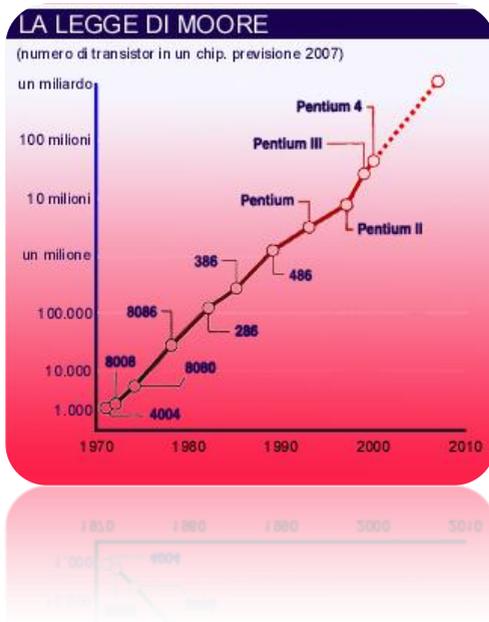


DALLA TECNOLOGIA INTEGRATA ALLA TECNOLOGIA INVISIBILE: UN VIAGGIO TRA SCOPERTE, INVENZIONI E INNOVAZIONI

Annalisa Bonfiglio,

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica,

Università di Cagliari



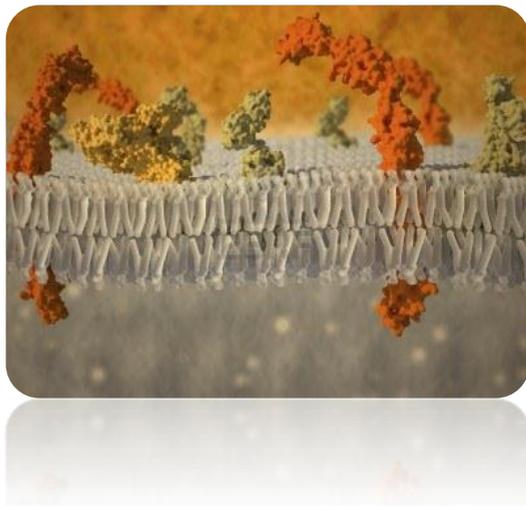
La tecnologia elettronica negli ultimi 40 anni è stata dominata da un trend di sviluppo, la cosiddetta Legge di Moore, che ha previsto il raddoppio del numero di transistor per cm^2 di Silicio ogni 18 mesi.

La legge, che è più che altro la constatazione empirica di un trend tecnologico/economico, ha previsto che intorno agli anni 10 del ventunesimo secolo, l'evoluzione giunga ad un suo limite, questa volta dettato da limiti fisici. Quando i singoli dispositivi diventano piccolissimi (sulla scala dei nanometri), la quantità di atomi che costituiscono il cristallo di silicio su cui il dispositivo è realizzato, è così

piccola, che questi si comportano non più come un materiale unico, dotato di caratteristiche e proprietà comuni e riproducibili, ma come un insieme di singole entità, non abbastanza simili tra loro da poter essere identificati come una collettività.

Stiamo arrivando perciò al limite previsto da Moore. Quale sarà adesso il futuro delle tecnologie, quale il trend di sviluppo, quali le innovazioni e i nuovi modelli che impronteranno lo sviluppo tecnologico nei prossimi decenni?

La risposta l'ha data per primo Richard Feynman, uno dei più grandi scienziati e innovatori del secolo scorso, nel 1959, anno di un suo famoso discorso intitolato "There's plenty of room at the bottom". In esso, Feynman preconizzava la necessità di uno sviluppo tecnologico che seguisse un percorso inverso (bottom – up) rispetto alle tecnologie basate sul silicio: ovvero, partisse dalle proprietà dei singoli atomi e molecole (scala nanometrica) per arrivare al

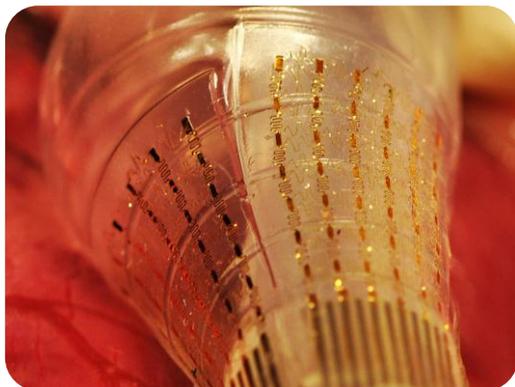


loro controllo su scala macroscopica. È l'inizio, seppure solo teorico, delle nanotecnologie. È una vera e propria rivoluzione copernicana: un cambiamento radicale dell'approccio scientifico e tecnologico, che per essere realizzato, ha richiesto scoperte e invenzioni di fondamentale importanza, che si sono succedute negli ultimi 50 anni, a partire dalla scienza cosiddetta "di base", per arrivare solo in tempi recenti a delle applicazioni concrete.

Questo cambio di paradigma è stato in massima parte trainato dall'osservazione e dallo studio di molti sistemi naturali, e in qualche caso, viventi: la natura ci offre molti esempi di "processore naturale di informazioni" (basti pensare al DNA), che hanno proprietà diverse, qualche volta complementari, a quelle dei sistemi artificiali basati sul silicio: sono in grado di auto-ripararsi, di correggere gli errori nella trasmissione delle informazioni, di resistere alle mutate condizioni esterne.

Tutte queste proprietà sono legate al fatto che i "dispositivi naturali" sono costituiti in massima parte di un altro materiale, molto abbondante in natura, che contrariamente al Silicio (che per poter dare origine ai dispositivi elettronici di cui abbiamo familiarità ha bisogno di essere ultra-puro e cristallino) si mescola facilmente con altri elementi e con essi forma strutture tendenzialmente disordinate: il Carbonio, forse il più versatile tra gli elementi chimici.

È di non molti anni fa, la scoperta, premiata nel 2000 con un premio Nobel per la chimica condiviso da tre scienziati, Heeger, Mac Diarmid e Shirakawa, che una particolare classe di molecole organiche, ovvero composte in massima parte da Carbonio, può dare luogo a materiali conduttori e semiconduttori. È la chiave di volta per l'inizio di una tecnologia elettronica basata sui materiali organici che, lungi per il momento dall'essere competitiva con il silicio per quanto riguarda la velocità di processamento dell'informazione, lo surclassa e di fatto lo rimpiazza completamente in una serie di applicazioni, specie di natura biomedicale, ma non solo, in cui i requisiti fondamentali sono la



biocompatibilità, la flessibilità, la possibilità di realizzare sistemi complessi anche su aree molto grandi, con tecnologie di basso costo.

