



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale  
Innovazione e Imprenditorialità  
A.A. 2023/2024  
Sessione di Laurea Aprile 2024

# **Personal Computer e Settore Informatico:**

Determinazione di un design dominante nelle architetture a strati

Relatrice:  
Prof.ssa Francesca Montagna

Candidata:  
Chiara Cesarano 305334

Alla mia stella più bella,  
a colei per cui devo tutto,  
a colei che mi guarda e mi protegge da lassù.  
A mia madre Andreana.

Ti amo,  
tua per sempre.  
Chiara

# INDICE

Introduzione.....	4
1. Cronache di computer: un'analisi storica dell'evoluzione informatica e delle sue implicazioni rivoluzionarie.....	6
1.1 Dalla nascita del calcolo automatico ai primi computer.....	6
1.1.1 Dalle prime "macchine" al calcolatore moderno.....	6
1.1.2 Alan Turing e l'alba dell'informatica.....	10
1.1.3 I computer di prima, seconda e terza generazione.....	13
Mark I.....	13
Eniac ed Edvac.....	14
Univac.....	15
Transistor e Microprocessori.....	16
1.2 Bill Gates e Steve Jobs: l'informatica come atto globale.....	18
1.2.1 Rivoluzione dei personal computer.....	18
Altair 8800.....	18
Atari.....	20
Apple.....	21
Commodore.....	25
Il PC - IBM.....	27
Microsoft.....	30
1.2.2 Era dell'internet e delle reti.....	34
WWW.....	37
1.3 Tecnologie emergenti e attualità.....	41
1.3.1 L'influenza dello sviluppo informatico sui diversi settori: il passaggio da analogico a digitale.....	44
2. Teoria dell'innovazione e diffusione delle nuove tecnologie nel settore informatico.....	46
2.1 Teoria del dominant design.....	46
2.2 Origine e sviluppo teorico del concetto di dominant design: Abernathy & Utterback (1975).....	46
2.3 Evoluzione teorica del concetto di dominant design.....	51
2.4 Critica al concetto di Dominant Design.....	56
2.5 Applicazione della teoria del Dominant Design al settore informatico.....	57
3. Teoria dell'architettura di prodotto.....	65
3.1 Classificazione tradizionale: confronto tra architetture integrali e modulari.....	67
3.1.1 Impatto dell'architettura nella gestione e strategie di impresa.....	69
3.2 Architettura modulare a più livelli: architettura modulare a strati.....	70

3.2.1 Definizione dell'innovazione digitale .....	70
3.2.2 Caratteristiche chiave dell'innovazione digitale.....	71
3.2.3 L'architettura a strati della tecnologia digitale .....	72
3.2.4 La logica organizzativa dell'architettura modulare a strati.....	75
4. Come lo sviluppo del settore informatico ha influenzato altri settori. Da analogico a digitale: analisi e metodologie di applicazione .....	76
4.1 Diagramma Swim Lane: architettura del flusso di processo .....	77
Smartwatch.....	77
E-Book Reader.....	80
Macchina del Caffè Digitale .....	83
Navigatore Satellitare.....	85
4.2 Diagramma a Blocchi e Architettura a Strati: modellazione di un sistema di alto livello e identificazione degli strati più importanti e le loro relazioni .....	87
4.2.1 Smartwatch.....	87
4.2.2 E-Book Reader.....	92
4.2.3 Macchina del Caffè Digitale .....	96
4.2.4 Navigatore Satellitare.....	100
5. Conclusioni .....	104
6. BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA .....	106
Bibliografia .....	106
Sitografia.....	108

# INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, l'evoluzione dei computer e dello sviluppo tecnologico ha permeato in modo significativo diversi settori, innescando un ciclo di innovazione e cambiamento. L'adozione diffusa di nuove tecnologie ha portato a un riorientamento delle strategie aziendali, con molte industrie che hanno scelto di incorporare componenti tecnologiche avanzate nei propri prodotti per rimanere competitivi sul mercato globale.

L'impatto dei computer e delle tecnologie connesse si riflette ampiamente nella nostra vita quotidiana, influenzando la nostra esperienza di lavoro, di intrattenimento e persino di interazione sociale. L'avvento dei dispositivi mobili, dei social media e delle piattaforme digitali ha reso possibile un accesso istantaneo alle informazioni e ha trasformato radicalmente la comunicazione e lo scambio di dati.

Questa incessante corsa verso l'innovazione tecnologica ha spinto le aziende a cercare costantemente nuovi modi per migliorare l'efficienza, la qualità e l'esperienza complessiva del consumatore. Settori come la sanità, l'istruzione, l'automotive e l'agricoltura hanno abbracciato la rivoluzione digitale, integrando soluzioni tecnologiche avanzate per ottimizzare i processi e rispondere alle esigenze in continua evoluzione dei consumatori.

In un mondo sempre più interconnesso e digitale, l'adozione di nuove tecnologie è diventata essenziale per rimanere rilevanti e competitivi sul mercato globale. L'innovazione tecnologica continua a guidare il cambiamento e a plasmare il futuro dei settori, aprendo nuove opportunità e sfide per coloro che sono pronti ad abbracciare il potenziale trasformativo dei computer e dello sviluppo tecnologico.

Questa tesi si propone di analizzare l'impatto dell'evoluzione tecnologica su diversi settori, concentrandosi sull'integrazione di componenti tecnologiche avanzate nei prodotti e nei servizi esistenti. Attraverso un'indagine dettagliata, si esplorerà come l'innovazione tecnologica abbia influenzato e trasformato vari settori, mettendo in luce il cambiamento nel design e nell'implementazione di soluzioni tecnologiche. In particolare, si esaminerà il confronto tra i prodotti tradizionali e le loro controparti aggiornate, allo scopo di identificare le differenze significative e le opportunità di miglioramento offerte dal progresso tecnologico.

In particolare:

- Nel **primo capitolo** è presentata una panoramica sulla storia dei computer, esplorando l'evoluzione dai primi calcolatori fino allo sviluppo dei personal computer. Si analizzeranno le tappe fondamentali del progresso tecnologico, evidenziando le innovazioni chiave che hanno definito il panorama informatico moderno. Inoltre, si esamineranno le principali aziende tecnologiche che hanno contribuito significativamente a plasmare questo settore, delineando il loro ruolo nella trasformazione del mercato e nell'introduzione di nuove tecnologie. Successivamente, si approfondirà l'analisi sull'attuale stato della tecnologia informatica, evidenziando le tendenze emergenti e le sfide contemporanee. Si esploreranno le recenti innovazioni nel campo dei computer e delle tecnologie correlate, concentrandosi su come queste evoluzioni abbiano influenzato gli utenti e il modo in cui interagiscono con la tecnologia nella vita quotidiana. Attraverso una visione d'insieme delle attuali tendenze tecnologiche, si cercherà di comprendere il loro ruolo sempre più nell'era digitale e le implicazioni per la società nel suo complesso.
- Nel **secondo capitolo** è passata in rassegna un'analisi completa della letteratura rilevante della teoria dell'innovazione: in primo luogo è presentato il concetto di design dominante, dal primo lavoro di Abernathy & Utterback alla letteratura moderna, con successivi esempi inerenti al settore informatico.

- Nel **terzo capitolo** è stata presa in considerazione la teoria dell'architettura del prodotto, concentrandosi in particolare sull'architettura modulare a strati e sulle sue peculiarità. Tale architettura è tipica dei prodotti digitali e quindi è stata essenziale per la successiva analisi.
- Nel **quarto capitolo** è presentata la metodologia di analisi applicata nell'ambito del confronto tra prodotti digitali e tradizionali. Gli strumenti utilizzati per questa valutazione includono diagrammi swim lane e diagrammi a blocchi. I diagrammi swim lane sono stati impiegati per modellare un'architettura di processo, consentendo di visualizzare in modo chiaro e dettagliato il flusso delle operazioni coinvolte. D'altra parte, i diagrammi a blocchi sono stati utilizzati per modellare un sistema di alto livello, fornendo una panoramica complessiva della struttura e delle funzionalità del sistema. I risultati ottenuti da tali diagrammi sono stati successivamente impiegati per la valutazione delle architetture stratificate dei prodotti digitali. L'obiettivo principale è stato quello di identificare i moduli funzionali dei vari casi analizzati, al fine di comprendere meglio le differenze e le similitudini tra le due tipologie di prodotti, tradizionali e digitali. Mediante questo approccio metodologico, è stato possibile esaminare in modo sistematico le caratteristiche e le prestazioni dei prodotti digitali rispetto ai loro omologhi tradizionali.
- Nel **quinto capitolo** è presentata l'analisi finale sull'impatto della digitalizzazione, partendo dalla diffusione di standard comuni nei prodotti digitali fino alle sue conseguenze economiche, politiche e sociali.

# 1. Cronache di computer: un'analisi storica dell'evoluzione informatica e delle sue implicazioni rivoluzionarie

Nel tessuto intricato della storia umana, pochi fenomeni hanno rivoluzionato il panorama sociale, economico e culturale con la stessa intensità e pervasività dell'avvento dei computer e lo sviluppo del settore informatico. L'evoluzione dell'informatica ha delineato una narrazione caratterizzata da progressi straordinari, innovazioni rivoluzionarie e profonde trasformazioni nella vita di individui e comunità.

Da macchine rudimentali e voluminose a dispositivi ultraportatili e sempre connessi, l'evoluzione dei computer è stata una corsa frenetica verso l'ottimizzazione delle prestazioni, la miniaturizzazione dei componenti e l'espansione delle funzionalità. Il loro impatto si è esteso ben oltre i confini dei laboratori e delle aziende di tecnologia. Ha plasmato le dinamiche economiche, ha ridefinito i concetti di comunicazione e interazione sociale, ha alimentato nuove forme di espressione artistica e ha trasformato la stessa natura del lavoro e della produzione.

## 1.1 Dalla nascita del calcolo automatico ai primi computer

### 1.1.1 Dalle prime "macchine" al calcolatore moderno

*"Non è ammissibile che studiosi e scienziati, anziché elaborare e confrontare nuove teorie, perdono le proprie ore come schiavi nelle fatiche del calcolo, che potrebbe essere affidato a chiunque se si potessero usare delle macchine..."*

È l'idea enunciata dal filosofo Wilhelm Leibniz, considerata come l'atto di nascita del calcolo meccanico e, successivamente, automatico. Quest'affermazione rispecchia a pieno l'impostazione filosofica dell'epoca in cui la figura dell'uomo era in una fase di "rivalutazione".

Al calcolo automatico si può attribuire una precisa data d'inizio: il 1623, anno in cui W. Schickard costruì una macchina in grado di compiere le quattro operazioni fondamentali.

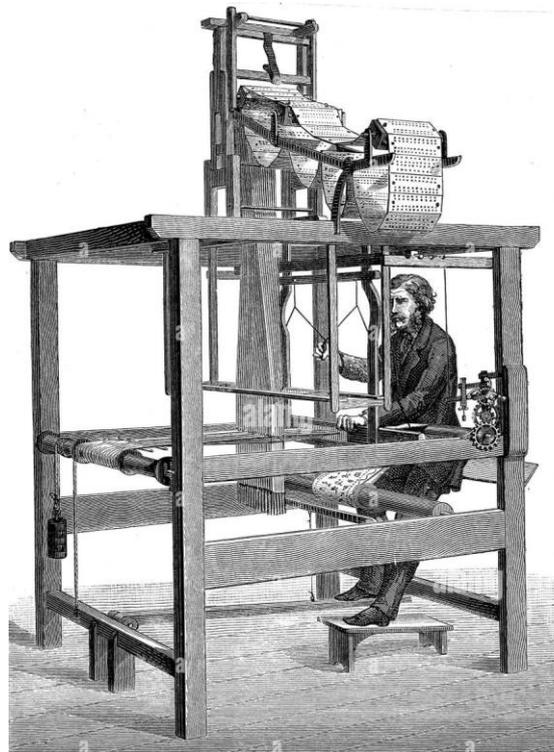
Il primo vero passo verso il calcolo automatico più complesso fu però compiuto da Blaise Pascal nel XVII secolo, con la creazione della cosiddetta **Pascalina**, una macchina aritmetica basata su ingranaggi a ruote dentate che consentiva di eseguire operazioni aritmetiche con riporto automatico fino a otto cifre.



Figura 1. La prima macchina calcolatrice della storia: la Pascalina.

Nel XVII secolo Leibniz, noto soprattutto per il suo contributo alla creazione del calcolo infinitesimale, sviluppò una macchina calcolatrice meccanica, nota come "**macchina di Leibniz**", capace di eseguire non solo operazioni aritmetiche, ma anche altre funzioni matematiche come l'estrazione della radice quadrata. Sebbene il prototipo non fosse mai stato completamente realizzato, contribuì comunque allo sviluppo di quella che divenne la base per rappresentazione digitale dei dati: il sistema binario, che utilizzava i numeri binari anziché il sistema decimale. La concezione del sistema binario di Leibniz derivava dalla sua convinzione che tutte le conoscenze potessero essere ridotte a combinazioni di concetti fondamentali. Questo concetto si rifletteva nella sua visione della rappresentazione numerica, dove ogni numero poteva essere espresso come una sequenza di cifre binarie, rappresentando le due possibilità di presenza o assenza. Da ritenere un'innovazione fondamentale in quanto ha influenzato in maniera diretta l'architettura dei moderni computer, introducendo il concetto di rappresentazione binaria dei dati, che costituisce la loro base del funzionamento e loro linguaggio universale.

Tuttavia, è stato Joseph Marie Jacquard, nel corso del XIX secolo, a portare l'idea di programmazione meccanica dall'astratto alla realtà tangibile. Con il suo telaio Jacquard, una macchina tessile programmabile, brevettato nel 1801, ha introdotto una modalità innovativa di controllo dei processi industriali attraverso schede perforate, rivoluzionando l'industria tessile, consentendo la produzione di tessuti complessi e dettagliati in modo più efficiente, aprendo le porte a un'era di automazione e programmazione meccanica.



*Figura 2. Modello di un Telaio a Schede di Jacquard.*

La scheda perforata come quella di Jacquard servirà ai costruttori dei primi elaboratori elettromeccanici come Babbage e Hollerith, per immettere i dati e gli algoritmi di calcolo nelle loro macchine e leggere i risultati delle elaborazioni. Sarà proprio sulle schede perforate che si baseranno, infatti, i primordi dell'elaborazione automatica dei dati.

Charles Babbage, ispirato dalla potenziale automazione dei processi in cui immaginava una macchina che potesse eseguire calcoli complessi in modo automatico e, dopo aver accantonato la progettazione di una calcolatrice meccanica, decise di dedicarsi alla realizzazione di una macchina chiamata **Analytical Engine** che avrebbe utilizzato un sistema simile a quello ideato da Jacquard per eseguire operazioni matematiche avanzate. La macchina è progettata con una memoria composta da 200 accumulatori di dati, ciascuno con 25 piccole ruote dentate, un dispositivo aritmetico per le quattro operazioni, un meccanismo di comando del programma di calcolo formato da due serie di schede perforate. L'introduzione dei dati era prevista posizionando a mano le ruote degli accumulatori o leggendo le schede perforate.

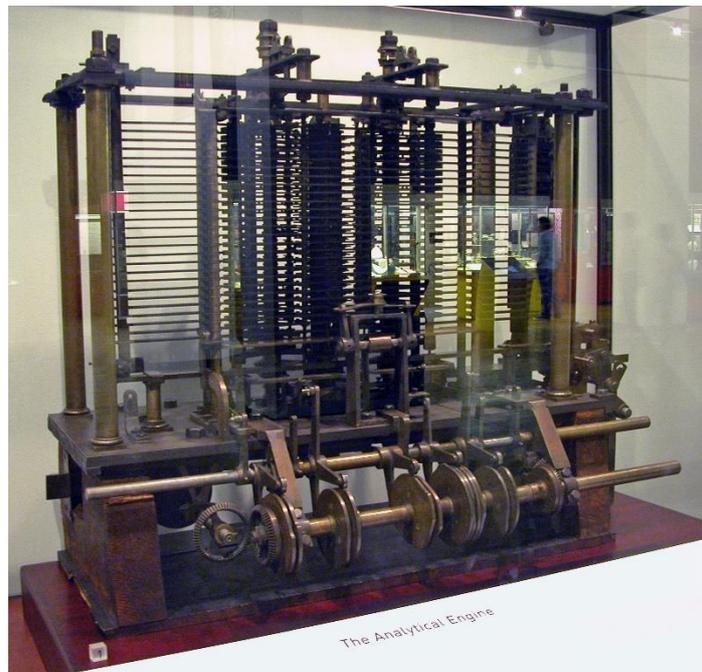


Figura 3. Modello di una parte dell'Analytical Engine di Babbage. Museo della Scienza di Londra.

La macchina risulta quindi esser composta da un'unità aritmetica, un'unità di controllo e un'unità di memoria, presentando uno schema tendenzialmente identico a quello che sarà adottato per gli elaborati elettronici, tanto che una volta riscoperti gli scritti di Babbage, molti brevetti della IBM saranno invalidati. Il problema principale di questa macchina fu che essendo talmente perfezionata e complessa, nessun meccanico all'epoca riuscì a costruirne un modello funzionante.

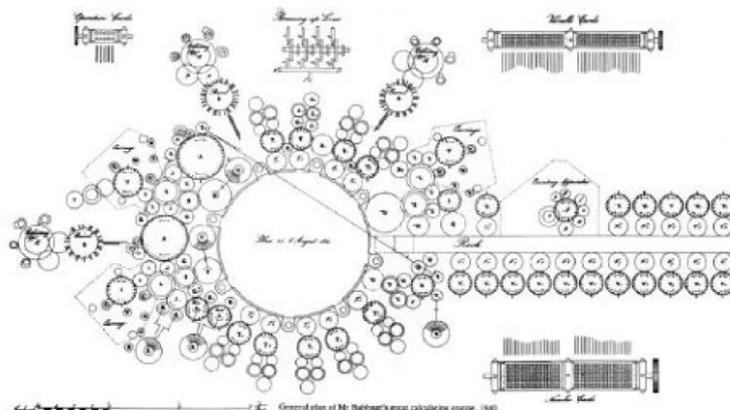


Figura 4. Disegno schematico della macchina analitica.

A Hollerith invece, si deve lo sviluppo del primo sistema di elaborazione dei dati automatico basato su schede perforate, che in questo caso non specificavano il programma, bensì gli input e gli output. Nel 1884, fondò la Tabulating Machine Company, che in seguito divenne la famosa **IBM (International Business Machines Corporation)**. Il suo sistema utilizzava schede perforate per memorizzare informazioni, consentendo il trattamento automatico dei dati attraverso macchine meccaniche.



Figura 5. Perforatore di schede a pantografo. Fonte: Archivio storico IBM Italia.

Ogni scheda rappresentava delle risposte (per esempio una risposta poteva essere rappresentato da una perforazione e l'altra dalla mancanza di perforazione) usando un particolare codice definito **codice Hollerith**. Questo sistema fu utilizzato con grande successo per l'elaborazione del censimento degli Stati Uniti del 1890, riducendo notevolmente i tempi e i costi di elaborazione dei dati.

1	2	3	4	CM	UM	Jp	Ch	Oc	In	20	50	80	Dv	Un	3	4	3	4	A	E	L	a	g
5	6	7	8	CL	UL	O	Mi	Qd	Mo	25	55	85	Wd	CY	1	2	1	2	B	F	M	b	h
1	2	3	4	CS	US	Mb	B	M	0	30	60	0	2	Mr	0	15	0	15	C	G	N	c	i
5	6	7	8	No	Hd	Wf	W	F	5	35	65	1	3	Sg	5	10	5	10	D	H	O	d	k
1	2	3	4	Fh	Ff	Fm	7	1	10	40	70	90	4	0	1	3	0	2	St	I	P	e	l
5	6	7	8	Hh	Hf	Hm	8	2	15	45	75	95	100	Un	2	4	1	3	4	K	Un	f	m
1	2	3	4	X	Un	Ft	9	3	i	c	X	R	L	E	A	6	0	US	Ir	So	US	Ir	So
5	6	7	8	Ot	En	Mt	10	4	k	d	Y	S	M	F	B	10	1	Gr	En	Wa	Gr	En	Wa
1	2	3	4	W	R	OK	11	5	l	e	Z	T	N	G	C	15	2	Sw	FC	EC	Sw	FC	EC
5	6	7	8	7	4	1	12	6	m	f	NG	U	O	H	D	Un	3	Nw	Bo	Hu	Nw	Bo	Hu
1	2	3	4	8	5	2	Oc	0	n	g	a	V	P	I	AL	Na	4	Dk	Fr	It	Dk	Fr	It
5	6	7	8	9	6	3	0	p	o	h	b	W	Q	K	Un	Pa	5	Ru	Ot	Un	Ru	Ot	Un

Figura 6. Schema della scheda perforata utilizzata nel censimento del 1890.

Si assistette quindi a una rivoluzione nell'organizzazione e nell'analisi delle informazioni poiché questo sistema dimostrò l'efficacia della programmazione meccanica, aprendo la strada a una maggiore efficienza e precisione nell'elaborazione dei dati.



Figura 7. Macchina tabulatrice di Hollerith. Fonte: Archivio storico IBM Italia.

Tuttavia, oltre alla mera manipolazione meccanica dei dati, emerse una nuova visione che avrebbe trasformato radicalmente il concetto di macchina calcolatrice. Questa visione, portata avanti negli anni successivi da pionieri come Alan Turing, il cui lavoro rivoluzionario avrà un impatto duraturo sull'informatica e sulla concezione della computazione, propose un'idea audace: una macchina universale programmabile in grado di eseguire una vasta gamma di operazioni tramite un insieme di istruzioni.

Fu questa concezione che spazzò via i confini delle macchine specializzate di Hollerith, aprendo la strada a un nuovo paradigma in cui il calcolatore non era più limitato a compiti specifici, ma poteva affrontare una varietà di problemi complessi.

### 1.1.2 Alan Turing e l'alba dell'informatica

*"I computer sono incredibilmente veloci, accurati e stupidi.  
Gli uomini sono incredibilmente lenti, imprecisi e intelligenti. L'insieme dei due costituisce una forza incalcolabile." - Albert Einstein*

Come visto nel precedente paragrafo, la visione della macchina analitica di Babbage ha gettato le basi e anticipato molte delle caratteristiche fondamentali dei computer moderni.

Fu però il lavoro di Alan Turing nel XX secolo a fornire una visione più ampia e chiara di come tali calcolatori potessero compiere azioni più complesse di quelle eseguite ed eseguibili fino a quel momento.

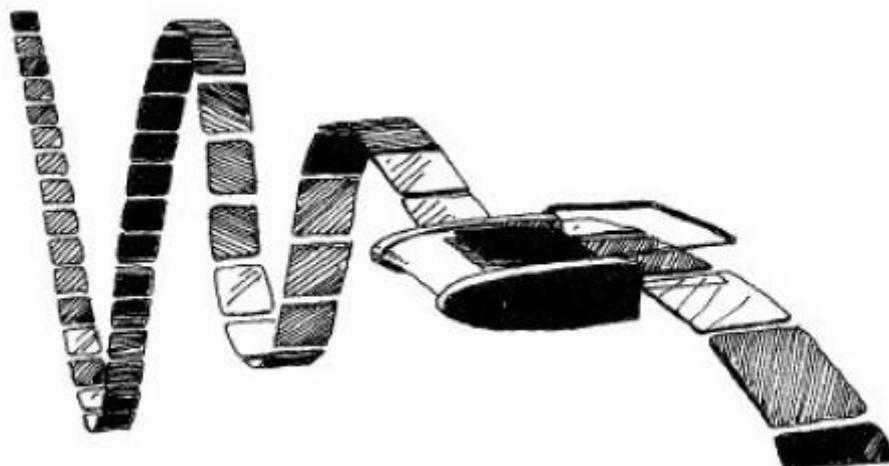
Alan Turing, matematico inglese di prim'ordine, fu particolarmente coinvolto nelle discussioni che smossero il mondo accademico nei primi anni del XX secolo.

Nel 1936 risolse, con il suo scritto *"On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem"*, il cosiddetto "problema della decidibilità", avanzato dal matematico tedesco Davide Hilbert durante il secondo congresso internazionale di matematica tenutosi a Parigi nel 1900.

Il quesito di Hilbert consisteva nello stabilire se fosse possibile definire un algoritmo che potesse determinare se un enunciato matematico fosse vero o falso.

Turing partendo da questa base ideò una macchina capace di trovare la soluzione. Secondo molti, essa può essere considerata il punto di partenza su cui sono stati progettati e costruiti i computer moderni, tanto da essere utilizzata come metro di paragone per stabilire se la macchina da calcolo possa o meno essere definita un computer.

La macchina (denominata anche **MdT: Macchina di Turing**) è costruita da un nastro, ipoteticamente infinito, diviso in celle contenenti ognuna un simbolo o un valore e da una testina di lettura e scrittura capace di muoversi a destra e sinistra lungo il nastro, spostandosi una cella alla volta.



*Figura 8. Rappresentazione Macchina di Turing.*

Turing dimostrò che era possibile elaborare un insieme di simboli e istruzioni in grado di calcolare qualsiasi algoritmo conosciuto.

Successivamente dimostrò che ci fosse la possibilità di costruire una versione diversa della macchina che, tramite un set di valori ridotti ai soli 0 e 1 fosse in grado di riprodurre il funzionamento di qualsiasi altra MdT creata per risolvere uno specifico algoritmo.

Tale macchina "Universale" è definibile come un computer nella forma più semplice mai immaginata.

È importante sottolineare che, nonostante la semplicità, la MdT è equivalente ai moderni supercomputer: qualsiasi calcolo eseguito su un moderno supercalcolatore può essere portato a termine su un personal computer o su una MdT, in quanto il principio alla base del calcolo non varia in base al computer su cui è eseguito.

Nel 1938 Turing iniziò a collaborare con il Government Code and Cypher School (GC&CS), l'ufficio governativo che si occupava di decodificare i messaggi delle forze armate della Germania nazista dove i deciflatori inglesi si occupavano della macchina codificatrice Enigma e in particolare con il modello adottato dalla marina tedesca, più complessa e temibile della versione utilizzata dal resto dell'esercito germanico.

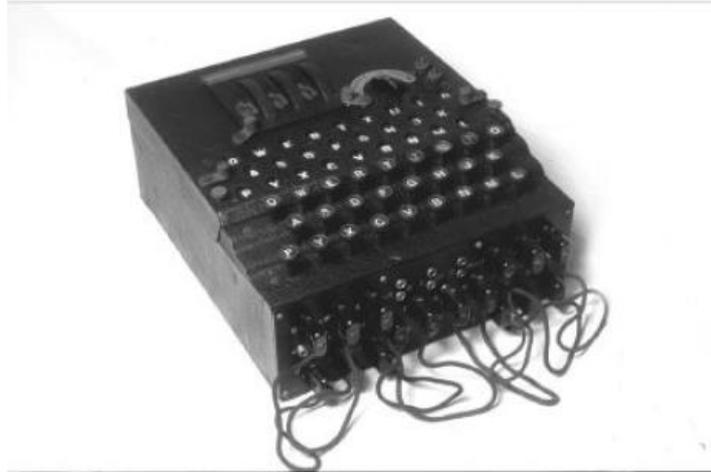


Figura 9. Macchina crittografica Enigma, 1920 circa. Fonte: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci.

Con il contributo di Turing come risposta ai tedeschi, svilupparono **Colossus** un vero e proprio computer elettronico in grado di decifrare le trasmissioni.

Il suo funzionamento era basato su un insieme di valvole termoioniche, i cosiddetti tubi di vuoto, che erano impiegati per elaborare informazioni in modo molto più veloce rispetto ai precedenti sistemi elettromeccanici.

Colossus era progettato per analizzare grandi quantità di dati cifrati, principalmente i messaggi trasmessi attraverso la macchina cifrante Lorenz, utilizzata dallo stato maggiore tedesco. Il processo di decodifica coinvolgeva la lettura dei dati da nastri perforati, la manipolazione e l'analisi di questi dati attraverso algoritmi complessi, alla ricerca di schemi e regolarità che potessero rivelare la chiave di cifratura.

Una volta identificate queste informazioni cruciali, Colossus aiutava a decifrare i messaggi criptati, fornendo un vantaggio significativo agli Alleati nello scenario di guerra che in quel momento si affrontava in Europa.

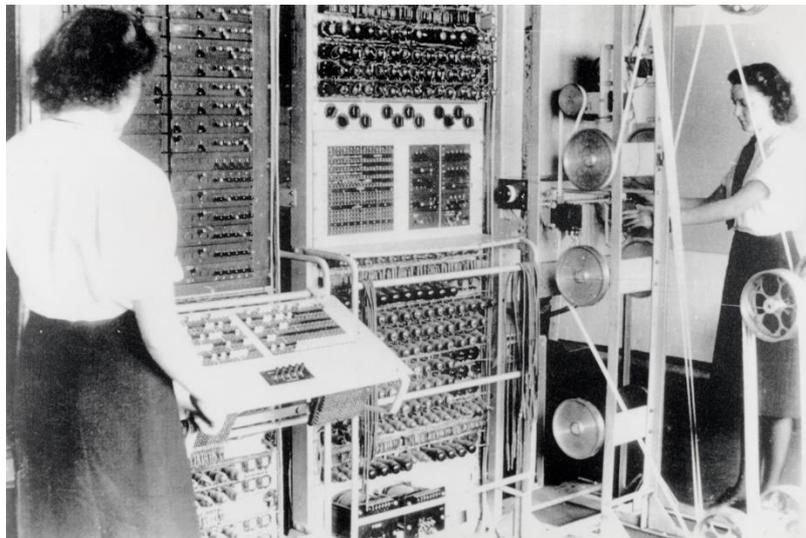


Figura 10. Macchina crittografica Enigma, 1920 circa. Fonte: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci.

Finita la guerra Turing fu assunto nel Laboratorio Nazionale di Fisica (National Physical Laboratory - NPL) e gli venne affidato il compito di progettare una nuova macchina denominata ACE (Automatic Computer Engine), i quali sviluppi, furono abbandonati a causa di forze esterne.

Turing a qual punto si dedicò all'attività accademica e, nel 1950, pubblicò l'articolo **"Computing Machinery and Intelligence"** che iniziava con la frase:

*"Propongo di considerare la seguente domanda: Una Macchina può pensare?"*

Propose quindi un test noto come **Test di Turing**, per valutare l'intelligenza delle macchine. Questo test consiste nel coinvolgimento di un giudice umano che comunica con due interlocutori tramite una tastiera e uno schermo. Uno dei due interlocutori è una persona e l'altro è una macchina. Se il giudice non può distinguere chi sia l'uomo e chi sia la macchina, allora la macchina può essere considerata "intelligente".

Arrivò infine, a ipotizzare una macchina in grado di raccogliere informazioni dal mondo esterno e capace di migliorare le sue prestazioni nel tempo attraverso l'apprendimento automatico.

Queste furono le basi che permisero di ipotizzare e sviluppare quella che oggi definiamo Intelligenza Artificiale.

### 1.1.3 I computer di prima, seconda e terza generazione

#### MARK I

Mentre gli inglesi lavoravano alla progettazione del Colossus, negli Stati Uniti stava prendendo forma un'altra macchina destinata ad usi militari. Noto comunemente come **Mark I**, nato da un progetto universitario al quale la IBM decise di dare il proprio contributo, ha come vero nome IBM **Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC)** e rappresenta il primo calcolatore automatico digitale costruito negli Stati Uniti, oltre ad essere il più grande calcolatore elettromeccanico realizzato.

Il progetto di Howard Hathaway Aiken, inizialmente da lui proposto all'università di Harvard senza ottenere successo, trovò compimento dopo il coinvolgimento da parte dell'IBM che accolse l'idea investendo in risorse e finanziando il progetto nella fase di realizzazione e durante la sua operatività presso Harvard.

La macchina, dalle dimensioni tale da riempire una vasta sala dell'università, rappresentava la realizzazione pratica e funzionante delle idee di Babbage ed era composto da 78 dispositivi di calcolo collegati tra loro. I dati e i programmi erano letti da quattro nastri perforati, uno per il programma e tre per i dati, che permettevano una velocità di calcolo di circa 3 Hz ovvero di 3 istruzioni al secondo, il tempo necessario affinché il nastro perforato, contenente il programma, passasse dalla riga corrente a quella successiva.

Era utilizzato il sistema decimale per la rappresentazione dei numeri e poteva rappresentarne fino a 23 cifre decimali. Questo formato utilizzava una rappresentazione a "virgola fissa", dove alcune posizioni erano riservate alla parte intera del numero decimale e le rimanenti posizioni alla parte frazionaria.

Mark I venne usato dalla Marina americana per il calcolo di tavole matematiche, proprio come Babbage immaginava per le sue macchine, restando operativa per diversi anni dopo la fine della guerra.



Figura 11. Harvard Mark I, 1943.

## ENIAC ed EDVAC

Successivamente, nel 1946, venne presentato al pubblico per poi entrare in funzione nel 1947 ***l'Electronic Numerical Integrator And Computer - ENIAC***.

Considerato fino al 1973 il primo calcolatore elettronico general purpose costruito nella storia, ha visto la realizzazione grazie a due ingegneri dell'Università della Pennsylvania, John Mauchly e J. Presper Eckert, i quali trasferirono nel mondo elettronico quello che era stato fatto nella meccanica, progettando circuiti che di fatto emulavano i componenti presenti nella Pascalina.

Il calcolatore era composto da venti accumulatori capaci di svolgere fino a 5000 operazioni al secondo, operando su numeri fino a 20 cifre decimali rappresentati usando il complemento a 10.

Due accumulatori potevano essere collegati per raddoppiare il numero di cifre, ovvero la "precisione", disponibile per ogni singola operazione; ogni accumulatore poteva effettuare operazioni utilizzando come input l'uscita di un altro accumulatore oppure un dato proveniente dalla memoria. La velocità effettiva di calcolo variava a seconda della complessità delle operazioni eseguite e della precisione dei numeri utilizzati. L'ENIAC presentava problemi di affidabilità dovuti alle valvole elettroniche in fase di sviluppo. Mantenendolo costantemente acceso, i guasti furono ridotti a uno ogni due giorni raggiungendo un massimo di 116 ore continue di funzionamento. La programmazione richiedeva settimane e le sue carenze, come la mancanza di memorizzazione del programma e la lentezza dell'input/output, impedirono lo sviluppo di altri calcolatori simili.

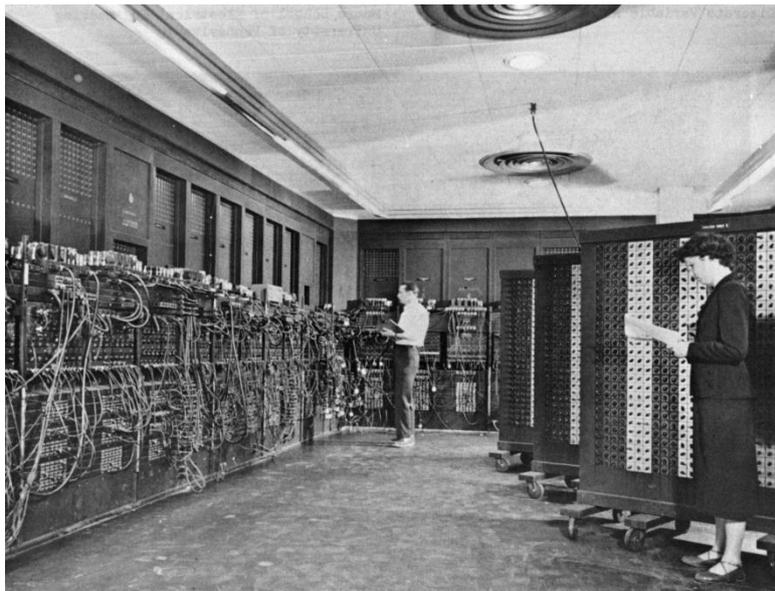


Figura 12. L'ENIAC al Ballistic Research Laboratory.

In quegli anni Mauchly ed Eckert si videro affiancati dal matematico e ingegnere John Von Neumann. Von Neumann dopo essersi trasferito negli Stati Uniti divenne consulente dell'esercito e, partecipando al progetto Manhattan per lo sviluppo di armi nucleari, cominciò ad interessarsi ai calcolatori elettronici in quanto necessari per i complessi calcoli richiesti nello sviluppo dell'energia nucleare.

Iniziò quindi a collaborare con Mauchly ed Eckert sul progetto ENIAC e sulle sue possibili evoluzioni. Pubblicò un documento preliminare sul progetto **EDVAC** nel 1945, noto come ***"First Draft of a Report on the EDVAC"***, che delineava la nota Architettura di Von Neumann.

Il documento discute l'architettura di Von Neumann, che ha rivoluzionato il design dei computer e ha reso possibile il concetto di una "macchina universale" ideata da Turing.

Essenzialmente, questa architettura prevedeva una macchina con un set ridotto di istruzioni incorporate sin dall'inizio, in grado di eseguire operazioni basilari come calcoli, lettura dei dati e scrittura dei risultati.

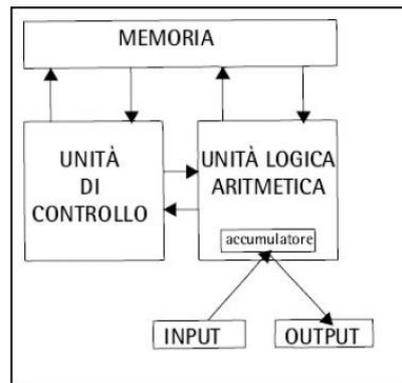


Figura 13. Schema dell'architettura ideata da Von Neumann.

Un punto chiave alla base dell'idea era la separazione dell'unità di calcolo dalla memoria, che conteneva sia i dati che le istruzioni. Questo design rendeva l'intero processo più semplice e veloce.

Inoltre, la capacità di memorizzare il programma in memoria consentiva di modificarlo e sostituirlo con uno diverso, rendendo di fatto realtà la concezione della Macchina Universale proposta da Turing.

L'architettura proposta da Von Neumann resta tutt'ora l'unica adottata da tutti i costruttori sia per i processori dei personal computer, sia per le grandi macchine in uso presso i centri di ricerca.

**EDVAC**, ovvero **Electronic Discrete Variable Automatic Computer**, nome che contiene le parole Elettronico, Discreto (ovvero digitale) e Variabile era dotato di 1000 celle di memoria a mercurio, ognuna delle quali composta da 44 bit, utilizzava la rappresentazione binaria ed era costruito con sole 6000 valvole. Nel 1949 la macchina venne installata presso il centro di ricerca dell'artiglieria, ma iniziò la sua operatività solo nel 1951 restando in funzione fino al 1957.

## UNIVAC

Nel 1951 fu immesso sul mercato dalla Remington Rand il primo computer commerciale americano, ideato e progettato da Eckert e Mauchly: **UNIVAC - Universal Automatic Computer**, ovvero "calcolatore automatico universale".

La macchina aveva come componente principale il tubo a vuoto utilizzava il sistema BCD (Binary Coded Decimal) per rappresentare i numeri ed era in grado di svolgere una addizione in 525 microsecondi mentre una moltiplicazione impiegava un tempo quasi quadruplo, il tutto reso possibile da un consumo di energia di circa 125KWh che era quasi interamente trasformata in calore prodotto dalle sue 5200 valvole.

Inoltre, presentava diverse innovazioni, tra cui l'uso del nastro magnetico per la lettura e la scrittura dei dati, una tecnologia che ha continuato a essere ampiamente utilizzata per molti anni e ancora oggi è nota per le copie di sicurezza dei dati. Tuttavia, l'assenza della capacità di leggere schede perforate si rivelò un ostacolo significativo per la vendita del calcolatore presso aziende che avevano già una grande quantità di dati su schede. Per risolvere questo problema, la Remington Rand sviluppò delle unità per il trasferimento dati tra schede e nastri magnetici.

Inoltre, UNIVAC era dotato di un oscilloscopio Tecktronics per il controllo delle sue memorie a mercurio e di una telescrivente utilizzabile per operazioni di controllo. Queste caratteristiche contribuirono alla versatilità e all'utilità del calcolatore.



Figura 14. Console operatore UNIVAC I.

## TRANSISTOR E MICROPROCESSORI

Nel corso del tempo in molti si misero alla ricerca di un sistema che andasse a sostituire le valvole termoioniche nei circuiti elettronici, in quanto il loro utilizzo risultava complesso e limitante. I problemi riguardanti le dimensioni, l'eccessiva produzione di calore, i ripetuti guasti e i costi elevati furono alcuni dei motivi per cui si sentì la necessità di creare uno strumento più agevole.

Nel 1947 un gruppo di ricercatori dei Laboratori Bell guidato da William Shockley e composto anche da Walter Brattain e John Bardeen, arrivò alla scoperta: partendo da un lavoro volto alla produzione di nuovi dispositivi elettronici da inserire nei radar, i ricercatori rivolsero le loro attenzioni sulle proprietà dei dispositivi a stato solido, ovvero dispositivi basati su materiali semiconduttori.

Il lavoro portò a produrre il primo diodo al germanio, che svolgeva il medesimo ruolo della prima valvola, anch'essa un diodo, ma aveva dimensione assai ridotte rispetto a questa.

Nonostante i loro sforzi iniziali, il gruppo incontrò difficoltà nel comprendere il comportamento della materia e nel realizzare il dispositivo. La sfida principale fu la creazione di contatti elettrici su superfici estremamente ridotte, con l'umidità che spesso vanificava i tentativi. Brattain, per risolvere il problema dell'umidità, decise di immergere tutto l'apparato in un thermos pieno d'acqua fredda, causando una contrazione termica che permise loro di osservare una, seppur minima, amplificazione prodotta dal loro dispositivo. L'invenzione prende il nome di **transistor**, derivato dalle parole "**TRANS**ferring" e "**resISTOR**".



Figura 15. Il primo transistor al mondo.

Nel 1953, presso i Laboratori Bell, venne sviluppato il primo computer a transistor chiamato **TRADIC (TRANSistor Digital Computer)**. Commissionato dall'aeronautica americana, TRADIC era composto da 800 transistor e 10000 diodi al germanio.

Grazie alla sua tecnologia a transistor, TRADIC funzionò per quasi due anni con poche rotture rispetto alla frequenza di manutenzione richiesta dai computer a valvole. Con un volume di meno di un metro cubo e un consumo di energia di 150 watt, TRADIC offriva prestazioni quasi identiche ai computer a valvole, ma consumava circa mille volte meno energia e occupava molto meno spazio. A causa delle sue dimensioni ridotte e del consumo energetico modesto, TRADIC venne utilizzato su bombardieri americani per scopi militari.

Verso la fine degli anni '60, diversi ex dipendenti della Fairchild Semiconductor, tra cui Gordon Moore e Robert Noyce, decisero di lasciare l'azienda per avviare nuove iniziative imprenditoriali nel campo dei semiconduttori. Moore era esperto di chimica e fisica, mentre Noyce era già noto per aver co-inventato il microchip insieme a Jack Kilby. I due si concentrarono principalmente sui circuiti integrati di memoria, che stavano emergendo come sostituti più efficienti delle memorie a nuclei magnetici. Nel 1968 fondarono la **INTEgrated ELectronics**, nota oggi come **Intel**, diventando uno dei più importanti produttori mondiali di componenti elettronici.

Nel 1970, il fisico italiano Federico Faggin lasciò la Fairchild per unirsi alla neonata Intel. Inizialmente, venne assegnato a un progetto, considerato secondario dall'azienda, incentrato sulla produzione di circuiti integrati di memoria. Questo progetto prendeva forma su richiesta della Busicom, un'azienda giapponese di calcolatrici, che aveva commissionato alla Intel la progettazione dei circuiti integrati per una nuova serie di calcolatrici elettroniche.

Ted Hoff, capo degli ingegneri di Intel, aveva ideato uno schema che prevedeva quattro diversi componenti base, tra cui un controllore programmabile per eseguire operazioni in matematica binaria a 4 bit. Faggin, insieme a un gruppo di progettisti e un tecnico elettronico, si impegnò nella risoluzione dei problemi architetturali e mettere a punto l'Unità Centrale di Processo, la quale doveva svolgere la parte di lavoro più complessa.

Dopo mesi di lavoro, il 15 novembre 1971, Intel presentò il risultato: il microprocessore **Intel 4004**, il primo microprocessore commerciale al mondo capace di eseguire istruzioni complesse, che prima richiedevano componenti separati e spazi fisici considerevoli, su un singolo chip.

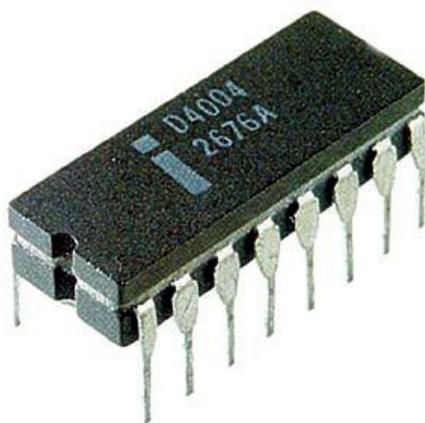


Figura 16. Il primo processore Intel 4004.

Composto da circa 2.300 transistor su un singolo chip di silicio, include un'unità centrale di elaborazione (CPU) con un'ALU (Arithmetic Logic Unit) e un controllore, registri per l'immagazzinamento temporaneo

di dati e istruzioni, una piccola quantità di memoria integrata e un'interfaccia I/O per la comunicazione con altri dispositivi.

