

Gioco della vita

The image features a complex, self-similar fractal pattern known as a Game of Life pattern. It consists of a grid of cells, with some cells filled in white and others black. The pattern is highly intricate, with many small, repeating structures that form larger, more complex shapes. The overall appearance is that of a chaotic yet ordered system, characteristic of a complex adaptive system. The text "Gioco della vita" is overlaid on the left side of the image, enclosed in a white rectangular box.

Storia del gioco della vita

Il gioco della vita inizia nel 1968, dopo che Conway si interessò al lavoro di John Von Neumann e Stanislaw Ulam. Questi ultimi cominciarono infatti a sviluppare l'idea stessa di automi cellulari, cioè di modelli matematici usati per descrivere situazioni specifiche governati da regole precise. Neumann specialmente teorizzò, con simulazioni molto complesse, macchine in grado di replicarsi da sole per colonizzare altri pianeti.



John Von Neumann

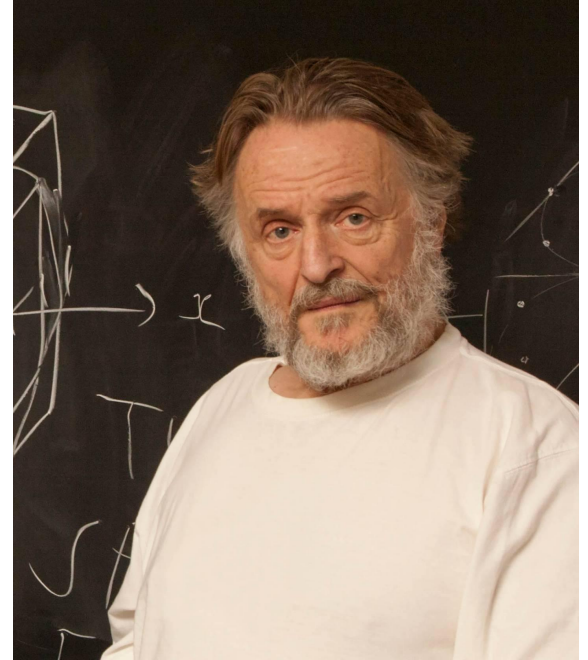


Stanislaw Ulam

Storia del gioco della vita (2)

Quindi Conway, dopo aver letto questi articoli, nell'arco di un anno e mezzo durante le pause caffè semplificò molto l'automa di Neumann, portandolo da 29 stati a solo 2 (vivo e morto), fino ad arrivare, dopo innumerevoli iterazioni, a quello che conosciamo oggi come Gioco della vita.

Riscosse un successo e interesse immediato dopo esser stato pubblicato nella sezione "giochi matematici" dello Scientific American nonostante i computer non fossero ancora popolari come oggi e ogni generazione dovesse essere studiata a mano.



John Horton Conway

Spiegazione e regole del Gioco della vita

Il Gioco della vita si gioca su una griglia infinita bidimensionale composta da cellule quadrate, a cui sono assegnati due stati: viva (popolata) o morta (non popolata).

A ogni generazione vengono applicate le seguenti regole:

1. Ogni cellula viva con meno di due vicini vivi muore. (sottopopolazione)
2. Ogni cellula viva con due o tre vicini vivi continua a vivere.
3. Ogni cellula viva con più di tre vicini vivi muore. (sovrappopolazione)
4. Ogni cellula morta con tre vicini vivi diventa viva. (riproduzione)

Strutture importanti

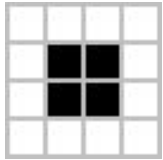
Conway stesso era molto interessato all'inizio ai limiti del suo gioco e le implicazioni che le regole avevano sullo sviluppo di una struttura generica. Arrivò fino a mettere un premio di 50 dollari alla prima persona capace di dimostrare che una struttura di partenza specifica potesse crescere all'infinito. Eventualmente Bill Gosper ideò la Gosper glider gun confermando la domanda di Conway.

Al giorno d'oggi sappiamo che esistono strutture che crescono all'infinito ma data una configurazione iniziale non si può determinare se crescerà all'infinito o no. Questo è un corollario del problema della terminazione di Turing.

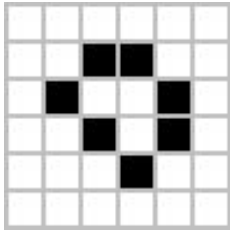
Nelle seguenti slide spiegherò le tre principali categorie di strutture possibili nel Gioco della vita. Le immagini sono composte di quadrati bianchi e neri per simulare i due possibili stati che le cellule possono avere: morte e vive.

