Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

NEGHEP

NEGative capacitance field effect transistors for the future **H**igh **E**nergy **P**hysics applications

Roberto Mulargia
roberto.mulargia@ge.infn.it

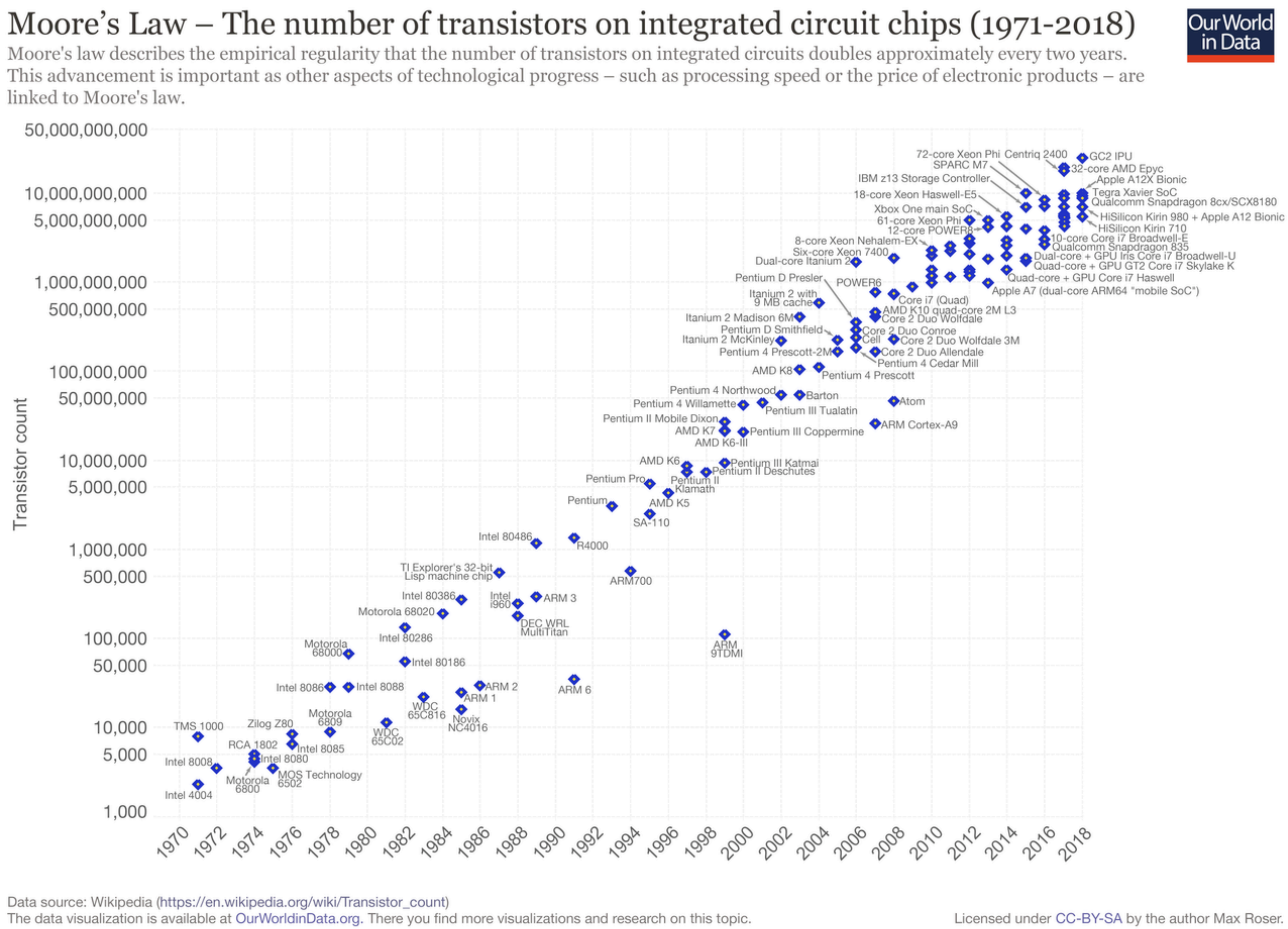
Consiglio di Sezione INFN Genova
16 luglio 2020

Collaborazione NEGHEP

Grant per giovani ricercatori INFN
per anni 2020 e 2021.

