Nicola Cabibbo

Il suo grande contributo alla conoscenza del mondo delle particelle elementari—

Creta 1969

Alcuni dei primi lavori di Nicola, fino al 1960 circa

- *Some rare decay modes of the K-meson* Cabibbo Ferrari
- *On the radiative decay of charged π mesons* Cabibbo
- *Leptonic decay modes of K-mesons and hyperons* Cabibb,o Gatto
- *Cross sections of reactions produced by high energy neutrino beams* Cabibbo, Gatto
- *Pion Form Factors from Possible High-Energy Electron-Positron Experiments* Cabibbo, Gatto
- *Cross sections of reactions produced by high energy neutrino beams* Cabibbo, Gatto

I primi lavori molto famosi 1961-1962

- *Electron-positron colliding beam experiments* Cabibbo Gatto 1961
- *Quantum electrodynamics with Dirac monopoles* Cabibbo Ferrari 1962
- *Proton-antiproton annihilation into electrons, muons and vector bosons* Zichichi, Berman, Cabibbo, Gatto

Grande interesse per tecniche sperimentali

New method for producing and analyzing linearly polarized gamma-ray beams Cabibbo, Da Prato, De Franceschi, Mosco

Interazioni Deboli: l'angolo di Cabibbo

- *Test of the conserved vector current hypothesis in* $\Sigma \to \Lambda$ *leptonic decays* Cabibbo Franzini (1962)
- *Unitary symmetry and leptonic decays* (1963)
- *Unitary symmetry and nonleptonic decays* (1964)

UNITARY SYMMETRY AND LEPTONIC DECAYS

Nicola Cabibbo
CERN, Geneva, Switzerland
(Received 29 April 1963)

We present here an analysis of leptonic decays based on the unitary symmetry for strong interactions, in the version known as "eightfold way,"[1] and the V-A theory for weak interactions.[2,3] Our basic assumptions on J_μ, the weak current of strong interacting particles, are as follows:

(1) J_μ transforms according to the eightfold representation of SU_3. This means that we neglect currents with $\Delta S = -\Delta Q$, or $\Delta I = 3/2$, which should belong to other representations. This limits the scope of the analysis, and we are not able to treat the complex of K^0 leptonic decays, or $\Sigma^+ \to n + e^+ + \nu$ in which $\Delta S = -\Delta Q$ currents play a role. For the other processes we make the hypothesis that the main contributions come from that part of J_μ which is in the eightfold representation.

(2) The vector part of J_μ is in the same octet as the electromagnetic current. The vector contribution can then be deduced from the electromagnetic properties of strong interacting particles. For $\Delta S = 0$, this assumption is equivalent to vector-

Paragona i decadimenti del K e del /pi ottiene due valori consistenti di $\theta = 0.26$ e predice 5 decadimenti semileptonici usando due parametri liberi dati da altri due decadimenti.

As a final remark, the vector-coupling constant for β decay is not G, but $G\cos\theta$. This gives a correction of 6.6% to the ft value of Fermi transitions, in the right direction to eliminate the discrepancy between O^{14} and muon lifetimes.

Un commento su Gell-Mann Levy

Should this discrepancy be real, it would probably indicate a, total or partial failure of the conserved vector current idea. It might also mean, however, that the current is conserved but with coupling less than 1. Such a situation is consistent with universality if we consider the vector current for $\Delta S = 0$ and $\Delta S = 1$ together to be something like: $\epsilon J_{\Delta S=0} + (1-\epsilon^2)^{1/2} \mathrm{J}_{\Delta S=1}$ and likewise for the axial vector current. If $(1-\epsilon^2)^{1/2} = 0.97$, then $\epsilon \approx 0.06$ which is of the right order of magnitude for explaining the low rate of $\Delta S = 1$ decay of the Λ particle. **There is, of course, a renormalization factor for that decay, so we cannot be sure that the low rate really fits in with such a picture.**

Note added in proof (1960)

No symmetry group.

Algebra delle correnti

- *Saturation of chiral U (3)× U (3) algebra* Cabibbo, Ruegg (1966)
- *Sum rule for the isovector magnetic moment of the nucleon* Cabibbo, Radicati (1966)
- *Radiative corrections and sum rules* Cabibbo, Maiani, Preparata (1967)

Low energy physics

- *Angular Correlations in K_{e4} Decays and Determination of Low-Energy $\pi - \pi$ Phase Shifts* Cabibbo, Maksymowicz (1967)
- *The σ term and low-energy $\pi - N$ scattering* Altarelli, Cabibbo, Maiani (1970)
- *The nucleon as a bound state of three quarks and deep inelastic phenomena* Altarelli, Cabibbo, Maiani, Petronzio (1974)
- *Determination of the $a_2 - a_0$ Pion Scattering Length from Decay $K\pi^+\pi^-\pi^0$* Cabibbo (2004)
- *Pion-pion scattering and the decay amplitudes* Cabibbo, Isidori (2005)

Continuano le interazioni deboli

- *Dynamical interrelation of weak, electromagnetic and strong interaction and the value of θ* Cabibbo Maiani (1967)
- *Are neutrinos stable particles?* Bahcall, Cabibbo, Yahil (1968)
- *The Drell-Hearn sum rule and the lepton magnetic moment in the Weinberg model of weak and electromagnetic interactions* G Altarelli, N Cabibbo, L Maiani (1974)

