

MEMRISTOR, NEVROMORFNO RAČUNALNIŠTVO IN AMBIENTNA INTELIGENCA TER MOŽGANSKI VSADKI



Aleš Holobar

**Fakulteta za Elektrotehniko, Računalništvo in
Informatiko Univerze v Mariboru**

ales.holobar@uni-mb.si

9. Nanotehnološki dan

Gospodarsko razstavišče, Ljubljana, 27. november 2012



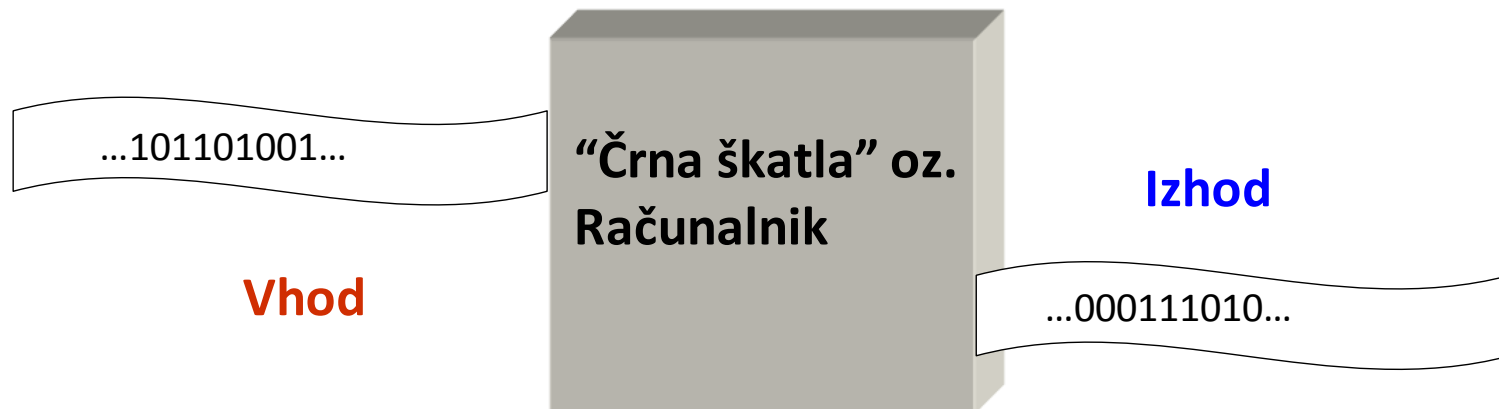
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST, KULTURO IN ŠPORT



OBRTNO-PODJETNIŠKA
ZBORNICA
SLOVENIJE

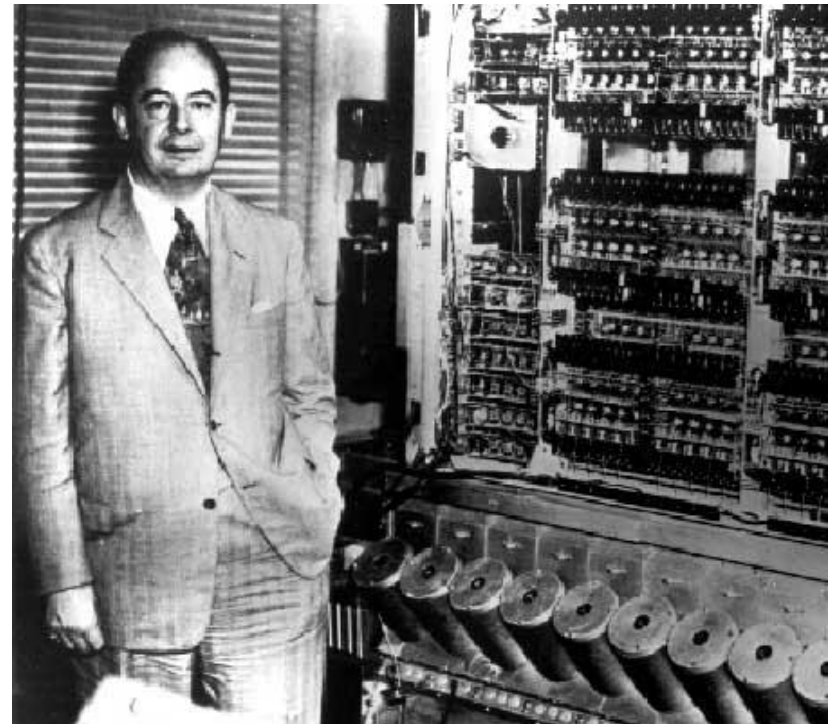
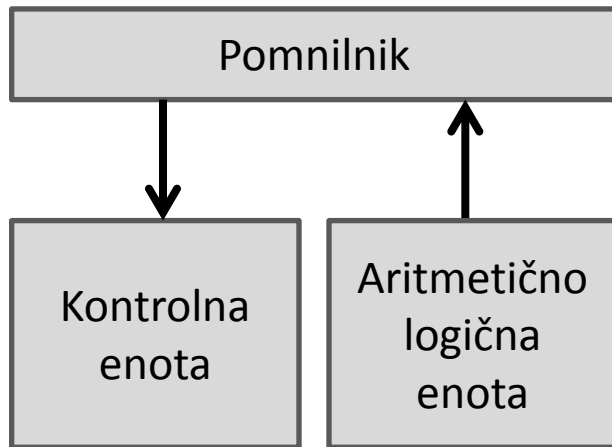
Turingov stroj

- 1936 je v angleščini beseda "computer" pomenila osebo, katere delo je bilo računanje s pisalom in papirjem.
- A. Turing: "Takšno 'računanje' lahko simuliramo s strojem".
- Kakšen stroj? Univerzalen stroj:
 - dolgi, enodimenzionalen papirnati trak,
 - trak se lahko premika naprej in nazaj, pri čemer se z njega berejo simboli, ki se lahko na podlagi prebranega tudi modificirajo.



Von Neumannova arhitektura

Von Neumannova arhitektura je model Turingovega stroja. Uporablja **centralno procesno enoto (CPE)** in ločeno **pomnilniško strukturo** ("trak"), v kateri hrani tako navodila za obdelavo (**program**) kot tudi podatke.



Niti superračunalnik ne ve “Kaj je Slovenija”

2011: “Umetna inteligenca je premagala človeško, se po prsih tolčejo pri IBM-u, kjer so izdelali superračunalnik Watson - ta je namreč v kvizu Jeopardy premagal dva stara mačka”



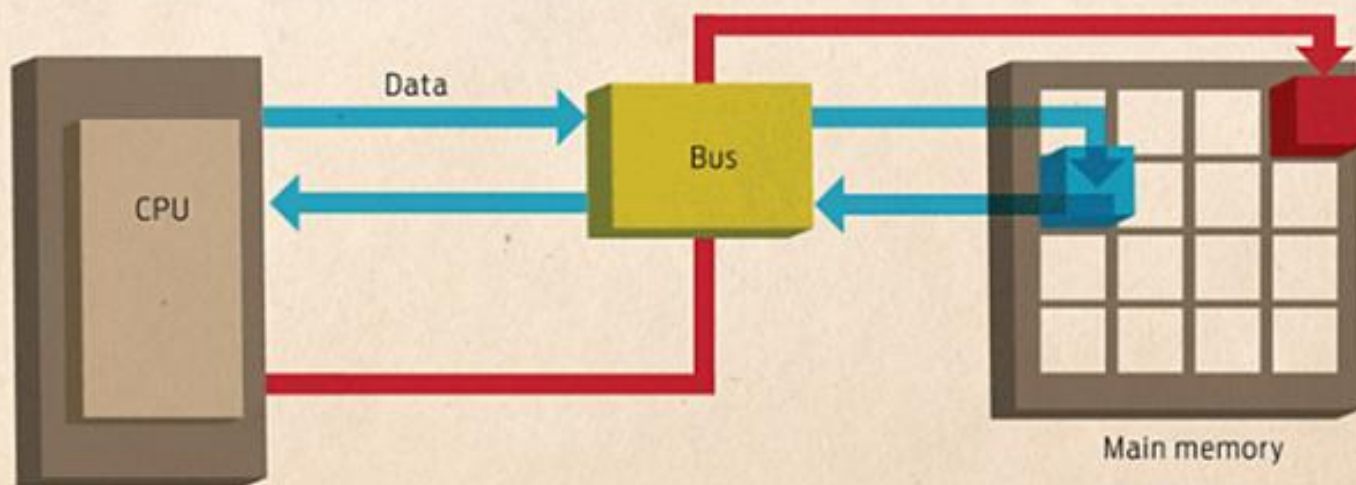
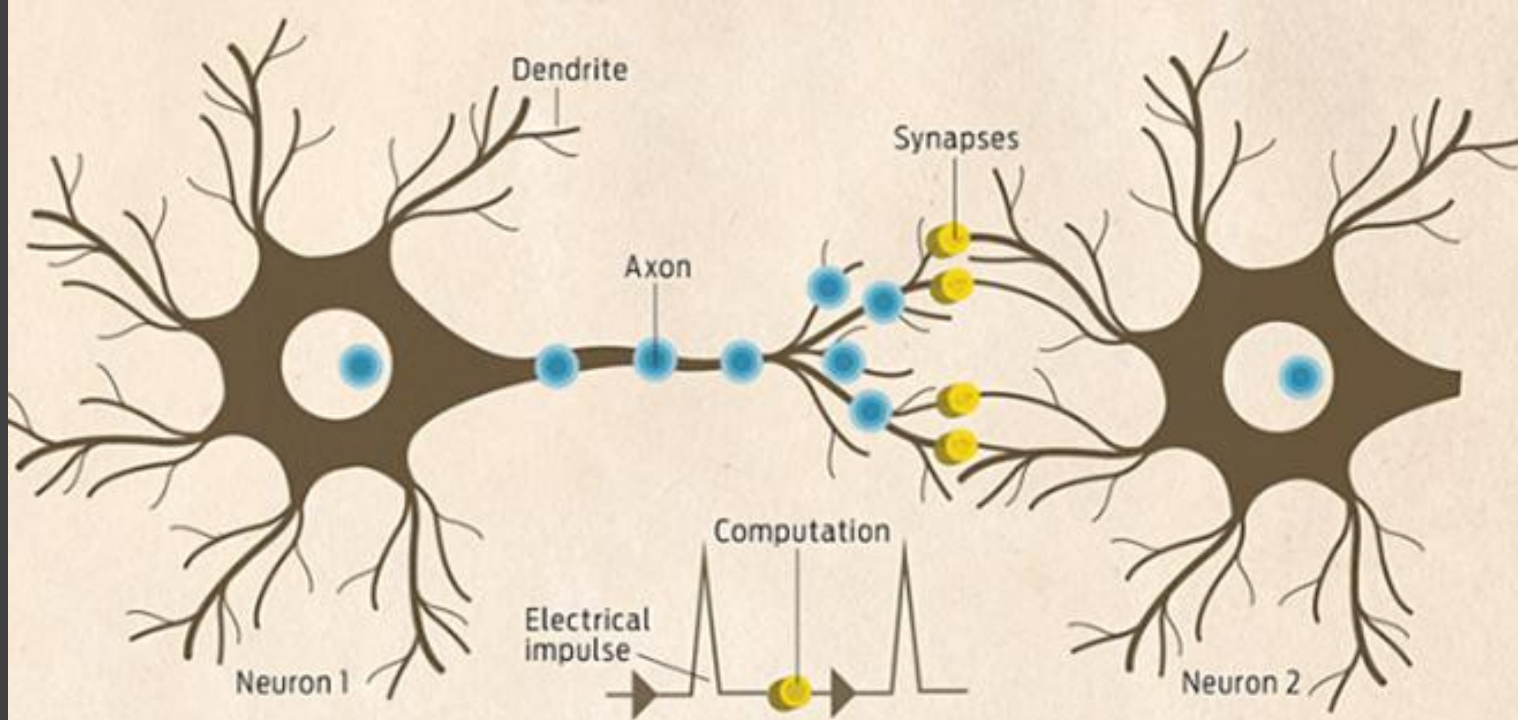
Eno izmed vprašanj v kvizu (pri temi Evropska unija) je bilo tudi: "Od leta 2010 sta Hrvaška in Makedonija kandidatki za članstvo, ta država pa je edina od držav nekdanje Jugoslavije v EU-ju."