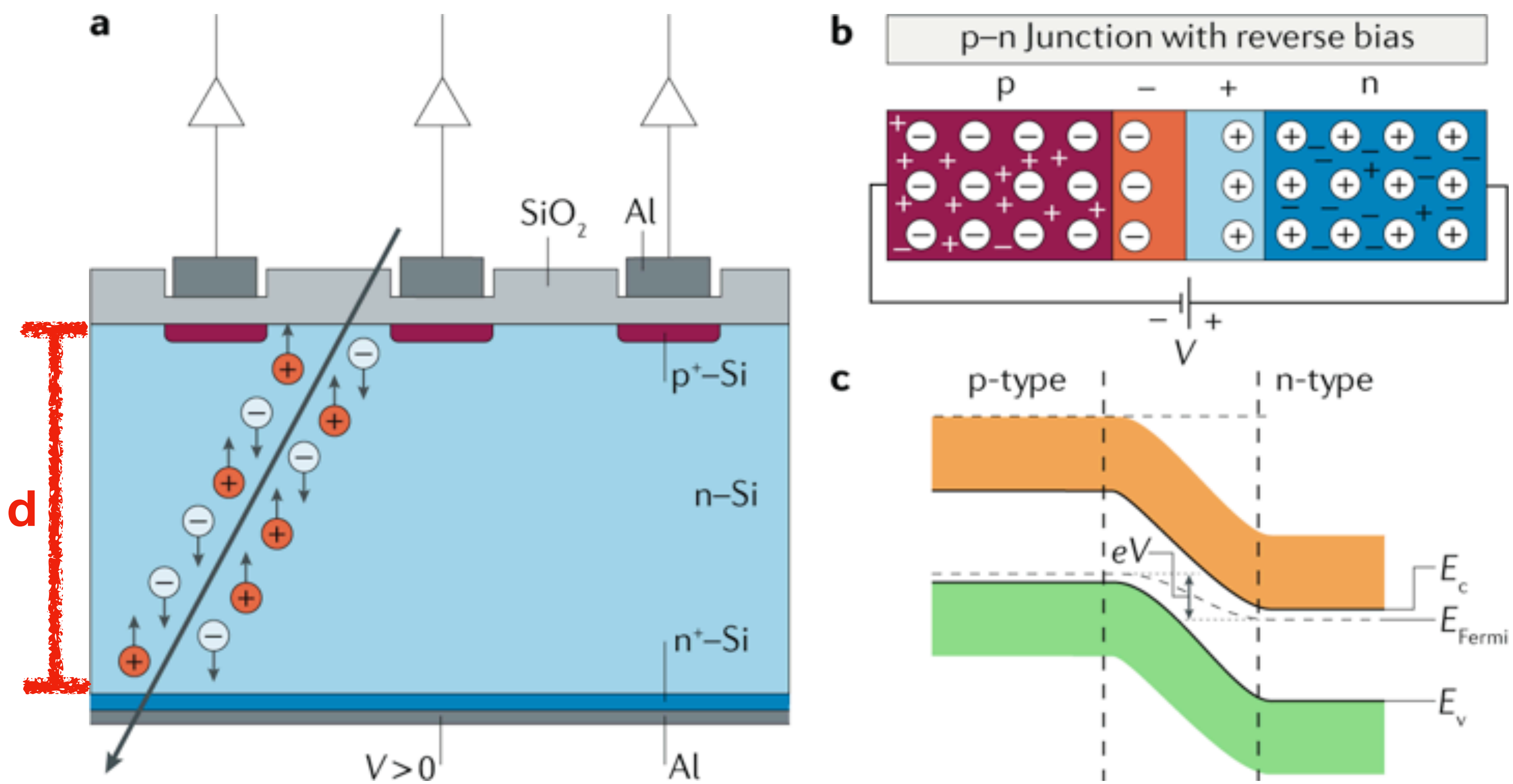
Group	Partecipating list	Age	FTE
Perugia	Arianna Morozzi	32	1
	Daniele Passeri	51	0.1
Genova	Roberto Mulargia	31	0.1
TIFPA	Giancarlo Pepponi	45	0.2

La corsa alla miniaturizzazione



Rivelatore di particelle segmentato

(Pixel Detector)



