



Progettare la CEP

uno sguardo retrospettivo

PROGETTO	Schema CEP-CEP/B/2	disegno N°
PROGETTA	DENOMINAZIONE CEP	1
data 24/4/1961	Schema	scala
Il progettista	Generale Macchina	CEP-CEP/B/1
Il disegnatore	data modifiche	sostituito da:

Forciniti

La parte meno nota della storia

ovvero

come fummo coinvolti

Tutto comincia nel 1954, quando il progetto di costruire a Pisa un sincrotrone tramonta, perché viene scelta la sede di Frascati.

Rimane a disposizione dell'Università di Pisa un finanziamento (150 milioni) degli Enti locali, e si accende la discussione su che cosa farne.

Conversi e Salvini consultano dei colleghi e incontrano Fermi a Varenna, alla sua ultima visita in Italia: così nasce l'idea di costruire un calcolatore.

Le prime riunioni

1. Il 17 novembre 1954, all'Istituto di Fisica, si tiene una prima riunione per esaminare utilità e fattibilità della costruzione di una calcolatrice elettronica (al tempo le calcolatrici erano di genere femminile ...).

Alla riunione partecipano 14 tra fisici, matematici e ingegneri, con prevalenza di fisici. Ecco i nomi:

Bordoni, Cattaneo, Caianiello, Caracciolo, Checcucci, Conversi, Faedo, Gamba, Morpurgo, Paletto, Patergnani, Sacerdoti, Salvini, Touschek.

La conclusione è largamente favorevole al progetto, di cui si sottolinea il valore scientifico e culturale.

Dato però che nessuno sa valutare davvero rischi, costi, fattibilità, si dà incarico a Caracciolo di preparare una relazione che possa costituire la base di una decisione più meditata.

Nella riunione viene anche segnalata la disponibilità di altri (tra cui il sottoscritto) a partecipare al seguito delle discussioni ed eventualmente al progetto.

2. Il 13 e 14 gennaio 1955 ha luogo una lunga riunione a Pisa, sempre all'Istituto di Fisica, per discutere la relazione Caracciolo, la fattibilità del progetto e i passi da intraprendere.

Alla riunione partecipano: il rettore prof. Avanzi, professori di Fisica, Ingegneria e Matematica dell'Università di Pisa (*Cattaneo, Conversi, Faedo, Salvini, Tiberio*) più numerosi invitati di altre sedi (tutti fisici) tra i quali *Caracciolo, Fabri, Sibani* (Roma).

Emerge un parere largamente favorevole da parte di matematici e fisici, mentre ampie riserve di vario tipo vengono avanzate da Ingegneria.

L'unica decisione operativa è un ciclo di lezioni sulle CE, per le quali si fanno nomi di docenti. A quanto posso ricordare, furono realmente tenute lezioni da Caracciolo e Fabri.

I pro e i contro

1. I “pro” sono presto detti, dato che col senno di poi appaiono evidenti.

Si trattava:

- di far entrare questa Università in un campo di ricerche e in un settore tecnologico in veloce sviluppo in tutto il mondo (non solo USA, ma anche diversi Paesi europei)
- di formare ricercatori e tecnici capaci di lavorare in futuro sulle CE, che si sarebbero certamente affermate come potente strumento per numerose applicazioni pratiche nella ricerca, nell’industria, nell’economia
- di tenersi al passo con un settore di conoscenze scientifiche allora nascente ma promettente di nuove idee e risultati.

2. È più interessante passare in rassegna le obiezioni che venivano mosse all'idea: tutte, come già detto, dai professori d'Ingegneria.

(Le frasi che seguono sono tratte, pressoché in modo testuale, dal resoconto della riunione.)

a) occorre un confronto fra la spesa necessaria a risolvere i problemi di medio peso calcolativo con calcolatrici normali, analogiche ed elettroniche

b) non è stata sufficientemente analizzata la possibilità di un'utilizzo economicamente conveniente per un impianto che ha un peso economico notevole, sia per la costruzione sia per il successivo mantenimento

c) la costruzione di una CE è piuttosto compito dell'industria, che non degli istituti di ricerca

d) l'industria italiana non può fornire, rispetto a certe industrie straniere, le stesse garanzie sulle tolleranze dei materiali da utilizzare.

