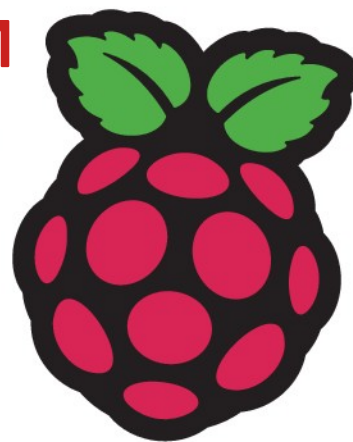




VISITA WWW.RASPBERRYITALY.COM

The MagPi



Numero 147 | Novembre 2024 | magpi.cc
raspberrypi.com

La rivista ufficiale Raspberry Pi
tradotta in italiano per RaspberryItaly 

Raspberry Pi AI Camera

Edizione Speciale **Intelligenza Artificiale**



Incredibili idee
di progetti AI

AI CAMERA:
la guida!



Estratto dal numero 147 di The MagPi. Traduzione di Zzed e marcolecce, revisione testi e impaginazione di Mauro "Zzed" Zoia (zzed@raspberrypi.com), per la comunità italiana Raspberry Pi www.raspberrypi.com. Distribuito con licenza CC BY-NC-SA 3.0. The MagPi magazine is published by Raspberry Pi (Trading) Ltd., Mount Pleasant House, Cambridge, CB3 0RN. ISSN: 2051-9982.

Raspberry Pi AI Camera

Il Camera Module con intelligenza artificiale integrata è in vendita ora.

Di **Naush Patuck**



“ La AI Camera è costruita attorno a un sensore di immagine Sony IMX500 con un acceleratore AI integrato ”

Le persone usano i prodotti Raspberry Pi per creare progetti di intelligenza artificiale quasi da quanto noi li realizziamo. Con il rilascio di dispositivi progressivamente più potenti, la serie di applicazioni che possiamo supportare in modo nativo è aumentata; ma in ogni generazione ci saranno sempre alcuni carichi di lavoro che richiedono un acceleratore esterno, come il Raspberry Pi AI Kit, che abbiamo lanciato a giugno (magpi.cc/aikit).

L'AI Kit è un hardware incredibilmente potente, in grado di eseguire 13 trilioni di operazioni al secondo. Ma è compatibile solo con Raspberry Pi 5 e richiede un modulo fotocamera separato per poter usare dati visuali. Siamo quindi molto entusiasti di annunciare una nuova aggiunta alla nostra linea fotocamere: la Raspberry Pi AI Camera (magpi.cc/aicamera).

L'AI Camera è costruita attorno a un sensore di immagine Sony IMX500 con un acceleratore AI integrato. Può eseguire un'ampia varietà di modelli di popolari reti neurali, con basso consumo energetico e bassa latenza, lasciando il processore del Raspberry Pi libero di svolgere altre attività.



Le caratteristiche principali della Raspberry Pi AI Camera includono:

- Sensore di immagine Sony IMX500 da 12 MP
- Modalità sensore: 4056×3040 a 10 fps, 2028×1520 a 30 fps
- Dimensioni della cella 1,55 µm × 1,55 µm
- Campo visivo di 78 gradi con messa a fuoco regolabile manualmente
- RP2040 integrato per la gestione di reti neurali e firmware

La AI Camera può essere collegata a tutti i modelli Raspberry Pi, incluso Raspberry Pi Zero, utilizzando i normali cavi a nastro per fotocamera.

Utilizzando la suite di strumenti AI di Sony, i modelli di rete neurale esistenti che utilizzano framework come TensorFlow o PyTorch possono essere convertiti per funzionare in modo efficiente sulla AI Camera. In alternativa, è possibile progettare nuovi modelli per sfruttare le capacità specifiche dell'acceleratore AI.

Sotto il cofano

Per utilizzare l'acceleratore AI integrato, dobbiamo prima caricare un modello. Sui vecchi dispositivi Raspberry Pi questo processo utilizza il protocollo I2C, mentre su Raspberry Pi 5 possiamo utilizzare un protocollo a due fili personalizzato molto più veloce. Il collegamento lato Camera è gestito da un microcontrollore RP2040 integrato; un dispositivo flash da 16 MB memorizza nella cache i modelli utilizzati di recente, consentendoci di saltare la fase di caricamento, in molti casi.

Quando il sensore ha avviato lo streaming, l'IMX500 funziona come un sensore di immagini Bayer standard, molto simile a quello sul Raspberry Pi Camera Module 3. Un processore di segnale di immagine (ISP) integrato esegue le fasi di elaborazione delle immagini sul frame del sensore (principalmente conversione da Bayer a RGB e ritaglio/ridimensionamento) e invia il frame elaborato direttamente all'acceleratore AI. Una volta che il modello ha elaborato il frame, il suo output viene trasferito al Raspberry Pi host insieme al frame Bayer tramite il bus della fotocamera CSI-2.