Ne tekmovalca ne računalnik niso poznali pravega odgovora na vprašanje: Kaj je Slovenija?.

Blue Gene

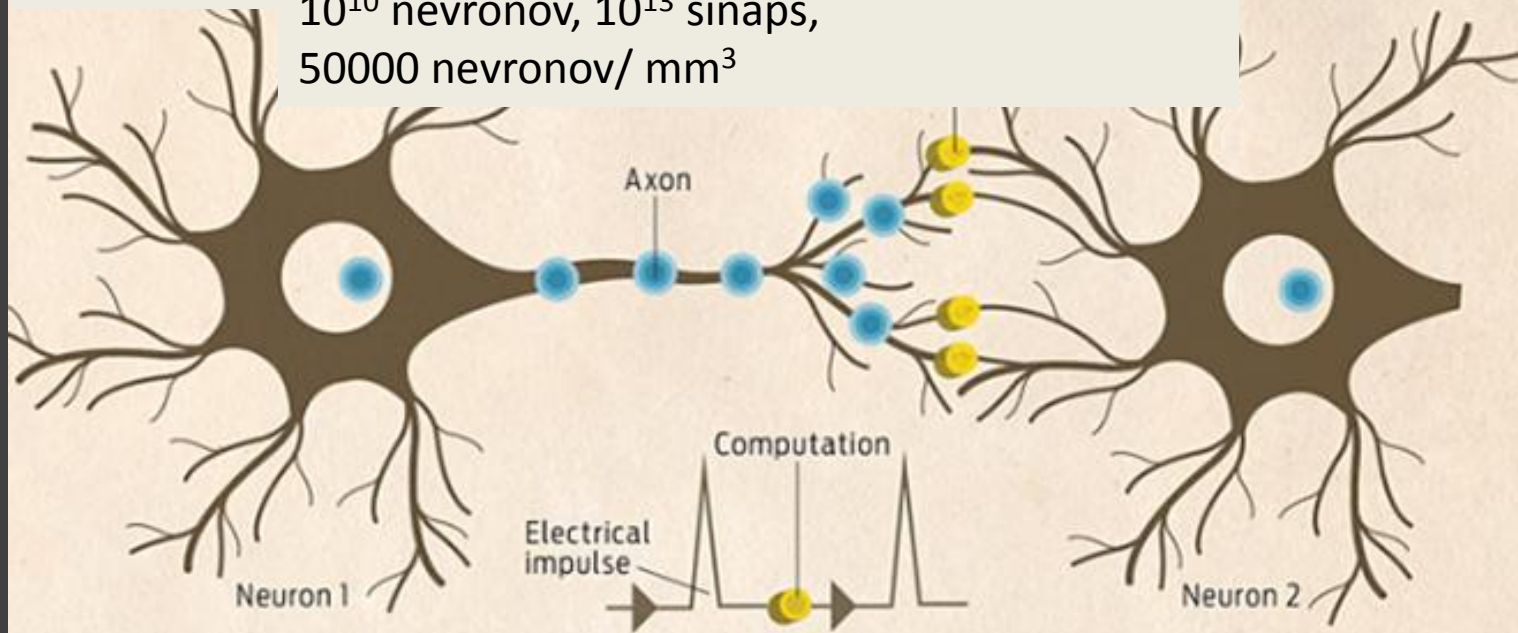
500 TFLOPS (65536 jeder PPC 440)





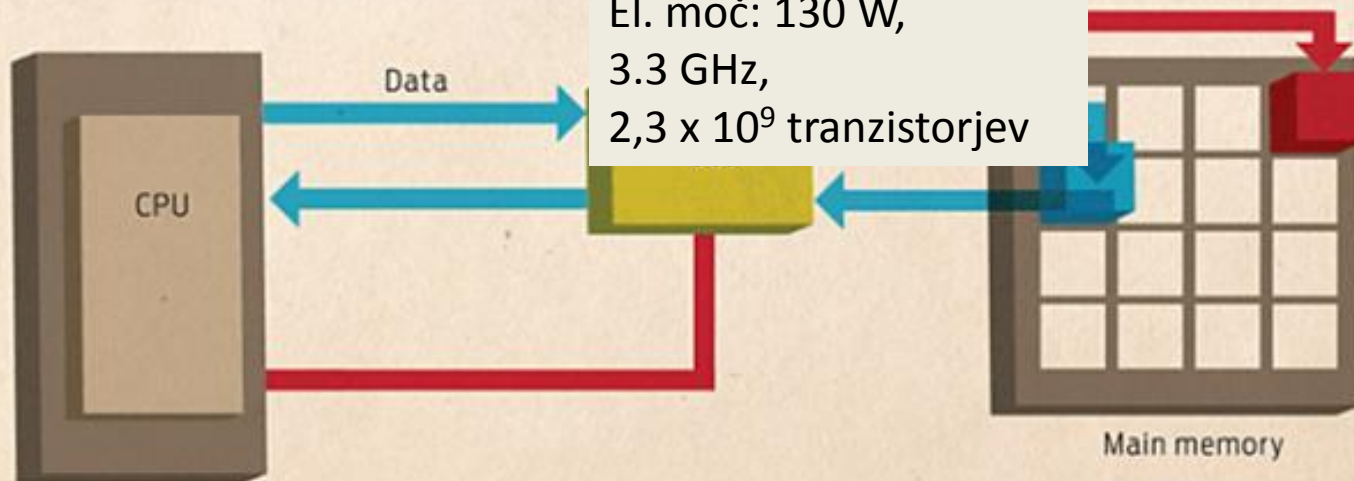
Korteks

El. moč: 10-20 W,
 10^{10} nevronov, 10^{13} sinaps,
50000 nevronov/ mm^3



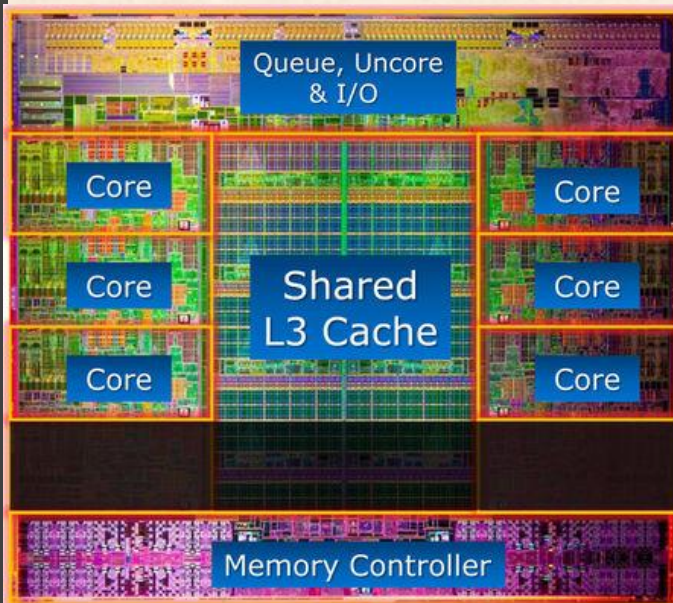
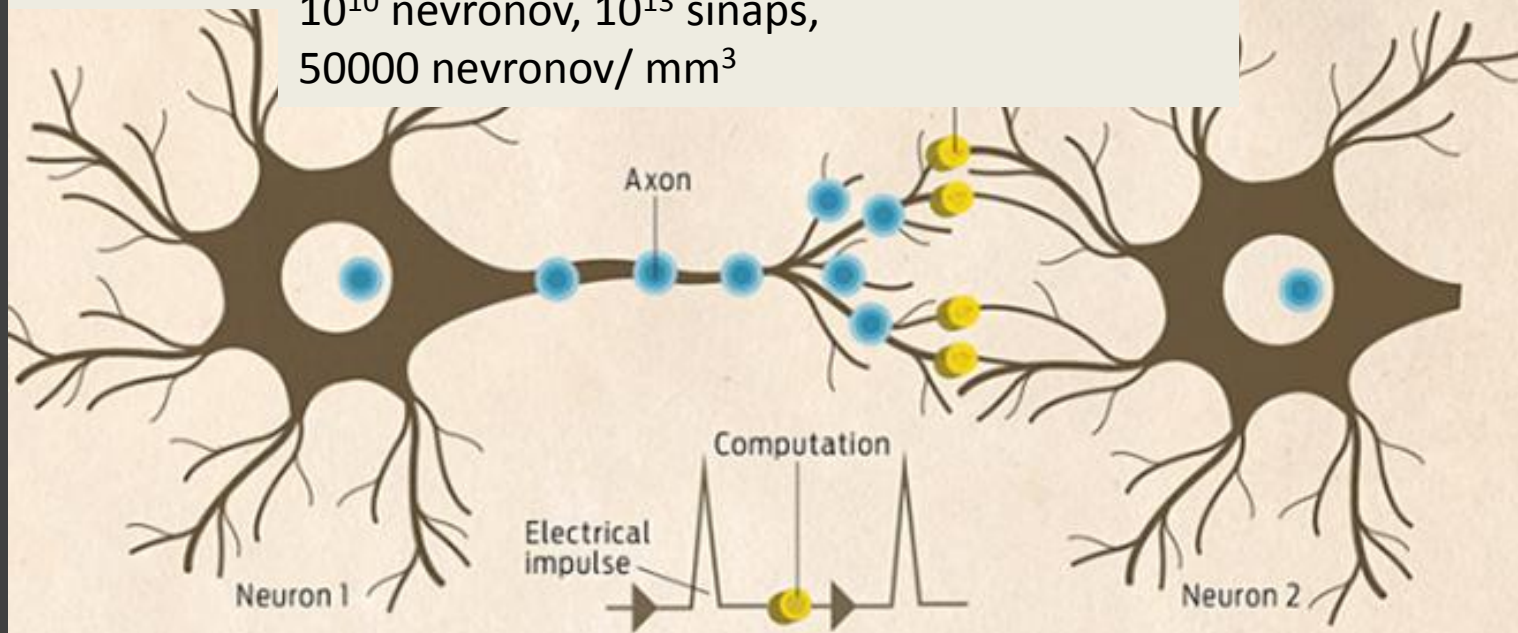
Intel Core i7-3960X