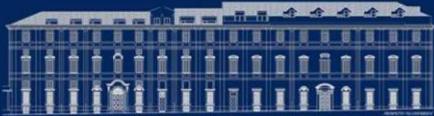
Presto assisteremo, grazie a queste innovative proprietà, alla nascita della tecnologia invisibile, cioè nascosta entro gli oggetti di uso quotidiano, nei vestiti che indossiamo, nelle pareti delle nostre case, nelle superfici fisiche sulle quali ci muoviamo. Non avremo più bisogno di portare con noi un

oggetto fisico distinto, come un computer portatile, per avere accesso alle infinite informazioni della rete, ma potremo avere tutto il necessario integrato negli oggetti che normalmente usiamo per altri scopi. La tecnologia, resa invisibile, non avrà bisogno, per essere immaginata e progettata, soltanto di esperti, ma di chiunque vorrà dare il proprio contributo a forgiare il mondo nuovo nel quale essa verrà applicata.

La rivoluzione non riguarderà perciò solamente la tecnologia stessa ma anche il modo in cui questa viene diffusa e fruita: stanno nascendo, dappertutto nel mondo, i cosiddetti Living Labs, eco-sistemi innovativi di ricerca centrati sull'utente, dove la progettazione delle tecnologie avviene con la partecipazione diretta di enti pubblici, privati e utenti finali, semplici cittadini che contribuiscono concretamente a cambiare il mondo in cui vivono.



È una rivoluzione positiva, alla quale, come Università, saremo chiamati a dare, come sempre, il nostro contributo, in termini sia di ricerca, sia di formazione delle future generazioni di innovatori.



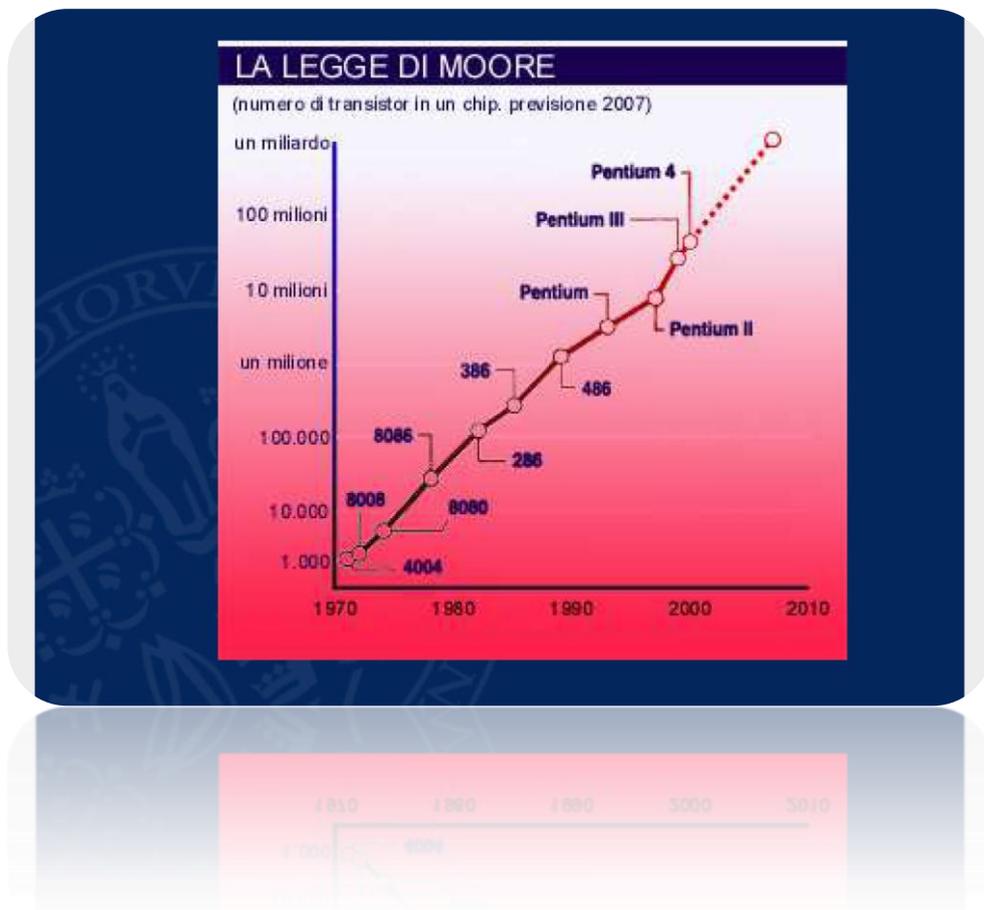
Università degli Studi di Cagliari
INAUGURAZIONE ANNO ACCADEMICO 2012-2013

Dalla tecnologia integrata
alla tecnologia invisibile: un viaggio
tra scoperte, invenzioni e innovazioni

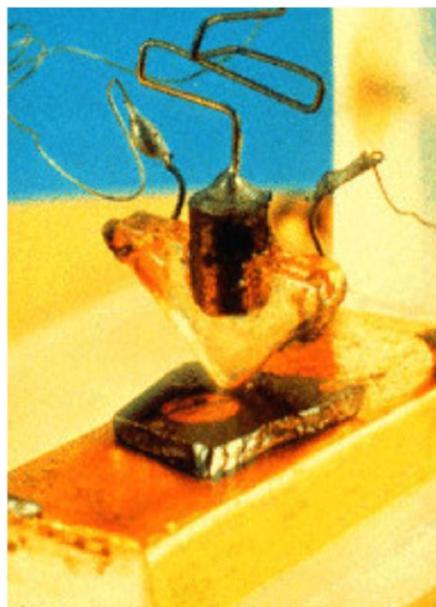
Annalisa Bonfiglio
Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica
Annalisa Bonfiglio