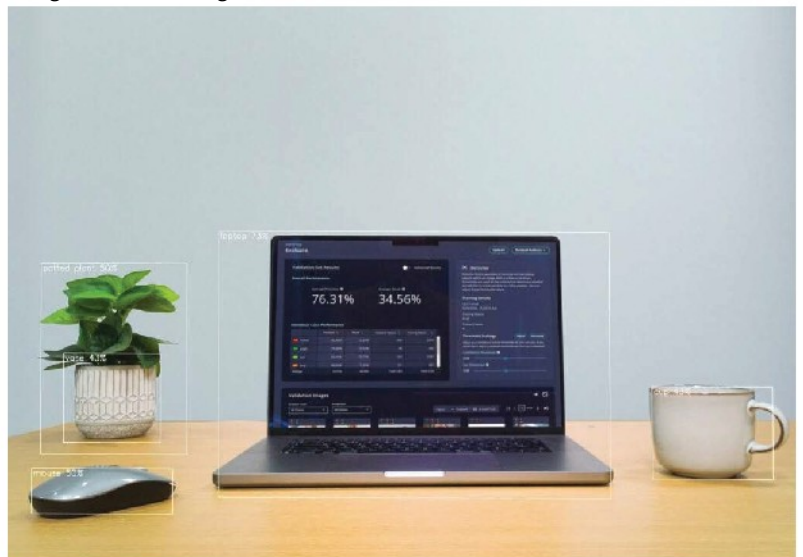
Integrazione con Raspberry Pi libcamera

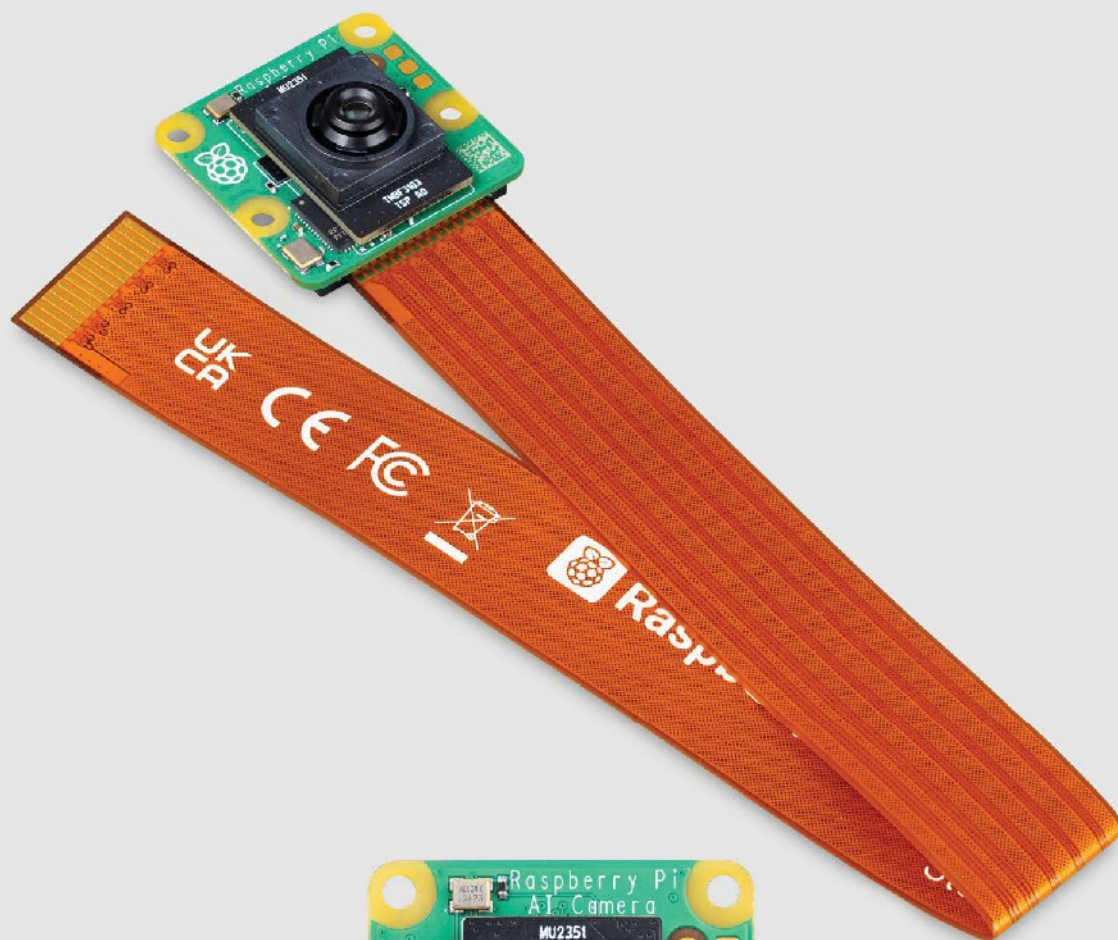
Un vantaggio fondamentale della AI Camera è la sua perfetta integrazione con lo stack software per fotocamere Raspberry Pi. Sotto il cofano, libcamera elabora il frame Bayer utilizzando il nostro ISP, proprio come farebbe per qualsiasi sensore.

Analizziamo anche i risultati della rete neurale per generare un tensore di output e sincronizzarlo con il frame Bayer elaborato. Entrambi vengono restituiti all'applicazione durante la fase di completamento della richiesta di libcamera.