Partoni e QCD

- *Hadron production in e^+e^- collisions* N Cabibbo, G Parisi, M Testa 1970
- *Deep inelastic scattering and the nature of partons* N. Cabibbo, G. Parisi, M. Testa A. Verganelakis (1974)
- *Quark additivity for mass splittings in the p_∞ frame* N Cabibbo, M Testa (1974)
- *The ρ bremsstrahlung* N Cabibbo, M Rocca

photon materializes as an e^+e^- pair. Finally, the e^- of the pair annihilates with the incoming e^+ to give a ρ. The W-W approximation consists in assuming that a physical electron of high momentum has a certain probability of appearing as an $e^-+\gamma$ state. This probability, integrated over transverse momenta, can be computed by non-covariant perturbation theory to be :

$$\frac{d\,P_{e\to e\gamma}(\eta)}{d\eta} = \frac{\alpha}{\pi}\,\frac{1+(1-\eta)^2}{\eta}\left[\log\frac{E}{m_e}+\ldots\right] \tag{2.2}$$

where η is the fraction of longitudinal momentum carried by the photon and non-leading terms have been neglected. In our case we will define a probability for an electron to appear as an electron plus a pair. This probability will be taken to be the product of that in Eq. (2.2) and the probability for a photon to appear as an e^+e^- pair, for which we obtain (ε being the fraction of longitudinal momentum carried by the e^-) :

$$\frac{d\,P_{\gamma\to e^+e^-}(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \frac{\alpha}{2\pi}\left[1+(1-2\varepsilon)^2\right]\left[\log\frac{E_\gamma}{m_e}+\ldots\right] \tag{2.3}$$

Finally, we note that the invariant mass of the hadronic state produced in the collision between the incoming positron and the electron of momentum $\varepsilon\eta\vec{p}_1$ is : $s = 4E^2\varepsilon\eta$. So that we will write :

$$\sigma_{\rho\,\mathrm{brems.}}(4E^2) = 2\int d\varepsilon\, d\eta\, \frac{d\,P_{\gamma\to e^+e^-}}{d\varepsilon}\,\frac{d\,P_{e^-\to e^-\gamma}}{d\eta}\,\sigma_{e^+e^-\to h}(4E^2\varepsilon\eta)$$

Charm

- *Enhancement of non-leptonic decays of charmed particles* G Altarelli, N Cabibbo, L Maiani (1974)
- *The lifetime of charmed particles and Two-body decays of charmed mesons* N Cabibbo, L Maiani (1978)
- *Leptonic decay of heavy flavors: A theoretical update* G Altarelli, N Cabibbo, G Corbo, L Maiani, G Martinelli - (1982)

Exponential hadronic spectrum and quark liberation N Cabibbo, G Parisi (1975)

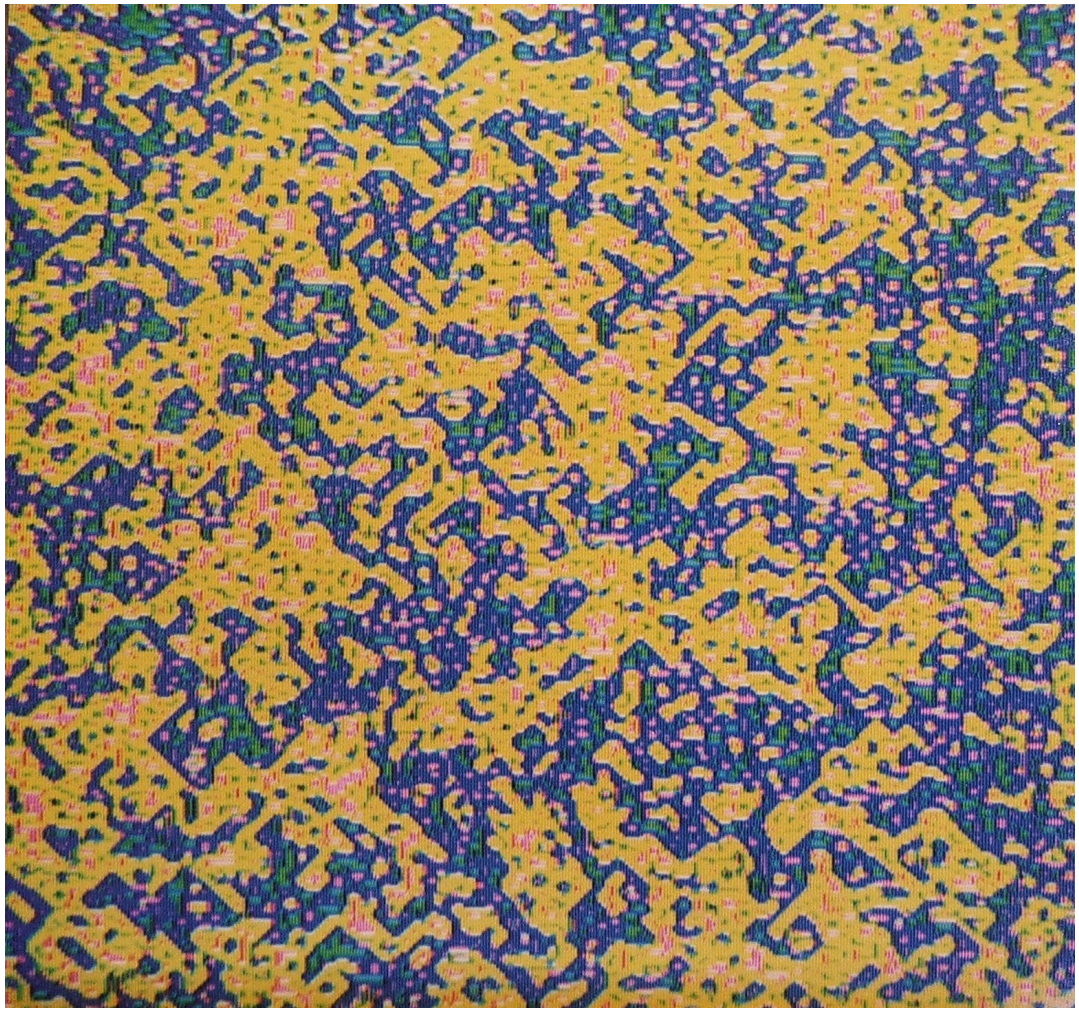
Bounds on the fermions and Higgs boson masses in grand unified theories N Cabibbo, L Maiani, G Parisi, R Petronzio (1979)

