

**CENTRO DI STUDI sulla tecnica
delle CALCOLATRICI ELETTRONICHE
dell'UNIVERSITA' DI PISA**

Relazione sull'attività del Centro al 22 Dicembre 1955

Il 9 marzo 1955 la "Commissione mista" di professori delle facoltà di Scienze M.F.N. e di Ingegneria propose la istituzione presso l'Università di Pisa di un Centro di Studi sulla Tecnica delle Calcolatrici Elettroniche, con lo scopo di promuovere gli studi in questo campo e di provvedere alla progettazione di una moderna Calcolatrice Elettronica a cifre.

La Commissione propose inoltre che la direzione del Centro fosse affidata a un comitato costituito dai Professori Conversi, Fac- do e Tiberio (presieduto dal Prof. Conversi), e che il Centro potesse disporre di una dotazione di L. 8.000.000.- più contributi di enti privati, da impiegare per l'elaborazione di un progetto dettagliato della macchina, da presentare a lavori compiuti allo esame della Commissione stessa. Tale proposta fu approvata in data 18 aprile 1955 dal Senato Accademico e in data 20 aprile 1955 dal Consiglio di Amministrazione dell'Università di Pisa.

Struttura e regolamento del Centro.

Il Centro, con sede nei locali dell'Istituto di Fisica della Università di Pisa è stato organizzato in due Sezioni:
1° "Sezione Logico Matematica" con il compito di formulare il progetto dettagliato logico strutturale della Calcolatrice e di elaborare le tecniche di programmazione;

2° "Sezione Ingegneria" con il compito di provvedere al progetto dettagliato dei circuiti e delle parti elettro-meccaniche, e di sviluppare le ricerche sperimentali inerenti alla realizzazione del progetto.

Il coordinamento fra le due Sezioni é affidato ad un "Direttore tecnico - amministrativo" che ha anche il compito di curare l'amministrazione del Centro.

I rapporti tra il Comitato Direttivo, il Direttore tecnico - amministrativo e le due Sezioni, sono precisati nel Regolamento Generale del Centro come elaborato dal Comitato Direttivo.

L'attività di ricerca, che ha condotto all'elaborazione del progetto dettagliato cui é dedicata buona parte della presente relazione, é stata svolta dal "gruppo responsabile" costituito da fisici ed ingegneri delle due Sezioni. Essi sono (in ordine alfabetico):

Caracciolo, Cecchini, Fabri, Sibani, Tchou.

La Direzione tecnico-amministrativa é stata affidata all'Ing. Mario Tchou della Ditta Olivetti; anche della Ditta Olivetti sono l'Ing. Cecchini e il Dott. Sibani.

Attività svolta dal Centro

Studi preliminari sul progetto strutturale furono iniziati sin dal gennaio scorso da un gruppo di fisici dell'Università di Roma, 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.

Dopo la costituzione del Centro le due Sezioni hanno eseguito i lavori appresso indicati:

Sezione Ingegneria

1°) Progettazione e realizzazione degli elementi fondamentali del-

1) "Unità Aritmetica" e dell'"Organo di Controllo".

2) Prove sui sistemi di pilotaggio degli elementi costitutivi della memoria principale

3) Apparecchiatura per il controllo semiautomatico delle caratteristiche dei nuclei ferritici da impiegare nella memoria principale.

I risultati dell'attività svolta dalla Sezione Ingegneria costituiscono oggetto di note tecniche in preparazione.

"Sezione Logico Matematica"

1) Ricerca di un sistema razionale di modifica delle istruzioni.

2) Formulazione di un primo schema a blocchi con particolare riguardo alle caratteristiche costruttive fondamentali.

3) Formulazione di una prima lista delle istruzioni e applicazione ad alcuni sottoprogrammi a titolo sperimentale.

4) Analisi critica dei risultati raggiunti e formulazione di un nuovo schema strutturalmente semplificato e rispondente ad un'organizzazione logica più flessibile.