I framework della fotocamera Raspberry Pi – Picamera2 e rpicam-apps, e in effetti qualsiasi applicazione basata su libcamera – possono recuperare il tensore di output, correttamente sincronizzato con il frame del sensore. Ecco un esempio di un modello di rete neurale di rilevamento di oggetti (SSD MobileNet) in esecuzione su rpicam-apps ed esegue l'inferenza su un video 1080p a 30 fps. Questa demo utilizza il framework di post-elaborazione in rpicam-apps per generare riquadri di delimitazione degli oggetti dal tensore di output e disegnarli sull'immagine.

▼ Rilevamento di oggetti con riquadri





- ▲ La AI Camera si connette al Raspberry Pi utilizzando il connettore standard
- ▶ La fotocamera vanta un sensore IMX500



“ Siamo stati ispirati dagli incredibili progetti di intelligenza artificiale che avete realizzato nel corso degli anni con Raspberry Pi ”

Questa fase non richiede più di 300 righe di codice per essere implementata. Un'applicazione equivalente creata utilizzando Python e Picamera2 richiede molte meno righe di codice.

Un altro esempio qui sotto mostra un modello di rete neurale di stima della posa (PoseNet) che esegue l'inferenza su un video 1080p a 30 fps.

Sebbene questi esempi siano stati registrati utilizzando un Raspberry Pi 4, funzionano con le stesse prestazioni di inferenza anche su un Raspberry Pi Zero!

Insieme a Sony, abbiamo rilasciato una serie di diffusi modelli di reti neurali visuali ottimizzati per la AI Camera, nel nostro zoo di modelli, insieme a script di esempio di visualizzazione che utilizzano Picamera2.

Quale prodotto dovrei acquistare?

Dovresti acquistare un Raspberry Pi AI Kit o una Raspberry Pi AI Camera? L' AI Kit ha prestazioni teoriche superiori rispetto all'AI Camera e può supportare una gamma più ampia di modelli, ma è compatibile solo con Raspberry Pi 5. L'AI Camera è più compatta, ha un costo totale inferiore se non possiedi già una fotocamera ed è compatibile con tutti i modelli di Raspberry Pi.

In definitiva, entrambi i prodotti offrono grandi prestazioni di accelerazione per i modelli comuni,

ed entrambi sono stati ottimizzati per funzionare senza problemi con il nostro stack software per fotocamere.

Iniziare e proseguire

Dai un'occhiata al nostro tutorial introduttivo (pagina 48). Lì troverai istruzioni su come installare la AI Camera lato hardware, impostare l'ambiente software ed eseguire gli esempi e le reti neurali nel nostro zoo di modelli (magpi.cc/imx500models).

Il sito AITRIOS Developer (magpi.cc/devimx500) di Sony, contiene altre risorse tecniche sul sensore IMX500, in particolare la documentazione di IMX500 Converter (magpi.cc/imx500conv) e IMX500 Package (magpi.cc/imx500pkg), che sarà utile per gli utenti che desiderano eseguire reti e con addestramento personalizzato sulla AI Camera.

Siamo stati ispirati dagli incredibili progetti di intelligenza artificiale che avete realizzato negli anni con Raspberry Pi, e il vostro duro lavoro e inventiva ci incoraggiano a investire negli strumenti che vi aiuteranno ad andare oltre. L'arrivo del primo AI Kit, e ora dell'AI Camera, apre un mondo completamente nuovo di opportunità per l'AI visuale ad alta risoluzione, ad alta frequenza di fotogrammi e di alta qualità: non sappiamo cosa ci realizzerai, ma siamo sicuri che sarà fantastico.

▲ Fotocamera AI collegata a Raspberry Pi 5

Progetti IA

Aggiungi l'intelligenza artificiale ai tuoi progetti Raspberry Pi. **Dy Phil King**

C Con i loro potenti moduli acceleratori AI, Camera Module Raspberry Pi e kit AI, aprono possibilità entusiasmanti nella *computer vision* e nel *machine learning*. La versatilità della piattaforma Raspberry Pi, combinata con funzionalità AI, apre un mondo di nuove possibilità per progetti smart innovativi. Da creativi esperimenti alle applicazioni pratiche come i distributori di pillole smart, i maker stanno sfruttando il potenziale di spinta del kit verso i confini dell'intelligenza artificiale. In questo speciale esploriamo alcuni progetti straordinari e speriamo ti ispirino a intraprendere la tua avventura guidata dall'intelligenza artificiale.



Progetti AI Kit

Scopri innovative idee animate dal Raspberry Pi AI Kit

Peeper Pam

VEEB

magpi.cc/peeperpam

La computer vision può identificare in tempo reale gli oggetti ripresi. In questo progetto, Martin Spendiff e Vanessa Bradley di VEEB l'hanno utilizzata per rilevare gli esseri umani nell'inquadratura, così puoi sapere se il tuo capo si sta avvicinando da dietro mentre sei seduto alla scrivania!

Il progetto è composto da due parti. Un Raspberry Pi 5 dotato di un Camera Module e un kit AI che gestisce il riconoscimento delle immagini e funge anche da server web. Utilizza un socket web per inviare messaggi in modalità wireless alla parte "rilevatore" - un Raspberry Pi Pico W e un voltmetro il cui ago si muove per indicare il livello di riconoscimento da parte della AI.

