov in polprevodniških tehnologij bo ključno medsebojno povezati izobraževanje kadrov, raziskave in gospodarstvo.

Raziskovalne organizacije morajo ohraniti raziskovalne projekte za razvoj novih znanj in tehnologij, ki bodo ključne v prihodnosti, dodatno pa bi morale imeti možnost sodelovati s podjetji na 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. Skozi take projekte bo lažji tudi prenos novih tehnologij z 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 ter 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 omogoča študentom, da pridobijo neposredne izkušnje in bolje razumejo potrebe sodobnega trga dela, poleg dobrih osnov in razumevanja ter seznanjenosti z najsodobnejšimi trendi na področju.

Predlogi rešitev:

- Uvedba izobraževalnih programov, kjer bi podjetja sodelovala pri oblikovanju kurikulumov in pri praktičnem usposabljanju.
- Organizacija rednih delavnic in seminarjev, kjer bi strokovnjaki iz industrije predavali na univerzah, raziskovalnih inštitucijah in obratno, univerzitetni profesorji in raziskovalci bi sodelovali na 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 z raziskovalnih organizacij v podjetja. Sodelovanja so potrebna tako na aplikativni kot tudi na bazični ravni.

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 ponuja in 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 potrebno upoštevati tudi 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 ostalimi deležniki ekosistema 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 nivoju celotnega ekosistema.

USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Okrepiti povezovanja znotraj ekosistema**

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

Predlogi rešitev:

- Identifikacija in okrepitev povezav (formalnih in neformalnih) v okviru delovanja Kompetenčnega centra Čip.si
- 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. Potrebno je še bolje izkoristiti potencial slovenske elektronske industrije tudi v drugih panogah in vzpodbujati uporabo slovenskih elektronskih proizvodov.

Predlogi rešitev:

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

Usmeritev 3: **Okrepiti vpetost nacionalnega 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:

- Na račun okrepljenih povezav znotraj ekosistema in navzven doseči 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 globalnem nivoju in daje možnost sodelovanja 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 naslavljajo različna področja, vključno s čipi in polprevodniškimi tehnologijami. Kljub temu obstaja potreba po intenzivnejšem vključevanju vseh slovenskih deležnikov, še posebej malih in srednje velikih podjetij (MSP), ki se soočajo z ovirami pri dostopu do informacij in mreženju na evropski ravni. Potrebno je povezovanje in sodelovanje MSP-jev z raziskovalnimi organizacijami na nacionalni ravni in skupen nastop v evropskem prostoru. Dodatno je potrebno vključevanje slovenskih deležnikov na evropski ravni v obstoječe pobude, ki posebej naslavljajo tudi področje polprevodnikov.

Pri pomoči pri vstopanju v mednarodna partnerstva se nam izjemnega pomena zdi tudi koriščenje storitev mreže slovenskih diplomatskih predstavništev 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 uporabnikov storitev Kompetenčnega centra za čipe in polprevodniške tehnologije 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 pripravi prijave na evropske razpise.
- Izboljšanje koriščenja storitev, ki jih omogoča portal Wideraexperts.eu².
- Izkoriščanje mrež slovenskih diplomatskih predstavništev za pomoč pri prodiranju podjetij na tuje trge.

Usmeritev 2: **Povezovanje industrije in akademske sfere 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 v okviru Kompetenčnega centra.
- 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 iniciativah**

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

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 zahvaljujoč povratnim informacijam, 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 možno opraviti [tukaj](#).

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 so-financirana, institucionalizirana in so-programirana partnerstva, ki vključujejo člane iz industrije in akademskih krogov ter ciljajo na skupni razvoj tehnologij in standardov.
- Konkretno za področje čipov in polprevodniških tehnologij koristiti 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 Evropo³).

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

Integrirati predvideni slovenski Kompetenčni center Čip.si v mrežo evropskih kompetenčnih centrov, ki bodo ustanovljeni na osnovi Akta o čipih. Ta usmeritev omogoča izrabo evropskih virov in znanja za nadgradnjo lokalnih kapacitet in inovativnosti ter za povezovanje slovenskih deležnikov v evropski prostor (gl. ukrep 3.1.1 Kompetenčni center Čip.si).

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**

Okrepiti bilateralno sodelovanje na področju čipov in polprevodniških tehnologij, zlasti s sosednjimi državami, kot sta Avstrija in Italija, in ostalimi

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 preskušanje in eksperimentiranje inovativnih rešitev za čipe, pospešila razvoj kvantnih čipov in povezanih polprevodniških tehnologij ter podprla mrežo kompetenčnih centrov po vsej Evropi. Navedene aktivnosti se bodo izvajale preko Skupnega podjetja za čipe in sicer preko razpisov povezanih s to Pobudo. Skupno podjetje za čipe pa bo ohranilo tudi svoje predhodne aktivnosti, ki spadajo med razpise, ki niso povezani z omenjeno Pobudo.

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:

Izkoristiti možnosti v Programu znanj in spretnosti za Evropo

[Program znanj in spretnosti za Evropo](#) je petletni načrt za pomoč posameznikom in podjetjem pri razvoju večih 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 deležnike.
- 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 zaveznitva, 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 nacionalnem nivoju. Izziv predstavlja

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. Področje promocije bo pokrival tudi načrtovan Kompetenčni center Čip.si.

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 potrebno 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:

- Dvigniti 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 zajemajo:

- **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 razpolago 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. Izvedba čipa je lahko 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 se nahaja na mnogih zveznih nivojih). Analogni deli nam omogočajo komunikacijo z zunanjim (analognim) svetom in hkrati pomagajo določene operacije izvesti 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 dodaten 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 posebno pozornost posveča 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. V naprej 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 načrtuje tudi čipe 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 fotonih in kvantni čipi.

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

POVEZOVALNE USMERITVE IN REŠITVE

Usmeritev 1: **Okrepiti povezave in sodelovanja med raziskovalno-izobraževalnimi organizacijami in podjetji**

Kadri, oprema, znanja, kompetence, spretnosti.

Predlogi rešitev:

- Sodelovanje na področju načrtovanja okrepiti s pomočjo instrumenta Kompetenčni center Čip.si.
- Raziskovalne aktivnosti RO in podjetij na področju načrtovanja intenzivirati tudi v okviru predvidene vertikale v Centru odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.

Usmeritev 2: **Omogočiti koriščenje storitev evropske načrtovalske platforme in drugih možnosti dostopa do načrtovalskih orodij**

Načrtovalska orodja v oblaku, dostop do licenc.

Predlogi rešitev:

- Uporabiti instrument kompetenčnega centra za 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 dosego večje funkcionalnosti (npr. preko pilotnih linij 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 ftonske senzorje, čipi z MEMS (micro-electromechanical system) in MOEMS (micro-optoelectromechanical systems) strukturami, čipi za zagotavljanje pravilnega in varnega delovanja

osnovnih čipov, čipi za zajem in obdelavo video signalov, 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 fotonjskih 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:

- Urejen dostop do načrtovalskih orodij (licence).
- Okrepljeno sodelovanje med RO in podjetji na področju načrtovanja.
- Inovativne rešitve naprednih elektronskih, fotonjskih 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) na domačih inštitucijah 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 ustrežna visokotehnološka oprema za polprevodniške tehnologije. Obstoječa oprema s čistimi prostori za izvedbo celotnega procesa (Bi)CMOS za izdelavo elektronskih in delno fotonjskih čipov se nahaja na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Oprema za izdelavo specifičnih kvantnih gradnikov za kvantne čipe se nahaja v Nanotehnološkem centru in na Inštitutu Jožef Stefan. Oprema za izdelavo naprednih vlakenskih fotonjskih senzorjev se nahaja na Univerzi v Mariboru. Tehnološka oprema za proizvodnjo enostavnejših diskretnih polprevodniških elementov (diode, usmerniški mostiči) se nahaja v podjetju Diotec d.o.o. Nekaj tehnološke opreme se nahaja tudi na ostalih ustanovah.

Obstoječa polprevodniška tehnologija (Bi)CMOS za elektronske in fotonjske čipe zahteva korenito prenovo in nadgradnjo za doseganje konkurenčnosti raziskav in novih prebojnih inovacij. Tudi tehnološka oprema na ostalih inštitucijah za razvoj integriranih gradnikov in specifičnih čipov potrebuje nadgradnje in nove investicije.

Izzivi:

- Večje investicije v prenovo 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 spodnje usmeritve usmerjene v ta izziv. Splošne usmeritve in usmeritve za dostopnost in izkoriščenost opreme na nacionalni in širši ravni so naslovljene 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 (ali več) palčnih rezinah, ki zagotavlja izdelavo nišnih čipov za široko paleto aplikacij, za potrebe domačega in tujega trga.

