



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# SIGILLUM MAGNUM E PREMIO MONTALE FUORI DI CASA A FEDERICO FAGGIN

Bologna, 29 maggio 2023

---

## ***Federico Faggin e l'eredità di Marconi***

Discorso introduttivo

**Enrico Sangiorgi**

### **Introduzione**

Magnifico Rettore, Autorità, Care Colleghe e cari Colleghi, Care Studentesse e cari Studenti, Signore e Signori.

Quando mi è stato chiesto di introdurre il relatore di oggi, il naturale spunto di orgoglio è stato immediatamente superato da un senso di inadeguatezza e di panico. Conoscevo ovviamente la fama di Federico Faggin, ma non avevo mai approfondito l'avventura della sua vita. Quando l'ho fatto, seppur con grande superficialità, il senso di panico si è aggravato. Introdurre Federico Faggin non significa introdurre una persona, ma una moltitudine di persone, di dimensioni, di esperienze, un compito gigantesco. A quel punto ho ridimensionato le mie ambizioni; in questa breve introduzione non parlerò di "tutto" Federico Faggin ma approfondirò solo una parte del suo cammino, quello più vicino alle mie conoscenze. Leggerò una sola riga, certamente importante, della pagina della sua vita. Prima però vorrei spendere qualche parola per preparare la scena e illustrare il ruolo cruciale che la tecnologia di cui Federico è stato ed è Gran Maestro, gioca nella società di oggi.

### **La microelettronica oggi e il suo carattere pervasivo.**

Semiconduttori, microelettronica, chip: termini diversi che si riferiscono tutti a un settore tecnologico/manifatturiero che è oggi il cuore pulsante dell'attuale innovazione e dell'odierna rivoluzione industriale. La tecnologia dei semiconduttori è alla base della digitalizzazione industriale e sociale, rappresenta un elemento essenziale dei futuri prodotti e servizi perché permette loro di essere "intelligenti" e "sostenibili" e si tratta quindi, oggi, di un settore critico per la sicurezza e il benessere della società.

Vorrei citare qualche numero che consenta di percepire la dimensione del fenomeno. Il solo mercato dei "Chips", escludendo quindi tutto il resto della catena del valore (ad esempio le attrezzature necessarie alla loro costruzione, probabilmente le macchine

più complesse mai realizzate dall'uomo), vale oggi 600 miliardi di dollari, valore in robusta crescita negli ultimi anni a causa di tendenze socioeconomiche quali pandemia, economia "green", ecc. quotato oggi dalle previsioni tra 1 e 1,5 trilioni di dollari nel 2030. Ma c'è di più; non dobbiamo confondere i semiconduttori con una qualunque "materia prima" o "semilavorato" per il quale valgono le leggi dell'economia di scala e del prezzo calante (vedi ad esempio l'acciaio): i semiconduttori sono un prodotto "intelligente" a crescente valore aggiunto, perché sono in grado, spinti da tecnologie che evolvono rapidamente, di incamerare quote maggiori di valore aggiunto del prodotto finale. Questa affermazione può essere verificata con i dati di questa diapositiva che mostra l'evoluzione della percentuale di valore aggiunto rappresentata dai semiconduttori in un generico sistema elettronico. Tale percentuale è passata dal 20% circa di inizio secolo al 35% di oggi con prospettive di crescita oltre il 40%. Quindi in futuro i sistemi elettronici, ma in generale tutti i manufatti complessi (pensate a un'auto elettrica), saranno il risultato dell'assemblaggio di numerosi chip con caratteristiche e funzionalità diverse e di conseguenza una società che punta sul manifatturiero avanzato dovrà anche essere protagonista in questo settore.

### **Le tappe fondamentali che hanno caratterizzato questa rivoluzione tecnologica e il ruolo di Federico Faggin**

L'elettronica e la tecnologia dei semiconduttori, che ne è il risultato più eclatante, rappresentano a mio avviso l'invenzione più rilevante del XX secolo.

Dalla scoperta dell'elettrone dovuta a Joseph John Thomson nel 1897, all'invenzione del triodo, progenitore del transistor, realizzato con la valvola a vuoto da parte di Lee De Forrest nel 1906, al circuito integrato con miliardi di transistori, trascorrono "solo" 100 anni, un solo, breve secolo.