Dopo aver messo le mani su un kit AI - "una bella introduzione alla computer vision" - la coppia ha impiegato solo tre giorni per creare Peeper Pam. "La parte più impegnativa è che non avevamo usato socket, più efficienti rispetto a far chiedere continuamente a Pico al Raspberry Pi 'vedi qualcosa?'" , afferma Martin. "Raspberry Pi fa tutto il lavoro pesante, mentre Pico attende solo un segnale 'Ho visto qualcosa'".

Sebbene sottolinei che si potrebbe usare il Raspberry Pi 5 per entrambe le funzioni, la configurazione in due parti permette di posizionare la telecamera in una posizione diversa per monitorare un punto non accessibile altrimenti. Inoltre, adattando il codice dal repository GitHub del progetto (magpi.cc/peeperpamgh), ci sono molti altri usi se la IA identifica altre cose. "Vogliamo fare: 'Allarme: piccioni nella fioriera!'" , afferma Martin.

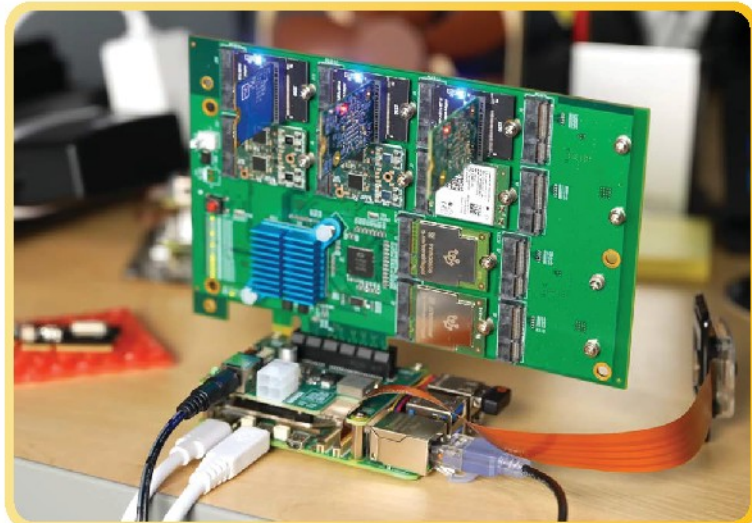
▼ Il progetto è composto da due parti: l'AI KIT con Camera Module e server su Raspberry Pi 5, e il "rilevatore" alimentato da Pico W



▲ Quando una persona viene rilevata nel feed video della telecamera, il livello di certezza è indicato dal voltmetro del rilevatore

I Progetti AI Kit Continuano

▼ Con otto processori neurali che offrono un totale di 55 TOPS, questo è davvero un mostro di PC AI



PC Monster AI Pi

Jeff Geerling

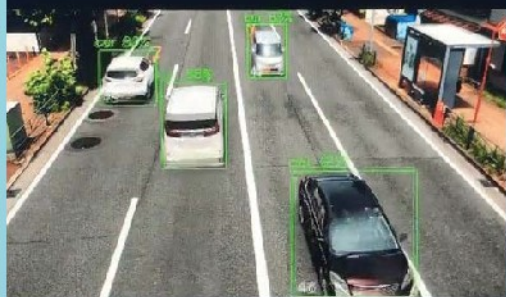
magpi.cc/monsteraipi

Non essendo uno che fa le cose a metà, Jeff Geerling ha esagerato con Raspberry Pi AI Kit e ha costruito un PC Monster AI Pi con un totale di otto processori neurali. Infatti, con 55 TOPS (triloni di operazioni al secondo), è più veloce degli ultimi processori AMD, Qualcomm e Apple Silicon!

I chip NPU, tra cui l'Hailo-8L dell'AI Kit, sono collegati a una grande scheda con 12 slot PCIe con uno switch PEX 8619 in grado di gestire 16 linee PCI Express Gen 2. La scheda viene quindi montata su un Raspberry Pi 5 tramite un HAT Pineboards Up City Lite, che ha un'alimentazione a 12V extra per fornire l'energia in più necessaria per tutti quei processori.

Con un po' di trucchetti con il firmware e i driver su Raspberry Pi, Jeff è riuscito a farlo funzionare.

OUT: 14 | IN: 19



rendered: 3605, dropped: 0, current: 60.12, average: 60.02

▲ La computer vision viene utilizzata per rilevare e contare i veicoli che attraversano la visuale della telecamera in tempo reale

Car Detection & Tracking System

Naveen

magpi.cc/cartrackingai

Come *proof of concept*, il maker giapponese Naveen voleva implementare un sistema automatizzato per identificare e monitorare le auto ai caselli autostradali per un conteggio accurato dei veicoli in entrata e in uscita.

Con la potenza di elaborazione aggiuntiva fornita da un Raspberry AI Kit, il progetto utilizza la computer vision Edge Impulse per rilevare e contare le auto da un Camera Module Wide. "Abbiamo optato per un obiettivo grandangolare perché può riprendere un'area più ampia", racconta, "consentendo alla telecamera di monitorare più corsie contemporaneamente. Aveva anche bisogno di addestrare e testare un modello di machine learning YOLOv5. Tutti i dettagli possono essere trovati sulla pagina del progetto tramite il link sopra, potrebbe rivelarsi utile per imparare come addestrare modelli ML personalizzati per il tuo progetto di intelligenza artificiale.