El. moč: 130 W,
3.3 GHz,
 $2,3 \times 10^9$ tranzistorjev



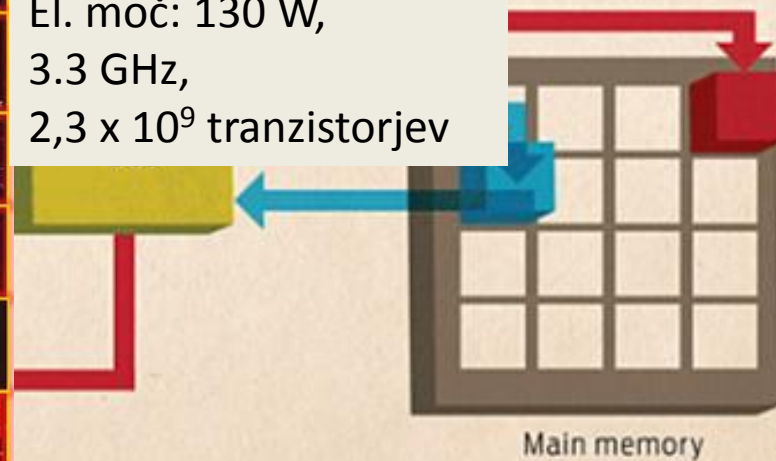
Korteks

El. moč: 10-20 W,
 10^{10} nevronov, 10^{13} sinaps,
50000 nevronov/ mm^3



Intel Core i7-3960X

El. moč: 130 W,
3.3 GHz,
 $2,3 \times 10^9$ tranzistorjev

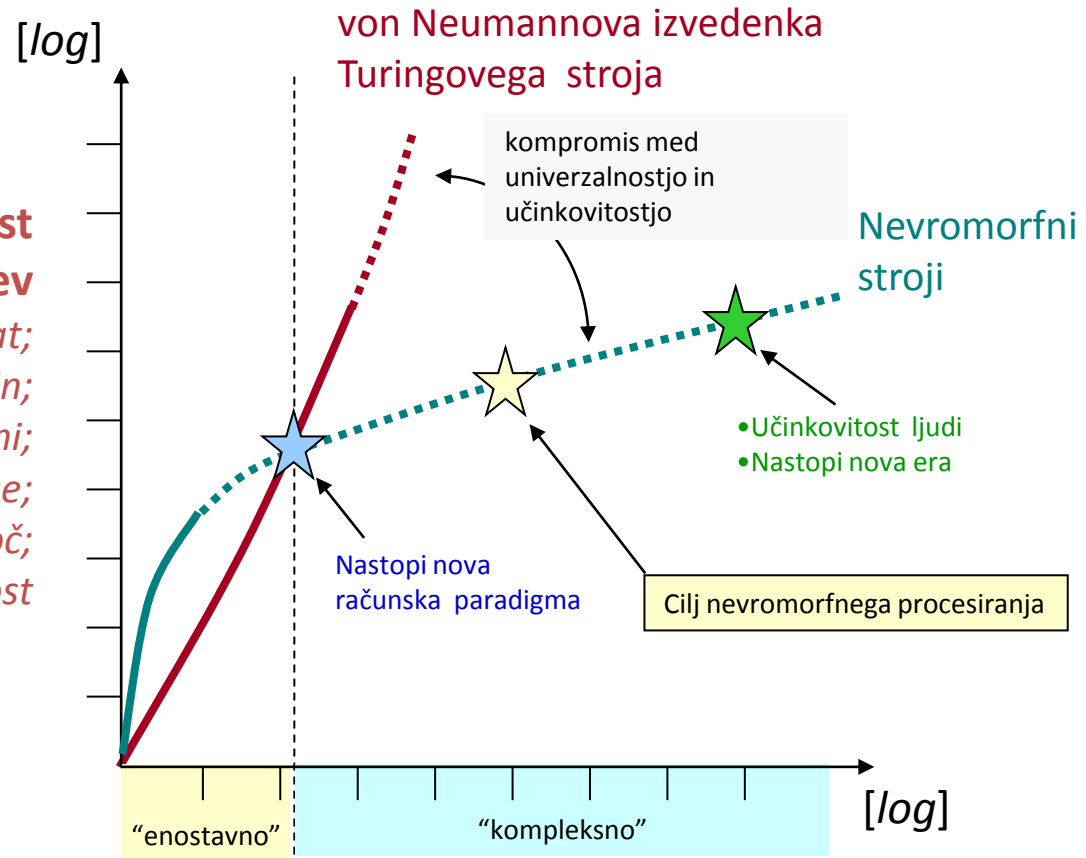


Nevromorfno procesiranje

Izzivi:

- V primerjavi z biološkimi sistemi so današnji inteligentni stroji več kot milijonkrat manj učinkoviti v kompleksnih okoljih.
- Inteligentni stroji bodo resnično uporabni šele ko bodo tekmovali s človekom.

Kompleksnost strojev
*npr. št. vrat;
spomin;
nevroni;
sinapse;
el. moč;
velikost*

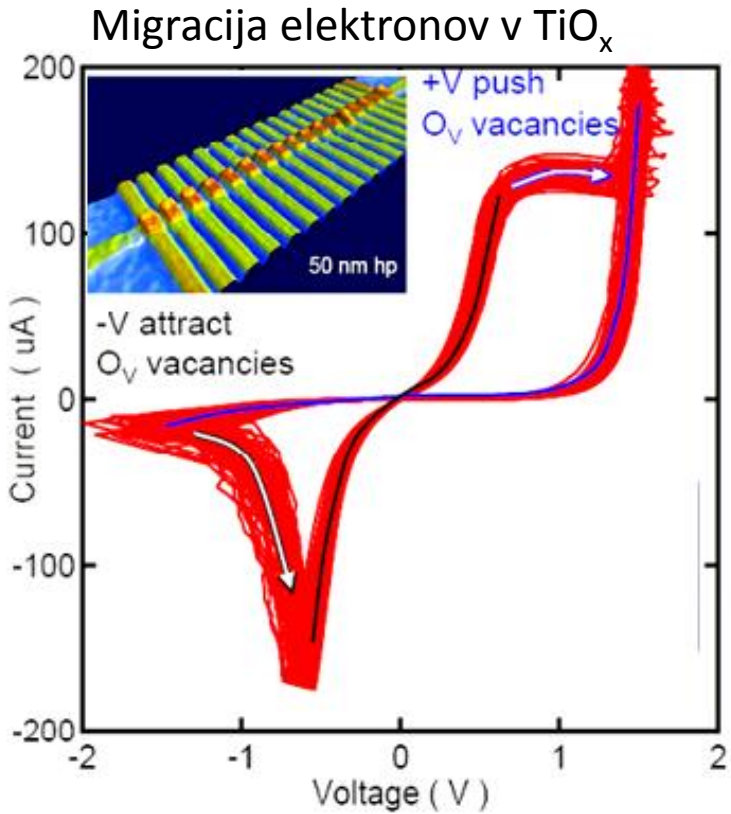


Kompleksnost okolja

npr. kombinatorika vhodnih podatkov

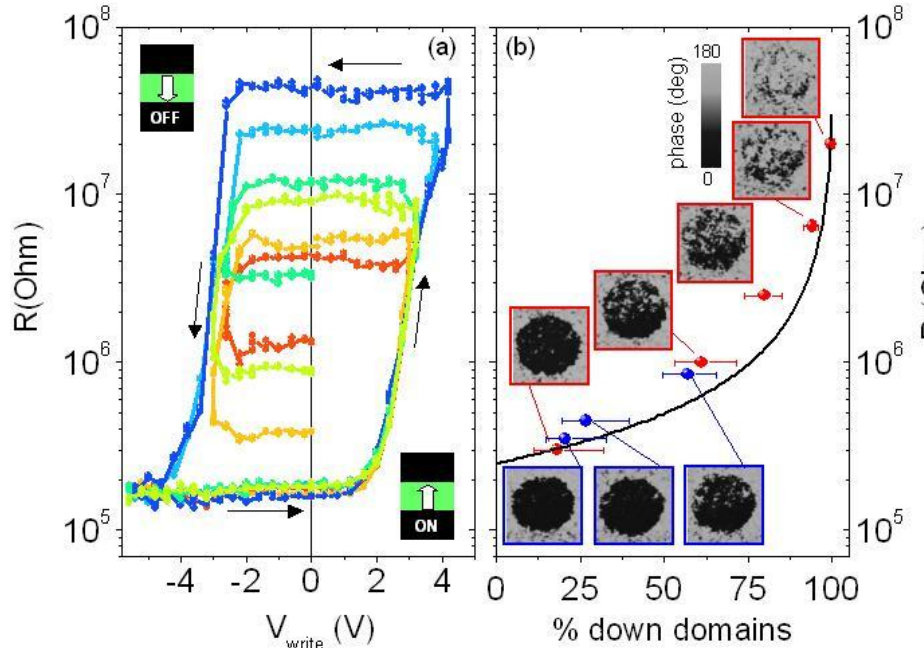
vir: Lansner et al.: <http://www.csc.kth.se/forskning/cb/cbn/>