Still lifes

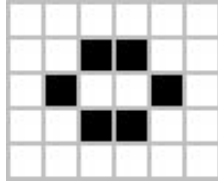
Gli still lifes (natura morta, letteralmente vite ferme) è la prima categoria in cui vengono racchiuse tutte le strutture che rimangono uguali da una generazione all'altra. Anche da una struttura di partenza casuale molto spesso emergeranno questi cinque still lifes



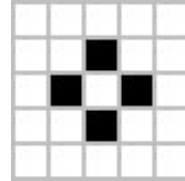
Blocco



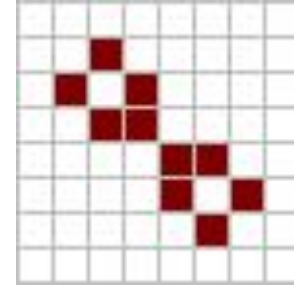
Pagnotta



Alveare



Fiore



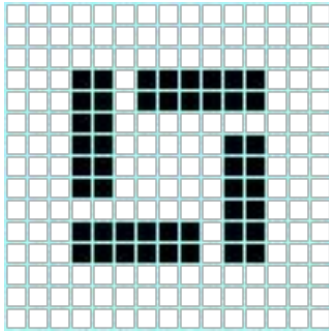
Papillon

Oscillators

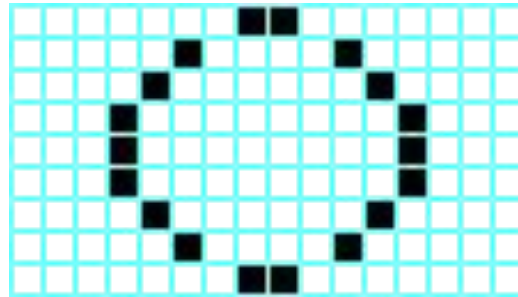
Gli oscillators (oscillatori) sono strutture che dopo un certo numero di generazioni, detto periodo, ritornano alla forma originale. Tra questi il più comune è il blinker.



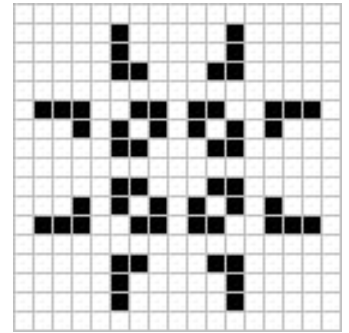
Blinker
periodo 3



Galassia di Kok
periodo 8



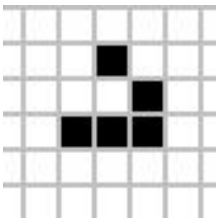
Pentadecathlon
periodo 15



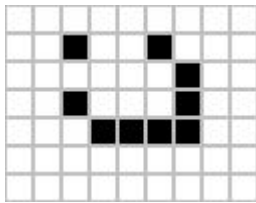
Pulsar
periodo 3

Spaceships

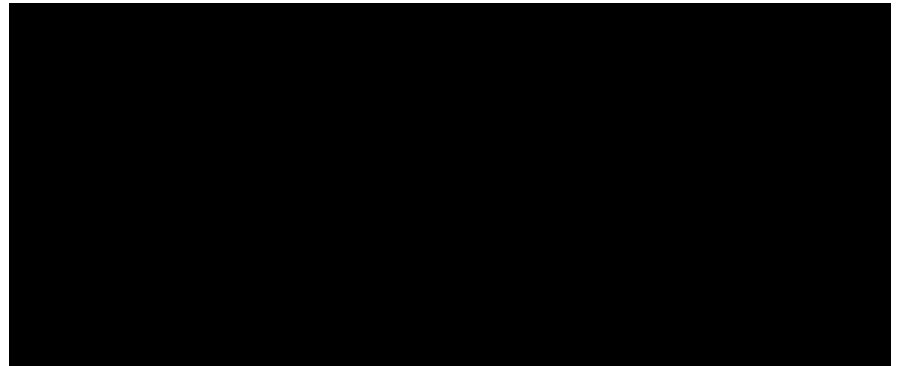
Le spaceships (navicelle) sono strutture che si muovono lungo il piano ritornando dopo un numero certo di generazioni, detto periodo, al loro stato iniziale.