5) Inizio di ricerche sistematiche sulla teoria della programmazione e sull'aritmetica della macchina.

I risultati dell'attività svolta dalla Sezione Logico Matematica sono esposti in cinque note tecniche di cui 2 in preparazione.

Caratteristiche del Centro

In conformità con quanto proposto dalla Commissione Mista nella riunione del 9/3/55 il Centro, accanto al compito di realizzare una moderna Calcolatrice Elettronica a cifre, ha quello di promuovere gli studi in questo campo di ricerca non ancora coltivato in Italia. Pertanto è previsto che una parte dell'attività del Centro sia dedicata alla preparazione scientifica e tecnica di giovani; alla ricerca di nuove tecniche costruttive e di programmazione.

L'attività svolta in questo senso dal Centro negli 8 mesi trascorsi è stata necessariamente limitata, ma verrà intensificata in futuro.

In particolare ci si propone di istituire corsi di seminari e di lezioni con eventuali esercitazioni di laboratorio.

All'attività culturale del Centro collaboreranno specialisti italiani e stranieri; si spera in particolare di avere per un periodo di circa un anno uno specialista americano attraverso il piano Fulbright.

Il piano finanziario presentato si riferisce all'attività del Centro per il periodo di quattro anni previsto per la realizzazione della macchina.

Dopo tale periodo si prevedono, in aggiunta agli eventuali introiti derivanti dall'impiego della macchina per la soluzione di problemi su richiesta di enti e privati, contributi vari per la continuazione dell'attività del Centro.

Caratteristiche della macchina

La Calcolatrice Elettronica progettata dal Centro ha le seguenti caratteristiche fondamentali:

- 1°) Funzionamento in parallelo. Rappresentazione dei numeri binaria pura con parole di 36 bit.
- 2°) Istruzioni ad un indirizzo con modifica automatica mediante celle parametriche.
- 3°) Memoria principale di 1.024 parole a nuclei magnetici. Tempo di accesso: circa 15 nms.
- 4°) Memoria ausiliaria a tamburo magnetico di 12.288 parole.
- 5°) Tempi di esecuzione delle operazioni fondamentali compreso il tempo di accesso: circa 30 nms per l'addizione e circa 750 nms per la moltiplicazione.
- 6°) Entrata a nastro perforato con lettura fotoelettrica (200 caratteri al sec.)-Uscita con stampatore parallelo (10 linee di 100 caratteri al sec.)

Prestazioni della macchina

La macchina progettata, come le altre similari, é di tipo universale, cioè in grado di risolvere qualsiasi problema, sia di matematica pura che di matematica applicata, una volta che questo sia stato messo in forma aritmetica precisa. Come é noto, le principali applicazioni di tali macchine sono : soluzioni di sistemi di equazioni lineari algebriche e problemi connessi (autovalori, inversione di matrici, ect.); sistemi di equazioni integro-differenziali ordinarie e alle derivate parziali, tabulazione di funzioni speciali; ricerche di matematica pura sulla teoria dei numeri e sull'analisi combinatoria in genere). Le uniche limitazioni per un'efficiente impiego della macchina possono provenire soltanto dalla capacità della memoria e dalla velocità dei sistemi di entrata e uscita.

Questi sono stati studiati in modo da rendere la macchina particolarmente adatta per le applicazioni scientifiche e tecniche nelle quali la complessità dei calcoli, piuttosto che il gran numero dei dati da elaborare, é il fattore che giustifica l'utilizzazione di grandi calcolatrici elettroniche. Complesse applicazioni di tipo diverso (statistiche, elaborazione di dati, lavori commerciali, ect.) richiederebbero esclusivamente l'aggiunta di organi ausiliari non indispensabili per le pure applicazioni scientifiche e tecniche.