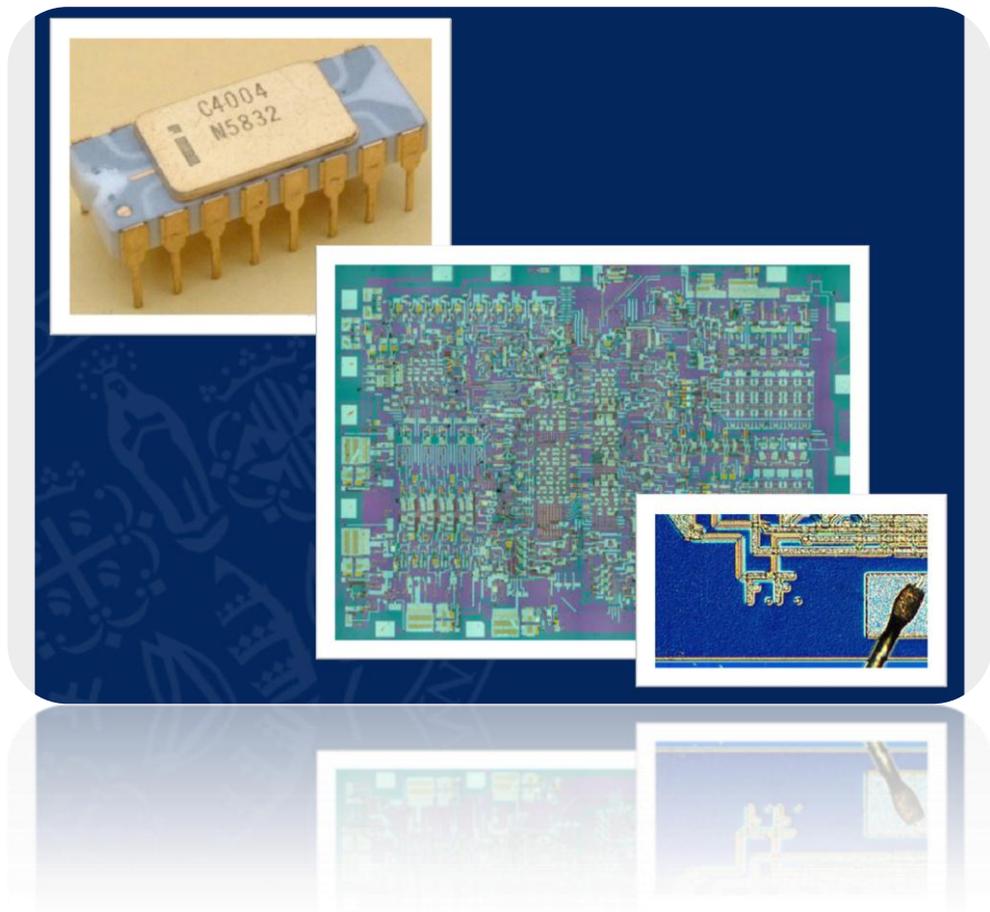
Le slide della prolusione



2. Legge di Moore. Trend della microelettronica negli ultimi 40 anni. All'estremo destro limiti fisici dovuti alle proprietà intrinseche dei materiali. L'asse x di questo grafico termina (teoricamente) nel 2010: significa che questa evoluzione non potrà più continuare nello stesso modo, a causa di limiti fisici legati alle proprietà dei materiali.



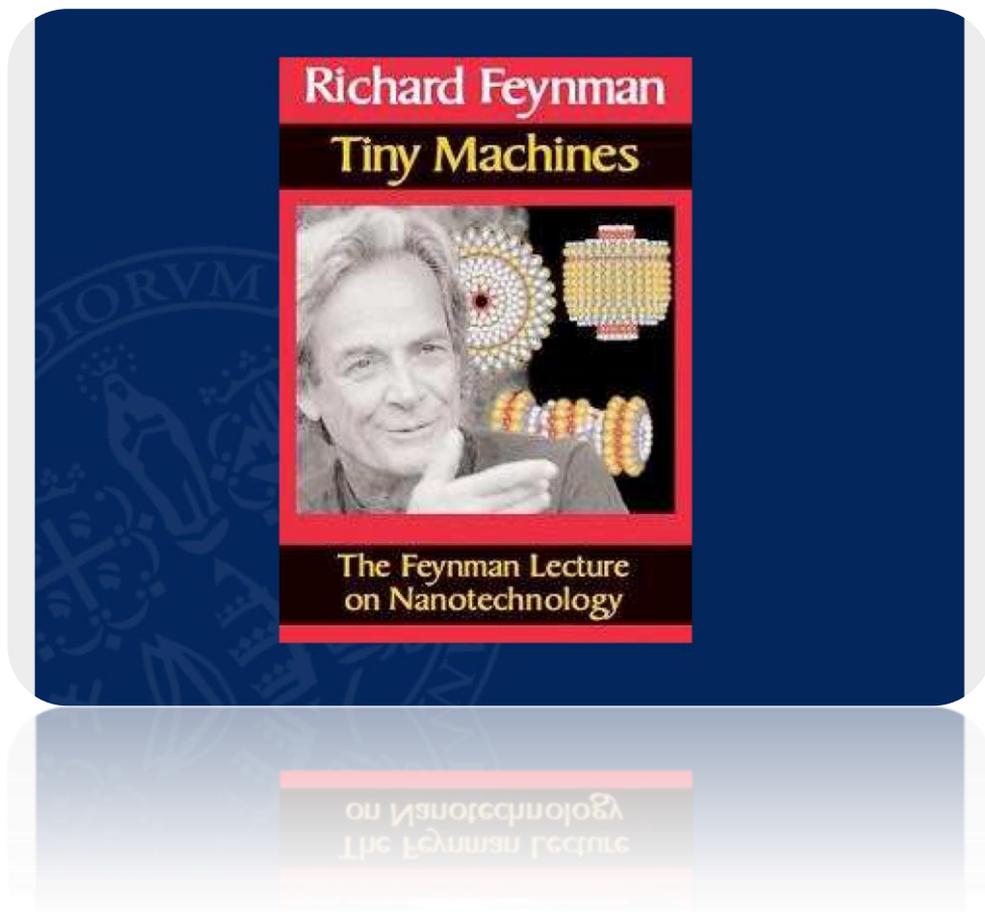
3. Questa immagine rappresenta il passato remoto dell'elettronica: si tratta del primo transistor, risalente al 1947.