Il primo driver dell'elettronica non sono i computer ma le telecomunicazioni, grazie a Guglielmo Marconi. Negli anni Trenta del secolo scorso si sviluppano le telecomunicazioni via cavo, anche transoceaniche, e le aziende del settore soffrono per l'inadeguatezza della tecnologia delle valvole a vuoto, ingombranti, costose, affamate di potenza e fragili, usate per amplificare il segnale. Si fa strada l'idea che forse è possibile ottenere la stessa funzione con un dispositivo a "stato solido" anche perché questo stato della materia inizia a svelare i suoi segreti grazie a un manipolo di brillanti fisici europei, molti dei quali appartenenti alla comunità scientifica di origine ebraica, che gettano le fondamenta della meccanica quantistica e della teoria quantistica in generale. La sfida e gli obiettivi sono chiari a Mervin Kelly, dal 1936 capo della ricerca nei Laboratori Bell dell'azienda monopolistica che negli Stati Uniti domina il mercato delle telecomunicazioni, l'*American Telephone & Telegraph (AT&T)*. Kelly assume a questo scopo William (Bill) Shockley, un giovane e brillante Ph.D. che si era formato all'MIT ed era cresciuto a Palo Alto, tra gli orti e i frutteti della Contea di Santa Clara. Presso i Laboratori Bell, prima nella sede di Manhattan, poi, con lo scoppio della II guerra mondiale, a Murray Hill, New Jersey, dove sono stati decentrati per ragioni di sicurezza, Shockley costruisce un robusto gruppo di ricerca reclutando giovani Ph.D. dalle migliori

Università (CalTec, MIT, Princeton) che conoscessero la meccanica quantistica, appresa dai docenti europei, ebrei tedeschi, sfuggiti alle persecuzioni naziste. La ricerca sulla "valvola a stato solido" subisce un brusco stop quando gli Stati Uniti entrano nella II guerra mondiale e molti di questi ricercatori vengono coinvolti in progetti direttamente connessi allo sforzo bellico (es. Shockley nello sviluppo del radar), ma riprende con grande slancio alla conclusione del conflitto.

Il 16 dicembre del 1947 due ricercatori del gruppo di Shockley, John Bardeen e Walter Brattain, ottengono la prova sperimentale che il dispositivo da loro costruito nelle settimane precedenti è in grado di amplificare un segnale elettronico: è nato il primo transistor. Shockley ha un rapporto difficile con i suoi collaboratori, è indubbiamente un genio ma incapace di lavorare in gruppo. Nel mese successivo contesta l'interpretazione del fenomeno sostenuta da Bardeen e Brattain e formula e pubblica quella che ancora oggi è chiamata "teoria della giunzione p-n", che rappresenta la base dello studio dei dispositivi a semiconduttore. La proprietà intellettuale del transistor fu oggetto di numerosi brevetti presentati dai Bell Labs che però ne favorirono il "licencing" a basso costo, anche per contenere la crescente pressione dell'opinione pubblica contraria al monopolio di AT&T. Nei successivi anni Cinquanta, l'applicazione trainante dei transistor fu lo spazio e le missioni spaziali della Nasa e fu per merito dell'elettronica a stato solido che gli Stati Uniti raggiunsero e superarono l'Unione Sovietica nella corsa per raggiungere la Luna. Alla fine degli anni Cinquanta, circa dieci anni dopo l'invenzione del transistor, si diffonde la consapevolezza di poterne sfruttare le caratteristiche integrando all'interno della stessa porzione di stato solido numerosi componenti elementari per realizzare un intero circuito elettronico. È il concetto del Circuito Integrato, oggi comunemente chiamato "Chip", che viene rivendicato con due domande di brevetto quasi contemporanee, quella di Jack Kilby (Texas Instruments) e quella di Robert (Bob) Noyce (Fairchild Semiconductors), entrambe depositate nel 1959 a distanza di pochi mesi. I due inventori, dopo una lunga battaglia legale, ottengono la comproprietà del brevetto. È in questa fase storica, gli anni Sessanta, che entra in scena Federico Faggin.