Il ruolo dell'Olivetti

L'intervento dell'Olivetti fu forse decisivo nel superare le perplessità, anche se di fatto si esplicò in una forma diversa da come inteso e da come viene ancora raccontato.

Infatti il contributo Olivetti fu prezioso (direi insostituibile) in quanto fornì personale dedicato full-time al progetto CEP.

Ma non si trattò di un contributo di “esperti”: a parte Cecchini, che aveva già esperienza di lavoro nell'industria ma non nell'elettronica digitale, gli altri erano persone al primo impiego. Tutti insieme dovemmo imparare che cos'era una CE e come costruirla.

È poi noto che l'Olivetti installò un suo laboratorio a Barbaricina, dove avviò la progettazione di una macchina del tutto diversa come concezione e obiettivo (una macchina per uso commerciale, non scientifico).

Purtroppo l'impresa Olivetti si sarebbe conclusa pochi anni dopo, quando la ditta si trovò in difficoltà finanziarie e dovette cedere la Divisione Elettronica alla General Electric, che si affrettò a liquidarla, con tipica operazione monopolistica.

L'inizio della progettazione: il gruppo romano

Nella “Relazione sull’attività del Centro al 20 dicembre 1955” si legge che il CSCE nacque ufficialmente con una delibera del Consiglio di Amministrazione, il 30 aprile 1955. Tuttavia:

Studi preliminari sul progetto strutturale furono iniziati sin dal gennaio scorso da un gruppo di fisici dell’Università di Roma [Caracciolo, Fabri, Sibani: tutti fisici] passati successivamente alle dipendenze del Centro; sicché all’atto di costituzione di questo, nel giugno scorso, i lavori partirono da un primo progetto strutturale già elaborato.

Perché i fisici?

Si è già visto che nella nascita del progetto CEP, e poi anche nella sua costruzione, hanno avuto una parte importante (se non determinante) un certo numero di fisici. Vale la pena di chiedersi perché.

- Perché l'idea parte in sostituzione del sincrotrone, da uno stanziamento destinato alla fisica
- Perché viene proposta da Fermi

Ma come mai da Fermi?

Una parziale risposta è questa: Fermi, dopo l'impegno nel “progetto Manhattan” (primo reattore nucleare, bomba “atomica”) era tornato a fare il fisico sperimentale, e aveva già fatto uso di uno dei primi calcolatori costruiti in USA. Era quindi in grado di valutare l'importanza di questi nuovi strumenti, per la ricerca e non solo.

Ma c'è qualcosa di più.

– Tra i fisici era allora più facile trovare la sensibilità e l'apertura mentale necessarie.

Questo non per caso: derivava dalle ricerche allora di punta, e anche dallo stile di educazione dei giovani fisici.

I fisici che lavoravano sui raggi cosmici avevano già una qualche familiarità con l'elettronica digitale, sia pure in forma embrionale, in quanto usata nei circuiti di controllo dei “telescopi” di contatori Geiger.

Il primo AND a tubi elettronici, noto come “circuitto di coincidenza”, era stato inventato da Bruno Rossi nel 1929.

Almeno a Roma, questa era materia insegnata nei corsi di Laboratorio.

Bruno Rossi e i raggi cosmici

Dall'annuncio della morte di B. Rossi (21-11-93) nel sito MIT:

*Dr. Rossi began working on cosmic rays in 1929 when only a few scientists were interested in the subject. In that year he invented the first electronic circuit for recording the simultaneous occurrence of three or more electrical pulses. This circuit, widely known as the “**Rossi coincidence circuit**”, proved not only to be one of the fundamental electronic devices for experimental high energy nuclear physics, but also to be a basic element of modern computers.*

Progettare la CEP

Come si è visto, Caracciolo Sibani ed io ci mettemmo al lavoro prima della costituzione ufficiale del CSCE, quando ancora vivevamo a Roma.

Sapevamo poco o niente di CE, come del resto tutti in Italia. Fra tutti e tre avevamo però un certo spettro di conoscenze di logica ed elettronica, anche digitale.

La cosa più difficile a questo punto sta nel rendere, a distanza di oltre 50 anni, lo stato delle conoscenze del tempo, senza pretendere di fare la storia della logica e dell'informatica (cosa di cui non sarei assolutamente capace ...).

Non si tratta tanto di sottolineare le differenze di sviluppo tecnologico:

- capacità di memoria
- velocità
- interfacce uomo/computer.