Aliante



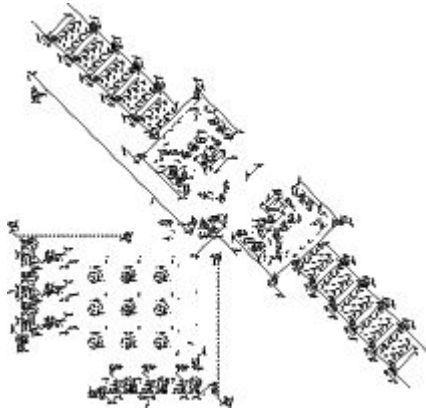
Navicella
leggera



Varie navicelle di diverse velocità che si muovono lungo il piano

Porte logiche e computer nel gioco della vita

Combinando questi tre tipi di struttura si possono creare porte logiche e ciò rende possibile la creazione di computer e macchine di Turing nel Gioco della Vita. La creazione di una Macchina di Turing universale nel gioco della vita ha dimostrato che questa simulazione è Turing equivalente: è quindi teoricamente tanto potente quanto un computer senza limiti di memoria e di tempo.

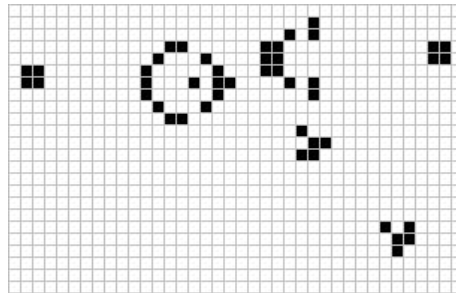


Macchina di Turing
universale nel Gioco
della Vita.

Porte logiche e computer nel gioco della vita

Per creare ciò prima dobbiamo definire un segnale nel gioco della vita. Deve avere le seguenti caratteristiche: deve essere facilmente creabile, facilmente distruggibile e deve attraversare la griglia trasportando informazioni. Il candidato ideale è quindi l'aliante, che abbiamo trovato precedentemente fra le spaceships.

Si possono creare alianti con la Gosper Glider gun ogni trenta generazioni. Quindi prenderemo come 1 la presenza di un aliante ogni trenta generazioni mentre come 0 la sua assenza



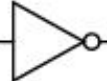
La Gosper
Glider gun

Porta logica NOT

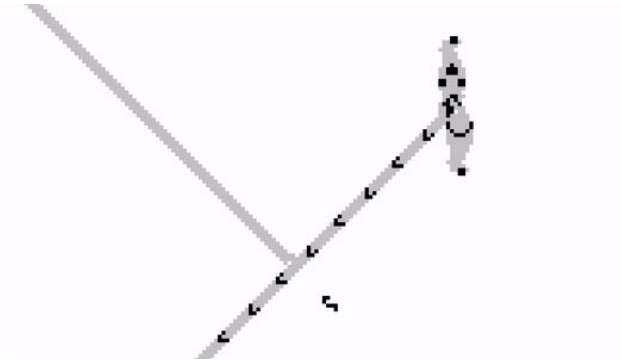
La più semplice da costruire è di gran lunga la porta logica NOT. Essa, dato un segnale, restituisce l'opposto. Nel Gioco della vita viene implementato abbastanza facilmente in quanto si fa uso di una proprietà degli alianti: quando incontrano un altro glider si distruggono a vicenda. Quindi poniamo una gopher glider gun come input e un'altra perpendicolare ad essa come porta NOT. Quando non ci sarà input, andranno avanti gli alianti prodotti dalla porta logica, quando ci sarà input si distruggeranno a vicenda e non ne uscirà nessuno. La direzione del flusso non è importante.