Sistema Riconoscimento Elmetto di Sicurezza

Shakhizat Nurgaliyev

magpi.cc/safetyhelmetai

Indossare un elmetto di sicurezza in cantiere è essenziale e potrebbe salvarti la vita. Questo progetto di computer vision utilizza Raspberry Pi AI Kit con il modello avanzato di machine learning YOLOv8 per identificare rapidamente e accuratamente gli oggetti dalla visuale ripresa dalla telecamera, con un'impressionante velocità di inferenza di 30 fps.

La pagina del progetto contiene una guida che mostra come utilizzare Raspberry Pi AI Kit per ottenere un'efficace inferenza AI per il rilevamento dell'elmetto di sicurezza. Con i dettagli dell'installazione del software e del processo di addestramento del modello, per il quale il maker ha fornito un collegamento a un set di dati di 5.000 immagini con annotazioni di bounding box per tre classi: elmetto, persona e testa.



▲ Basato sul potente modello YOLOv8 ML, questo progetto può rilevare se i lavoratori indossano gli elmetti

Accelerare Modelli MediaPipe

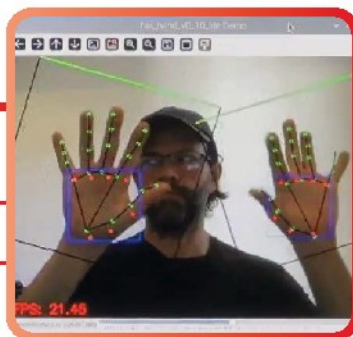
Mario Bergeron

magpi.cc/mediapipeaikit

MediaPipe di Google è un framework open source sviluppato per creare pipeline di machine learning, particolarmente utile per video e immagini.

Avendo utilizzato MediaPipe su altre piattaforme, Mario Bergeron ha deciso di sperimentarlo su un Raspberry Pi AI Kit. Nella pagina del progetto (linkata sopra) descrive in dettaglio il processo, incluso l'uso della sua app Python con opzioni per rilevare mani/palmi, volti o pose.

I risultati dei test di Mario mostrano quanto siano migliori le prestazioni del modulo acceleratore AI Hailo-8L dell'AI Kit rispetto all'esecuzione di modelli di riferimento TensorFlow Lite sul solo Raspberry Pi 5: fino a 5,8 volte più veloce. Con tre modelli in esecuzione per il rilevamento di mani e punti di riferimento paesaggistici, il frame rate è di 26-28 fps con una mano rilevata; 22-25 fps per due.



▲ I modelli MediaPipe per il rilevamento di mani, volti e pose funzionano molto più velocemente utilizzando l'AI Kit

Opzioni Hardware IA

L'AI Kit con il suo modulo Hailo-8L è un potente componente aggiuntivo per migliorare i progetti AI Raspberry Pi, ma c'è anche qualche altra opzione.

L'acceleratore Coral USB di Google è un pratico dispositivo plug-and-play, mentre l'acceleratore Coral M.2 con Dual Edge TPU supporta l'esecuzione parallela.

Un'opzione facile da usare per i progetti di computer vision è la telecamera Vizi. L'intelligenza artificiale è anche integrata in alcuni robot Raspberry Pi come i cani XGO-mini2 e lite-2 e il braccio ArmPi FPV AI Vision.



▲ Il cane robotico XGO-lite2 ha funzioni AI come la computer vision e il riconoscimento vocale



Altri Progetti AI

Esplora altre creazioni IA basate su Raspberry Pi



▲ Questa macchina fotografica molto speciale produce descrizioni poetiche stampate invece di immagini

“ Questo ingegnoso progetto d'arte trasforma quel che vede il Camera Module 3 in una descrizione poetica ”

Poetry Camera

Kelin Carolyn Zhang e Ryan Mather

poetry.camera

Un uso creativo dell'intelligenza artificiale, questo ingegnoso progetto d'arte trasforma quel che vede il Camera Module 3 in una descrizione poetica della scena, stampata da una mini stampante termica. C'è persino una manopola che puoi girare per scegliere diversi stili di poesia come haiku, limerick e sonetto.

Alimentata da un Raspberry Pi Zero 2 W in una custodia stampata in 3D, la fotocamera utilizza l'API GPT-4 Vision di OpenAI per le sue capacità di conversione da immagine a testo. Ha bisogno di una connessione Wi-Fi per funzionare, ma puoi sempre collegarla all'hotspot del tuo cellulare quando sei fuori casa. Se vuoi creare la tua Poetry Camera, tutti i dettagli e il codice sono nel repository GitHub del progetto: magpi.cc/poetrycamgh



► Questo giradischi AI genera intriganti combinazioni musicali. Che ne dici di un po' di happy death-metal disco?

SPIN AI Music Synthesizer

Arvind Sanjeev

magpi.cc/spin

Vedere e ascoltare SPIN in azione è sbalorditivo. Premi i pulsanti per selezionare qualsiasi combinazione di opzioni da tre categorie: umore, genere e suono. Usa un paio di cursori per impostare la durata e i battiti al minuto, quindi genera la traccia usando l'intelligenza artificiale. Per riprodurla, metti la puntina sul disco in vinile: in vero stile DJ, puoi persino usare la mano per rallentarla, invertirla e scratchare.