Usmeritev 1: **Posodobitev in nadgradnja tehnološke opreme za (Bi)CMOS proces 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:

- Nov sistem za optično litografijo za tehnologijo 180 nm (ali 350 nm) za 6 ali več palčne 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 MEMS (*micro-electromechanical system*) in MOEMS (*micro-optoelectromechanical systems*) strukture, 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 (Bi)CMOS proces prilagodi tudi za izdelavo ftonskih in kombiniranih elektronsko-ftonskih čipov, ki odpirajo možnosti za izboljšane in nove funkcionalnosti izdelkov. Usmeritev na nove senzorske rešitve, kvantna integrirana fotonika, 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 (Bi)CMOS proces z napravo z elektronskim snopom (e-beam) za izdelavo struktur nanometrske 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, investicije preko predvidenega splošnega ukrepa Krepitev obstoječih kapacitet.
- Investicije preko ustanovitve Centra odličnosti 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: Izdelavo nišnih čipov z uporabo tehnološke opreme

Slovenija zaradi svoje majhnosti lahko konkurira in se prebija v svetovni vrh 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 ostali s pripadajočo integrirano analogno in digitalno elektroniko za uporabo na široki paleti 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: ftonska integrirana vezja za senzorske, komunikacijske in kvantne sisteme, integracija z elektronskimi čipi, napredni vlakenski senzorji v integriranih ftonskih sistemih, MOEMS strukture, heterogena in hibridna integracija ftonskih 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.

Uporaba nišnih čipov je možna na 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 ftonski in kvantni čipi.

2.2.13 Testiranje in karakterizacija čipov ter gradnikov

Eden izmed ključnih korakov v procesu razvoja čipov je karakterizacija in validacija vseh parametrov in primerjava z rezultati simulacij. Poleg tega je v zadnjem koraku validacije čipa

potrebno 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 običajno testirajo na silicijevih rezinah še pred razrezom. Ključna je avtomatska merilna oprema za kontaktiranje in nadzor meritev.

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

Poleg testiranja elektronskih čipov predstavlja pomemben segment tudi specializirana oprema za (avtomatsko) optično in električno karakterizacijo fotonih 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 nivoju 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 deležnikom 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:

- V okviru kompetenčnega centra vzpostavitev kompetenc na področju poznavanja standardov in metod za testiranje integriranih vezij.
- V pedagoški proces v večji meri vključiti tudi vsebine s področja testiranja čipov.
- Vzpostavitev sodelovanja pri reševanju problemov pri neskladnostih (odstopanja od pričakovanih rezultatov meritev) identificiranih tekom validacije integriranih vezij.

Usmeritev 3: **Razvoj novih metod testiranja in karakterizacije elektronskih čipov**
Testiranje in karakterizacijo čipov ponuja 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 fotonih čipov in gradnikov na nivoju čipa in rezin.
- Ustrezno hlajeni sistemi za meritve kvantnih čipov.

CILJI NAVEDENIH USMERITEV:

- Do 2027 okrepiti zmogljivosti s področja testiranja čipov in omogočanje uporabe deležnikom iz gospodarstva in raziskovalnih organizacij.
- Do 2028 v okviru kompetenčnega centra vzpostaviti kompetence na področju poznavanja standardov in metod za testiranje.
- Do 2027 v pedagoški proces vključiti oziroma nadgraditi dosedanje vsebine s področja karakterizacije in testiranja čipov.
- Do 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 izvede 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 prevladujoč 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 potrebno to področje ustrezno razviti in omogočiti širšo dostopnost.
- Napredne tehnike pakiranja so tiste, ki lahko omogočijo prebojne rešitve na nižjih 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 potrebno podpreti/opremiti s stališča različnih oprem za konvencionalno in fleksibilno pakiranje čipov.
- V okviru ustreznih projektov je potrebno razviti in negovati ustrezna znanja in veščine s področja pakiranja čipov.
- Slediti in se vključevati v obstoječe mednarodne projekte, ki se osredotočajo na zmogljivosti pakiranja čipov, kot je npr. projekt [Pack4EU](#).

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

Ustanoviti ali dopolniti je potrebno 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 III-V polprevodniki, CMOS in drugimi tehnologijami pomembnimi za fotonске in kvantne čipe,
- mikrofluidnimi sistemi (s kapilarami),
- sistemi za bio-medicinsko 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,
- tri-dimenzionalno pakiranje, vključno z uporabo tehnike TSV (angl. "Through Silicon Vias") in
- druga napredna pakiranja.

Potrebno je podpreti tudi razvoj infrastrukture za spremljajoče tehnologije ali omogočiti njihovo nadgradnjo, kot so npr. sistemi za mikro in nano manipulacijo, sistemi za proizvodnjo kapilar in/ali valovodov, sistemi za lasersko in drugo mikro-varjenje, sistemi za lasersko mikro-obdelavo, itd. K temu je potrebno dodati zmogljivosti za dodelavo že izdelanih čipov (kot so npr. depozicije tankih plasti po različnih postopkih, dodelavo s tehnikami kot so FIB, ipd.)

Predlogi rešitev:

- V projektnih in drugih razpisih je potrebno nameniti pozornost naprednemu pakiranju, kar bo zagotovilo razvoj znanja, idej in kadrov na tem pomembnem segmentu.
- 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 kompleksne 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, ampak je razširjena tudi na področje karakterizacije in testiranje čipov, integriranih gradnikov in materialov (poleg tehnološke tudi merilna oprema). 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 (vakum, čiste sobe, različne temperature). Različni sklopi tehnološke in merilne opreme so bili navedeni v predhodnih področnih usmeritvah.

Obstoječe stanje in izzivi

Rast trga čipov in polprevodniških tehnologij ter potrebe po neodvisnosti EU na področju polprevodnikov in čipov zahtevajo od proizvajalcev ključnih orodij nenehno rast inovacij ter 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 ponuditi ustrezne rešitve. Za prilagoditev obstoječih rešitev (nove inovacije), oziroma obstoječih kompetenc za izdelavo tovrstnih naprav, so potrebna vlaganja tako iz vidika izobraževanja kadrov (ključne tehnologije, teoretske osnove procesov idr.), kot tudi naložbe v razvoj in izvedbo 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 kompleksnih merilnih sistemov za litografske naprave in druge proizvodne naprave in procese za izdelavo in testiranje čipov ter njihovih gradnikov (proces CMOS in ostalo). Pri tem igrajo pomembno vlogo uvajanje novih naprednih tehnologij v

processe vodenja in merjenja ter optimizacija kontrolnih procesov in povečevanje izplena izdelkov.

2. Razvoj nestandardnih rešitev iz področja elektronike in programske opreme v skladu s potrebami uporabnikov in industrije. Sem spada optimizacija in avtomatizacija tako opreme za proizvodnjo kot tudi merilne opreme za avtomatsko testiranje in karakterizacijo čipov in gradnikov. Pozornost je potrebno posvetiti tudi tehnologijam novih generacij čipov, tako s stališča izdelave kot 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 kompleksnih 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 tekom razvoja prilagajati spreminjajočim se zahtevam. Zaradi kompleksnosti naprav in agilnega pristopa k njihovem razvoju, se optimizacijo 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 se predvidi tudi vlaganje v nakup ali najem sklopov ustrezne testne in razvojne opreme. Le takšna infrastruktura omogoča razumevanje omejitev trenutnega stanja tehnike in omogoča 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 kompleksne 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 potem 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 opreme.

- 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 naslavlja 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-ih 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 globalnem nivoju 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 je možno čipe obogatiti s posebnimi funkcionalnostmi lastnostmi kot so npr. feroelektričnost, feromagnetizem, piezoelektričnost, superprevodnost itd. ter s tem pripraviti posebne nišne aplikacij na polprevodniški platformi. Med drugimi so zanimivi tudi polprevodniški materiali, ki so odporni na sevanje (metal-halide perovskiti) in tehnologije tekočih polprevodnikov (arzen, selen, telur) ter hetero-stikov (tekoče-trdno). Izkorišča 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 direktne pretvorbe sevanja v električno energijo z visokim izkoristkom.

Večina elektronskih čipov je danes narejenih v tehnologiji CMOS. S to tehnologijo je mogoče narediti enormne in cenovno ugodne količine čipov, od namenskih merilnih naprav za industrijske, medicinske in druge namene, kot tudi napredne mikroprocesorske enote. Integriranje kompleksnih vezij na posamični čip za opravljanje točno določenih specifičnih funkcionalnosti rezultira v t. i. čipe ASIC. Namenska integrirana vezja ASIC so ključne komponente produktov, ki jih nekatera visokotehnološka podjetja v Sloveniji tržijo po celem svetu. Poleg točno določene zelene 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 posvečalo manj pozornosti na arhitekture za specifične namene, ki omogočajo razvoj novih izdelkov. Lasten čip v izdelku ponuja več prednosti, npr. konkurenčna prednost, nezmožnost kopiranja, neodvisnost pri dobavi, produkcijska skalabilnost, možnost prilagajanja cene, znanje za naslednjo generacijo razvoja in tako naprej.

V Evropi se krepi ekosistem, ki bo omogočal lažji in cenejši dostop do načrtovalskih orodij in maloserijske proizvodnje. Strmimo k razvoju, ki bo pokrival 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, na primer pilotne linije z dostopom preko kompetenčnega centra). Za tehnologije 350 – 180 nm pa stremimo k postavitvi prototipne linije z možnostjo manjše proizvodnje v Sloveniji.

