



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



La microelettronica per la fisica nucleare

stefano.capra@unimi.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

DIPARTIMENTO DI FISICA
"ALDO PONTREMOLI"



Il gruppo di ricerca di elettronica nucleare



*Alberto Pullia
Full Professor*



*Stefano Capra
Tenure Track Researcher*



*Giacomo Secci
Phd Student*

La valvola



- 1904: John Ambrose Fleming inventa l'audion: la prima valvola termoionica della storia.
- E' stata inventata come elemento attivo in un ricevitore telegrafico

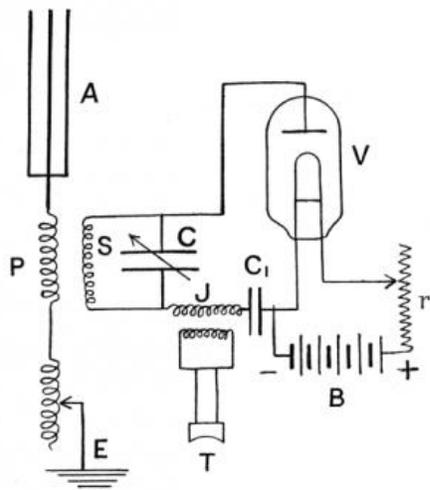
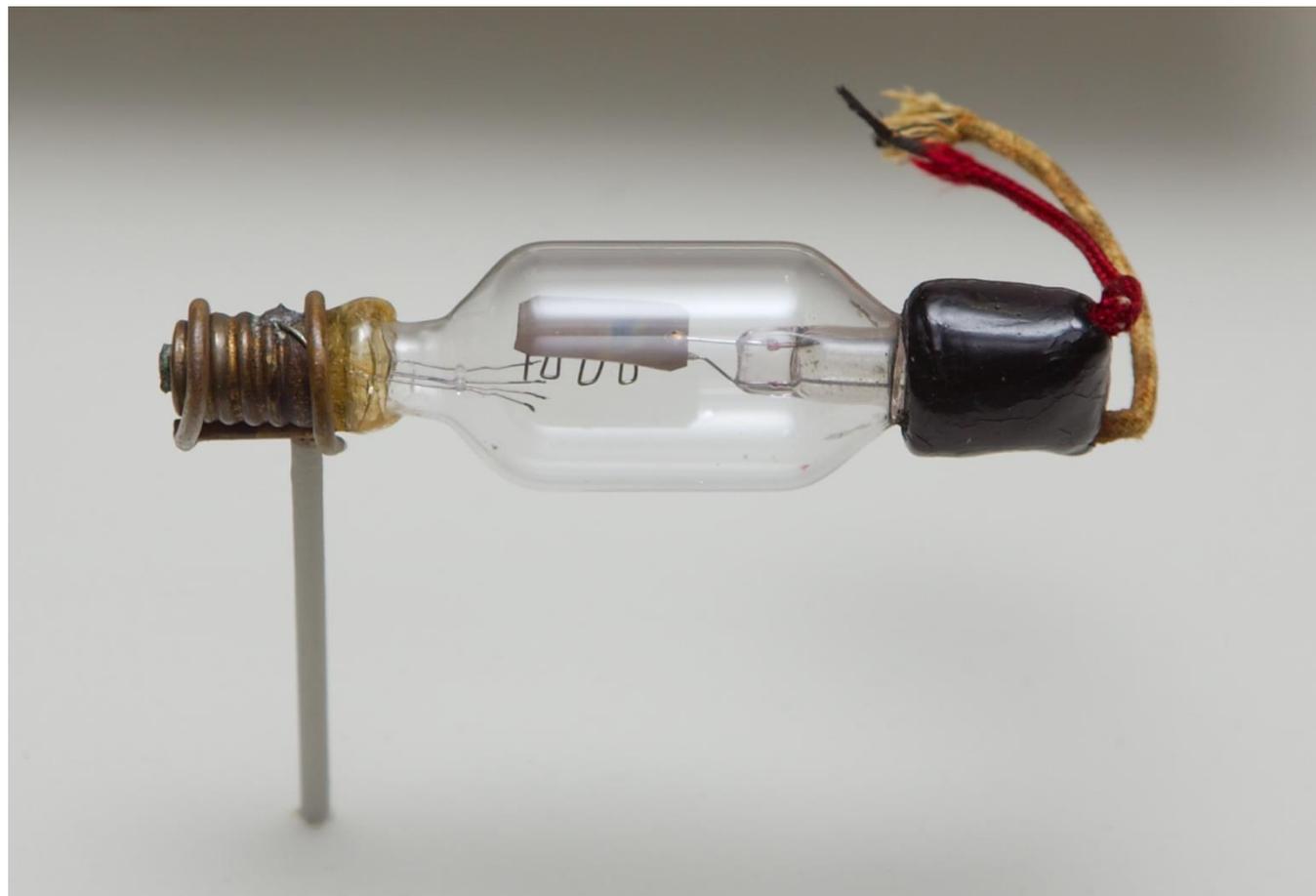