A titolo di esempio: una stima grossolana porta a un fattore tra 10^4 e 10^5 sia per la memoria sia per la velocità sia per il n. di componenti, tra i calcolatori di 50 anni fa e quelli attuali.

Non sono poi confrontabili le comode interfacce grafiche di oggi coi penosi nastri perforati e telescriventi di allora...

Quelle che bisogna confrontare (ed è difficile) sono invece le *idee*, i *concetti*.

I calcolatori nel mondo, nel 1954

Si può stimare che i calcolatori di media o grande potenza, per uso scientifico, ammontassero in totale ad almeno 100.

Ne erano stati costruiti in Inghilterra, Olanda, Germania, Svezia (oltre che in USA).

Erano in gran parte esemplari singoli, oppure varianti di altri.

Di regola erano stati progettati in università o centri di ricerca.

A quel tempo le caratteristiche di un calcolatore erano spesso oggetto di pubblicazione sulle riviste tecniche. Erano quindi pubbliche: non esisteva segreto industriale.

Ma soprattutto non esisteva nessuna standardizzazione; i concetti base dell'informatica *non erano ancora nati*.

Per la precisione: le idee fondamentali su computabilità, algoritmi, funzioni ricorsive, risalgono agli anni '30 (Church, Turing).

Ma non si riferiscono a calcolatori “reali”.

Il classico rapporto di Burks, Goldstine, von Neumann, dove si analizza la struttura di un calcolatore e si propongono anche soluzioni costruttive, è del 1946.

Però in generale l'effettiva costruzione dei calcolatori seguiva strade indipendenti, o comunque ispirate solo in larga massima ai lavori teorici.

Programmi e linguaggi

La struttura dei programmi era a un livello primitivo (e del resto i programmi erano forzatamente piuttosto semplici).

Per fare un esempio: erano già state introdotte le subroutines, ma le necessarie modifiche (linking, passaggio di parametri) venivano di regola effettuate mediante modifica diretta di tutte le istruzioni.

Procedimento lento e che allungava i programmi; cosa che — data la scarsità di memoria — era un aggravio non trascurabile.

Cominciava appena a nascere l'idea di avere dello hardware “ad hoc” per la modifica automatica delle istruzioni.

Per mia ignoranza, non so dire quando sia nata l'idea dello “stack” (catasta, LIFO); ma credo sia accaduto intorno all'epoca di cui sto parlando.

Anche i linguaggi di programmazione “simbolici” nascono proprio in quegli anni:

– FORTRAN 1956, APL 1957, ALGOL 1958, LISP 1958.

(Queste sono le date della prima definizione teorica, non dei compilatori o interpreti.)

Ma noi — almeno all’inizio — non sapevamo niente di questo.

L'interazione teoria-tecnica

I concetti teorici e la loro applicazione pratica sono strettamente intrecciati con lo sviluppo tecnologico.

Vediamo un esempio: la CEP nella forma più estesa aveva una RAM di circa 36 kB + tamburo magnetico (memoria di massa!) di circa 16000 parole.

In queste condizioni era pensabile un compilatore FORTRAN.

Invece la MR, con la sua memoria di circa 2.2 kB, non poteva neppure permettersi un interprete BASIC (linguaggio che del resto non esisteva ancora...).

Ricordiamo che i primi interpreti BASIC di Bill Gates per le macchine con microprocessore 6502 (PET Commodore, Apple II) occupavano attorno a 10 kB.

Che cosa vuol dire “progettare la CEP”

Dovevamo decidere allo stesso tempo l'organizzazione logica della macchina e le soluzioni elettroniche.

Organizzazione logica:

- tipo e lista delle istruzioni
- architettura generale:
 - dimensioni della memoria
 - numero e funzione dei registri
 - struttura del controllo
- tipo di comunicazione:
 - serie o parallelo
 - continua o impulsi

Soluzioni elettroniche:

- scelta del tipo di memoria
- realizzazione dei registri
- composizione delle reti logiche.

Progettare “in parallelo”

In un progetto del genere *non si può* procedere “top-down”, ossia partendo da decisioni sul tipo e lista delle istruzioni, per poi passare a studiare come realizzarle.

Si rischia di costruire un progetto bello sulla carta, ma che poi risulta complicato, costoso o insicuro una volta tradotto in hardware.