V kombinaciji z lastnimi zmogljivostmi inštitucij 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 povsem novimi funkcionalnostmi (večja hitrost delovanja, manjša poraba energije, boljša zaščita podatkov, višja natančnost zaznavanja, drugačni pristopi k reševanju problemov in drugo). V okviru razvoja čipov in polprevodnikov mora biti tudi Slovenija vključena v razvoj in ustvarjati nova znanja in inovacije na teh perspektivnih področjih, ki vedno bolj pridobivajo na pomenu.

Eno izmed naprednih tehnologij čipov predstavljajo fotonski čipi. Fotonske čipe oziroma fotonska integrirana vezja sestavljajo integrirani gradniki, ki upravljajo s svetlobnim signalom. S svetlobo oziroma fotoni lahko v mnogih primerih izvajamo določene operacije še hitreje in bolj učinkovito 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. Med njimi velja izpostaviti, da je silicijeva platforma v veliki meri kompatibilna 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 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 sensorike (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, sensorika in kvantno računalništvo. V fotonskih čipih lahko izkoriščamo tudi prednosti mikro elektromehanskih sistemov za vodenje svetlobe (MEMS, MOEMS). Uporaba fotonskih čipov je tako možna na celotni paleti aplikacij (gl. aplikacijske usmeritve), hkrati odpirajo pot novim nadgradnjam elektronskih čipov in sistemov. Kljub temu, da

je trenutni trg silicijevih fotonih čipov mnogo manjši kot 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

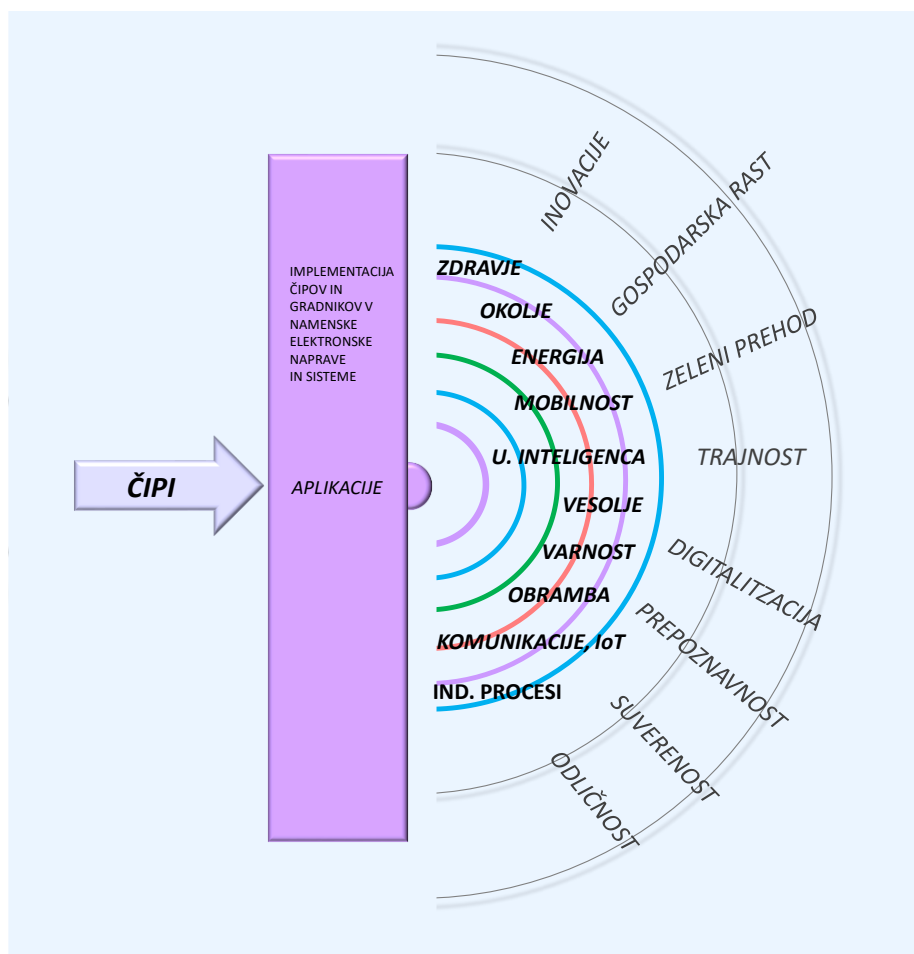
Kvantne tehnologije predstavljajo hitro rastoče tehnološko področje, ki obljublja radikalne preboje v najrazličnejših smereh, kot so npr. komunikacije, senzorika, kriptografija, farmacija, medicina, ter kvantno računalništvo. Glavni gradnik kvantnega računalnika je kvantni čip, ki vsebuje veliko število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

Eno izmed pomembnih usmeritev v sklopu raziskav na področju kvantnih čipov predstavljajo raziskave superprevodnih kubitov (tj. transmon), kjer so obratovalne lastnosti (npr. koherentni čas, residualna upornost) posameznega kubita v veliki meri odvisne od snovnih lastnosti superprevodnih materialov in načina obdelave tekom celotnega tehnološkega procesa 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 služila kot povezovalni in kontrolni člen. S tako arhitekturo, kjer so vsi glavni členi 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 je glavni cilj pridobitev prvega dilucijskega hladilnika in posodobitev (nadgradnja) proizvodne linije za raziskavo postopkov proizvodnje nove generacije superprevodnih kvantnih procesorjev. Ocenjujemo, da bo naslednjih 5 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 paleto aplikacij, kjer elektronske naprave in sistemi kot končni produkti igrajo pomembno vlogo. Pri tem je pomembno slediti aktualnim potrebam in možnostim financiranja, upoštevajoč sodobne usmeritve (digitalizacija, zeleni prehod, trajnostni razvoj in druge). Slika 2.1 prikazuje nekatera pomembna področja možne uporabe, med njih 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, fotonске mikromehanske in kvantne senzorske sisteme, umetno inteligenco, varnost in obrambo, vesoljske tehnologije, zeleni prehod, zdravo prehrano in trajnostno kmetijstvo ter ostalo.



Slika 2.1: Paleta 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 potrebno usmeriti bodisi v zrele aplikacije, kjer 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 EU sredstev. Nekatere izmed 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.

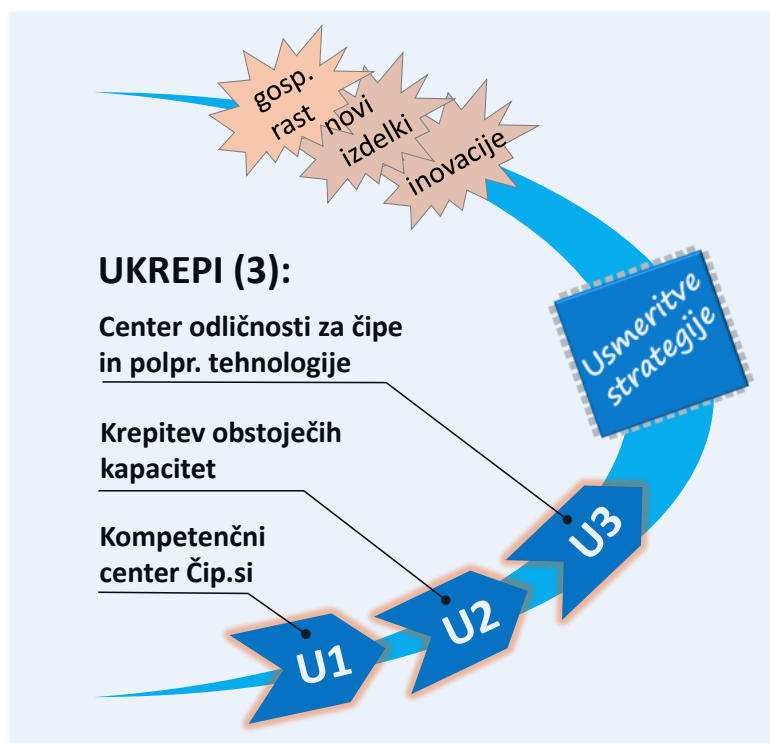
3 UKREPI IN FINANCIRANJE

3.1 Ukrepi

Navajamo tri krovne ukrepe za realizacijo vsebin programa:

- **U1: ustanovitev Kompetenčnega centra Čip.si,**
- **U2: Krepitev obstoječih kapacitet in**
- **U3: ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.**

Ukrepi so izpostavljeni tudi na sliki 3.1.



Slika 3.1: Trije ukrepi za realizacijo programa.

Gre za tri neodvisne ukrepe. Prvi ukrep (Kompetenčni center) se veže neposredno na vzpodbude in cilje EU, medtem ko sta druga dva ukrepa nacionalne narave.