Utilizzato inizialmente in applicazioni specializzate come calcolatrici e dispositivi di controllo industriale, ha successivamente consentito lo sviluppo e la creazione di dispositivi più agevoli in termini economici, di dimensione e di efficienza.

Intel 4004 Architecture

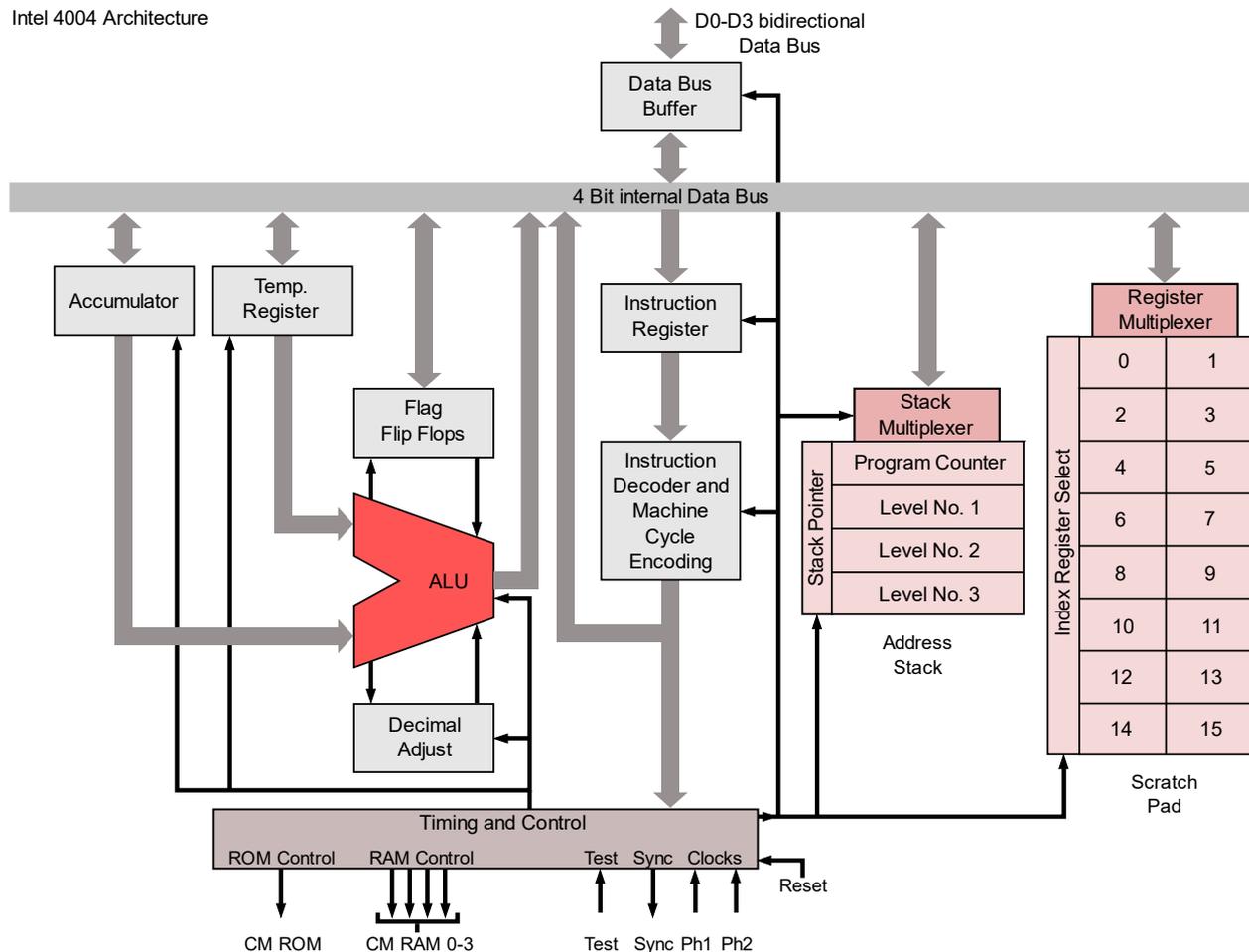


Figura 17. Architettura del processore.

## 1.2 Bill Gates e Steve Jobs: l'informatica come atto globale

### 1.2.1 Rivoluzione dei personal computer

#### ALTAIR 8800

Nel 1969, Ed Roberts, Forrest M. Mims III, Stan Cagle e Robert Zaller fondarono la Micro Instrumentation and Telemetry Systems (MITS) decidendo di mettere a frutto le loro conoscenze in campo elettronico progettando e vendendo kit per la costruzione di razzi e dispositivi elettronici di controllo, a cui presto si affiancarono altri prodotti basati sull'elettronica digitale, grazie ai quali la piccola azienda ebbe modo di collaborare con Popular Electronics, una rivista dedicata ai patiti dell'elettronica. Nel 1974, Popular Electronics perse la leadership a favore di Radio-Electronics, una rivista concorrente. L'allora direttore della

Popular Electronics Art Salsberg, per rendere nuovamente la rivista competitiva sul mercato, chiese un progetto significativo per il numero di Natale e scelse MITS, di cui Ed Roberts era diventato unico proprietario, per svilupparlo, in quanto stava lavorando su un progetto basato sul nuovo processore Intel 8080 considerato più potente ed economico rispetto agli altri prodotti disponibili sul mercato.

Dopo l'accordo con Intel venne immediatamente prodotto il primo esemplare ma, a causa di problemi dovuti a fattori esterni, sulla rivista non arrivò mai il prototipo di Roberts e dovettero limitarsi a redigere l'articolo sulla base di schemi e fotografie fatte precedentemente, che si discostavano dal modello che realmente avrebbero commercializzato in quanto Roberts, nel frattempo, si era messo al lavoro per migliorare la prima versione.

Non potendo costruire un nuovo prototipo prima della pubblicazione dell'articolo, si decise di mettere in copertina la fotografia della scatola con il pannello frontale su cui spiccava il nome, **ALTAIR 8800**.

Il nome del "primo minicomputer in scatola di montaggio che compete con i modelli commerciali" apparve sulla storica copertina di Popular Electronics e, Art Salsberg nell'articolo di accompagnamento al progetto scrisse: "the home computer age is here - finally"



Figura 18. MITS Altair.

L'Altair 8800 divenne rapidamente popolare, anche se la MITS non era in grado di soddisfare la grande domanda, con tempi di consegna protratti. Venduto a 397 dollari come kit di montaggio o a 498 dollari già assemblato, l'Altair ha superato di gran lunga le previsioni di vendita iniziali, con 2500 kit venduti nei primi 5 mesi e oltre 5000 entro agosto 1975. Il successo dell'Altair 8800 è stato anche attribuito alla sua caratteristica innovativa, il "bus", una serie di connettori che permettevano l'aggiunta di schede senza la necessità di saldature complesse. Il bus S-100 dell'Altair ha permesso a MITS e ad altre aziende di produrre componenti aggiuntivi per migliorare le prestazioni del computer nel tempo.

Nonostante il successo iniziale dell'Altair 8800 e gli sforzi di marketing della MITS, l'azienda non riuscì a sfruttare appieno il vantaggio competitivo creato dal suo prodotto. Uno dei principali errori di Roberts fu concedere l'esclusiva per l'area Est degli Stati Uniti a Richard Brown, il cui tentativo di creare una catena di franchising non ebbe successo, contribuendo invece a promuovere la concorrenza. Inoltre, la politica di vendita che limitava i rivenditori a vendere solo prodotti MITS non era sostenibile, poiché la MITS non poteva garantire una produzione sufficiente per soddisfare la domanda. Questo portò molti rivenditori a rivolgersi ad altre aziende concorrenti meglio organizzate.

A causa di queste politiche di vendita poco efficaci, la MITS non riuscì a capitalizzare appieno la sua leadership di mercato. Di conseguenza, Roberts accettò di vendere l'azienda alla Pertec Computer Corporation per 6,5 milioni di dollari, ma l'acquisizione non portò i risultati sperati. La Pertec non era abituata al tipo di mercato gestito dalla MITS e decise di abbandonare il marchio Altair facendolo scomparire dal mercato dei microcomputer, in quanto l'azienda tentò senza successo di lanciare una propria linea di prodotti di fascia alta.

Paul Allen e Bill Gates, dopo aver letto sulla copertina di Popular Electronics dell'Altair 8800, furono più lungimiranti e compresero l'opportunità di un nuovo mercato: la vendita di software per computer personali, resa possibile dalla diffusione di dispositivi a basso prezzo. Contattarono Ed Roberts offrendogli un interprete **BASIC** (Beginner's All purpose Symbolic Intercative Code. Linguaggio generico, simbolico e interattivo per principianti) per l'Altair 8800. Nonostante le difficoltà nel processo di sviluppo e il programma di caricamento scritto in tempi brevi, riuscirono a presentare con successo il loro BASIC a Roberts. Questo accordo segnò l'inizio dell'industria del software e avviò il percorso che portò alla creazione della Microsoft, facendo dell'Altair non solo il primo calcolatore personale commercializzato, ma anche la culla dell'industria del software.

## ATARI

In quegli anni le funzionalità dei calcolatori si erano ampliate notevolmente, tanto da arrivare a fondere l'utilizzo di un qualcosa che fino a quel momento aveva avuto una funzione prettamente pratica, con il gioco. Nolan Bushnell fu il pioniere di questa pratica, tanto da essere considerato il padre dell'industria dei videogiochi.

Imprenditore statunitense, Bushnell lavora inizialmente come ingegnere presso la Ampex Corporation dove sviluppa il suo primo videogioco chiamato "Computer Space".

La successiva voglia e necessità di approfondire il mercato dei videogiochi lo spinse a fondare la **Atari Inc.** Negli anni '70, Atari progettò una console per la casa che racchiudesse i quattro giochi di maggior successo, incontrando però difficoltà nel ridurre i circuiti diversi in una sola console.

Con l'avvento del processore 6502 della MOS Technology nel 1976, il progetto prese forma e nel 1977 nacque l'**Atari 2600**, inizialmente noto come **VCS (Video Computer System)**. La vendita di Atari a Warner Communications contribuì alla diffusione dell'Atari 2600 in molte case in tutto il mondo. Tuttavia, i successivi computer come l'Atari 400 e l'800 non riuscirono a competere con altri modelli sul mercato, come l'Apple II. Nonostante ciò, l'Atari 2600 rimase un successo mondiale. L'azienda ha poi sviluppato altre console e computer, ma nessuno ha replicato il successo dell'Atari 2600.

Oggi, Atari è stata acquistata da un'azienda francese e ha rivitalizzato il marchio nel settore dei videogiochi per locali pubblici. L'importanza di Atari nella storia informatica risiede principalmente nell'aver aperto il mercato mondiale delle console e nell'aver contribuito allo sviluppo dell'informatica personale attraverso le console di gioco, aprendo la strada alla diffusione dell'Information and Communication Technology (ICT).



Figura 19. Atari 2600 a quattro interruttori.

## APPLE

Durante gli ultimi cinquant'anni, l'informatica ha subito una trasformazione completa, con alcune aziende che hanno avuto un'influenza significativa sulle svolte tecnologiche, scientifiche e di marketing che caratterizzano il panorama attuale. Tra queste, una delle più influenti è IBM, argomento affrontato nelle pagine successive, fondata quasi un secolo fa, che ha giocato un ruolo fondamentale nel plasmare l'industria informatica. Un'altra azienda di rilievo è nata nella Silicon Valley negli stessi anni, contribuendo in modo significativo alla rivoluzione tecnologica in corso: la **Apple**.

Fondata nell'aprile del 1976 da Steve Jobs, Steve Wozniak e Ronald Wayne, decisero di chiamare nel medesimo modo anche il loro primo computer, un prodotto caratterizzato dall'involucro in legno e alluminio, che debuttò nel 1976.

I due fondatori di Apple, Jobs e Wozniak, si incontrarono all'università e iniziarono a collaborare anche dopo aver abbandonato gli studi. Nonostante Wozniak iniziasse a lavorare per HP e Jobs fosse assunto dalla ATARI, continuarono a mantenere un'amicizia e collaborarono nuovamente quando Jobs venne incaricato da Nolan Bushnell di sviluppare il gioco Breakout. Successivamente Wozniak, ancora impiegato presso HP, divenne leader del Homebrew Computer Club, un gruppo di giovani brillanti ingegneri della Silicon Valley che aveva come scopo quello di scambiarsi idee, componenti e schemi elettrici, discutendo delle ultime novità nel campo dell'elettronica e dei calcolatori nell'auditorium dello Stanford Linear Accelerator Center a Menlo Park.

Durante le riunioni del Homebrew Computer Club, Steve Wozniak mostrò i suoi progressi nella costruzione di un computer basato sul processore MOS 6502, suscitando notevole interesse. Steve Jobs notò il potenziale e propose di avviare un'azienda insieme, suggerendo il nome *Apple*. Non avendo ottenuto il sostegno della HP, dove Wozniak era ancora dipendente, i due decisero di commercializzare l'**Apple I** nel luglio del 1976, vendendolo a 500 dollari ai rivenditori e a 666,66 dollari al pubblico. L'idea originale era di vendere circuiti parzialmente montati ai membri del club, ma un ordine di 50.000 dollari da parte di un negozio locale cambiò i piani creando problemi nella produzione. Con l'aiuto di Jobs, che riuscì a ottenere un credito da un rivenditore locale, i due iniziarono a montare i computer in un garage.

Da quel momento il nome Apple iniziò a diffondersi anche sulle prime riviste specializzate in microcomputer.

Nonostante le limitazioni del primo computer Apple, che era poco più di un circuito stampato senza memoria e alimentatore, ebbe un enorme successo. Questo dimostrò la presenza di un mercato potenziale per un vero computer commerciale, spingendo Jobs e Wozniak a lavorare ininterrottamente per soddisfare la domanda. L'entusiasmo dei consumatori dimostrò che c'era un pubblico desideroso di un computer che potesse essere programmato da hobbisti del software, anticipando il successo dell'Apple II.



Figura 20. L'Apple I con case di legno.

Successivamente, Steve Jobs catturò l'attenzione di Arthur Rock, un influente venture capitalist della Silicon Valley che finanziò il progetto con diverse decine di migliaia di dollari.

Con la supervisione di Mike Markkula, ex dirigente di Intel e finanziatore, Jobs e Wozniak riuscirono rapidamente a sviluppare il primo prototipo del nuovo computer Apple, che mirava a migliorare il modello precedente, l'Apple I. Il nuovo prodotto integrava funzionalità come la grafica, il video a colori, l'alta risoluzione e un design elegante, oltre a miglioramenti elettronici che lo rendevano sia economico che affidabile.

Con largo anticipo, Apple decise di presentare il nuovo computer, l'**Apple II**, alla prima West Coast Computer Fair del 16 e 17 aprile 1977. Questa fiera, che vide la partecipazione di altri costruttori di microcomputer come la Commodore con il suo PET, è stata considerata l'evento che ha dato inizio all'industria dei personal computer.

Da quell'occasione, il logo con la "mela" morsicata divenne il simbolo iconico dell'azienda di Cupertino che perdura ancora oggi.

La prima apparizione del nuovo computer Apple segnò un passaggio significativo: da semplice curiosità per hobbisti a un vero e proprio prodotto. La macchina era estremamente espandibile grazie ai 8 connettori per schede aggiuntive voluti da Wozniak.

Una caratteristica interessante era la presenza di un interprete BASIC precaricato su ROM, rendendo il computer subito utilizzabile al momento dell'accensione, cosa non comune nei microcomputer dell'epoca. Inoltre, a differenza dei suoi predecessori, l'Apple II presentava un sofisticato contenitore in materiale plastico dalle linee slanciate ed eleganti, con un design senza viti o bulloni visibili, ma che permetteva comunque un facile accesso all'interno per l'aggiunta di nuove schede.

Grazie al successo del nuovo personal computer, le vendite di Apple raggiunsero quasi i 3 milioni di dollari nel 1977, aumentando a quasi 8 milioni l'anno successivo e superando i 100 milioni nel 1980. In quest'anno, Apple fu quotata in borsa, segnando un nuovo record per un'Offerta Pubblica Iniziale (IPO).



Figura 21. L'Apple II Computer.

Consapevole che il predominio nel mercato non poteva basarsi solo sull'Apple II, l'azienda di Cupertino avviò nel 1979 il progetto di un nuovo rivoluzionario computer. Questo computer doveva essere intuitivo, adattabile al modo in cui la gente lavorava, con un'architettura aperta sia hardware che software, e affidabile e piacevole da avere sulla scrivania.

Il progetto portò alla creazione di **Lisa (Local Integrated Software Architecture)**, guidato da una decina di progettisti. Contemporaneamente, uno dei primi collaboratori di Apple, Jef Raskin, iniziò un progetto simile ma con l'obiettivo di creare un prodotto paragonabile a un elettrodomestico per semplicità di utilizzo. Nel dicembre 1979, Xerox concesse a Steve Jobs l'accesso ai suoi laboratori più avanzati, mostrandogli l'Alto, un personal computer con un'interfaccia grafica innovativa. Sebbene altri aspetti come il primo

linguaggio di programmazione ad oggetti e la prima rete locale non impressionarono Jobs, l'interfaccia grafica sviluppata su Alto lo colpì profondamente.

Alto rappresenta una svolta nell'introduzione dei computer nelle aziende. Con un'interfaccia grafica innovativa e l'uso del mouse, rendeva l'interazione con il computer intuitiva. Nonostante i tentativi del PARC (Palo Alto Research Center) di far comprendere a Xerox il potenziale della tecnologia, l'azienda non riuscì a cogliere l'importanza dell'innovazione. Questo permise ad altri, come Apple, di trarre vantaggio dalla rivoluzione informatica.

Nel 1980, l'**Apple III** fu lanciato sul mercato come uno dei più grandi fallimenti dell'azienda. Costoso e mal progettato, il rifiuto di Jobs di utilizzare ventole di raffreddamento causò surriscaldamento e malfunzionamenti. Le lamentele dei clienti costrinsero Apple a sostituire i primi modelli, causando pesanti perdite e danneggiando la reputazione dell'azienda. Questo insuccesso minò i rapporti tra Jobs e altri dirigenti, portando al licenziamento di Michael Scott e alla nomina di Mike Markkula come nuovo direttore generale.

Jobs, desideroso di rivincita, si interessò al progetto parallelo guidato da Jef Raskin, formando una squadra di innovatori creativi nella Silicon Valley.



Figura 22. Apple III con l'Apple Monitor III.

Nel 1981, IBM entrò nel mercato dei personal computer con il suo PC, segnando un punto di svolta nell'affermazione del computer personale come strumento mainstream. Nel 1982, il progetto Lisa di Apple fu finalmente presentato, introducendo per la prima volta al grande pubblico l'interfaccia grafica e il mouse. Anche se Lisa fu un insuccesso commerciale a causa del suo alto costo, rappresentò un passo significativo verso il personal computer moderno.

Lisa era tecnologicamente avanzato, con un potente processore Motorola 68000 e 1 Megabyte di memoria 1MB di RAM e due floppy disk drive da 5,25", chiamati Twiggy, in grado di memorizzare fino a 871 kB. Tuttavia, il suo prezzo elevato di 9.995 dollari, giustificato dalle sue caratteristiche, limitò la sua adozione sul mercato. Insieme a Lisa, furono rilasciati altri prodotti con interfaccia grafica, che consentivano di svolgere le principali attività di ufficio, con un'interfaccia utente WYSIWYG (What You See Is What You Get) che mostrava l'esatta rappresentazione a video di quello che sarebbe stato poi stampato.



Figura 23. Apple Lisa.

I programmi disponibili per Lisa erano:

LisaWrite	per l'elaborazione di testi;
LisaDraw	per disegnare;
LisaCalc	foglio elettronico simile a VisiCalc;
LisaGraph	per produrre grafici di vario genere;
LisaProject	per la gestione di progetti;
LisaList	per organizzare i propri lavori;
LisaTerminal	per emulare un terminale e connettersi ad altri computer per mezzo di un modem.

Nel 1984, mentre le vendite di Lisa non soddisfacevano le aspettative, il mercato era dominato dal successo del PC IBM e dei suoi cloni. Apple, ispirandosi a questo trend, realizzò uno storico spot pubblicitario presentato durante il Super Bowl, diretto da Ridley Scott, in cui una giovane eroina distruggeva un "grande fratello" televisivo, simbolo del dominio di IBM, con un martello. Lo spot annunciava l'introduzione imminente del Macintosh e proclamava che il 1984 non sarebbe stato come il "1984" di Orwell.

Il Macintosh, derivato dalla popolare varietà di mele McIntosh, con la sua interfaccia grafica, dimensioni ridotte e prezzo accessibile rispetto a Lisa, ottenne un successo immediato. Questo contribuì al rilancio di Apple, guidata da Steve Jobs, e il Macintosh rimane ancora oggi il prodotto informatico di punta dell'azienda. Il successo del Macintosh non fu solo dovuto alle sue prestazioni e al design innovativo, ma anche all'ampia disponibilità di applicazioni fin dal suo lancio.



Figura 24. Macintosh 128K.

Steve Jobs contattò Microsoft, famosa grazie al PC IBM, affinché sviluppasse software per il Macintosh, aprendo così la strada alla rivalità tra le due aziende. Poco dopo l'introduzione del Macintosh, i fondatori di Apple lasciarono l'azienda, con Jobs escluso dal consiglio di amministrazione a causa di contrasti con John Sculley, ex dirigente di Pepsi-Cola.

Senza Jobs, Apple perse il suo motore principale di innovazione e la sua visione, mentre la gestione di Sculley portò a investimenti poco mirati e alla perdita di valore delle azioni. Solo nel 1998, dopo essere stata salvata dalla sua storica rivale, Apple tornò a generare profitti. La storia di Apple continuerà ad evolversi e l'argomento sarà affrontato nei paragrafi successivi.

## COMMODORE

Jack Tramiel, fondatore della **Commodore Business Machines**, sopravvissuto all'Olocausto immigrò negli Stati Uniti e si arruolò nell'esercito iniziando con la riparazione di macchine da scrivere e calcolatrici meccaniche. Nel 1954, avviò la Commodore a Toronto in Canada, inizialmente producendo macchine da scrivere, concentrandosi in seguito sulle calcolatrici elettroniche. Tuttavia, la forte concorrenza giapponese lo portò a una nuova svolta, spingendolo nel mercato emergente dei computer.

Tramiel per sopperire al problema della carenza di competenze, acquisì aziende della Silicon Valley, incluso MOS Technology, costruttore del microprocessore 6502. Con questa base, sfidò i suoi progettisti a creare un computer completo e funzionante per il Consumer Electronics Show.

Nel giugno del 1977, la Commodore PET fece il suo debutto, un computer robusto che iniziò a essere consegnato a partire dall'ottobre dello stesso anno. Il modello iniziale, chiamato **PET 2001**, fu seguito da varianti che cercarono di migliorare alcuni difetti di progettazione, come le dimensioni ridotte della tastiera dovute alla presenza del registratore a cassette, che fungeva da memoria di massa in assenza di un disco fisso. Nonostante l'assenza di suono e di grafica a colori come l'Apple II, il PET ottenne un discreto successo sia negli Stati Uniti che in Europa, dove fu commercializzato come CBM 3000 a causa di un conflitto di nomi.



Figura 25. Commodore PET 2001.

Con il PET, venduto a un prezzo inferiore rispetto ai concorrenti, Jack Tramiel introdusse l'idea di rendere i computer accessibili alle masse, non solo alle élite. Questa filosofia si rifletté nei successivi prodotti Commodore, con l'azienda che puntava sui volumi di vendita anziché su margini di profitto elevati, differenziandosi così dalle altre aziende del settore.

Consapevole dei limiti del PET e desideroso di sfidare l'Apple II, Jack Tramiel incaricò i progettisti di sviluppare una versione migliorata della macchina, dotata di suono e grafica a colori. Nonostante l'impossibilità di utilizzare alcuni chip avanzati a causa conseguente aumento dei costi di produzione, e quindi di vendita, si decise di impiegare un chip grafico chiamato VIC (Video Interface Chip), su cui un giovane progettista aveva già lavorato a un prototipo. Questo prototipo, pur essendo di tipo amatoriale, servì da base per lo sviluppo di una macchina economica, compatta e facile da usare, caratterizzata da una tastiera simile a quella delle macchine da scrivere.

Il **Commodore VIC-20**, presentato nel gennaio del 1980, rivoluzionò l'industria dei computer domestici con la sua dimensione compatta, facilità d'uso e varietà di applicazioni. Accompagnato dallo slogan *"Perché comprare solo un videogioco"*, il VIC-20 offriva una vasta gamma di giochi insieme a fogli elettronici e programmi di contabilità, anticipando le funzionalità dei moderni computer. Il suo prezzo competitivo lo posizionava direttamente in concorrenza con le console da gioco, cambiando il panorama del settore. Nonostante avesse solo 3K di memoria disponibile, il VIC-20 era sufficientemente versatile e funzionale per soddisfare le esigenze degli utenti dell'epoca, raggiungendo le circa 800.000 unità vendute.



Figura 26. Commodore VIC-20.

Il **Commodore 64 (C64)**, lanciato nel 1982, superò rapidamente il predecessore VIC-20 diventando il computer più venduto del mercato. Dotato di 64K di memoria e nuovi chip innovativi, come il MOS 6510 e il VIC-II per la grafica, il C64 offriva prestazioni superiori e una vasta gamma di funzionalità. Grazie alla sua capacità di pilotare dispositivi periferici, generare suoni accattivanti e gestire grafica avanzata, divenne il preferito sia per il gioco che per applicazioni più serie. Con un prezzo competitivo e un BASIC evoluto, il C64 dominò il mercato, raggiungendo una quota del 40% e vendendo oltre 20 milioni di unità durante i suoi 12 anni di produzione. Oltre al suo utilizzo ludico, il C64 divenne uno strumento quotidiano nelle case, negli uffici e nelle scuole di informatica, contribuendo significativamente alla diffusione dell'informatica e dando vita a molte iniziative imprenditoriali.



Figura 27. Commodore 64.

## IL PC - IBM

L'emergere dei primi microcomputer, dall'Altair all'Apple e oltre, ha portato a una rapida espansione di un mercato che in passato era visto con sufficienza da chi utilizzava il computer solo per lavorare e non per scopi ludici. Tuttavia, coloro che proponevano l'uso del personal computer sul posto di lavoro erano considerati eccentrici. Nel settore dell'informatica definita "seria", nata nel secondo dopoguerra, erano stati compiuti grandi progressi negli anni '60 e '70, con la crescita di aziende di grandi dimensioni e l'introduzione di macchine con elevate capacità, anche se a costi elevati.

Già nel 1964, **IBM** aveva introdotto il System/360, che ampliò notevolmente il mercato offrendo una vasta gamma di modelli per soddisfare le esigenze dei clienti in termini di prestazioni e budget. La serie 360 fu successivamente sostituita dalla serie 370 negli anni '70 e rimase sul mercato fino agli anni '90. Il successo di IBM spinse altre aziende a produrre modelli "compatibili" con quelli IBM, come Fujitsu, Hitachi, Mitsubishi in Giappone, Siemens in Europa e Gene Amdahl negli Stati Uniti. Aziende come DEC e HP si concentrarono sullo sviluppo di calcolatori per l'automazione di processi e il controllo di strumenti, un mercato di minore importanza ma comunque significativo. IBM aprì la strada a nuovi settori grazie all'architettura delle sue macchine, consentendo l'uso di una vasta gamma di periferiche e la portabilità delle applicazioni da una macchina all'altra senza dover riscrivere il codice, fondamentale per proteggere gli investimenti sia dei produttori che degli utenti di software.



Figura 28. IBM System/370.

L'informatica aziendale, in particolare la gestione economica e organizzativa e il trattamento delle basi di dati, emerse come uno dei settori principali, dando origine ad aziende come Oracle, che compete con Microsoft per il titolo di maggior produttore di software al mondo.

Negli anni '80, accanto alle applicazioni gestionali, diversi altri settori di utilizzo dei computer cominciarono a emergere. Alle fiere di settore non si vedevano più solo grandi mainframe dai colori pastello; accanto a loro trovavano posto macchine più piccole ma potentissime, utilizzate per progettare aerei, controllare satelliti e centrali nucleari. Fu da queste macchine di dimensioni e costi ridotti che nacque l'idea di distribuire le risorse informatiche tra i vari reparti aziendali anziché concentrarle interamente nei grandi e costosi elaboratori centrali.

A partire dal 1974, una serie di macchine ancora più piccole e meno potenti cominciò a entrare in scena, suscitando l'interesse degli esperti più lungimiranti. All'inizio degli anni '80, il mercato dei personal computer era diventato una realtà consolidata, con la vendita di oltre un milione di macchine solo nel 1980. Nel febbraio del 1980, **IBM** introdusse il **5120**, una macchina dalle sembianze di un personal computer ma con un costo elevato, compreso tra 10.000 e 23.000 dollari, rendendola inadatta per una distribuzione di massa. IBM continuò a orientare la sua strategia verso il mercato aziendale, con prodotti destinati principalmente a professionisti e piccole aziende, caratterizzati da costi elevati. Tuttavia, l'azienda cominciò a rendersi conto che il mercato dei personal computer stava emergendo e che non era sotto il suo controllo.



Figura 29. IBM 5120.

Nel tentativo di riconquistare l'attenzione del mercato, il presidente di IBM, Frank Carey, si rivolse a Bill Lowe per sviluppare una nuova macchina. Lowe accettò la sfida selezionando un piccolo gruppo di ingegneri per lavorare sul progetto. Per accelerare lo sviluppo, furono utilizzati componenti disponibili sul mercato, compreso il processore Intel 8088, scelto per la sua flessibilità e compatibilità con altri chip accessori. Nel processo di sviluppo del primo personal computer IBM, Bill Lowe si rivolse a Bill Gates e Paul Allen della Microsoft per il linguaggio di programmazione BASIC, mentre per il sistema operativo si avvicinò a Gary Kildall, fondatore di Digital Research Inc. Kildall, un pioniere nel campo del software, aveva sviluppato il CP/M, un sistema operativo di successo per i processori Intel, diventando uno standard per molte macchine equipaggiate con processori 8080 o compatibili.

Digital Research Inc. stava avendo successo grazie al CP/M, ma quando IBM si avvicinò per negoziare i diritti sul sistema operativo, Kildall non fu presente all'incontro. Al suo posto c'era sua moglie Dorothy, che si rifiutò di firmare l'accordo di segretezza senza consultare un avvocato e suo marito. Questo rifiuto causò la perdita dell'opportunità per Digital Research di ottenere il contratto con IBM per il sistema operativo del primo PC IBM.

Quando Microsoft rischiava di perdere l'opportunità di fornire il sistema operativo per il primo PC IBM a causa dell'impossibilità di utilizzare il CP/M, Paul Allen suggerì di contattare la Seattle Computer Products, un'azienda che aveva sviluppato un sistema operativo chiamato **QDOS (Quick and Dirty Operating**

**System**), successivamente rinominato **86-DOS**. Dopo aver ottenuto i diritti di rivendita del QDOS dalla Seattle Computer Products, Microsoft lo acquistò per 25.000 dollari, successivamente acquistando l'intero codice sorgente per 50.000 dollari.

Microsoft negoziò un accordo con IBM, mantenendo il diritto di vendere il sistema operativo ad altri produttori di hardware. Il sistema operativo, dopo essere stato modificato e corretto, fu rilasciato come **MS-DOS**, con la versione IBM chiamata **PC-DOS**. Nel frattempo, un team di ingegneri aveva completato la progettazione di tutti i componenti necessari per il PC, inclusa una ROM che conteneva il BIOS.

Nel 1981, l'annuncio ufficiale del **PC IBM** diede inizio alla rivoluzione informatica, nonostante il prezzo relativamente alto e le prestazioni inferiori rispetto ai concorrenti, grazie alla reputazione e all'affidabilità di IBM.

Il PC IBM raggiunse una rapida e massiccia accettazione sul mercato, con oltre 30.000 ordini provenienti solo dai dipendenti IBM nella prima settimana di lancio. In soli quattro anni, il PC divenne il leader del mercato, superando le piattaforme concorrenti e relegandole a ruoli marginali. L'unica eccezione fu Apple, che rimase una presenza significativa grazie alla sua tecnologia e alla capacità di anticipare le tendenze di mercato.

Il lancio del PC a livello mondiale avvenne nel gennaio 1983, seguito poco dopo dal **modello XT**, che offriva maggiore capacità di memoria e una versione migliorata del sistema operativo DOS. L'importanza dell'arrivo del PC IBM fu sottolineata anche dalla copertina della rivista TIME nel gennaio 1983, che lo nominò "Machine of the Year" (macchina dell'anno), un titolo di solito riservato a figure pubbliche di spicco. Il successo del PC IBM fu in gran parte attribuito al marchio di IBM, che conferiva al PC un'impressione di professionalità, oltre alla disponibilità di numerose applicazioni, tra cui VisiCalc e successivamente Lotus 1-2-3.



Figura 30. PC IBM del 1981.

Nel 1982, l'ascesa dei PC compatibili minacciò il dominio di IBM, offrendo macchine capaci di utilizzare sia l'hardware che il software IBM. La Compaq fu fondata con l'obiettivo di produrre PC compatibili di alta qualità. Un gruppo di dipendenti della Texas Instruments progettò un PC portatile compatibile, sviluppando un BIOS identico a quello IBM ma con codice sorgente originale. Dopo mesi di lavoro, nel novembre del 1982, la Compaq annunciò il suo primo prodotto: un PC portatile completamente compatibile con l'hardware e il software IBM.

Nel 1984 dopo l'avvento dell'**IBM AT**, dotato di notevoli miglioramenti tecnologici come una memoria fino a 256 megabyte, un disco rigido da 20 megabyte e una grafica a colori supportata dal nuovo processore 80286, il mercato dei PC non era più sotto il completo controllo di IBM. La concorrenza di aziende come Compaq aveva dato origine a un'ampia varietà di PC compatibili, spinti principalmente da Intel e Microsoft, che vendevano i propri prodotti a chiunque avesse il capitale iniziale per entrare nel mercato.

Per mantenere la propria posizione, IBM iniziò lo sviluppo di una nuova linea di computer con componenti e sistema operativo propri, chiamato **OS/2**. Tuttavia, la collaborazione con Microsoft per lo sviluppo di

OS/2 non ebbe successo a causa di divergenze di visione. IBM voleva utilizzare OS/2 per promuovere la vendita delle proprie macchine, mentre Microsoft preferiva un approccio aperto basato su tecnologia Intel. Nonostante l'accordo ufficiale durasse fino al 1990, Microsoft cominciò a ridimensionare il team dedicato a OS/2, spostando risorse verso lo sviluppo di Windows, un'interfaccia grafica simile a quella del Macintosh di Apple. OS/2, lanciato nel dicembre del 1987, non ottenne il successo sperato a causa dei requisiti hardware specifici e delle difficoltà di compatibilità con i dispositivi periferici. Alla fine, le macchine IBM incorporate con OS/2 finirono per utilizzare i sistemi operativi sviluppati da Microsoft, riaffermando il predominio della società nel mercato.

## MICROSOFT

La storia di Microsoft inizia e continua dopo il successo del MS-DOS, con Bill Gates e Paul Allen che fondano **Micro-Soft** nel 1976.

Dopo il successo iniziale con il DOS, Microsoft ha affrontato una serie di trasformazioni significative che hanno contribuito a plasmare il panorama informatico mondiale. L'accordo con IBM ha dato avvio a un periodo di crescita importante per l'azienda, che trasferitasi a Bellevue, vicino a Seattle, nel 1979, inizia a consolidare la sua posizione nel mercato del software.

Un momento fondamentale è stato l'incontro tra Bill Gates e Steve Jobs nel 1982, quando Jobs ha mostrato a Gates l'interfaccia grafica del Macintosh in sviluppo presso Apple. Questo incontro ha ispirato Gates e il team di Microsoft a investire nello sviluppo di un'interfaccia grafica simile per i loro sistemi operativi. Mentre Jobs mirava a portare l'interfaccia grafica al centro della strategia di Apple con progetti come Lisa e Macintosh, Gates vedeva un'enorme opportunità nel portare questa tecnologia anche sulle piattaforme DOS.

Così, nel 1985, Microsoft ha lanciato **Windows 1.0**, un'interfaccia grafica che, sebbene non fosse un sistema operativo completo, offriva una nuova esperienza agli utenti DOS, consentendo l'uso del mouse e introducendo concetti come le finestre e le icone. Nel corso degli anni successivi, Microsoft ha continuato a sviluppare e migliorare Windows, trasformandolo in un sistema operativo completo e dominante nel mercato dei computer.

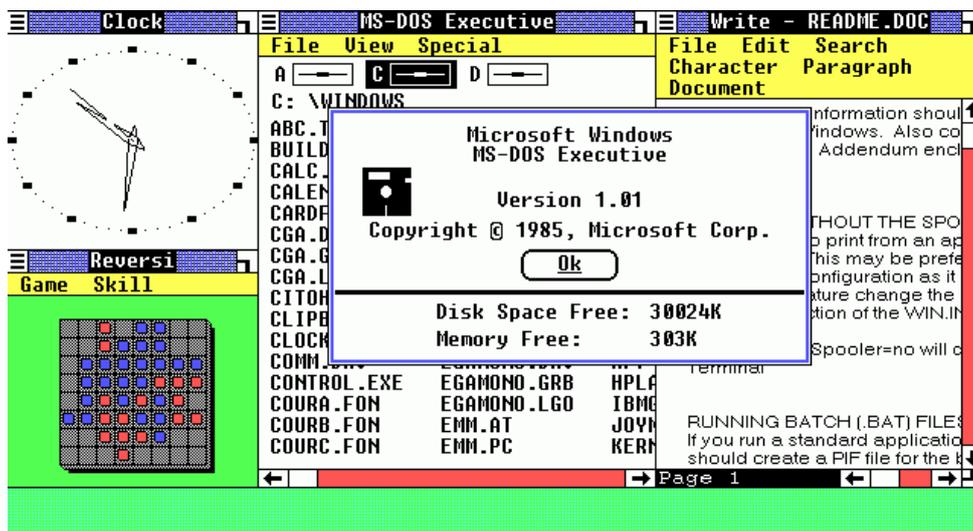


Figura 31. Schermata Windows 1.0.

L'evoluzione di Windows ha segnato una svolta nell'industria informatica, poiché ha reso l'informatica più accessibile e intuitiva per un pubblico più ampio. L'interfaccia grafica di Windows ha aperto la strada a nuove opportunità per lo sviluppo di software e ha contribuito a definire le esperienze digitali che conosciamo oggi.

Parallelamente allo sviluppo di Windows, Microsoft ha continuato a espandere la propria offerta di prodotti e servizi, diventando un gigante del settore tecnologico. L'azienda ha lanciato una vasta gamma di software, tra cui la suite di produttività **Office**, che includeva applicazioni come **Word** ed **Excel**, diventando un punto di riferimento nel settore del software applicativo.

Inizialmente, Windows 1 era un sistema operativo rudimentale, focalizzato sulla gestione dei file e sull'avvio dei programmi, includendo anche il gioco Reversi. Tuttavia, mancava di caratteristiche chiave come la sovrapposizione delle finestre e il trascinarsi dei file nel "cestino".

La versione successiva, **Windows 2.0**, introdusse significative migliorie, tra cui la possibilità di sovrapporre le finestre e il supporto per il "drag and drop". Inoltre, con l'inclusione di applicazioni di terze parti come Aldus PageMaker, uno strumento di impaginazione ed elaborazione testi molto potente, fino ad allora disponibile solo su Apple Mac e Hewlett-Packard's NewWave, che permetteva di organizzare meglio il lavoro e faceva largo uso dell'interfaccia grafica e delle icone. Windows 2.0 ottenne un maggiore successo sul mercato, nonostante le critiche di somiglianza con il Macintosh da cui ne conseguì una battaglia legale che si concluse con la vittoria di Microsoft.

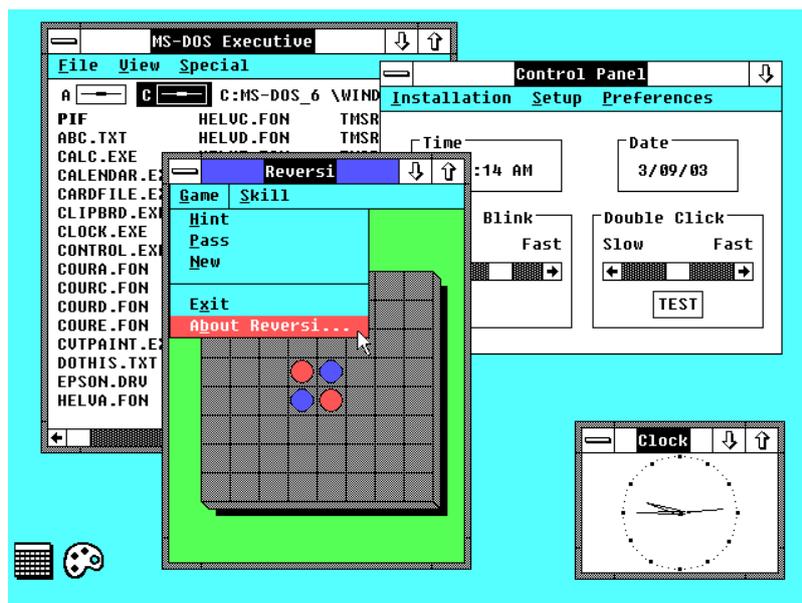


Figura 32. Schermata Windows 2.0.

Nel 1990, l'azienda lanciò **Windows 3.0**, un'interfaccia grafica completamente rinnovata che diventò un successo commerciale.

Il successo di Windows 3.0 non può essere attribuito solo ai miglioramenti tecnici, ma principalmente alla politica di marketing astuta di Microsoft. Quest'ultima fu sperimentata inizialmente con Zenith Data System, un produttore di personal computer acquisito nel 1989 da Bull. Microsoft però consolidò rapporti anche con altre aziende per fornire personal computer con Windows preinstallato, sfruttando la crescente popolarità del sistema operativo. Questa strategia aumentò i margini di profitto per i produttori di hardware e soddisfò gli utenti, apparentemente offrendo gratuitamente il software Windows insieme all'hardware. Microsoft si avvantaggiò notevolmente grazie a questa politica, garantendo la presenza di Windows in ogni nuovo PC venduto nel mondo occidentale e consolidando il proprio monopolio nel settore. Mentre Microsoft dimostrava una visione di mercato lungimirante, altri produttori come Atari e Commodore non

riuscirono ad adattarsi al cambiamento del mercato dei PC compatibili, continuando a focalizzarsi sui loro sistemi proprietari e riducendo così la loro quota di mercato fino alla scomparsa negli anni '90.

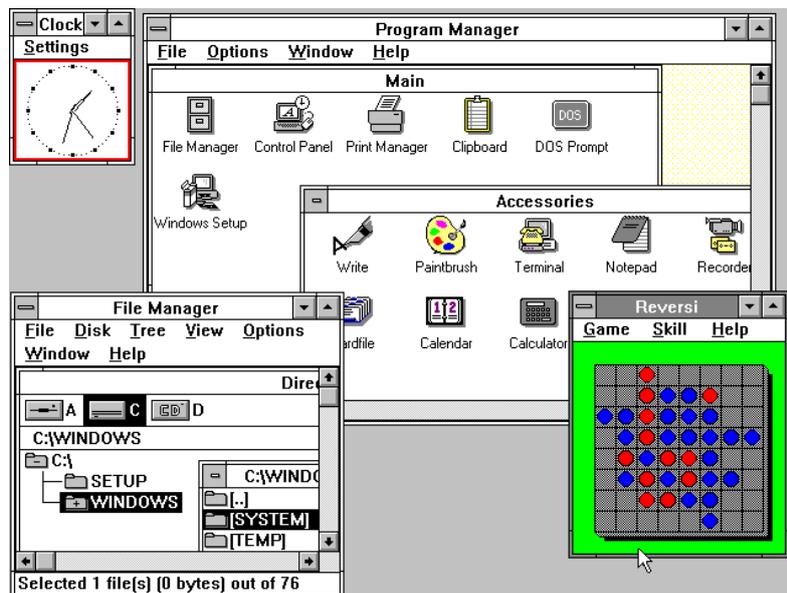


Figura 33. Schermata Windows 3.0.

Come precedentemente accennato, lo sviluppo di Windows avvenne contemporaneamente alla collaborazione con IBM per OS/2, ma Microsoft prestò sempre meno attenzione a quest'ultimo a favore dello sviluppo della propria interfaccia grafica. Dopo l'interruzione della collaborazione con IBM, Microsoft utilizzò il lavoro svolto per OS/2 per creare **Windows NT**, un sistema operativo destinato alle aziende e alla gestione delle reti, anziché ai calcolatori personali. Lanciato nel 1993, Windows NT si diffuse rapidamente nei centri di elaborazione dati aziendali, grazie alle sue prestazioni superiori e alla gestione avanzata degli utenti. Windows NT, progettato per funzionare su diverse piattaforme hardware, divenne il sistema operativo più affidabile e sicuro di Microsoft, dominando il mercato dei server di rete. Tuttavia, l'emergere di Linux alla fine degli anni '90 minacciò il suo predominio.