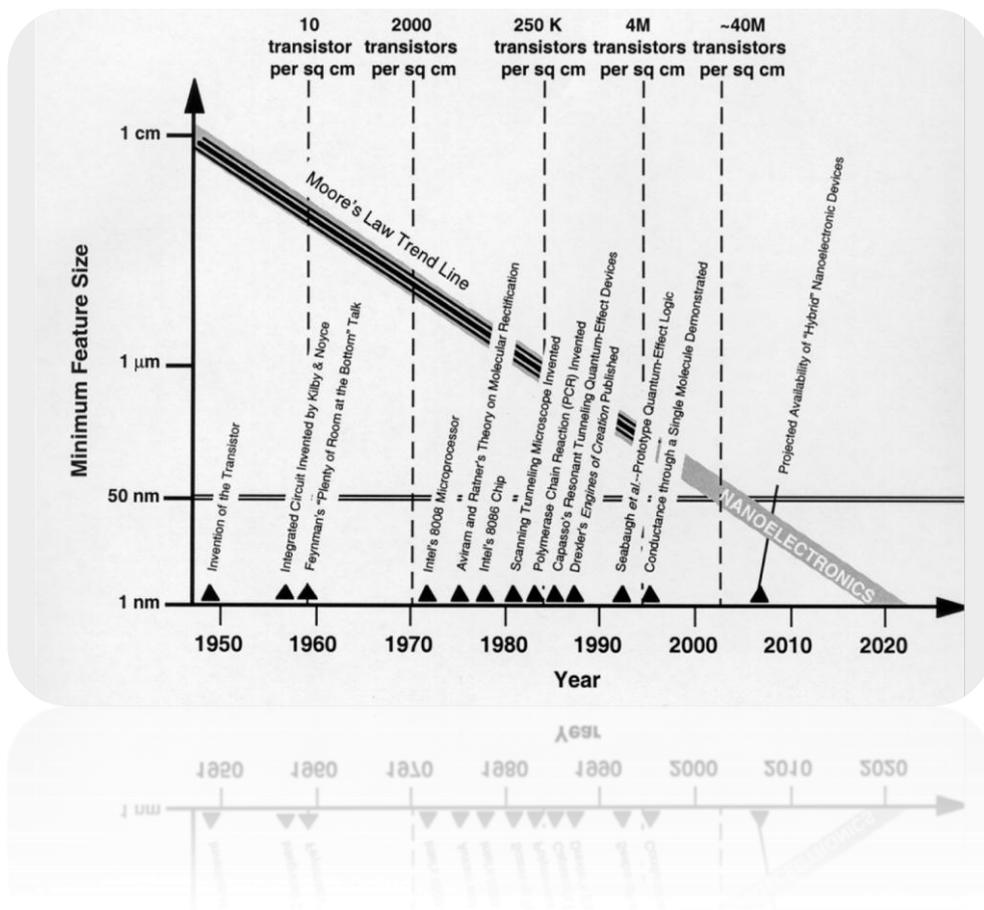
4. Queste immagini rappresentano il primo processore realizzato da INTEL nel 1971.



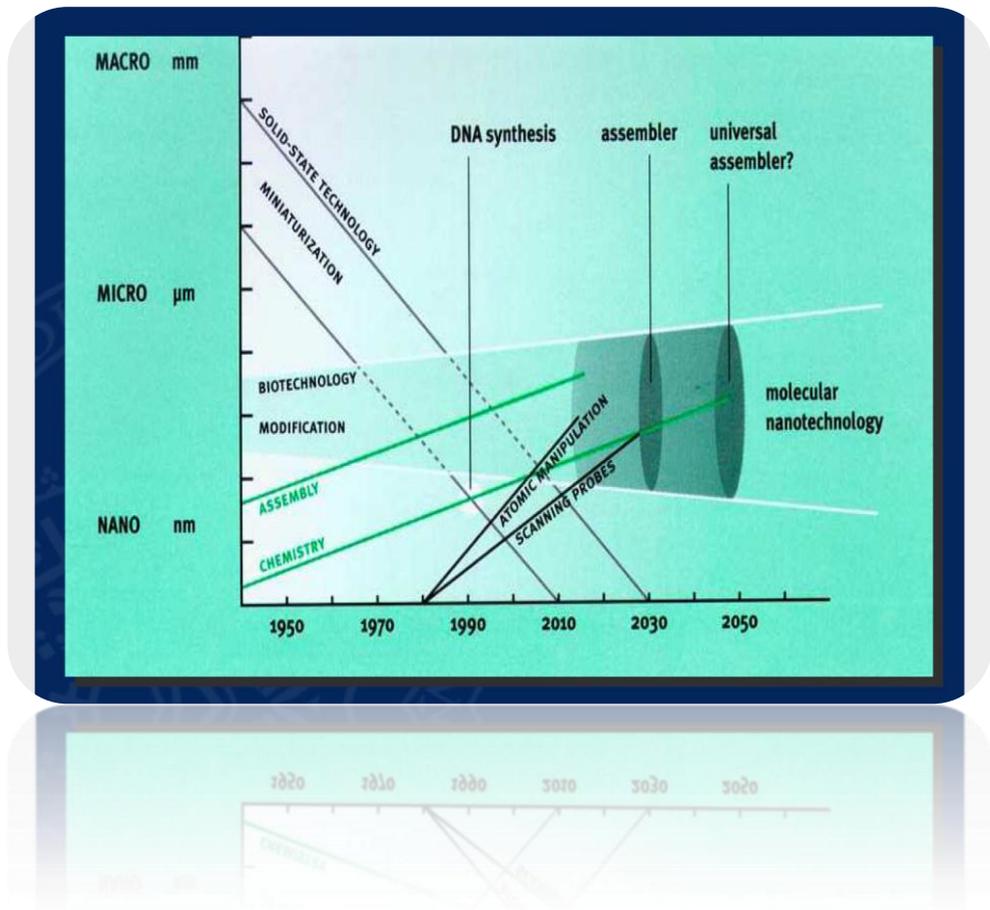
5. La Microelettronica è basata sulle proprietà del Silicio, un materiale molto diffuso in natura, che per poter essere impiegato in microelettronica deve essere trattato in modo da essere ultra-puro e cristallino. L'evoluzione dell'elettronica, descritta dalla legge di Moore, è basata su questo materiale, e i limiti fisici che si incontrano proseguendo nella miniaturizzazione dei componenti elettronici dipendono sostanzialmente dalle proprietà di questo materiale. L'evoluzione della tecnologia prevede un cambiamento.



6. Il cambiamento suggerito da Richard Feynman, nel 1959, segna di fatto la nascita delle nanotecnologie.

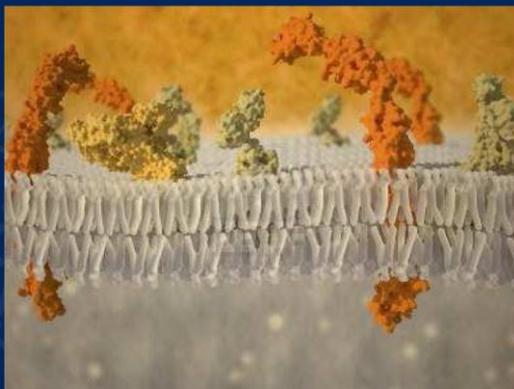


7. In parallelo all'evoluzione dettata dalla Legge di Moore, vengono realizzate alcune scoperte, pietre miliari della nanotecnologia.