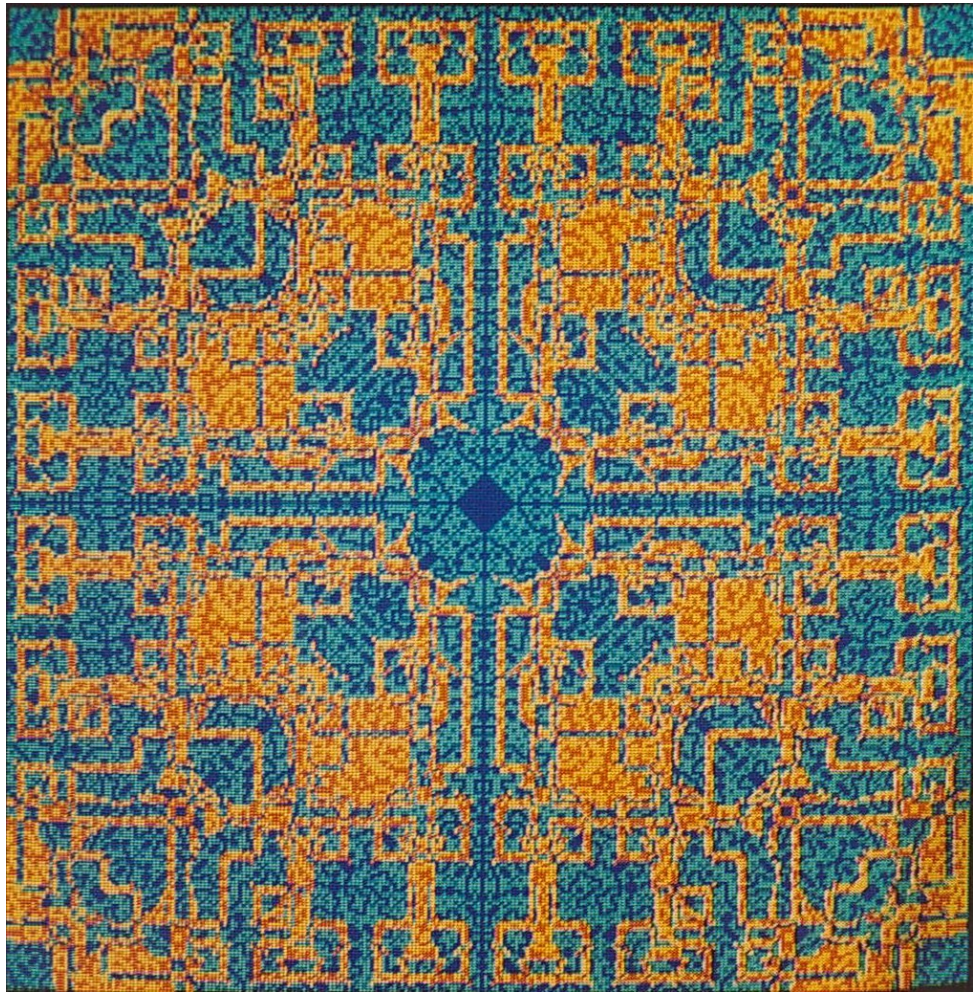
The random energy spin glass model Private comunication to G.Parisi (1979)

A new method for updating SU (N) matrices in computer simulations of gauge theories N Cabibbo, E Marinari (1982)

Il gioco era molto importante per Nicola: gli piaceva costruire cose, non solo per il loro possibile uso, ma anche per il puro gusto di farlo. Nicola aveva una passione per il bricolage, per i computer e per l'elettronica.

- La costruzione, durata mesi, di uno specchio di trenta centimetri per telescopio, da lui molato a mano alla perfezione, partendo da due spessi dischi di vetro
- L'impianto elettrico di una barca a vela motore.
- Il compilatore per il linguaggio Forth per una decina di differenti microprocessori.
- La macchina per simulare il gioco di *life* ed altri automi cellulari, 512×512, *life* è un automa cellulare a 8 vicini con indirizzamento hardware, generatore hardware di numeri random e driver di uno schermo televisivo: 50 frame al secondo (Cabibbo, Medici, Petrarca)





Le Lattice Gauge theories hanno bisogno di una enorme quantità di memoria e di tempo macchina per le simulazioni Monte Carlo.

Il computer standard in alcuni dipartimenti fisica inizio anni ottanta: Vax 780.

Sul Vax il reticolo massimo con fermioni $5^3 \times 10$ oppure $6^3 \times 12$.

- velocità: 0.3 MFlops
- RAM 8-16 Mbyte
- Dischi da 64 MByte
- costo qualche centinaio di milioni di Lire

Sul CDC 7600 si arrivava a una velocità di 3 MFlops, su Cray qualcosa come 100 Mflop, ma poche centinaia di ore disponibili, $10^3 \times 20$ a bassa statistica.

Grande attività di simulazioni di romani, a partire dal 1980 su QCD con o senza Fermioni e su modelli a dimensioni inferiori.

Roma era una fucina di idee, ma eravamo limitati in hardware.

Dal 1982 circolava l'idea di fare una grande macchina SIMD (single instruction, multiple data), ma fra dire e il fare c'era di mezzo il mare.