Deposito energia MIP
dE/dx = 3.87 MeV/cm

Energia di
ionizzazione media
I_0 = 3.62 eV

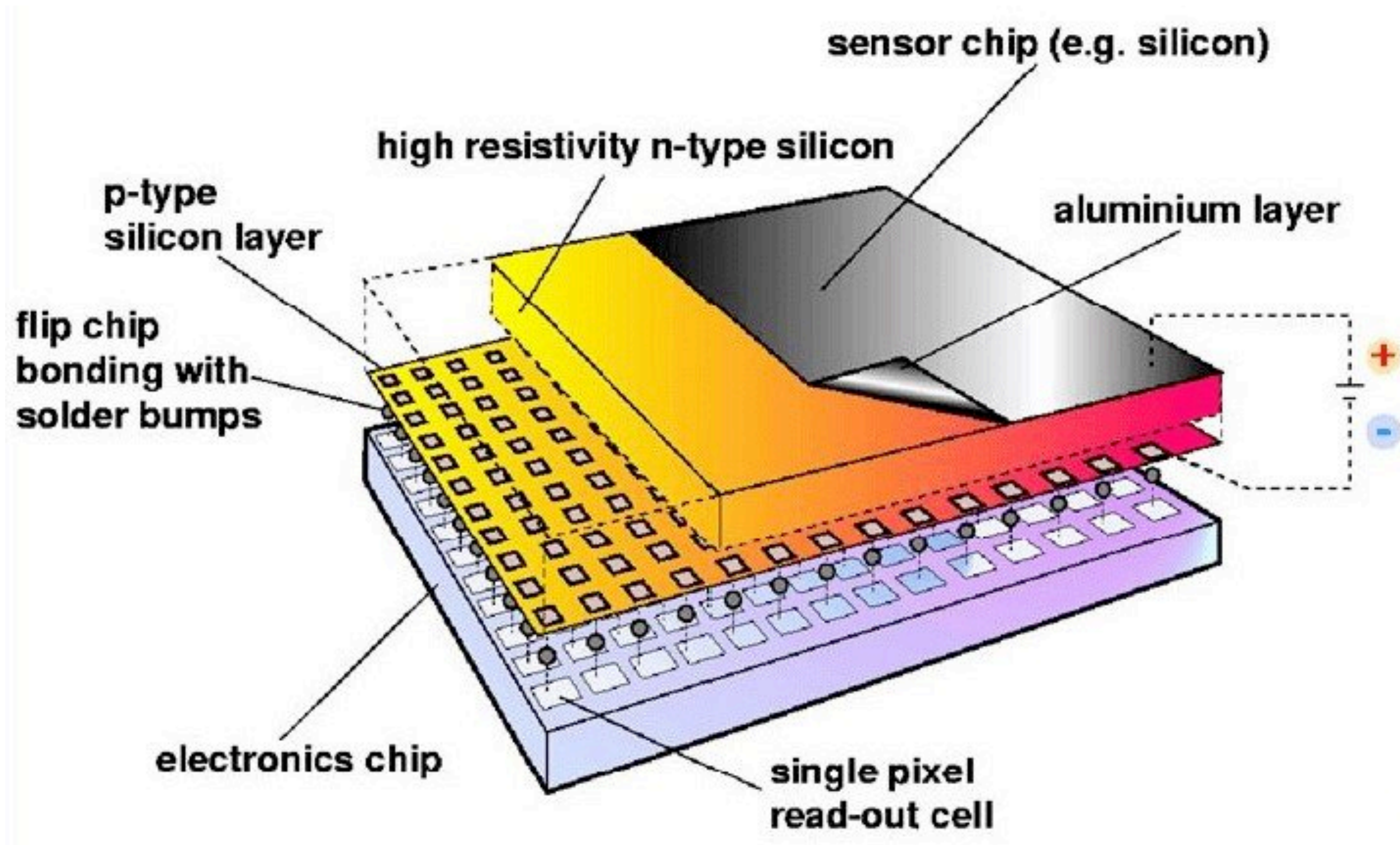
numero di coppie e-h

$$\frac{dE/dx \cdot d}{I_0}$$

$\sim 80 \mu m^{-1}$

Rivelatore di particelle segmentato

(Pixel Detector)