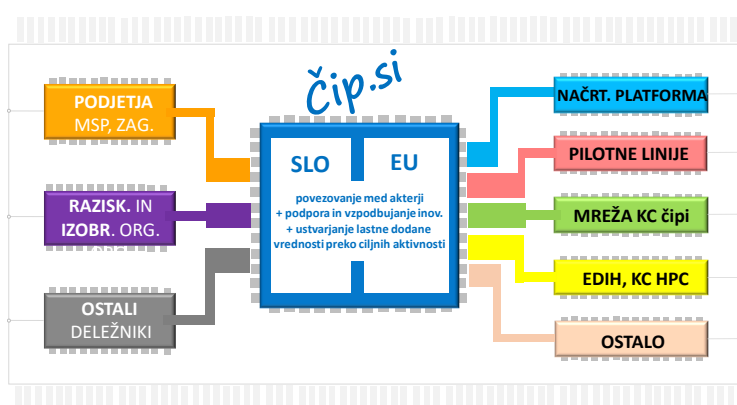
Predlagana okvirna časovnica izvedbe ukrepov je podana na koncu poglavja ukrepov. Okvirno finančno ovrednotenje ukrepov je opredeljeno v podpoglavju 3.2.2 Potrebe po financiranju za izvedbo ukrepov programa. Za realizacijo ukrepov se lahko koristijo različni viri oziroma instrumenti evropskega in nacionalnega financiranja (gl. poglavje 3.2.3 Možnosti financiranja).

Izvedba navedenih ukrepov je ključna za realizacijo programa. V nadaljevanju sledijo vsebinske opredelitve ukrepov.

3.1.1 Kompetenčni center Čip.si

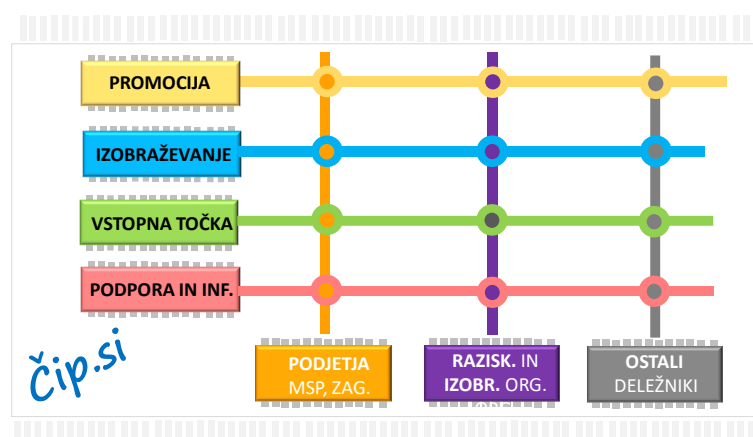
V sklopu ukrepov evropskega Skupnega podjetja za čipe (Chips JU) in razpisov vezanih na Pobudo Čipi za Evropo (initiative calls) se v tretjem četrtletju 2024 načrtuje prijava na evropski razpis za kompetenčni center v Sloveniji in v primeru odobritve v začetku leta 2025 ustanovitev **Kompetenčnega centra Čip.si** (ukrep U1). Polovico financiranja za kompetenčne centre, ki se bodo ustanovili tudi po drugih državah članicah, bo zagotovila EU, polovico pa morajo zagotoviti države članice, torej v primeru Čip.si Slovenija. S strani EU se sofinanciranje kompetenčnih centrov zagotavlja za obdobje štirih let.

Povezovalna vloga Kompetenčnega centra Čip.si med različnimi vključenimi deležniki je shematsko prikazana na sliki 3.2.



Slika 3.2: Shematski prikaz vloge Kompetenčnega centra Čip.si.

V skladu z evropskim Aktom o čipih bodo osnovne naloge Kompetenčnega centra usmerjene v krovne aktivnosti, ki so prikazane na sliki 3.3 v obliki horizontal. Kompetenčni center v osnovi ne more financirati raziskav in razvoja ter nakupa večje opreme (omejitve so določene s strani EU in so pogoj za sofinanciranje).



Slika 3.3: Shematski prikaz aktivnosti in prepletanja deležnikov v Kompetenčnem centru Čip.si.

Predvidene krovne aktivnosti Čip.si so:

Promocija področja čipov in polprevodniških tehnologij

- Promocijske aktivnosti za odkrivanje in pridobivanje novih talentov (kadri) na vseh nivojih izobraževanja.
- Promocija pomena področja v širši družbi.
- Promocija dobrih praks in uspešnih zgodb.
- Promocija aktivnosti in pomena Kompetenčnega centra in Skupnega podjetja Chips JU.

Izobraževanje in krepitev spretnosti

- Organizacija in izvedba strokovnih konferenc, delavnic in posvetov.
- Specializirana izobraževanja za podjetja, krepitev znanj in spretnosti.
- Posodobitev in nadgradnja vsebin rednih izobraževalnih programov.
- Sodelovanje v programih vseživljenjskega izobraževanja.

Vstopna točka

- Dostop do načrtovalske platforme EU.
- Dostop do pilotnih proizvodnih linij EU.
- Dostop do mreže ostalih kompetenčnih centrov za čipe in njihovih deležnikov.
- Dostop do centrov EDIH, HPC in drugih.

Podpora in informiranje

- Podpora pri dostopu do Sklada za čipe.
- Podpora pri tehnološkem prenosu.
- Podpora pri povezovanju z drugimi deležniki v celotni verigi.
- Informiranje o razpisih, novostih in dogodkih.

KC Čip.si bo nudil predvsem podporo slovenskim podjetjem in organizacijam pri trenutno aktualnih izzivih in tehnologijah. Povezoval se bo z drugimi KC-ji po EU in v skladu z nalogami nudil storitve tudi tujim deležnikom.

Pri specializaciji kompetenčnega centra je predvideno, da se poleg zgoraj omenjenih aktivnosti na področju trenutnih tehnologij v okviru rednih nalog, osredotočimo na dve novi tehnologiji in generaciji čipov: (i) integrirana fotonika (fotonski čipi in gradniki) in (ii) kvantne tehnologije (kvantni čipi in gradniki). Ker obe tehnologiji postajata vse bolj prodorni tako na področju evropskega, kot tudi globalnega razvoja čipov, in omogočata vrsto inovacij, predstavljata pomemben izziv tudi za nadaljnji razvoj slovenskih podjetij in raziskovalno-izobraževalnih organizacij na področju čipov in polprevodnikov.

3.1.2 Krepitev obstoječih kapacitet

Na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji obstaja omejeno število raziskovalno-razvojnih jeder z omejeno in pogosto zastarelo tehnološko infrastrukturo. Obnova, nadgradnja in krepitev teh jeder je ključna za uspešno vzpostavitev aktivnosti na področju čipov in polprevodniških tehnologij, vzgojo kadrov ter krepitev inovacijskega potenciala.

V okviru tega splošnega ukrepa krepite kapacitet (ukrep U2) izpostavljamo dve usmeritvi:

- **nadgradnja in razvoj raziskovalne opreme po različnih ustanovah** in
- **zagotavljanje sistemskega financiranja za delovanje raziskovalno-razvojnih jeder.**

Nadgradnja in razvoj raziskovalne opreme po različnih ustanovah

- Posodobitev, dopolnitev in nadgradnja obstoječe infrastrukture za delo s polprevodniki na RO in v podjetjih.
- Vzpostavitev novih infrastrukturnih zmogljivosti na ključnih strateških področjih na RO in v podjetjih.
- Zagotovitev opreme univerzam, ki je potrebna za izvedbo kvalitetnega dodiplomskega in podiplomskega izobraževanja ter pritegnitev mladih kadrov.

Zagotavljanje sistemskega financiranja za delovanje raziskovalno-razvojnih jeder

Delo na področju čipov in polprevodniških tehnologij je vezano na zaposlovanje visoko kvalificiranih upravljavcev opreme, visoke materialne stroške in tekoče vzdrževanje opreme. Univerze in instituti imajo zelo omejena sredstva, ki bi jih lahko alocirala za financiranje teh stroškov. Vzpostavitev sistemskega financiranja, ki bi omogočalo kritje tekočih materialnih stroškov, tekočega vzdrževanja ter plač visokokvalificiranih tehnikov je zato ključnega pomena za zagotavljanje delovanja raziskovalno-razvojnih jeder.

Za izvajanje krepitev kapacitet v smeri zgornjih usmeritev je potrebno izvesti in koristiti več razpisov.

Med njimi so pomembni:

- Ciljni razpisi za nadgradnjo raziskovalne opreme obstoječih skupin po različnih ustanovah.
- Razpisi za razvoj novih infrastrukturnih zmogljivosti.
- Razpisi za izvajanje raziskovalno-razvojnih projektov.
- Razpisi za financiranje opreme, stroškov materiala in licenc, ki so potrebni za izvajanje dejavnosti.
- Podpora raziskovalno-inovacijskim aktivnostim 2024 – 2030 (MDP, sofinanciranje na izbranih razpisih Skupnega podjetja Chips JU).
- Vzpostavitev sistemskega, trajnega in nekompetitivnega financiranja za delovanje infrastrukturnih centrov in raziskovalno-razvojnih jeder.
- Neposredna krepitev kapacitet in opremljenosti v podjetjih preko Zakona o spodbujanju investicij ([ZSinv](#)).