Mi ricordo vari incontri con Nicola e Franco Marzano in cui si finiva sospirando, non ce la possiamo fare.

Gruppi americani stavano partendo con macchine dedicate.

Mi ricordo che nel lungo viaggio di ritorno da Milano (6 ore in treno) Nicola mi esprimeva il suo sconforto per essere sorpassati dall'altra sponda dell'Atlantico.

Dopo l'estate Franco Marzano arriva con una grande notizia:

La Weitek produceva moltiplicatori e addizzionatori ognuno a 8 Mflops: con 128 chip si raggiungeva un Gigaflop. C'erano dei piccoli banchi di memoria per i registri, tutto quello che serviva.

Si parte subito con la progettazione della macchina. Certe scelte erano obbligate, ma mi ricordo che Nicola aveva le idee più chiare di tutti.

Tutto succede molto velocemente. Si incomincia con una chiamata alle armi a cui partecipano amici di Bologna, Padova, Pisa e del CERN.

Ci si vede al CERN per fare il punto della situazione. Facciamo anche un seminario per presentare il progetto, in cui un programmatore espertissimo di CRAY ci predice che non riusciremo mai a scrivere il software.

Nota interna di Roma del 13 dicembre 1984

Array processor with emulator (APE) project: a computer for lattice QCD

Bacilieri, P, Cabibbo, N, Marinari, E, Parisi, G, Costantini, F, Fiorentini, G, Galeotti, S, Passuello, D, Tripiccione, R, Fucci A., R. Petronzio, F. Rapuano, F. Marzano, S. Petranca, S. Salina, D. Pascoli, E. Remiddi,

A single instruction multiple data computer for studying lattice QCD is proposed. Although it can be used as a general purpose array processor controlled by the 3081/E, the hardware is optimized for lattice QCD. The theoretical speed is 1 Giga-Flop, i.e., 6 or 7 times faster than the Cray 1, and the memory can be expanded up to 0.5 Giga-byte.

Il clock era 8 Mega (125ns).

Il 3081/E era stato fatto al CERN (Aldolfo Fucci).

Padova aveva fornito l'interfaccia VAX-VME.

Bologna le schede di memoria da 32 MByte .

Pisa il sequencer e lo switchboard.

Roma la CPU.

Le istruzioni su 3081/E prendevano un tempo noto (la NOP un ciclo).

Il Sequencer aveva il nanocodice della FPU (93 bit mi pare) che partiva al momento buono sincronizzato con quello del 3081/E

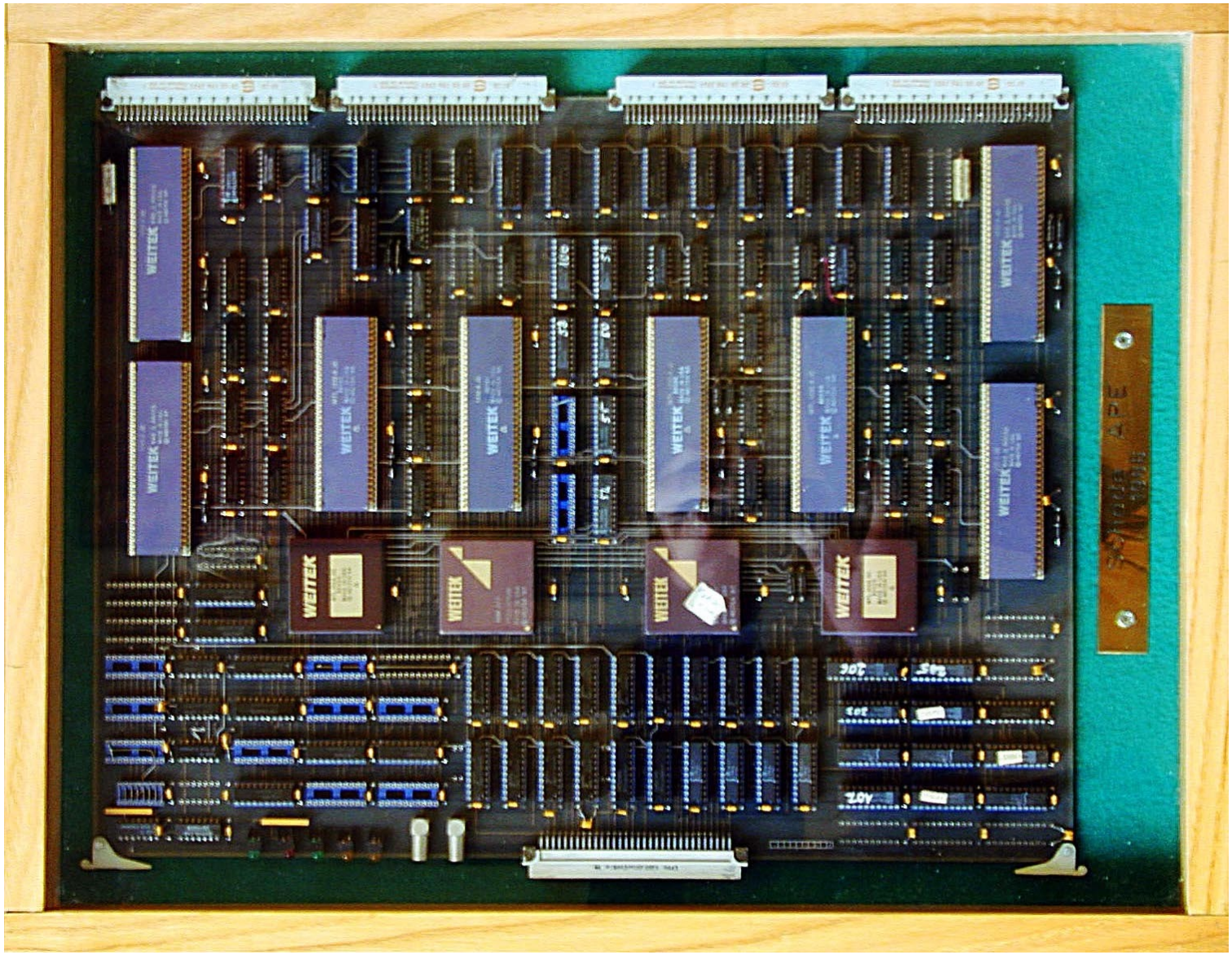
Il 3081/E comandava la memoria floating point e lo switchboard, usando i bit più significativi).