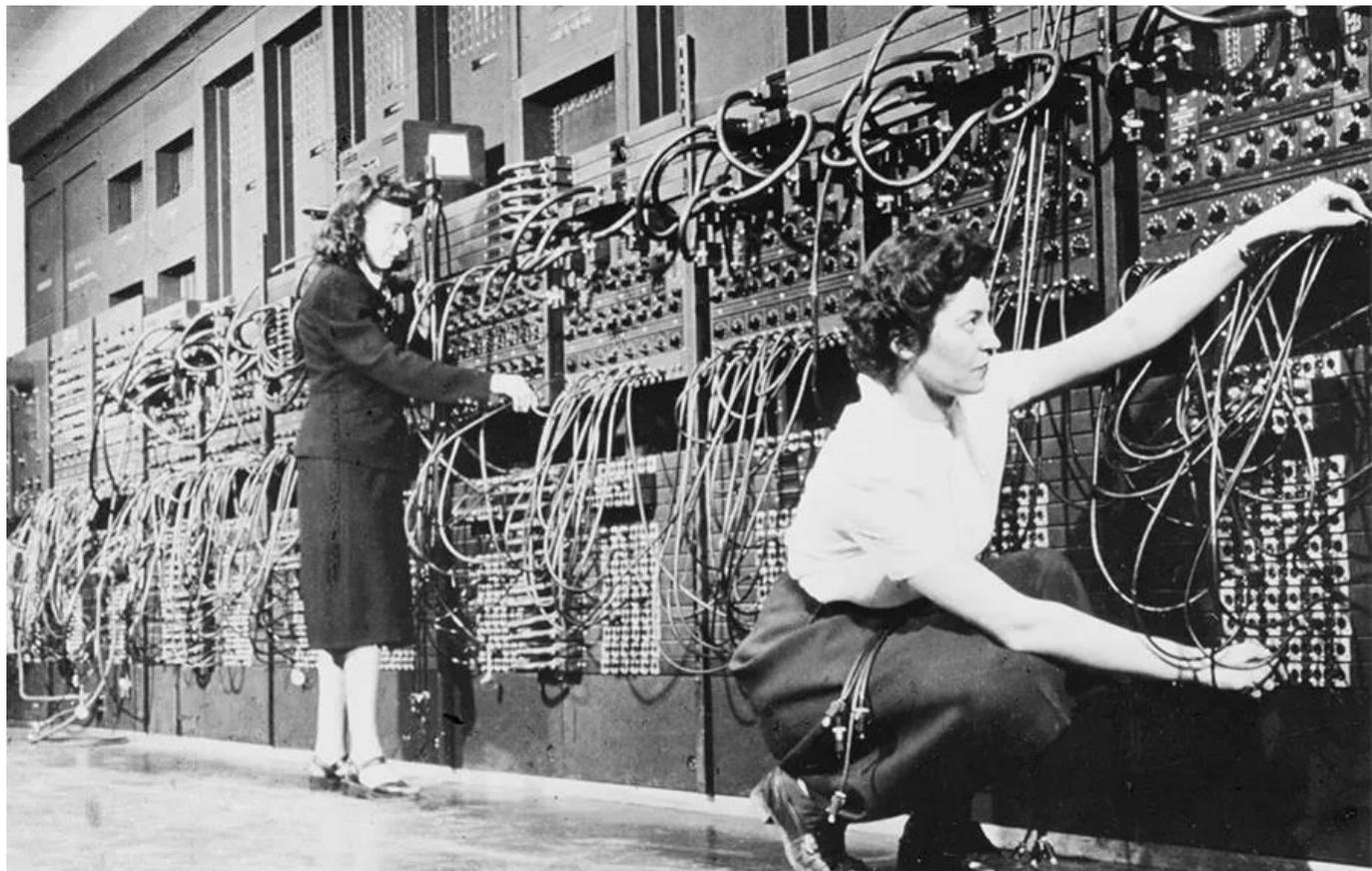
FIG. 33.—MODE OF EMPLOYING AN OSCILLATION VALVE, V, AS A DETECTOR IN WIRELESS TELEGRAPHY.
B, Valve Battery. J, Jigger. C, Tuning Condenser. A, Aerial. C₁, Receiving Condenser. T, Telephone Receiver inductively coupled to valve circuit.