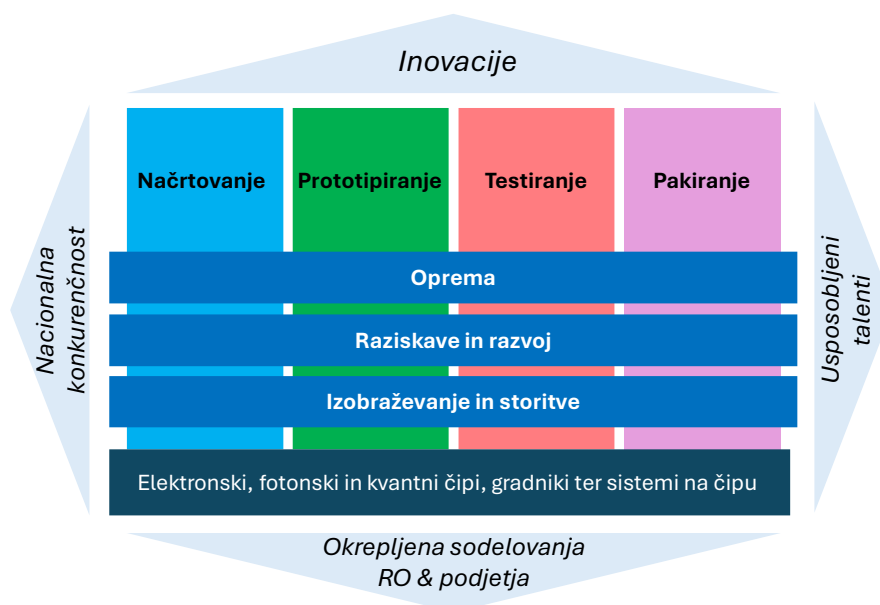
Prav tako so na voljo raznorazne oblike povratnih virov (garancije, posojila), ki jih nudijo razpisovalci sredstev za različne namene (med njimi tudi za financiranje naložb v opredmetena in neopredmetena osnovna sredstva idr.) kot sta na primer Slovenski podjetniški sklad in SID banka.

3.1.3 Center odličnosti za razvoj čipov in polprevodniških tehnologij

Poleg ukrepa Krepitev obstoječih kapacitet je predviden naslednji ključni nacionalni ukrep: ustanovitev **Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije** (ukrep U3). Ustanovitev

Centra nadgrajuje potrebne investicije izvedene v okviru Krepitve obstoječih kapacitet in omogoča koriščenje drugih razpoložljivih virov financiranja.

Investicija v Center je smiselna in nujna za zagotavljanje dolgoročnega razvoja na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Sloveniji. Center bo pokrival raziskovalno-razvojne in inovacijske dejavnosti v skladu s področnimi usmeritvami programa, kot prikazuje diagram na sliki 3.4. Prispeval bo k razvoju področja tako na raziskovalno-izobraževalnih organizacijah kot v podjetjih (sodelovanja, oprema).



Slika 3.4: Aktivnosti predvidenega Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije.

Predvidene področne vertikale Centra odličnosti so:

- **načrtovanje,**
- **prototipiranje,**
- **testiranje in**
- **pakiranje**

čipov in njihovih gradnikov. Usmeritve aktivnosti in opremljenosti so opredeljene pod *Področnimi usmeritvami programa* in jih tukaj ne navajamo ponovno.

V okviru Centra so ključne investicije v:

- **raziskovalno-razvojno opremo** (tehnološka in merilna oprema (tudi slovenskih proizvajalcev), licence za načrtovanje, druga oprema),
- **raziskave, razvoj in inovacije** (na vseh zgoraj omenjenih vertikalah),
- **izobraževanje in razvijanje spretnosti** (vse stopnje študija, seminarji, delavnice, ciljna izobraževanja) in
- **ostale spremljajoče dejavnosti**

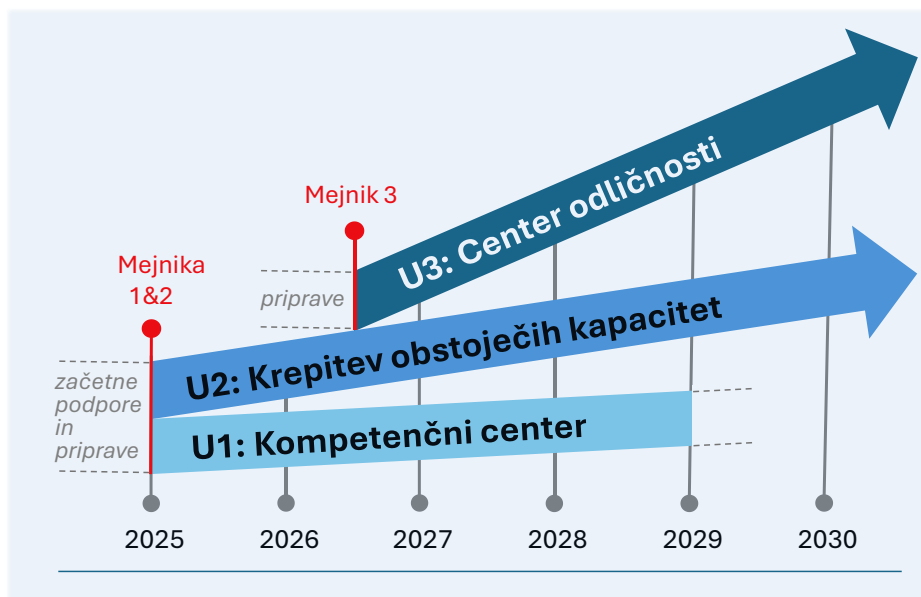
na področju razvoja čipov in polprevodnikov, kot je opredeljeno v Akcijskih usmeritvah programa.

Center bi pokrival razvoj elektronskih čipov in čipov novih generacij: fotonških in kvantnih.

V tesnem medsebojnem sodelovanju s podjetji bi skrbel za razvoj novih visoko izobraženih in usposobljenih talentov, zagotovljena bi bila ustrezna opremljenost, tako bi omogočal pogoje za nove, prebojne inovacije, predstavljal visokotehnološko stičišče in vidno prispeval h krepitvi nacionalne konkurenčnosti.

Časovnica izvajanja ukrepov

Predlog časovnice izvajanja zgoraj navedenih ključnih ukrepov za razvoj področja je podan na sliki 3.5.



Slika 3.5: Predlog časovnice izvajanja ključnih ukrepov.

Mejnik 1 se navezuje na ukrep U1 - Kompetenčni center Čip.si in je postavljen na začetek leta 2025, ko se predvideva njegova ustanovitev (v skladu s pogoji Chips JU). Priprave in prijava na razpis se izvede v tretjem četrtletju leta 2024. Obdobje sofinanciranja Kompetenčnega centra s strani EU je omejeno na 4 leta.

Ker Kompetenčni center v danih okvirjih ne omogoča financiranja nekaterih ključnih dejavnosti ali jih omogoča v zelo omejenem obsegu (kot so investicije v opremo, raziskovalno-razvojne aktivnosti) je pomembno, da se takoj začnejo izvajati tudi instrumenti ukrepa U2 – Krepitev obstoječih kapacitet s postavljenim **Mejnikom 2** na začetku leta 2025. Pred tem se že izvajajo določene začetne podpore (gl. poglavje 3.2.3 Možnosti financiranja).

Ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodnike (U3, **Mejnik 3**) se predvideva za leto 2026.

Predlog okvirnega financiranja po posameznih ukrepih je podan v podpoglavju 3.2.2 Potrebe po financiranju.

3.2 Financiranje

3.2.1 Obstoječe stanje financiranja

V nadaljevanju je povzeta ocena stanja financiranja na letnem nivoju (podatki pretežno iz leta 2023) za raziskovalno-izobraževalne organizacije (RO) in bilance za podjetja, ki so povezana z razvojem čipov in polprevodniških tehnologij ter so vključena v omenjeni Sporazum (gl. [povezavo](#)).

Pri RO so upoštevani prihodki iz nacionalnih programov in projektov, evropskih projektov ter plače učiteljev in asistentov, ki delujejo na področju. Ostale kategorije prihodkov spodaj niso upoštevane.. Pri navedenih zneskih gre za okvirne ocene, saj je pri posameznih aktivnostih težje priti do podatkov, ki se vežejo samo na dejavnosti iz naslova čipov in polprevodniških tehnologij.

Pri podjetjih so navedeni izbrani podatki za leto 2023 iz javno dostopnih poslovnih poročil (AJPES, maj 2024).

Zneski so po posameznih kategorijah navedeni v tabeli 3.1.

RAZISKOVALNO-IZOBRAŽEVALNE ORG. SKUPAJ (4 RO) - ocena					
Nacionalni programi in projekti	Evropski projekti	Plače učiteljev in asistentov	Vsota RO		
2,735,000 €	1,915,000 €	2,375,000 €	7,025,000 €		
PODJETJA SKUPAJ (15 podjetij) – vir: AJPES Fi=Po					
Sredstva	Kapital	Prihodki	Dobiček (EBIT)	Število zaposlenih	Povprečni prihodki na zaposl.
246.656.944 €	176.736.409 €	229.720.800 €	39.832.521 €	1340	171.433 €

Tabela 3.1: Kazalniki financiranja RO in podjetij v povezavi s področjem čipov in polprevodniških tehnologij, ki so vključeni v Sporazum o sodelovanju.