8. Differenza di approccio tra Microelettronica e Nanotecnologie:

- Microelettronica: dal macro al nano
- Nanotecnologie: dal nano al macro



Nanotechnologies are bio-inspired

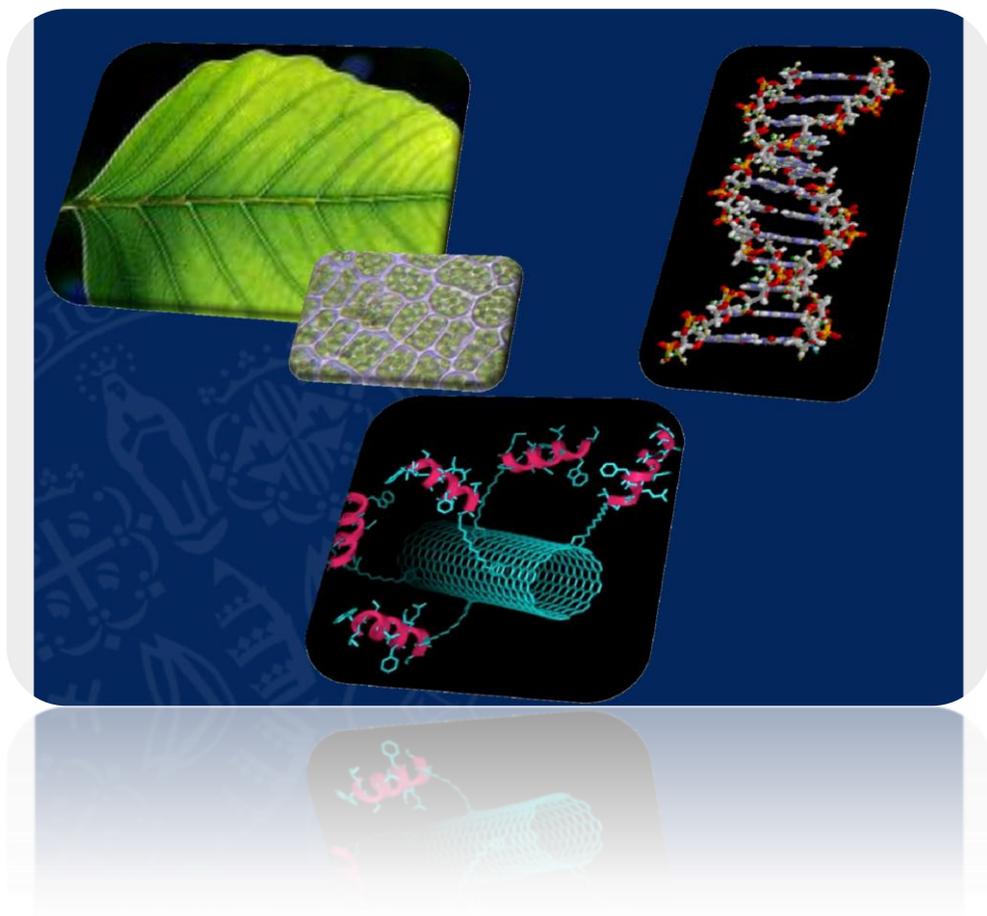
Nanotechnologies are bio-inspired

9. La nanotecnologia è stata ed è fortemente ispirata dai sistemi naturali, intrinsecamente “nanotecnologici”, In altri termini si tratta di sistemi “macro” realizzati grazie all’assemblaggio (di solito spontaneo) di un gran numero di componenti “nano”.

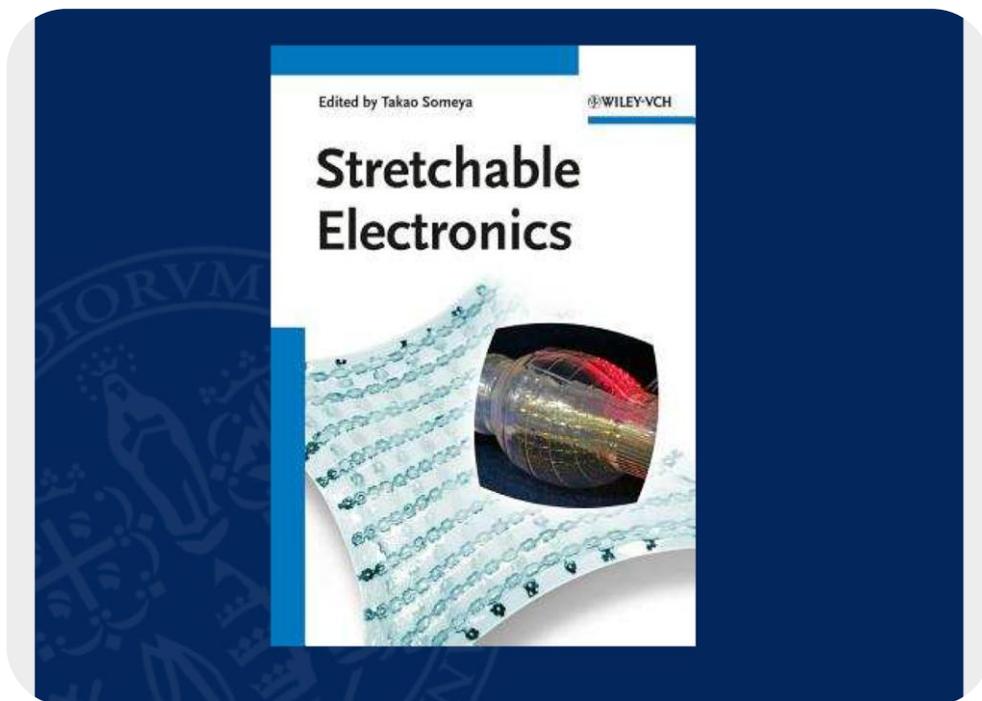


10. Molte delle proprietà dei sistemi naturali dipendono in modo sostanziale dalle proprietà dell'elemento chimico che li costituisce prevalentemente: il Carbonio.