Eventuali specializzazioni dipendono, più che dalla struttura stessa della macchina, dal corredo di sottoprogrammi che saranno elaborati dalla Sezione Logico-Matematica, tenendo particolarmente conto delle richieste che ad essa perverranno da Istituti di ricerca e dagli Enti interessati nell'elaborazione e nello sviluppo di calcoli numerici.

Confronto con altre macchine

Dalle caratteristiche indicate precedentemente risulta che la

* * *

macchina progettata dal Centro presenta caratteristiche ed ha prestazioni sensibilmente superiori rispetto a quelle delle altre due macchine attualmente esistenti in Italia (la Ferranti dell' INAC e la National Cash del Politecnico di Milano), essendo dotata di maggiore velocità e di maggiore flessibilità di programmazione.

Da notare che il costo della macchina progettata è circa 1/3 di quello della Ferranti acquistato dall'INAC.

La Calcolatrice del Centro presenterà caratteristiche confrontabili con quelle delle migliori macchine esistenti, e conterrà alcune innovazioni che permettono di semplificare e di abbreviare sensibilmente il lavoro di programmazione e la stessa esecuzione dei programmi, consentendo una maggiore efficienza.

Da rilevare, infine, che la macchina è stata progettata in modo da essere facilmente modificata e adattata a qualunque particolare esigenza di funzionamento, ciò che la rende particolarmente adatta per le finalità scientifiche del Centro, e consentirà in futuro di mantenerla sempre aggiornata con i prevedibili progressi nel campo delle Calcolatrici.

Piano di lavoro

Il tempo minimo previsto per realizzare la macchina progettata dal Centro é di circa due anni a partire dall'inizio del 1956.

Il piano di lavoro qui appresso riportato prevede peraltro la costruzione della macchina in un periodo di quattro anni, in funzione del piano finanziario quadriennale a suo tempo discusso. Tale periodo é stato suddiviso in due bienni come qui appresso indicato:

I biennio (gennaio 1956 - dicembre 1957).

Realizzazione completa e funzionamento del nucleo centrale della macchina (ossia dell'intera macchina esclusi gli organi ausiliari: tamburo magnetico e sistemi veloci di entrata e uscita)

Organizzazione dettagliata della programmazione.

II biennio (gennaio 1958 - dicembre 1959).

Completamento degli organi ausiliari della macchina.

Collaudo e messa a punto del complesso. Studio dei metodi di controllo e rilevamento dei dati di funzionamento.

Applicazione della macchina alla soluzione dei problemi matematici a titolo sperimentale.

Studio delle applicazioni matematiche e organizzazione dell'impianto per le future applicazioni.

Secondo questo piano il Centro verrebbe ad essere dotato di una macchina già funzionante, sebbene con capacità ridotta, entro i primi due anni; ciò permetterebbe di utilizzarla, sia pure in via sperimentale, a partire dal gennaio 1958 per applicazioni varie. Il periodo seguente verrebbe quindi impiegato, oltre che per completare l'impianto con i costosi organi ausiliari necessari per far raggiun-

alla
gerev macchina la sua piena efficienza, per tutte le prove di collaudo sia tecniche che logico matematiche; si giungerebbe in tal modo per la fine del 1959 ad un impianto completo già ampiamente sperimentato su applicazioni pratiche.

Segue un prospetto dettagliato del piano di lavoro per il primo biennio, suddiviso in quattro periodi:

I periodo (tre mesi)

Sezione Ingegneria: completare l'organizzazione del Laboratorio e

portare a termine i lavori sperimentali iniziati.

a) Unità aritmetica e controllo

Montaggio di un registro ad unità di ritardo a 6 elementi e relative prove di funzionamento. Rilevamento delle caratteristiche e precisazione della specificazione per gli alimentatori. Studio di un elemento standard amplificatore - invertitore - cambiatore di impedenza.

b) Memoria

Studio del montaggio meccanico della memoria a nuclei. Rilevamento delle caratteristiche dei nuclei.

Montaggio e prova del sistema di selezione con matrici secondarie a nuclei metallici.