A questo punto bisognava **solo** fare l'hardware e il software.

Ruolo molto importante dei Laureandi: prima Gaetano Salina (hardware), poi Simone Cabasino e Pier Stanislao Paolucci (software).

Nicola stava dietro a tutto. Molte riunioni il sabato mattina, ma interveniva nei punti cruciali.

Quanto tempo ci abbiamo messo?



Per l'autunno del 1986 la (le) macchina a 4 schede funzionava e per il 1987 la macchina completa (16 schede) era al lavoro.

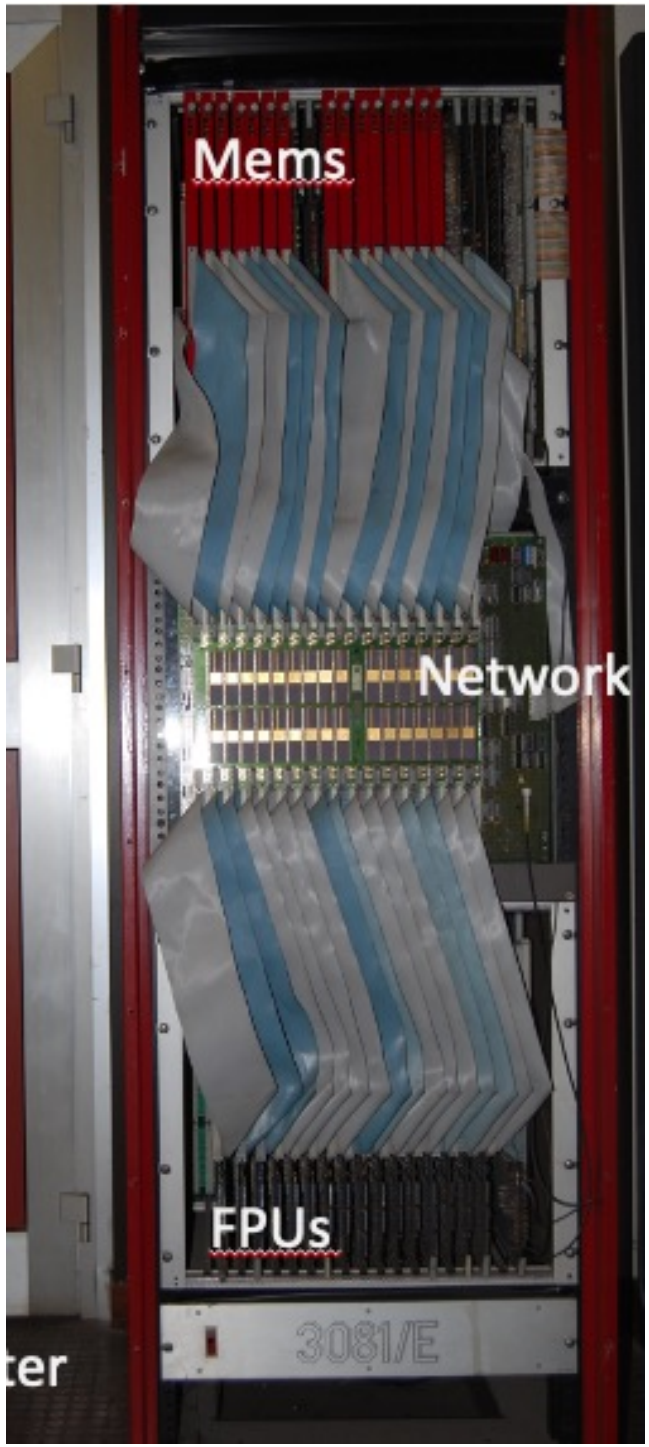
THE APE COMPUTER: AN ARRAY PROCESSOR OPTIMIZED FOR LATTICE GAUGE THEORY SIMULATIONS

M. ALBANESE [d], P. BACILIERI [a], S. CABASINO [b], N. CABIBBO [c], F. COSTANTINI [d], G. FIORENTINI [d], F. FLORE [d], L. FONTI [a], A. FUCCI [e], M.P. LOMBARDO [d], S. GALEOTTI [d], P. GIACOMELLI [h], P. MARCHESINI [e], E. MARINARI [c], F. MARZANO [b], A. MIOTTO [f], P. PAOLUCCI [b], G. PARISI [c], D. PASCOLI [f], D. PASSUELLO [d], S. PETRARCA [b], F. RAPUANO [b], E. REMIDDI [a,g], R. RUSACK [h], G. SALINA [b] and R. TRIPICCIONE [d]

[a] *INFN-CNAF, Bologna, Italy*
[b] *Dipartimento di Fisica, I Universita' di Roma "La Sapienza" and INFN-Sez. di Roma, Italy*
[c] *Dipartimento di Fisica, II Universita' di Roma "Tor Vergata" and INFN-Sez. di Roma, Italy*
[d] *Dipartimento di Fisica, Universita' di Pisa and INFN-Sez. di Pisa, Italy*
[e] *CERN, Geneva, Switzerland*
[f] *Dipartimento di Fisica, Universita' di Padova and INFN-Sez. di Padova, Italy*
[g] *Dipartimento di Fisica, Universita' di Bologna and INFN-Sez. di Bologna, Italy*
[h] *The Rockefeller University, New York, USA*