Densità di potenza consumata

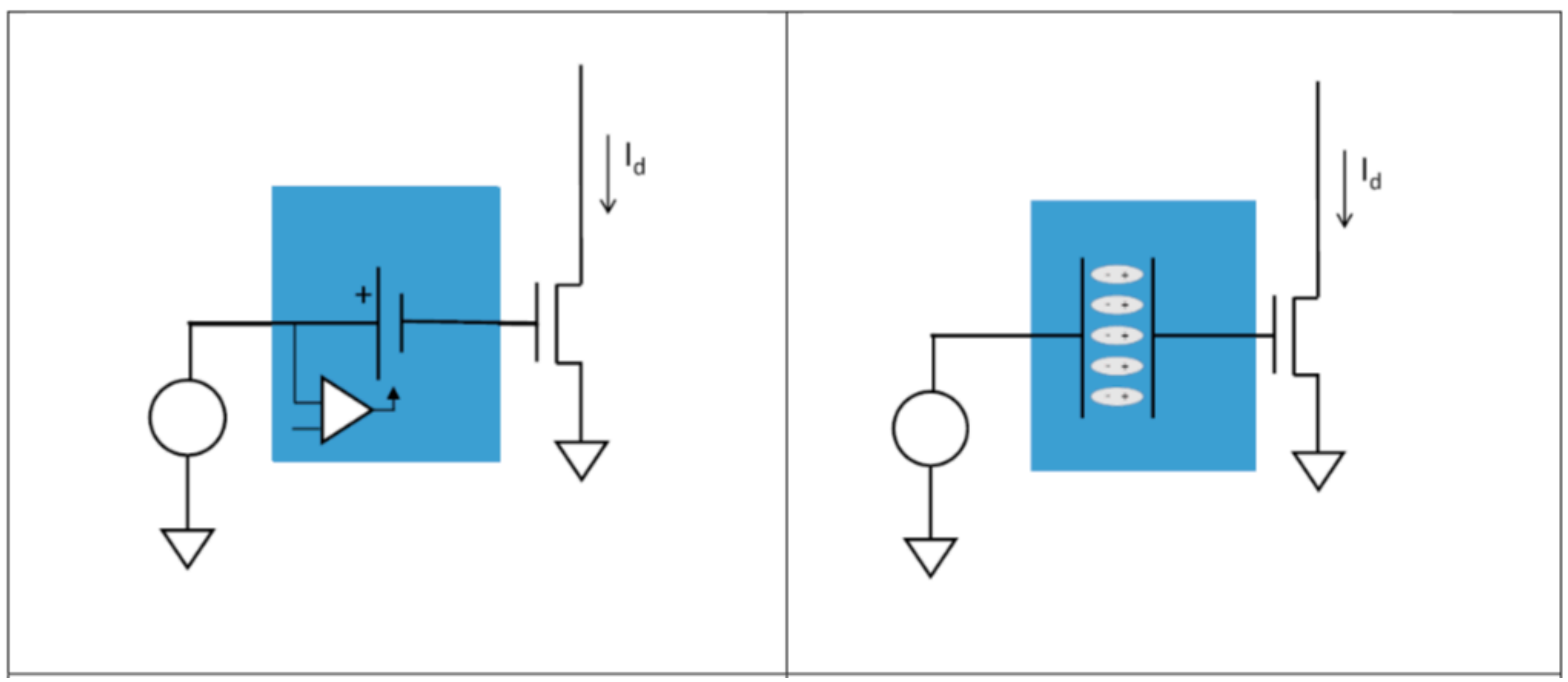
Rapporto Segnale/Rumore

Flusso di dati in uscita

Minima carica rilevabile

La carica prodotta dal sensore dev’essere sufficiente per attivare uno switch digitale:
SOGLIA DI INVERSIONE DI TRANSISTOR