Porta logica Not

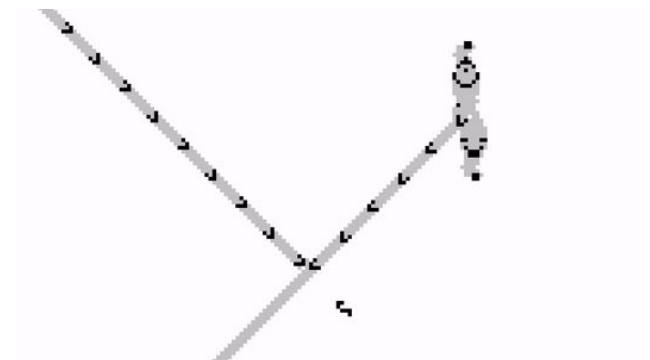
NOT gate truth table

Input  Output

Input	Output
0	1
1	0



Input = 0



Input = 1

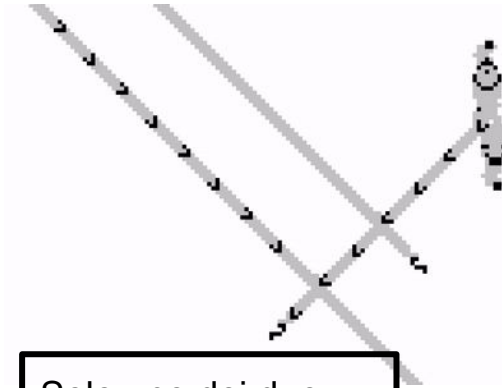
Porta logica AND

La seconda delle tre porte logiche che vedremo è quella AND. Questa darà un output esclusivamente se entrambi i due input sono accesi. Negli esempi forniti i due input sono i flussi in alto a destra. Ottiene molto facilmente aggiungendo un flusso alla porta logica OR. Quando entrambi saranno accesi uno andrà a distruggere gli alianti prodotti dalla gopher glider gun, lasciando l'input dell'altro flusso

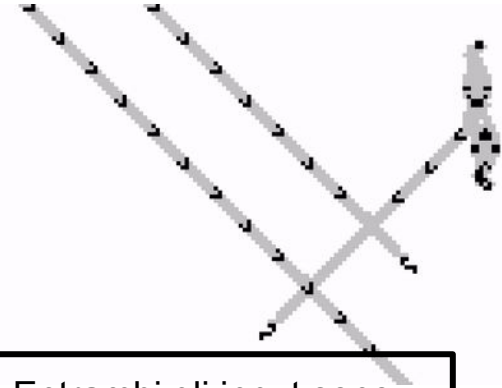
2 - input AND gate



A	B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Solo uno dei due input è acceso



Entrambi gli input sono accesi

Porta logica OR

L'ultima è la porta logica OR. questa restituisce un output quando almeno uno dei due input è acceso. Si ottiene aggiungendo un'altra gopher glider gun alla porta AND. Quando un input solo sarà acceso questi distruggerà gli aianti prodotti dalla struttura di sinistra lasciando andare avanti quindi quelli prodotti dalla nuova gopher glider gun. Quando entrambi saranno accesi agirà come una porta logica AND mentre quando nessuno dei due è acceso gli aianti prodotti dalla nuova gopher glider gun collideranno con quella di destra annullandosi a vicenda.

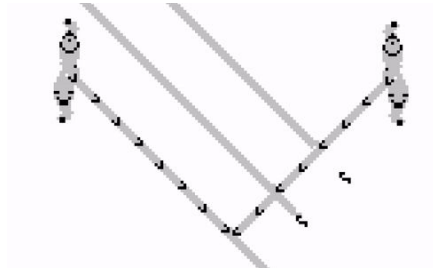
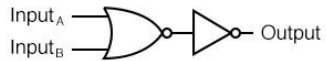
Porta logica OR

OR Gate

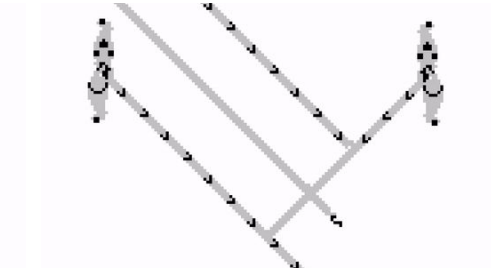


A	B	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Equivalent Circuit



entrambi gli
input spenti



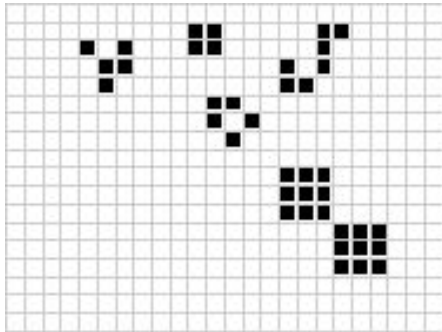
solo uno dei due
accesso



Entrambi
accesi

Riflettori

Ora queste tre porte logiche insieme possono compiere ogni operazione binaria arbitraria, ma non sono abbastanza. Per costruire un computer dobbiamo creare due nuove strutture. I riflettori sono una di queste. Sono necessari in quanto non stiamo lavorando con un voltaggio come facciamo nella vita reale bensì con figure che occupano uno spazio preciso e necessitano di essere reindirizzate per evitare che scontrino con altre configurazioni.