Computer valvolare



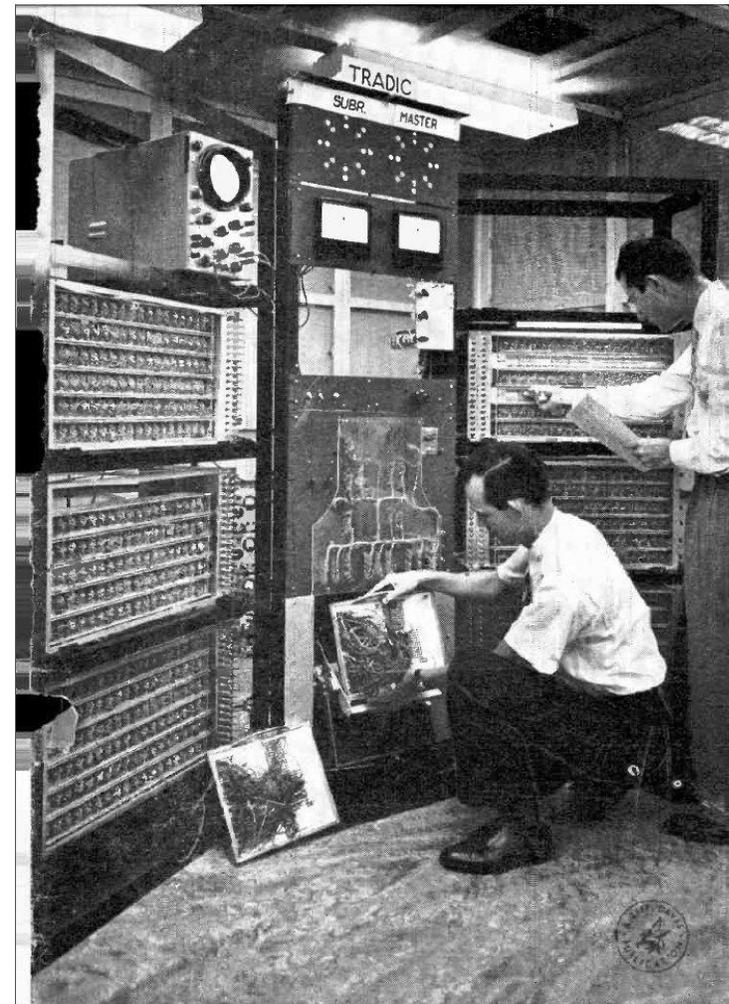
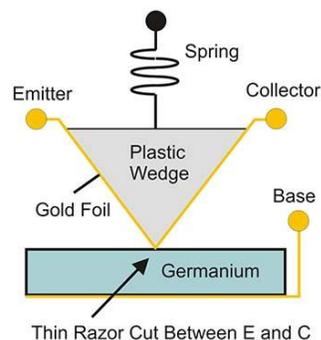
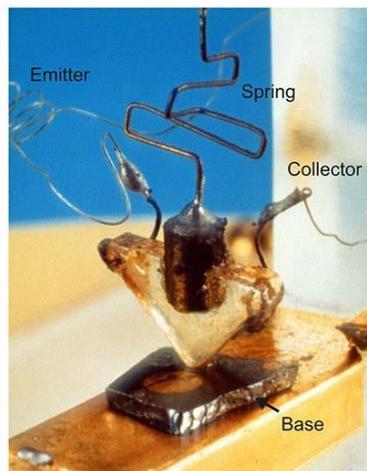
- 1946 in USA Veniva realizzato ENIAC, primo calcolatore elettronico digitale.
- Altri esemplari erano stati realizzati prima, ma erano elettromeccanici (Z3 Konrad Zuse, Germania, prima macchina Turing completa.)
- 18000 valvole, 180 m², 30 tonnellate
- Consumava circa 200 kW di potenza.
- Costo di realizzazione: 486 804\$ (un'insegnante guadagnava allora 1500\$ all'anno)
- L'ENIAC assorbiva talmente tanta energia elettrica che, alla sua prima messa in funzione, causò un black-out nel quartiere ovest di Filadelfia.
- 5000 operazioni al secondo



Transistor!