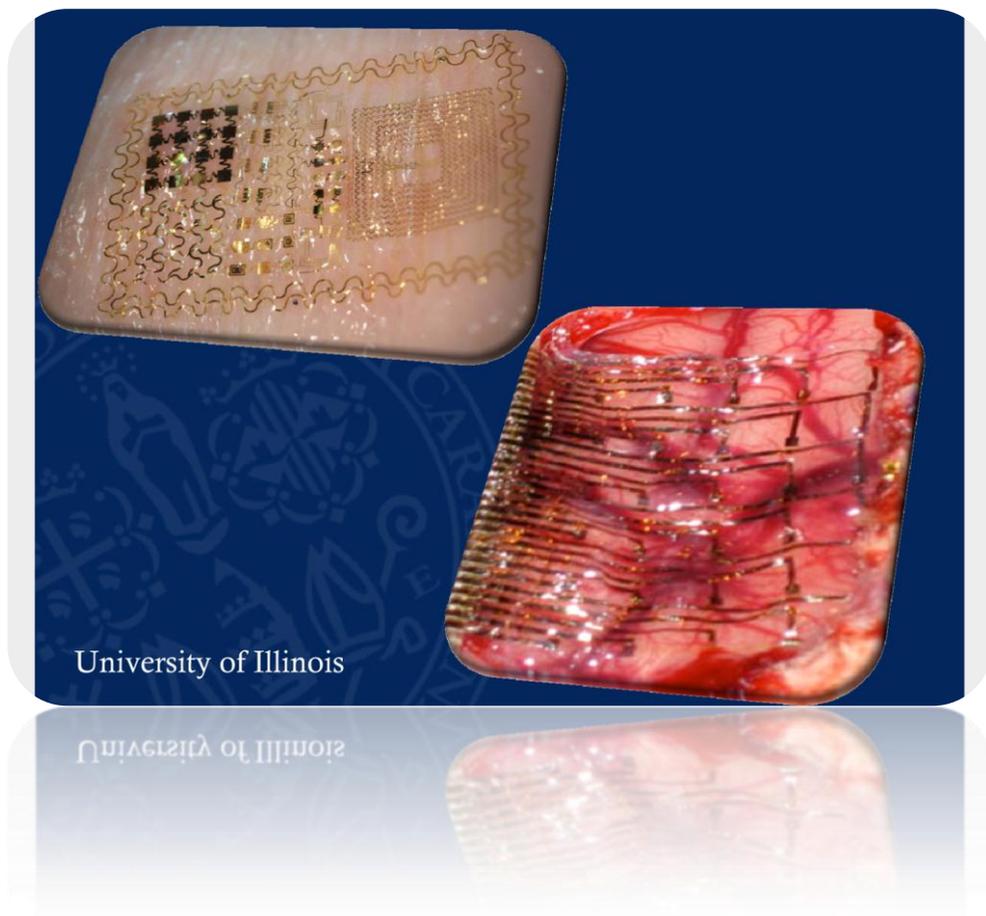
In forma pura il carbonio è disponibile in diverse forme, ad esempio come diamante oppure come grafite.



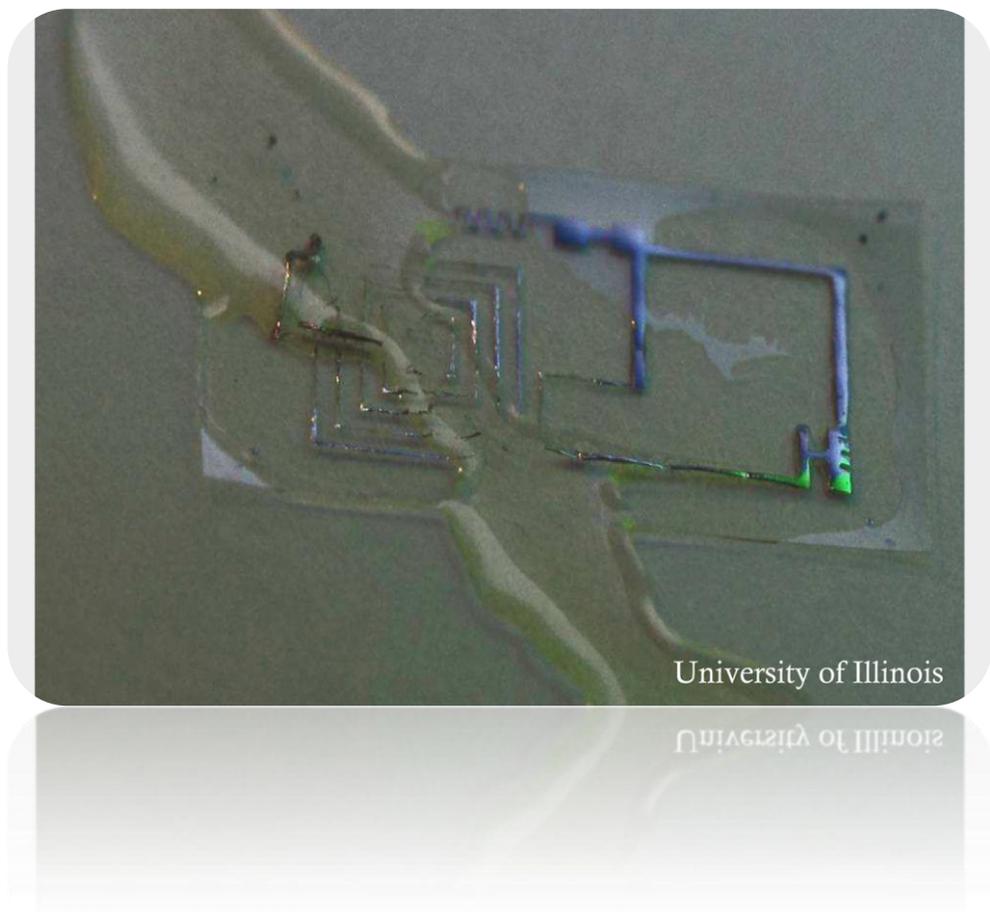
11. Il Carbonio si combina molto facilmente con altri elementi dando luogo ad un'infinita varietà di molecole organiche.