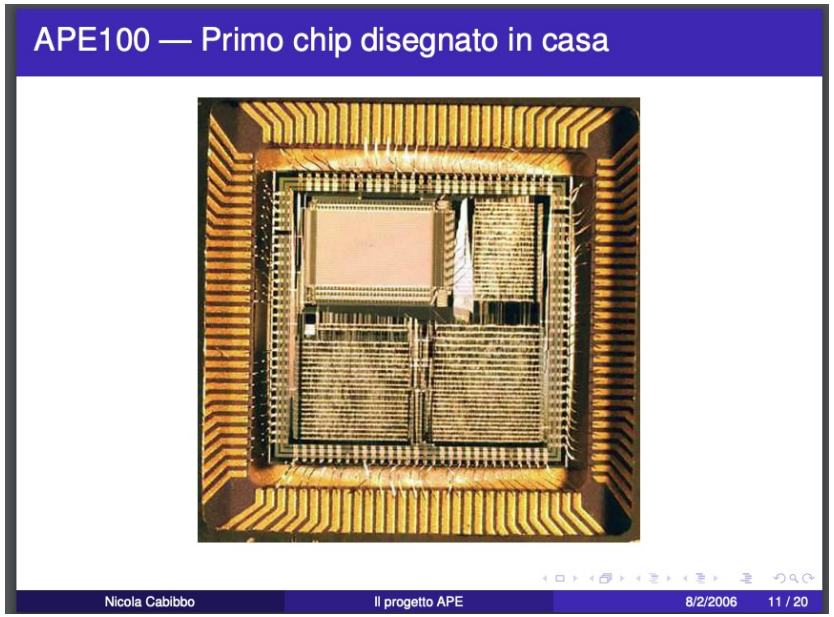
The APE computer is a high performance processor designed to provide massive computational power for intrinsically parallel and homogeneous applications. APE is a linear array of processing elements and memory boards that execute in parallel in SIMD mode under the control of a CERN/SLAC 3081/E. Processing elements and memory boards are connected by a 'circular' switchnet. The hardware and software architecture of APE, as well as its implementation are discussed in this paper. Some physics results obtained in the simulation of lattice gauge theories are also presented.

APE


Mems
Network
FPUs
3081/E

APE 100: 100 Gflops machine: a factor 100 in a few years

Multiply and Add Device (MAD): chip progettato in casa



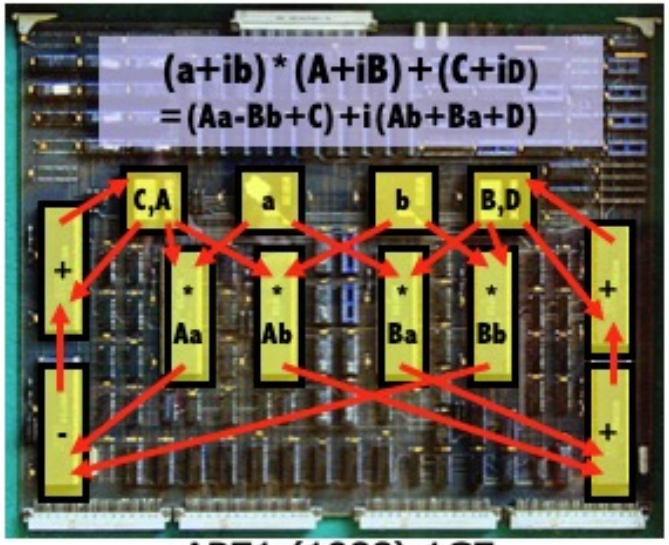
MAD, A FLOATING-POINT UNIT FOR MASSIVELY-PARALLEL PROCESSORS

A. Bartoloni, C. Battista, S. Cabasino, N. Cabibbo, F. Del Prete, F. Marzano, P.S. Paolucci, R. Sarno, G. Salina, G.M. Todesco, M. Torelli, R. Tripiccione, W. Tross, P. Vicini and E. Zanetti

Abstract

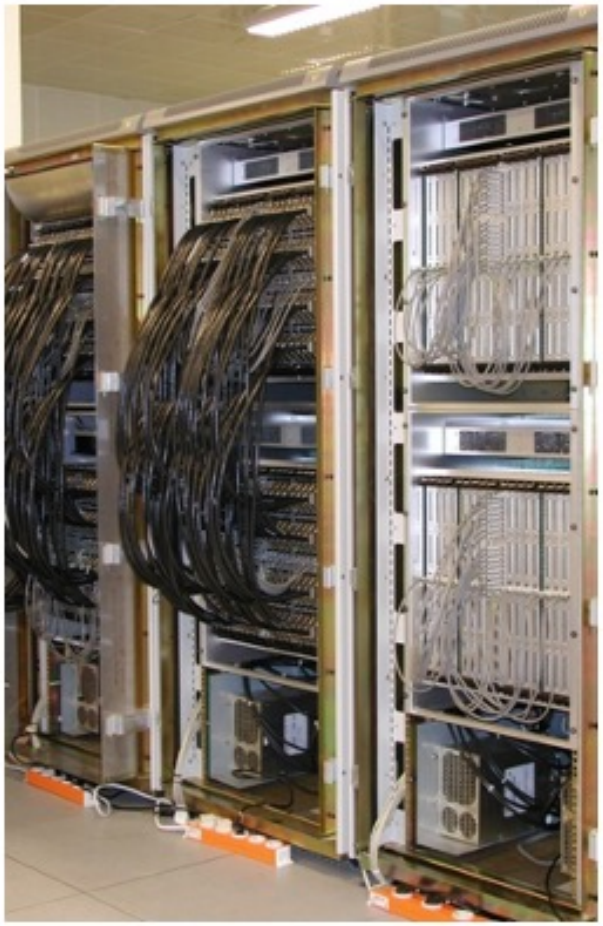
We describe in detail the architecture and implementation of the MAD chip. It is a floating point unit, used as the elementary processing element of the APE100 array processor. The design has been accurately tailored to the requirements of a SIMD floating point intensive machine.