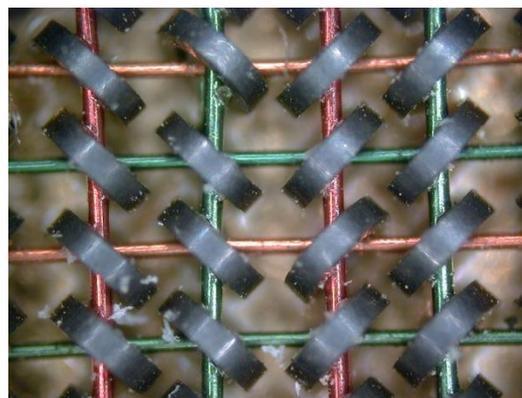
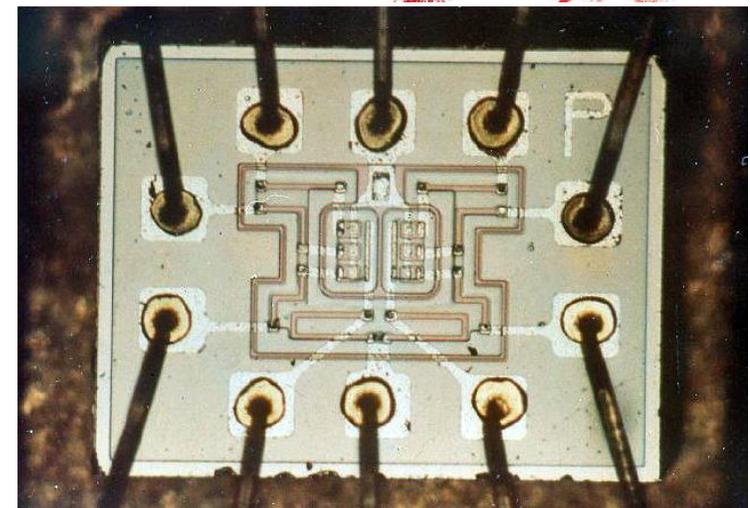
- 1947-48 Brattain, Barden e Shockley inventano prima il transistor a punte e poi il transistor a giunzione (Bell Labs, New Jersey).
- I transistors erano più cari delle valvole (\$20 contro \$1) ma nel 1954 gli ingegneri del Bell Labs costruiscono TRADIC (TRANSistorized Digital Computer). Il primo calcolatore senza valvole.
- Conteneva 800 transistor point-contact e 10000 diodi al germanio.
- Un milione di operazioni al secondo!!!
- Consumava meno di 100 W.



Verso l'integrazione



- Nel 1949 il fisico ed ingegnere tedesco Werner Jacobi inventa e brevetta il primo amplificatore a transistor integrato
- Texas instruments nel 1958 inventa il primo circuito ibrido integrato-discreto
- Fairchild nel 1960 inventa il primo vero circuito integrato, con contatti in alluminio
- Dal 1961 al 1965 il programma spaziale Apollo della NASA diventa il più grande acquirente di circuiti integrati (a lato una porta logica NOR)
- Il computer di bordo era basato su una unità di calcolo da 2 MHz di velocità di clock, di 4 kB di memoria RAM e 32kB di memoria ROM. Quest'ultima conteneva, principalmente, dati e programmi.
- La memoria era realizzata con nuclei di ferrite!
- Consumava 55 W
- Un arduino UNO (25€) ha 2kB RAM, 32kB ROM e una frequenza di lavoro di 16 MHz





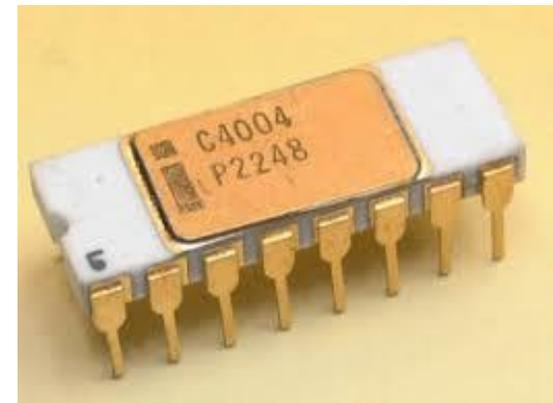
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