Nell'agosto del 1995, Microsoft lanciò **Windows 95**, il primo sistema operativo della compagnia che, secondo le affermazioni, non si appoggiava più completamente a DOS, sebbene quest'ultimo fosse ancora presente. Windows 95 rappresentò una svolta sia per Microsoft che per gli utenti, caratterizzato da una cura particolare per l'estetica e l'usabilità, tanto da coinvolgere il famoso musicista Brian Eno nella composizione del suono di avvio. L'uscita di Windows 95 fu accompagnata dal rilascio di **NT 4.0**, segnando l'inizio di una convergenza che portò alla nascita di Vista nel 2007.

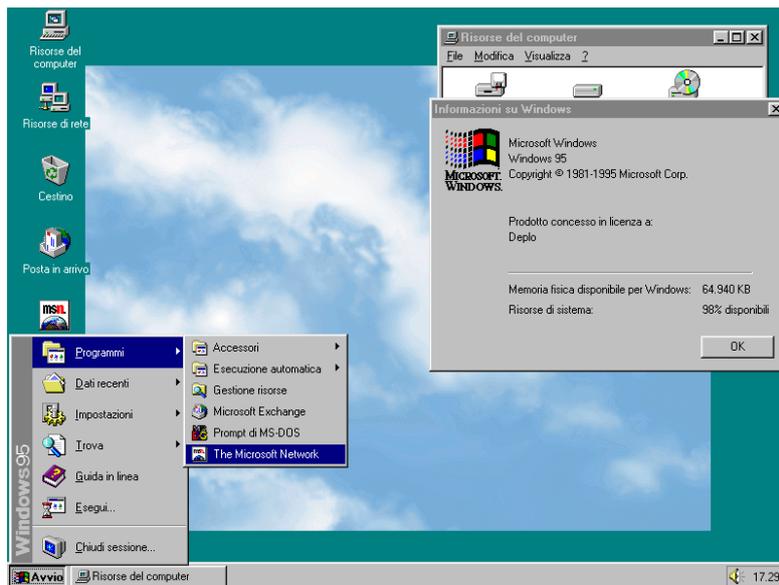


Figura 34. Schermata Windows 95.

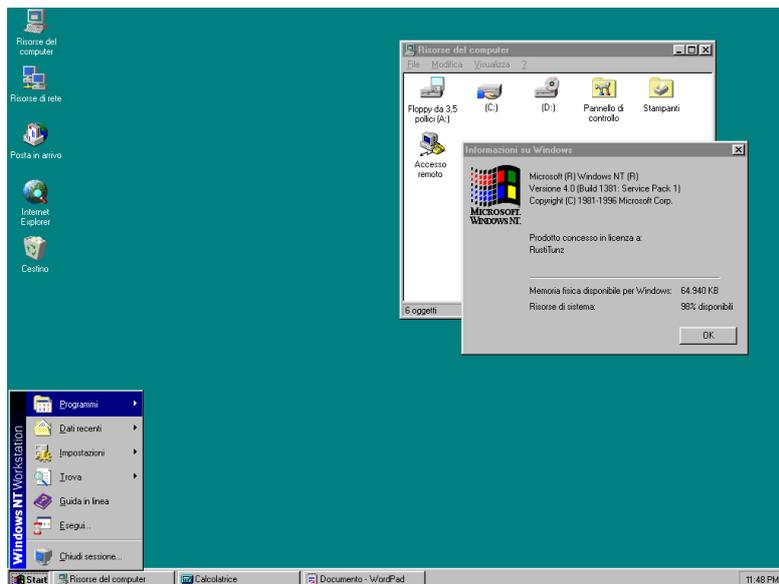


Figura 35. Schermata Windows NT 4.0.

Il numero di computer x86 cresceva costantemente, passando dai circa 1,5 milioni del 1981 ai quasi 6 milioni nel 1984 e arrivando a 40 milioni nel 1994, trainato dall'introduzione di Windows 3.1 e NT. Nonostante una contrazione dei prezzi e dei margini, il settore software beneficiava dell'espansione del mercato e dell'aumento della richiesta di programmi e servizi di consulenza.

Tuttavia, con il mercato delle applicazioni aziendali in declino, i produttori di software cominciavano a preoccuparsi per il futuro del settore.

Ma il 1995 segnò anche l'inizio di un fenomeno che avrebbe cambiato il panorama dell'informatica: l'emergere di Internet, che negli anni a venire sarebbe diventato un settore industriale in forte crescita e avrebbe continuato a influenzare profondamente la società.

## 1.2.2 Era dell'internet e delle reti

L'evoluzione delle modalità e delle tecnologie di connessione dei computer è strettamente legata alla storia delle comunicazioni e delle reti informatiche. Le prime forme di connessione tra calcolatori e dispositivi remoti risalgono ai primi sistemi di trasmissione di notizie, che utilizzavano telescriventi rudimentali come terminali. Inizialmente, queste telescriventi erano collegate tramite linee simili a quelle dei telegrafi, ma negli anni '40 alcuni iniziarono a utilizzare le linee telefoniche. Tuttavia, le linee telefoniche erano progettate per trasmettere segnali vocali e richiedevano dispositivi speciali, chiamati **modem**, per adattare i segnali e renderli compatibili con la trasmissione telefonica. I modem modulavano le informazioni trasformandole in segnali sonori per la trasmissione e li demodulavano all'estremità ricevente per renderli utilizzabili dai dispositivi.

La diffusione dei modem rimase limitata fino a quando il dipartimento della difesa americano avviò il progetto del Semi-Automatic Ground Environment (SAGE), un sistema per il controllo dei bombardieri nemici utilizzato dal NORAD. Questo progetto richiedeva una vasta rete di connessioni tra punti di intercettazione radar, basi aeree e un sistema centrale di controllo. AT&T, all'epoca monopolista delle linee telefoniche in Nord America, fornì le connessioni necessarie per il progetto.

Il monopolio di AT&T sulle linee telefoniche negli Stati Uniti durò fino al 1982, quando il Dipartimento della Giustizia americano mise fine alla sua posizione dominante dopo una causa legale che durò otto anni e si concluse con un accordo. In base a questo accordo, AT&T accettò di rinunciare al monopolio in cambio della possibilità di entrare nel mercato dell'informatica.

Durante il periodo del monopolio, AT&T vendeva i suoi **modem Bell 101**, che avevano una velocità di trasmissione di 110 bit al secondo. Inoltre, il controllo dell'intera rete telefonica consentiva ad AT&T di impedire ad altri fornitori di collegare i propri dispositivi alle linee telefoniche da essa gestite. Sebbene una legge del 1968 stabilisse che chiunque potesse collegare i propri dispositivi alle linee telefoniche, AT&T fissò regole complesse e costose che scoraggiavano i concorrenti.

Nonostante ciò, gli imprenditori dell'epoca trovarono un modo per aggirare questa restrizione. Non potendo collegare direttamente i propri modem alle linee telefoniche di AT&T, adottarono un sistema noto come accoppiatori acustici, che si rivelò pratico ed efficiente nonostante la sua apparente complessità.

Gli accoppiatori acustici, utilizzati prima degli anni '80, convertivano i segnali elettrici in suoni udibili per trasmetterli tramite linee telefoniche. Tuttavia, richiedevano l'intervento umano sia per comporre il numero da chiamare sia per attivare il dispositivo ricevente. Questo vincolo fu superato nel 1981 con l'introduzione degli **Smart Modem**, come gli Smart Modem della Hayes, che potevano essere controllati direttamente dai calcolatori, consentendo la trasmissione automatica dei dati.



Figura 36. Smart Modem Hayes.

L'avvento degli Smart Modem portò a una rapida crescita delle velocità di connessione, passando dai 1.200 bit/secondo iniziali a velocità di 9.600 bit/s grazie a miglioramenti tecnologici. Tuttavia, i limiti tecnici delle

linee telefoniche portarono alla ricerca di soluzioni alternative, come le linee ISDN, che consentivano connessioni più veloci fino a 64 Kbps, o 128 Kbps utilizzando 2 canali di trasmissione. L'evoluzione delle tecnologie di trasmissione portò anche alla riduzione dei costi e delle dimensioni dei dispositivi, grazie alla capacità di calcolo dei computer che permetteva di svolgere alcune funzioni precedentemente affidate all'hardware. Emerse quindi una nuova generazione di dispositivi, i **Soft-Modem**. Contemporaneamente, si svilupparono nuovi metodi e standard per le reti geografiche (WAN), come il protocollo X.25, che offriva connessioni sicure e stabili tra macchine distribuite in diverse località. Tuttavia, X.25 era costoso e utilizzato principalmente da aziende e istituzioni.

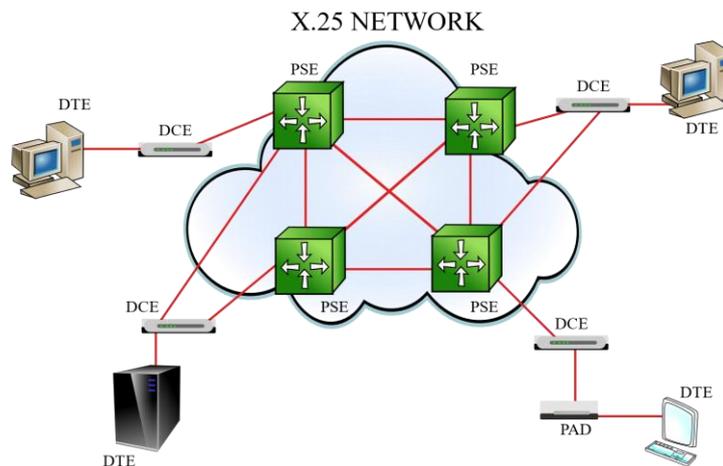


Figura 37. Protocollo X.25

Parallelamente, la crescita della rete internet fu costante, passando dai 4 nodi ARPA del 1969 a più di 200 nodi in soli 10 anni. La crescita della rete internet portò a un aumento del numero di macchine collegate e degli utenti che scambiavano informazioni, trasformando radicalmente il modo in cui le persone comunicavano e accedevano alle risorse online.

La nascita e lo sviluppo della tecnologia di connessione sono stati innescati dalle esigenze degli utenti di scambiare informazioni tra sistemi all'interno delle aziende e con istituzioni distanti. Inizialmente, questa comunicazione avveniva attraverso floppy disk e nastri inviati tramite servizi postali e corrieri. Tuttavia, con l'avvento di **ARPA**, successivamente **ARPANET**, che consentiva ai suoi utenti di scambiarsi informazioni sotto forma di file o, al massimo, collegarsi remotamente a un calcolatore per utilizzarne i programmi, la connessione e il coordinamento tra istituti pubblici e privati sono divennero possibili.

L'evoluzione di questa rete ha portato alla creazione di servizi come **UUCP** rilasciato da Bell Labs, che consentiva lo scambio di dati tra sistemi **UNIX** estendendosi anche ad altri sistemi operativi. Successivamente, **Usenet** è stato ideato come un sistema di discussione basato su UUCP, permettendo agli utenti di inserire messaggi, chiamati "post", che erano raccolti in categorie chiamate "newsgroup", ovvero raccolte di notizie tra loro correlate, collegando così computer gestiti da ISP (internet Service Provider). Ogni calcolatore riceveva i messaggi dai propri utenti e li diffondeva agli altri calcolatori collegati, rendendoli così disponibili a tutti coloro che avevano accesso al sistema.

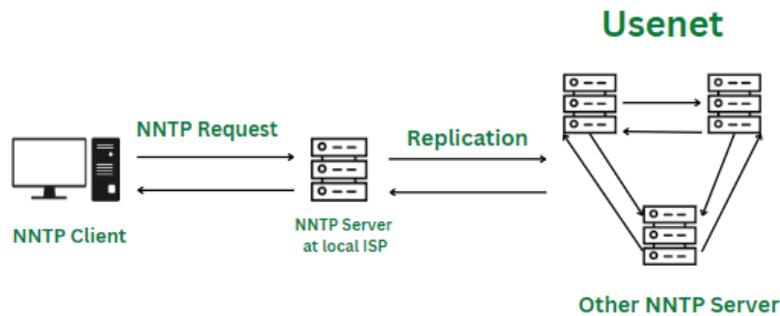


Figura 38. Sistema Usenet.

L'avvento della posta elettronica, ispirata dai successi precedenti, ha radicalmente trasformato le comunicazioni tra utenti, rendendole più veloci e semplici. Questo ha creato le basi per una serie di servizi che andavano oltre la semplice condivisione di file.

Ray Tomlinson, poco dopo la creazione di ARPANET, sviluppò il programma **SNDMSG** ("Send Message") per inviare messaggi agli utenti connessi alla rete e, per ovviare il problema di identificare in modo chiaro i destinatari dei messaggi, diede vita al concetto di indirizzo e-mail con l'uso del simbolo "@". Questo simbolo indicava che il messaggio doveva essere inviato all'utente presso una determinata macchina e, ad oggi, ha mantenuto lo stesso significato attribuitole da Tomlinson.

Nel 1973, un negozio di dischi di San Francisco implementò un sistema, chiamato Community Memory, composto da un terminale che, collegato via accoppiatore acustico a un computer, permetteva loro di lasciare messaggi elettronici simile a una bacheca virtuale.

Successivamente, nacquero i **bulletin board system (BBS)**, sistemi simili a Community Memory ma con maggiori funzionalità e la possibilità di scambiare messaggi di testo, dati, programmi e immagini. Anche se inizialmente limitati dalla velocità dei modem, i BBS conobbero un'enorme diffusione fino alla metà degli anni '90, quando il World Wide Web li relegò in secondo piano. La velocità di trasmissione influenzò il tipo di informazioni disponibili sui BBS e, solo con l'avvento dei modem a 9600 bps diventò possibile scaricare programmi e immagini, cosa difficilmente ottenibile con velocità inferiori. A quel punto agli inizi degli anni '90, molte aziende informatiche utilizzavano BBS per distribuire aggiornamenti software.

Il primo sistema BBS documentato fu il CBBS, creato da Randy Suess e Ward Christensen nel 1978, che rimase attivo fino alla fine degli anni '80. A differenza di Usenet, che si basava su una rete di calcolatori gestiti da enti di una certa dimensione, i BBS si appoggiavano su singoli sistemi gestiti spesso da appassionati del settore, chiamati "SysOp", che fornivano una piattaforma per gli utenti di scambiare messaggi e informazioni, simile a quanto avviene sui social network moderni.

Con il tempo, la necessità di una distribuzione più ampia delle informazioni portò alla formazione di reti di BBS, spesso attraverso associazioni senza scopo di lucro. Uno dei network più noti fu FidoNet, fondato nel 1984, che raggiunse una vasta diffusione fino agli anni '90, quando l'avvento di connessioni internet economiche rese obsoleti i BBS in pochi mesi.

La chiusura della maggior parte dei bulletin board system (BBS) avvenne nei primi anni '90. Quelli più strutturati e finanziati si spostarono verso la fornitura di connettività Internet, mentre quelli più piccoli e amatoriali semplicemente scomparvero.



Figura 39. Sistema Usenet.

## WWW

Nel 1895, Nathaniel Hawthorne espresse un concetto che riflette sulla meraviglia e l'ammirazione per la capacità delle nuove tecnologie, come il telegrafo, di connettere le persone e di trasmettere informazioni istantaneamente su lunghe distanze. Hawthorne paragona il mondo materiale a un "grande nervo vibrante di intelligenza", suggerendo che le reti di comunicazione sono diventate una sorta di sistema nervoso globale per la società umana.

Questo concetto rimane attuale anche nell'era moderna, con l'avvento di tecnologie ancora più avanzate come Internet e i telefoni cellulari.

Nel 1994, il vicepresidente degli Stati Uniti Al Gore esortò l'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni a contribuire alla creazione dell'Autostrada dell'Informazione globale. Gore, sin dai suoi primi anni politici, si interessò allo sviluppo informatico e delle reti. Nel 1991, promulgò l'High Performance Computing and Communication Act, noto come la Legge Gore, che stimolò gli investimenti cruciali per la creazione del World Wide Web.

Quando si parla dell'Internet si intende l'infrastruttura tecnologica che collega un vasto numero di computer in tutto il mondo. Il **World Wide Web (WWW)**, invece, è una rete creata dai singoli computer connessi a **Internet**, che fornisce informazioni e servizi accessibili dagli utenti tramite browser web. Mentre il WWW è uno dei principali servizi utilizzati dagli utenti su Internet, quest'ultima consente anche lo scambio di dati tra computer distanti, la telefonia e la distribuzione di programmi televisivi, tra molte altre applicazioni.

Tim Berners-Lee, ricercatore del Centro Europeo di Ricerca Nucleare (CERN) di Ginevra, è il principale artefice del sistema che oggi ci consente di scambiare informazioni attraverso il World Wide Web (WWW). Fin dagli anni '80, Berners-Lee ha lavorato sull'idea di un sistema ipertestuale per organizzare e collegare le informazioni, sviluppando un sistema personale chiamato **ENQUIRE**. Nel 1989, propose, come definito all'epoca, un "grande database ipertestuale con link inseriti nelle pagine", ma inizialmente il progetto non ottenne grande successo. Berners-Lee continuò a svilupparlo e nel 1990 tutti i componenti necessari erano pronti: il **protocollo HTTP**, il **linguaggio HTML**, il primo **web server (CERN httpd)**, il primo sito e il primo browser, chiamato **WorldWideWeb**. Berners-Lee portò avanti il progetto nonostante lo scarso interesse iniziale e il World Wide Web ha rivoluzionato il modo in cui ci scambiamo informazioni online, dimostrando ampiamente la validità dell'investimento.

Vocabolario del Web	
HTTP	HyperText Transmission Protocol. È il protocollo di comunicazione utilizzato dai computer di tutta la rete per trasferire le pagine.
HTML	HyperText Markup Language. È il linguaggio che è utilizzato per definire le pagine. Osservabile utilizzando la funzione "visualizza sorgente" del browser.
Web Browser	È il programma che utilizzate per accedere a internet. Il più diffuso oggi è Google.
Web Server	È un calcolatore connesso a internet e raggiungibile tramite un indirizzo prestabilito, sul quale risiedono uno o più siti e servizi internet.
Web Site	Sito Web. Indica un sistema sul quale risiedono informazioni ipertestuali.

Dopo l'emergere del World Wide Web, nel 1991 e 1992, i primi web server comparvero sia in Europa che oltreoceano. Il primo sito web al di fuori dell'Europa fu creato presso lo Stanford Linear Accelerator Center. Tra il 1991 e il 1994, il traffico sul sito del CERN crebbe notevolmente, stimolato dall'interesse accademico e industriale. Per far fronte a questa crescente pressione, Tim Berners-Lee fondò il **World Wide Web Consortium** nel settembre del 1994. Inizialmente situato presso il MIT di Boston, poi presso l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) in Francia e infine presso la Keio University in Giappone, questo organismo con lo scopo di raccogliere le idee e le necessità di tutti coloro che erano interessati al progresso e allo sviluppo della rete, ha svolto un ruolo chiave nel definire le regole e i protocolli del World Wide Web, adattandoli alle crescenti esigenze.

Parallelamente, mentre Berners-Lee lavorava sul progetto del WWW, alcuni ricercatori dell'Università del Minnesota stavano sviluppando un proprio sistema di ricerca chiamato **Gopher**. Questo progetto, attivo tra il 1991 e il 1993, mirava a creare un sistema di ricerca basato su una gerarchia di documenti. Tuttavia, il Gopher venne gradualmente soppiantato dal WWW, soprattutto grazie all'emergere di un nuovo browser, finanziato dalla Legge Gore, chiamato Mosaic.

Il browser Mosaic, sviluppato dal National Center for Supercomputing Applications a partire dal 1992 e rilasciato nel 1993, ottenne un immediato successo globale grazie alla sua interfaccia user-friendly, alla disponibilità su diverse piattaforme e alla compatibilità con vari protocolli oltre all'HTTP.

Il successo di Mosaic portò alla fondazione della Mosaic Communications Corporation, che in seguito cambiò nome in Netscape Communications Corporation. Da questa società nacque il famoso browser Netscape Navigator, che contribuì a definire il mercato dei browser. Tuttavia, nel 1995 Microsoft rilasciò Internet Explorer come parte del pacchetto Windows 95 Plus Pack, dando il via a una guerra dei browser.

Internet Explorer, sebbene inizialmente fosse in ritardo rispetto a Netscape in termini di funzionalità, divenne il browser più utilizzato grazie alla sua inclusione gratuita con il sistema operativo Windows. Questo portò Netscape a cedere terreno e alla decisione di rendere i sorgenti del proprio browser di pubblico dominio nel 1998, in modo che gli sviluppatori di tutto il mondo potessero creare un nuovo prodotto alternativo a IE. Questo atto portò alla nascita di Firefox nel 2002, che in breve tempo divenne il browser più utilizzato nel mondo Linux/Unix.

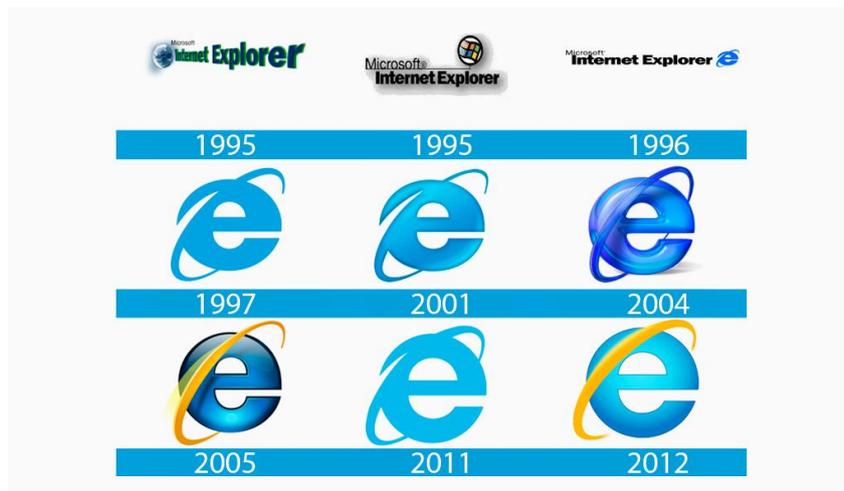


Figura 40. Evoluzione loghi Internet Explorer nel corso del tempo.

Durante questo periodo, altri browser come **Opera** e **Safari** sono entrati nel mercato, ma nessuno è stato in grado di competere con il predominio di Internet Explorer e successivamente di Firefox. Tuttavia, con il tempo, **Firefox** ha perso parte della sua quota di mercato a favore di **Google Chrome**, che è diventato il browser più utilizzato a livello globale.

Attualmente, Google Chrome è il browser più utilizzato, seguito da Safari (principalmente su dispositivi Apple) e Firefox. Opera ha mantenuto una presenza nel mercato, ma in misura minore rispetto ai principali concorrenti. Alcuni browser meno conosciuti o meno supportati, come Internet Explorer che ha cessato definitivamente la sua attività nel febbraio del 2023 e, **Microsoft Edge** (il suo successore), hanno visto una diminuzione nell'uso a favore di alternative più moderne e supportate come Chrome e Firefox.



Figura 41 Motori di ricerca attuali: (da sinistra a destra) Safari, Microsoft Edge, Chrome, Firefox.

I motori di ricerca hanno attraversato diverse fasi di sviluppo nel corso degli anni. I primi motori come Archie, un programma nato prima del Web e che forniva semplicemente un elenco di file senza permettere ricerche all'interno dei contenuti., Veronica e Jughead hanno gettato le basi per i successivi sistemi di ricerca, ma sono rapidamente diventati obsoleti con l'avvento del World Wide Web.

L'arrivo del Web ha portato alla nascita di motori di ricerca più sofisticati come ALIWEB, Excite e EInet Galaxy. Tuttavia, quello che ha ottenuto un certo successo è stato **Yahoo!**, originariamente chiamato "Jerry and David's Guide to the World Wide Web". AltaVista invece, è stato uno dei primi motori di ricerca a permettere interrogazioni basate sul linguaggio naturale e ha avuto un notevole impatto all'epoca del suo lancio nel 1995.

Verso la fine degli anni '90, Google ha rivoluzionato il settore dei motori di ricerca con il suo **algoritmo PageRank**, sviluppato da Larry Page e Sergey Brin. Questo algoritmo attribuisce un punteggio di

importanza a ciascuna pagina web in base alla sua rilevanza e autorità, determinando l'ordine di presentazione dei risultati di ricerca. L'efficacia dipende dalla specificità della ricerca e dalla competizione per determinate parole chiave.

Il successo di Google portò a un aumento esponenziale degli utenti, superando i concorrenti che non riuscirono a tenere il passo.

Il settore dei motori di ricerca rappresenta solo uno degli ambiti in cui l'imprenditoria si è sviluppata in maniera importante dagli anni '90, parallelamente all'esplosione di interesse per il Web, che ha anche stimolato le vendite di personal computer. Le statistiche mostrano una tendenza al rialzo fino al 2001, quando, quella che è definita la "bolla speculativa di Internet" ha scatenato una flessione dovuta alle promesse eccessive della rete.

Molti investitori hanno riversato capitali in startup tecnologiche, spinti dall'idea che la presenza online e la fornitura di servizi digitali sarebbero stati sufficienti per generare enormi profitti. Tuttavia, molte di queste aziende si sono rivelate insostenibili e molte hanno fallito, portando a perdite finanziarie significative per gli investitori. Questo crollo ha avuto un impatto duraturo sull'industria tecnologica, con molte aziende diventando più caute nei loro investimenti e nella loro espansione.

Nonostante la crescita dell'uso di Internet e del Web in tutto il mondo, il divario digitale rimane una sfida importante da affrontare. Le ragioni di questo divario possono includere fattori economici, infrastrutturali, culturali e politici. Ridurre questa disparità richiederà sforzi coordinati da parte di governi, organizzazioni internazionali e settore privato per garantire un accesso equo e universale alle tecnologie digitali.

Questa disuguaglianza è evidente sia tra i diversi continenti che all'interno delle singole nazioni, con alcune comunità che hanno accesso limitato o nullo a Internet e ai suoi benefici.

World Regions	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2000-2023	Internet World %
Africa	43.2 %	13,23%	11.2 %
Asia	67.0%	2,45%	54.2 %
Europa	89.2 %	611%	13.9 %
America Latina	80.5%	2,86%	9.9 %
Nord America	93.4 %	222%	6.5 %
Medio Oriente	77.1%	6,19%	3.8 %
Oceania e Australia	70.1 %	301%	0.6 %
Totale Mondiale	67.9%	1,39%	100.0 %

Tabella 1. Statistiche di Utilizzo di Internet - Utenti mondiali di Internet e statistiche sulla popolazione nel 2023.

Il **Digital Divide**, ovvero l'allontanamento digitale, rappresenta una disparità nell'accesso e nell'uso delle tecnologie digitali, con conseguenze significative sulla società e sull'economia. Questo divario si manifesta a livello globale, con l'Africa e altre regioni meno sviluppate che soffrono di un accesso limitato a Internet e alle risorse digitali.

Anche a livello nazionale, come nel caso dell'Italia, esiste una disparità tra le regioni del nord e del sud del paese nell'uso di Internet e delle tecnologie digitali. Questo divario ha implicazioni culturali ed economiche significative e può contribuire ad aggravare le differenze socio - economiche tra le diverse regioni.

Per affrontare il Digital Divide, è necessario non solo migliorare l'accesso alla connettività Internet, ma anche fornire infrastrutture e risorse digitali a basso costo per garantire che anche le comunità più svantaggiate possano beneficiare delle opportunità offerte dalla rivoluzione digitale. Progetti come "One Laptop Per Child" (OLPC) nato nel 2005, mirano a fornire computer accessibili nelle aree meno sviluppate, consentendo ai giovani di queste regioni di accedere all'istruzione e alle risorse digitali.

Tuttavia, sono necessari maggiori investimenti da parte degli stati e delle aziende per affrontare efficacemente questa disparità e promuovere un accesso equo alle tecnologie digitali.

Dopo lo scoppio della bolla speculativa nel settore tecnologico nei primi anni 2000, si è verificato un temporaneo rallentamento della crescita della rete. Tuttavia, il continuo sviluppo di nuovi servizi e applicazioni ha mantenuto vivo l'interesse delle aziende e delle persone verso Internet e questo è evidente anche dal numero crescente di server collegati alla rete.

Il panorama delle applicazioni e dei servizi online è in continua espansione, poiché emergono nuove esigenze e nuovi modi di utilizzare la connettività e il World Wide Web. Questa crescita continua ad ampliare le possibilità di relazione e conoscenza degli utenti, grazie alla rete di connessioni in fibra ottica che costituisce il fondamento del World Wide Web. Questa trasformazione ha avuto un impatto irreversibile sul modo di vivere e lavorare, aprendo nuove opportunità e cambiando radicalmente le dinamiche sociali, economiche e culturali.

### 1.3 Tecnologie emergenti e attualità

L'informatica e l'Internet sono campi in continua evoluzione, guidati dall'innovazione tecnologica e dalle esigenze emergenti della società.

Ad oggi la digitalizzazione sta diventando il principale motore del progresso economico, sia in Italia che globalmente. La quarta rivoluzione industriale, caratterizzata dalla rapida espansione tecnologica, è guidata principalmente dall'interconnessione e dall'integrazione di tecnologie avanzate più promettenti, che stanno plasmando il presente e il futuro dell'informatica, come:

- **L'intelligenza artificiale (AI)**

Un campo interdisciplinare che si occupa dello sviluppo di sistemi e tecnologie in grado di eseguire compiti che richiedono tipicamente l'intelligenza umana, inclusa la capacità di apprendere, ragionare e risolvere problemi. Le applicazioni di AI includono il riconoscimento vocale, la visione artificiale, il machine learning e la robotica e si sono diffuse in molteplici settori come la sanità (diagnosi medica assistita da AI), l'automotive (guida autonoma), il customer service (chatbot), il marketing (personalizzazione delle offerte), e molti altri.

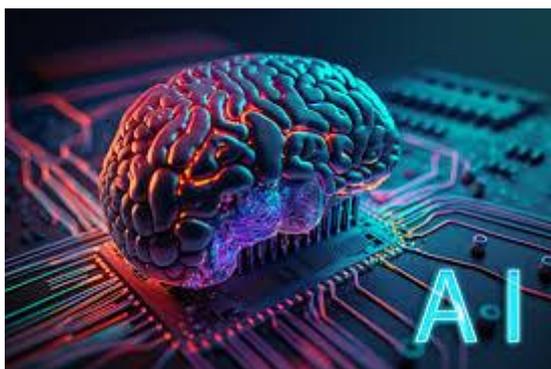


Figura 42. Intelligenza Artificiale

- **L'Internet delle cose (IoT)**

Una rete di dispositivi fisici, veicoli, edifici e altri oggetti incorporati con sensori, software e altre tecnologie per connettersi e scambiare dati con altri dispositivi e sistemi su Internet, in modo autonomo per automatizzare processi e migliorare l'efficienza, la comodità e la sicurezza.

I dispositivi IoT possono variare notevolmente in termini di dimensioni, complessità e funzionalità e possono includere componenti quali sensori di temperatura, umidità, movimento, luce, fotocamere e attuatori. Questi dispositivi possono essere integrati in una vasta gamma di applicazioni, tra cui (smart home), l'industria (manutenzione predittiva), la sanità (monitoraggio remoto dei pazienti), l'agricoltura (agricoltura intelligente), e molto altro ancora.

L'IoT si basa sull'uso di connessioni di rete, come Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LTE e altre tecnologie, per consentire la comunicazione tra dispositivi e sistemi remoti. I dati raccolti dai dispositivi IoT possono essere elaborati e analizzati per ottenere informazioni utili, ottimizzare processi e prendere decisioni informate.

Tuttavia, l'IoT ha dinanzi a sé diversi ostacoli da superare per garantire il suo successo e la sua adozione diffusa, come la sicurezza e la privacy dei dati, la gestione della complessità dei sistemi distribuiti e la standardizzazione delle tecnologie e dei protocolli di comunicazione.



Figura 43. Rappresentazione Internet delle Cose

- **Computazione Quantistica**

La computazione quantistica è un campo dell'informatica che utilizza i principi della meccanica quantistica per eseguire operazioni su dati. A differenza della classica computazione binaria, in cui i bit possono essere 0 o 1, i bit quantistici o "qubit" possono essere 0, 1 o entrambi contemporaneamente, grazie al concetto di sovrapposizione quantistica.

Questo fenomeno di sovrapposizione consente ai computer quantistici di eseguire molte più operazioni simultaneamente rispetto ai computer classici per la risoluzione di problemi complessi.

Le potenziali applicazioni includono la crittografia sicura, la simulazione molecolare, l'ottimizzazione dei processi, e la scoperta di nuovi materiali e farmaci.

Alcuni dei concetti chiave nella computazione quantistica includono l'entanglement quantistico, che permette a due o più particelle di essere strettamente correlate tra loro, e gli algoritmi quantistici, come l'algoritmo di Shor per la fattorizzazione di numeri interi e l'algoritmo di Grover per la ricerca non strutturata.

Sebbene ancora in fase di sviluppo, la computazione quantistica ha il potenziale per rivoluzionare settori critici come la sicurezza informatica e la ricerca scientifica.

- **La Realtà Aumentata (AR) e la Realtà Virtuale (VR)**

La realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) sono due tecnologie che hanno rivoluzionato il modo di interagire con il mondo digitale e l'ambiente circostante, offrendo esperienze immersive diverse. L'AR sovrappone elementi digitali al mondo fisico, arricchendo l'esperienza sensoriale degli utenti. L'esperienza dell'utente con l'AR consiste nel vedere ancora l'ambiente circostante, ma con l'aggiunta

di elementi virtuali che si integrano con esso. Questa tecnologia trova applicazioni in una vasta gamma di settori, tra cui giochi, educazione, assistenza industriale, navigazione e pubblicità interattiva. VR invece, crea un ambiente completamente immersivo, consentendo agli utenti di interagire con un ambiente simulato. Gli utenti indossano visori VR che bloccano completamente la vista del mondo reale e li trasportano in un ambiente virtuale, tramite sistemi audio e display incorporati, in cui possono interagire con gli oggetti e gli elementi digitali in modo realistico. La realtà virtuale trova applicazioni in settori come la simulazione, l'addestramento, l'intrattenimento, il turismo virtuale e molte altre aree che richiedono un'esperienza di immersione completa.



Figura 44. Rappresentazione Realtà Aumentata (AR) Realtà Virtuale (VR)

- **Il Cloud Computing**

Il cloud computing offre la possibilità di accedere a risorse informatiche, come server, archiviazione e software, su richiesta tramite Internet.

Questa tecnologia offre una gamma di modelli di servizio che includono cloud pubblici, privati e ibridi. Una delle caratteristiche chiave del cloud computing è la sua capacità di adattarsi dinamicamente alle esigenze degli utenti, che possono beneficiare di una maggiore flessibilità, scalabilità e riduzione dei costi, eliminando la necessità di gestire e mantenere infrastrutture IT complesse.

Nonostante i suoi numerosi vantaggi, la tecnologia presenta ancora preoccupazioni in termini di sicurezza dei dati, con il rischio di violazioni della privacy e perdite di dati sensibili. Inoltre, la dipendenza dalla connettività Internet può rappresentare un ostacolo, specialmente in aree con connessioni instabili o limitate.

- **La Blockchain**

La blockchain è un registro digitale decentralizzato e distribuito che registra le transazioni in modo sicuro e immutabile attraverso una rete peer-to-peer.

La sua natura decentralizzata fa sì che non esista un'autorità centrale che controlla la rete, ma piuttosto una rete distribuita di nodi che condividono e convalidano le transazioni.

Questo rende la blockchain resistente alla censura e all'alterazione, poiché qualsiasi modifica apportata a un blocco deve essere approvata dalla maggioranza dei nodi della rete. La blockchain è ampiamente

conosciuta per il suo utilizzo nelle criptovalute, come Bitcoin ed Ethereum, dove è utilizzata per registrare e verificare le transazioni finanziarie in modo sicuro e trasparente. Può trovare applicazione anche nella tracciabilità delle catene di approvvigionamento e nel voto elettronico sicuro.

La blockchain, inoltre, ha il vantaggio di offrire una maggiore sicurezza grazie alla distribuzione e crittografia dei dati, rendendola adatta per settori che richiedono integrità dei dati. Tuttavia, affronta sfide come la scalabilità, i costi energetici e la complessità tecnica.

Internet e le tecnologie sono ancora agli inizi di questa fase evolutiva, con la realtà aumentata proiettata come uno dei principali motori della sua futura trasformazione. Nei prossimi anni, si prevede che i visori AR diventino parte integrante della nostra vita quotidiana, rendendo l'accesso a Internet più immediato e senza soluzione di continuità rispetto ai dispositivi attuali. Questo porterà a una fusione totale tra mondo online e offline, con l'ambiente digitale integrato nella nostra esperienza fisica.

Il futuro più remoto di Internet potrebbe coinvolgere reti neurali che connettono direttamente la mente umana alla rete, consentendo interazioni avanzate e un'integrazione più profonda della tecnologia nella nostra coscienza.

La maggior parte degli esperti si è dimostrata ottimista riguardo al futuro di Internet, prevedendo miglioramenti nella condizione umana, purché si prendano decisioni importanti per la cooperazione, la sicurezza, i diritti fondamentali e la giustizia sociale.

Ciò implica l'adozione di politiche e regolamentazioni che bilancino l'innovazione tecnologica con la protezione dei cittadini, la privacy e la sicurezza.

Un esempio è la cooperazione internazionale, essenziale per affrontare le sfide transnazionali legate a Internet, come la sicurezza informatica e la lotta alla criminalità online. La tutela dei diritti fondamentali, tra cui la libertà di espressione e la privacy, richiede un'attenta considerazione delle implicazioni delle tecnologie digitali sulle libertà individuali. Inoltre, la regolamentazione del settore tecnologico può garantire che le aziende rispettino standard etici e morali, evitando abusi di potere o discriminazioni.

È importante che le politiche pubbliche siano guidate da valori di equità e inclusione, assicurando che Internet rimanga uno strumento accessibile a tutti, senza creare ulteriori disparità digitali.

Va quindi sottolineato che il futuro dipende dalle decisioni che vengono prese oggi riguardo all'impostazione e alla regolamentazione della rete.

### 1.3.1 L'influenza dello sviluppo informatico sui diversi settori: il passaggio da analogico a digitale

L'evoluzione tecnologica ha trasformato radicalmente il modo di interagire con il mondo circostante, dando vita a una vasta gamma di piattaforme e strumenti digitali divenuti indispensabili nell'uso quotidiano. La transizione dal secondo al terzo millennio è comunemente descritta come un passaggio dall'analogico al digitale, trattandosi in realtà più di un'integrazione e contaminazione tra le due modalità di trasmissione dell'informazione.

Per definizione, la digitalizzazione implica la conversione delle informazioni da un formato analogico continuo a un formato digitale discreto, consentendo campionamento, elaborazione, trasmissione e archiviazione attraverso dispositivi e algoritmi digitali.

La transizione dall'analogico al digitale non riguarda però solo la tecnologia, ma implica una rivalutazione del modo in cui è concepita la realtà, le cose e il loro utilizzo. Questo cambiamento si articola su tre livelli di analisi: il sistema produttivo generale, l'integrazione e la differenziazione dei media, e le ripercussioni sociali e culturali dell'avvento delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT).

A livello produttivo, la rivoluzione digitale con i computer e l'Internet ha semplificato la gestione delle informazioni in un mondo sovraccarico di dati.

Grazie alla digitalizzazione, è diventato più facile archiviare, accedere e condividere le informazioni.

Le piattaforme online consentono una comunicazione rapida ed efficiente, facilitando la collaborazione su progetti e la condivisione di risorse. I processi lavorativi possono essere automatizzati, riducendo gli errori e aumentando l'efficienza. Inoltre, la possibilità di raccogliere e analizzare grandi quantità di dati in tempo reale offre una migliore comprensione dei processi aziendali e dei clienti, guidando decisioni più informate. I finanziamenti verso l'industria dell'intrattenimento permisero di sperimentare rapidamente nuove tecnologie su un vasto pubblico dinamico. I videogiochi sono diventati strumenti di sperimentazione per l'interazione uomo-macchina, con applicazioni in settori come l'istruzione a distanza e il commercio elettronico.

Questa rivoluzione ha trasformato anche le comunicazioni, passando da un'interfaccia statica a un'interfaccia multimediale nell'informazione.

L'avvento delle tecnologie digitali ha ridefinito radicalmente il panorama dei media, trasformando quelli che erano i tradizionali mezzi di comunicazione in strumenti interattivi e multidirezionali. Internet ha giocato un ruolo chiave in questo cambiamento, consentendo agli utenti di passare da spettatori a produttori di informazioni. Le nuove tecnologie non solo rendono più efficienti le attività esistenti, ma aprono anche nuove opportunità e consentono la creazione di una "intelligenza collettiva" condivisa.

La cultura della comunicazione si è ristrutturata attorno a concetti come multimedialità, ipertestualità e interattività, dove il link è diventato una metafora centrale per il rapporto con la realtà quotidiana.

La digitalizzazione ha reso più economica la produzione industriale delle informazioni e ha ampliato i mercati e i modi di fruizione, portando a una globalizzazione delle telecomunicazioni ma anche a una personalizzazione estrema dei contenuti.

Le reti digitali hanno permesso una fruizione planetaria delle informazioni, ma al tempo stesso hanno favorito la segmentazione e l'individualizzazione dei contenuti. Questo cambiamento radicale al digitale ha dato vita a mondi collegati e ha trasformato l'informazione di massa in informazione personalizzata.

La multimedialità, inoltre, si estende anche agli oggetti fisici, non solo all'organizzazione dei contenuti. La rappresentazione digitale trasforma ogni forma di attività umana simbolica in istruzioni modificabili per controllare il comportamento di una macchina. Gli utenti moderni, influenzati dall'interfaccia e dall'ipertesto, modificano attivamente il flusso di informazioni selezionando, organizzando e reinterpretando i contenuti in base alle loro necessità e preferenze.

Questo coinvolgimento attivo ha reso il termine "spettatore" desueto, poiché chi utilizza Internet diventa un utente che costruisce attivamente il proprio flusso d'informazioni.

Infine, la transizione verso il digitale ha avuto profonde ripercussioni sociali e culturali. Ha contribuito a creare una nuova cultura tecnologica che promuove l'accesso alle merci high-tech e favorisce la familiarità con gli strumenti digitali. Questo cambiamento ha anche promosso un dialogo con diverse influenze culturali e ha generato nuove dinamiche all'interno del dibattito pubblico. Inoltre, ha modificato la percezione della realtà, rendendola più vicina al sentire tipico delle arti e spingendo verso una società più sintetica e interconnessa.

Nel Capitolo 4 di questa tesi, sulla scia delle evoluzioni tecnologiche di cui ampiamente discusso, andremo ad analizzare alcune delle tecnologie che più sono state impattanti e impattate nel percorso verso digitalizzazione e la sostituzione dell'analogico.

## 2. Teoria dell'innovazione e diffusione delle nuove tecnologie nel settore informatico

### 2.1 Teoria del dominant design

Il dominant design è una combinazione di componenti principali e concetti fondamentali di base che non variano significativamente da un'architettura di prodotto all'altra e consentono di soddisfare le esigenze di un mercato. (Abernathy & Utterback, 1978).

Piuttosto che massimizzare le prestazioni tecniche o alcune caratteristiche individuali, il dominant design tende a includere una combinazione di caratteristiche funzionali che soddisfano le richieste del mercato. (Teece, 1986).

È quindi il risultato di una traiettoria tecnologica che comprende una serie di decisioni tecniche sul prodotto che sono a loro volta limitate dalle scelte tecniche precedenti e dall'evoluzione delle preferenze del cliente. (Utterback & Suárez, 1993).

È applicato nel campo della tecnologia e dell'innovazione e descrive l'emergere di una soluzione tecnica, per le componenti e caratteristiche di un prodotto all'interno di un determinato settore o mercato. Diventa poi l'insieme di caratteristiche standard che le altre aziende adottano o cercano di contrastare.

Un dominant design può essere complesso, quindi composto da diversi dominant design elementari all'interno della gerarchia di un prodotto. (Clark, 1985). Ad esempio, il pc include altri elementi standard, quali le uscite usb o la tastiera qwerty. Lo standard, quindi, definisce l'unione fisica di due elementi compatibili. Sono necessari per progetti o prodotti complessi con componenti interdipendenti, o per prodotti con esternalità di rete che richiedono connessioni dirette o indirette tra loro. (Evans & Schmalensee, 2016)

### 2.2 Origine e sviluppo teorico del concetto di dominant design: Abernathy & Utterback (1975)

Il concetto di dominant design si è sviluppato a partire dalla seconda metà degli anni 70' grazie agli studi sull'innovazione industriale da parte di William J. Abernathy e James M. Utterback.

Secondo la loro teoria in molti settori esiste la possibilità di prevedere un cambiamento tecnologico, che porterebbe a seguito di una serie di progetti concorrenti, all'individuazione di un progetto dominante rispetto agli altri.