Memristorji: umetne sinapse

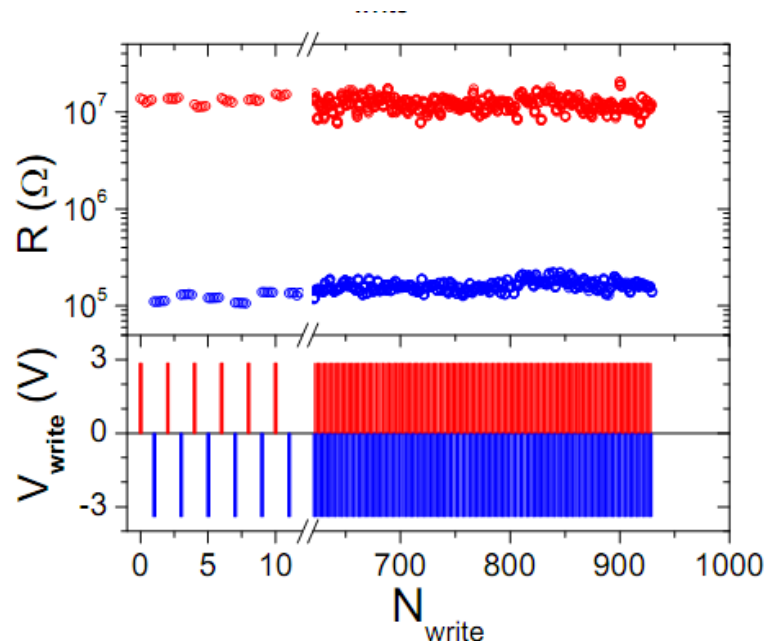


Yang et al. Nature Nano (2008)

zelo hitri preklopi: 100 ps!

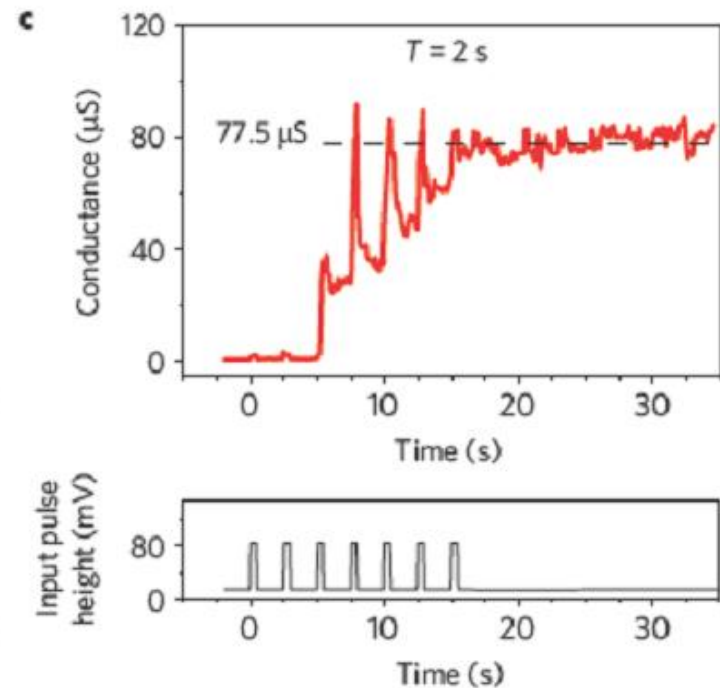
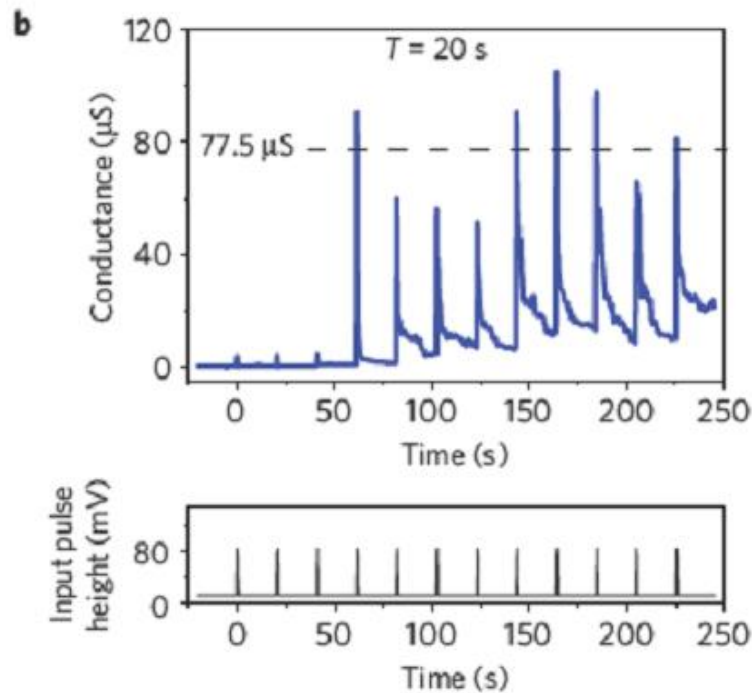
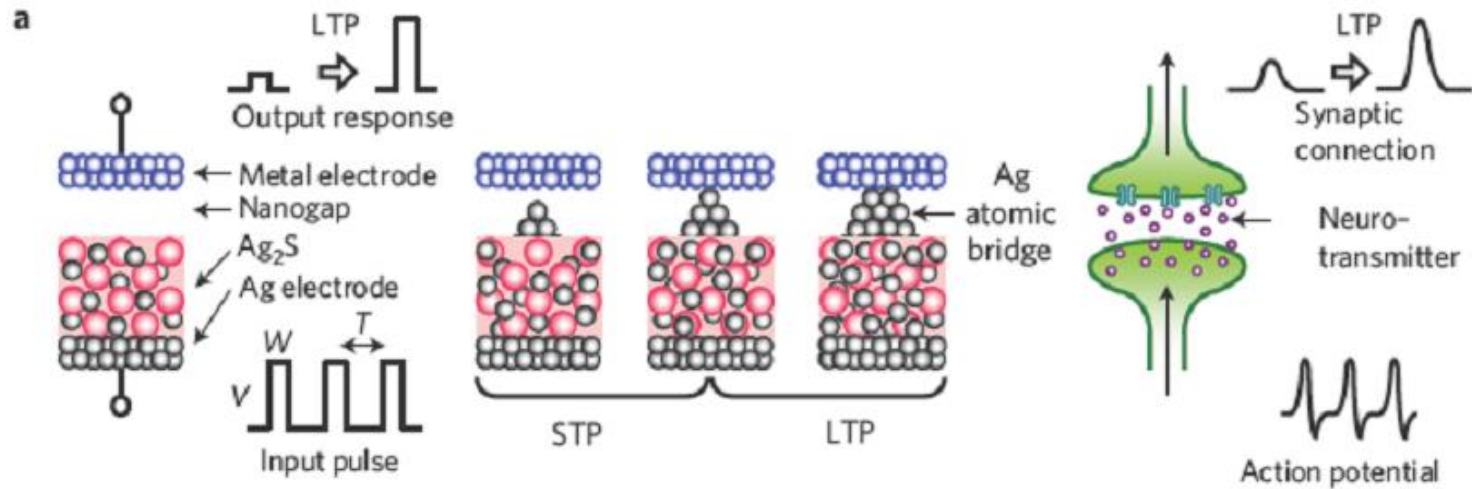


feroelektričen memristor



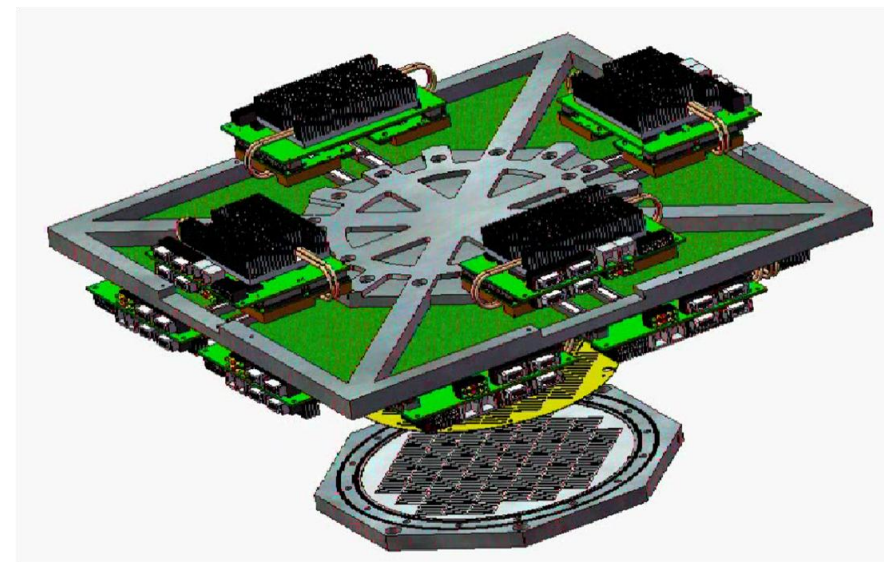
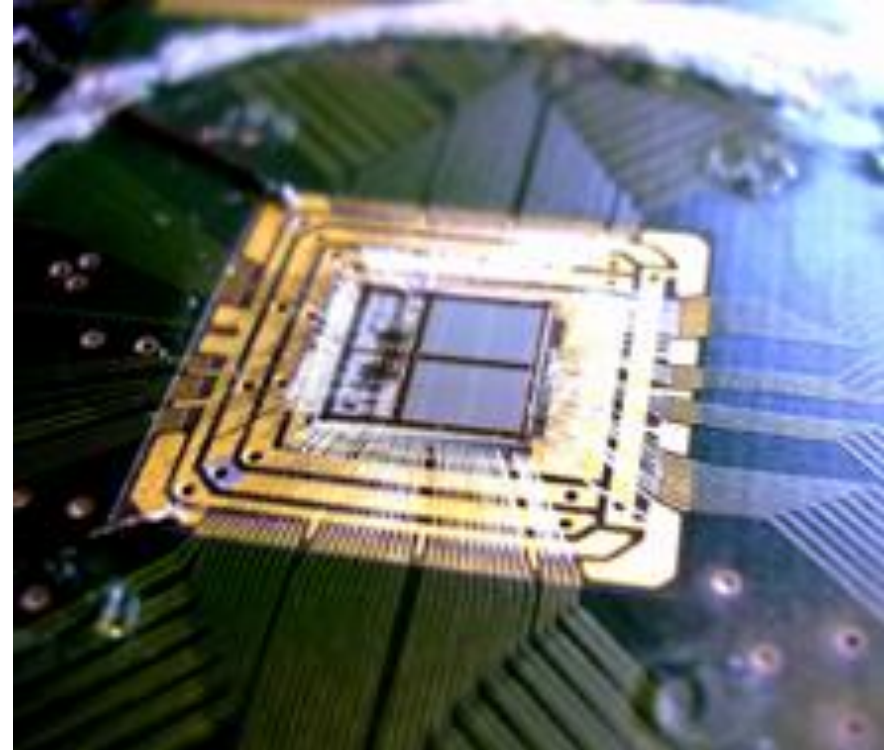
A. Chanthbouala et al. Nature Nano. 2011