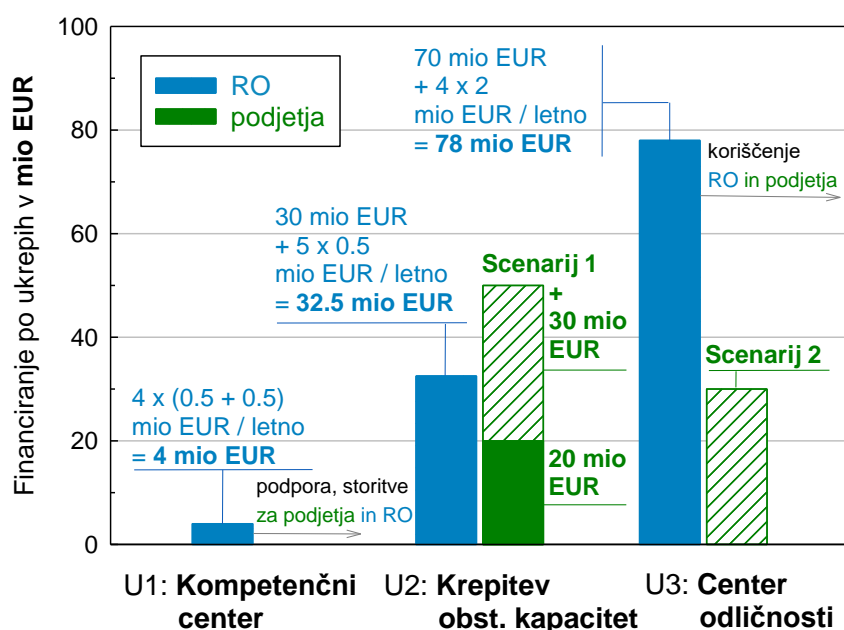
Poudariti velja, da v tabelo niso vključeni podatki za podjetja Gospodarskega interesnega združenja ACS - Slovenski avtomobilski grozd, ki je ravno tako sopolpisnik omenjenega Sporazuma. Vključena tudi niso mnoga preostala podjetja elektronske industrije, ki nastopajo v vrednostni verigi polprevodnikov kot uporabniki čipov v njihovih proizvodih. Gospodarski pomen področja je še mnogo večji, kot je razvidno iz navedenih vrednoti indikatorjev v tabeli.

V skladu z usmeritvami programa in v luči predlaganih ukrepov so potrebna precej višja vlaganja v področje za zagotovitev razvoja in konkurenčnega gospodarstva na področju čipov in polprevodniških tehnologij.

3.2.2 Potrebe po financiranju za izvedbo ukrepov programa

Razvoj visokotehnološkega področja, kot so čipi in polprevodniške tehnologije, zahteva znatne začetne investicije v raziskovalno in razvojno infrastrukturo in kontinuirano sistemsko financiranje, tako za izvajanje aktivnosti, kot za obratovanje, vzdrževanje in prenavljanje opreme. Pri tem je potrebno izpostaviti, da področje ponuja 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.

Na sliki 3.6 prikazujemo ocenjene potrebe po financiranju v obdobju 2025-2030 za raziskovalno-izobraževalne organizacije (RO) in investicijske spodbude za podjetja po posameznih ključnih ukrepih programa, ki bi omogočale konkurenčni razvoj področja, v skladu z usmeritvami programa.



Slika 3.6: Ocenjene potrebe finančnih sredstev za izvedbo ukrepov programa.

Za aktivnosti v sklopu **Kompetenčnega centra Čip.si (U1)** se ocenjuje potreba po 1 mio EUR letno (50 % prispevek EU, 50 % nacionalni prispevek) za RO, kar v obdobju 4-ih let zneske skupaj 4 mio EUR, za izvajanje opredeljenih aktivnosti (gl. 3.1.1 Kompetenčni center Čip.si). S tem se koristi polovico maksimalnega zneska, ki je določen s strani Chips JU na posamezno članico EU. Kompetenčni center nudi podporo in storitve podjetjem in RO v skladu z opredeljenimi nalogami.

Naslednji splošni ukrep je **Krepitev obstoječih kapacitet (U2)**. Gre za prvi večji ukrep, ki je namenjen tako RO kot podjetjem. V okviru tega ukrepa se preko različnih razpisov pričakuje prva večja vlaganja v raziskovalno opremo in R&R&I aktivnosti. Potreba s strani RO znotraj tega ukrepa je ocenjena na 30 mio EUR začetne investicije in 0.5 mio EUR/letno za obdobje petih let (skupaj 32.5 mio EUR). Prav tako je predvideva finančna podpora podjetjem v okviru možnih instrumentov spodbujanja s strani države (gl. naslednje podpoglavje). Višina investicijskih spodbud podjetjem je ocenjena na 20 mio EUR za obdobje 2025-2030. Poleg tega se predvidevata

dva scenarija, ki sta odvisna od možnosti ali nemožnosti investicijskih spodbud podjetjem preko ukrepa U3 – Center odličnosti. V kolikor bodo za izvedbo U3 uporabljeni instrumenti, ki ne omogočajo neposredne podpore podjetij, se za podjetja v okviru U2 Krepitev obstoječih kapacitet predvidi dodatnih 30 mio EUR sredstev (Scenarij 1). Mejniki za začetek izvajanja ukrepa U2 za RO in podjetja je v skladu s časovnico leto 2025.

Tretji ključni ukrep je ustanovitev **Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije (U3)**. V okviru tega ukrepa se pričakuje naslednja večja investicija v raziskovalno opremo in R&R&I ter ostale spremljajoče aktivnosti na področju. Ocenjena začetna investicija v okviru U3 je 70 mio EUR in nato 2 mio EUR letno za RO za obdobje 2026-2030. V primeru izvedbe scenarija 2 se v okviru U3 predvidi 30 mio EUR investicijskih spodbud za podjetja. Mejniki za začetek izvajanja ukrepa U3 je sredina leta 2026.

Potrebe po financiranju za izvedbo ukrepov U1 – U3 so torej okoli 115 mio EUR za RO in 50 mio EUR investicijskih spodbud za podjetja, kar znaša skupaj 165 mio EUR v obdobju 2025-2030. Možnosti financiranja so navedene v naslednjem podpoglavju.

3.2.3 Možnosti financiranja

Začetne podpore

V fazi priprave programa so bili identificirani prvi zagonski viri financiranja, med njimi so:

- Ministrstvo za digitalno preobrazbo MDP:
1,2 mio € do konca 2025 (iz naslova pričakovanih dodatnih proračunskih sredstev),
- Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport (MGTŠ):
1,5 mio € do konca 2026 (NOO razpis IPCEI),
- Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije (MVZI):
2,25 mio EUR za polprevodnike in 2,25 mio EUR za kvantne tehnologije za obdobje treh let (razpis Gravitacija 2024, v navedeni dve področji ne spadajo samo čipi in polprevodniške tehnologije).

Te vire se deloma lahko koristi v okviru t.i. začetnih podpor (pred 2025, gl. časovnico na sliki 3.5), kasneje se vključijo v ukrep Krepitev obstoječih kapacitet (U2) in deloma (0,5 mio EUR/letno s strani MDP) sofinanciranju Kompetenčnega centra Čip.si (U1).

Nekatere možnosti za nadaljnja financiranja v okviru evropskih in mednarodnih shem ter nacionalnih virov so navedene v nadaljevanju.

Evropske in mednarodne sheme

Program Digitalna Evropa ([Digital Europe Program](#)) je program financiranja EU, osredotočen na zagotavljanje digitalnih tehnologij podjetjem, državljanom in javnim upravam. Program zagotavlja strateško financiranje za projekte na petih ključnih področjih zmogljivosti: na področju superračunalništva, umetne inteligence, kibernetne varnosti, naprednih digitalnih veščin in tudi zagotavljanja široke uporabe digitalnih tehnologij v gospodarstvu in družbi. Z načrtovanim skupnim proračunom v višini 7,5 milijarde EUR (v trenutnih cenah) želi pospešiti okrevanje gospodarstva in oblikovati digitalno preobrazbo evropske družbe in gospodarstva, še posebej malim in srednje velikim podjetjem.

Obzorje Evropa ([Horizon Europe](#)) je okvirni program Evropske unije za raziskave in inovacije, ki je aktiven v obdobju med leti 2021 do konca leta 2027. Proces strateškega načrtovanja programa Obzorje Evropa se osredotoča predvsem na globalne izzive in steber evropske industrijske konkurenčnosti podjetij. Obsega tudi del programa za širitev udeležbe in krepitev evropskega raziskovalnega prostora. Skupna vrednost finančnih sredstev, ki bodo namenjena novim aktivnostim presega 95,5 milijard EUR. Za deležnike iz področja mikroelektronike sta še posebej primerna [delovni program Grozda 4](#) (ki naslavlja področje digitalnega, industrije in vesolja) ter ukrepi [Evropskega sveta za inovacije \(EIC\)](#).

Razpisne tematike za okrepitev inovacijskih zmogljivosti na različnih vsebinskih področjih, za zagotavljanje novih znanj in spretnosti in za sodelovanje in pretok znanja med visokošolskim izobraževanjem, poklicnim izobraževanjem in usposabljanjem ter širšim družbeno-ekonomskim okoljem je moč najti v programu [Erasmus+](#).