Affermarono inoltre che, le caratteristiche del processo innovativo sono variabili e influenzate da diverse caratteristiche quali la tecnologia di prodotto, il processo produttivo dell'azienda e le sue strategie inerenti alla competizione e la crescita della stessa. Un dominant design non è sempre quello dotato di maggiore "forza tecnologica", quanto più quello legato alla nozione di "standard". Lo standard è visto in gran parte come il risultato di una battaglia tra diverse alternative tecniche (come diverse architetture informatiche), in contrapposizione alla nozione più ampia che si ha in mente con il concetto di dominant design. (Suárez & Utterback, 1995)

La teoria inizialmente non prendeva in considerazione i diversi aspetti dell'innovazione. Il modello si focalizzava solamente sull'industria di produzione di prodotti assemblati, escludendo l'industria di processo o servizi, creando quindi delle lacune nella gestione di variabili fondamentali per il presente o per il futuro.

Per quanto limitata, questa teoria determinò una svolta per l'epoca in quanto fino a quel momento le ricerche e gli studi sull'argomento erano di tipo descrittivo, prive di fondamenti teorici, evidenziando

tendenze innovative con variabilità approssimativa senza fornire motivazioni valide sul perché erano osservate.

È importante, per la definizione del dominant design, svolgere analisi approfondite per quanto riguarda: il mercato, la tecnologia e le risorse complementari. Alcuni fattori avranno minore e/o maggiore rilevanza a seconda dello scenario in cui si sta agendo.



Figura 45. Il processo decisionale nella battaglia per il design dominante.  
Fonte: Battle for dominant design: A decision-making model

Il modello collega concetti quali innovazione, strategia competitiva e lo stato di sviluppo di processo grazie all'ulteriore fusione di due linee di indagine, da reputare separate ma complementari, che i due autori hanno esplorato in maniera autonoma.

Per quanto riguarda la prima linea, è possibile affermare che si sia focalizzata sul legame tra ambiente competitivo di una determinata impresa e gli obiettivi che guidano il modello di innovazione che l'azienda persegue. Parliamo di: massimizzazione di prestazioni e vendite, ma minimizzazione dei costi.

La seconda linea ha esaminato il legame tra l'evolvere delle caratteristiche del processo produttivo di un'impresa e il tipo di attività di inventiva in cui è impegnata.

L'idea di base sottostante il modello, data dall'analisi di un determinato processo produttivo, è che esso si sviluppi nel tempo verso un livello di produttività in output crescente: aumenta l'intensità del capitale, la produttività migliora attraverso la specializzazione ed una migliore divisione del lavoro, il design di prodotto e la progettazione diventano più standardizzate e il flusso di materiali all'interno del processo assume una qualità di flusso più lineare.

Fondamentale specificare che l'analisi non si focalizza unicamente o necessariamente sull'azienda, bensì sul processo produttivo complessivo impiegato per la creazione di un prodotto. L'idea centrale del modello è che un processo produttivo tende ad evolvere e cambiare nel tempo in modo consistente e tracciabile.

È stato proposto un modello di sviluppo del processo, comune nei diversi settori analizzati, suddivisibile in tre fasi di sviluppo che possono essere identificate in base alle caratteristiche dei fattori produttivi:

- 1. Fase fluida o non coordinata:** sia il prodotto sia il processo subiscono alti tassi di cambiamento e c'è elevata diversità tra i vari competitors. In questa fase, il processo viene definito "fluida" o "non

coordinato”, con collegamenti instabili tra i vari elementi che costituiscono il processo, caratterizzato perlopiù da operazioni manuali e non standardizzate. Il sistema produttivo risponde facilmente ai cambiamenti del settore, restando però decisamente inefficiente.

- 2. Fase di transizione o segmentale:** il processo produttivo inizia a crescere, il prodotto acquista maturità e la competizione a livello di prezzi diventa più intensa. Le operazioni diventano più specializzate, emergono routine aziendali e il sistema produttivo aumenta di efficienza grazie all’integrazione dell’automazione e di controlli accurati e rigidi del processo. Alcuni sottoprocessi possono essere altamente automatizzati, mentre altri rimangono sostanzialmente manuali avendo come risultato un processo produttivo con una qualità piuttosto “segmentata”.
- 3. Fase specifica o sistemica:** gli investimenti nelle imprese aumentano in modo significativo e lo sviluppo dei processi produttivi raggiunge un elevato livello di efficienza, rendendo sempre più difficili i miglioramenti a livello del processo. Il processo risulta così ben integrato che anche le più piccole modifiche su altri aspetti comporterebbero costi elevati, poiché anche un piccolo cambiamento ne comporta altri in diversi elementi del processo o nel design del prodotto creando una situazione a cascata.

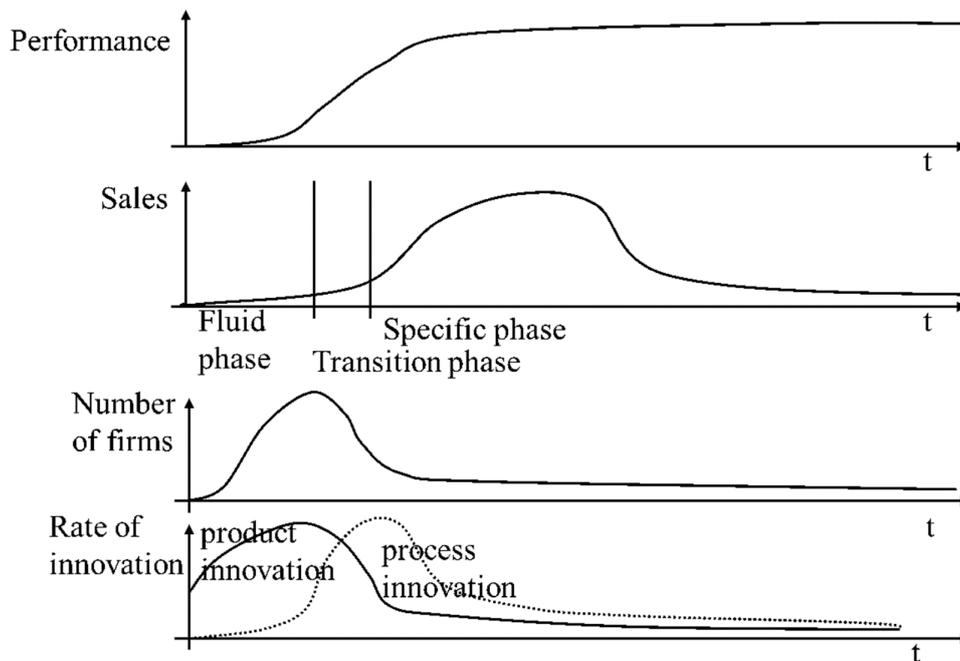


Figura 46. Il modello di Abernathy e Utterback" *Management of Innovation and Product Development*. Cantamessa M, Montagna F (2015).

L’innovazione di un prodotto è una nuova tecnologia o una combinazione di tecnologie introdotte commercialmente per andare incontro ad un bisogno di un segmento di mercato. L’idea sottostante il modello proposto da Abernathy e Utterback è che i prodotti sono sviluppati nel tempo prevedibilmente, soffermandosi inizialmente sulle performance del prodotto (Performance maximizing), successivamente sulla varietà del prodotto (Sales maximizing) ed infine sulla standardizzazione e la riduzione dei costi (Cost minimizing):

- **Performance Maximizing:** l’azienda cerca di introdurre un prodotto tecnologicamente molto avanzato. L’attenzione è concentrata con maggior enfasi sull’unicità e sulle sue performance. La tecnologia risulta ancora acerba e con prestazioni carenti, con conseguente richiesta bassa sul mercato. Si suppone che il settore sia composto da poche aziende, nuove e di piccole dimensioni oppure aziende più longeve

che entrano in un nuovo mercato sfruttando i punti di forza della tecnologia che possiede. A questo punto le aziende inizieranno ad entrare nel settore, anche se ancora caratterizzato da bassi profitti, poiché sarà visto con una prospettiva promettente. Ogni azienda possiede competenze e risorse accumulate precedentemente che portano ad un'elevata gamma diversificata di soluzioni; il mercato a questo punto è mal definito, i prodotti mancano di standardizzazione e il processo produttivo risulta rudimentale. Questo corrisponde alla fase fluida.

L'innovazione è guidata o indotta da nuovi bisogni del mercato (o opportunità) e per risultare efficace è necessario che si identifichino scrupolosamente i requisiti del prodotto piuttosto che aumentare le prestazioni attraverso nuovi risultati scientifici o tecnologie più avanzate.

- **Sales Maximizing:** è la fase in cui si presume che produttori e consumatori finali abbiano una certa esperienza con tecnologia e sul prodotto, così da ridurre considerevolmente l'incertezza di mercato. L'enfasi è posta sulla differenziazione, aumentando la competizione e permettendo così, per alcuni design di prodotto, di cominciare ad essere un punto di riferimento per il settore. Come risultato si ha quindi un'ampia diversità di prodotto o l'introduzione di nuovi componenti. Questa fase di innovazione del prodotto è correlata all'incirca alla fase di transizione dello sviluppo di processo. Un forte incremento della domanda di output potrebbe portare a cambiamenti a livello di processo che possono essere stimolati da un forte incremento di domanda in output, provocando discontinuità all'innovazione di processo e, questa discontinuità, produce la richiesta di un nuovo assetto organizzativo come risposta delle variazioni a livello produttivo o nel design del prodotto.
- **Cost Minimizing:** Il mercato in questa fase risulta ben definito, l'enfasi è posta sul ciclo di vita del prodotto che evolve risultando più standardizzato e riducendo la varietà di prodotto. La concorrenza in questa fase avviene soprattutto a livello di prezzo, riducendo i margini di profitto e il numero di aziende operanti all'interno del settore, che diventa di fatto un oligopolio in cui grande importanza assumono efficienza ed economie di scala. Si passa così dall'innovazione di prodotto a quella di processo. Il settore manifatturiero e la produzione diventano maggiormente "capital intensive", con l'obiettivo di ridurre i costi degli elementi di produzione. In questa fase, correlata alla fase specifica di sviluppo del processo, ogni cambiamento comporta ingenti modifiche nel prodotto e nel processo con costi elevati e rendimenti piuttosto marginali. L'innovazione avviene soprattutto a livello dei fornitori che possono godere di incentivi migliori ed essere adottati dalle grandi imprese che operano nel settore.

Questo concetto ha il vantaggio di distinguere tra i modelli inventivi di diverse imprese in un settore in un particolare momento e quelli di una data impresa in momenti diversi a seconda della strategia competitiva dominante.

Il grafico sottostante descrive la relazione tra lo stadio di sviluppo di un segmento, considerando sia l'innovazione di prodotto che di processo, ed il tasso di innovazione stessa.

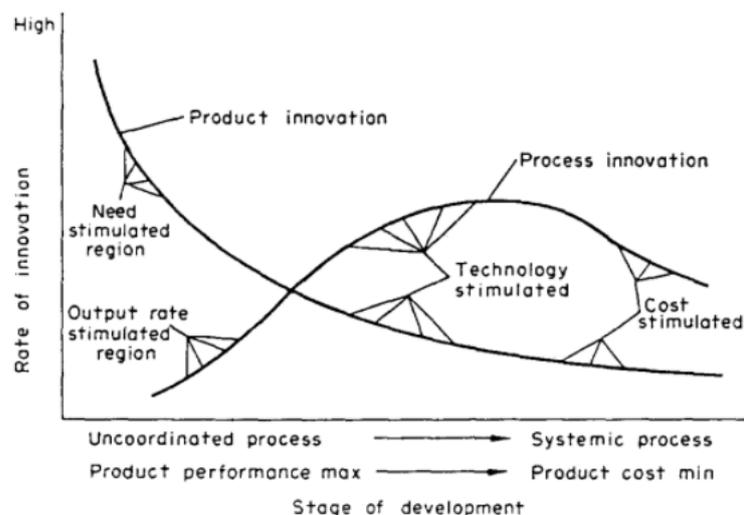


Figura 47. Innovazione e sviluppo delle fasi. Fonte: *A Dynamic Model of Process and Product Innovation*, W.J. Abernathy, J.M. Utterback, 1975

I cambiamenti, per quanto riguarda il tasso dell'innovazione, sono mostrati sull'asse verticale, mentre, quelli relativi alla fase di sviluppo del processo e del prodotto sull'asse orizzontale. Il grafico, in questo modo, implica una progressione ordinata e uniforme dello sviluppo di prodotti e processi, della standardizzazione e dell'aumento del volume delle vendite.

I segmenti di processo che mostrano i più alti tassi di miglioramento della produttività sembrano effettivamente progredire rapidamente attraverso le fasi indicate.

Durante la fase di transizione l'industria si stabilizza su un'unica architettura di prodotto, riconosciuta come il *dominant design emerged*.

Considerando il grafico della curva a S dell'evoluzione delle prestazioni, ciò che risulta è una crescita vertiginosa: le prestazioni del prodotto incrementano grazie allo sforzo congiunto di tutti i concorrenti sul mercato che ora condividono lo stesso *dominant design*. Tutti tenderanno ad imitarsi a vicenda producendo un avanzamento cumulativo.

Il risultato del miglioramento delle prestazioni e del prodotto comune reso più riconoscibile è l'aumento dell'adozione da parte dei clienti, con conseguente aumento delle vendite.

Questo evento innesca il **primo shakeout**: il numero di imprese attive comincia a diminuire, le aziende le cui risorse e capacità non rispondono al *dominant design* emerso, si trovano ad affrontare un'uscita forzata dal settore o un ritiro in settori specializzati in cui possono ancora competere. L'aumento delle vendite e questo primo mutamento del settore implicano che l'impresa sopravvissuta vedrà tassi di crescita migliori rispetto all'intero mercato.

Sebbene possano percepirla come una buona notizia, essa può rappresentare anche una sfida importante e non tutte le aziende saranno in grado di mantenere tassi di crescita così rapidi. Trovare manager capaci nella gestione, che va dall'espansione del personale, sviluppare un'organizzazione sostenibile e consolidata, fino a generare fondi per poter finanziare gli impianti di produzione e il capitale circolante risultano solo come alcune delle sfide che devono essere superate. Di conseguenza, come effetto "naturale", molte aziende falliranno nel compimento di questo sforzo, perpetuando il dissesto e favorendo l'espansione dei sopravvissuti.

Nella fase successiva, denominata **fase specifica**, avviene un **secondo shakeout**.

Quando in un mercato la domanda risulta in aumento, le aziende tenderanno a competere sul prezzo e sulle quantità. Di conseguenza, sposteranno la loro attenzione dall'innovazione di prodotto a quella di processo.

Prima dell'introduzione del concetto di dominant design, le vendite ridotte e l'imprevedibilità del prodotto rendevano le aziende meno interessate alla produzione. Una volta che il design dominante del prodotto è stabile, con conseguente aumento della domanda, sviluppare il processo diventa tecnicamente pratico e strategicamente significativo.

Le aziende creeranno macchinari ad alta intensità di capitale e specifici per prodotto ormai ottimizzati, consentendo sia notevoli economie di scala che maggiore qualità: ne conseguiranno costi di produzione più bassi, prezzi più bassi e una maggiore domanda.

Questo nuovo processo ottimizzato accelera lo shakeout poiché determina un MES (Scala Minima Efficiente). Questo è tradotto tipicamente come un oligopolio.

## 2.3 Evoluzione teorica del concetto di dominant design

Negli anni successivi al lavoro originale, Abernathy e Utterback realizzarono un altro elaborato chiamato "*Patterns of Industrial Innovation*" in cui analizzarono l'evoluzione di diversi settori produttivi efficienti, come ad esempio quei settori che si occupavano della produzione di lampadine, carta e acciaio, aventi alti volumi di produzione, un mercato di riferimento ben definito, margini di profitto unitari bassi e competizione basata principalmente sul prezzo.

Il risultato della loro analisi fu una considerazione trascurata nei passati studi sull'innovazione.

Ne hanno ricavato che l'innovazione può anche essere interpretata come **incrementale**. Questo implicherebbe semplicemente il miglioramento di prodotti e/o processi esistenti senza causare la creazione di nuovi paradigmi tecnologici, ma migliorando comunque l'efficienza dei fattori produttivi e la competitività del settore, un aspetto minore ma fattore frequentemente ignorato nei precedenti studi sull'innovazione che implicavano che l'innovazione si manifestasse solo come un nuovo prodotto sul mercato. Questo tipo di innovazione è definita **radicale**.

A seguito di queste analisi, i ricercatori hanno scoperto una forte correlazione tra le innovazioni che coinvolgono grandi settori produttivi e gli innumerevoli piccoli miglioramenti nella catena produttiva delle imprese più piccole, sia in termini di riduzione dei costi che di miglioramento delle prestazioni del prodotto finito, che vengono poi sfruttate dalle grandi imprese nel monopolizzare il mercato.

Questo fenomeno avviene in settori per lo più altamente specializzati, dove le economie di scala ed un mercato fatto di alti volumi sono estremamente importanti e allo stesso tempo, aumentano considerevolmente il costo di effettuare un cambiamento diretto.

È diverso quando si parla di innovazione radicale: lo sviluppo di nuovi beni che richiedono il riallineamento degli obiettivi aziendali o delle strutture produttive tende a far emergere organizzazioni esterne alla catena di produzione, dedicate a un determinato sistema produttivo.

Caratteristiche simili sono state riscontrate nell'analisi delle innovazioni radicali. È risaltato il fatto che questa tipologia di imprese si trovino tipicamente vicine a mercati con solide università di ricerca scientifica, capaci di supportare imprese imprenditoriali o istituti di ricerca accademica.

Il vantaggio competitivo che ne risulta dai nuovi beni si basa sulla superiorità delle prestazioni piuttosto che sui bassi costi di avvio, il che si traduce in profitti unitari molto maggiori. Le prestazioni iniziali in questo contesto difficili da comprendere e interpretare, di conseguenza, i clienti sono fondamentali nel definire le qualità del prodotto poiché hanno una consapevolezza più "intima" dei requisiti del prodotto.

Questa ambiguità riguardo le prestazioni del prodotto incoraggia l'innovazione nelle piccole imprese note per la loro elevata flessibilità tecnica, capacità di cambiamento esterno e interazioni positive con l'ambiente circostante.

Quando un nuovo prodotto crea un nuovo mercato e viene richiesto sempre da più consumatori che vogliono soddisfare un bisogno emergente, l'azienda aumenta notevolmente in proporzioni e comincia a

spendere le sue risorse per migliorare la produzione, il marketing e i metodi di distribuzione. Questa catena di eventi permette il passaggio dall'innovazione radicale all'innovazione incrementale. Il cambiamento è strettamente legato allo sviluppo del dominant design del prodotto, considerata dai due teorici Abernathy e Utterback come la "milestone" della transizione da radicale ad incrementale, con l'effetto di rafforzare la standardizzazione del prodotto, favorire lo sviluppo di economie di scala ed incentivare la competizione tra le aziende sulla base dei costi come sulle performance del prodotto. Secondo i due teorici, un dominant design probabilmente possiederà una o più di queste qualità: applicato ad una tecnologia, il dominant design elimina i vincoli tecnologici che precedentemente limitano la prior art senza imporne di nuovi; aumenta il valore di potenziali innovazioni in altri elementi del prodotto o del processo; se applica il prodotto assicura l'espansione in nuovi mercati. E per la prima volta, si ha una definizione del dominant design: "una singola architettura che stabilisce un dominio nella categoria di prodotto".

A seguito di un ulteriore studio realizzato singolarmente, *"The productivity dilemma: roadblock to innovation in the automobile industry"*, Abernathy fornisce un'analisi molto dettagliata dei cambiamenti tecnologici avvenuti negli USA, in maniera specifica nel settore dell'automobile; questa analisi ha portato a considerazioni molto importanti sulla produttività, specialmente sul suo miglioramento che comporta tanti benefici quanti costi effettivi.

Inoltre, analizzando i compromessi tra produttività e innovazione, si è ricavato che elevati livelli di produttività fornirebbero guadagni nel breve termine ma potrebbero comportare inefficienza della capacità innovativa dell'azienda, in quanto le condizioni necessarie per un'innovazione tempestiva sono molto differenti da quelle per supportare alti livelli di efficienza produttiva. Il rapporto individua anche l'impatto delle variabili istituzionali nella definizione dell'approccio del settore all'efficienza e all'innovazione, come per esempio la regolamentazione governativa e i sindacati. Risulta che l'influenza delle istituzioni ha spesso rafforzato l'enfasi sulla produttività del settore anziché sull'innovazione.

Abernathy afferma che l'industria, per affrontare il dilemma della produttività, dovrebbe adottare un metodo di produzione flessibile e decentralizzato, che permetta una maggiore possibilità nella sperimentazione e nell'innovazione. Questo richiederebbe aggiustamenti nelle strutture organizzative, nei metodi gestionali e negli assetti istituzionali.

Abernathy elabora inoltre, una rivisitazione dell'andamento dell'innovazione di processo e di prodotto a seconda della fase di sviluppo, rispetto a quella illustrata nel modello realizzato con Utterback: l'emergere di un dominant design porta ad una riduzione dell'innovazione di prodotto (il prodotto è stabile rispetto l'architettura di progettazione dominante). L'innovazione del processo aumenta e aumenta anche l'efficienza complessiva del processo, fino al raggiungimento di un livello considerato ottimale. Dopo aver raggiunto il livello massimo di innovazione di processo, il tasso di innovazione diminuisce fino al raggiungimento, nel lungo periodo, del corrispondente tasso di innovazione di prodotto.

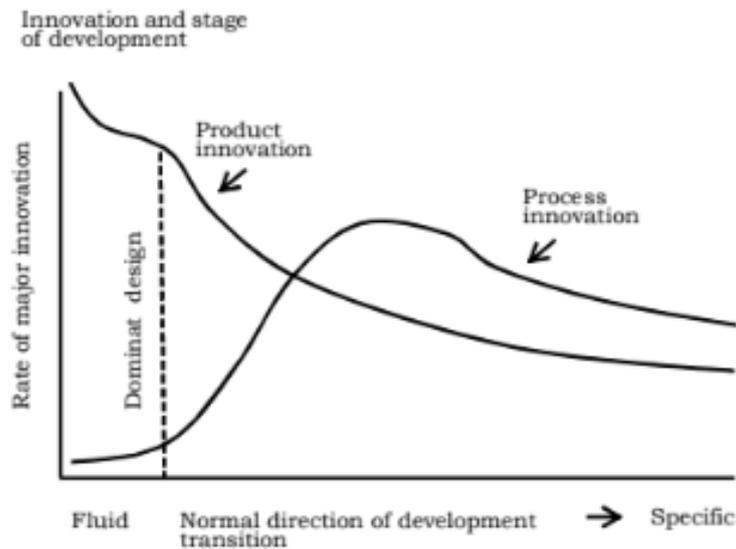


Figura 48. Innovazione e sviluppo delle fasi. Fonte: *Productivity dilemma: Roadblock to innovation in automobile industry*, W.J. Abernathy, 1978

Guardando al grafico è possibile individuare che: la linea verticale tratteggiata indica l'avvento del dominant design che ha effetti su entrambe le curve. Una volta stabilito, l'innovazione legata alla performance del prodotto decresce marginalmente mentre l'innovazione di processo subisce un'impennata, in quanto i processi produttivi aumentano in efficienza e possono beneficiare di economie di scala fino a quando raggiungono un livello di produttività ottimo che conseguentemente, farà diminuire il tasso di innovazione di processo che decresce fino a quasi equalizzarsi con il tasso di innovazione del prodotto.

Negli anni '90, Anderson e Michael L. Tushman pubblicano *"Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change"* in cui mostrano i risultati delle analisi condotte sulla storia dell'evoluzione di diversi prodotti e propongono un modello in cui una svolta tecnologica, o discontinuità, dà inizio a un'era di intensa variazione e selezione tecnica, culminando in un unico dominant design. Due sono le tipologie di discontinuità tecnologica: "competence enhancing" e "competence destroying".

Tipica dell'innovazione radicale è una discontinuità di tipo "competence destroying", che rende obsoleto l'esperto richiesto per padroneggiare la tecnologia che sostituisce quella precedente. Una discontinuità di tipo "competence enhancing", tipica invece dell'innovazione incrementale, si basa sul know-how insito nella tecnologia che viene sostituita. Questa tipologia di innovazione introduce nuovi parametri tecnici aumentando il livello ottimo di performance raggiungibile, lavorando sul paradigma tecnologico già presente senza renderlo obsoleto.

Gli autori sostengono che il cambiamento tecnologico avviene in cicli costituiti da tre fasi:

1. Fase discontinua tecnologica
2. Tecnologia dominante emerge
3. Fase di cambiamento incrementale

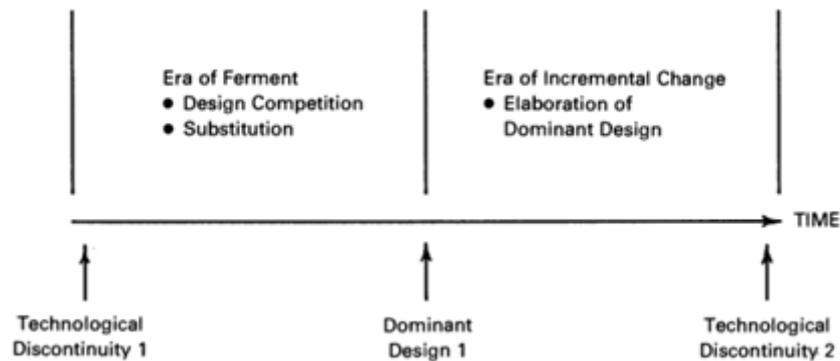


Figura 49. Il Ciclo Tecnologico. Fonte: *Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change*

Un'innovazione rivoluzionaria, o **discontinua**, è caratterizzata dall'emergere di una nuova tecnologia o design che stravolge il dominant design esistente. Questo cambiamento porta ad una rapida innovazione e sperimentazione, avviando un'**era di fermento** in cui la competizione tra le variazioni porta alla definizione di un'unica configurazione dominante della tecnologia.

Questa nuova configurazione, quindi il dominant design, sarà ampiamente accettato e introdotto dall'industria. Le variazioni più importanti sono preservate dall'evoluzione incrementale, fino al momento in cui un nuovo progresso discontinuo non avvia un nuovo ciclo: variazione, selezione e conservazione.

Dalla figura 49 si evince che i momenti chiave sono: la fase di discontinuità tecnologica e i progetti dominanti, che permettono di delimitare epoche di fermento ed epoche di **cambiamento incrementale**. L'introduzione di un processo radicale in una data classe di prodotto ne provoca l'aumento della variabilità interna. Un'innovazione rivoluzionaria risulta primitiva e sperimentale quando introdotta, ma porta a un'era di corsa alla sperimentazione in cui le organizzazioni lottano per assorbire, o distruggere, la tecnologia innovativa. Questo periodo è definito dai due teorici come di "fermento" in quanto caratterizzato da due processi di selezione: competizione tra i regimi tecnologici preesistenti e competizione nell'ambito del nuovo regime tecnologico. Questo periodo di variazione e incertezza tra le classi di prodotto termina con l'emergere di un dominant design.

Una volta emerso il dominant design, i futuri progressi tecnologici consisteranno in miglioramenti incrementali della tecnologia esistente fino alla comparsa di una nuova discontinuità tecnologica che può comportare un ulteriore cambiamento del paradigma tecnologico.

Gli autori, inoltre suggeriscono di prestare attenzione alla natura ciclica del cambiamento tecnologico, in quanto capace di importanti implicazioni per le imprese e le industrie. Le aziende devono essere consapevoli del potenziale di discontinuità tecnologiche ed essere pronte ad adattare le proprie strategie e strutture in risposta. Suggestiscono inoltre che le industrie devono essere aperte e predisposte alla sperimentazione e all'innovazione e che devono essere disposte ad abbracciare nuove tecnologie e progetti per rimanere competitive sul mercato.

Tushman e Anderson hanno valutato le discontinuità tecnologiche come un **miglioramento delle competenze** o **distruzione di competenze**. Una discontinuità che distrugge le competenze, tipica di un'innovazione radicale, rende obsolete le competenze necessarie per padroneggiare la tecnologia che andrà a sostituire, mentre una discontinuità che migliora le competenze, tipica di un'innovazione incrementale, si basa sul know-how incorporato nella tecnologia che andrà a sostituire. Questo tipo di innovazione introduce nuovi parametri tecnici aumentando il livello ottimale di prestazioni raggiungibili, lavorando sul paradigma tecnologico esistente senza renderlo obsoleto.

Un aspetto molto importante e non trascurabile emerso dal lavoro di Tushman e Anderson è la definizione del primo metodo empirico per identificare un dominant design: un design è dominant se acquisisce più del 50% del market share della categoria di prodotto e lo mantiene per almeno 4 anni consecutivi.

Nel lavoro di Utterback e Suárez del 1993 dal titolo *"Patterns of Industrial Evolution, Dominant Designs and Firms"* per la prima volta vi è la definizione di "dominant design" indipendente dai suoi effetti.

Il dominant design è descritto come: il percorso specifico, lungo la gerarchia di progettazione di un settore industriale che stabilisce quale percorso ha il predominio tra i percorsi di design concorrenti, considerando anche l'influenza dei fattori tecnici. Però, il dominant design che emerge in ciascun settore non è necessariamente il risultato ottenuto esclusivamente da potenzialità tecniche, ma anche da tempistiche, risorse collaterali e altre circostanze. Quindi, la traiettoria e i percorsi di progettazione sono influenzati sia da fattori tecnici che di mercato.

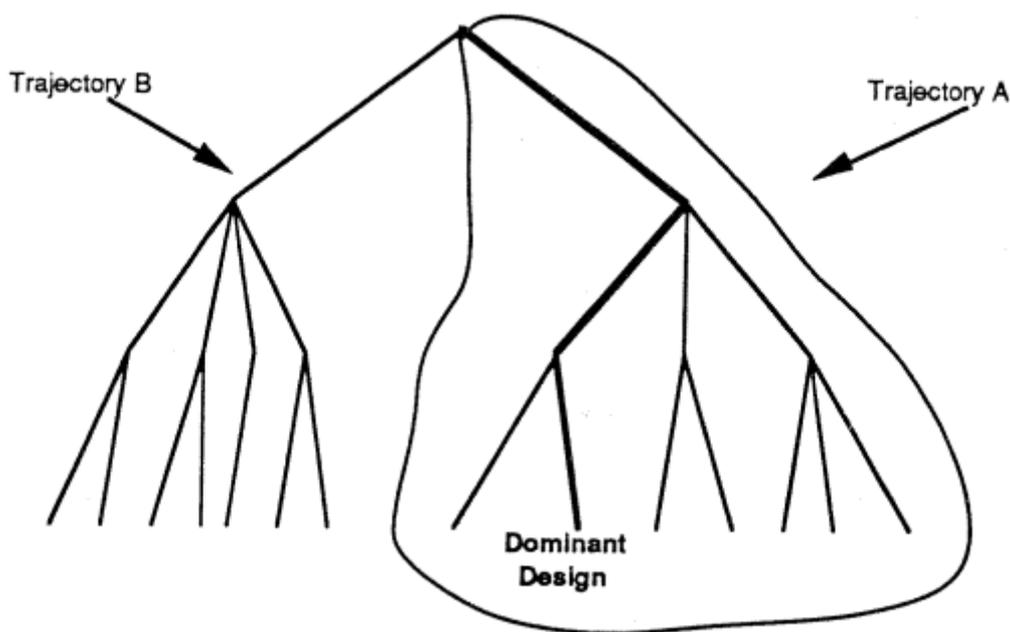


Figura 50. Gerarchie di progettazione e dominant design. Fonte: *Patterns of Industrial Evolution, Dominant Designs and Firms' Survival*, W.J. Abernathy, F. Suarez, 1993

Questo elaborato diede un grande contributo teorico e di rilievo sul concetto di dominant design: i due studiosi affermano, in riferimento alle diverse classi di consumatori, che un dominant design rappresenta le esigenze di molte classi di utenti di un particolare prodotto, anche se non può soddisfare le esigenze di una particolare classe nella stessa misura di un design personalizzato. Inoltre, affermano che un dominant design non è necessariamente quello che incarna le prestazioni tecniche più estreme: infatti, l'emergere di un dominant design è il risultato di una fortunata combinazione di fattori tecnologici, economici e organizzativi.

Quindi, affinché un design sia dominante o ritenuto uno standard, richiede un elevato grado di sperimentazione e una fitta collaborazione tra produttori e utenti, rappresentando un punto di svolta nella vita di un dato settore.

Utterback e Suarez, inoltre, hanno classificato una determinata tipologia di fattori non tecnologici in grado di impattare significativamente la creazione e lo sviluppo di un dominant design.

I fattori risultano essere:

- 1. Possesso di attività complementari/collaterali:** tipologie di attività che hanno un ruolo di rinforzo reciproco con il dominant design. Possono aiutare un'azienda a imporre il suo design come dominante e, viceversa, il design dominante può aiutare un'impresa ad accumulare attività complementari/collaterali ad un ritmo maggiore rispetto al precedente;

2. **Regolamentazione del settore ed interventi governativi:** hanno il potere di determinare quale design far prevalere rispetto ad altri;
3. **Manovre strategiche a livello aziendale:** la strategia adottata dalle aziende concorrenti può contribuire alla definizione di un dominant design;
4. **Esistenza di esternalità di rete o dell'effetto Bandwagon:** possono stimolare o accelerare l'emergere di un dominant design. In questo caso, le imprese capaci di raggiungere alti volumi di produzione e vendita rispetto ai loro competitors avranno più possibilità di vincere la battaglia per imporre il prodotto dominante.
5. **Gestione della connessione utente-produttore:** questo tipo di design è in parte il frutto dell'apprendimento del mercato; quindi, l'interazione ravvicinata con gli utenti durante le fasi iniziali di sperimentazione aiuta le aziende a identificare le caratteristiche del prodotto ricercate dai consumatori, consentendo loro di integrarle nei propri progetti.

Gestione della comunicazione tra utenti e produttori: il "market learning" è molto importante e un punto saliente nella definizione di dominant design: un buono scambio tra consumatori e produttori permette all'azienda di definire le caratteristiche del prodotto più richieste e integrarle nel proprio design.

In un lavoro successivo, Utterback, Suarez e Christensen, intitolato "*Strategies for Survival in Fast-Changing Industries*", analizzano minuziosamente l'evoluzione di uno specifico settore industriale, ovvero quello dei rigid disk drive, definendolo come modo alternativo al precedente dominant design: "un dominant design emerge in una categoria di prodotto quando le specifiche di design del prodotto (che consistono in una singola o un gruppo di elementi del design) definiscono l'architettura della categoria di prodotto, ovvero la relazione tra i suoi elementi".

## 2.4 Critica al concetto di Dominant Design

Come precedentemente anticipato, il modello iniziale proposto da Abernathy e Utterback riguardava **esclusivamente** i settori inerenti alla produzione di **prodotti discreti**, composti da una serie di elementi per il quale è definibile un'architettura, non considerando prodotti e servizi continui.

Oggi, la digitalizzazione pervasiva in vari settori mette in discussione il tradizionale modello proposto da Abernathy e Utterback. Il modello originale era fondato su un'**architettura rigida**, derivante da investimenti specifici in beni materiali o immateriali. Questa teoria va in contrasto con molti prodotti contemporanei, orientati alla tecnologia digitale che si caratterizzano per un elevato grado di modularità. In altre parole, essi si basano su componenti funzionalmente indipendenti, in grado di interagire tramite interfacce ben definite, sia specifiche che non specifiche.

Grazie alla tecnologia digitale, le imprese hanno la possibilità di selezionare direttamente gli elementi funzionali, e la loro combinazione richiede un lavoro di integrazione limitato, facilitando così lo sviluppo di una vasta gamma di prodotti. A differenza del modello originale, gli effetti dell'apprendimento organizzativo e delle economie di scala si manifestano a livello dei singoli componenti, anziché a livello del prodotto complessivo. Questa dinamica implica che non sarebbe altrettanto evidente l'emergere di un design dominante al livello più alto del prodotto, ma potrebbe manifestarsi in modo più visibile a livello dei singoli componenti.

Inoltre, le barriere all'ingresso, le scosse, gli effetti di lock-in e i fenomeni di integrazione verticale potrebbero ridursi in intensità.

Il modello Abernathy - Utterback vede il mondo dei beni separato a quello dei servizi, presentando quindi la carenza di un adeguato strumento interpretativo per affrontare in modo chiaro lo scenario dei prodotti-servizi. In virtù dei pochi studi inerenti a questa tematica (Cusumano, 2006), si prevede come "terza ondata di innovazione" quella dei servizi.

L'idea a cui attualmente si è arrivati è che in un insieme composto da prodotti e servizi, uno dei due prevarrà sull'altro e permetterà la determinazione del dominant design mentre l'altro fungerà da bene complementare.

Prevedere quale dei due elementi assumerà un ruolo centrale e quale avrà una funzione di supporto è complesso, ma si possono rilevare indizi, e il loro relativo ruolo, esaminando aspetti come:

- Standardizzazione
- Modularità
- Economie di Scala
- Effetti di Apprendimento

L'idea fondamentale di un design dominante rimane uno strumento utile per l'analisi dei sistemi tecnologici, ma gli accademici persistono nell'esplorare diverse modifiche ed espansioni di questo concetto in risposta ai continui progressi e alle nuove sfide emergenti.

Ad oggi possiamo dire che, il concetto di design dominante è progredito, passando da uno strumento per comprendere l'evoluzione tecnologica a una raccolta più ricca e complicata di teorie e modelli.

## 2.5 Applicazione della teoria del Dominant Design al settore informatico

Quello che segue è una contestualizzazione di alcuni dei principali sviluppi nella teoria del dominant design che hanno predominato nel settore informatico.

Per ogni concetto teorico trattato nei precedenti paragrafi saranno proposte contestualizzazioni per quanto riguarda le applicazioni nel settore informatico. Gli argomenti sono stati raggruppati in quattro macrocategorie, in base al tema affrontato e alla relativa applicazione in campo reale.

### 1. Cicli Tecnologici

Come precedentemente affermato, il concetto di dominant design è stato sviluppato ed è attribuibile agli studi eseguiti da Abernathy e Utterback (Utterback e Abernathy, 1975; Abernathy, 1978; Abernathy e Utterback, 1978). Secondo i loro studi, le imprese devono essere in grado di adattarsi e affrontare le sfide legate a ciascuna fase del ciclo, dal momento che le strategie di gestione dell'innovazione devono cambiare a seconda del contesto tecnologico prevalente. Quindi l'evoluzione non risulta casuale, ma segue uno schema ciclico di variazione, selezione e ritenzione.

#### • **Innovazione radicale e incrementale (Abernathy & Utterback, 1978):**

L'innovazione radicale, si riferisce a cambiamenti sostanziali e discontinuità tecnologica rispetto alle tecnologie esistenti. Questa forma di innovazione introduce qualcosa di completamente nuovo, spesso generando un cambiamento significativo nelle dinamiche del mercato. Come, per esempio, riferendosi più precisamente per personal computer, alla fine degli anni 70' emersero nuove tecnologie vincenti, quali la piattaforma IBM PC, diventando uno standard de facto.

L'innovazione incrementale invece rappresenta miglioramenti graduali e progressivi nelle tecnologie esistenti. A questo tipo di innovazione associamo anche un'innovazione architettonica. Come esempio, è possibile fare riferimento all'aumento costante della capacità di memoria RAM e di archiviazione dei

personal computer. Ciò ha permesso l'esecuzione di software più complesso e uno stoccaggio di un quantitativo di dati sempre maggiore.

- **Compromessi tra innovazione di processo (produttività) e innovazione di prodotto (Abernathy, 1978):**

Per il settore informatico e dei personal computer i compromessi tra innovazione di processo (orientata alla produttività) e innovazione di prodotto sono particolarmente rilevanti, considerando la necessità di migliorare continuamente le prestazioni dei prodotti e la competitività mentre si cerca di ottimizzare i processi produttivi. Un esempio tipico di compromesso è quello tra riduzione dei costi di produzione cercando di mantenere alta la qualità del prodotto, poiché c'è il rischio che una riduzione dei costi porti ad una riduzione della qualità.

Trovare un equilibrio tra costi e qualità è essenziale per mantenere la soddisfazione del cliente e la reputazione del marchio.

- **Gestione dello sviluppo che conduce al "pionierismo tecnologico" (Rosenbloom & Cusumano, 1987):**

Il concetto di "pionierismo tecnologico" nel contesto della gestione dello sviluppo, come introdotto da Rosenbloom e Cusumano nel 1987, si riferisce a un approccio in cui un'azienda è leader nel campo dell'innovazione tecnologica, cercando di stabilire nuovi standard di settore o introducendo nuove tecnologie prima della concorrenza.

Il lancio del Macintosh da parte di Apple nel 1984 è un classico esempio di pionierismo tecnologico. Il Macintosh è stato il primo personal computer a introdurre l'interfaccia utente grafica (GUI) e il mouse in un prodotto destinato al grande pubblico. Questa innovazione ha rivoluzionato la facilità d'uso dei computer e ha influenzato il design delle interfacce utente significativamente.

- **Ciclo tecnologico costituito da 1° Discontinuità - Era di Fermento - DD - Era di Cambiamento Incrementale - 2° Discontinuità (Anderson & Tushman, 1990):**

Il ciclo tecnologico dei personal computer, secondo il modello proposto da Anderson e Tushman nel 1990, si articola attraverso fasi chiave, tra cui le Discontinuità e le Ere di Fermento e Cambiamento Incrementale. La *Prima Discontinuità* è spesso caratterizzata dall'introduzione di innovazioni rivoluzionarie, come nel caso dell'IBM PC. Successivamente, l'*Era di Fermento* vede una proliferazione di idee e approcci, come dimostrato dall'evoluzione del sistema operativo Windows di Microsoft.

Una successiva *Discontinuità* è rappresentata dall'avvento di Internet e del World Wide Web, trasformando radicalmente il modo in cui usiamo i computer. Segue un periodo di *Cambiamento Incrementale*, dove si assiste a miglioramenti graduati nelle prestazioni e nelle funzionalità, come nel caso dell'evoluzione delle CPU e dei dispositivi di input. Questo ciclo dinamico riflette l'adattamento costante del settore per rimanere in sintonia con le esigenze del mercato in continua evoluzione.

## 2. Emergenza del dominant design

Il concetto di dominant design è fondamentale nello studio del ciclo tecnologico, rimangono però importanti le questioni riguardo a quando e come emerge effettivamente. Un approccio per identificare l'emergere di un dominant design è monitorare la quota di mercato dei design concorrenti. In particolare, secondo Anderson e Tushman (1990), quando un design rappresenta oltre il 50% delle vendite o delle

installazioni di nuovi prodotti per un periodo significativo, solitamente si può affermare che abbia raggiunto una posizione "dominante" all'interno del mercato. La soglia del 50% di quota di mercato e la definizione di una "durata significativa" (come, ad esempio, i 4 anni proposti da Anderson e Tushman).

Un approccio alternativo, proposto da studiosi come Henderson e Clark (1990) e Murmann e Frenken (2006), considera i prodotti come gerarchie annidate di sottosistemi e meccanismi di collegamento.

Questo approccio suggerisce che un design dominante potrebbe emergere a livello di sottosistemi piuttosto che dell'intero prodotto, considerando che un prodotto può essere composto da vari componenti interconnessi, ciascuno dei quali può essere soggetto a dinamiche di selezione indipendenti.

Entrambi gli approcci sottolineano l'importanza di monitorare le dinamiche di mercato e le preferenze dell'industria per identificare il dominant design. La sua individuazione è cruciale per comprendere il futuro dello sviluppo tecnologico e per guidare le decisioni strategiche delle aziende nel settore dei personal computer.

- **Quadro per definire l'innovazione: incrementale, radicale, modulare, architetturale (Henderson e Clark, 1990):**

Il settore dei personal computer è caratterizzato da una combinazione di diversi tipi di innovazioni, ma nel corso del tempo ha sperimentato principalmente innovazioni di tipo incrementale e modulare, con alcune incursioni nelle categorie radicale e architetturale.

L'aumento delle prestazioni di un processore, l'aggiornamento della capacità di archiviazione o il miglioramento delle funzionalità di una tastiera rappresentano innovazioni incrementali. L'aggiornamento o la sostituzione di moduli specifici, come l'installazione di una nuova scheda grafica, l'espansione della memoria RAM o l'aggiornamento del disco rigido rappresentano un esempio di innovazione modulare. L'introduzione del primo personal computer da parte di IBM nel 1981 con architettura aperta e l'uscita di nuovi dispositivi di input come il mouse rappresentano innovazioni radicali. La transizione da un'architettura di sistema a 32-bit a una a 64-bit, l'adozione di nuovi standard di connettività come USB-C o l'integrazione di nuove tecnologie di comunicazione wireless rappresentano un cambiamento architetturale.

- **Prodotti come gerarchie nidificate di sottosistemi e meccanismi di collegamento (Murmann e Frenken, 2006):**

L'approccio proposto da Murmann e Frenken nel 2006, che considera i prodotti come gerarchie nidificate di sottosistemi e meccanismi di collegamento, è un modo interessante di analizzare la complessità della composizione dei computer. Questo approccio suggerisce che un prodotto, come un computer, può essere suddiviso in diverse componenti interconnesse, ciascuna delle quali ha il suo livello di complessità e funzionalità.

La convergenza su un dominant design può essere influenzata da vari meccanismi e fattori, a seconda del contesto in cui si verifica. Secondo Klepper (Klepper, 1997) le economie di scala e le esternalità di rete sono due delle possibili spiegazioni utilizzabili.

- **Economie di scala ed esternalità di rete come meccanismo alla base della convergenza verso un disegno dominante (Klepper, 1997):**

Le economie di scala ed esternalità di rete sono concetti chiave che possono essere utilizzati per spiegare la convergenza verso un disegno dominante nel settore dei computer.