Atomska stikala (dolgoročen spomin)



Projekta FACETS & BrainScale (EU)

- Zadnji razvit čip vsebuje 200,000 nevronov (t.j. nevronske vezi), ki so med sabo povezani s 50 milijoni sinaps.
- 2012 simulacija 5 mm² človeškega korteksa

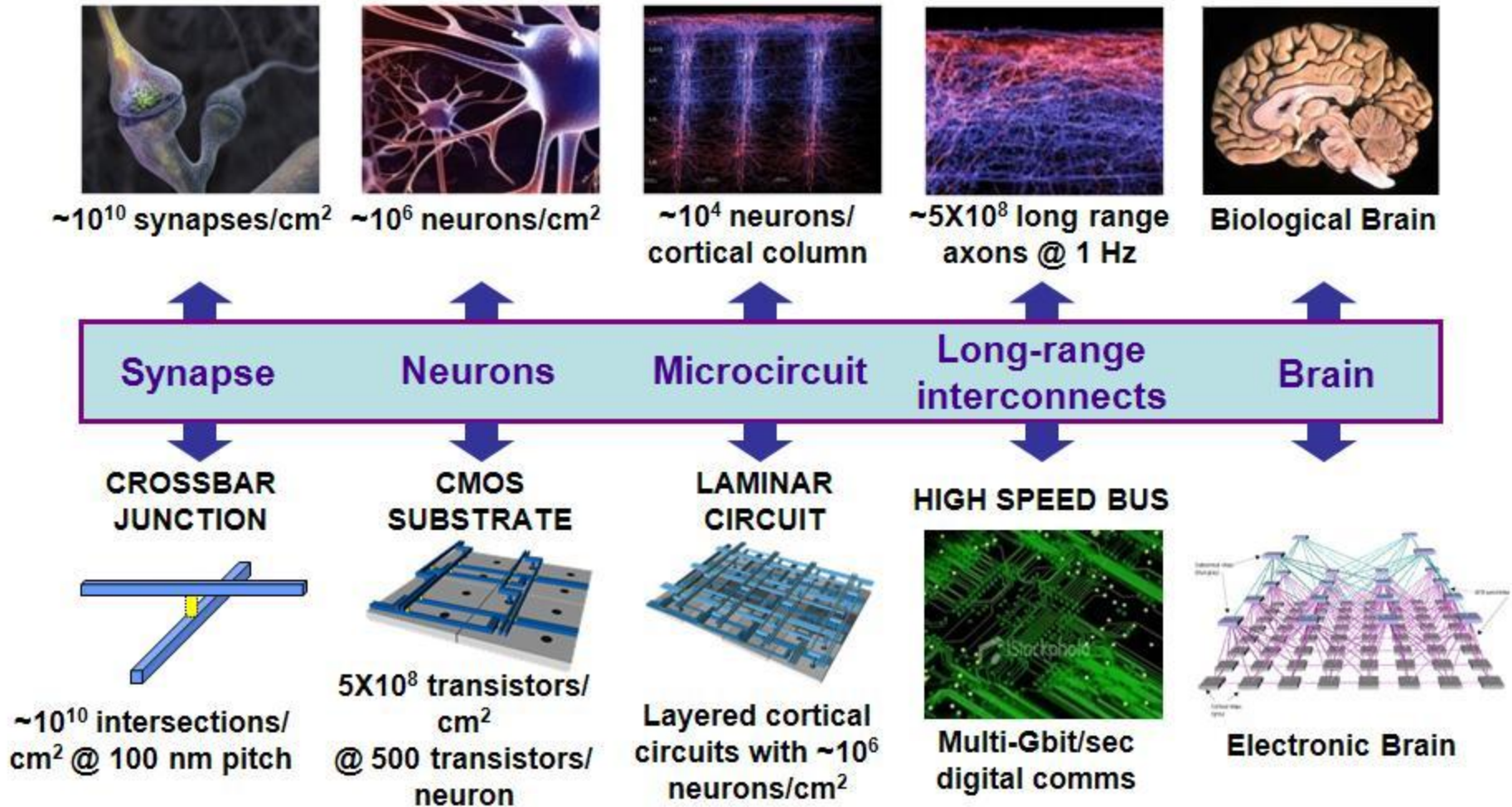


BrainScale
Scale S

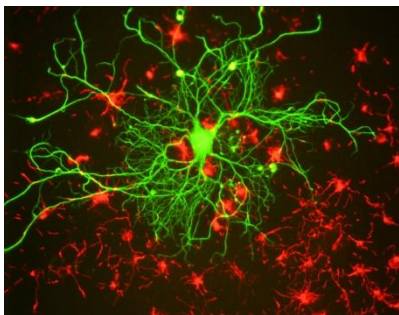
DARPA: projekt Synapse (HRL Labs, HP in IBM)

“Do konca leta 2012:

- verifikacija strojnega nevrnskega vezja z ~ 10 milijardami sinaps in ~ 1 milijonom nevronov.
- demonstracija tehnologije proizvodnje čipov z ~ 10 milijardami sinaps in ~ 1 milijonom nevronov na kvadratni centimeter



nevroznanost



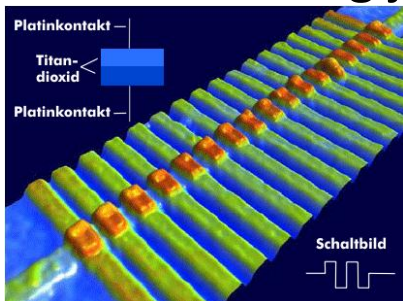
© Gerry Shaw

O. Temam: **The rebirth of Neural Networks**

razpoznavanje vzorcev

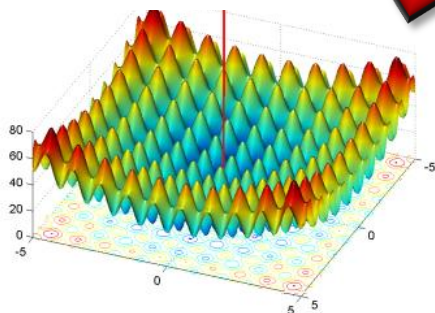


nantotehnologija

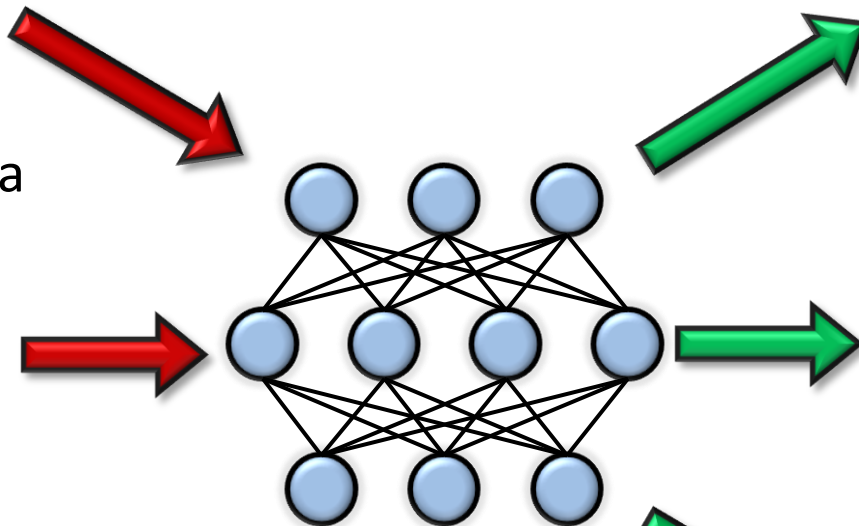


© HP

strojno učenje

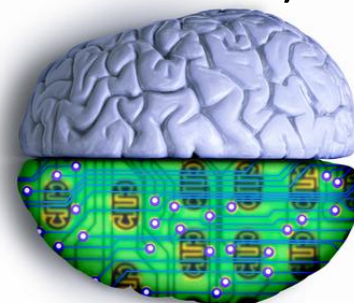


© MathWorks



strojne nevrnske mreže

simulacija možganov (virtualni človek)



© Kristen Nicole

umetna inteligenca



Kaj beremo?

- Ne moremo vreti da prvarapav ramuezm kar je nipanaso in breem. Plesretjenvio moč čvlegkeoša uma je okirdl rolezisakvac iz uvzerine v Cidambergu. Pevsom nobemmenpo je kkao so v besdei renporajeze čkre, enido vžnao je, da sta pvra in znjada čkra postavljeni pravilno. Oatso je lkhao psevom zašnemo, kujlb tmeu lhako bereš berz včiejh taežv. To ztao, ker mangoži ne brejeo vkase čkre pebesoj apamk bedseo kot cotelo. Nandevnao, kanje? In jaz sem bil pečriparn, da je vtsnri red črk zleo pebmemon.

Kaj vidimo?

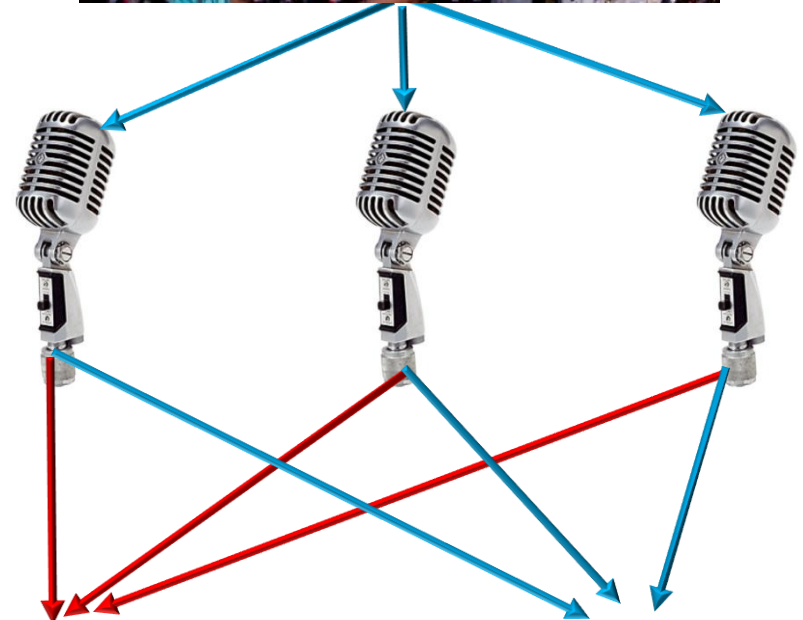


Kaj slišimo?