Da APE1 ad apeNEXT

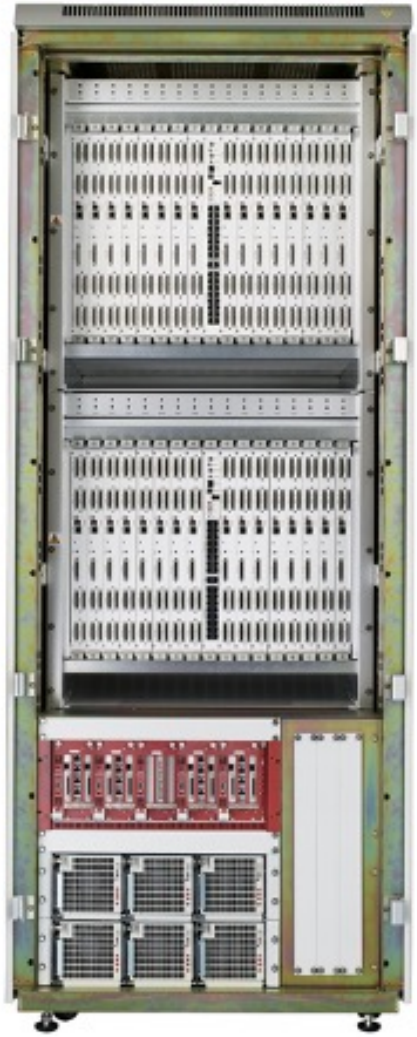


APE1 (1988) 1GF

APE100 (1992) 25GF, SP, REAL



APEmille (1999) 128GF, SP, Complex



apeNEXT (2004) 800GF, DP, Complex

Una grande influenza su l'industria italiana, hardware e software

Linea di Supercalcolatori Quadrix all'ENEA.

Un gran numero di spin-off sia diretti che indiretti.

Ape su un singolo chip: le GPU.

Non credo che ci sia una discendenza diretta delle GPU da APE, ma una evoluzione convergente.

Che fisica si è fatta?

Centinaia di lavori di punta in cui venivano proposte e messi a punto nuove tecniche di calcolo, nuovi algoritmi, nuova fisica, non sono solo computazionale.

Le macchine APE sono diventate un punto di riferimento per tutta l'Europa.

Una scelta arbitraria di risultati:

GLUEBALL MASSES AND STRING TENSION IN LATTICE QCD

Ape Collaboration

M. ALBANESE, F. COSTANTINI [1], G. FIORENTINI [2], F. FLORE, M.P. LOMBARDO, R. TRIPICCIONE
INFN – Sezione di Pisa, I-56100 Pisa, Italy

P. BACILIERI, L. FONTI, P. GIACOMELLI [3], E. REMIDDI [4]
Cnaf – INFN, I-40126 Bologna, Italy

M. BERNASCHI, N. CABIBBO, E. MARINARI, G. PARISI, G. SALINA
Dipartimento di Fisica, Università di Roma "Tor Vergata", I-00173 Rome, Italy and INFN – Sezione di Roma, I-00185 Rome, Italy

S. CABASINO, F. MARZANO, P. PAOLUCCI, S. PETRARCA, F. RAPUANO
Dipartimento di Fisica, Università di Roma "La Sapienza" and INFN – Sezione di Roma, I-00185 Rome, Italy

P. MARCHESINI
CERN, CH-1211 Geneva 23, Switzerland

and

R. RUSACK
Rockefeller University, New York, NY 10021, USA

Received 24 March 1987

We study glueball masses in lattice QCD. We present the first numerical determination of the mass of the lowest spin 2 state in the scaling region, and find that it is close to the lowest spin 0 state. We present very precise results for the string tension and for the spin 0 state, obtained by analyzing a large set of operators. We find that finite size effects are significant.

Table 1
The observables we have considered versus the lattice size. $m(0^{++})/\sqrt{\sigma(L)}$ is computed directly from an effective ratio. $\sigma(\infty) \equiv \sigma(L) + \pi/(3L^2)$.

L	$m(0^{++})$	$m(2^{++})$		$\sigma(\infty)$	$\frac{m(0^{++})}{\sqrt{\sigma(L)}}$
10	0.65(3)	0.6(3)		0.058(3)	3.0(2)
12	0.76(4)	0.8(2)		0.062(1)	3.2(2)
16	0.82(5)	1.00(15)	0.85(12)	0.058(2)	3.4(4)

THE HADRONIC MASS SPECTRUM IN QUENCHED LATTICE QCD: $\beta = 5.7$

The Ape Collaboration

P. BACILIERI, L. FONTI, E. REMIDDI and G.M. TODESCO

Infn, Cnaf, Italy
and
Dipartimento di Fisica, Università di Bologna, 40126 Bologna, Italy