Per quanto riguarda le economie di scala, un produttore che raggiunge grandi volumi di produzione può spesso beneficiare di costi unitari inferiori. Questo può derivare dalla capacità di distribuire i costi

fissi su un numero maggiore di unità, riducendo così i costi medi di produzione; possono offrire prodotti a prezzi più competitivi rispetto ai concorrenti più piccoli. Gli acquirenti possono essere attratti dai prezzi più bassi e dalla maggiore efficienza operativa dei principali produttori, contribuendo così a una convergenza verso quei produttori dominanti. Le economie di scala possono anche creare barriere all'entrata per nuovi concorrenti, poiché è difficile competere con i prezzi e l'efficienza operativa dei grandi produttori consolidati.

Per quanto riguarda le esternalità di rete l'adozione di un sistema operativo specifico crea un effetto di rete poiché più utenti significano una maggiore compatibilità e interoperabilità. L'aumento del numero di utenti di un particolare sistema operativo rende più attraente per gli sviluppatori creare applicazioni per quella piattaforma, contribuendo a un ciclo di reazione positivo.

In sintesi, i grandi produttori possono beneficiare delle economie di scala, mentre le esternalità di rete incentivano gli utenti a convergere su un sistema operativo dominante, contribuendo così alla formazione di un *dominant design* nel mercato dei computer.

Sebbene le economie di scala e le esternalità di rete siano motori cruciali nel processo di selezione e convergenza verso un disegno dominante, è importante riconoscere che anche piccoli shock casuali possono giocare un ruolo significativo nel determinare quale progetto alla fine prevarrà. Eventi imprevisti o vantaggi iniziali possono influenzare la direzione del processo di selezione, dando a un progetto un'opportunità di emergere come dominante.

In contrasto con questa prospettiva basata sulle forze di mercato, altri studiosi tuttavia, si sono concentrati maggiormente sul ruolo dell'agenzia e dei fattori sociopolitici in questo processo.

Un *dominant design* può emergere dalle azioni deliberate di attori potenti come un produttore dominante (ad esempio, gli sforzi riusciti di IBM per imporre lo standard scelto nei PC), un consumatore importante (ad esempio, il governo) o gli organismi che stabiliscono gli standard industriali. Allo stesso modo, il *dominant design* può essere il risultato delle manovre strategiche delle aziende e della creazione di alleanze (Cusumano et al., 1992).

- **Design dominante come risultato delle manovre strategiche dell'impresa e della creazione di alleanze (Cusumano et al., 1992):**

Nel contesto del settore informatico e dei computer (settore caratterizzato da una forte corsa all'innovazione e da una competizione feroce) le aziende informatiche dovrebbero adottare un approccio strategico completo, che comprenda l'innovazione tecnologica, il marketing efficace, la formazione di alleanze e la partecipazione attiva agli standard del settore per ottenere un *dominant design* nel mercato dei computer.

- **Importanza dei fattori sociopolitici e istituzionali (Suarez & Utterback 1995):**

La comprensione e la gestione dei fattori sociopolitici e istituzionali sono cruciali per le aziende del settore informatico.

Ad esempio, regolamentazioni sulla privacy, sulla sicurezza dei dati e sulle pratiche commerciali possono avere un impatto sulle decisioni aziendali e sulla progettazione dei prodotti (Leggi e regolamenti). Le politiche e gli incentivi governativi possono favorire o ostacolare lo sviluppo di specifiche tecnologie (quali sostegni finanziari, agevolazioni fiscali o investimenti in ricerca e sviluppo). Questi fattori possono influenzare la direzione dell'innovazione, la definizione di standard, la conformità normativa e la percezione pubblica, tutti elementi che contribuiscono al successo o al fallimento di un design o di una tecnologia.

- **Impatto dei tempi di ingresso e delle risorse collaterali (Utterback & Suarez 1993):**

Lo studio condotto da Utterback e Suarez nel 1993 ha evidenziato l'importanza dei tempi di ingresso e delle risorse collaterali. Questi fattori sono rilevanti per comprendere come le nuove tecnologie e i nuovi partecipanti al mercato possano influenzare la dinamica competitiva e il successo nel settore. Per il settore informatico e dei computer, l'entrata tempestiva nel mercato con nuove tecnologie (ad esempio, l'alta velocità dell'innovazione) può consentire a un'azienda di guadagnare vantaggi competitivi significativi. Le risorse finanziarie possono influenzare la capacità di un'azienda di investire in ricerca e sviluppo, marketing e altre attività necessarie per sviluppare e promuovere nuovi prodotti nel settore informatico.

È ampiamente riconosciuto che il progetto che si afferma come dominante raramente è quello tecnologicamente più avanzato. Benché le buone prestazioni siano certamente un requisito per raggiungere il dominio, sembra che le dinamiche sociali, politiche e organizzative giochino un ruolo ancora più significativo nel processo di selezione del progetto. In particolare, nelle fasi iniziali del ciclo tecnologico, le implicazioni funzionali dei vari progetti non sono ben comprese, e le metriche per valutare le prestazioni non sono ancora definite in modo chiaro (Clark, 1985).

- **Superiorità tecnologica come non determinante cruciale (Clark 1985):**

Il concetto chiave discusso da Clark nel 1985 è che la superiorità tecnologica di un progetto non è necessariamente un determinante cruciale per il successo, specialmente nel contesto del settore informatico. Ottenere il dominio nel mercato, quindi, non dipende esclusivamente dalla tecnologia più avanzata, ma è influenzato da una serie di altri fattori. Invece, sottolinea l'importanza di variabili sociali, organizzative e di adattabilità alle esigenze del mercato come elementi cruciali nel guidare il processo di selezione dei progetti di successo.

### **3. Fattori cognitivi, politici e sociali che influiscono sull'evoluzione del design**

Per quanto è stato stabilito che i fattori sociali, cognitivi e politici siano fondamentali nell'influenzare l'evoluzione tecnologica, pochi furono gli studiosi a occuparsi dell'analisi di questi fattori (fatta eccezione per Clark, 1995). Recenti studi si sono occupati di colmare questa mancanza:

- **In che modo il background dei produttori influisce sulla comprensione di nuovi settori e sull'introduzione di nuovi progetti (Benner & Tripsas 2012):**

Lo studio condotto da Benner e Tripsas nel 2012 evidenzia l'importanza del background dei produttori nel settore informatico, esaminando come le esperienze passate influenzino la comprensione dei nuovi settori e l'introduzione di nuovi progetti. Le aziende nel settore informatico spesso portano con sé un bagaglio di conoscenze e competenze accumulate attraverso le esperienze passate, ma questo può agire come filtro nell'interpretazione delle nuove informazioni. Le aziende tendono a interpretare nuovi sviluppi nel contesto delle loro conoscenze pregresse, influenzando la valutazione delle opportunità e delle minacce.

Le aziende possono avere una maggiore propensione a espandersi in settori o progetti che si allineano alle loro competenze e conoscenze pregresse. Questo può comportare un limite nell'esplorazione di nuovi territori al di fuori del loro background consolidato.

In sintesi, il background dei produttori nel settore gioca un ruolo significativo nell'influenzare la comprensione dei nuovi settori e la decisione di introdurre nuovi progetti. L'esperienza passata forma

la prospettiva e il comportamento delle aziende, determinando come interpretano le nuove opportunità e affrontano le situazioni che si presentano.

- **Influenza del vecchio paradigma sul nuovo anche in caso di innovazione discontinua (Dosi & Nelson, 2013):**

L'impatto dei vecchi paradigmi sul settore informatico può essere significativo e influenzare diversi aspetti, tra cui l'innovazione, l'adozione di nuove tecnologie, la cultura aziendale e la competitività. Le organizzazioni del settore informatico, specialmente quelle con una lunga storia, possono essere legate a vecchi modelli di business, processi e tecnologie. Molti settori informatici sono affetti da legacy systems, cioè sistemi informatici più anziani che potrebbero essere costosi da aggiornare o sostituire. Vecchi paradigmi possono portare a modelli di sicurezza obsoleti. La sicurezza informatica è una preoccupazione critica nel settore informatico. Un esempio potrebbe rappresentarlo il passaggio di utilizzo da sistemi mainframe a sistemi di cloud computing, che ha visto sfide legate a resistenze interne, necessità di investimenti e adattamento delle pratiche operative.

- **Influenza di artefatti vecchi e familiari sul modo in cui gli utenti comprendono e adottano nuovi prodotti (Birgham & Kahl, 2013):**

L'influenza degli artefatti e il modo in cui gli utenti comprendono e adottano nuovi prodotti è un aspetto critico nel settore informatico e dei computer. Se un nuovo sistema o software mantiene una continuità nell'interfaccia utente con prodotti precedentemente utilizzati, gli utenti possono sentirsi più a proprio agio e possono navigare nel nuovo ambiente con maggiore facilità. Questo è particolarmente importante per ridurre la curva di apprendimento. Gli utenti tendono a preferire prodotti che presentano elementi familiari, come la disposizione dei menu, le icone o i flussi di lavoro simili a quelli a cui sono abituati. Ciò può facilitare la comprensione e l'utilizzo immediato del nuovo prodotto. In alcuni casi, le aziende possono optare per una strategia di migrazione graduale, consentendo agli utenti di continuare a utilizzare elementi familiari mentre si abituano progressivamente alle nuove funzionalità. Ciò può ridurre l'impatto del cambiamento. In sintesi, il bilanciamento tra innovazione e continuità è una sfida costante per le aziende che cercano di introdurre nuove tecnologie e migliorare l'esperienza degli utenti.

- **Concorrenza tra evoluzione tecnologica ed evoluzione categoriale (Suarez, 2014):**

La concorrenza tra l'evoluzione tecnologica ed evoluzione categoriale è un fenomeno complesso, questi due tipi di evoluzione spesso si intrecciano e possono avere impatti significativi su innovazioni, mercato, strategie aziendali ed esperienze degli utenti.

La continua corsa all'innovazione tecnologica spinge le aziende a sviluppare soluzioni sempre più avanzate, accelerando il progresso e portando al lancio frequente di nuovi prodotti. Questo contribuisce a definire le nuove frontiere del settore e a mantenere un ambiente competitivo dinamico. Contemporaneamente le aziende cercano di introdurre nuove categorie di prodotti o di riconfigurare modelli di business esistenti per guadagnare vantaggio competitivo. Questa competizione categoriale può portare a una ridefinizione delle dinamiche di mercato, aprendo nuove opportunità e spingendo le aziende a rivedere e adattare i loro modelli aziendali esistenti. L'adozione di nuove categorie però, può presentare sfide significative. La resistenza al cambiamento da parte degli utenti può rallentare il processo di adozione, richiedendo alle aziende di comunicare efficacemente i benefici delle nuove soluzioni per accelerare l'accettazione del mercato.

#### 4. Limitazioni e critiche

Come precedentemente affermato, il concetto di dominant design presenta delle limitazioni importanti. Per il settore informatico alcune risultano rilevanti. La rapida evoluzione tecnologica, le variazioni globali nelle preferenze dei consumatori e la resistenza organizzativa possono ostacolare l'adozione di un design dominante. Rischi come il lock-in tecnologico, l'incertezza sulle tecnologie future e la concorrenza dinamica complicano la stabilizzazione di un unico modello predominante. L'adattamento rapido, la gestione delle resistenze interne e la considerazione delle esigenze personalizzate emergono come fattori chiave per affrontare queste sfide nel settore informatico.

Un'ulteriore limitazione significativa del concetto di "dominant design" è la sua retrospettività. Spesso, l'identificazione di un design dominante può avvenire solo dopo il suo consolidamento nel mercato, rendendo difficile prevedere in anticipo quale configurazione avrà successo. Questa mancanza di previsione offre scarse indicazioni alle aziende, in particolare a quelle che entrano nel settore prima che il design dominante si stabilisca. La letteratura in materia sottolinea le sfide per i nuovi entranti dopo l'emergere di un design dominante, ma offre pochi strumenti utili per coloro che devono navigare nell'incertezza prima che tale design si affermi. Di conseguenza, i primi concorrenti sembrano avere poche opzioni oltre a fare scommesse azzardate su progetti specifici, affrontando così una notevole sfida nel contesto di incertezza prevalente.

- **Imposizione di un disegno scelto come dominante (Cusumano, 1992):**

In questo contesto, l'imposizione di un disegno come dominante può avvenire quando un particolare modello o architettura di computer diventa ampiamente accettato e adottato come standard nel settore.

Certi design o architetture, come ad esempio l'architettura x86 nei processori, hanno acquisito una posizione dominante. Questo potrebbe essere stato il risultato di una combinazione di fattori, come la compatibilità con il software esistente, la disponibilità di componenti chiave, il supporto dell'industria e la preferenza degli utenti.

L'imposizione di un disegno dominante può avere impatti significativi sull'intera filiera produttiva e sulla competizione nel settore. Può anche portare a una certa rigidità nell'ambiente, limitando l'innovazione e la diversificazione.

- **Imposizione di un design scelto come dominante (Wade, 1995):**

Wade sostiene che l'adozione di una nuova tecnologia è influenzata non solo dalle caratteristiche tecniche della tecnologia stessa, ma anche dal contesto sociale e culturale in cui viene adottata. La percezione sociale dell'innovazione, le norme culturali, i valori, le reti sociali, il livello di istruzione, l'adattabilità culturale, gli aspetti etici, le esperienze passate, l'impatto economico e l'accessibilità giocano un ruolo chiave. Questi fattori contribuiscono a plasmare le dinamiche di accettazione e diffusione delle tecnologie, evidenziando l'importanza di comprendere e considerare il contesto sociale e culturale per il successo delle innovazioni. Per esempio, l'adozione dei laptop touchscreen nel settore informatico è stata fortemente influenzata dal contesto sociale e culturale. La percezione positiva dell'interazione diretta con lo schermo, la preferenza per dispositivi portatili e versatili, l'alfabetizzazione tecnologica e le considerazioni etiche hanno contribuito al successo di questa tecnologia. Inoltre, le esperienze passate con altri dispositivi touchscreen, l'accessibilità economica e la disponibilità sul mercato hanno giocato un ruolo significativo nell'orientare le preferenze degli utenti e la direzione del design nel settore informatico.

Però anche progetti tecnologicamente superiori, con aziende grandi alle spalle che supportavano lo sviluppo, rischiano comunque di non raggiungere il "dominio".

Nel settore informatico, l'esempio dell'OS/2 sviluppato da IBM e Microsoft negli anni '80 e '90 dimostra che progetti tecnologicamente superiori possono fallire nel raggiungere il dominio nel design. Nonostante le caratteristiche avanzate, OS/2 non ha avuto successo a causa di sfide come la concorrenza, la mancanza di supporto per applicazioni legacy MS-DOS e la lentezza nell'adattarsi alle esigenze del mercato. Nel frattempo, la flessibilità strategica di Microsoft con Windows ha portato al dominio nel design nel settore operativo.

Per superare il problema di progetti tecnologicamente superiori che non raggiungono il dominio le aziende possono adottare diverse strategie. Queste includono mantenere una flessibilità strategica, ascoltare attentamente le esigenze dei clienti, abbracciare l'agilità nell'innovazione, cercare collaborazioni e partnership, focalizzarsi sull'ecologia del prodotto, adottare standard aperti, condurre ricerche di mercato continue e investire in strategie di marketing e posizionamento efficaci. Un approccio combinato che integra flessibilità, ascolto del cliente e una comprensione approfondita del contesto di mercato può aiutare le aziende a superare le sfide legate alla definizione di dominant design.

Nel settore informatico, emerge la sfida della rapida evoluzione tecnologica, che mette in discussione la stabilità dei design dominanti. La diversità delle preferenze globali e la resistenza organizzativa richiedono un adattamento agile. I rischi di lock-in tecnologico sottolineano la necessità di flessibilità. La transizione verso modelli prodotto-servizio evidenzia l'importanza di offrire servizi integrati per differenziarsi. La personalizzazione e l'attenzione alle esigenze del cliente sono cruciali. La gestione completa del ciclo di vita del prodotto, inclusi aggiornamenti e supporto post-vendita, è fondamentale. Complessivamente, l'adattabilità, l'innovazione e la capacità di fornire soluzioni complete sono essenziali nel contesto dinamico del settore informatico.

### 3. Teoria dell'architettura di prodotto

Il concetto di **dominant design**, come precedentemente menzionato, si riferisce all'architettura del prodotto o del processo che diventa prevalente e ampiamente accettata rispetto alle altre possibili architetture proposte sul mercato.

L'**architettura del prodotto** può essere descritta come la configurazione complessiva dei suoi componenti principali e delle loro interconnessioni. Tali relazioni possono derivare da interazioni funzionali, vicinanza fisica o persino influenze involontarie.

Secondo la tassonomia dell'innovazione di Henderson e Clark, l'architettura del prodotto gioca un ruolo nel plasmare le procedure organizzative. La progettazione di ciascun componente è generalmente assegnata a una specifica entità organizzativa, queste entità devono comunicare tra loro per replicare lo schema delle relazioni tra i componenti. Pertanto, l'architettura del prodotto e l'organizzazione condivideranno una struttura simile. Nel loro lavoro "*Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms*", Henderson e Clark hanno dimostrato che la **tradizionale categorizzazione** dell'innovazione come incrementale o radicale è **incompleta** e potenzialmente fuorviante. In aggiunta, il modello non considera gli effetti talvolta devastanti sugli attori storici del settore derivanti da miglioramenti apparentemente minori nei prodotti tecnologici.

I due autori hanno quindi sostenuto che numerose innovazioni tecniche non possono essere classificate come incrementali o radicali, ma comportano modifiche apparentemente modeste alla tecnologia esistente, con il rischio di generare significative conseguenze competitive. Il loro elaborato fornisce un solido **quadro di riferimento** per comprendere il concetto di innovazione architettonica e il suo conseguente impatto sulle aziende consolidate del settore. In particolare, l'innovazione architettonica si riferisce alla modifica dell'architettura di un qualsiasi prodotto, alterando il modo in cui i vari componenti del sistema si collegano o interagiscono tra loro. Questo porta a un miglioramento complessivo del prodotto, mantenendo invariati i concetti di base della progettazione e, di conseguenza, le conoscenze fondamentali alla base dei componenti.

Il documento esamina anche le sfide che le aziende consolidate devono affrontare per adattarsi all'innovazione architettonica.

È emerso che queste imprese spesso sono intrappolate dalla loro architettura esistente, la quale limita la loro capacità di riconfigurare i prodotti e i processi in risposta alle nuove tecnologie o alle esigenze dei clienti.

Il modello proposto per classificare l'innovazione può essere riassunto nel seguente modo: sono individuate **quattro tipologie di innovazione**.

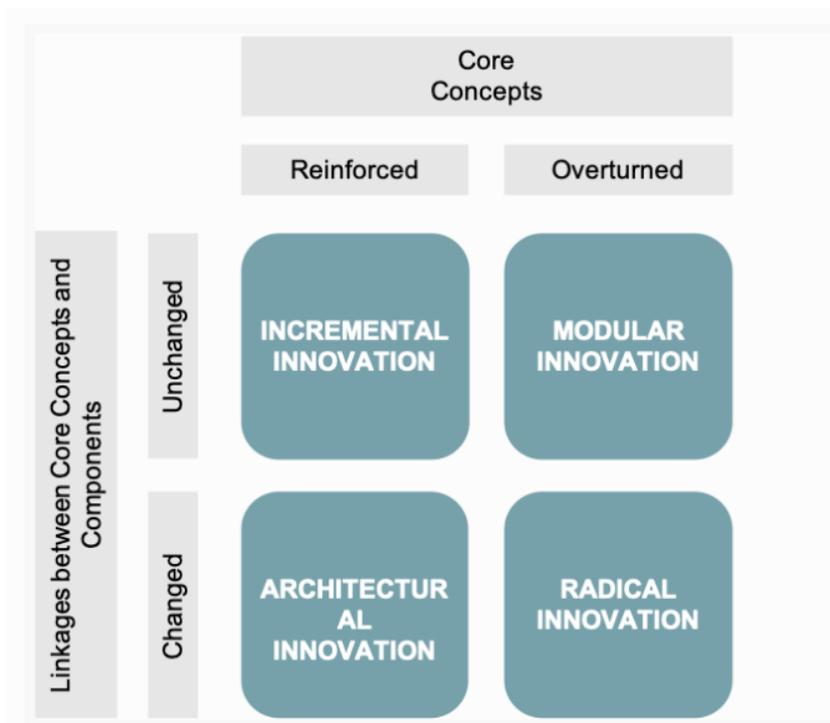


Figura 51. Un quadro di riferimento per definire l'innovazione. Fonte: Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, Henderson & Clark (1990).

**Un'innovazione radicale** introduce un nuovo design dominante, portando a una nuova serie di concetti fondamentali di tipo progettuale, incorporati in componenti collegati tra loro in una nuova architettura. Tale innovazione comporta cambiamenti sia nella tecnologia di base che nell'architettura del prodotto. Questo tipo di innovazione è notoriamente difficile da perseguire, sebbene non sia molto comune, e le aziende sono consapevoli delle sfide che dovranno affrontare durante questo processo. Quando si affronta un'innovazione radicale, le aziende spesso mostrano una certa cautela nei confronti del cambiamento architettonico. Tendono a trattare l'innovazione in modo modulare, apportando modifiche ai singoli sottosistemi del prodotto uno per uno, cercando di non alterare eccessivamente le relazioni reciproche esistenti. Questa esitazione nell'abbracciare completamente l'innovazione radicale crea opportunità interessanti per le aziende che decidono di affrontare la sfida di cambiare simultaneamente sia la tecnologia che l'architettura del prodotto, anziché apportare modifiche frammentarie all'architettura esistente. Abernathy e Clark sottolineano che non tutte le innovazioni classificate come radicali hanno un impatto competitivo; alcune potrebbero non soddisfare i bisogni del mercato, mentre altre potrebbero non rispondere alle esigenze della produzione. Tuttavia, quando un'innovazione radicale ha successo, essa comporta significative conseguenze per la competizione all'interno di quel mercato. Questo tipo di innovazione è categorizzato come "technology push".

**L'innovazione incrementale** si concentra su miglioramenti progressivi e graduati da apportare a prodotti, processi o servizi esistenti al fine di perfezionarli ed estenderne le funzionalità, consolidando così un progetto già stabile. Questo approccio all'innovazione è considerato meno rischioso poiché non richiede una ristrutturazione completa o una deviazione significativa dalle pratiche esistenti. I miglioramenti sono volti ai singoli componenti, piccoli aggiornamenti o ottimizzazioni, lasciando però invariati i collegamenti tra loro. Nell'innovazione incrementale non cambiano né la tecnologia di base né l'architettura del prodotto. Questa forma di innovazione può richiedere un impegno finanziario significativo, che risulta gestibile poiché si basa sull'esperienza accumulata con i prodotti precedenti.

Per **innovazione modulare** si intende un'innovazione che prevede modifiche di uno o più componenti di un sistema prodotto senza sostanziali variazioni alla loro configurazione generale. In questo contesto, l'innovazione nei moduli coinvolti può essere considerevole e complessa da realizzare, poiché richiede la modifica delle competenze utilizzate. Tuttavia, le problematiche saranno limitate ai moduli interessati rendendo la gestione complessiva dello sviluppo del prodotto relativamente più agevole.

Un'**innovazione architettonica** riguarda cambiamenti della struttura generale del sistema o del modo in cui i componenti interagiscono tra loro. Cambiano solo le relazioni tra gli elementi funzionali, mentre la tecnologia sottostante non cambia.

Risulta più complessa nella gestione poiché le routine organizzative, che consentono lo sviluppo di un prodotto coerente non saranno immediatamente disponibili ma richiederanno del tempo e, probabilmente, si corre il rischio di errori onerosi. Questo risulta particolarmente vero quando il nuovo schema di relazioni tra i componenti è già identificato in anticipo. In alcuni casi, l'innovazione architettonica può cogliere le aziende "di sorpresa", perché innovazioni apparentemente minori modificano inaspettatamente le relazioni tra i componenti.

### 3.1 Classificazione tradizionale: confronto tra architetture integrali e modulari

L'architettura di prodotto, come descritta da Steven D. Eppinger e Karl T. Ulrich nel loro libro *"Product Design and Development"* del 1995, si riferisce alla struttura di un prodotto e alla disposizione dei suoi componenti o parti funzionali, definendola come "la relazione tra gli elementi funzionali, la mappatura tra gli elementi funzionali e i componenti fisici e le interfacce tra i componenti fisici". L'attenzione si estende ora dai componenti agli elementi funzionali, che soddisfano una funzione specifica di un prodotto: da questa prospettiva, è possibile classificare le architetture in base alla corrispondenza tra gli elementi funzionali e i componenti fisici.

**Due differenti tipologie di architetture** hanno dominato per molti anni la progettazione dei prodotti fisici: quella **integrale** e quella **modulare**.

**Le architetture integrali** sono caratterizzate dall'interdipendenza funzionale tra i componenti, con ogni funzione che viene svolta da più componenti e componenti che incarnano più funzioni.

In particolare, si parla di associazioni  $m:n$ ,  $1:n$ ,  $m:1$  (Ulrich & Seering, 1988):

- nel caso di un'associazione  **$m:1$** , un singolo componente è in grado di svolgere  $m$  funzioni contemporaneamente e indipendentemente dagli altri componenti. Si tratta della cosiddetta **condivisione delle funzioni**. In generale, optare per un'architettura integrale implica una maggiore complessità durante la fase di progettazione dettagliata e richiede l'impiego di componenti ad hoc. Tuttavia, l'uso di singoli componenti capaci di svolgere più funzioni può spesso portare a significativi risparmi in termini di costo e peso.
- con le associazioni  **$1:n$** , una singola funzione viene svolta congiuntamente da  $n$  componenti che non svolgono altre funzioni. Questa può essere vista come una rappresentazione abbreviata di più associazioni  $1:1$ , poiché è probabile che la funzione possa essere esplosa in  $n$  sottofunzioni, ognuna delle quali porta a un'associazione  $1:1$  con i componenti corrispondenti.
- il caso di un'associazione  **$m:n$**  mostra una disposizione in cui i componenti sono funzionalmente interdipendenti. Questo porta a un'architettura integrale in cui la progettazione dettagliata risulta notevolmente complessa. Infatti, qualsiasi cambiamento effettuato su una funzione o un

componente si propagerà agli altri, innescando una serie di iterazioni di progettazione che termineranno solo quando verrà trovata una soluzione che soddisfi i requisiti di tutte le funzioni coinvolte. La gestione del processo di progettazione dettagliata per prodotti con questa architettura richiede una considerevole esperienza. La gestione del processo di progettazione dettagliata per prodotti con questa architettura richiede una considerevole esperienza.

In generale, non avremo quindi una relazione uno a uno tra funzioni e componenti, cioè una funzione associata ad un solo componente o sottoinsieme, ma bensì una relazione più intricata in cui magari una funzione è legata a più componenti o un componente svolge più funzioni.

All'interno di questa architettura di mappatura complessa e sovrapposta tra componenti ed elementi funzionali, le interfacce tra ciascun blocco non sono standardizzate e sono strettamente accoppiate (Ulrich 1995). I cambiamenti potrebbero risultare imprevedibili quando si ripercuotono sul resto del prodotto.

L'architettura si definisce **modulare** quando la relazione funzione-componente è uno a uno, cioè quando un componente svolge una sola funzione. Radicata nella teoria del design di Simon (Simon 1996), un'architettura modulare offre un modo efficace per ridurre la complessità e aumentare la flessibilità nella progettazione scomponendo un prodotto in componenti liberamente accoppiati interconnessi attraverso interfacce pre-specificate (Baldwin e Clark 2000).

Ogni componente è quindi incaricato di implementare una singola funzione e ogni funzione è soddisfatta da un singolo componente: un'architettura modulare ideale implementa una mappatura uno-a-uno tra elementi funzionali e moduli fisici (Ulrich 1995).

Le interazioni tra i sottoinsiemi sono ben definite e le interfacce risultano standard e disaccoppiate. Essendo disaccoppiate, la modifica del modulo non comporta la modifica del componente o dei componenti ad esso connessi.

L'architettura modulare si può dividere in tre categorie (Ulrich e Eppinger, 1995):

- **Slot:** le interfacce del prodotto sono tutte diverse. Il prodotto è modulare ma moduli che svolgono funzioni diverse tra di loro non possono essere scambiati tra di loro;
- **Bus:** se i componenti non sono collegati direttamente tra loro, ma attraverso un componente comune (chiamato bus) e utilizzando un'interfaccia standardizzata. ogni altro componente si connette a un unico punto tramite un'interfaccia comune. Pertanto, tutte le interfacce sono identiche e collegano i componenti a questo singolo elemento. I moduli possono essere scambiati tra di loro nelle posizioni sull'elemento comune.
- **Sectional:** se l'interfaccia tra ogni coppia di componenti interconnessi è standardizzata. Tutte le interfacce sono comuni e i componenti non si connettono ad un elemento comune. Tutti i componenti possono scambiarsi tra di loro.

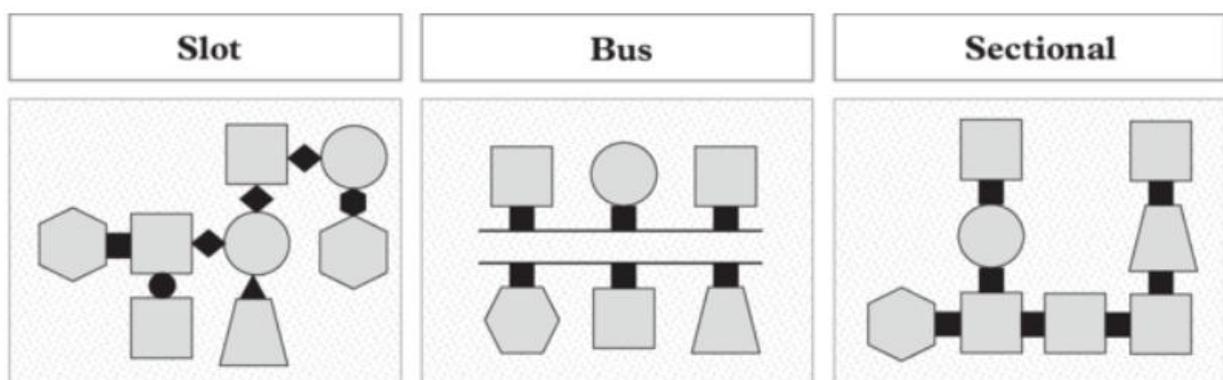


Figura 52. Architetture a slot, a bus e sezionali delle interfacce dei componenti. Fonte: *Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments*, Peltokorpi et al. (2017)

In linea di principio, questa classificazione dell'architettura di prodotto dovrebbe applicarsi all'intero prodotto. Tuttavia, è possibile che prodotti complessi presentino porzioni che sembrano integrali, mentre altre possono essere modulari.

Contrariamente alle architetture integrali, in quelle modulari le interfacce tra i componenti sono standardizzate. Ciò consente al prodotto di essere suddiviso in componenti che possono essere ricombinati secondo necessità (Schilling, 2000). Queste specifiche standardizzate che definiscono le interfacce consentono l'indipendenza tra i componenti, permettendo l'interoperabilità tra di essi.

### 3.1.1 Impatto dell'architettura nella gestione e strategie di impresa

In questo paragrafo approfondiremo i legami presenti tra l'architettura e il funzionamento dell'azienda, in quanto il tipo di architettura utilizzata da un'azienda risulta molto influente per quanto riguarda aspetti rilevanti sia a livello tattico che strategico. L'impatto della tipologia di architettura sulla gestione e sulle strategie di un'impresa dipende chiaramente da diversi fattori, tra cui il settore industriale, la complessità del prodotto, il mercato di riferimento e le risorse disponibili.

Una conseguenza dell'**architettura integrale** che può essere considerato un punto debole per determinate aziende ma un punto di forza per altre, per esempio, può essere la flessibilità: l'assenza di limitazioni dovute alle interfacce standardizzate permette all'architettura di tipo integrale di offrire una maggiore integrazione e coerenza nel sistema, favorendo l'innovazione. Le modifiche o gli aggiornamenti però potrebbero richiedere un ridisegno più sostanziale del sistema nel suo complesso, il che risulterebbe più laborioso e costoso.

Mentre, grazie ad una maggiore flessibilità, le architetture modulari possono offrire una migliore prestazione complessiva del sistema, adattando in maniera ottimale le esigenze specifiche al contesto di utilizzo.

Basandosi sull'uso di interfacce standard le architetture modulari permettono uno scambio più facile e la sostituzione dei moduli più agevole, inoltre, l'approccio modulare permettere una maggiore scalabilità. Tuttavia, è possibile trovare una limitazione nell'innovazione, in quanto l'introduzione di nuove tecnologie rischia di essere vincolata alla compatibilità con le interfacce standard esistenti.

Architettura Modulare	Architettura Integrale
Opportunità di standardizzare e ridurre i costi con volumi più alti.	Mancanza di standardizzazione, bassi volumi e costi più elevati.
Grande flessibilità di progetto.	Architettura ottimale per applicazioni particolari.
Aumento delle connessioni e dei costi.	Connessioni minimizzate e costi standard ridotti.
Costi di service ridotti per diagnosi e rimpiazzo di un modulo.	Costi di diagnosi, di rimpiazzo o riparazione più alti.
Estetica frutto di compromessi.	Estetica curabile fin nei piccoli dettagli.
Prestazioni ed affidabilità non ottimali.	Massima ottimizzazione di prestazioni e affidabilità.

Tabella 2. Parallellismi tra architettura modulare e integrale

In un'architettura integrale, gli approcci dominanti alla strategia competitiva si basano principalmente sul posizionamento del prodotto, come suggerito da Porter nel suo lavoro del 1980. Questo significa che le imprese con un'architettura integrale tendono a competere attraverso strategie di differenziazione o di leadership dei costi. L'ambito del mercato e la forza strategica sono ritenuti come parametri chiave per determinare la strategia appropriata.

Al contrario, un'**architettura modulare** porta alla disintegrazione verticale delle funzioni di progettazione e produzione dell'impresa, come si vede nel cambiamento dell'organizzazione industriale dei computer (Baldwin e Clark 2000; Langlois 2007), del software (Chandler e Cortada 2000) e delle telecomunicazioni. (Tuomi 2002).

## 3.2 Architettura modulare a più livelli: architettura modulare a strati

Secondo lo studio condotto da Yoo nel 2010, si è arrivati alla conclusione che, man mano che le aziende incorporano sempre più componenti digitali nei prodotti fisici, emerge il concetto di **architettura modulare a strati**. L'architettura modulare a strati è un ibrido tra un'architettura modulare e un'architettura a strati, dove il grado con cui l'architettura a strati aumenta la generatività dell'architettura modulare forma un continuum.

L'architettura modulare a strati è una struttura organizzativa comune in molti sistemi complessi, inclusi i computer moderni.

È classificabile come paradigma progettuale che suddivide un sistema complesso in diversi livelli o strati, ciascuno dei quali svolge una specifica funzione e comunica con gli altri strati attraverso interfacce ben definite e standardizzate.

È un approccio che consente una maggiore modularità e facilità di gestione del sistema, poiché ogni strato può essere progettato, sviluppato, testato e mantenuto separatamente, senza influenzare gli altri strati.

In questa analisi, esploreremo come il computer o più in generale i sistemi informatici si adattano al paradigma dell'architettura modulare a strati, esaminando la suddivisione del sistema in diversi livelli funzionali e l'interazione tra di essi per garantire il corretto funzionamento complessivo della macchina.

### 3.2.1 Definizione dell'innovazione digitale

Seguendo la definizione di Schumpeter (1934), l'innovazione digitale è definibile come: la realizzazione di nuove combinazioni di componenti digitali e fisici per produrre nuovi prodotti. Il focus sarà incentrato quindi sull'innovazione di prodotto e non sulla ricerca sull'innovazione IT, che riguarda principalmente l'innovazione di processo (Swanson 1994).

Una condizione necessaria, ma non sufficiente per l'innovazione digitale è che la nuova combinazione si basi sulla digitalizzazione, ovvero sulla codifica di informazioni analogiche in formato digitale. La digitalizzazione rende i prodotti fisici programmabili, indirizzabili, sensati, comunicabili, memorabili, tracciabili e associabili (Yoo 2010). L'innovazione digitale implica una revisione della logica organizzativa aziendale e dell'utilizzo delle infrastrutture informatiche dell'impresa.

La digitalizzazione ha creato una condizione necessaria per l'innovazione digitale tra una serie di aziende. Le aziende si sono dovute adattare alle nuove richieste di mercato, arrivando a modificare la logica organizzativa aziendale.

## 3.2.2 Caratteristiche chiave dell'innovazione digitale

L'innovazione digitale, nell'attuale panorama aziendale sempre più orientato alla tecnologia, rappresenta un elemento cruciale per il successo e la competitività delle imprese.

Basato sull'architettura di von Neumann, un dispositivo digitale è costituito da un'unità di elaborazione che esegue istruzioni codificate digitalmente e da un'unità di memorizzazione che contiene sia le istruzioni che i dati in corso di elaborazione manipolati nello stesso formato e negli stessi luoghi (Langlois 2007).

Caratterizzata da un'ampia gamma di pratiche e tecnologie, l'innovazione digitale si distingue per diverse caratteristiche chiave che ne guidano l'adozione e l'implementazione.

È necessario quindi, considerare in che modo la tecnologia digitale differisce dalle tecnologie precedenti distinguendo tre caratteristiche uniche:

- 1. Riprogrammabilità:** un dispositivo digitale è costituito da un'unità di elaborazione che esegue istruzioni codificate digitalmente e da un'unità di memorizzazione che contiene sia le istruzioni che i dati manipolati nello stesso formato e nelle stesse posizioni (Langlois 2007). A differenza della tecnologia analogica, un dispositivo digitale è riprogrammabile, consentendo la separazione della logica funzionale semiotica del dispositivo dall'incarnazione fisica che lo esegue. Finché gli utenti concordano sul significato dei dati digitali e hanno l'ingegno di proporre nuove istruzioni per manipolare i dati, l'architettura offre flessibilità nel modo in cui i dati vengono manipolati. La riprogrammabilità consente a un dispositivo digitale di eseguire un'ampia gamma di funzioni (come il calcolo delle distanze, l'elaborazione di testi, l'editing video e la navigazione web).
- 2. Omogeneizzazione dei dati:** risulta un processo fondamentale nell'ambito dell'innovazione digitale, che prevede la trasformazione di segnali analogici in rappresentazioni digitali. I dati digitali sono rappresentati da sequenze binarie di bit, consentendo una standardizzazione e un'interoperabilità tra diversi tipi di contenuti, contrariamente ai dati analogici che sono intrinsecamente legati ai dispositivi specializzati che li gestiscono, come libri o macchine fotografiche. Questa trasformazione consente ai dati digitali di essere facilmente memorizzati, trasmessi, elaborati e visualizzati utilizzando gli stessi dispositivi e le stesse reti digitali. Inoltre, la possibile provenienza da fonti eterogenee permette ai dati di essere combinati in modi innovativi. L'omogeneizzazione dei dati e l'avvento dei nuovi media contribuiscono a separare il contenuto dalla sua modalità di trasmissione, aprendo nuove opportunità per la creazione e la distribuzione di servizi digitali.
- 3. Autoreferenzialità:** l'innovazione digitale richiede l'uso della tecnologia digitale (ad esempio, i computer). Pertanto, la diffusione dell'innovazione digitale crea esternalità di rete positive che accelerano ulteriormente la creazione e la disponibilità di dispositivi, reti, servizi e contenuti digitali (Benkler 2006; Hanseth e Lyytinen 2010). Ciò, a sua volta, favorisce un'ulteriore innovazione digitale attraverso un circolo virtuoso di minori barriere all'ingresso, minori costi di apprendimento e tassi di diffusione accelerati. I drastici miglioramenti nel rapporto prezzo/prestazioni dei computer e la nascita di Internet hanno reso gli strumenti digitali necessari all'innovazione più accessibili a un ampio spettro di attività economiche e innovative precedentemente escluse. La tecnologia digitale, quindi, ha democratizzato l'innovazione e quasi tutti possono partecipare.

### 3.2.3 L'architettura a strati della tecnologia digitale

Le caratteristiche della tecnologia digitale aprono la strada all'architettura a strati (Adomavicius et al. 2008, Gao e Iyer 2006) e questo è forse meglio rappresentato con l'esempio di Internet.

Gli strati manifestano inoltre, due separazioni critiche:

- (1) la separazione tra dispositivo e servizio dovuta alla riprogrammabilità;
- (2) la separazione tra rete e contenuti dovuta all'omogeneizzazione dei dati.

A differenza delle architetture modulari, che forniscono uno schema in cui un prodotto fisico è scomposto in componenti distinti con funzionalità diverse, che saranno successivamente interconnesse attraverso interfacce prestabilite (Baldwin e Clark 2000, Ulrich 1995), l'architettura a strati della tecnologia digitale (Adomavicius et al. 2008, Gao e Iyer 2006) è incorporata nei prodotti fisici. Questo approccio arricchisce la funzionalità del prodotto attraverso capacità software integrate, migliorando la sua flessibilità e adattabilità alle esigenze degli utenti.

Come illustrato nella Figura 53, l'architettura a strati è composta da **quattro livelli: dispositivi, reti, servizi e contenuti** (Benkler 2006; Farrell e Weiser 2003).

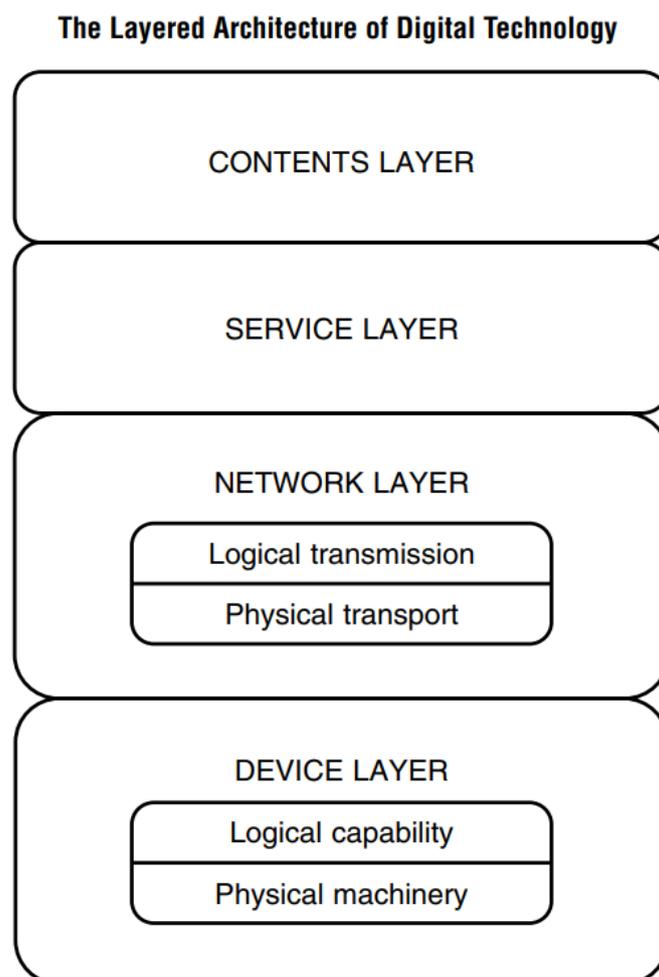


Figura 53. Architettura a strati della tecnologia digitale. Fonte: *The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research*, Yoo et al. (2010)

1. **Livello dispositivo:** può essere ulteriormente suddiviso in un **livello di macchina fisica** (ad esempio, l'hardware del computer) e un **livello di capacità logica** (ad esempio, il sistema operativo).  
Il livello di capacità logica fornisce il controllo e la manutenzione della macchina fisica e collega la macchina fisica agli altri livelli.
2. **Livello di rete:** è suddiviso in modo analogo in un livello di **trasporto fisico** (inclusi cavi, spettro radio, trasmettitori e così via) e in un livello di **trasmissione logica** (inclusi standard di rete come TCP/IP o protocolli peer-to-peer).
3. **Livello di servizio:** si occupa delle funzionalità applicative che servono direttamente agli utenti, i quali creano, manipolano, memorizzano e consumano contenuti (ad esempio, le applicazioni).
4. **Livello dei contenuti:** include dati come testi, suoni, immagini e video che sono memorizzati e condivisi. Il livello dei contenuti fornisce inoltre, metadati e informazioni di directory sull'origine dei contenuti, la proprietà, il copyright, i metodi di codifica, i tag dei contenuti, le indicazioni geotemporali e così via.

I quattro strati rappresentano diverse gerarchie di progettazione (Clark 1985) e le decisioni di progettazione individuali per i componenti appartenenti a ogni strato possono essere prese con una considerazione minima degli altri strati. Per questo motivo, i progettisti possono perseguire l'innovazione combinatoria incollando componenti di diversi strati utilizzando una serie di protocolli e standard per creare prodotti digitali alternativi (Gao e Iyer 2006). Combinata con la rapida diffusione dei personal computer e di Internet, la natura stratificata della tecnologia digitale ha portato livelli di generatività senza precedenti (Tuomi 2002; Zittrain 1998). Sebbene l'architettura a strati sia stata discussa nella letteratura IS (Adomavicius et al. 2008; Gao e Iyer 2006), non è stata dedicata sufficiente attenzione alle sue implicazioni per l'innovazione di prodotto. La digitalizzazione dei prodotti fisici mette in discussione alcuni dei presupposti fondamentali sull'architettura del prodotto e sulle logiche organizzative.