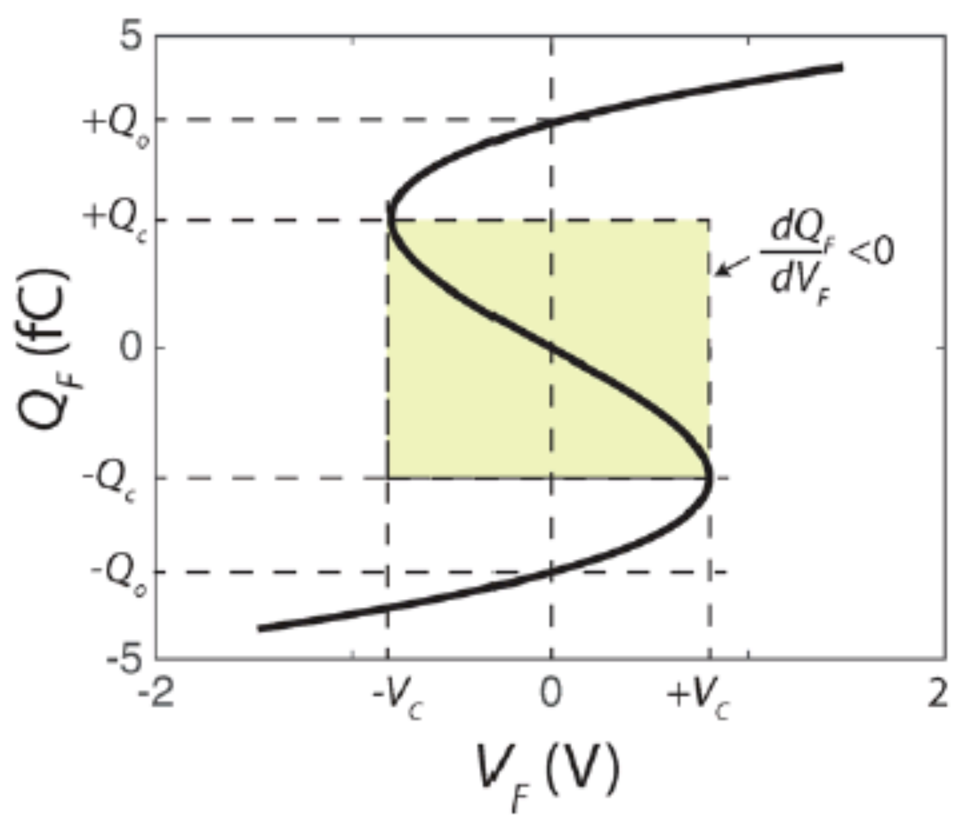
65nm	→	**28nm**	→	**<10nm**
$\sim 5000e$		$\sim 1000e$		$< 100e$



Meccanismo di potenziamento del segnale a soglia → **Capacità *negativa* tra il segnale di input e circuito di lettura**

Capacità negativa

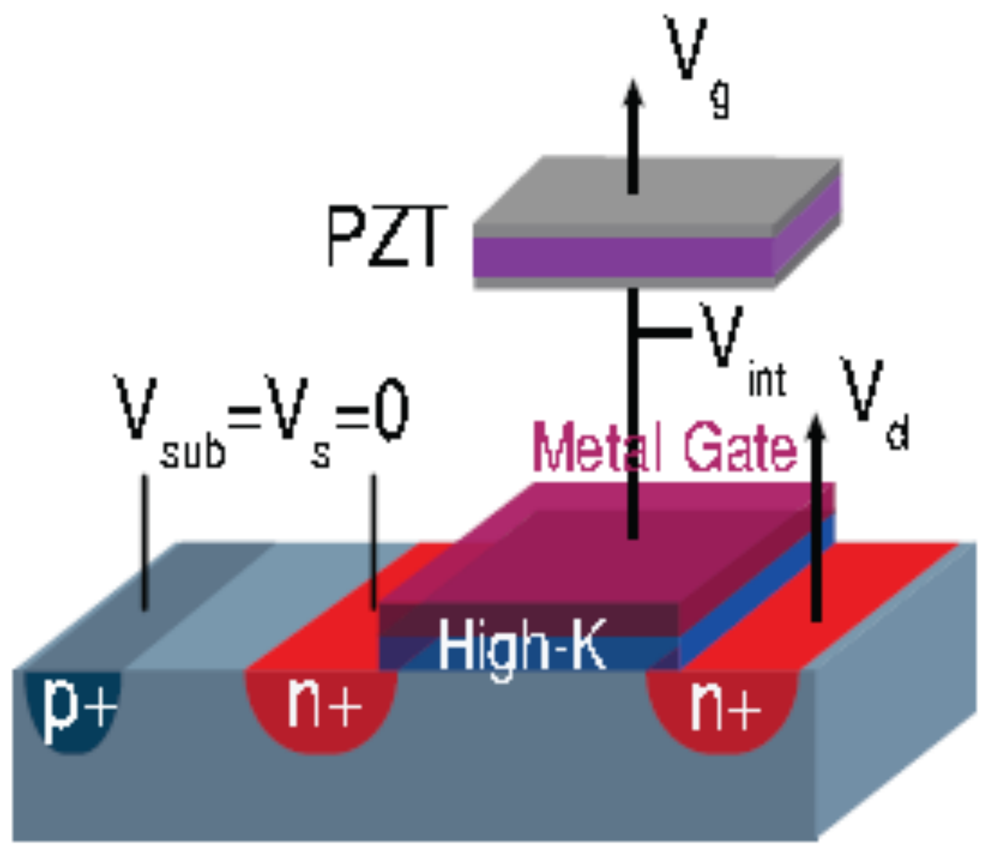
MATERIALI FERROMAGNETICI (Perovskite)