DIPARTIMENTO DI FISICA
"ALDO PONTREMOLI"

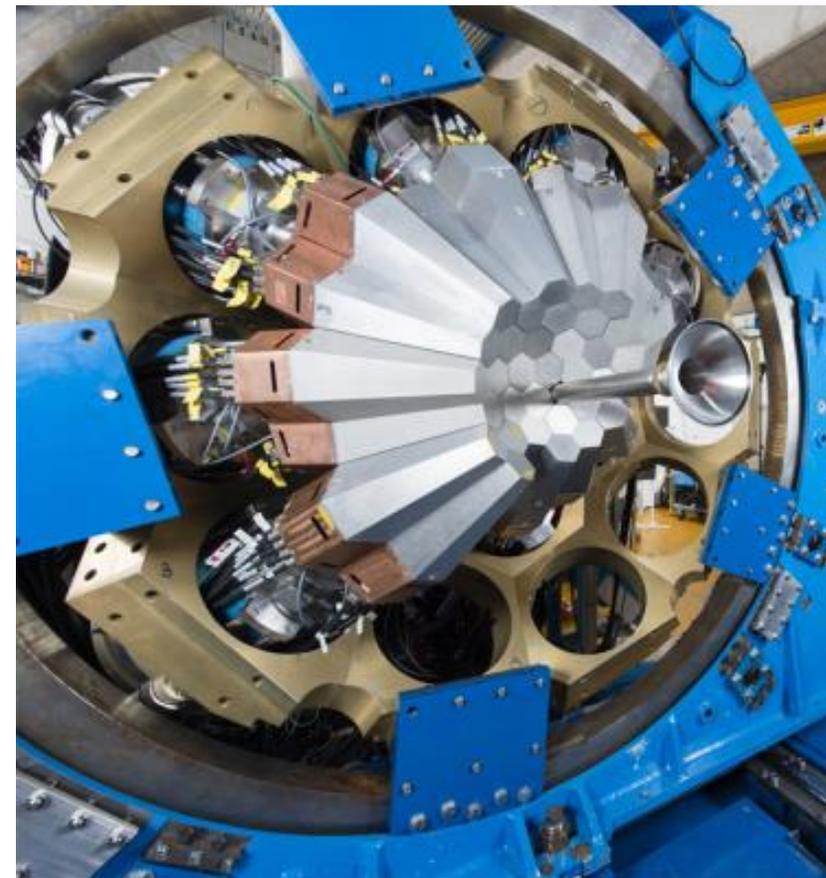
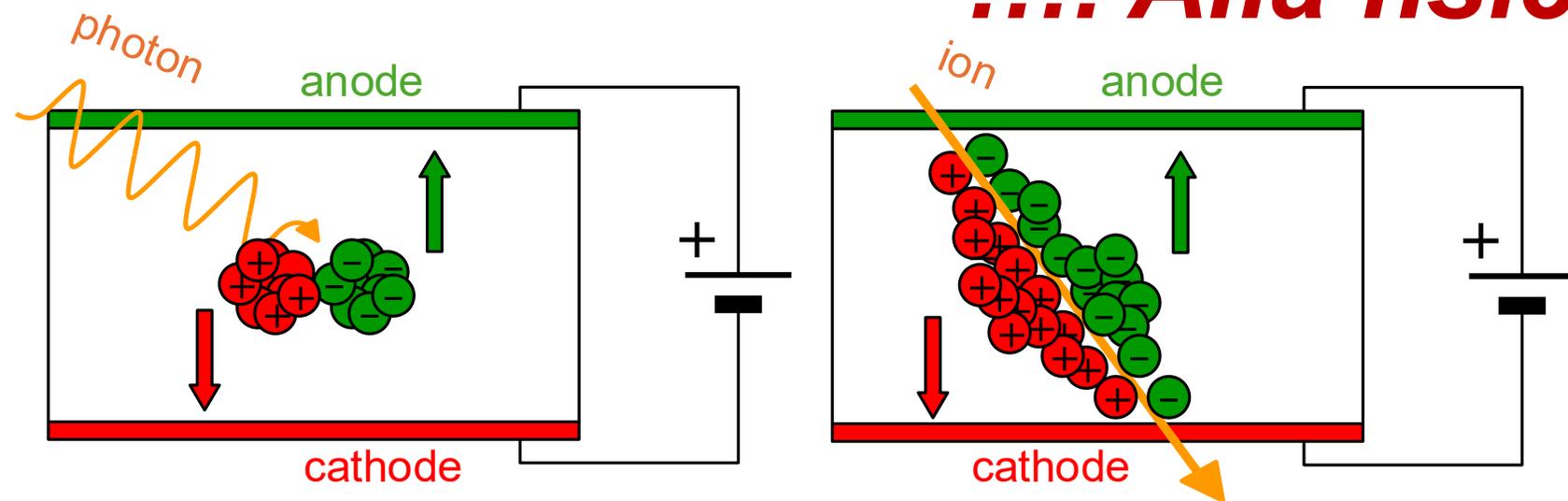
Nascita dell'elettronica moderna