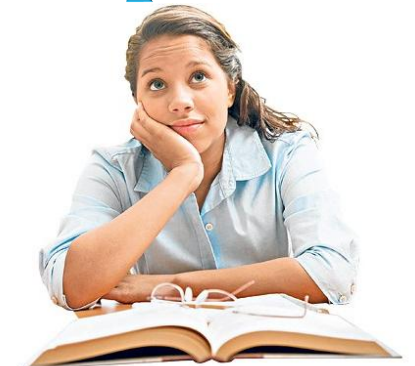
hrupno okolje



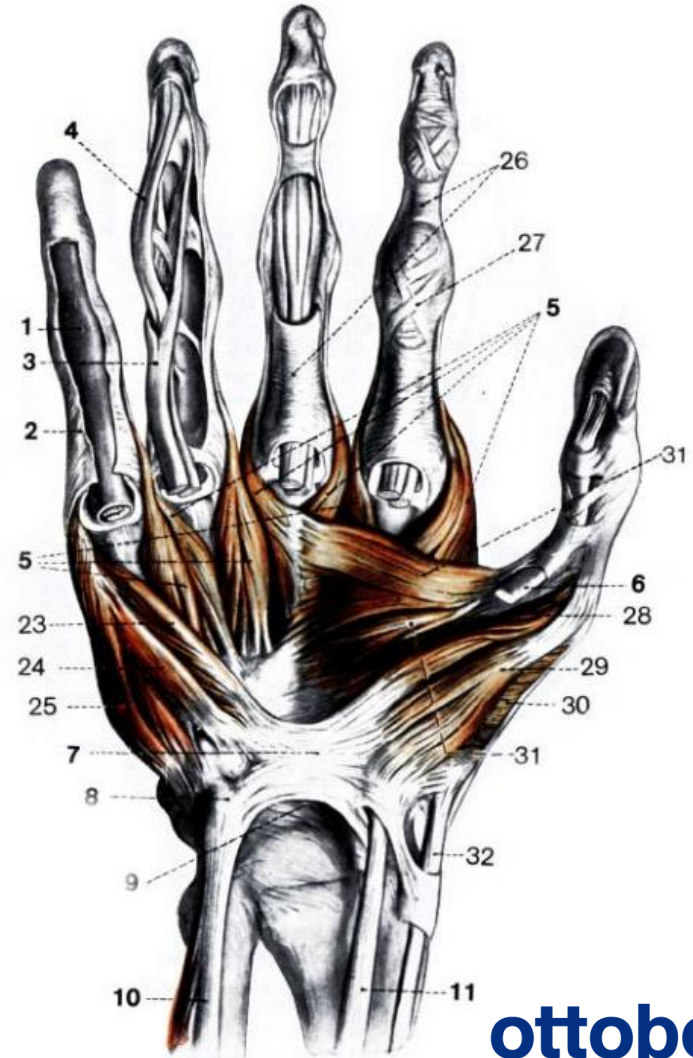
večtočkoven
(prostorski) zajem
zvoka



ločitev zvokov



Bionika in nevroprotetika

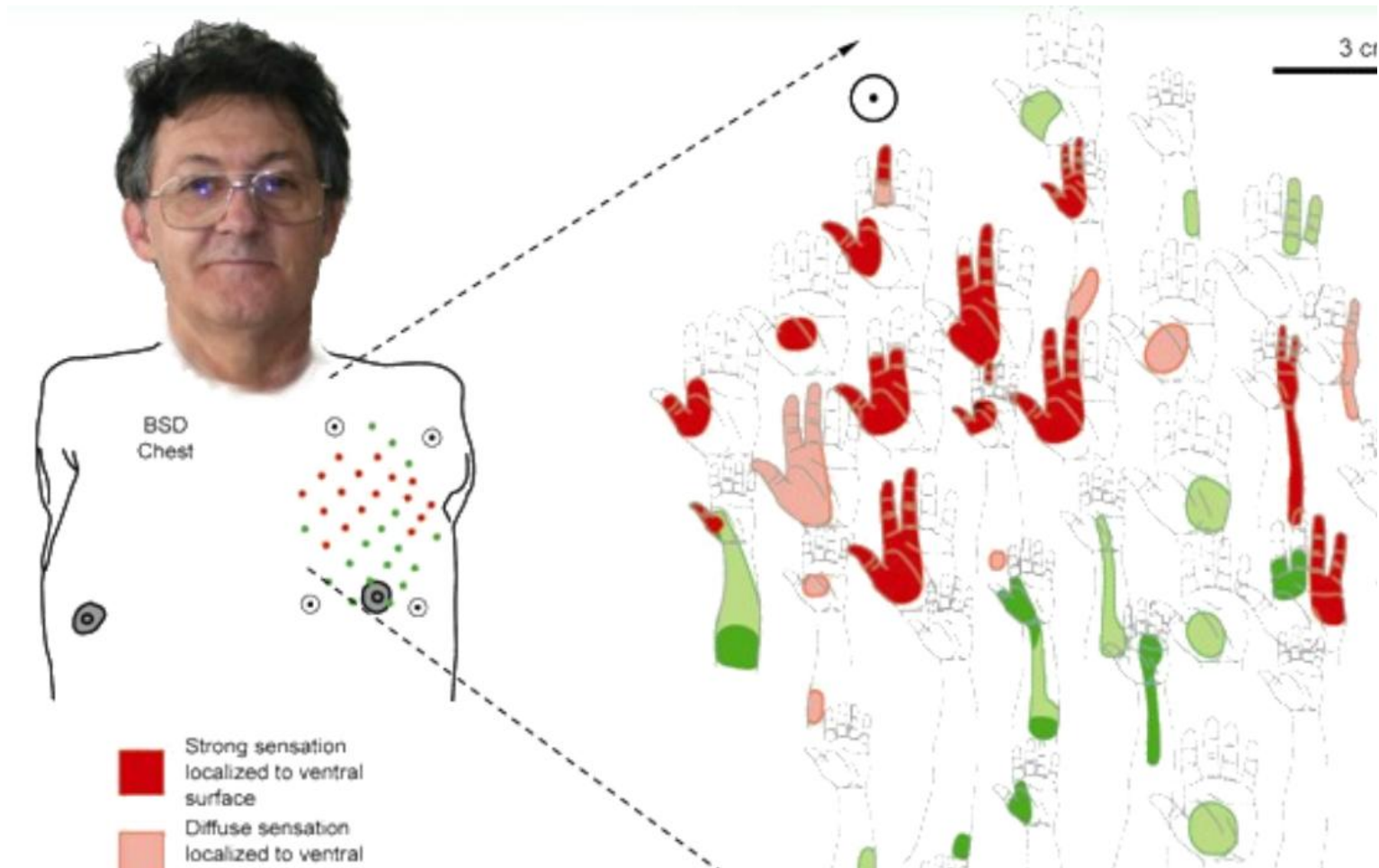


Naravni vmesniki v nevroprotetiki

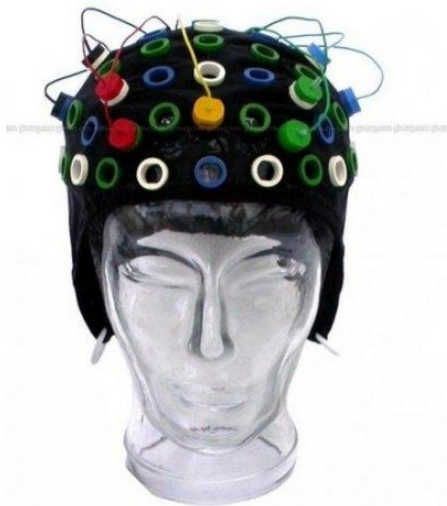
- **naravno upravljanje protez:**
zajem motoričnih ukazov problematično – omejeno število prostostnih stopenj
- **ni povratnih informacij**
(senzoričnih povezav)
- **Možne nadgradnje:**
 - EMG iz ohranjenih mišic
 - umetna reinervacija mišic
 - vmesniki možgani-stroj
 - direkten zajem motoričnih kod in stimulacija perifernih živcev