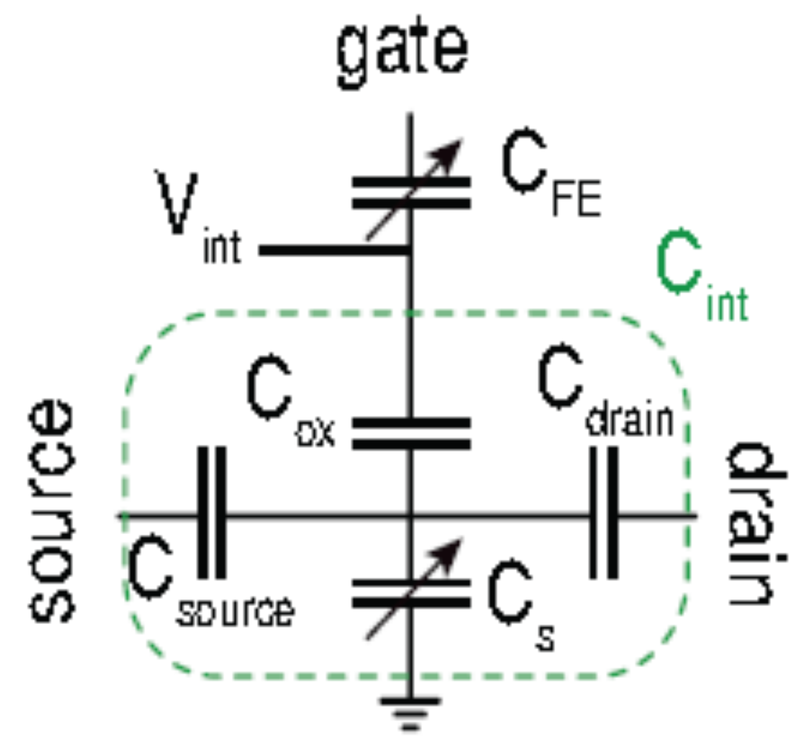


La carica è dovuta alla polarizzazione
in funzione della tensione

RISPOSTA NON LINEARE
piccole variazioni di tensione possono causare
grandi cambiamenti di polarizzazione:
LA POLARIZZAZIONE SI INVERTE SPONTANEAMENTE QUANDO LA TENSIONE SUPERA UNA SOGLIA

Transistor a Capacità Negativa





Sfida tecnologica nel combinare il processo produttivo a alta temperatura della Perovskite con quello a *bassa* temperatura dei circuiti integrati

Riepilogo Attività

Name

- WP1: Material and technology
  - M1. Investigation of ferroelectric materials to be used
  - M2. Technological node specification
- WP2: TCAD design
  - M3. TCAD modelling of ferroelectric materials
  - D1. TCAD ferroelectric material physics model (PMI library)
  - M4. Ferroelectric materials numerical simulation methodology set-up in TCAD
  - M5. TCAD geometry optimization of MOSFET and NC-FET
- WP3: NC-FET design and manufacturing
  - M6. Design of MOSFET and NC-FET
  - D2. Tape-out (layout) of MOSFETs and NC-FETs (with different options)
  - M7. MOSFETs and NC-FETS production
  - D3. MOSFETs and NC-FETs
- WP4: Testing
  - M8. Set-up of the measurement test bench
  - M9. Electrical characterization of MOSFETs and NC-FETs at die level
  - M10. X-ray irradiation up to 1 Mrad (1st irradiation campaign)
  - M11. Electrical characterization of MOSFETs and NC-FETs after 1st irradiation campaign
  - M12. X-ray irradiation up to 100 Mrad (2nd irradiation campaign)
  - M13. Electrical characterization of MOSFETs and NC-FETs after 2nd irradiation campaign

GENOVA (2021)