M. BERNASCHI, S. CABASINO, N. CABIBBO, L.A. FERNÁNDEZ[1], E. MARINARI, P. PAOLUCCI, G. PARISI, G. SALINA and A. TARANCÓN

Infn, Sezione di Roma, Gruppo Collegato di Roma 2, Roma, Italy
and
Dipartimento di Fisica, II Università di Roma (Tor Vergata), Via Orazio Raimondo, 00173 Roma, Italy

F. COPPOLA, M.P. LOMBARDO, E. SIMEONE and R. TRIPICCIONE

Infn, Sezione di Pisa, 56100 Pisa, Italy

G. FIORENTINI and A. LAI[2]

Infn, Sezione di Cagliari, Cagliari, Italy
and
Dipartimento di Fisica, Università di Cagliari, 91000 Cagliari, Italy

P.A. MARCHESINI

CERN, 1211 Geneve 23, Switzerland

F. MARZANO, F. RAPUANO, and W. TROSS

Infn, Sezione di Roma, Roma, Italy
and
Dipartimento di Fisica, Università di Roma (La Sapienza), P.A. Moro 2, 00185 Roma, Italy

R. RUSACK

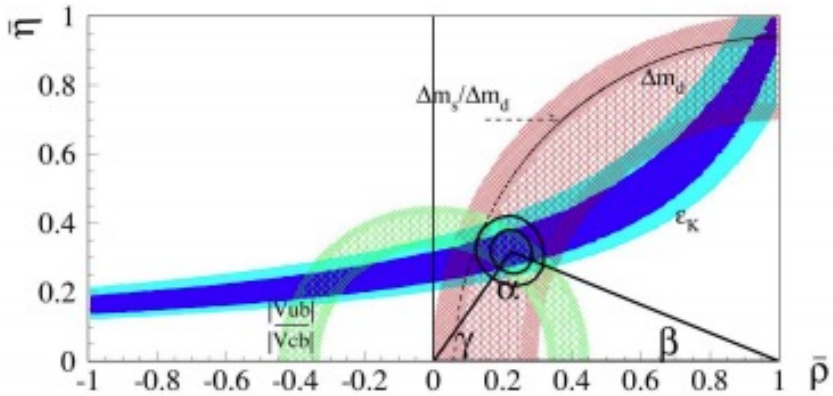
Rockefeller University, New York, NY 10021, USA

Received 20 July 1988
(Revised 21 September 1988)

TABLE 2
The meson squared masses and the baryon masses as estimated at the different k-values

Particle	k			
	0.161	0.163	0.165	0.167
π	0.426(2)	0.316(2)	0.212(2)	0.109(2)
$\tilde{\pi}$	0.430(3)	0.321(4)	0.219(4)	0.121(6)
ρ	0.615(4)	0.523(5)	0.444(6)	0.365(10)
$\tilde{\rho}$	0.616(5)	0.526(6)	0.444(7)	0.361(11)
ε	1.61(5)	1.51(7)	1.47(14)	–
A_1	1.75(4)	1.61(5)	1.46(6)	1.25(9)
B	1.81(5)	1.71(6)	1.63(9)	1.60(18)
p	1.263(5)	1.153(6)	1.039(8)	0.919(14)
Δ	1.345(7)	1.253(9)	1.163(12)	1.091(23)
$\tilde{p}$	1.76(2)	1.68(2)	1.60(2)	1.53(4)
$\tilde{\Delta}$	1.86(2)	1.80(3)	1.73(4)	1.69(8)

L'impatto di APE



Measurement	$V_{CKM}\times$ other	Constraint
$b \to u/b \to c$	$\lvert V_{ub}/V_{cb}\rvert^2$	$\bar{\rho}^2+\bar{\eta}^2$
Δm_d	$\lvert V_{td}\rvert^2 f_{B_d}^2 B_{B_d} f(m_t)$	$(1-\bar{\rho})^2+\bar{\eta}^2$
$\frac{\Delta m_d}{\Delta m_s}$	$\frac{\lvert V_{td}\rvert^2}{\lvert V_{ts}\rvert^2}\frac{f_{B_d}^2 B_{B_d}}{f_{B_s}^2 B_{B_s}}$	$(1-\bar{\rho})^2+\bar{\eta}^2$
ε_K	$f(A,\bar{\eta},\bar{\rho},B_K)$	$\propto \bar{\eta}(1-\bar{\rho})$

Il contributo di APE è stato essenziale
in tre delle misure che hanno portato a chiarire la natura
della asimmetria materia-antimateria.

Sia per quanto riguarda Ape, ma per tutta la vita hanno avuto una influenza duratura i suoi contatti diretti con i colleghi più giovani.

Nicola aveva un entusiasmo contagioso per la fisica, per il divertimento che gli suscitava mettere assieme i pezzi di un puzzle, fino ad ottenere un quadro coerente al posto di un insieme di dati sconnessi.

Più di una volta l'ho sentito dire "**Perché dovremmo studiare questo problema se non ci divertiamo a farlo?**". Le grandi scuole scientifiche nascono anche dalla capacità del maestro nel motivare le persone più giovani.

Gli ultimi lavori.

- *Semileptonic hyperon decays* (2003) and *Semileptonic hyperon decays and Cabibbo-Kobayashi-Maskawa unitarity* (2004) N Cabibbo, EC Swallow, R Winston
- Membro dell'esperimento NA48/2 al CERN SPS: *Measurement of the Dalitz plot slope parameters* $K \to 3\pi$, *Search for direct CP-violation Search for the dark photon in* π_0 *decays*
- *Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance: Evidence from a field study* and *Empirical investigation of starling flocks: a benchmark study in collective animal behaviour* M. Ballerini, N. Cabibbo, R. Candelier E. Cisbani, I. Giardina, V. Lecomte, A. Orlandi, G. Parisi an A. Procaccini, M. Viale, and V. Zdravkovic