- Come dalla valvola al transistor, alla fine degli anni '60 avviene un'altra rivoluzione: dal transistor a giunzione al MOS.
- Facilmente integrabile, è alla base della produzione di massa di dispositivi elettronici a basso costo.
- Il primo microprocessore ad utilizzare transistor MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) è l'Intel 4004, commercializzato nel 1971. L'Intel 4004 è stato progettato da Federico Faggin.
- Il computer delle missioni Apollo aveva delle performance confrontabili con i primi computer casalinghi degli anni '70, come l'Apple II, basati sul processore 6502.



Dall'elettronica.... Alla fisica!

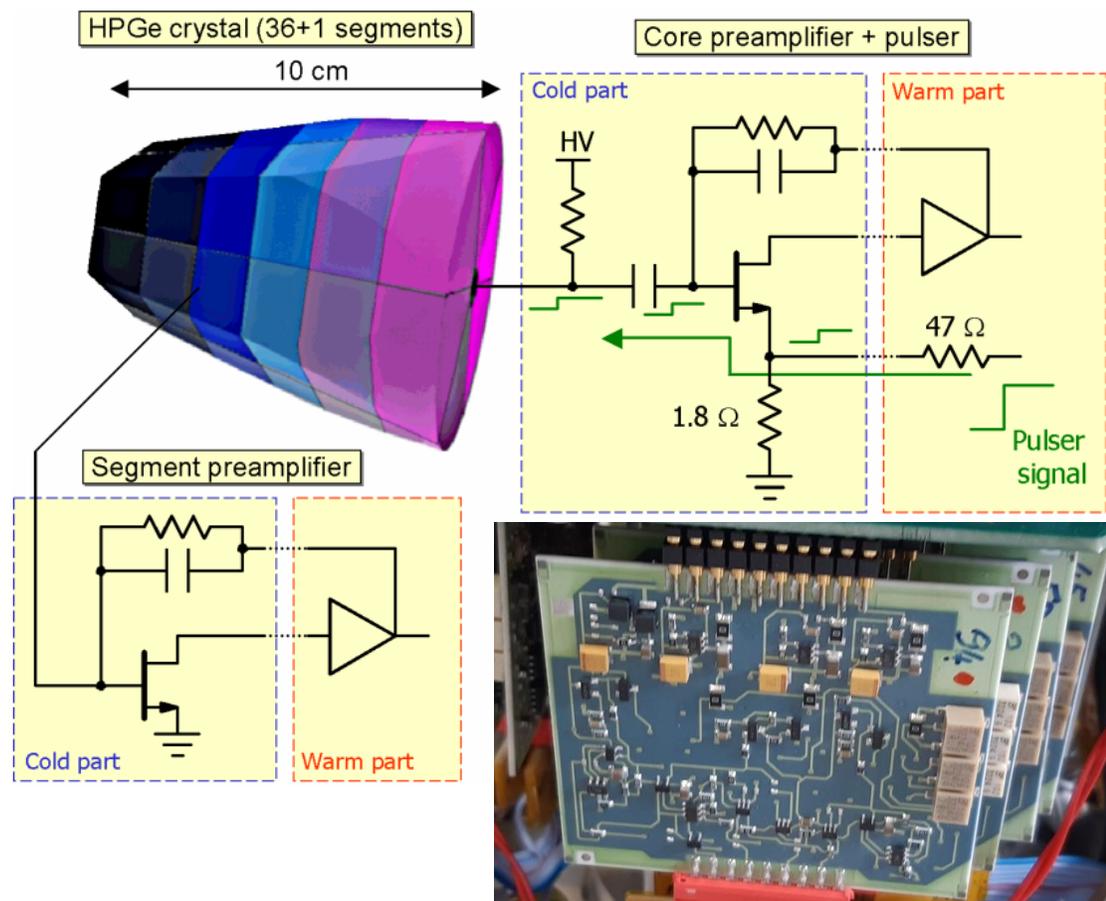


- I rivelatori sono i dispositivi che ci consentono di «vedere» la radiazione (fotoni e particelle)
- Convertono l'energia della radiazione in carica elettrica!