Tornando all'**architettura modulare a strati**, essa può essere considerata come **un'estensione dell'architettura modulare** dei prodotti fisici che **incorpora quattro livelli liberamente accoppiati** di contenuti, servizi, reti e dispositivi: in questo senso l'architettura a strati aggiunge **generatività** a quella modulare in forma di continuum.

L'aspetto importante del continuum è il grado, dal basso all'alto, di riprogrammabilità, omogeneizzazione dei dati e autoreferenzialità, precedentemente descritti.

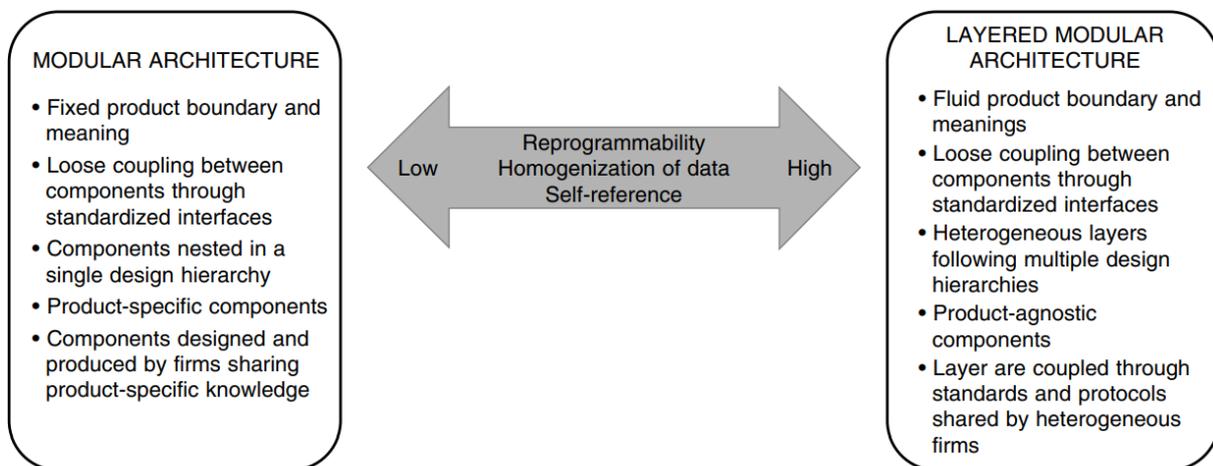


Figura 54. Il Continuum dell'architettura modulare a strati. Fonte: *The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research*, Yoo et al. (2010)

Facendo riferimento alla Figura.54, da un lato abbiamo la tradizionale architettura modulare basata su un confine di prodotto fisso.

La progettazione modulare di un prodotto di questo tipo è avviata scomponendo il prodotto in componenti secondo una gerarchia di progettazione funzionale (Clark 1985, Baldwin e Clark 2000). Di conseguenza, le relazioni tra il prodotto e i suoi componenti sono annidate e fisse. Dato il confine fisso del prodotto e la natura annidata delle relazioni, l'aggregazione di tutti i componenti costituirà l'intero prodotto. Un prodotto modulare prima della digitalizzazione ha uno **scopo d'uso fisso**.

Inoltre, in un'architettura modulare, la progettazione di un componente è guidata dai requisiti funzionali creati nel contesto di un determinato prodotto. Risulta quindi che, i **componenti** di un'architettura modulare sono **specifici per il prodotto** e sono progettati e prodotti da aziende specializzate che condividono le conoscenze specifiche del prodotto.

L'obiettivo primario della modularità è ridurre la complessità e aumentare la flessibilità (Schilling 2000, Simon 1996). La flessibilità è ottenuta attraverso la sostituzione dei componenti all'interno di un'unica gerarchia di progettazione.

Dall'altro lato, abbiamo un'**architettura modulare a più livelli** che non ha confini fissi a livello di prodotto. La progettazione di un componente richiede quindi poche conoscenze specifiche del prodotto. Ciò significa che i componenti di un'architettura modulare a più livelli sono indipendenti dal prodotto. L'**utilizzo** del prodotto con questa architettura è **fluid**. I **componenti** di un'architettura modulare a strati, quindi, sono **agnostici** rispetto al prodotto.

La progettazione di un componente in un'architettura modulare a strati non deriva da un'unica gerarchia di progettazione di un dato prodotto. Invece, un prodotto è messo in atto induttivamente orchestrando un insieme di componenti da un insieme di strati eterogenei, ognuno dei quali appartiene a una diversa gerarchia di progettazione (Clark 1985). Pertanto, i progettisti dei componenti di un'architettura modulare stratificata non possono sapere in maniera completa come i componenti verranno utilizzati. Per questo motivo, un'architettura modulare a strati offre **generatività**, ovvero "la capacità complessiva di una tecnologia di produrre cambiamenti non sollecitati da un pubblico ampio, vario e non coordinato" (Zittrain 2006).

La generatività in un'architettura modulare a strati si ottiene attraverso accoppiamenti tra strati in cui le innovazioni possono emergere indipendentemente in qualsiasi strato, portando a effetti a cascata su altri strati (Adomavicius et al 2008; Boland et al 2007).

I componenti di un **prodotto modulare** rientrano in un'unica gerarchia di progettazione, mentre i componenti di un'**architettura modulare** a più livelli partecipano a più gerarchie di progettazione eterogenee.

A differenza della **flessibilità** di un prodotto **modulare** che produce differenze di grado, la **generatività** di un **prodotto modulare stratificato** produce differenze di tipo. La generatività è la capacità della tecnologia digitale di generare cambiamenti e di sostenere le persone nell'innovazione (Zittrain 2006). Pertanto, un prodotto modulare stratificato rimane fluido e aperto a nuovi significati. A differenza dell'**architettura puramente a strati** (Gao e Iyer 2006), la **generatività** di un prodotto digitalizzato con un'architettura modulare stratificata è **limitata** dalle caratteristiche dei componenti fisici del prodotto. (a esempio fattori di forma e disponibilità di alcuni componenti fisici).

L'architettura modulare e l'architettura modulare stratificata costituiscono i due estremi di un continuum, in quanto le aziende incorporano componenti digitali nei loro prodotti. I prodotti tradizionali dell'era industriale, monouso, manifestano un'estremità dello spettro, mentre i prodotti digitali convenzionali con

hardware informatico generale costituiscono un'altra estremità. Molti prodotti digitalizzati rientreranno a metà strada tra i due estremi.

Con la continua digitalizzazione, aumenta il grado di riprogrammabilità, omogeneizzazione dei dati e autoreferenzialità. Pertanto, la digitalizzazione di un prodotto o servizio modulare non digitale lo porta gradualmente verso un'architettura modulare stratificata.

### 3.2.4 La logica organizzativa dell'architettura modulare a strati

Con un'architettura modulare a strati, un prodotto digitalizzato può essere contemporaneamente un **prodotto** e una **piattaforma**. Pertanto, le aziende che operano in un panorama competitivo modellato da architetture modulari a strati investono in **piattaforme di prodotti digitali** che soddisfano mercati multilaterali e aiutano a costruire ecosistemi dinamici (Eisenman et al. 2006).

Una piattaforma di prodotto digitale comprende tipicamente una particolare gamma di livelli (ad esempio, livelli di contenuto e di servizio) che possono funzionare come un prodotto autonomo e consentire contemporaneamente ad altri di innovare utilizzando le risorse controllate dall'azienda (Gawer e Cusumano 2008). A causa della natura dinamica dell'architettura modulare a strati, le stesse aziende possono competere su uno strato e coesistere pacificamente su altri strati. All'interno di un'architettura modulare a strati, un'azienda cerca di attrarre attori eterogenei, in modo da progettare e produrre nuovi componenti su livelli esterni alla sua piattaforma di prodotto digitale.

Ne risulta che la generatività di un'architettura modulare a strati deriva dalla capacità di un'azienda di progettare una piattaforma di prodotto, che possa attirare un vasto numero di componenti eterogenei e inaspettati che appartengono a diverse gerarchie di progettazione. Maggiore è l'eterogeneità, più generativa diventa la piattaforma.

Sebbene sia teoricamente possibile perseguire una tale generatività all'interno dei confini chiusi di una singola azienda o della sua rete di fornitori esistente, la capacità dell'azienda di farlo è comunque limitata a causa dei suoi vincoli economici, strutturali, cognitivi e istituzionali. Anche se l'architettura modulare a strati possiede molto potenziale generativo, questo potenziale si realizza pienamente solo quando è abbinato a una nuova logica organizzativa che coinvolge attori eterogenei, molti dei quali perseguono le proprie strategie di innovazione. Di conseguenza, l'innovazione all'interno di un'architettura modulare a strati è distribuita non solo tra aziende dello stesso tipo, ma anche tra aziende di tipo diverso. Le attività di innovazione di queste imprese si influenzano reciprocamente e ricorsivamente, creando l'immagine di "scie di innovazione" (Boland et al. 2007).

La **logica organizzativa** di un'architettura modulare a strati sarà, di conseguenza, caratterizzata come **doppiamente distribuita**. Risulta distribuito in quanto, la fonte primaria di creazione di valore è la generatività che deriva dalla capacità illimitata di combinare e abbinare risorse eterogenee su più livelli. È inoltre doppiamente distribuito perché:

(a) il controllo sui componenti del prodotto è distribuito tra più aziende;

(b) la conoscenza del prodotto è distribuita tra discipline e comunità eterogenee.

Risulta essenziale in questo ambiente, la capacità di progettare una piattaforma di prodotto digitale per ispirare e mobilitare una rete dinamica e doppiamente distribuita per massimizzare il potenziale generativo dell'architettura modulare a strati. Nella gestione di tale rete, un'azienda deve avere la capacità di creare nuovi significati dei propri prodotti e servizi (Verganti 2009) ridefinendo costantemente i confini del prodotto attraverso un rimodellamento attivo della sua ecologia (Kusuoki e Aoshima 2010).

## 4. Come lo sviluppo del settore informatico ha influenzato altri settori. Da analogico a digitale: analisi e metodologie di applicazione

Come ampiamente discusso, quando si parla di digitalizzazione ci si riferisce ad una trasformazione fondamentale che coinvolge tanto il mondo tecnologico quanto l'interazione con esso.

In questo capitolo sarà analizzato il passaggio verso la digitalizzazione di strumenti e tecnologie in formati analogici, esaminando gli sviluppi tecnologici che hanno guidato questa transizione portando la determinazione del dominant design.

L'architettura utilizzata per le tecnologie analizzate, in generale, presenta una struttura ibrida, che combina elementi dell'architettura modulare dei prodotti fisici con l'architettura stratificata della tecnologia digitale. Queste due architetture sono definibili ortogonali tra loro (Lee & Berente 2012).

La Figura 55 evidenzia come i prodotti digitali si colleghino a diverse parti della gerarchia dei prodotti fisici, integrando funzionalità e dati di componenti tradizionalmente separati.

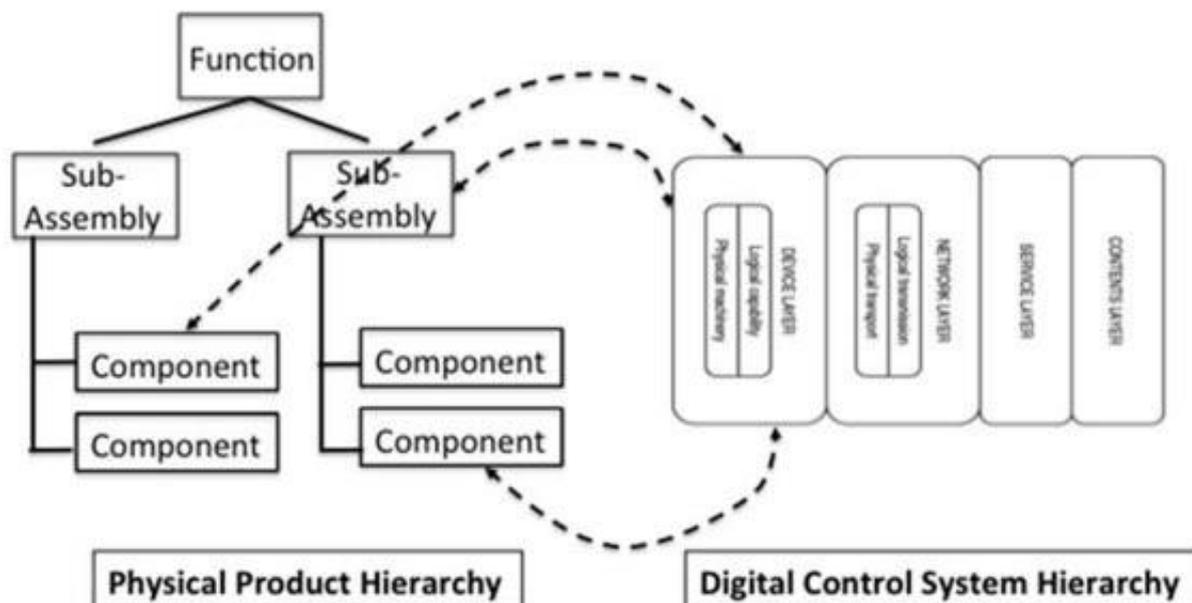


Figura 55. Visualizzazione dell'architettura modulare a strati. Fonte: *Evolving the Layered Modular Architecture in Digital Innovation* (Hylving & Schultze 2013)

L'evoluzione verso il consolidamento del dominant design degli elementi, a livello fisico e di rete, è stata oggetto di un'analisi approfondita. Attraverso una dettagliata esplorazione delle fasi evolutive e delle innovazioni chiave, è stato possibile individuare il percorso che ha portato alla definizione di standard e protocolli universali. In questo contesto, emergono le tappe più importanti che hanno plasmato l'infrastruttura tecnologica fondamentale.

L'analisi è stata condotta considerando una serie di innovazioni ritenute significative nel processo di digitalizzazione. Questi traguardi rappresentano tappe fondamentali che hanno contribuito a influenzare diversi settori, ridefinendo il modo in cui si interagisce con il mondo digitale e con i mezzi tecnologici che lo caratterizzano:

- Smartwatch
- E-Book Reader
- Macchina del Caffè Digitale

- Navigatore Satellitare

Per ciascuna soluzione è stato elaborato:

- **Diagramma Swim Lane** con l'obiettivo di modellare l'architettura del processo
- **Diagramma a Blocchi** per la modellazione del sistema di alto livello
- **Valutazione dell'architettura a più livelli**, identificando gli strati più importanti e le loro relazioni.

## 4.1 Diagramma Swim Lane: architettura del flusso di processo

### Smartwatch

La trasformazione dall'orologeria tradizionale agli smartwatch e ai dispositivi indossabili multifunzionali è stata un'evoluzione guidata dai progressi tecnologici che hanno coniugato l'elettronica con l'informatica portatile.

L'evoluzione ha avuto inizio con l'avvento degli orologi digitali negli anni '70 e '80, caratterizzati dalla sostituzione dei tradizionali meccanismi a ingranaggi con display elettronici. Fase in cui l'elettronica cominciava a convergere con l'orologeria tradizionale.

Con il progresso nella miniaturizzazione e nell'elettronica, gli orologi digitali hanno iniziato ad integrare funzionalità come i **display a cristalli liquidi (LCD)**, i quali hanno migliorato notevolmente la visualizzazione delle informazioni, aprendo la strada a dispositivi più interattivi.

L'avvento dei **Personal Digital Assistants (PDA)**, emersi come risposta alla crescente domanda di strumenti per la gestione delle informazioni personali, hanno rappresentato la convergenza tra l'orologeria e l'informatica portatile. Questi dispositivi integravano funzionalità di orologio digitale con capacità di calcolo, archiviazione dati e comunicazione, diventando strumenti di produttività personale.

Negli ultimi anni, gli smartwatch hanno subito un'evoluzione significativa, trasformandosi da semplici dispositivi indossabili a veri e propri computer indossabili in grado di eseguire applicazioni complesse. Questa trasformazione è stata guidata da una serie di innovazioni e nuove funzionalità che hanno reso gli smartwatch più versatili e utili per una vasta gamma di utenti.

Tra le principali innovazioni c'è la capacità di ricevere notifiche direttamente dagli smartphone, l'aggiunta di funzionalità per il monitoraggio delle attività fisiche e parametri di salute e l'integrazione della tecnologia **LTE (Long Term Evolution)**, che consente agli utenti di connettere gli smartwatch senza la necessità di un telefono cellulare.

L'integrazione degli smartwatch nel settore sanitario ha aperto nuove opportunità per la raccolta di dati dai pazienti e ha fornito agli operatori sanitari strumenti utili per prendere decisioni sui trattamenti. Tuttavia, ci sono ancora tematiche importanti da affrontare, come la sicurezza dei dati e i problemi di privacy, che possono scoraggiare gli utenti dall'utilizzo prolungato degli smartwatch.

L'utilizzo uno smartwatch coinvolge generalmente diverse fasi nel processo. Una panoramica generale e dei relativi passaggi comuni può essere la seguente:

- 1. Attivazione dello schermo e interazione con la schermata principale:** considerata la fase di partenza per l'utilizzo dello smartwatch. L'utente attiva lo schermo del dispositivo, che di solito avviene con un tocco sul display o sollevando il polso (se il dispositivo supporta questa funzionalità). Dalla schermata principale, l'utente può visualizzare le informazioni di base come l'ora, le notifiche e accedere ai widget o alle app principali.

**2. Navigazione nel menu delle applicazioni:** se l'applicazione desiderata non è direttamente accessibile dalla schermata principale, l'utente può navigare nel menu delle applicazioni. Questo può essere fatto scorrendo sullo schermo nella direzione scelta o utilizzando i pulsanti fisici o virtuali per passare tra le varie schermate o categorie di applicazioni.

**3. Selezione dell'applicazione:** una volta trovata l'applicazione desiderata nel menu delle applicazioni, l'utente la seleziona. Questo di solito è svolto toccando l'icona corrispondente sull'interfaccia dello schermo.

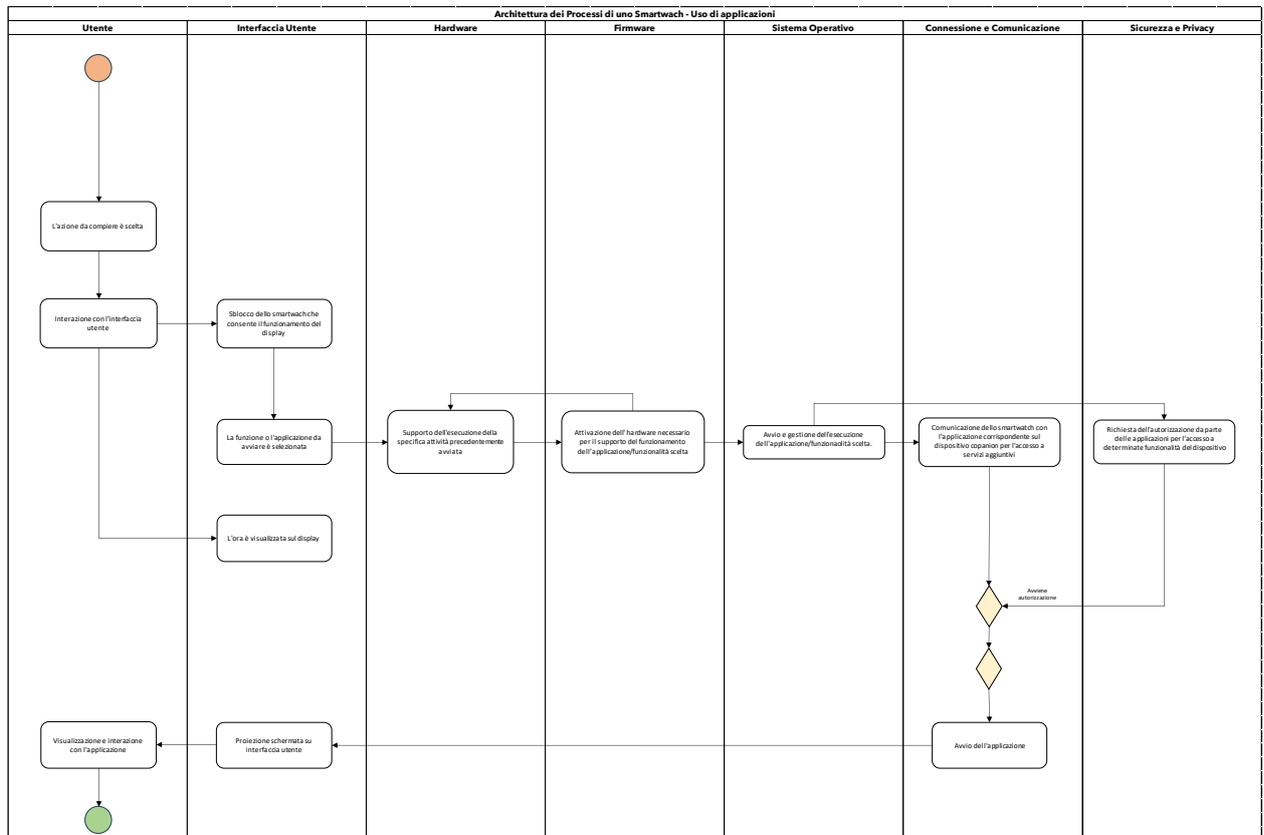
**4. Avvio dell'applicazione e inizializzazione:** dopo aver selezionato l'applicazione, questa è avviata e inizializzata. Durante il processo, l'applicazione può caricare i dati, effettuare connessioni a server esterni o preparare l'interfaccia per l'interazione dell'utente.

**5. Interazione con l'applicazione e utilizzo:** una volta che l'applicazione è stata avviata e inizializzata, l'utente può interagire con essa per svolgere le attività desiderate. Questo potrebbe includere la visualizzazione di informazioni, l'impostazione di preferenze, l'avvio di funzioni specifiche o l'interazione con altri utenti (se l'applicazione supporta la comunicazione sociale).

Gli smartwatch prevedono anche l'utilizzo dei comandi vocali per avviare un'applicazione. L'interazione si discosta leggermente da quella descritta precedentemente. Invece di navigare manualmente attraverso il menu delle applicazioni, l'utente attiverebbe il riconoscimento vocale sullo smartwatch, di solito pronunciando una parola chiave come "Hey Siri" (per Apple Watch) o "Ok Google" (per dispositivi Android Wear). Una volta attivato il riconoscimento vocale, l'utente pronuncierebbe il nome dell'applicazione desiderata. Il dispositivo, quindi, interpreta il comando vocale, avvia l'applicazione richiesta e ne inizializza l'interfaccia per l'utilizzo dell'utente. Da lì in poi, l'interazione con l'applicazione sarebbe simile a quanto descritto nel flusso di processo sopra menzionato.

L'utilizzo dei comandi vocali può rendere più rapido e conveniente l'avvio di un'applicazione, specialmente su dispositivi come gli Smart Watch, dove la dimensione dello schermo potrebbe rendere difficile la navigazione e la selezione tramite tocchi manuali.

Dal seguente schema generale è possibile individuare i flussi coinvolti nel processo di utilizzo di uno smartwatch:



## E-Book Reader

L'Electronic-Book (o libro elettronico) è la versione digitale di un libro stampato, consultabile utilizzando un lettore e-book. Tra i più noti Kobo, Kindle, iPad e Smartphone, e in generale ogni PC, tablet o cellulare di ultima generazione abilitato).

La storia dell'E-Book inizia nel 1971 quando lo studente statunitense Michael S. Hart trascrive la Dichiarazione di Indipendenza americana sul suo computer, rendendola disponibile online e inaugurando così il concetto di libro digitale. Fu da questa operazione che nacque l'idea del **Progetto Gutenberg**, che si proponeva di digitalizzare e rendere disponibili gratuitamente opere letterarie di pubblico dominio.

Questo gesto pionieristico ebbe un impatto significativo sull'evoluzione del concetto di libro elettronico. Con l'avvento del World Wide Web e l'aumento della disponibilità di connessioni Internet, sono stati sviluppati diversi formati di ebook. Uno dei più noti è stato il formato **PDF (Portable Document Format)** introdotto da Adobe nel 1993, che consentiva di visualizzare e distribuire documenti in un formato compatibile con diverse piattaforme.

Tuttavia, si trattava spesso semplici trasposizioni digitali di libri cartacei, senza sfruttare appieno le potenzialità del mezzo digitale.

L'introduzione dei primi E-Book Reader nel 1998, come il **Rocket Ebook** e il **Softbook** negli Stati Uniti, segnò un passo importante verso la loro commercializzazione e diffusione.

Questi dispositivi offrivano agli utenti la possibilità di leggere libri in formato digitale in modo più comodo e portatile rispetto ai tradizionali libri cartacei. Tuttavia, è nel 2004 che si verifica una svolta significativa con l'introduzione dell'inchiostro elettronico **E-Ink**, un'innovazione che ha rivoluzionato l'esperienza di lettura digitale. Questa tecnologia ha reso possibile la creazione di schermi che replicavano fedelmente l'aspetto della carta stampata, garantendo un'elevata leggibilità e riducendo l'affaticamento degli occhi. Ciò ha reso la lettura su dispositivi elettronici più confortevole e ha contribuito alla crescita del mercato degli E-Book.

Nel 2007 Amazon ha lanciato il **Kindle**, uno dei primi lettori di ebook di successo, che ha contribuito a rendere popolare il formato e gli ebook più accessibili al grande pubblico. Contestualmente, sono stati introdotti formati di ebook più flessibili e adattabili, come **l'EPUB**, che ha reso più semplice la creazione e la distribuzione di ebook su diverse piattaforme.

Le piattaforme di distribuzione come Amazon Kindle Store, Apple Books e Google Play Libri hanno semplificato l'auto-pubblicazione per gli autori e ampliato il loro pubblico. La crescita dei servizi di abbonamento ha offerto agli utenti accesso a una vasta gamma di titoli a una tariffa mensile fissa.

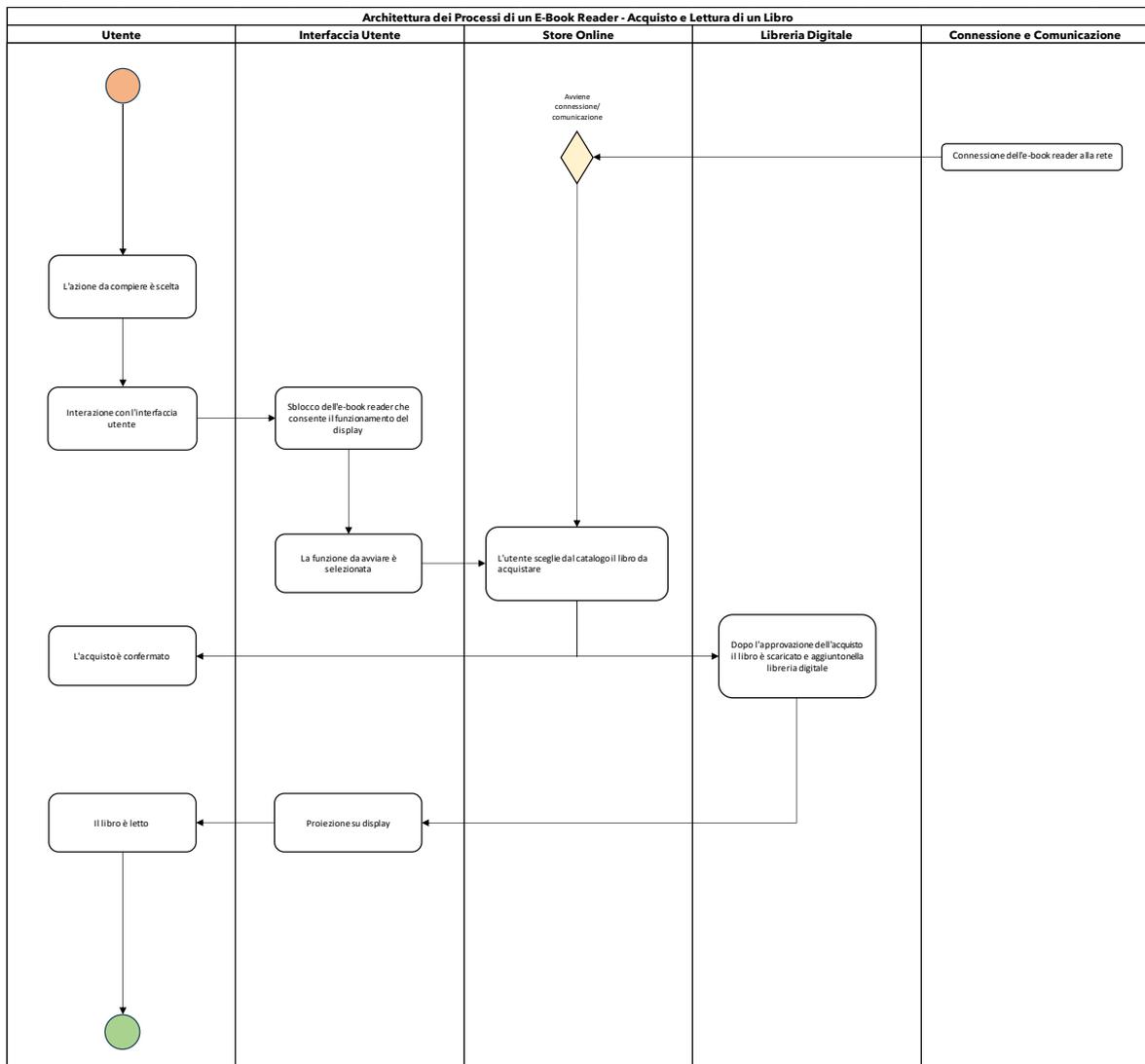
Gli ebook si sono integrati nel panorama editoriale insieme ai libri tradizionali, e la tecnologia continua a migliorare sia nei dispositivi di lettura che nei formati di ebook, aprendo nuove opportunità di distribuzione e fruizione dei contenuti digitali. La pandemia di COVID-19 ha accelerato questa transizione verso la lettura digitale, aumentando la domanda di ebook e l'adozione di dispositivi di lettura digitali.

L'utilizzo di un E-Book reader coinvolge generalmente diverse fasi nel processo. Una panoramica generale e dei relativi passaggi comuni può essere la seguente:

- 1. Accensione del dispositivo:** prima di immergersi nella lettura digitale, è necessario avviare l'E-Book Reader premendo il pulsante di accensione o il tasto designato. Questo passaggio è fondamentale poiché prepara il dispositivo per l'uso, inizializzando il sistema e consentendo all'utente di accedere alla sua libreria digitale e ai libri memorizzati. Una volta acceso, l'E-Book Reader visualizzerà la sua schermata iniziale o il menu principale, pronto per l'interazione dell'utente.
- 2. Acquisto o ottenimento dei libri digitali:** dopo l'accensione del dispositivo, l'utente può rivolgersi alla libreria online per cercare i libri desiderati. Questo può includere libri che l'utente intende acquistare o libri gratuiti disponibili per il download. Utilizzando l'interfaccia della libreria online, l'utente cerca i titoli desiderati e completa l'acquisto o il download gratuito dei libri selezionati. Questa fase è essenziale per garantire che l'utente abbia accesso ai contenuti desiderati prima di procedere con la lettura.

- 3. Trasferimento dei libri digitali sul dispositivo:** l'utente può inoltre collegare il proprio E-Book Reader al computer utilizzando un cavo USB. Attraverso questo collegamento, l'utente trasferisce i libri digitali presenti sul computer alla memoria del dispositivo di lettura. Questo passaggio consente di caricare i libri sul dispositivo, rendendoli disponibili per la lettura offline, ovunque e in qualsiasi momento l'utente lo desidera.
- 4. Navigazione nella libreria digitale:** dopo aver trasferito i libri digitali sul dispositivo, l'utente accede alla schermata principale dell'E-Book Reader. Da qui, può navigare attraverso la libreria digitale, visualizzando i libri disponibili sotto forma di elenco o copertine. Questa fase consente all'utente di trovare facilmente il libro desiderato tra i titoli memorizzati nel dispositivo, preparandosi per la successiva fase di lettura.
- 5. Lettura del libro digitale:** dopo aver selezionato il libro desiderato dalla libreria digitale, l'utente può procedere con la lettura. Con un tocco sul titolo scelto (o attraverso l'utilizzo dei tasti appositi), il libro si apre, rivelando le prime pagine del testo digitale. L'utente può iniziare a sfogliare il libro, scorrendo le pagine virtuali tramite i controlli intuitivi del dispositivo.
- 6. Gestione della lettura:** durante la lettura, l'utente può personalizzare l'esperienza aggiungendo segnalibri, annotazioni o evidenziando parti del testo significative. I segnalibri consentono di tenere traccia delle pagine preferite o dei passaggi importanti, mentre le annotazioni offrono la possibilità di inserire note personali o riflessioni direttamente nel testo. L'utente può anche evidenziare parti del testo per sottolineare concetti chiave o citazioni memorabili. Queste funzionalità non solo arricchiscono l'esperienza di lettura, ma consentono anche di interagire attivamente con il contenuto del libro, facilitando la comprensione e la rielaborazione delle informazioni.
- 7. Chiusura e salvataggio dei progressi di lettura:** quando l'utente ha finito la sessione di lettura, può chiudere il libro digitale e spegnere l'E-Book Reader. Prima di farlo, tuttavia, è importante notare che il dispositivo salva automaticamente i progressi di lettura. Questo significa che l'E-Book Reader memorizza la posizione dell'utente nel libro, così come eventuali segnalibri, annotazioni o evidenziazioni effettuate durante la sessione di lettura. Quando l'utente riaccende il dispositivo e riapre il libro, sarà in grado di riprendere la lettura esattamente dal punto in cui l'aveva lasciata, senza perdere alcun progresso. Questa funzionalità rende l'esperienza di lettura digitale estremamente conveniente e senza soluzione di continuità, consentendo all'utente di immergersi nella storia senza interruzioni.

Dal seguente schema generale è possibile individuare i flussi coinvolti nel processo di utilizzo di un E-Book Reader:



## Macchina del Caffè Digitale

Le prime macchine del caffè automatiche risalgono al 19° secolo, ma è con l'avvento dell'elettronica negli anni '70 e '80 che hanno iniziato a incorporare elementi digitali, come timer per programmare l'accensione e la preparazione automatica del caffè. Questi primi passi hanno mostrato il potenziale della digitalizzazione nel settore del caffè.

Nel corso degli anni '90 e nei primi anni 2000, queste macchine erano dotate di elettronica avanzata che consentiva un controllo preciso della temperatura dell'acqua, della pressione e di altri parametri fondamentali durante l'estrazione del caffè. Inoltre, alcuni modelli consentivano di programmare le preferenze personali degli utenti. Questo ha garantito condizioni ottimali per una qualità costante nella preparazione dell'espresso, offrendo ai consumatori un'esperienza più completa.

Verso la fine degli anni 2000 e nei primi anni 2010, con la crescente diffusione degli smartphone e l'espansione della connettività Internet, le macchine del caffè digitali hanno iniziato a offrire nuove funzionalità che hanno rivoluzionato l'esperienza di preparazione del caffè.

Inoltre, l'introduzione delle app per smartphone collegate alle macchine del caffè ha consentito agli utenti di controllare il processo di preparazione da remoto. Questo significa che, anziché dover essere fisicamente presenti per avviare la macchina e attendere l'erogazione, gli utenti sono avvertiti tramite notifiche dell'avvenuta preparazione del caffè.

Negli ultimi anni, le macchine del caffè digitali sono diventate sempre più intelligenti grazie all'integrazione di tecnologie di intelligenza artificiale e apprendimento automatico. Questi dispositivi possono imparare le preferenze degli utenti nel tempo, regolare automaticamente le impostazioni di preparazione e persino suggerire nuove ricette di caffè in base ai gusti individuali.

Le macchine del caffè digitali, inoltre, stanno diventando parte integrante degli ecosistemi domestici intelligenti, consentendo agli utenti di controllarle tramite assistenti vocali come Amazon Alexa o Google Assistant. Ciò significa che è possibile preparare il caffè semplicemente dando comandi vocali, senza nemmeno toccare un pulsante.

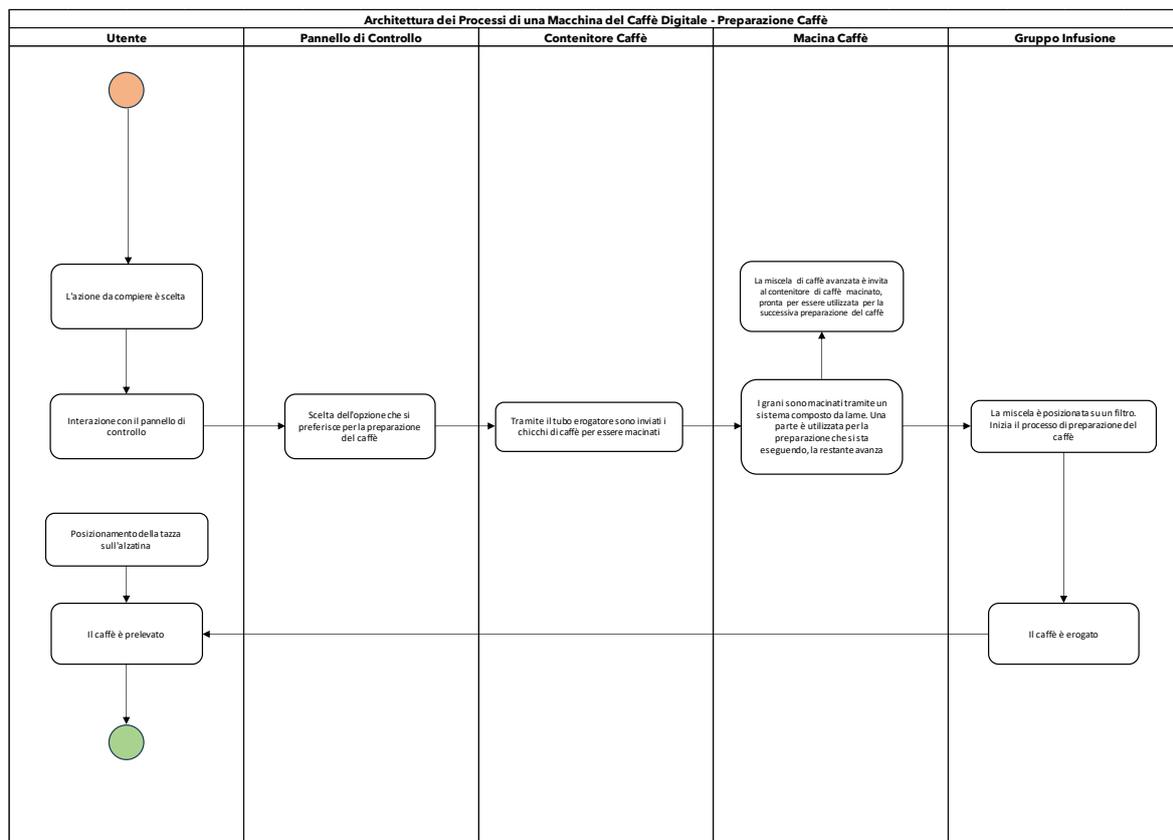
Il futuro delle macchine del caffè digitali probabilmente vedrà ulteriori progressi nell'intelligenza artificiale, nella personalizzazione delle preferenze degli utenti e nell'integrazione con altri dispositivi intelligenti. Potremmo vedere anche una maggiore attenzione alla sostenibilità e alla tracciabilità del caffè, con funzionalità che consentono agli utenti di conoscere la provenienza e il processo di produzione del loro caffè preferito direttamente tramite l'app della macchina del caffè.

L'utilizzo di una macchina del caffè digitale, nel caso di caffè in grani, coinvolge generalmente diverse fasi nel processo. Una panoramica generale e dei relativi passaggi comuni può essere la seguente:

- 1. Preparazione della macchina:** per iniziare, è necessario preparare la macchina per il caffè. Questo potrebbe includere riempire il serbatoio dell'acqua, selezione della tipologia di caffè in grani, verificare che il macinacaffè sia pulito e pronto per l'uso, e accendere la macchina.
- 2. Regolazione delle impostazioni:** La maggior parte delle macchine per caffè digitali offre la possibilità di regolare una serie di impostazioni per adattare il processo di preparazione alle preferenze individuali. Queste impostazioni possono includere la quantità di caffè macinato utilizzata, la finezza della macinatura, la temperatura dell'acqua e la pressione di estrazione.
- 3. Macinatura del caffè:** dopo aver selezionato le impostazioni desiderate, la macchina macina i chicchi di caffè in grani freschi per preparare il caffè. Questa fase è fondamentale per garantire la freschezza e l'aroma ottimali del prodotto da estrarre.

4. **Estrazione del caffè:** una volta macinato, il caffè viene erogato utilizzando acqua calda a pressione attraverso il macinacaffè. Questo processo estrae gli oli e gli aromi dal caffè macinato, creando l'espresso o il caffè filtrato desiderato.
5. **Servizio e pulizia:** una volta che il caffè è stato preparato, è pronto per essere servito. L'utente può versare il caffè nella tazza e personalizzare la bevanda secondo le preferenze personali. Dopo il servizio, è importante pulire la macchina per mantenere la qualità del caffè e garantire il corretto funzionamento della macchina nel tempo.

Dal seguente schema generale è possibile individuare i flussi coinvolti nel processo di utilizzo di una macchina per caffè digitale:



## Navigatore Satellitare

Un navigatore satellitare, o navigatore GPS, è un dispositivo elettronico che utilizza segnali satellitari per determinare la posizione geografica di un oggetto sulla Terra in tempo reale. Questi dispositivi forniscono indicazioni dettagliate e istruzioni vocali per guidare gli utenti da un punto all'altro, sia in veicoli che a piedi. Solitamente, i navigatori satellitari offrono funzionalità come la mappatura delle strade, il calcolo del percorso ottimale, la visualizzazione delle condizioni del traffico e altre informazioni utili per la navigazione. La storia evolutiva dei navigatori satellitari ha origine nell'era spaziale. Il 4 ottobre 1957, l'Unione Sovietica fece storia con il lancio di **Sputnik 1**, il primo satellite artificiale, segnando un punto di svolta nell'esplorazione spaziale e, i successivi lanci di altri satelliti, diedero vita all'idea di utilizzare l'orbita terrestre per scopi pratici, inclusa la navigazione.

Negli anni '60, gli Stati Uniti svilupparono il sistema di navigazione **TRANSIT**. Questo sistema utilizzava una costellazione di satelliti per fornire posizioni approssimative agli utenti sulla Terra. Benché primitivo rispetto agli standard attuali, TRANSIT ebbe un ruolo fondamentale nelle prime fasi della navigazione satellitare, specialmente per scopi militari e scientifici.

Il culmine di questa evoluzione fu raggiunto con lo sviluppo e l'implementazione del **Global Positioning System (GPS)** dagli Stati Uniti negli anni '90, segnando una svolta nella storia dei navigatori satellitari.

Il GPS è un sistema di navigazione satellitare completo e globale che utilizza una costellazione di almeno 24 satelliti in orbita intorno alla Terra per fornire agli utenti di tutto il mondo, segnali di posizionamento accurati e affidabili. Questo sistema ha rivoluzionato la navigazione terrestre, marittima, aerea e spaziale, diventando uno strumento indispensabile in una vasta gamma di settori.

Oltre al GPS, altri paesi hanno sviluppato e implementato i propri sistemi di navigazione satellitare. Il **GLONASS** della Russia, il **Galileo** dell'Unione Europea e il **BeiDou** della Cina sono esempi di tali sistemi, che offrono una copertura globale e aumentano l'adattabilità e la precisione della navigazione satellitare.