Umetna reinervacija mišic



Vmesniki možgani-stroj



g.tec



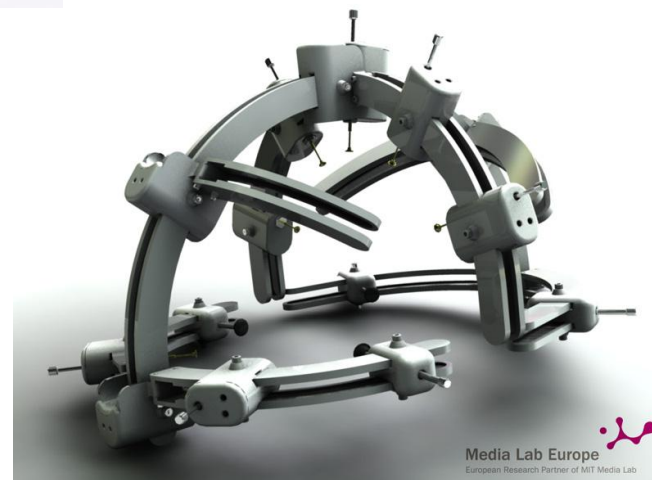
Berlin BCI



Emotiv

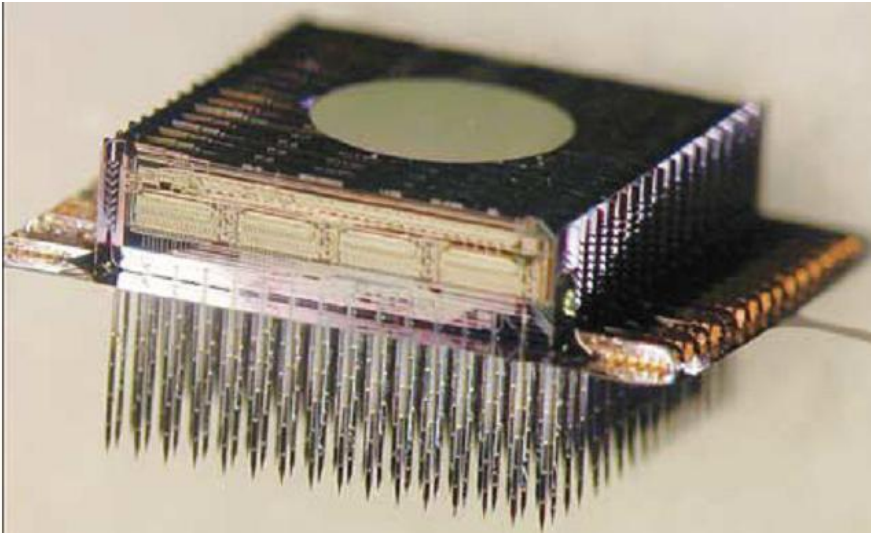


Emotiv Systems

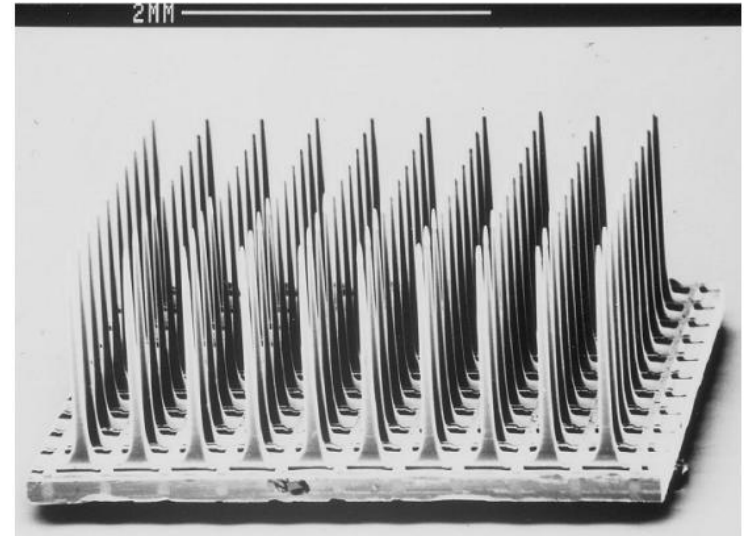


Media Lab Europe

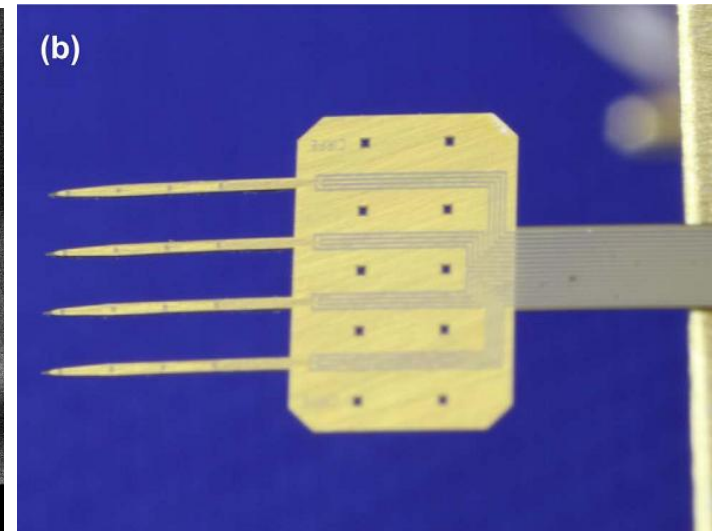
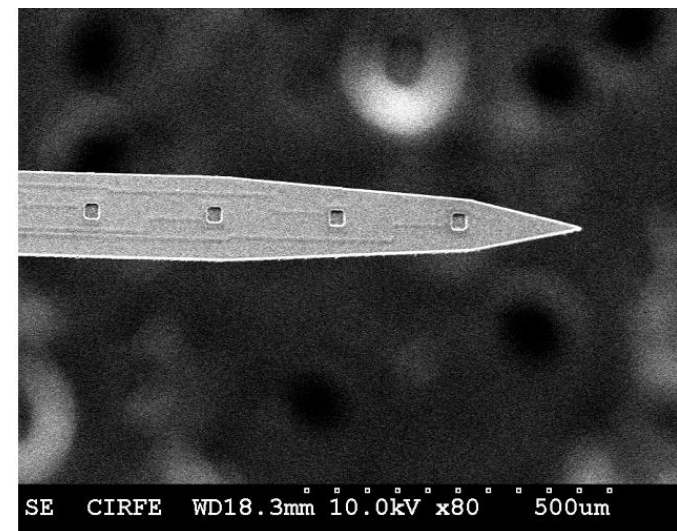
Mikroelektrode in korteks



“Michigan probe” (Wise et al. Proc. IEEE 2004)



“Utah probe” (Normann et al. Vision Res. 1999)



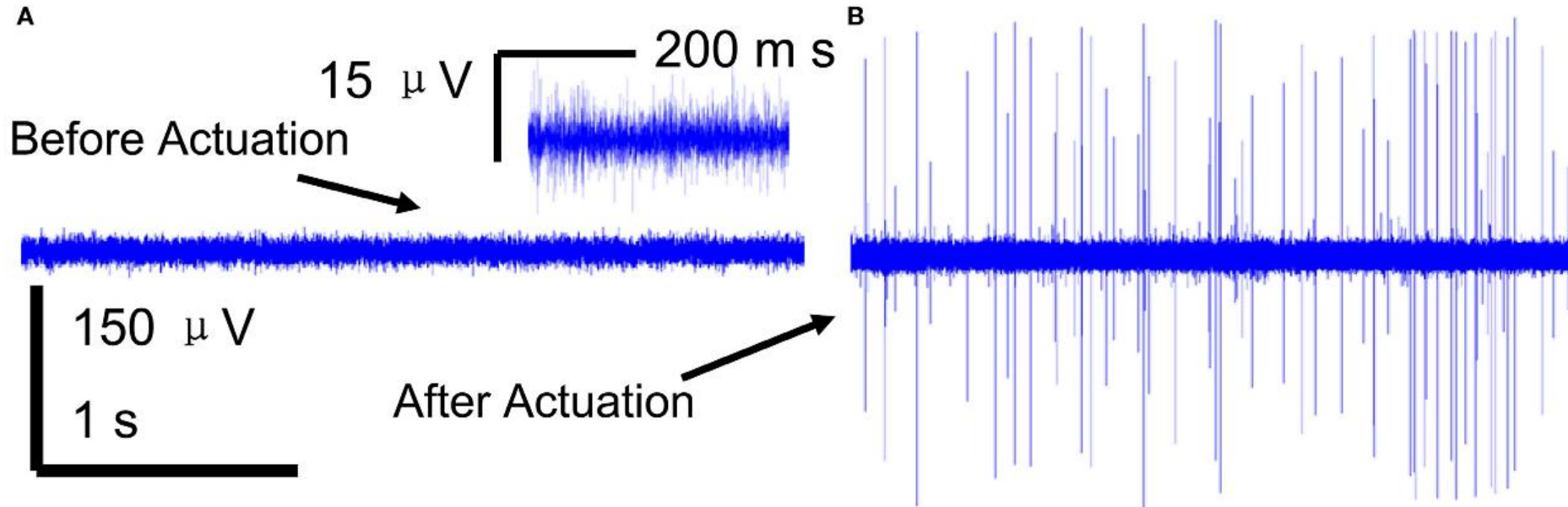
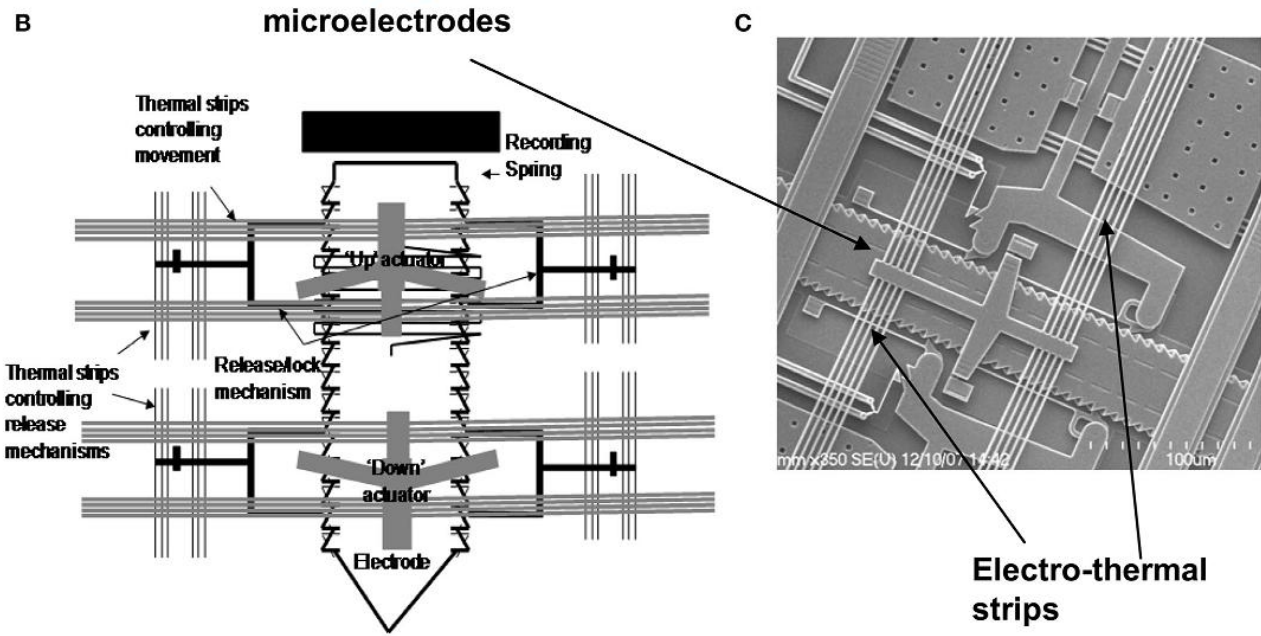
16 elektrod za
stimulacijo in zajem
signalov

elektrode velikosti
 $20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$

vir: A. Fomani: Flexible Neural Microelectrode Arrays Reinforced with Embedded Metallic Micro-Needles, *Sensors*, 2010