Sotto il cofano, il Raspberry Pi 4 di SPIN richiede all'API MusicGen di creare un file musicale MP3 che viene poi caricato su un sistema Digital Vinyl. Un Numark PT-01 modificato e un disco in vinile di controllo con timecode fungono da giradischi; usando Xwax, il Raspberry Pi legge il timecode del vinile attraverso un driver audio Behringer e l'uscita viene riprodotta tramite altoparlanti stereo.



Paragraphica

Bjørn Karmann

magpi.cc/paragraphica

Questa strana "fotocamera" non scatta foto. Genera invece immagini basate sui dati di una posizione utilizzando API aperte, tra cui OpenWeatherMap e Mapbox. I dati vengono utilizzati per comporre un paragrafo che descrive in dettaglio una rappresentazione del luogo e del momento attuali, e questa descrizione viene quindi utilizzata come prompt dell'immagine AI.

▲ Un'immagine AI viene prodotta in base alla posizione e alle impostazioni del quadrante



Assistente IA Riconoscimento Vocale Automatico

Adam Frydrych

magpi.cc/autospeechrec

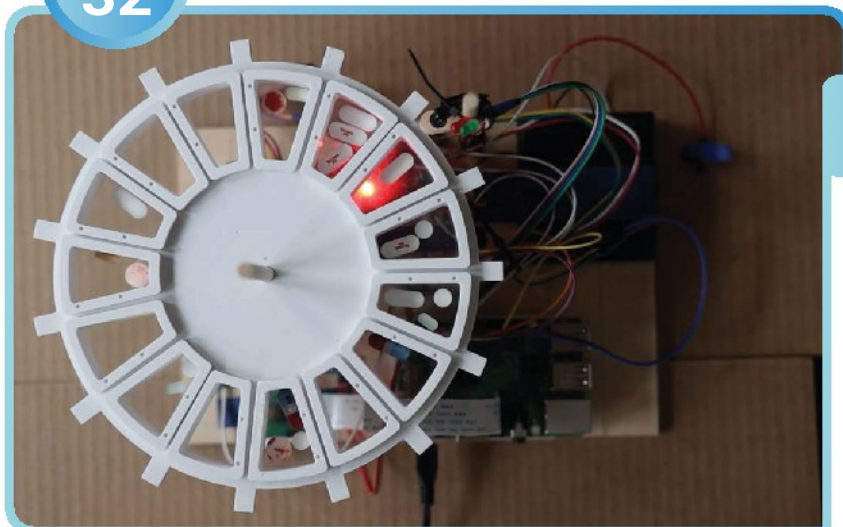
Racchiuso in un elegante case stampato in 3D, questo simpatico assistente desktop può comprendere le domande vocali e visualizzare le risposte sul suo schermo LCD. Un Raspberry Pi esegue il software di riconoscimento vocale VOSK, comunica con un Large Language Model Ollama ospitato su un PC server. L'uso di Meshnet di NordVPN gli consente di farlo da qualsiasi posizione.

► Fai una domanda all'assistente e lui ti mostrerà la risposta sullo schermo LCD



Approfondisci sulla versione inglese a pagina

32



▲ Questo prototipo di distributore di pillole utilizza l'intelligenza artificiale per rilevare lo stato dei contenitori in un vassoio rotante