Faggin ha frequentato brillantemente l'impegnativo Istituto Tecnico Rossi di Vicenza dove si è specializzato in telecomunicazioni. Assunto all'Olivetti, progetta e costruisce un piccolo computer elettronico sperimentale a transistor nel 1961. La modifica della normativa nazionale gli permette poi di iscriversi all'Università, occasione che coglie prontamente ottenendo nel 1965 la laurea in Fisica con lode presso l'Ateneo di Padova. Poco dopo viene assunto all' SGS di Agrate Brianza, un'azienda di semiconduttori di cui Fairchild deteneva un'importante quota azionaria e qui comincia a familiarizzarsi con il processo tecnologico MOS che muoveva allora i suoi primi passi nell'industria e minacciava il più tradizionale processo bipolare derivato dal transistor del 1947. Nell'ambito di questa partnership Faggin trascorre un primo periodo di sei mesi presso la sede di *Fairchild* a Palo Alto, California, per poi accettare un'offerta di lavoro da parte di *Fairchild* stessa. In *Fairchild*, Faggin guida lo sviluppo di un processo tecnologico

rivoluzionario, il *Silicon Gate Transistor Process*, dove il materiale dell'elettrodo di "gate", che controlla l'apertura e chiusura del transistor, viene realizzato utilizzando il silicio stesso invece che il tradizionale alluminio. Questa innovazione, che dice poco ai non addetti ai lavori, è in realtà la pietra miliare che consente al processo MOS di superare tutti i processi tecnologici concorrenti e permetterà la realizzazione di chip fondamentali, tra cui l'arcinoto microprocessore.

L'uso per l'elettrodo di gate del silicio, che resiste a temperature superiori ai 1.000 gradi, al posto dell'alluminio che fonde a 500 gradi, apre orizzonti prima sconosciuti ai progettisti che disegnano i circuiti integrati, e ai tecnologi che definiscono i processi tecnologici. Sopra ogni cosa, il nuovo processo permette di posizionare lo stesso numero di transistori in aree molto più piccole, o viceversa di impacchettare un numero molto maggiore di componenti nella stessa area.

Federico Faggin si trova fra le mani uno strumento formidabile ma ha soprattutto le capacità di progettista di sistema e di informatico che gli permettono in tempi rapidissimi di dimostrarne le potenzialità. Nel 1968 realizza il circuito 3708, che è l'equivalente nella nuova tecnologia del tradizionale 3705, un semplice multiplexer che usava il gate in alluminio. Il confronto fra i due è impietoso, il 3708 risulta cinque volte più veloce e le sue correnti di perdita 100 volte più basse. La produzione vuole subito trasformare in prodotto quello che sembrava un esercizio "accademico" e Federico, a soli 26 anni, ha infinite possibilità di sfruttare le sue conoscenze. Sfortunatamente, *Fairchild* non si dimostra all'altezza della situazione e boicotta il processo SGT facendosi anche sfuggire la possibilità di brevettarlo. Non tutti in *Fairchild* commettono questo errore e due colleghi di Faggin, Bob Noyce, co-inventore del circuito integrato, e Gordon Moore (il primo che intuisce una tendenza socioeconomica che passa alla storia come legge di Moore) lasciano *Fairchild* per fondare la loro "start-up" con il nome di Intel. Intel, grazie anche alla pigrizia di *Fairchild*, può utilizzare indisturbata il processo SGT e nel 1969 presenta il suo primo prodotto nell'ambito di questa tecnologia, una memoria statica. Nel 1970, quindi, Federico accetta l'offerta di lavoro di Intel nella convinzione che quella azienda avesse compreso appieno le potenzialità del SGT. D'altro canto, i fondatori di Intel, Noyce e Moore, avevano in mente un'azienda che producesse essenzialmente memorie, quindi l'ordine di un'azienda di calcolatrici giapponese, *Busicom*, per la realizzazione di un set di chip (sette nell'idea iniziale, con tre di essi che svolgevano le funzioni di una CPU specializzata), non fu considerato strategico e fu accantonato in bassa priorità per parecchi mesi. Appena assunto, Federico venne caricato di questa "patata bollente" che aveva già accumulato molti mesi di ritardo rispetto al piano iniziale.