V okviru evropskega financiranja se lahko sledi tudi razpisom **programov čezmejnega** (Slovenija-Avstrija, Slovenija-Italija, Slovenija-Madžarska, Slovenija-Hrvaška) **in transnacionalnega sodelovanja** (za Slovenijo so ključni Interreg za Podonavje, Interreg za Jadransko-Jonsko regijo, Interreg ADRION, Interreg za Alpsko regijo ter Interreg za Mediteransko regijo)⁴.

Pomemben inštrument za financiranje razvoja na področju čipov in polprevodnikov je evropsko Skupno podjetje [Chips JU](#), ki do konca 2030 skrbi za implementacijo Akta o čipih ter za izvajanje ciljev Pobude Čipi za Evropo (1. steber Akta o čipih). Delovni program Skupnega podjetja za čipe predvideva objavo več razpisov v okviru pobude Čipi za Evropo. Objavljeni so tudi drugi razpisi iz področja raziskav in inovacij za načrtovanje in proizvodnjo elektronskih komponent in sistemov v Evropi, ki pa ne zapadejo pod pobudo Čipi za Evropo.

Evropska kohezijska politika je glavna naložbena politika Evropske unije. Z njeno pomočjo smo v Sloveniji uresničili že številne projekte, ki so bistveno prispevali k hitrejšemu razvoju naše države. V obdobju hitrih sprememb, ki jih narekuje zelena in digitalni prehod, so za Slovenijo ključnega pomena ukrepi v smeri večje odpornosti gospodarstva in družbe, izkoriščanja novih priložnosti ter pospešitve prehoda v visoko produktivno, nizkoogljično in krožno gospodarstvo, s končnim ciljem kakovostnega življenja za vse. Temu bodo namenjena [evropska kohezijska sredstva](#) v obdobju do leta 2027, z možnostjo koriščenja do leta 2029, v višini 3,2 milijarde evrov.

⁴ **a) programi čezmejnega sodelovanja:**

SI-AT: [IP SI-AT 2021-2027 – EN Interreg SI-AT](#)

SI-HR: [Interreg VI-A SI-HR – Cross-border cooperation of Slovenia and Croatia](#)

SI-HU: [Interreg VI-A Slovenia-Hungary – Where cooperation matters \(si-hu.eu\)](#)

SI-IT: [Home Page | Italija-Slovenija \(ita-slo.eu\)](#)

b) programi transnacionalnega sodelovanja:

Interreg za Podonavje: [Interreg Danube Region \(interreg-danube.eu\)](#)

Interreg za Jadransko-Jonsko regijo: [Interreg IPA ADRION 2021-2027 – Interreg ADRION Programme \(adrioninterreg.eu\)](#)

Interreg za Alpsko regijo: [Detail | Alpconv](#)

Interreg za Mediteransko regijo: [Home - Programme Interreg Euro-MED \(interreg-euro-med.eu\)](#)

Ker se zavedamo, da je slovenska in evropska konkurenčnost vse bolj odvisna od razvoja elektronike, bo Ministrstvo za obrambo (MO) sodelovalo pri financiranju evropskih projektov v okviru [Evropske obrambne agencije](#) (EDA) ter [evropskega obrambnega sklada](#) (EDF), ki je namenjen razvoju inovativne, učinkovite in zmogljive evropske obrambno tehnološko-industrijske baze. EDF ima za obdobje 2021 – 2027 v proračunu na voljo 7,953 milijarde evrov in se v okviru letnih delovnih programov osredotoča tudi na tehnološke raziskave, ki so pomembna za področja obrambe in se med ostalim nanašajo na digitalizacijo, nove materiale in komponente ter prelomne tehnologije. MO bo sodeloval tudi pri projektih v okviru stalnega strukturnega sodelovanja ([PESCO](#)) ter podpirali raziskovalne projekte, ki bodo s tega področja razpisani v okvirnem programu Evropske unije Obzorje Evropa.

S strani Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije (MVZI) so za sodelovanje z evropskimi državami in širša mednarodna sodelovanja objavljeni razpisi na spletni strani [ARIS](#).

Nacionalne sheme in viri

Program ukrepov spodbujanja podjetništva Ministrstva za digitalno preobrazbo (MDP) v obdobju 2022 – 2030 temelji na strateških dokumentih na področju digitalne preobrazbe in predstavlja dokument za izvedbo ukrepov, ki jih predvidevajo nadrejeni strateški dokumenti na področju digitalne preobrazbe Slovenije. Namen programa je vzpostaviti podporni ekosistem za digitalno preobrazbo z namenom zagotavljanja učinkovitega podjetniškega okolja. Usmerjen je v doseganje medsektorskih multiplikativnih razvojnih učinkov, ki bodo pospešili digitalno preoblikovanje in omogočili izrabo razvojnih priložnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) s čemer bo lahko gospodarstvo sledilo najnaprednejšim trendom razvoja. S predvidenimi ukrepi želimo povečati vlaganja v IKT, dvigniti produktivnost, gospodarsko rast in zaposlitvene možnosti za prihodnje potrebe na trgu. Spodbuditi želimo večjo uporabo IKT rešitev, storitev in infrastrukture za digitalno preobrazbo gospodarstva in posledično Slovenije. Splošni cilj programa je zagotavljanje pospešenega digitalnega preoblikovanja družbe, države, lokalnih skupnosti in gospodarstva ter s tem vzpostavitev učinkovitega podjetniškega okolja.

Na področju čipov in polprevodniških tehnologij, kamor sodijo tudi kvantni čipi, bo MDP povezovala iniciative za raziskovanje, načrtovanje in razvoj ter testiranje novih produktov in storitev. Pozornost bo posvečena podpornemu okolju za vzdrževanje ekosistema v skladu z evropskim Aktom o čipih in pobude Čipi za Evropo, ki bo okreпил konkurenčnost in odpornost Evrope na področju polprevodniških tehnologij in aplikacij kot tudi kvantnih tehnologij, ter pomagal doseči digitalni in zeleni prehod. Spodbujali bomo krepitev industrijske konkurenčnosti, industrijskih inovacij in prenos inovacij iz raziskovalnih okolij (RTO in univerze) v MSP in velikih podjetij. Izvajali bomo ukrepe za raziskave in inovacije (RIA) in ukrepe za inovacije (IA), ki se razlikujejo po stopnji tehnološke pripravljenosti (TRL).

Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport (MGTŠ) je v letu 2024 objavil [javni razpis »Spodbude za projekte, vključene v IPCEI ME/CT«](#), preko katerega bo namenil spodbude podjetjem, vključenim v projekt skupnega evropskega interesa za mikroelektroniko in komunikacijske tehnologije (IPCEI ME/CT), pri izvedbi njihovih raziskovalno-razvojnih dejavnosti, vključno s prvo industrijsko uporabo pilotnih rešitev v okviru raziskovalno-razvojnih projektov na področju mikroelektronike, polprevodnikov, čipov in komunikacijske tehnologije. Gre

za čezmejne, več državne projekte, v katerih sodelujejo velika, srednje velika in mala podjetja, ki se skozi projekte povezujejo s partnerskimi podjetji iz Evropske unije. Razpis je torej namenjen podjetjem, ki so se predhodno že umestila v skupni evropski projekt IPCEI ME/CT. Preko javnega razpisa bomo podjetjem namenili do 1,5 mio EUR.

MGTŠ poleg zgoraj navedenega ukrepa zaenkrat ne načrtuje drugih ukrepov, ki bi bili specifično usmerjeni na področje čipov in polprevodnikov. Vsekakor pa lahko deležniki, ki delujejo na tem področju, kandidirajo za podporo svojim projektom tudi skozi ostale ukrepe MGTŠ s področij raziskav, razvoja in inovacij, podjetništva ter internacionalizacije.

S strani MVZI bi lahko poleg omenjenih začetnih vzpodbud v okviru razpisa Gravitacija k razvoju čipov in polprevodnikov znatno prispevali namenski infrastrukturni programi investicij v visokotehnološko infrastrukturo – polprevodniške in druge podporne tehnologije za razvoj čipov.

Republika Slovenija napreduje v prizadevanjih po dvigu deleža BDP za obrambne izdatke. Temu trendu sledi tudi na področju dviga deleža obrambnih izdatkov za raziskave, razvoj in inovacije, ki je v letu 2022 znašal 0,3% v deležu obrambnih izdatkov. V letu 2023 je ta znašal 1,3% in v letu 2024 že 2,6 % v deležu obrambnih izdatkov in se bo povečeval. Srednjeročni obrambni program Republike Slovenije 2022 – 2026 opredeljuje področje raziskav in razvoja s tematskimi sklopi, ki se delijo na najpomembnejša in druga področja ter presečna področja. Med najpomembnejša področja so uvrščene vsebine povezane z naprednimi komunikacijskimi in informacijskimi tehnologijami, razvojem avtomatiziranih in avtonomnih sistemov za različne domene in področja delovanja, razvojem varčnih, učinkovitih in naprednih energijskih sistemov, simulacijami in modeliranjem v podporo odločanju, razvoju senzorskih sistemov in zmogljivostim za delovanje in zaščito v elektromagnetnem spektru. Gre za pomembna področja in sisteme pri katerih je za njihovo uspešno delovanje ključno, da so podprti z naprednimi komponentami in čipi ter polprevodniki. Njihova zadostna in »varna« dobavljivost pa predstavlja strateško prednost v sodobnem konkurenčnem okolju.