Distributore di pillole

Andrew Zhang

magpi.cc/smartpillai

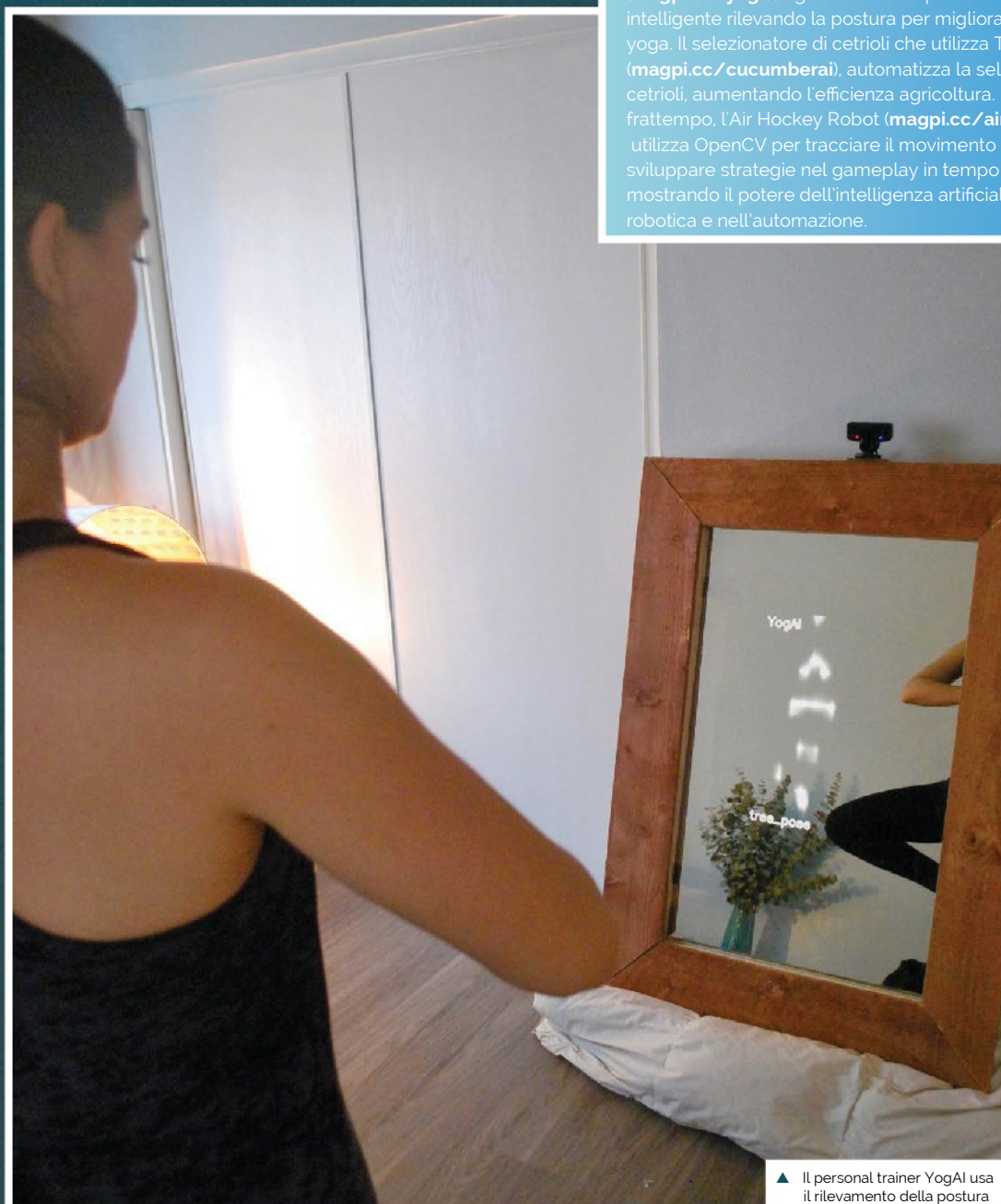
Un problema importante nell'assistenza sanitaria è che i pazienti dimenticano di prendere i farmaci. Questo prototipo di distributore di pillole smart offre una soluzione. Un motore passo-passo controllato da Raspberry Pi fa girare un vassoio circolare con 15 contenitori per pillole. Le immagini di un Camera Module vengono analizzate utilizzando un modello TensorFlow di machine learning per rilevare se un contenitore è pieno o vuoto. Il paziente e il suo medico possono accedere a un server web per verificare se i farmaci sono stati distribuiti ogni mattina e pomeriggio.



“ Raspberry Pi è usato per dare vita a una vasta gamma di progetti di computer vision ”

Computer vision

Raspberry Pi è usato per una vasta gamma di progetti di computer vision. Ad esempio, VespAI (magpi.cc/vespaigit) aiuta a monitorare i calabroni asiatici invasivi, e sostenere così la protezione dell'ecosistema. YogAI (magpi.cc/yogai) agisce come un personal trainer intelligente rilevando la postura per migliorare la forma yoga. Il selezionatore di cetrioli che utilizza TensorFlow (magpi.cc/cucumberai), automatizza la selezione dei cetrioli, aumentando l'efficienza agricoltura. Nel frattempo, l'Air Hockey Robot (magpi.cc/airhockey) utilizza OpenCV per tracciare il movimento del disco e sviluppare strategie nel gameplay in tempo reale, mostrando il potere dell'intelligenza artificiale nella robotica e nell'automazione.



▲ Il personal trainer YogAI usa il rilevamento della postura



Usare la AI Camera

Diventa subito operativo con la nuova AI Camera. Di **Nate Contino**



Nate Contino

Nate è un retro-futurista e scrive documentazione per Raspberry Pi.

lambdalatitudinarians.org

MAKER

Raspberry Pi AI Camera è una nuova entusiasmante versione. Ecco come eseguire su di essa i modelli pre-confezionati di rete neurale MobileNet SSD e PoseNet.

Prerequisiti

Queste istruzioni presuppongono che tu stia usando la AI Camera con una scheda Raspberry Pi 4 modello B o Raspberry Pi 5. Con piccole modifiche, puoi seguire queste istruzioni su altri modelli di Raspberry Pi con connettore per fotocamera, come Raspberry Pi Zero 2 W e Raspberry Pi 3 modello B+.

Per prima cosa, assicurati che il tuo Raspberry Pi abbia il software più recente. Usa questo comando per aggiornare:

```
$ sudo apt update && sudo apt full-upgrade
```

Installa il firmware IMX500

La AI camera deve scaricare il firmware runtime sul sensore IMX500 durante l'avvio. Per installare questo firmware sul Raspberry Pi, immetti la seguente riga

```
$ sudo apt install imx500-all
```

Questo comando:

- Installa i firmware `/lib/firmware/imx500_loader.fpk` e `/lib/firmware/imx500_firmware.fpk` necessari per far funzionare il sensore IMX500 della telecamera
- Inserisce alcuni file firmware del modello di rete neurale in `/usr/share/imx500-models/`
- Installa le fasi del software di post-elaborazione IMX500 in `rpicam-apps`
- E installa i `packaging tools` del modello di rete Sony

Prendi una pausa...

Il driver kernel del dispositivo IMX500 carica tutti i file del firmware all'avvio della telecamera. Ciò potrebbe richiedere diversi minuti se il firmware del modello di rete neurale non è stato precedentemente memorizzato nella cache.

Le demo sottostanti mostrano una barra di avanzamento sulla console per indicare il progresso del caricamento del firmware.