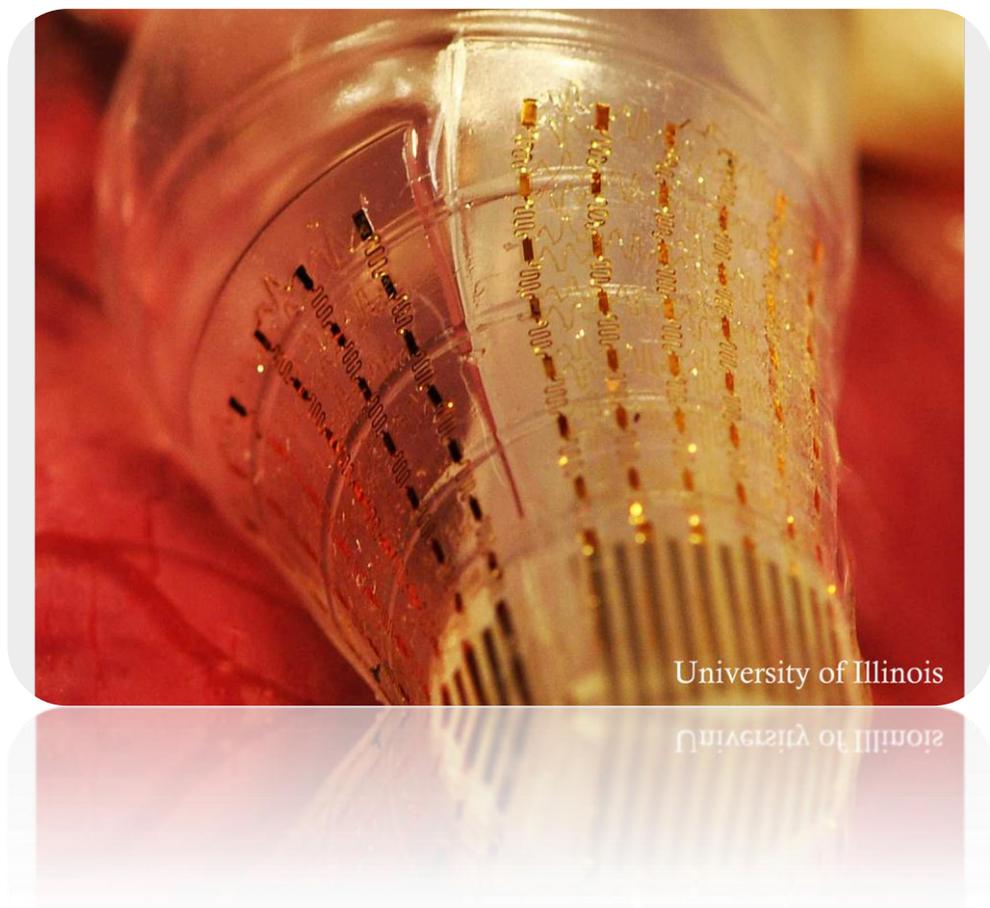
12. La possibilità di ottenere delle molecole organiche dei conduttori e dei semiconduttori (Premio Nobel per la Chimica del 2000) ha segnato l'avvento di una nuova branca dell'elettronica: l'elettronica dei semiconduttori organici con le sue innovative applicazioni, che sfruttano la possibilità di ottenere, a partire da molecole organiche, nuovi materiali in grado di condurre elettricità pur mantenendo le tipiche caratteristiche dei materiali organici, ad esempio la flessibilità meccanica.



13. Nell'immagine, due esempi di applicazione innovativa: un circuito "tatuato" sulla pelle umana per realizzare sistemi di sensori, ad esempio per monitorare la guarigione di ferite, per misurare lo stato fisiologico dei pazienti, per realizzare nuovi esempi di interfaccia uomo-macchina. Oppure un circuito posto a diretto contatto con il tessuto cerebrale, per monitorare l'attività elettrica delle cellule nervose. Possibili applicazioni riguardano le neuroprotesi.



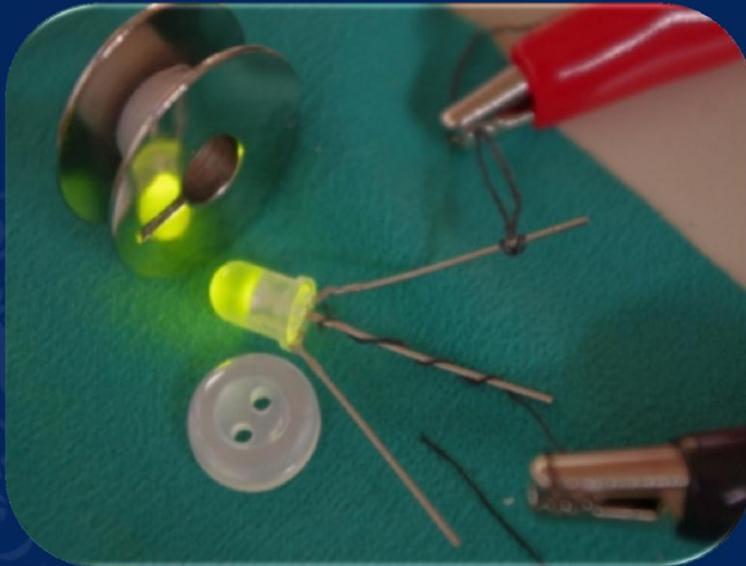
14. Un altro esempio di applicazione innovativa: un circuito elettronico basato su materiali biodegradabili: il circuito e' in grado di dissolversi spontaneamente dopo che ha assolto la sua funzione. Potenziali applicazioni riguardano i dispositivi biomedicali impiantabili, il monitoraggio ambientale non invasivo, piu' in generale la realizzazione di dispositivi usa e getta a basso impatto ambientale



15. Un altro esempio di applicazione: circuito flessibile realizzato all'interno di un catetere per il monitoraggio chimico *real time* dei fluidi biologici. Possibile applicazioni nell'ambito del monitoraggio elettrofisiologico degli organi.



16. Un altro esempio di applicazione: si tratta di un materiale organico composito conduttivo in grado di auto-ripararsi, come la pelle umana. A seguito di un taglio può spontaneamente “rimarginare la ferita” in tempi molto brevi (alcune decine di minuti).