Studio dei convertitori d'entrata e di uscita.

Precisazione delle caratteristiche degli alimentatori.

Sezione Logico - Matematica

Completamento degli studi e delle note tecniche sull'aritmetica della macchina e sulla teoria della programmazione.

Sottoprogrammi per la divisione, la doppia precisione, la virgola mobile. Uso generale e organizzazione dei sottoprogrammi standard.

II periodo (quattro mesi)

Sezione Ingegneria.

Studio dettagliato e progettazione dei piani di montaggio per i vari elementi. Standardizzazione degli Chassis.

Progetto e realizzazione del sistema generale di alimentazione.

Studio della strumentazione, del quadro di controllo manuale e di semplici dispositivi di entrata e di uscita.

(In collaborazione con la Sezione Logico Matematica) Piano dettagliato dei lavori successivi.

Sezione Logico-Matematica .

Progettazione del controllo e studio delle istruzioni per un esemplare di macchina ridotta (parole di 18 bit invece di 36, come previsto per la macchina definitiva).

Studio delle caratteristiche del quadro di comando manuale.

Studio di alcuni sottoprogrammi fondamentali.

III periodo (otto mesi)

Sezione Ingegneria:

Progettazione dei circuiti del "controllo" e loro realizzazione.

Montaggio degli elementi ridotti.

Messa in funzione della macchina ridotta, completa negli organi principali.

(In collaborazione con la Sez. Logico Matematica)
Elaborazione di programmi diagnostici per la macchina ridotta.

Sezione Logico - Matematica:

Formulazione di alcuni programmi completi.

Studio comparato dei diversi tipi di programmazione per macchine a un indirizzo e confronto con gli altri tipi similari di macchine già in funzione, dal punto di vista logico-matematico.

IV periodo (nove mesi)

Sezione Ingegneria :

Prove, collaudi e messa a punto dell'impianto ridotto.

Rilevamento dei tempi di funzionamento.

Completamento e messa in funzione del nucleo centrale della macchina.

Realizzazione del sistema di controllo definitivo.

(In collaborazione con la Sezione Logico-Matematica). Piano dettagliato dei lavori del secondo biennio.

Sezione Logico-Matematica :

(In collaborazione con la Sezione Ingegneria)

prove e controlli sulla macchina ridotta.

Programmi diagnostici per la macchina completa.

Elaborazione di alcuni programmi matematici completi per le prime prove sull'impianto definitivo.

Preventivo finanziario

In base al progetto elaborato dalla Sez. L.A. ed ai lavori svolti dalla Sez. Ingegneria, ambedue discussi in diverse riunioni del Gruppo Responsabile, è stata eseguita una valutazione dettagliata del costo dei materiali e dei tempi di montaggio.

I criteri di massima sono i seguenti:

diodi £. 320 cd. + 12% componenti = £ 360
tubi £. 2.500 cd. + 20% componenti = £ 3.000
nuclei memoria £. 150 cd. (offerta della Ferroxcube. Si attendono altre offerte).
nuclei selezione £1.000 cd.

Il numero dei circuiti elementari è stato aumentato, salvo eccezioni di volta in volta indicate, del 10% circa allo scopo di avere intere unità funzionali di ricambio già montate e di facile sostituibilità in caso di guasto. Al computo complessivo dei componenti fondamentali è stata aggiunta una certa percentuale per riserve di magazzino e scarti (30% nuclei, 20% tubi, 10% diodi).

I tempi di lavorazione e di montaggio sono stati valutati per i diversi blocchi a partire dai seguenti criteri per i montaggi puramente elettronici:

1/4 d'ora per diodo e componenti associati
3 ore per tubo " " "

Nella tabella n°1 sono riportati i dati analitici per i circuiti elementari (componenti elettronici e meccanici).