Quindi si procedeva parallelamente sui diversi livelli di progetto: logico, funzionale, strutturale, elettronico.

Per maggior chiarezza, rivediamo lo schema della CEP.

Questo è uno schema funzionale/strutturale: sono indicati i componenti funzionali, le loro connessioni; in tavole a parte sono descritte le funzioni di ciascun componente.

Ma non si dice niente su come sono *concretamente* realizzati.

Caratteristiche originali della CEP

La CEP aveva, rispetto alle macchine esistenti all'epoca, alcune caratteristiche originali; o perché poco diffuse o perché addirittura uniche.

Ecco un breve elenco:

1. *Connessione in parallelo*
2. *Funzionamento in continua*
3. *Controllo a microprogramma*
4. *Doppia modifica delle istruzioni*

1. *Connessione in parallelo*

Con riferimento allo schema generale, la connessione *in parallelo* (contrapposta a quella *in serie*) sta a significare che gli elementi d'informazione costituenti i singoli registri (36 bit nella CEP) erano connessi tra loro da altrettanti fili, il che consentiva una trasmissione simultanea e quindi più veloce.

Al costo di un maggior numero di componenti, per es. nell'addizionatore.

2. *Funzionamento in continua*

Il funzionamento *in continua*, contrapposto a quello *a impulsi*, si caratterizza per il fatto che le informazioni immagazzinate nei registri sono sempre presenti come *livelli di tensione* sulle linee che connettono i diversi componenti. Riesce così definito uno *stato* della macchina.

La macchina procede attraverso *passi successivi*, nei quali viene alterato il contenuto dei registri in base a quanto indicato sulle *linee di entrata*.

La transizione tra i successivi stati è determinata da *impulsi di comando*, provenienti dal *controllo*.

Il principale vantaggio del funzionamento in continua sta nel fatto che la macchina è completamente *asincrona*: può funzionare a qualsiasi velocità (fino al massimo consentito dai ritardi nelle transizioni) .

3. Controllo a microprogramma

Per quanto l'idea di microprogramma non fosse originale (Stringer, Wilkes) al tempo della prima progettazione non esistevano macchine già costruite secondo questa idea.

“Microprogramma” significa che l'esecuzione di ciascuna istruzione si svolge secondo una sequenza di passi determinati dal controllo, e che quest'organo è costruito in modo da eseguire tale sequenza con la stessa logica con cui in un programma si esegue la successione delle istruzioni di cui è costituito.

4. *Doppia modifica delle istruzioni*

Abbiamo accennato alla necessità di modificare le istruzioni di una subroutine per il linking e per il passaggio di parametri: la doppia modifica serve a rendere automatica tale operazione.

All'indirizzo di ciascuna istruzione, prima di essere eseguita, vengono sommati i contenuti di due *celle parametriche*. Queste sono ordinarie celle di memoria nelle quali il programma in esecuzione ha preventivamente scritto le posizioni dei parametri da passare alla subroutine o di tabelle da cui prendere dati o in cui scrivere risultati; nonché l'indirizzo di rientro al programma chiamante.

L'utilizzo delle celle parametriche rende assai più breve e semplice la programmazione.

Idee del genere cominciavano a circolare al tempo di cui si parla, ma le realizzazioni erano scarse o nulle. Nessuna (a quanto posso ricordare) prevedeva una *doppia* modifica.

Due strategie in conflitto

La velocità dello sviluppo — teorico come tecnologico — in contemporanea al nostro lavoro di progetto, sarebbe stata in seguito causa di seri problemi. Si apriva infatti un conflitto tra due strategie:

a) proseguire lungo le linee di progetto definite in partenza, cercando di realizzare la macchina nei tempi prefissi, ma rischiando che nascesse già “vecchia”

b) cercare di mantenere aggiornato il progetto, col rischio di mettersi in un percorso senza fine e certamente di ritardare la conclusione del lavoro.

Il conflitto accennato sopra aveva cause oggettive: il progetto CEP era un nano in confronto ai giganti della grande industria USA (General Electric, IBM, Remington Rand ...) che era ormai scesa pesantemente in campo.

In effetti anche la ricerca informatica inglese (Cambridge, Manchester) che nei primi anni dei CE era stata all'avanguardia, fu gradatamente messa fuori gioco.