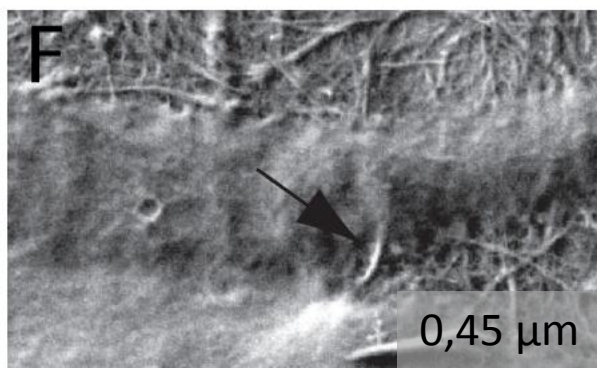
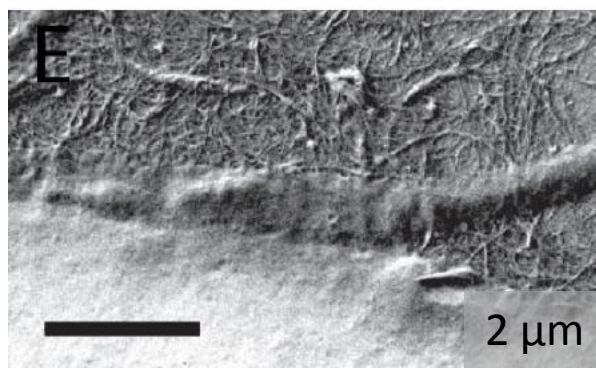
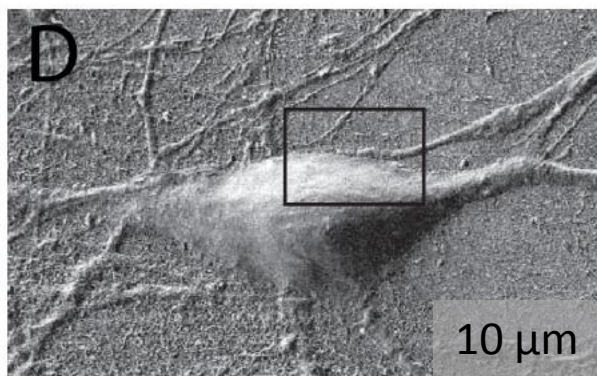
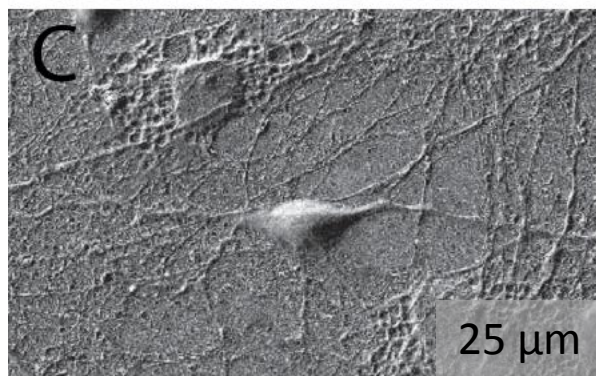
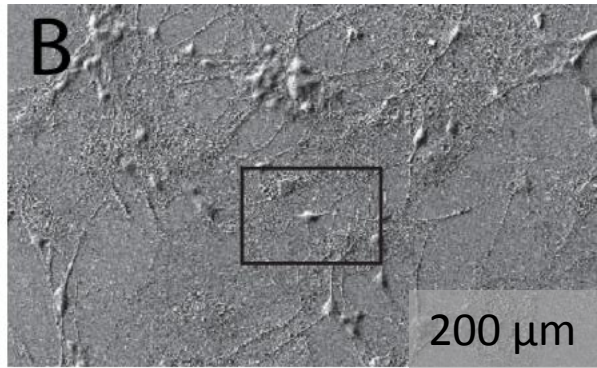
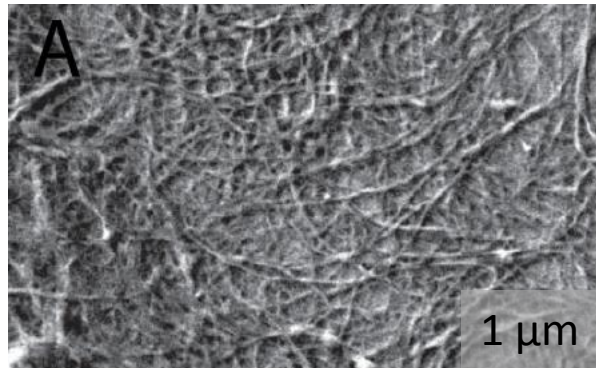
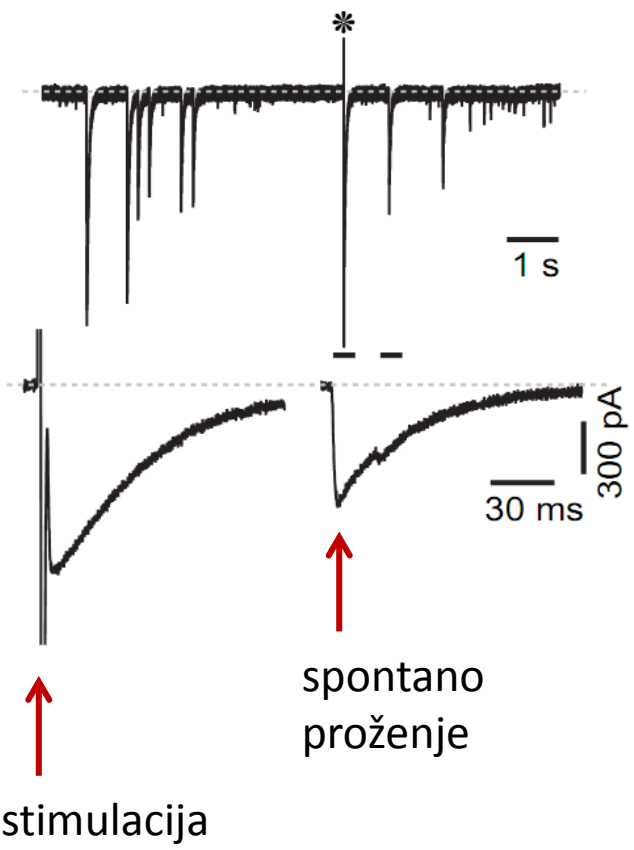
MEMS in premične mikroelektrode

Jackson et al. Frontiers in
Neuroengineering 3(10)
2010

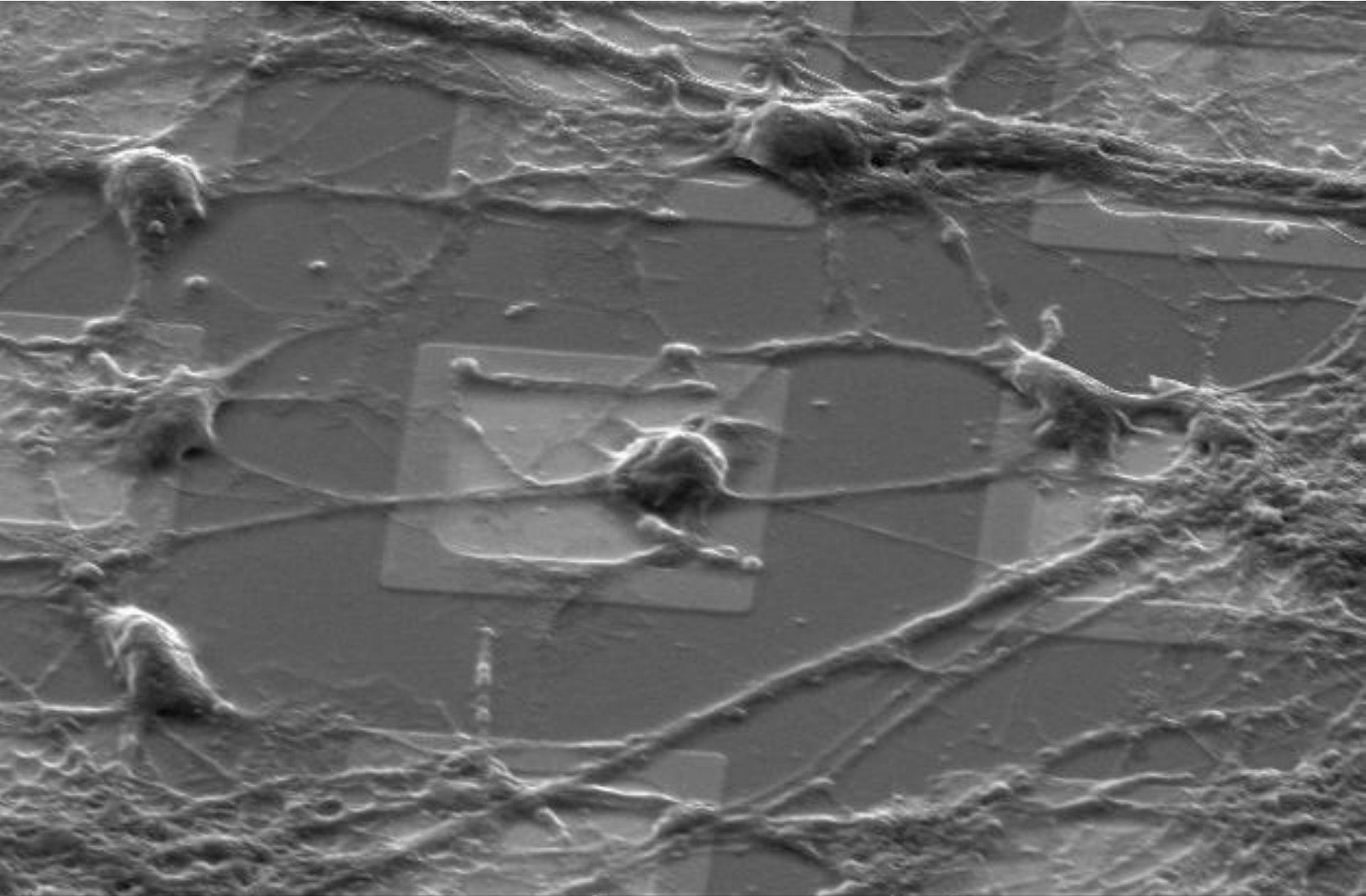


Rast nevronov na ogljikovih nanocevkah

Mazzatenta et al. The Journal of Neuroscience 2007, 27(26):6931–6936



Kultura nevronov hipokampusa na substratu enostenskih ogljikovih nanocevk



Acc.V Spot Magn Det WD |-----| 20 μ m
12.0 kV 3.0 1215x SE 10.0

Zaključek

- Turingova arhitektura ni vedno optimalna
- Alternative nanotehnologije:
 - nevromorfno procesiranje (strojne nevronske mreže)
 - kvantni računalnik
- Aplikacije:
 - umetna inteligenca
 - robustno razpoznavanje vzorcev
 - nanobiotehnologija in naravni vmesniki človek-stroj



Alan Turing