Federico rivede il progetto, limita a quattro i chip necessari, di cui uno, il più complesso, è quello che compie le funzioni chiave, sfrutta al massimo la tecnologia SGT, che padroneggia da maestro, e inizia a supervisionare e anche realizzare personalmente tutte le complesse operazioni che portano al "lay-out" del chip, cioè alle istruzioni da

fornire alla fabbrica per la sua costruzione. Le conoscenze a largo spettro di Federico, dai dettagli del processo chimico fisico, alla chiarezza di idee sull'architettura di sistema, tutte concentrate in una sola mente, unite a una sovrumana capacità di lavoro e di concentrazione, sono la chiave del successo del progetto Basicom, o come spesso viene chiamata, della famiglia "4000". Federico progetta in sequenza i chip 4001 (una ROM), 4002 (uno shift register), 4003 (una RAM), tutti funzionanti e si conquista così la fiducia di Basicom.

Affronta poi la sfida più difficile, quella del 4004, la CPU che contiene ben 2.300 transistor e che passa alla storia come il primo microprocessore. Nel gennaio del 1971 Federico misura il primo silicio funzionante del 4004 e a soli 29 anni passa alla storia della microelettronica. Il seguito vede una serie di successi crescenti e di realizzazioni storiche. La realizzazione del microprocessore 8008, primo a 8 bit e progenitore della famosa famiglia Intel X86 le cui sigle a metà degli anni Novanta lasciano il posto al nome "Pentium", più facilmente brevettabile delle sigle numeriche. L'8080 nel 1974, primo microprocessore di seconda generazione. Poi l'avventura da imprenditore con la nascita di Zilog, azienda specializzata in microprocessori che produce prodotti di grande successo quali quelli della famiglia il cui capostipite è lo Z80, seguito dallo Z8, Z8000 e Z8001. Dopo Zilog, il cui destino è segnato dal fatto che l'azionista di maggioranza è Exxon, una delle sister petrolifere, l'avventura dell'imprenditore continua, con la Cygnet (pronuncia: Signet) che propone sistemi di comunicazione voce+dati, e la svolta verso le tecniche neuromorfiche per imitare architetture biologico-neurali del sistema nervoso umano insieme a Carver Mead. Quest'ultima avventura, particolarmente complessa, oltre ad aprire a Federico orizzonti nuovi su cui spaziare, gli porta numerose soddisfazioni imprenditoriali perché l'azienda *Synaptics*, creata per sviluppare chip che simulino reti neurali, introduce due prodotti di grande successo commerciale: il "touchpad" per i portatili e il "touchscreen" per i cellulari.

L'ultima tappa dell'avventura imprenditoriale di Federico Faggin, *Foveon*, lo vede impegnato nel mondo della fotografia digitale dove un vero tsunami ha spazzato via le pellicole tradizionali in favore dei semiconduttori, siano essi CCD o CMOS. È con questo bagaglio di esperienze che Federico si prepara ad affrontare, insieme a Elvia, la gigantesca sfida dello studio della consapevolezza, tramite la Fondazione Federico e Elvia Faggin. Ma questo sarà il tema della lezione che ci apprestiamo ad ascoltare.

### **Conclusioni: Federico Faggin e la lezione di Marconi**

Non c'è separazione tra ricerca e imprenditorialità: questa è la grande lezione di Guglielmo Marconi, spesso dimenticata nel nostro paese, e che Federico Faggin ha fatto sua fin dall'adolescenza.

Questo è il denominatore comune delle figure che popolano la "*Hall of Fame*" dell'era digitale, a cui Federico Faggin appartiene di diritto, i giganti che hanno costruito l'industria dei semiconduttori. Ricercatori/scienziati/manager che ante litteram hanno compreso il valore della multidisciplinarietà, della curiosità senza sosta, della

difficilissima sfida di tenere insieme il “verticale”, cioè la competenza disciplinare da specialista, e l’“orizzontale”, la capacità di abbracciare con competenza più discipline e avere quindi una visione d’insieme dei problemi.