Tabella n° 1

Unità di ritardo	cd.	£ 16.000	(2T, 11 D, resistenze di precisione)
Dispositivi di traslazione	cd.	£ 4.000	(9D)
Semi-addizionatori	cd.	£ 10.000	(2 T, 8 D)
Unità di combinazione	cd.	£ 19.000	(3 T, 15 D)

Unità di somma	cd. £.32.000 (6 T, 27 D)
Sincronizzatori dei registri	cd. £.22.000 (7 T, 2 D)
Convertitori d'entrata	cd. £. 6.700 (2 T, 2 D)
Convertitori d'uscita	cd. £. 2.200 ($\frac{1}{2}$ T, 2 D)
Unità di commutazione 4/1	cd. £.15.000 (1 $\frac{1}{2}$ T, 14 D)
Unità di commutazione 5/1	cd. £.16.000 (1 $\frac{1}{2}$ T, 17 D)
Selettore di fascia del tamburo "	£.20.000 (3 T, 18 D)

Segue il preventivo del costo dei materiali per i singoli organi (con arrotondamento alle centinaia di migliaia di lire)

1) Memoria principale

a) Piani di memoria :

(36+4) piani di 1.024 nuclei ferritici cd.
(40x1.024)+30% scarti = 54.000. * per 150 8.100.000 =

b) Matrici di selezione:

(2+1) piani di 32 nuclei metallici cd.
(3x32)+ 30% scarti = 125x1.000 100.000 =

c) Sistema di impulsazione:

(2+1) gruppi di (25 T, 70 D) - £.100.000 cd. 300.000 =

d) Convertitori:

entrata (36+4)x2.200 £. 88.000
uscita (36+4)x6.700 £.268.000 400.000 =

e) Parti meccaniche varie

400.000 =

Totale £. 9.300.000 =

2) Unità aritmetica e controllo

a) Registri vari a unità di ritardo:

(156+16)x 16.000 2.800.000 =

b) Sistemi di traslazione :

(74 + 8) x 4.000 300.000 =

c) Semi-addizionatori :

(20+4)x10.000 200.000 =

d) Combinatore :

(36+4)x19.000 800.000 =

e) Addizionatore :

(36+4)x32.000 1.300.000 =

f)	<u>Sincronizzazione e comando dei registri</u>	
	(9+1)x22.000	200.000 =
g)	<u>Commutatore (K,Q)</u>	
	(36+4)x16.000	600.000 =
h)	<u>Commutatore (K',Q')</u>	
	(10+2)x15.000	200.000 =
i)	<u>Comandi vari Add., Comb., Comutatori</u>	
	(circa 55 tubi)	200.000 =
l)	<u>Piramide, matrice controllo, orologio</u>	
	(circa 1.200 D, 200 T, parti meccaniche)	1.200.000 =
m)	<u>Montaggio complessivo</u>	500.000 =
		<hr/>
	Totale	£. 8.300.000 =

Tamburo magnetico

a)	<u>Costo del tamburo 1200 ERA</u>	
	\$ 7.500	7.500.000 =
b)	<u>Testine \$ 30 cd.</u>	
	£. 30.000 x 224	6.700.000 =
c)	<u>Amplificatore lettura-scrittura</u>	
	(1 T + 50% componenti) per traccia £. 3.750 cd.	
	(224 + 22) x 3.750	900.000 =
d)	<u>Contatore (registro e semi-addizionatore)</u>	
	(10+2)x26.000	300.000 =
e)	<u>Registro per l'indirizzo</u>	
	(10+2)x16.000	200.000 =
f)	<u>Convertitori</u>	
	(vedi memoria principale)	400.000 =
g)	<u>Selezione di fascia</u>	
	(72+8)x20.000	1.600.000 =
h)	<u>Parti meccaniche varie</u>	400.000 =
		<hr/>
	Totale	£. 18.000.000 =

4) Alimentatori

a) 2 raddrizzatori da 6 Kw cd.	2.000.000 =
b) 100 stabilizzatori da 300 mA (+ 150 V) (7 T) £.40.000 cd.	4.000.000 =
Totale	£ <u>6.000.000 =</u>