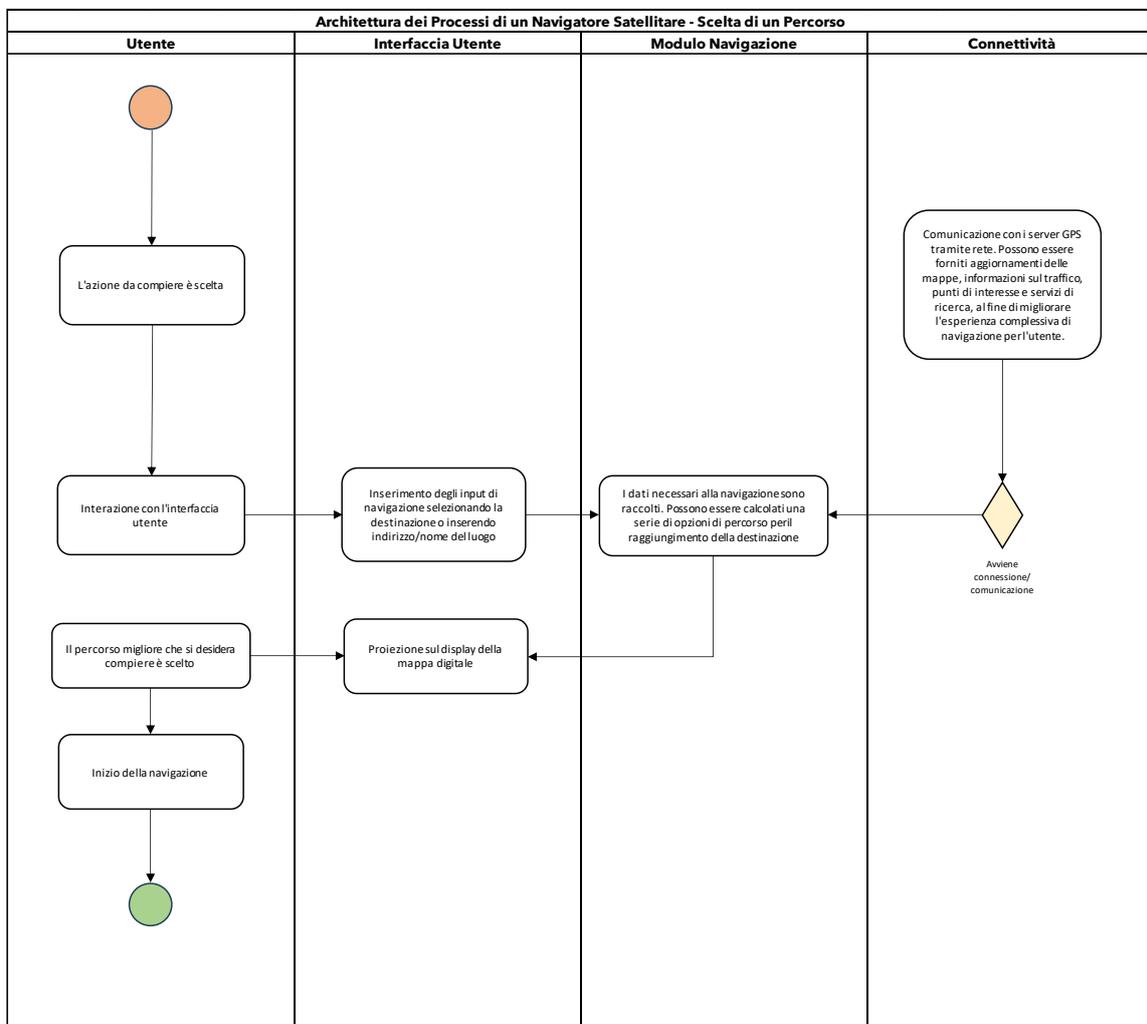
La tecnologia dei navigatori satellitari è in continua evoluzione, in quanto si stanno sviluppando sistemi più avanzati e precisi che integrano il GPS con altre tecnologie di navigazione, come i sensori inerziali e le reti di comunicazione wireless, per migliorare ulteriormente la precisione e l'affidabilità della navigazione in condizioni difficili o in ambienti urbani densamente popolati.

L'utilizzo di un navigatore satellitare coinvolge generalmente diverse fasi nel processo. Una panoramica generale e dei relativi passaggi comuni può essere la seguente:

- 1. Inizializzazione del dispositivo:** prima di utilizzare il navigatore satellitare, l'utente potrebbe dover inizializzare il dispositivo. Questo potrebbe includere l'accensione del dispositivo, l'installazione o l'aggiornamento dell'applicazione del navigatore, la connessione a una rete dati o Wi-Fi per aggiornamenti e servizi in tempo reale. Una volta completata l'inizializzazione, il dispositivo è pronto per essere utilizzato.
- 2. Input della destinazione:** durante questa fase, l'utente può interagire con il dispositivo in diversi modi. Potrebbe utilizzare il touchscreen per inserire manualmente l'indirizzo o selezionare una destinazione dalla lista dei luoghi memorizzati o dai punti di interesse. Alcuni dispositivi supportano anche l'input vocale, consentendo all'utente di comunicare la destinazione desiderata verbalmente.
- 3. Conferma del percorso:** dopo il calcolo del percorso, il dispositivo visualizza il percorso proposto sull'applicazione del navigatore. L'utente potrebbe quindi interagire con il dispositivo per confermare il percorso, tipicamente attraverso un tocco sullo schermo per avviare la navigazione. Alcuni dispositivi potrebbero richiedere una conferma vocale.

4. **Utilizzo durante la guida:** durante il viaggio, l'interazione dell'utente con il dispositivo si concentra principalmente sull'ascolto delle istruzioni vocali fornite dal navigatore e sull'osservazione delle indicazioni visive sulla mappa. L'utente potrebbe anche interagire con il dispositivo, tramite tocco dello schermo o comandi vocali, per modificare il percorso, regolare il volume delle istruzioni vocali, modificare lo zoom sulla mappa o visualizzare informazioni aggiuntive sul percorso.
5. **Conferma dell'arrivo:** una volta raggiunta la destinazione, il dispositivo potrebbe richiedere una conferma dell'arrivo dall'utente, che può essere eseguita tramite un tocco sullo schermo per confermare il raggiungimento della destinazione o tramite una conferma vocale.
6. **Chiusura dell'applicazione o del dispositivo:** infine, l'utente può interagire con il dispositivo per chiudere l'applicazione del navigatore satellitare o spegnere il dispositivo, se necessario, attraverso l'apposito menu o pulsante di chiusura.

Dal seguente schema generale è possibile individuare i flussi coinvolti nel processo di utilizzo di un navigatore satellitare:



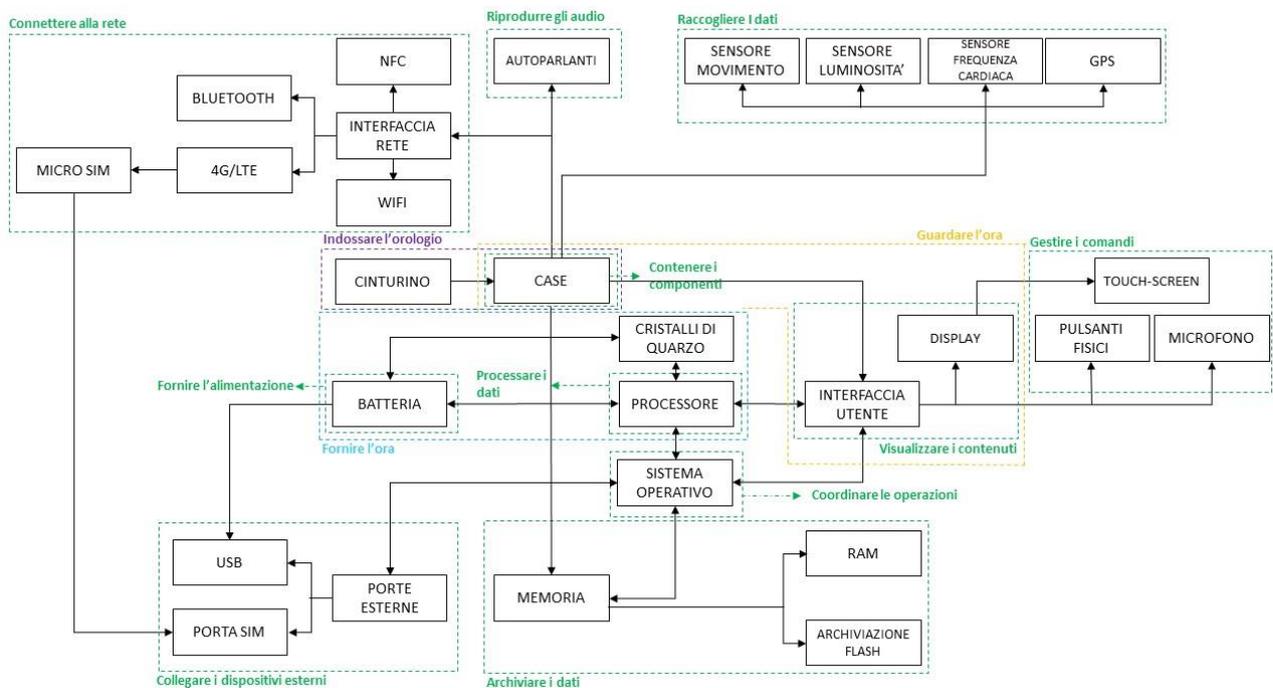
## 4.2 Diagramma a Blocchi e Architettura a Strati: modellazione di un sistema di alto livello e identificazione degli strati più importanti e le loro relazioni

Riprendendo l'analisi delle tecnologie, ora passeremo da una visione dinamica di utilizzo ad una statica. I diagrammi a blocchi a seguire consentono una visione delle relazioni tra i diversi moduli funzionali nell'utilizzo dei dispositivi. Successivamente, analizzando i diagrammi a blocchi, è possibile individuare nel dettaglio una corrispondenza tra gli elementi che costituiscono le principali soluzioni utilizzate dalle tecnologie in analisi e questa peculiare architettura.

### 4.2.1 Smartwatch

#### Diagrammi a blocchi

Dal seguente diagramma a blocchi è possibile individuare ed evidenziare i moduli funzionali e come sono coinvolti nel processo di utilizzo di uno smartwatch:



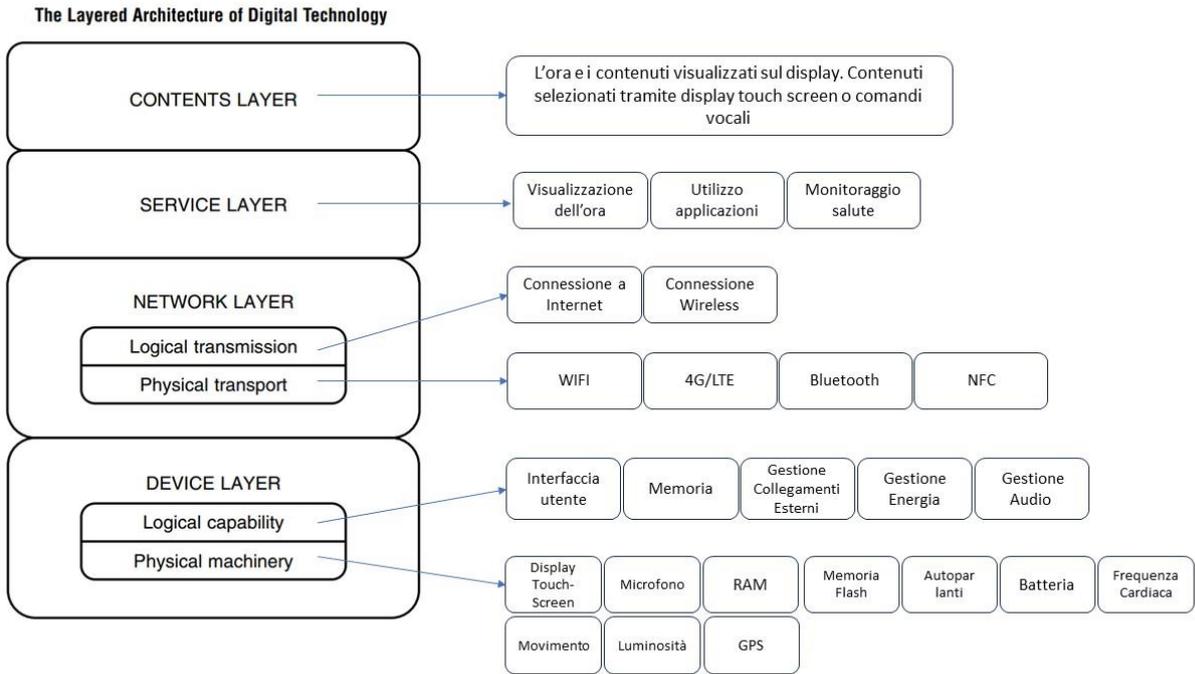
Tali moduli funzionali possono essere riassunti nel seguente modo:

- **Componenti Hardware di Base:** questo modulo fornisce le risorse essenziali per il funzionamento e le operazioni di base dello smartwatch. La CPU è il componente principale ed esegue le operazioni di calcolo e gestisce tutte le funzioni del dispositivo. È responsabile dell'elaborazione dei dati provenienti dai sensori, dall'interazione dell'utente e da altre fonti. Inoltre, assicura che tutte le operazioni siano eseguite in modo efficiente e rapido, garantendo una risposta immediata alle richieste dell'utente e il funzionamento fluido delle applicazioni. La memoria RAM è utilizzata per l'archiviazione temporanea delle istruzioni in uso attivo dalla CPU e dei dati. Maggiore è la dimensione della RAM, maggiore sarà il numero di processi eseguibili contemporaneamente dal dispositivo.

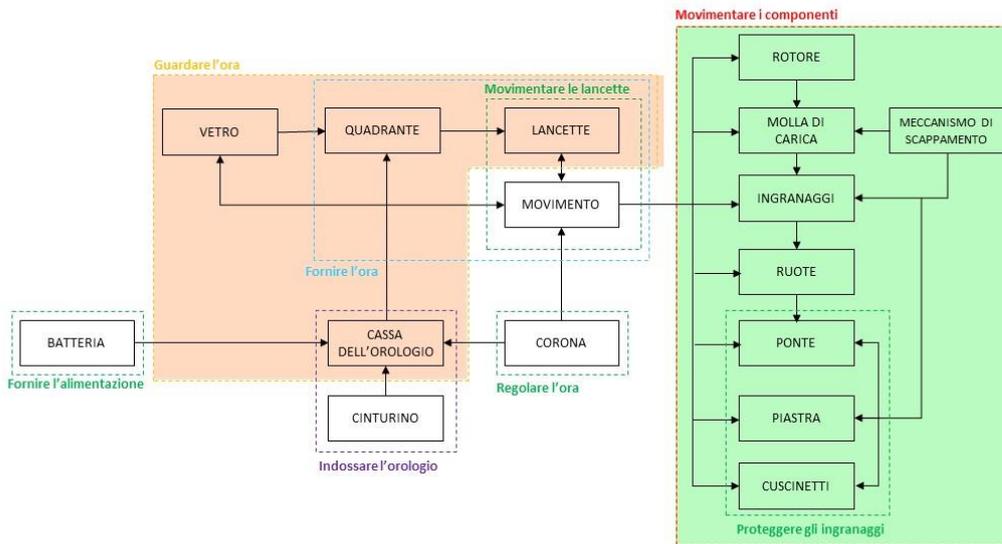
La memoria di archiviazione Flash, a differenza della RAM, conserva i dati permanenti, inclusi il sistema operativo, le applicazioni e i file utenti. La gestione della memoria è essenziale per garantire prestazioni fluide e una grande capacità di archiviazione per le applicazioni e i dati dell'utente.

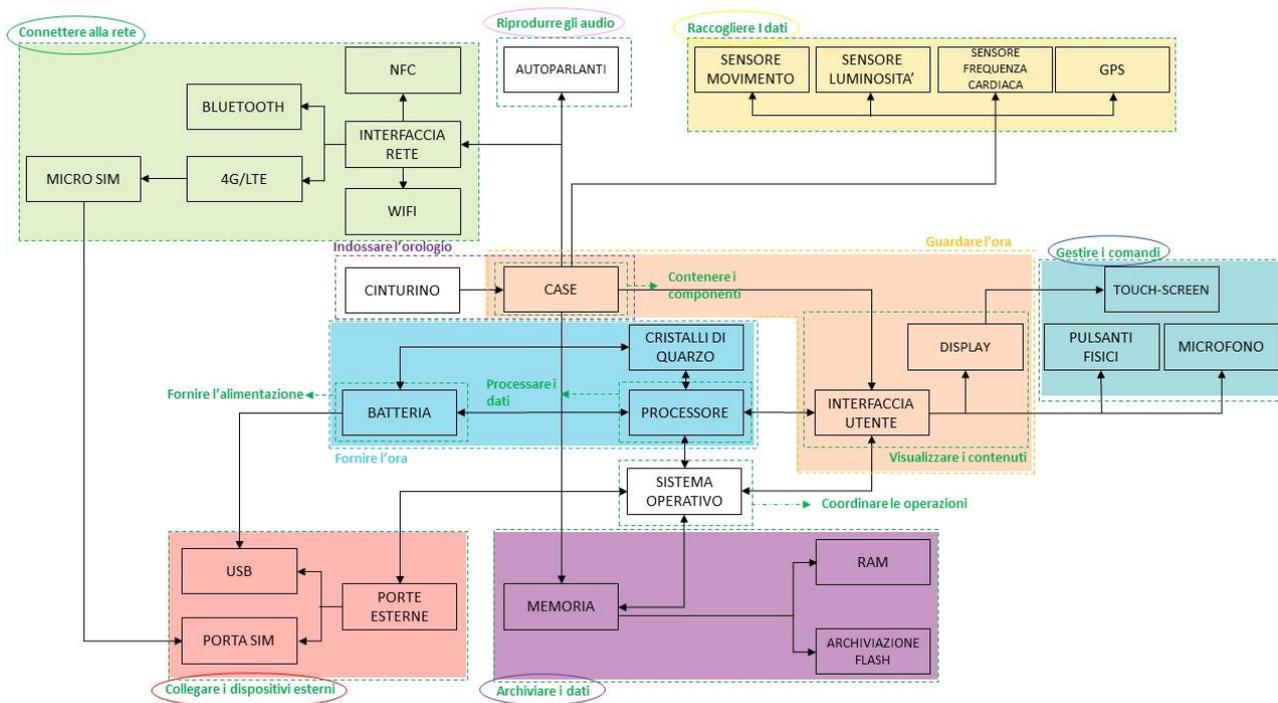
- **Interfaccia Utente:** il display è l'interfaccia visiva dello smartwatch attraverso cui gli utenti possono interagire con il dispositivo e visualizzare le informazioni. Una delle principali interazioni è il tocco, che consente di navigare tra le opzioni, aprire applicazioni, scorrere tra le schermate e gestire le notifiche con semplici tocchi o sfioramenti sul display; può essere un display LCD, OLED o AMOLED, e può essere di diverse dimensioni e risoluzioni a seconda del modello dello smartwatch. Oltre al tocco, molti smartwatch permettono di interagire tramite gesti, come scuotere il polso per attivare lo schermo o muovere la mano per rispondere a una chiamata. Alcuni dispositivi offrono controlli vocali avanzati, permettendo agli utenti di eseguire comandi tramite istruzioni vocali.
- **Interfaccia di Rete:** questo modulo gestisce la comunicazione del dispositivo con altre reti e dispositivi. Il Bluetooth e il Wi-Fi consentono la connessione a dispositivi come smartphone, auricolari e reti wireless. Il GPS fornisce il posizionamento satellitare per applicazioni di navigazione e tracciamento. NFC abilita funzionalità come il pagamento senza contatto e lo scambio di dati con altri dispositivi NFC. Infine, il modem 4G/LTE offre connettività cellulare per l'accesso a Internet e la ricezione di notifiche anche quando lo smartphone non è vicino.
- **Sensori:** il modulo funzionale dei sensori nello smartwatch è essenziale per raccogliere dati sull'ambiente, sull'attività fisica e sulla salute dell'utente. Comprende l'accelerometro e il giroscopio per monitorare il movimento, il sensore di luminosità ambientale per regolare la luminosità dello schermo, il sensore di battito cardiaco per monitorare la frequenza cardiaca e il GPS per determinare la posizione geografica. Questi dati sono utilizzati per funzionalità come il monitoraggio dell'attività fisica, la navigazione e il monitoraggio della salute, offrendo all'utente un'esperienza personalizzata e informativa.
- **Funzione Orologio:** il modulo funzione orologio dello smartwatch gestisce tutte le operazioni correlate alla visualizzazione dell'ora e a funzionalità temporali associate. Non solo mostra l'ora, ma offre anche funzioni utili come timer, cronometri e allarmi per gestire il tempo in modo più efficiente. È personalizzabile con una varietà di quadranti e si adatta allo stile di vita di ogni utente.
- **Alimentazione:** lo smartwatch viene alimentato tramite una batteria integrata. Questa batteria fornisce l'energia necessaria per il funzionamento del dispositivo e tutte le sue funzionalità. Di solito, la batteria è ricaricabile e può essere alimentata tramite un caricatore specifico collegato a una presa elettrica o a una porta USB di un computer o di un'altra fonte di alimentazione.

# Analisi dell'architettura a strati



# Confronto tra Orologio Tradizionale e Smartwatch





Confrontando i moduli funzionali di un orologio tradizionale con quelli di uno smartwatch, emerge immediatamente una distinzione significativa legata all'uso delle tecnologie.

Mentre l'orologio tradizionale, tramite un sofisticato sistema di ingranaggi e lancette, si limita a indicare l'ora e, forse, la data, uno smartwatch offre una vasta gamma di funzionalità grazie alle tecnologie integrate. Vi è una variazione del numero di moduli funzionali da orologio tradizionale a smartwatch, passando da otto a quattordici.

I moduli "Indossare l'orologio" e "Fornire l'alimentazione" rimangono invariati, anche se variano rispettivamente, la composizione del case dello smartwatch rispetto alla cassa dell'orologio tradizionale e la tipologia di batteria utilizzata per l'alimentazione elettrica.

Il modulo "Fornire l'ora" varia nella composizione e nella gestione. Negli smartwatch, l'ora è gestita e calcolata elettronicamente attraverso un cristallo di quarzo che vibra a una frequenza costante quando attraversato da una corrente elettrica. Questa vibrazione è convertita in impulsi elettrici, elaborati poi dal processore per determinare e visualizzare l'ora corrente sullo schermo dello smartwatch. In sostanza, mentre negli orologi tradizionali si utilizzano ingranaggi meccanici per la precisione del tempo, negli smartwatch la gestione dell'ora avviene tramite componenti elettronici.

Il modulo "Guardare l'ora" varia nel modo in cui l'ora è indicata, in quanto l'orologio tradizionale richiede l'osservazione delle lancette o dei numeri sul quadrante. Mentre su uno smartwatch "guardare l'ora" comporta la visualizzazione del tempo sul display.

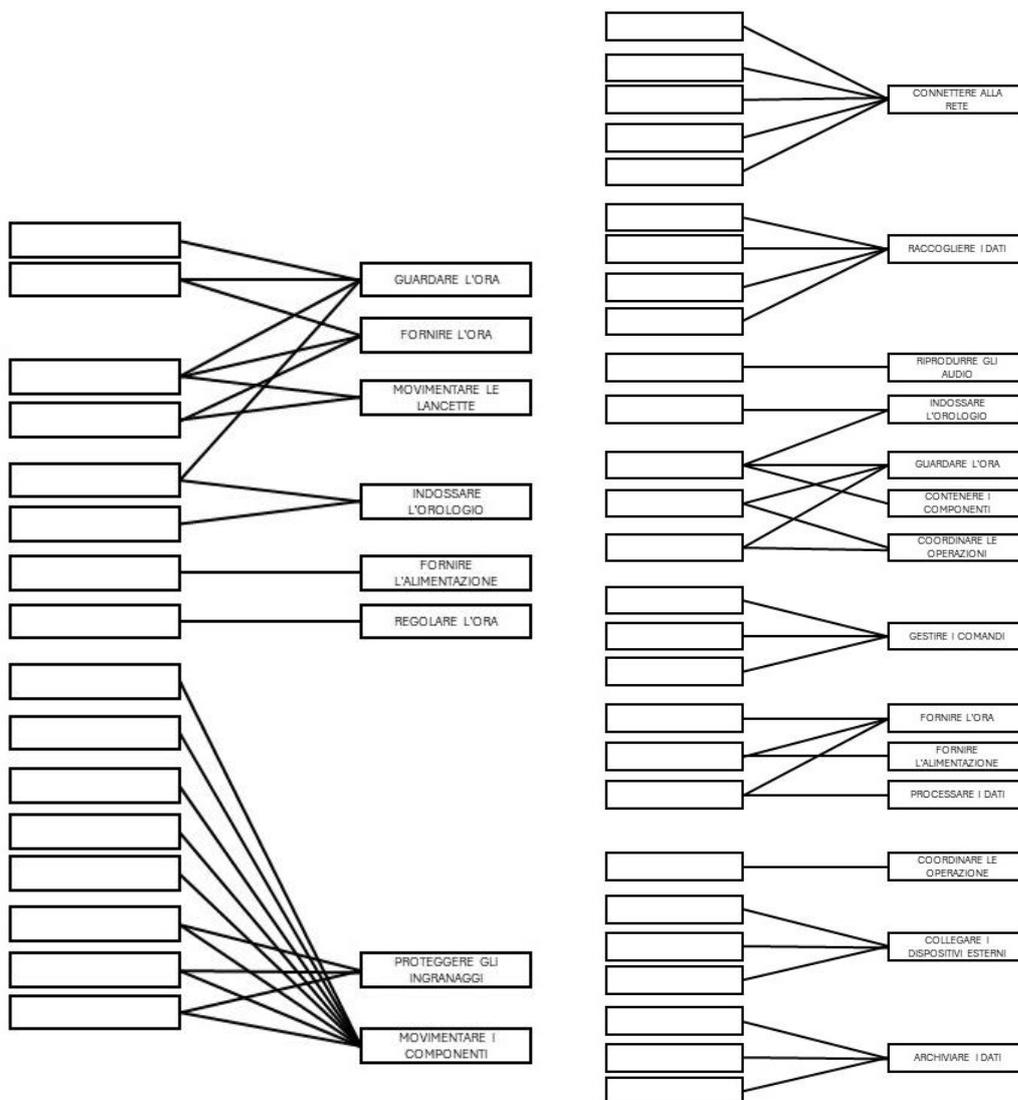
I nuovi moduli introdotti permettono di:

- Visualizzare l'ora in maniera più agevole. Questo perché lo smartwatch offre la flessibilità di scegliere tra diversi formati di quadrante, consentendo agli utenti di optare per l'orario digitale o tradizionale con lancette, secondo le proprie preferenze;
- Interagire con l'interfaccia utente tramite schermo touchscreen, pulsanti fisici o comandi vocali;
- Connettere il dispositivo alla rete, consentendo agli utenti di rimanere costantemente connessi a Internet, ricevere notifiche in tempo reale, accedere a una vasta gamma di servizi online e comunicare direttamente dal polso;

- Raccogliere dati tramite sensori. Questi sensori consentono di monitorare l'attività fisica e la salute, navigare in modo più efficiente, adattare automaticamente le impostazioni e migliorare l'interazione complessiva dell'utente con il dispositivo;
- Archiviare un maggior numero di dati, quali dati personali, dati delle applicazioni o memorizzare musica e podcast e dati per tracciamento ricavati tramite i sensori;
- Collegare il dispositivo con dispositivi esterni, così da permettere una maggiore interazioni con altre tecnologie quali i computer per il caricamento di contenuti, o per consentire la carica della batteria;
- Riprodurre i contenuti in formato audio, inclusi musica, podcast o altri file audio direttamente sul dispositivo.

Essendo cambiata sia la tecnologia che l'architettura, è possibile affermare che l'innovazione avvenuta è di tipo **radicale**.

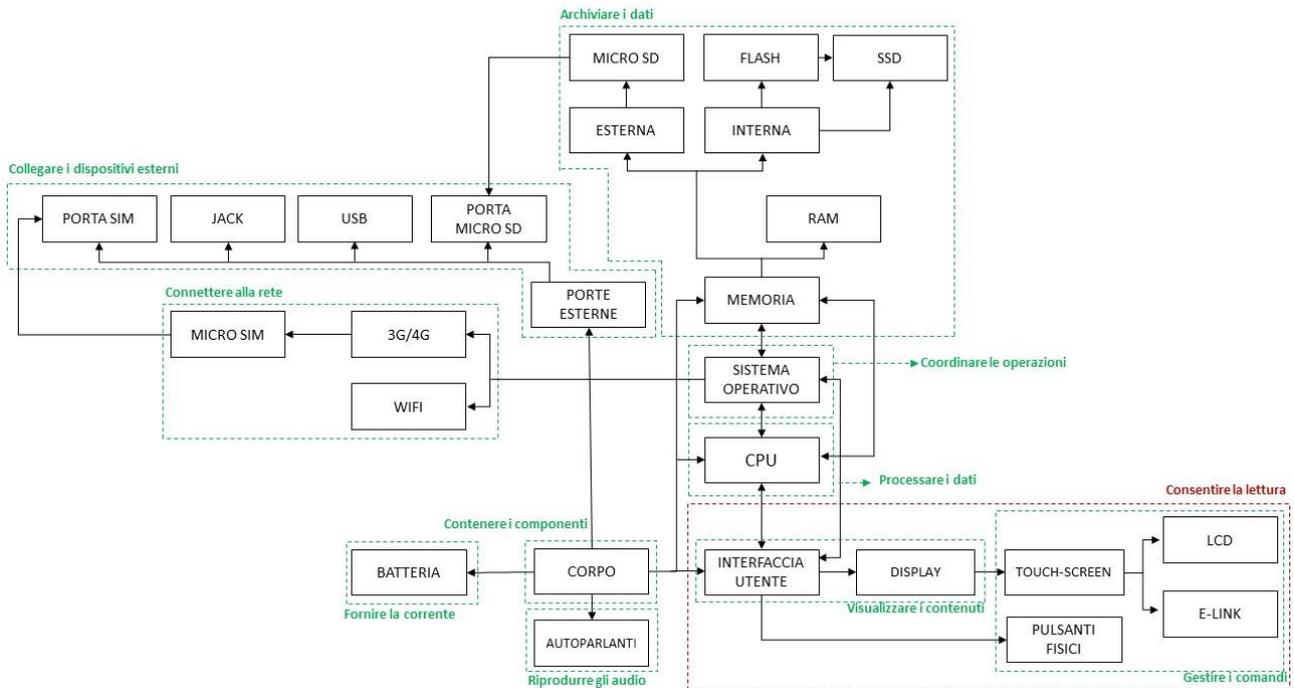
### Passaggio ad un'architettura più modulare



## 4.2.2 E-Book Reader

### Diagrammi a blocchi

Dal seguente diagramma a blocchi è possibile individuare ed evidenziare i moduli funzionali e come sono coinvolti nel processo di utilizzo di un e-book reader:



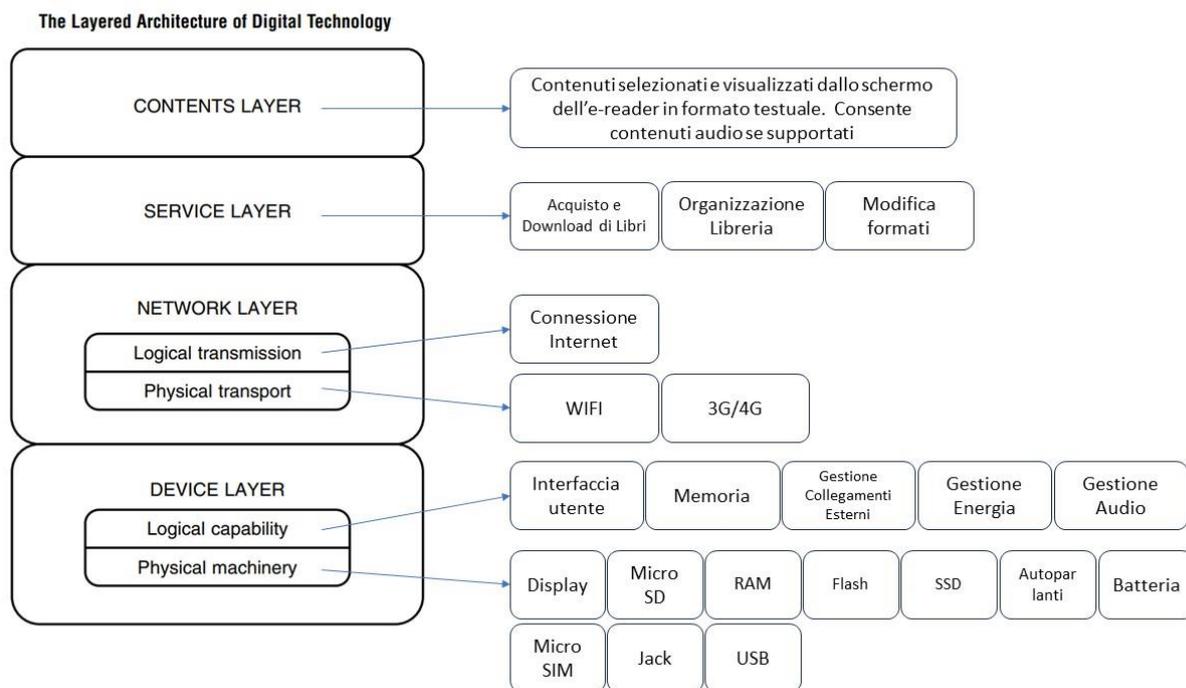
Tali moduli funzionali possono essere riassunti nel seguente modo:

- **Componenti Hardware di Base:** il processore e la memoria agiscono come il cervello del dispositivo, gestendo l'elaborazione dei dati e l'accesso alle informazioni. Il processore esegue il software del dispositivo e controlla le operazioni di visualizzazione e interazione utente, garantendo una prestazione fluida e reattiva. La memoria RAM fornisce spazio temporaneo per l'elaborazione dei dati, mentre la memoria interna offre spazio permanente per lo storage dei libri e dei dati dell'utente. Questi componenti lavorano insieme per garantire un accesso rapido ai libri digitali e una navigazione senza interruzioni attraverso di essi. Mentre, le porte di connessione consentono al dispositivo di collegarsi a dispositivi esterni per aggiornamenti software, trasferimento di dati e connessione di accessori aggiuntivi.
- **Interfaccia Utente:** questo modulo composto dal display, con la tecnologia E-Ink o simile, offre una chiarezza e una leggibilità paragonabili alla carta stampata, mentre il touchscreen aggiunge un elemento di interattività, consentendo agli utenti di sfogliare le pagine, evidenziare il testo e navigare attraverso i menu con un semplice tocco. Questa combinazione di display e interazione utente serve a ricreare la sensazione di tenere un libro tradizionale tra le mani. In alcuni modelli alcune funzionalità, come per esempio il girare le pagine, sono gestite dall'utilizzo di pulsanti fisici.
- **Interfaccia di Rete:** la connettività wireless Wi-Fi offre agli utenti la comodità di scaricare nuovi libri e sincronizzare la propria libreria digitale senza dover collegare il dispositivo a un computer, consentendo l'accesso istantaneo a una vasta gamma di contenuti online, compresi libri, riviste e

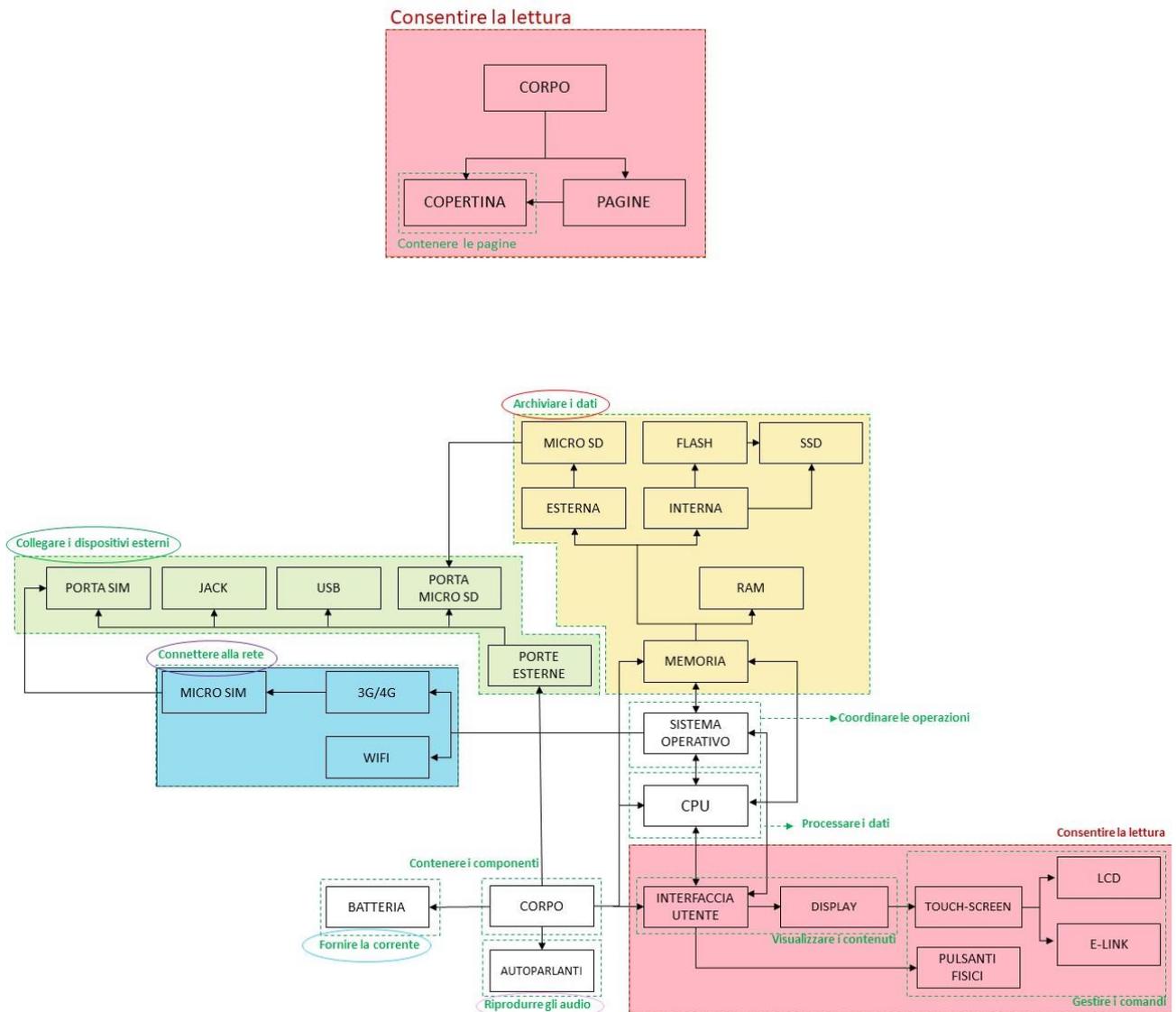
giornali. Inoltre, la connettività 3G o 4G può consentire una connessione costante anche in movimento, garantendo agli utenti di accedere al loro materiale di lettura ovunque si trovino.

- **Audio:** la presenza di altoparlanti o di una presa per cuffie può arricchire l'esperienza di lettura digitale consentendo agli utenti di ascoltare audiolibri o di ricevere feedback audio durante l'interazione con il dispositivo. Questa funzionalità può essere particolarmente utile per coloro che preferiscono ascoltare i libri invece di leggerli, o per coloro che desiderano ascoltare musica di sottofondo mentre leggono.
- **Alimentazione:** la batteria al litio fornisce l'alimentazione necessaria per il funzionamento del dispositivo, consentendo agli utenti di leggere per settimane senza dover ricaricare. La gestione energetica regola automaticamente la luminosità dello schermo e attiva la modalità di sospensione quando il dispositivo non è in uso, contribuendo così a massimizzare l'autonomia della batteria e prolungare la vita utile del dispositivo.

### Analisi dell'architettura a strati



## Confronto tra Libro e E-Book Reader



Confrontando i modelli funzionali di un libro tradizionale con quelli di un e-book reader, emerge immediatamente una distinzione significativa legata all'uso delle tecnologie. Nel caso del libro tradizionale, il suo funzionamento si basa principalmente sulla carta e sull'esperienza di lettura fisica. Non vi sono componenti tecnologiche interne al libro stesso; si tratta semplicemente di un supporto cartaceo contenente il testo e le immagini stampate.

D'altra parte, l'ebook reader è un dispositivo progettato per ospitare e visualizzare libri digitali.

Vi è una variazione significativa del numero di moduli funzionali da libro a e-book reader, passando da due a undici.

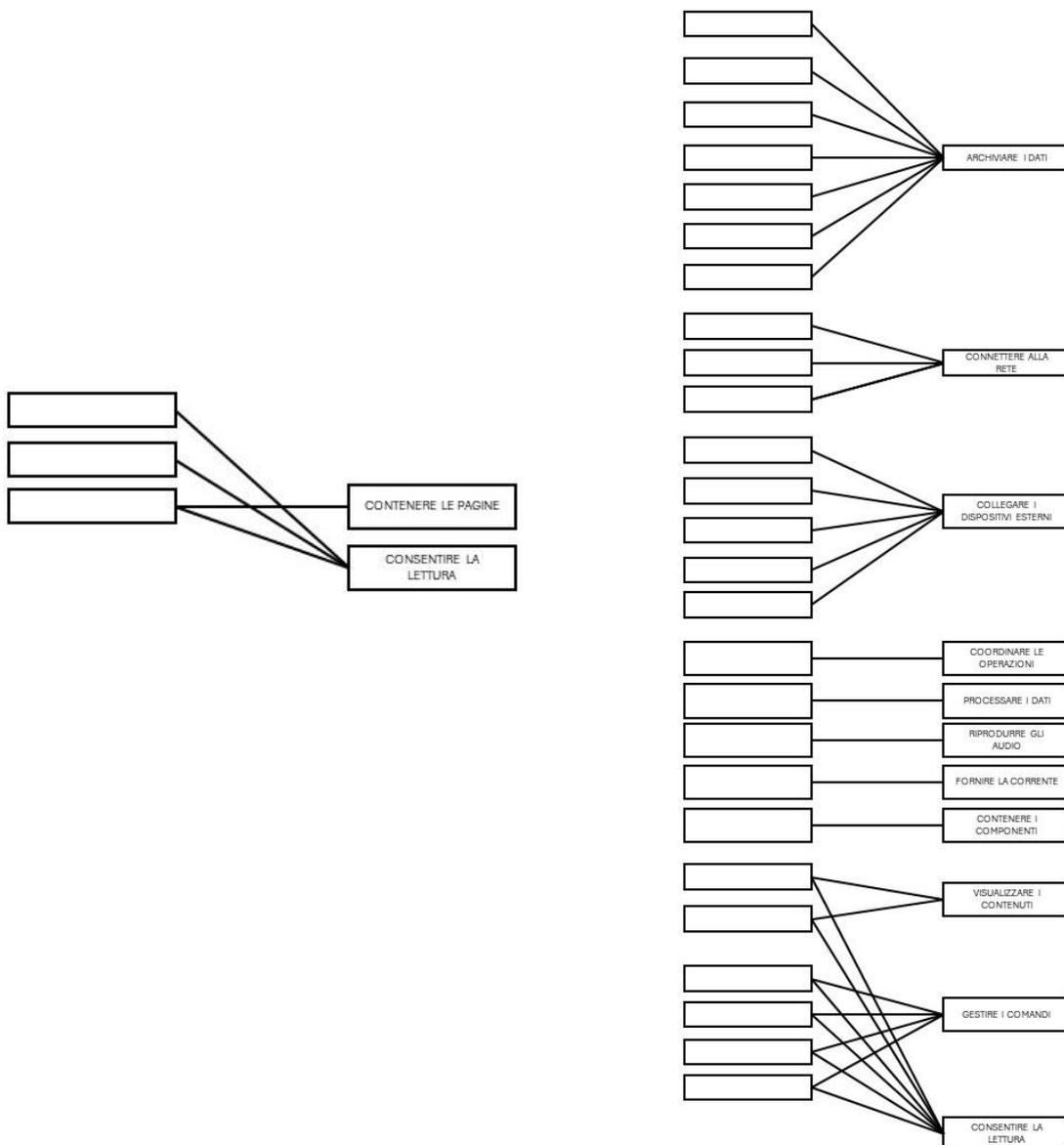
Nessun modulo rimane invariato; anche il modulo "Consentire la lettura" varia, in quanto, oltre l'aggiunta di componentistica elettronica e digitale, l'interazione che si ha con il dispositivo di lettura è completamente diversa rispetto al libro cartaceo.

I nuovi moduli introdotti permettono di:

- Archiviare più file nel dispositivo, aumentando la capacità di libri posseduti e/o portati con sé;
- Connettere il dispositivo alla rete, consentendo gli utenti di collegarsi agli store online e acquistare libri e riviste senza doversi recare fisicamente al punto vendita;
- Collegare il dispositivo con dispositivi esterni, così da permettere una maggiore interazioni con altre tecnologie quali computer (per il caricamento di contenuti), memorie esterne e altro;
- Fornire corrente per alimentare il dispositivo;
- Riprodurre i contenuti in formato audio.

Essendo cambiata sia la tecnologia che l'architettura, è possibile affermare che l'innovazione avvenuta è di tipo **radicale**.