Il pre-amplificatore di carica



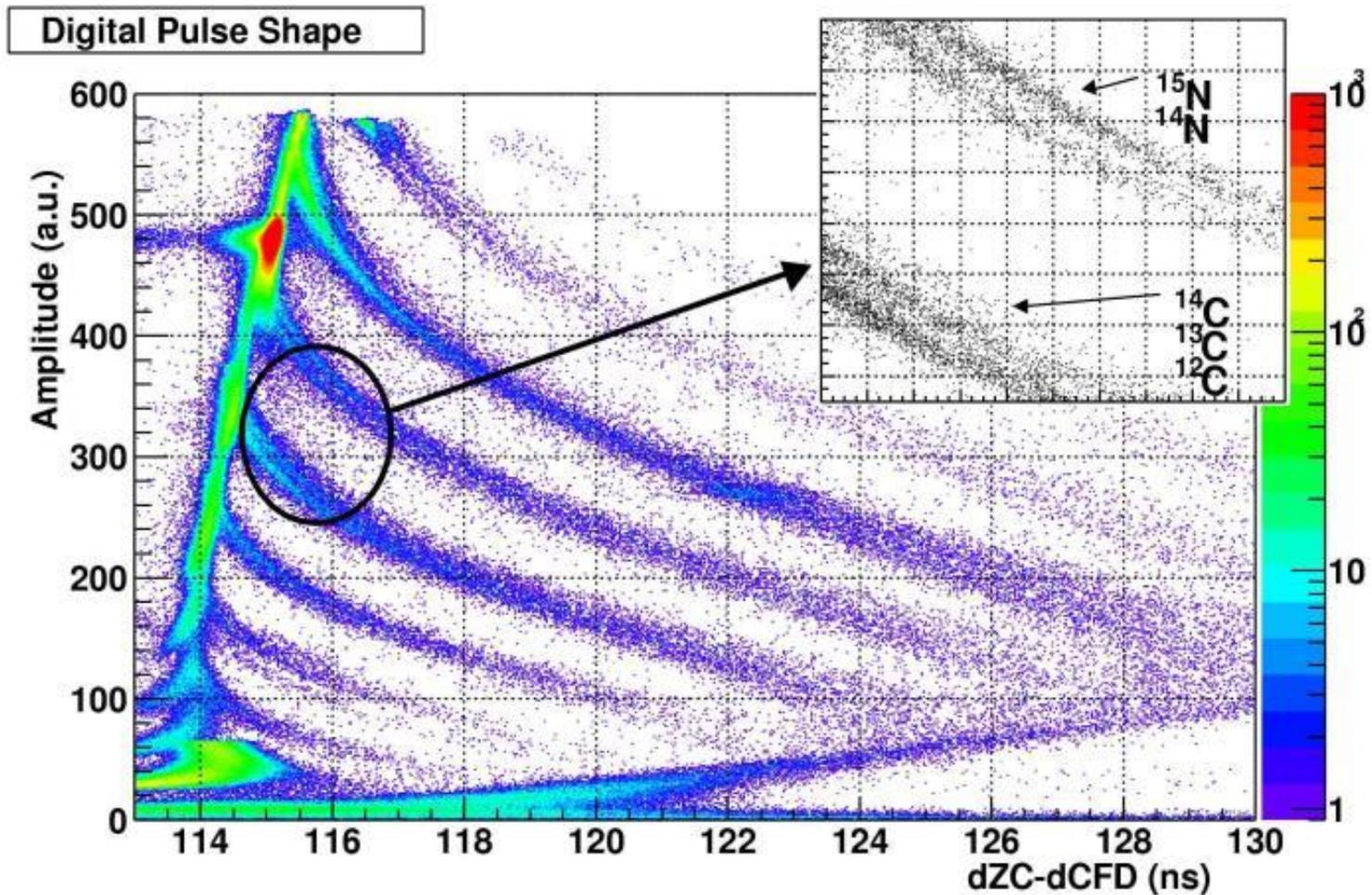
- Il pre-amplificatore di carica è stato inventato da Emilio Gatti nel 1955
- Converte la carica prodotta dal rivelatore in un segnale in tensione