Za razvoj področja čipov in polprevodniških tehnologij bi bilo koristno, če se s strani MO preuči možnost za pripravo različnih raziskovalno-razvojnih razpisov. Določen odstotek razvojno-raziskovalnih sredstev (npr. 10%) bi se lahko namenil za projekte, kjer je bistveni rezultat čip. Nekatere utemeljitve za to so navedene spodaj:

- Na področju varnosti in obrambe so običajne zahteve po visoki stopnji integracije in performancah, ki jih ni mogoče zadostiti brez uporabe integriranih vezij (čipov). V tem segmentu produktov so običajne proizvodne količine relativno majhne, ter tudi po drugih karakteristikah izrazito nišne, z dolgo življenjsko dobo (10-30 let).
- Segment je zanimiv zaradi zahtev v zvezi s suverenostjo (Evrope) in izvoznimi kontrolami.
- Obramba je v preteklosti tudi v Sloveniji bila bistveno gonilo razvoja področja čipov.

S strani pristojnih ministrstev (MDP, MVZI, MGTŠ, MO), Vlade Republike Slovenije in drugih pristojnih organov je potrebno poiskati in zagotoviti tudi druge razpoložljive vire, predvsem za izvedbo ukrepov U2 – Krepitev obstoječih kapacitet in U3 – ustanovitev Centra odličnosti za čipe in polprevodniške tehnologije. Kot je utemeljeno v programu, gre za strateško področje, z opredeljenimi usmeritvami, predlaganimi ukrepi in cilji, ki pa potrebuje znatna vlaganja za razvoj za doseganje prebojnih in povračilnih učinkov.

4 SPREMLJANJE IN ODZIVANJE

4.1 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 kvantitete vloge igra pri vseh kazalnikih ključno vlogo tudi kvaliteta (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 pritegnitev 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-ih 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 vključeno 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.

Vrednosti kazalnikov upoštevajo pričakovana vlaganja preko ukrepov U1-U3.

4.2 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 ključni povod za ukrepanje na področju čipov in polprevodniških tehnologij v Evropi, z namenom okrepitve področja in zagotavljanja lastne proizvodnje čipov in polprevodnikov. Zavedati se je potrebno, da so trenutno največje koncentracije proizvodnje čipov izven Evrope (Tajvan, Kitajska, ZDA) in 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 ključen ukrep za blaženje posledic morebitnih kriz vsaj na določenih segmentih 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, člani 19 - 27) in drugih izvedbenih dokumentih Evropskega odbora za polprevodnike predvideva ukrepe kriznega spremljanja in odzivanja na skupnem nivoju članic EU. V kriznem načrtu so opredeljene naloge naslednjih deležnikov: Evropske komisije, pristojnega nacionalnega organa, Evropskega odbora za polprevodnike, Sveta EU in skupine ostalih vključenih deležnikov (podjetja, RO, mednarodni partnerji, države članice, tretje države in drugi). V tem načrtu so za nacionalni nivo opredeljene naslednje naloge:

- pristojni nacionalni organ mora v primeru zaznavanja tveganja za resno motnjo na nacionalnem nivoju 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 informira o nacionalnih ukrepih in soodloča pri glede zaključka 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 nacionalni ravni

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

1. Uskladitev in določitev izvedbenih nalog s strani nacionalnega pristojnega organa (pod okriljem MDP) v sodelovanju s Kompetenčnim centrom.
2. Identifikacija potencialno kritičnih proizvodov v nacionalni vrednostni verigi polprevodnikov v odvisnosti od globalne dobavne verige.
3. Analiza možnosti dodatnih premostitev z lastnimi kapacitetami (nadgrajena in nova tehnološka oprema za prototipiranje in manjšo serijsko proizvodnjo z naslova ukrepov programa).

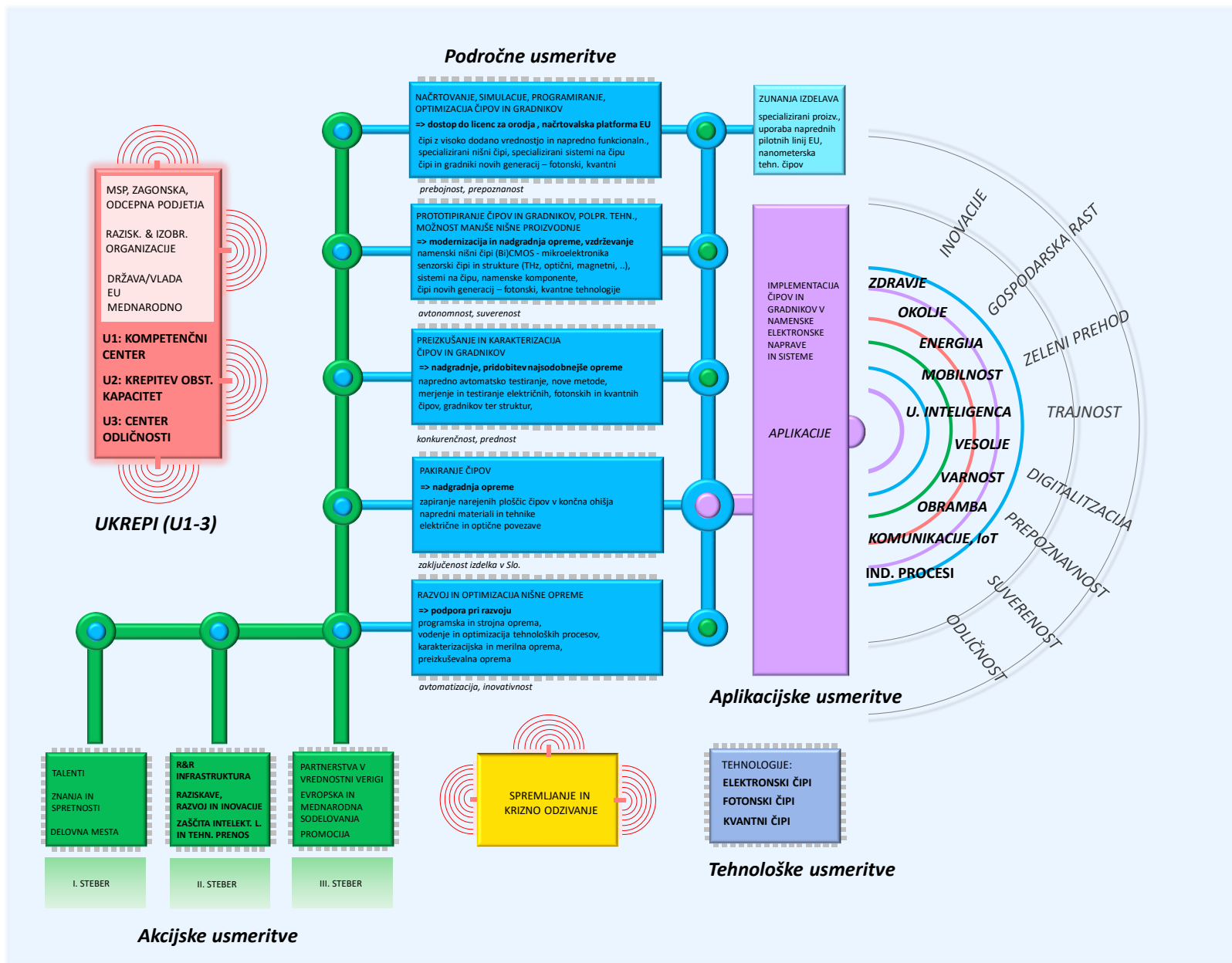
4. Vzpostavi se kontaktna točka za povezovanje, informiranje in spremljanje situacije v zvezi s kriznimi razmerami na nacionalni ravni.
5. V primeru identifikacije krizne situacije na nacionalnem nivoju se poleg sprožitve ukrepanja na ravni EU (zgornji ukrepi), preko povezane mreže kompetenčnih centrov vzpostavi dodatne kontakte z dobavitelji, išče alternativne možnosti in prizadeva za vzpostavitev prednostnih naročil za slovenska podjetja.
6. Kontaktna točka v primeru motenj ali kriznih situacij informira pristojna ministrstva za posredovanje preko diplomatskih povezav z državami, kjer nastopi motnja ali prekinitve 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://europa.eu/eusurvey).
8. Po potrebi se izdelata 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

Cinkarna 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.n.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

Taksonomija

Meroslovsje in pregledi - dobavitelji opreme in storitev za meroslovsje, 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, ftonska 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, ftonski 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: ftonska 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, nevro-morfni 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, ftonski biosenzor, diagnostika, pametni SFP), industrijska oprema (oprema za testiranje, kalorimetrična 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, ftonske 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](#)