### Passaggio ad un'architettura più modulare

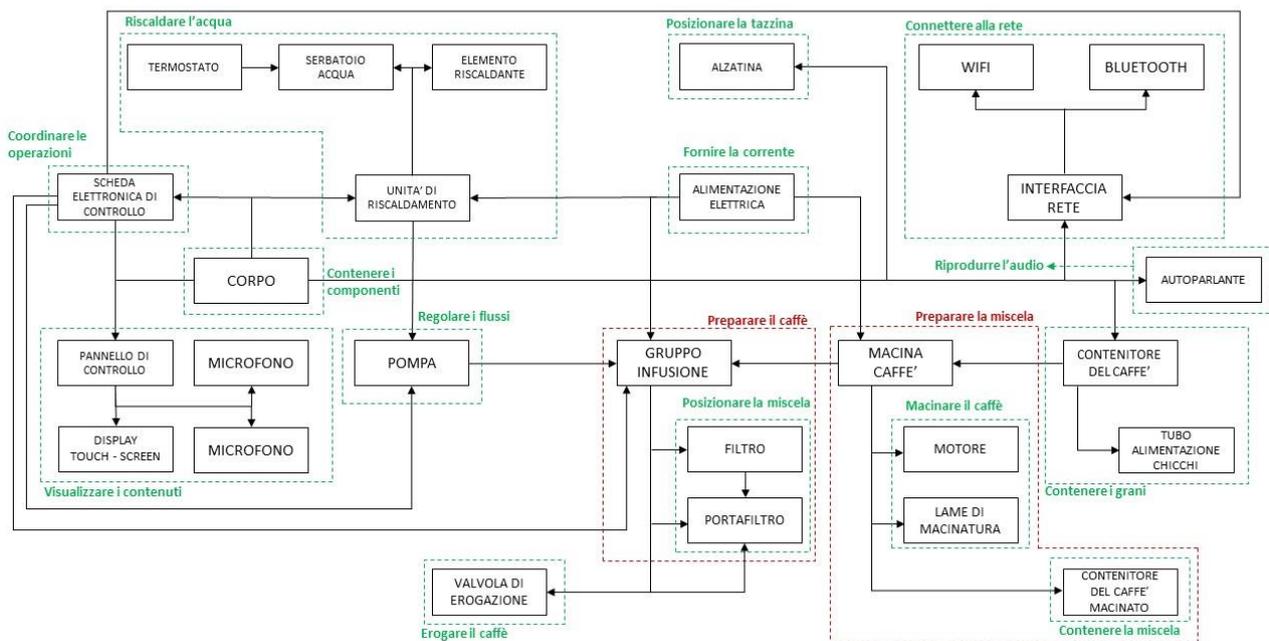


## 4.2.3 Macchina del Caffè Digitale

### Diagrammi a blocchi

Dal seguente diagramma a blocchi è possibile individuare ed evidenziare i moduli funzionali e come sono coinvolti nel processo di utilizzo di una macchina del caffè digitale:

Architettura di Prodotto – Macchina del caffè digitale



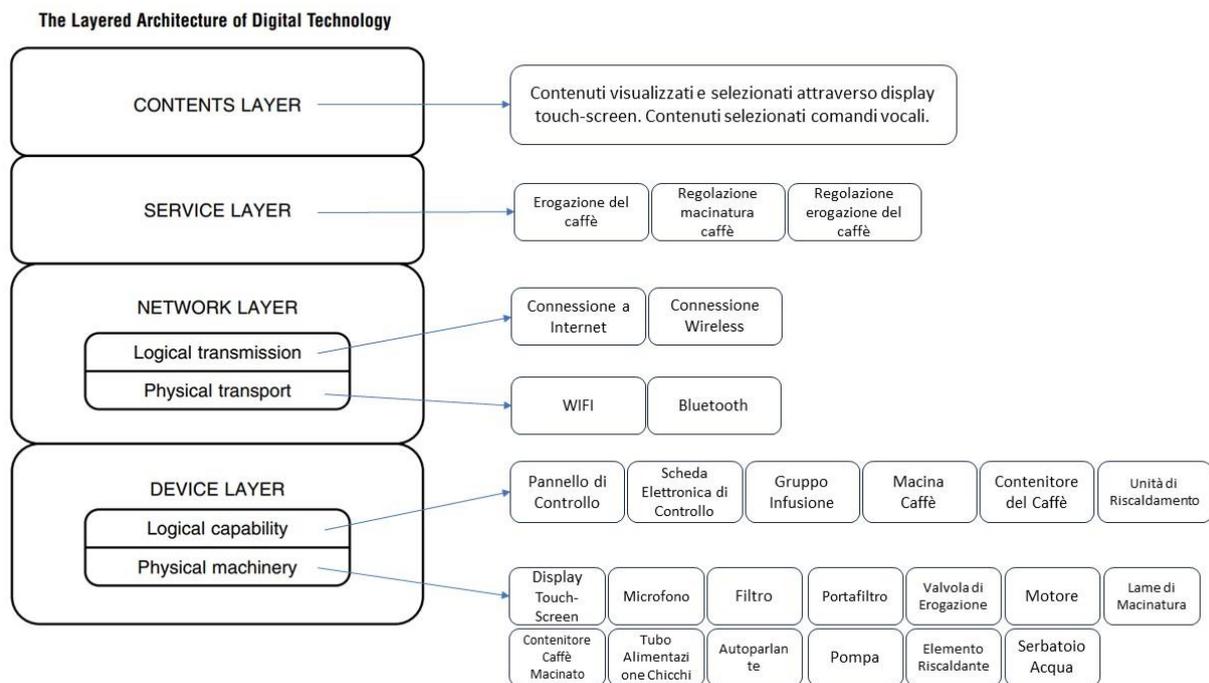
Tali moduli funzionali possono essere riassunti nel seguente modo:

- **Alimentazione:** il modulo di alimentazione è fondamentale per fornire energia alla macchina del caffè. Spesso, le macchine del caffè digitali richiedono un'alimentazione stabile e costante per garantire un funzionamento ottimale. L'alimentatore converte l'energia elettrica da corrente alternata (CA) a corrente continua (CC), fornendo la tensione necessaria per far funzionare i vari componenti della macchina. Il cavo di alimentazione collega la macchina alla presa di corrente, assicurando un'adeguata fornitura di energia.
- **Controllo e Interfaccia Utente:** questo modulo costituisce il punto di interazione principale tra l'utente e la macchina del caffè. Attraverso il pannello di controllo, che può essere costituito da un display LCD o touchscreen, gli utenti possono visualizzare le opzioni disponibili e selezionare le impostazioni desiderate per la preparazione del caffè. I tasti o pulsanti consentono di avviare, interrompere e personalizzare le varie funzioni della macchina. Questo processo può essere eseguito anche attraverso l'uso di comandi vocali, che permettono gli utenti di interagire con la macchina semplicemente parlando. I sensori di pressione e temperatura assicurano un controllo preciso del processo di erogazione, garantendo che l'acqua venga erogata alla giusta pressione e temperatura per un risultato ottimale.
- **Macinatura e Preparazione del Caffè:** questo modulo è responsabile della trasformazione dei chicchi di caffè in polvere pronta per l'estrazione. Il macinacaffè macina i chicchi secondo le impostazioni selezionate dall'utente, mentre il contenitore del caffè macinato raccoglie la polvere

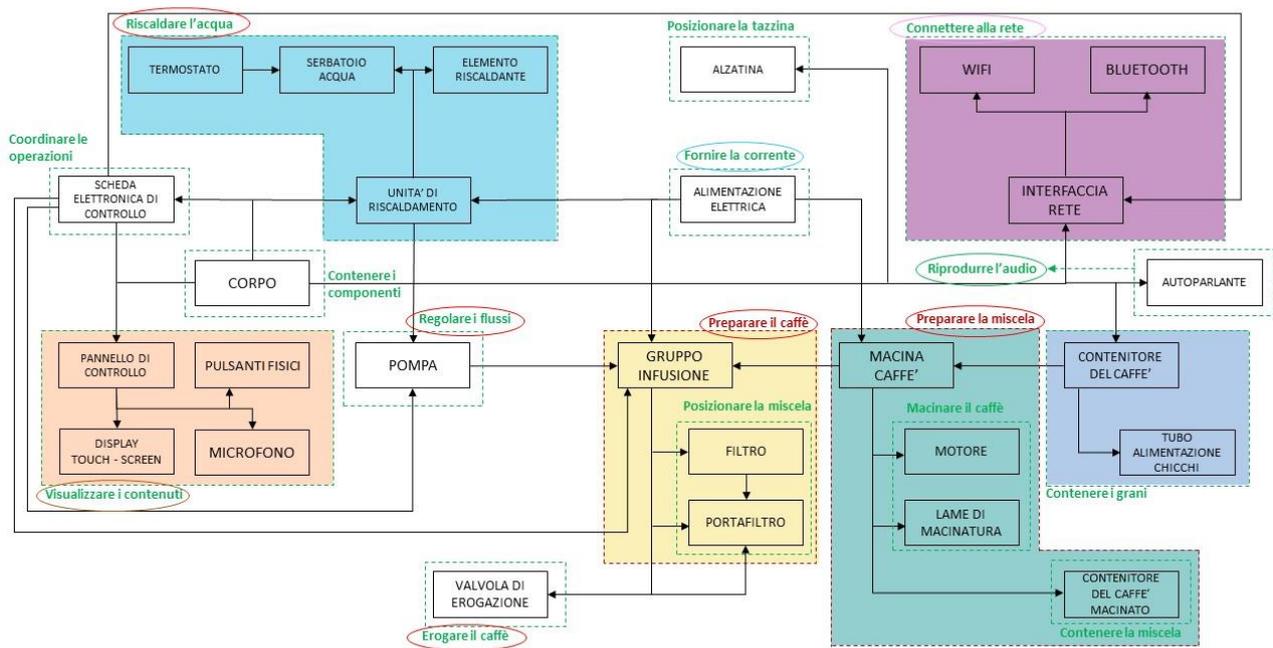
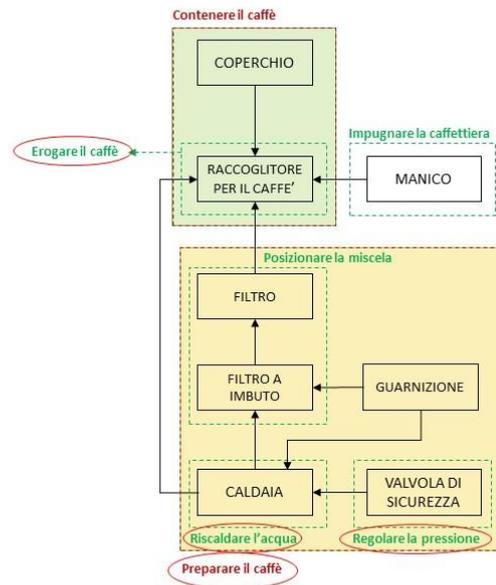
di caffè pronta per l'utilizzo. Il braccetto o portafiltro contiene il caffè macinato e si aggancia alla macchina per l'erogazione, facilitando il processo di preparazione.

- **Riscaldamento e Controllo della Temperatura:** il modulo risulta essenziale per garantire che l'acqua utilizzata per preparare il caffè sia alla temperatura ottimale. L'elemento riscaldante riscalda l'acqua alla temperatura desiderata, mentre il termostato controlla e regola la temperatura per mantenerla costante durante tutto il processo di erogazione. Questo assicura un'estrazione uniforme e consistente del caffè, preservando al meglio aroma e gusto.
- **Erogazione del Caffè:** questo modulo gestisce il processo di preparazione effettiva della bevanda. Il serbatoio dell'acqua contiene l'acqua utilizzata per preparare il caffè, mentre la pompa si occupa di pompare l'acqua dal serbatoio attraverso il sistema di erogazione. La valvola di erogazione controlla il flusso dell'acqua e del caffè durante l'erogazione, mentre il filtro trattiene il caffè macinato e permette il passaggio dell'acqua attraverso di esso, consentendo l'estrazione del caffè. La tazzina è posizionata sull'alzatina, in corrispondenza della valvola di erogazione, in modo tale da ricevere la bevanda pronta.

## Analisi dell'architettura a strati



## Confronto tra Macchina del Caffè "Moka" e Macchina del Caffè Digitale



Anche in questo caso, come i precedenti, emerge in modo significativo una distinzione tra i prodotti legata all'uso della tecnologia. Nel caso della macchinetta del caffè "Moka", il suo funzionamento si basa su principi tradizionali e meccanici, senza l'integrazione di tecnologie digitali avanzate. Questa caratteristica rende la Moka una soluzione semplice ed essenziale per preparare caffè espresso, senza l'ausilio di componenti elettronici.

D'altra parte, le macchine digitali per il caffè sono progettate per sfruttare le tecnologie moderne al fine di offrire una gamma più ampia di funzionalità e una maggiore precisione nella preparazione del caffè.

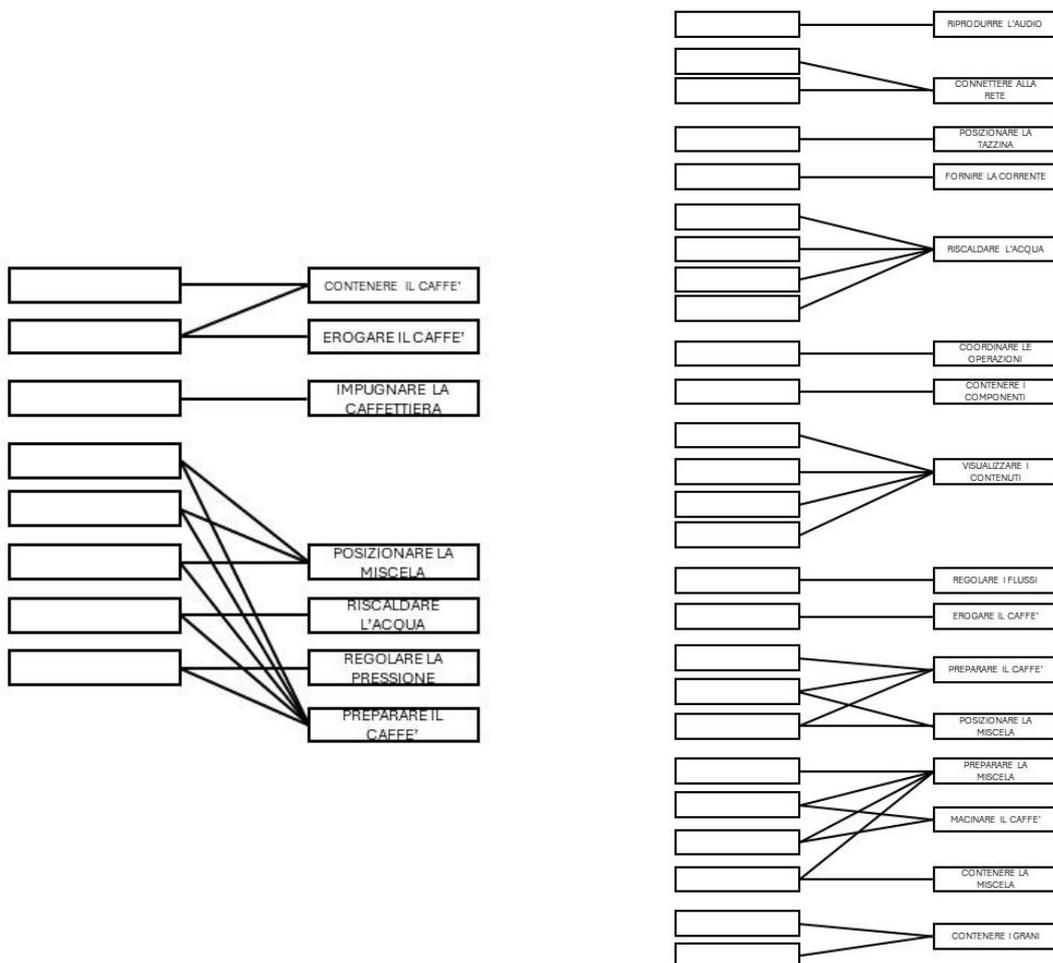
Vi è una variazione del numero di moduli funzionali da macchinetta del caffè "Moka" a macchina del caffè digitale, passando da sette a sedici. Esclusivamente il modulo "Posizionare la miscela" rimane invariato.

I nuovi moduli introdotti permettono di:

- Interagire con il pannello di controllo, per la selezione dell'operazione che si vuole svolgere che non riguarda solo la preparazione del caffè, ma anche il settaggio del dispositivo in base alle proprie preferenze;
- Connettere il dispositivo alla rete, consentendo gli utenti di comunicare con gli assistenti vocali per la selezione dell'operazione da svolgere avvenuta tramite comandi vocali;
- Preparare il caffè in maniera autonoma. Questo significa che l'utente non è più costretto a svolgere manualmente operazione quali: la macinatura dei grani di caffè, il posizionamento della miscela sul filtro, l'accensione di una fonte di calore che attivi la caldaia e l'erogazione del caffè;
- Fornire corrente per alimentare il dispositivo;
- Riprodurre i contenuti in formato audio, incluse le risposte degli assistenti vocali ai comandi impartiti.

Essendo cambiata sia la tecnologia che l'architettura, è possibile affermare che l'innovazione avvenuta è di tipo **radicale**.

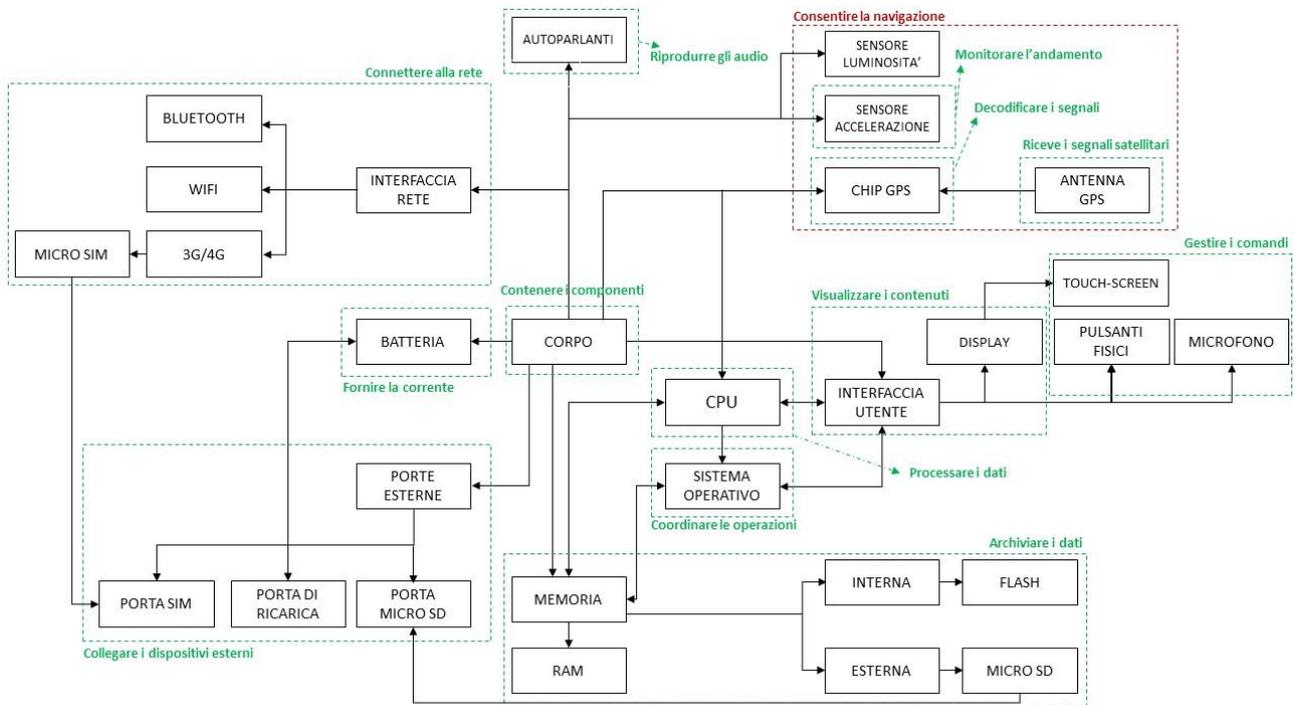
### Passaggio ad un'architettura più modulare



## 4.2.4 Navigatore Satellitare

### Diagrammi a blocchi

Dal seguente diagramma a blocchi è possibile individuare ed evidenziare i moduli funzionali e come sono coinvolti nel processo di utilizzo di un navigatore satellitare:

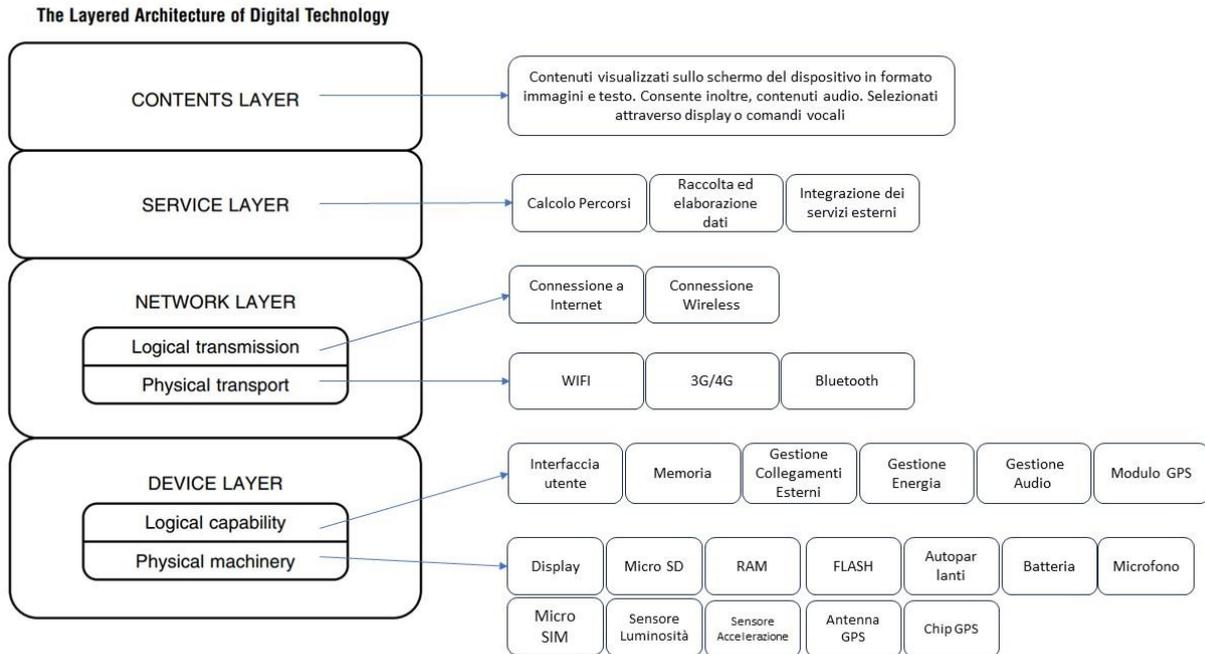


Tali moduli funzionali possono essere riassunti nel seguente modo:

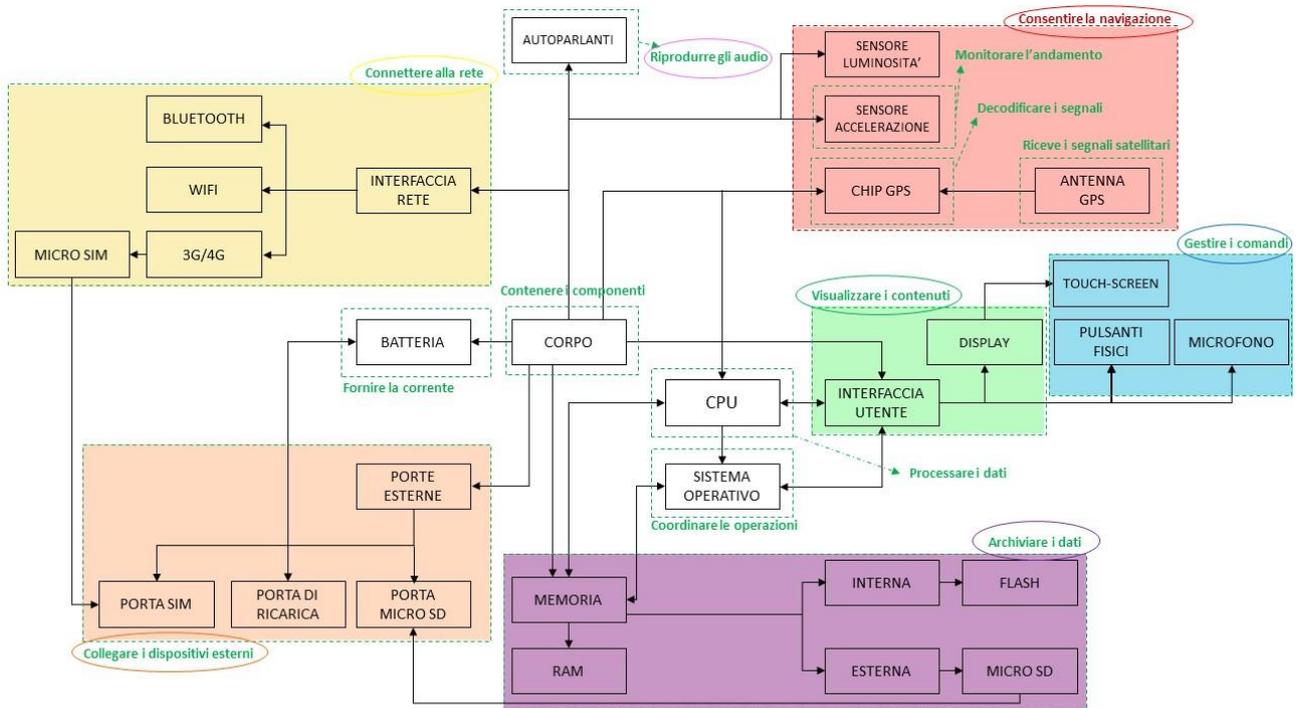
- **Ricevitore GPS:** il ricevitore GPS svolge un ruolo cruciale nella determinazione della posizione dell'utente. L'antenna GPS riceve i segnali inviati dai satelliti in orbita intorno alla Terra e li trasmette al chip GPS. Quest'ultimo decodifica i segnali e calcola la posizione precisa dell'utente utilizzando una combinazione di triangolazione e algoritmi matematici avanzati. Queste informazioni sulla posizione vengono poi inviate all'unità di elaborazione del dispositivo per ulteriori processamenti.
- **Componenti Hardware di Base:** l'unità di calcolo e memorizzazione gestisce il software del navigatore e conserva una vasta gamma di dati essenziali per la navigazione. Il processore elabora i dati provenienti dal ricevitore GPS e gestisce le funzioni del dispositivo, mentre la memoria memorizza mappe stradali, punti di interesse, itinerari preferiti e altre informazioni utili. Il firmware e il software del dispositivo controllano tutte le operazioni del navigatore, inclusa l'interfaccia utente e il calcolo degli itinerari.  
Le porte di connessione consentono al dispositivo di collegarsi a dispositivi esterni per aggiornamenti software, trasferimento di dati e connessione di accessori aggiuntivi.
- **Interfaccia Utente:** il display del navigatore visualizza informazioni cruciali per la navigazione, come mappe stradali, indicazioni di guida e punti di interesse. L'interfaccia utente consente all'utente di interagire con il dispositivo, inserendo destinazioni, selezionando opzioni di percorso e modificando le impostazioni. L'altoparlante integrato fornisce istruzioni vocali per guidare l'utente durante il viaggio, garantendo una navigazione sicura e comoda.

- **Interfaccia di Rete:** la connettività Bluetooth e Wi-Fi consente al navigatore di comunicare con altri dispositivi e reti senza fili, consentendo l'accesso a servizi online come previsioni del traffico e aggiornamenti delle mappe.
- **Alimentazione:** l'alimentazione del navigatore può provenire da una batteria interna ricaricabile o da un alimentatore esterno collegato all'accendisigari dell'auto.

## Analisi dell'architettura a strati



## Confronto tra Cartina Geografica di Navigazione e Navigatore Satellitare



Contrariamente a quanto svolto per le precedenti tecnologie analizzate, per la cartina geografica di navigazione non è possibile eseguire una rappresentazione tramite schema a blocchi in quanto non presenta una struttura modulare chiara che possa essere rappresentata efficacemente. Questo perché una cartina geografica è, essenzialmente, una rappresentazione grafica dettagliata di un territorio, che comprende una vasta gamma di informazioni geografiche, topografiche, stradali e idrografiche.

Mentre è possibile identificare le diverse funzionalità di una cartina geografica di navigazione, come il tracciamento delle rotte, la rappresentazione del terreno e l'indicazione di punti di interesse, tentare di rappresentarle come moduli separati in uno schema a blocchi non è ottimale.

Sono quattordici i nuovi moduli introdotti che permettono di:

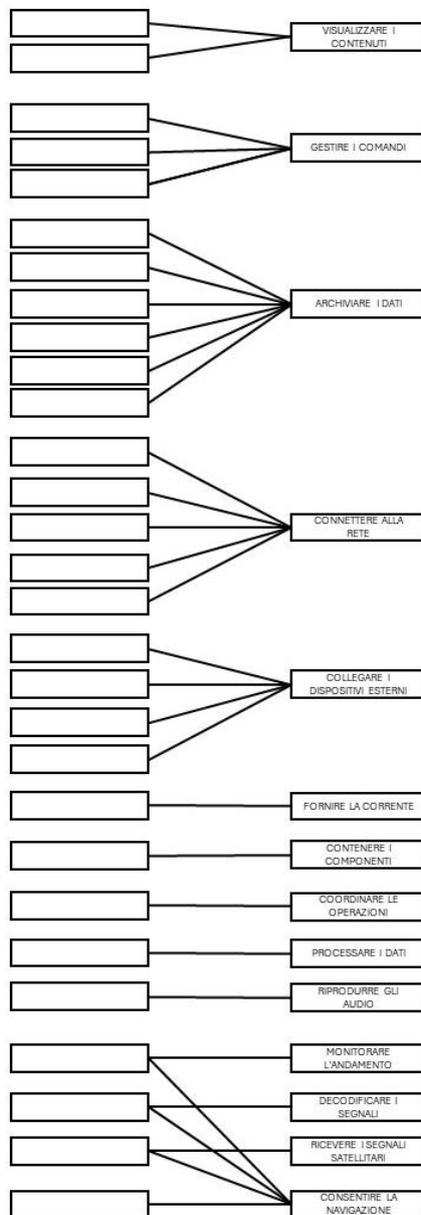
- Consentire la navigazione. Il navigatore satellitare consente di tracciare la posizione e calcolare percorsi utilizzando segnali GPS dai satelliti in orbita. Consentire la navigazione significa permettere al dispositivo di rilevare la posizione dell'utente, calcolare percorsi e fornire indicazioni stradali. Questo avviene attraverso l'uso di mappe digitali e la visualizzazione di informazioni sul traffico in tempo reale, tutto con il consenso dell'utente per garantire una guida efficace e sicura;
- Interagire con l'interfaccia utente tramite schermo touchscreen, pulsanti fisici o comandi vocali;
- Visualizzare i contenuti attraverso il display, questo include la posizione dell'utente, il percorso da seguire, informazioni sul traffico e punti di interesse;
- Connettere il dispositivo alla rete, consentendo di ricevere segnali dai satelliti in orbita per determinare la posizione esatta sulla mappa. Questo consente al navigatore di calcolare percorsi ottimali, fornire indicazioni in tempo reale e accedere a informazioni aggiornate sul traffico e sui punti di interesse;
- Archiviare i dati, salvare e organizzare informazioni su destinazioni, punti di interesse e percorsi preferiti. Questo consente di ricordare luoghi speciali o utili e di registrare percorsi interessanti per

un accesso rapido in futuro, migliorando complessivamente l'efficienza e la praticità dell'esperienza di navigazione;

- Collegare i dispositivi esterni così da permettere una maggiore interazioni con altre tecnologie quali automobili, memorie esterne e altro;
- Riprodurre i contenuti in formato audio, per fornire istruzioni stradali in tempo reale durante il viaggio. Oltre alle indicazioni visive sullo schermo, il navigatore comunica verbalmente le direzioni di navigazione, mantenendo il conducente concentrato sulla strada.

Di conseguenza quando si parla di navigatori satellitari ci si riferisce a un'innovazione di tipo **radicale**, in quanto le tecnologie e le architetture utilizzate sono completamente rivoluzionate.

### Passaggio ad un'architettura più modulare



## 5. Conclusioni

Questa tesi fornisce un'analisi del settore informatico e dell'impatto che lo sviluppo informatico e digitale ha avuto sugli altri settori. Ciò che emerge, grazie all'analisi delle architetture svolta nel Capitolo 4, è una narrazione intricata che si snoda attraverso la diffusione di standard comuni nei prodotti digitali fino all'impatto su vasta scala, influenzando economia, politica e società nel loro complesso.

Concetti come esternalità di rete ed economie di scala fungono da catalizzatori per la standardizzazione. Più dispositivi adottano gli stessi standard, più utenti saranno incentivati a seguirli, creando un circolo virtuoso di adozione diffusa. Questo favorisce la creazione di standard comuni che attraversano diverse categorie di prodotti digitali, facilitando l'interoperabilità e promuovendo l'innovazione. Anche il comportamento dei consumatori gioca un ruolo cruciale nel plasmare il panorama dei prodotti digitali e dei relativi standard. Le preferenze e le esigenze dei consumatori spingono i produttori a competere per fornire soluzioni più convenienti e integrate. La richiesta di dispositivi che si integrano facilmente con altri e offrono un'esperienza utente senza soluzione di continuità, stimola lo sviluppo di standard aperti e interoperabili, promuovendo ulteriormente l'adozione diffusa dei prodotti digitali.

Facendo riferimento ai prodotti digitali analizzati emergono chiaramente i benefici della standardizzazione. Questi dispositivi, sebbene diversi per funzioni e utilizzo, condividono una serie di aspetti che contribuiscono alla loro integrazione armoniosa nel quotidiano digitale dell'utente:

- L'interfaccia utente rappresenta uno dei primi punti di contatto per gli utenti, e la standardizzazione qui garantisce una coerenza di esperienza tra dispositivi. Che si tratti di uno smartwatch che si interfaccia con uno smartphone o di un navigatore GPS che fornisce indicazioni chiare, un'interfaccia uniforme semplifica l'utilizzo e riduce la curva di apprendimento per gli utenti.
- La comunicazione e l'interoperabilità sono fondamentali, specialmente quando si tratta di dispositivi connessi. Gli standard come Bluetooth e Wi-Fi permettono ai dispositivi di scambiarsi dati senza problemi, consentendo ad esempio a uno smartwatch di ricevere notifiche dallo smartphone o a un ebook reader di sincronizzare libri tra dispositivi.
- La standardizzazione dei formati di file è fondamentale in un modo digitale in cui la condivisione di contenuti è essenziale. Il supporto di formati come ePub e PDF garantisce agli utenti l'accesso ai documenti di loro interesse indipendentemente dal dispositivo utilizzato.
- La standardizzazione dei componenti hardware e dei protocolli di comunicazione consente ai produttori di sviluppare dispositivi interoperabili e ridurre i costi di produzione. Ciò significa che gli utenti possono aspettarsi una maggiore coerenza e affidabilità nei loro dispositivi digitali.

Tuttavia, il passaggio da prodotti tradizionali a digitali e la conseguentemente adozione di questi prodotti da parte degli utenti comporta svantaggi oltre che vantaggi.

La crescente digitalizzazione ha generato preoccupazioni riguardo la sicurezza dei dati personali e alla vulnerabilità alla cyber-criminalità. L'aumento della connettività espone i consumatori a potenziali minacce come il furto di identità e la violazione della privacy, richiedendo una maggiore attenzione alla protezione dei dati personali.

In termini di impatto globale sulle economie e i mercati, la digitalizzazione ha il potenziale per ridisegnare interi settori industriali. L'emergere di nuove tecnologie digitali crea nuove opportunità di lavoro e stimola l'innovazione, ma allo stesso tempo può causare disuguaglianze economiche e redistribuzione delle risorse. Le economie si adattano alla nuova realtà digitale, con cambiamenti nei modelli di business e nelle catene di approvvigionamento e le aziende tradizionali, devono adattarsi rapidamente al cambiamento tecnologico per rimanere competitive sul mercato globale. Questo può comportare la necessità di

riconvertire le loro operazioni e competenze. L'accessibilità degli utenti è un'altra variabile chiave da prendere in considerazione.

Mentre le tecnologie digitali possono migliorare l'accesso ai beni e ai servizi per molte persone, è essenziale affrontare la questione della "frattura digitale" per garantire che tutti possano beneficiare delle nuove opportunità offerte dalla digitalizzazione. Questo richiede investimenti in infrastrutture digitali e programmi di alfabetizzazione digitale per ridurre le disparità di accesso tra diverse comunità e regioni.

La problematica della reperibilità delle materie prime e l'impatto ambientale della produzione e dello smaltimento dei dispositivi digitali che ne consegue, sollevano preoccupazioni riguardo la disponibilità e la sostenibilità delle risorse naturali necessarie per la produzione di dispositivi digitali, data l'intensiva utilizzazione di risorse e i rifiuti elettronici generati

Anche le tensioni politiche, economiche e sociali possono influenzare l'approvvigionamento di materie prime vitali, rendendo fondamentale l'esplorazione di alternative sostenibili e pratiche di riciclo per ridurre l'impatto ambientale della produzione digitale.

In conclusione, la digitalizzazione e lo sviluppo tecnologico rappresentano opportunità e sfide per la società. Se gestite in modo responsabile e sostenibile, possono portare a una maggiore efficienza, innovazione e accessibilità.

Per massimizzare i vantaggi della digitalizzazione e mitigare i suoi potenziali svantaggi, è essenziale adottare un approccio equilibrato e globale che consideri attentamente gli impatti su scala mondiale e promuova un utilizzo responsabile e sostenibile delle tecnologie digitali.

## 6. BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

### BIBLIOGRAFIA

- Abernathy, William J. "A dynamic model of process and product innovation." *Omega* 3 (1975): 639-656. Abernathy W, Utterback JM (1978). *Patterns of Industrial Innovation*.
- Abernathy, William J. "The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry. Executive Summary." (1977).
- Adomavicius, Gediminas, et al. "Making sense of technology trends in the information technology landscape: A design science approach." *Mis Quarterly* (2008): 779-809.
- Anderson, Philip, and Michael L. Tushman. "Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change." *Organizational innovation*. Routledge, 2018. 373-402. Baldwin, C. Y., K. B. Clark. 2000. *Design Rules, Vol. 1: The Power of Modularity*.
- Cropf, Robert A. "Benkler, Y.(2006). *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. New Haven and London: Yale University Press. 528 pp. \$40.00 (papercloth)." *Social Science Computer Review* 26.2 (2008): 259-261.
- Cantamessa, Marco, and Francesca Montagna. *Management of innovation and product development*. London: Springer, 2016.
- Clark, The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution, *Research Policy*, Volume 14, Issue 5, 1985, Pages 235-251, ISSN 0048-7333
- Cusumano, Michael A., Yiorgos Mylonadis, and Richard S. Rosenbloom. "Strategic maneuvering and mass-market dynamics: The triumph of VHS over Beta." *Business history review* 66.1 (1992): 51-94.
- Cusumano, Michael, Steve Kahl, and Fernando F. Suarez. "Product, process, and service: a new industry lifecycle model." *A research and education initiative at the MIT Sloan School of Management, Working Paper* 228 (2006).
- Dosi, Giovanni, and Richard R. Nelson. "The evolution of technologies: an assessment of the state-of-the-art." *Eurasian Business Review* 3 (2013): 3-46.
- Farrell, Joseph, and Philip J. Weiser. "Modularity, vertical integration, and open access policies: Towards a convergence of antitrust and regulation in the internet age." *Harv. JL & Tech.* 17 (2003): 85.
- Gao, Lucia Silva, and Bala Iyer. "Analyzing complementarities using software stacks for software industry acquisitions." *Journal of management information systems* 23.2 (2006): 119-147.
- Hanseth, Ole, and Kalle Lyytinen. "Design theory for dynamic complexity in information infrastructures: the case of building internet." *Journal of information technology* 25 (2010): 1-19.
- Henderson, Rebecca M., and Kim B. Clark. "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms." *Administrative science quarterly* (1990): 9-30.
- Hylving, Lena, and Ulrike Schultze. "Evolving the modular layered architecture in digital innovation: The case of the car's instrument cluster." (2013).
- Klepper, Steven. "Industry life cycles." *Industrial and corporate change* 6.1 (1997): 145-182.

- Langlois, R. N. "Computers and semiconductors. B. Steil, DG Victor, RR Nelson, eds. Technological Innovation and Economic Performance." (2007): 265-284.
- Lee, Jaegul, and Nicholas Berente. "Digital innovation and the division of innovative labor: Digital controls in the automotive industry." *Organization Science* 23.5 (2012): 1428-1447.
- Murmann, Johann Peter, and Koen Frenken. "Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change." *Research policy* 35.7 (2006): 925-952.
- Peltokorpi, Antti, et al. "Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments." *Construction management and economics* 36.1 (2018): 32-48.
- Rosenbloom, Richard S., and Michael A. Cusumano. "Technological pioneering and competitive advantage: the birth of the VCR industry." *California management review* 29.4 (1987): 51-76.
- Schilling, Melissa A. "Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity." *Academy of management review* 25.2 (2000): 312-334.
- Schumpeter, J. A. 1934. *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Simon, H. A. 1996. *The Sciences of the Artificial*. MIT Press, Cambridge, MA
- Suarez, Fernando F., and James M. Utterback. "Dominant designs and the survival of firms." *Strategic management journal* 16.6 (1995): 415-430.
- Suarez, Fernando F., Stine Grodal, and Aleksios Gotsopoulos. "Perfect timing? Dominant category, dominant design, and the window of opportunity for firm entry." *Strategic management journal* 36.3 (2015): 437-448.
- Tuomi, Ilkka. *Networks of Innovation: Change and Meaning in the Age of the Internet*. Vol. 249. OUP Oxford, 2002.
- Tushman, Michael L. "Organizational determinants of technological change: toward a sociology of technological evolution." *Research in organizational behavior* 14 (1992): 311-347.
- Ulrich, Karl. "The role of product architecture in the manufacturing firm." *Research policy* 24.3 (1995): 419-440.
- Ulrich KT, Seering WP (1988) Function sharing in mechanical design. In: Proceedings of the seventh national conference on artificial intelligence (AAAI-88), St. Paul, USA
- Ulrich KT, Eppinger ED (1995) Product design and development. McGraw-Hill, New York
- Utterback, Suàrez F. (1993). *Patterns of Industrial Innovation, Dominant Designs and Firms' Survival*. Jai Press Inc.
- Wade, J. (1995). Dynamics of Organizational Communities and Technological Bandwagons: An Empirical Investigation of Community Evolution in the Microprocessor Market. *Strategic Management Journal*, 16, 111-133
- Teece, David J. "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy." *Research policy* 15.6 (1986): 285-305.
- Evans, David S., and Richard Schmalensee. *Matchmakers: The new economics of multisided platforms*. Harvard Business Review Press, 2016.
- Fernández, Esteban, and Sandra Valle. "Battle for dominant design: A decision-making model." *European Research on Management and Business Economics* 25.2 (2019): 72-78.

- Benner, Mary J., and Mary Tripsas. "The influence of prior industry affiliation on framing in nascent industries: The evolution of digital cameras." *Strategic Management Journal* 33.3 (2012): 277-302.
- Bingham, Christopher B., and Steven J. Kahl. "The process of schema emergence: Assimilation, deconstruction, unitization and the plurality of analogies." *Academy of Management Journal* 56.1 (2013): 14-34.
- Swanson, E. Burton. "Information systems innovation among organizations." *Management science* 40.9 (1994): 1069-1092.
- Zittrain, J. 2006. The generative Internet. *Harvard Law Rev.* 119:1974-2040.
- Eisenmann, Thomas, Geoffrey Parker, and Marshall W. Van Alstyne. "Strategies for two-sided markets." *Harvard business review* 84.10 (2006): 92.
- Cusumano, Michael A. "How companies become platform leaders." *MIT Sloan management review* (2008).
- Boland Jr, Richard J., Kalle Lyytinen, and Youngjin Yoo. "Wakes of innovation in project networks: The case of digital 3-D representations in architecture, engineering, and construction." *Organization science* 18.4 (2007): 631-647.
- Verganti, Roberto. *Design driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean*. Harvard Business Press, 2009.
- Kusunoki, Ken, and Yaichi Aoshima. "Redefining innovation as system re-definition." *Dynamics of Knowledge, Corporate Systems and Innovation*. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- Yoo, Youngjin, Ola Henfridsson, and Kalle Lyytinen. "Research commentary—the new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research." *Information systems research* 21.4 (2010): 724-735
- Bozzo, Massimo. *La grande storia del computer: dall'abaco all'intelligenza artificiale*. Vol. 37. Edizioni Dedalo, 1996.
- Ceruzzi, Paul E. *Storia dell'informatica. Dai primi computer digitali all'era di Internet*. Apogeo Editore, 2005.
- Casalegno, Daniele. *Uomini e computer: Storia delle macchine che hanno cambiato il mondo*. HOEPLI EDITORE, 2013.
- Balbi, Gabriele. *L'ultima ideologia: breve storia della rivoluzione digitale*. Gius. Laterza & Figli Spa, 2022.

## SITOGRAFIA

- <https://www.apple.com/it/>
- <https://www.microsoft.com/it-it>
- <https://www.ibm.com/>
- <https://www.miglioresmartwatch.com/storia-ed-evoluzione-dello-smartwatch/>
- <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.labcd.unipi.it/wp-content/uploads/2015/05/Libro-cartaceo-e-ebook-Elena-MencacciLEFE.pdf>

- <https://www.apogeeonline.com/articoli/il-computer-nella-vita-di-ogni-giorno-redazione-apogeeonline/>
- <https://www.ildottoredeicomputer.it/storia-navigatori/>
- <https://www.lavazza.it/it>
- <https://www.wired.it/gallery/migliori-macchine-caffe-automatiche/>
- <https://techprincess.it/cartografia-evoluzione/>
- <https://www.urbanexperience.it/geoportale/>
- <https://analogdigitalclock.wordpress.com/2015/11/14/passaggio-dallanalogico-al-digitale/>
- <https://www.mondadoristore.it/tecnologia/kobo-e-reader-confronta/>
- <https://barrazacarlos.com/it/vantaggi-e-svantaggi-della-digitalizzazione/>
- [https://www.delonghi.com/it-it/prodotti/caffe/macchine-automatiche-per-caffe-in-chicchi/c/automatic\\_coffee\\_makers](https://www.delonghi.com/it-it/prodotti/caffe/macchine-automatiche-per-caffe-in-chicchi/c/automatic_coffee_makers)
- <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>