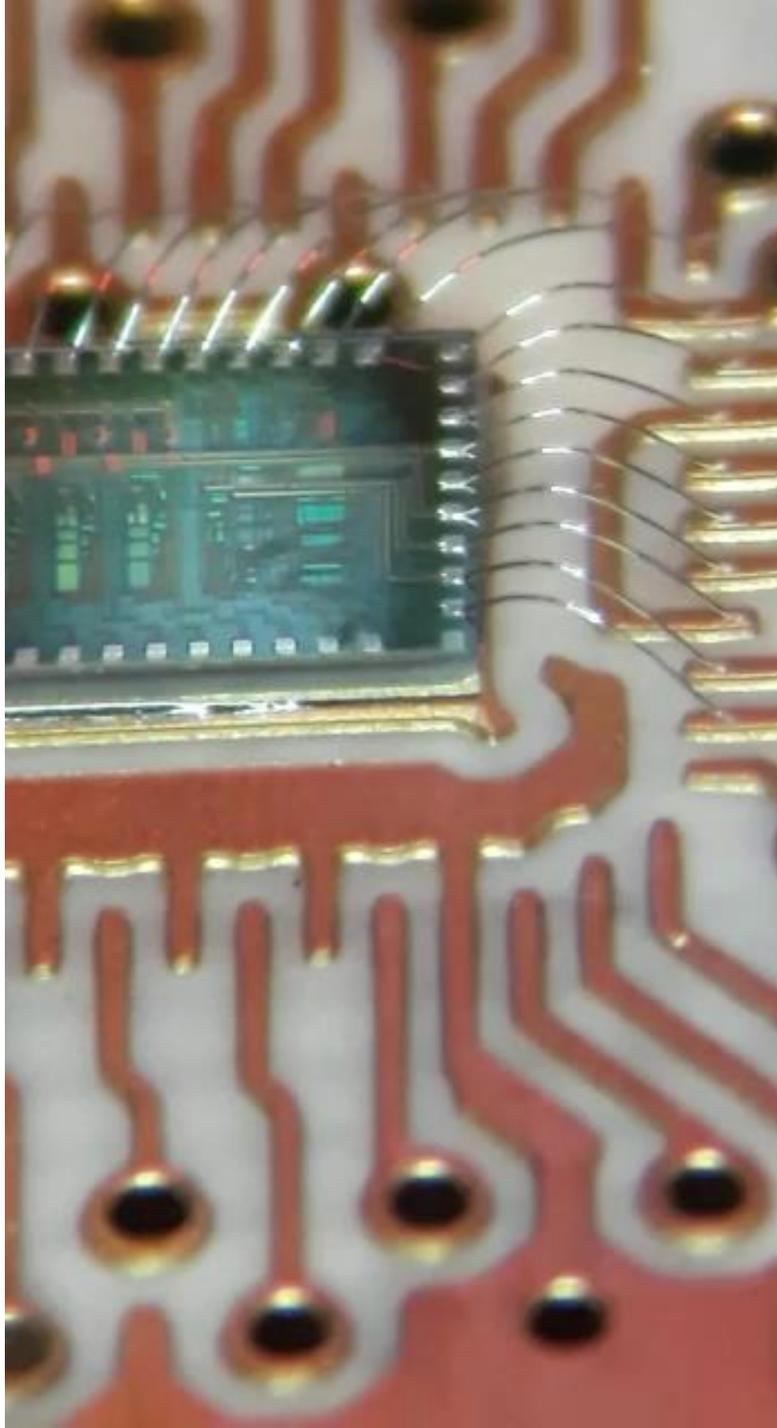
Tecniche avanzate



- I rivelatori oggi sono in grado, grazie a tecniche avanzate come la Pulse-shape analysis, di ottenere molta informazione dalle particelle, oltre alla loro energia. Forniscono una vera e propria "carta di identità" della radiazione incidente.



- Circuiti di pre-amplificazione integrati a basso consumo di Potenza
- Dimensioni: unità di mm²
- Ma come si collegano? Con fili sottili come capelli, per mezzo di macchine apposite



**Filo per wire
bonding
17 μ m diametro**



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Grazie per l'attenzione!

stefano.capra@unimi.it