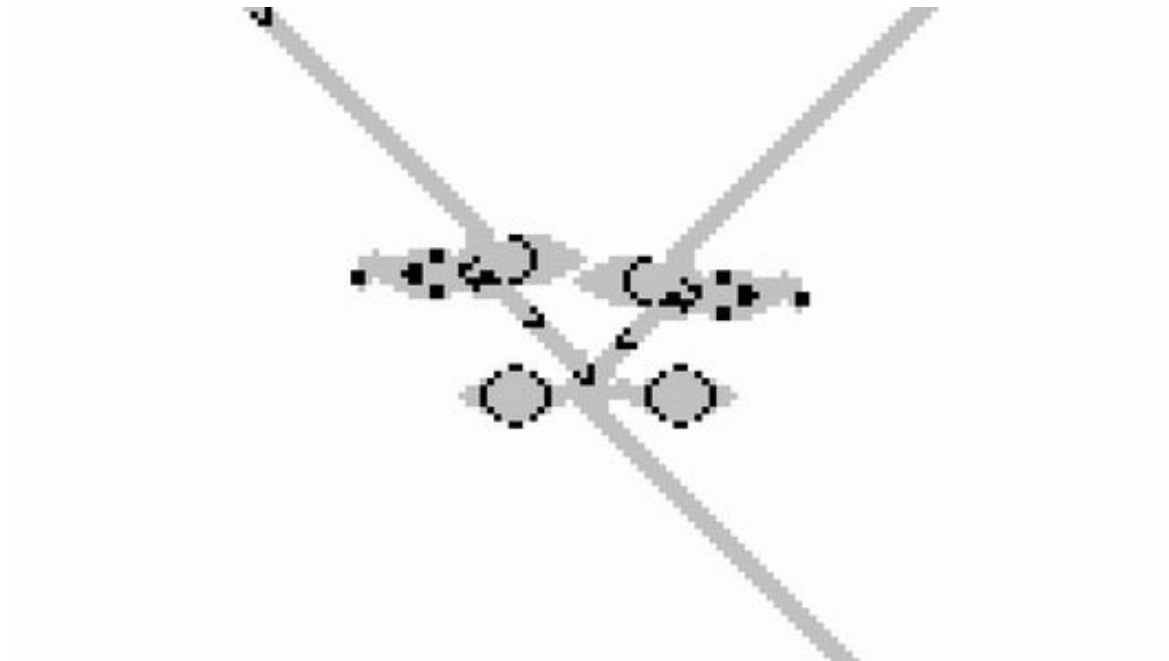


Riflettore he riflette
un aliante di 90°

Latch

Ora possiamo compiere operazioni binarie e manipolare il flusso di alianti, ma manca una delle caratteristiche fondamentali dei computer: la capacità di memorizzare informazioni. Nella vita reale si costruiscono con molteplici porte logiche ma nel Gioco della Vita possiamo utilizzare un circuito abbastanza semplice costituito da due Gosper Glider gun lievemente sfasati tra di loro e due oscillatori pentadecathlon che agiscono da riflettori. Di norma i flussi dei due creatori di alianti si annullano ma quando un aliante li colpisce introduce un lieve ritardo e permette la creazione di alianti.

Latch



Turing completezza

Dimostrando che le precedenti strutture sono costruibili nel Gioco della Vita dimostra che teoricamente è possibile creare un computer nella simulazione.

Nel 2000 infatti Paul Rendell creò una Macchina di Turing universale nel gioco della Vita, dimostrando che era in effetti Turing completo

[<https://www.youtube.com/watch?v=My8AsV7bA94>]

Nel 2016 Nicolas Loizeau riuscì a creare un computer programmabile 8-bit con soltanto quattro strutture [<https://www.youtube.com/watch?v=8unMqSp0bFY>]

Ma la conseguenza sicuramente più interessante della Turing completezza del Gioco della Vita è sicuramente la possibilità di emulare il Gioco della Vita nel Gioco della Vita stesso [<https://www.youtube.com/watch?v=xP5-ileKXE8>]

Il Gioco della vita e le simmetrie

A prima vista potrebbe sembrare scioccante che tutti gli still lifes e gli oscillators siano simmetrici mentre le spaceships no, ma con un po' di logica si arriva a una conclusione molto elegante.

Per muoversi una struttura infatti deve essere sbilanciata, quindi deve avere più cellule vive da una parte che da un'altra. Dato che nella parte più popolata si creano nuove cellule si svilupperà verso la parte con più cellule vive, mentre dall'altra parte scompaiono, facendo rimanere quindi questo disequilibrio.