5) c) Intrata - uscita (nastro perforato):

a) 2 telescriventi complete (macchine da scrivere elettriche, perforatori, trasmettitori automatici)	1.000.000 =
b) Lettore fotoelettrico e stampatore parallelo	5.000.000 =
c) Montaggio e collegamenti elettrici e meccanici	500.000 =
Totale	£ <u>6.500.000 =</u>

6) Quadro comando manuale e controllo esterno

a) Circuiti elettrici e dispositivi meccanici	1.000.000 =
Totale	£ <u>1.000.000 =</u>

Nella tabella seguente riassumiamo i dati per i singoli organi completandoli con il numero totale dei tubi, dei diodi e dei relativi tempi di montaggio (radionotatore) in settimane.

	<u>Tabella n°2</u>	tubi	diodi	settimane
	costo			
I Memoria principale	9.300.000 =	175	370	90
II Unità aritmetica, controllo	8.300.000 =	1150	6570	160
III Tamburo magnetico	18.000.000 =	658	1960	73
IV Alimentatori	6.000.000 =	700	-	67
V Entrata-uscita	6.000.000 =	200	1000	20
VI Quadro di comando	1.000.000 =	117	100	40
VII Magazzino e riserve	2.300.000 =	600	1000	-
VIII Attrezzatura laboratorio	3.000.000 =	-	-	-
Totale	£ <u>54.400.000 =</u>	3600	11000	450

I tempi di montaggio ammontano complessivamente a 450 settimane, pari a circa 10 anni lavorativi per un solo radionotatore.

Nella tabella seguente è indicato, a partire da tale dato e dall'esame complessivo dei programmi del Centro, il personale occorrente per lo svolgimento del piano di lavoro sopraccostato, e l'ammontare delle retribuzioni relative.

Tabella n°3

I° biennio

2 teorici /	4.800.000 =
3 ingegneri /	7.200.000 =
3 tecnici /	4.800.000 =
3 montatori <	3.000.000 =
2 meccanici ~	2.000.000 =
1 segretaria -	1.400.000 =
1 magazziniere <	1.000.000 =
	<hr/>
Totale &	23.600.000 =

II° biennio

3 teorici /	7.200.000 =
2 ingegneri /	4.800.000 =
2 tecnici /	2.800.000 =
3 montatori <	3.000.000 =
2 meccanici ~	2.000.000 =
1 segretaria	1.400.000 =
1 magazziniere	1.000.000 =
	<hr/>
Totale &	22.200.000 =

A tali spese vanno aggiunte altre di carattere generale, approssimativamente indicate:

Tabella n°4

Spese generali (biblioteca, cancelleria, amministrazione, assicurazioni, etc)

milioni annui	12.000.000 =
Varie e imprevisti	1.800.000 =
	<hr/>
Totale &	13.800.000 =

Dalle cifre esposte e dalla ripartizione biennale del piano di lavoro si traggono i seguenti dati riassuntivi:

Tabella n°5

	I biennio	II biennio	Totale
materiale	28.600.000 =	25.800.000 =	54.400.000 =
personale	23.600.000 =	22.200.000 =	45.800.000 =
spese generali	6.900.000 =	6.900.000 =	13.800.000 =
totale	59.100.000 =	54.900.000 =	114.000.000 =

Il piano finanziario sopra esposto non prevede le spese inerenti all'attività culturale del Centro. Poiché si hanno fondate speranze su contributi finanziari di enti estranei (già negli otto mesi trascorsi la Ditta Olivetti ha fornito un sostanziale contributo alla attività del Centro) si pensa di poter economizzare sufficientemente sul piano sopra esposto in modo da poter far fronte a tali spese.

In caso contrario si prenderà in esame l'opportunità di procedere ad una riduzione del progetto attuale, che consenta comunque il raggiungimento delle finalità culturali del Centro.