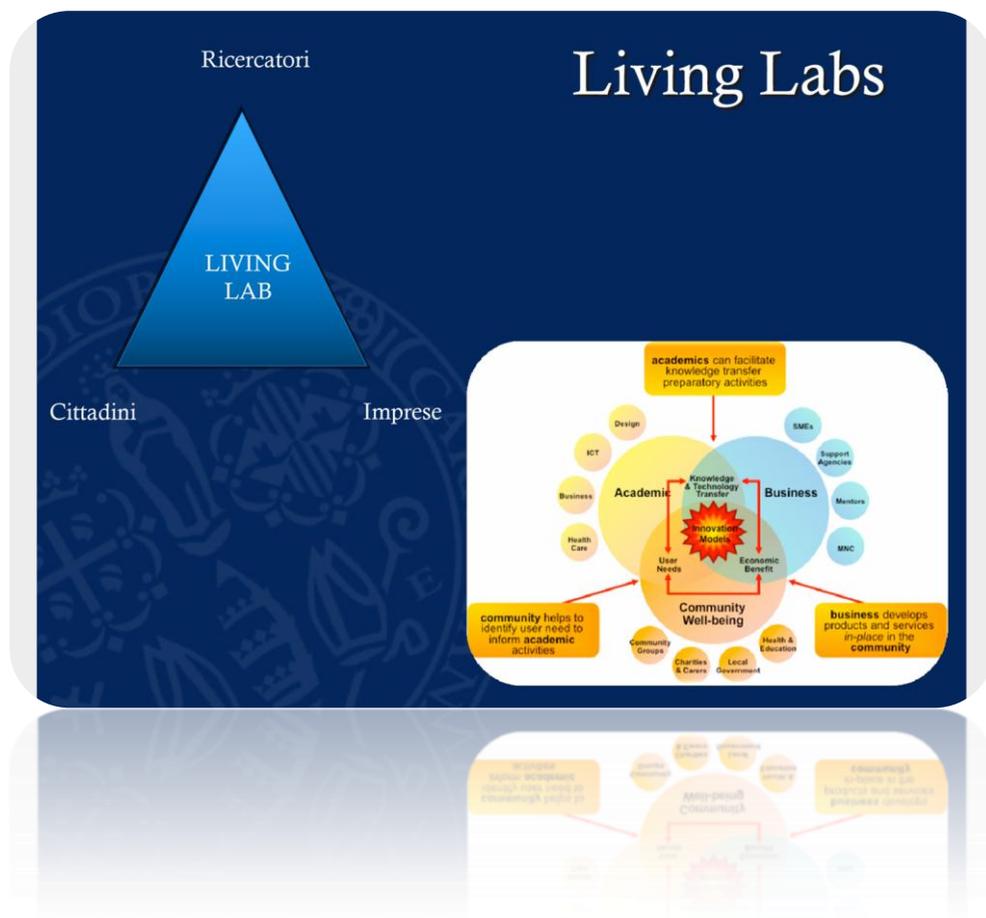
Università di Cagliari, Università di Bologna, Cornell University

Università di Cagliari, Università di Bologna, Cornell University

17. Un altro esempio di applicazione: filo di cotone reso conduttore attraverso un trattamento con nanoparticelle metalliche e polimeri conduttori, per realizzare circuiti elettronici sui tessuti. Le caratteristiche esteriori del tessuto restano immutate, ma il LED si accende connettendolo ad una batteria per mezzo di un semplice nodo realizzato con il filo conduttivo.

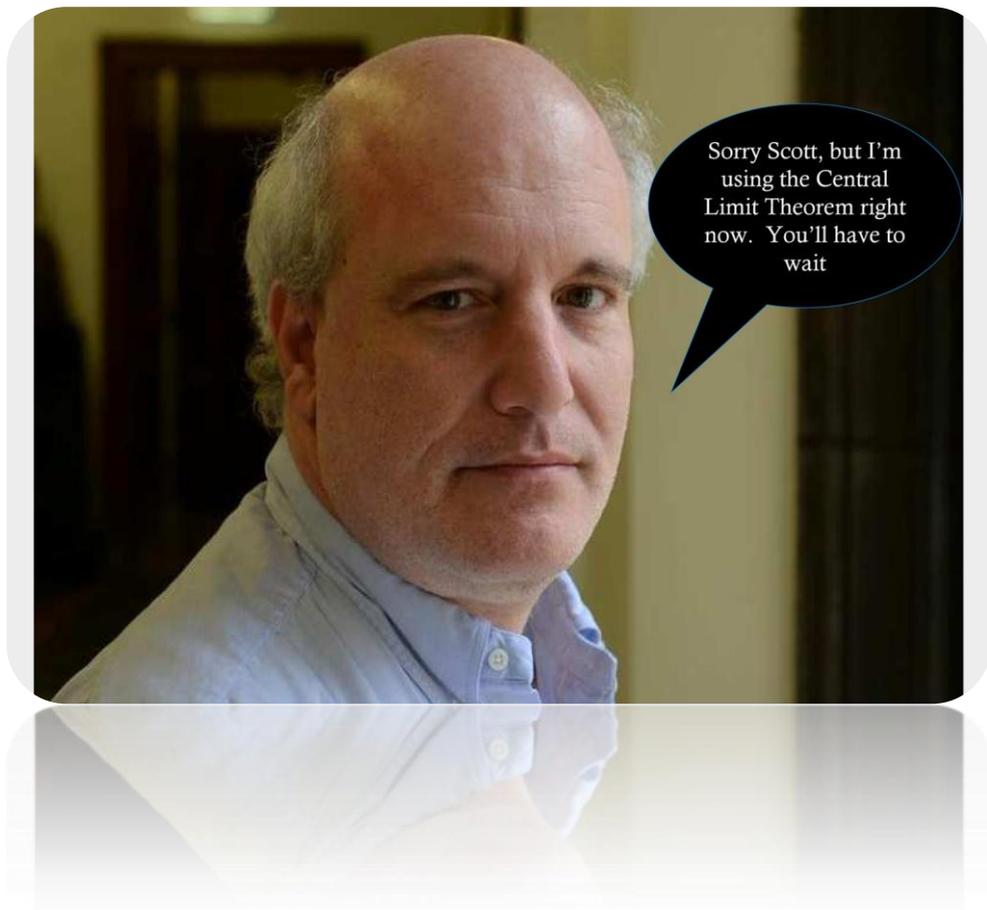


18. From IPAD to UNPAD. Il futuro che ci attende: dalla tecnologia portatile (IPAD) alla tecnologia invisibile (UNPAD), cioè nascosta negli oggetti di uso quotidiano.



19. L'innovazione non è solo puramente tecnologica, ma riguarda anche il modo in cui la ricerca (soprattutto applicata) viene organizzata. Il Living Lab è una nuova idea di organizzazione della ricerca e dell'innovazione, centrata sull'utente, nata nell'ambito dell' Ambient Intelligence.

Le "tecnologie invisibili" risultano essere un ambito di applicazione ideale di questi concetti.



20. Il ruolo della ricerca pubblica è molto importante, perché il concetto di Living Lab si basa fortemente sulla possibilità di fruire liberamente dei risultati della ricerca (non rivalità e non esclusività di uso dei beni pubblici).