Riavvio

Ora che hai installato i prerequisiti, riavvia il Raspberry Pi:

```
$ sudo reboot
```

Esegui applicazione di esempio

Una volta aggiornati tutti i pacchetti di sistema e installati i file firmware, puoi iniziare a eseguire alcune applicazioni di esempio. Come accennato, la Raspberry Pi AI Camera si integra completamente con `libcamera`, `rpicam-apps` e `Picamera2`.

rpicam-apps

Le applicazioni `rpicam-apps` includono le fasi di rilevamento degli oggetti e stima della posa IMX500 che possono essere eseguite nella pipeline di post-elaborazione. Per maggiori informazioni sulla pipeline di post-elaborazione, vedi la documentazione di post-elaborazione (magpi.cc/postprocess).

Gli esempi in questa pagina utilizzano file JSON di post-elaborazione ubicati in `/usr/share/rpicam-assets/`.

Rilevamento degli oggetti

La rete neurale SSD MobileNet esegue il rilevamento di oggetti di base, fornendo riquadri di delimitazione e valori di confidenza per ogni oggetto trovato. Il file `imx500_mobilenet_ssd.json` contiene i parametri di configurazione per la fase di post-elaborazione del rilevamento di oggetti IMX500 utilizzando la rete neurale SSD MobileNet.

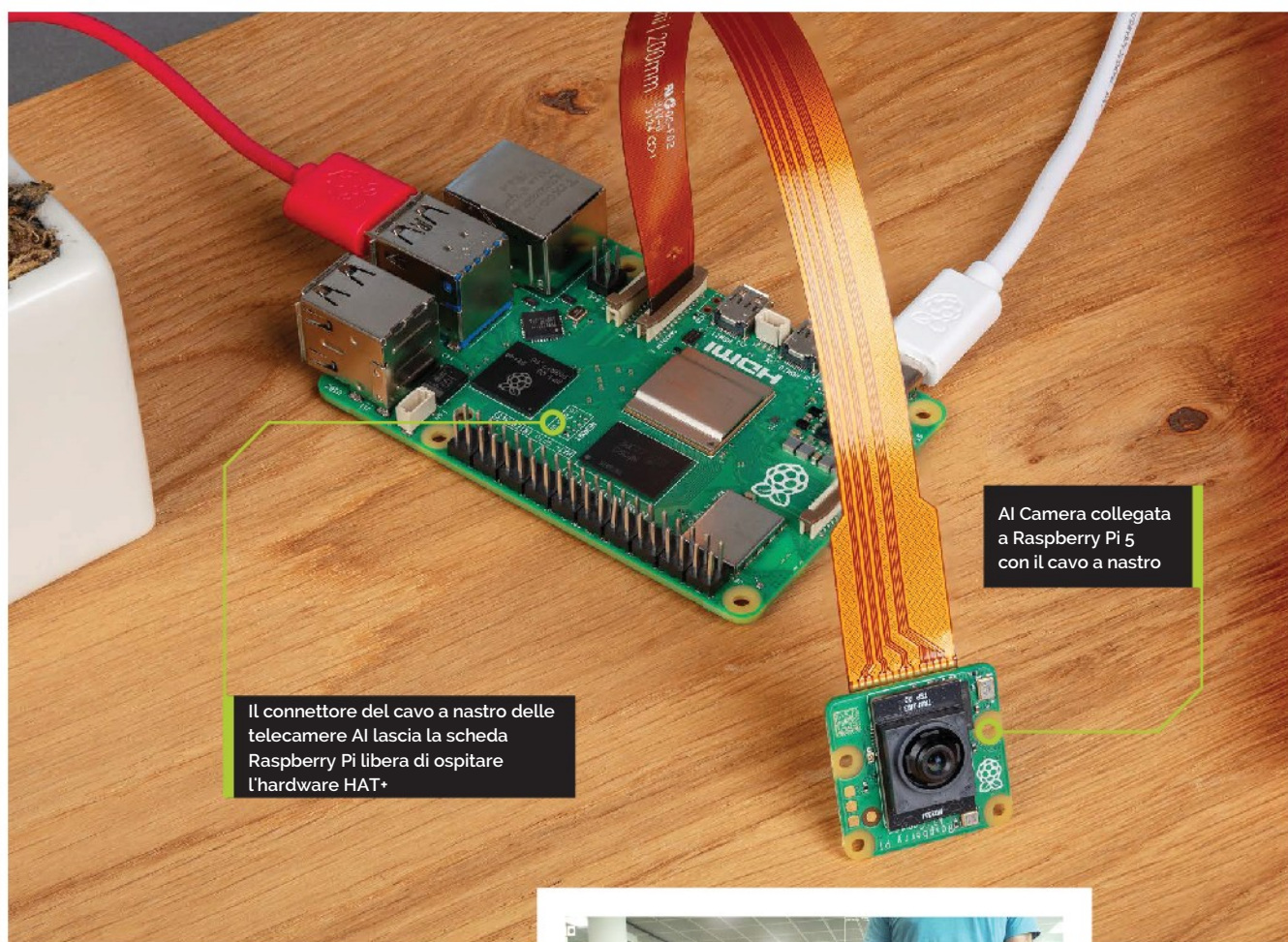
`imx500_mobilenet_ssd.json` dichiara una pipeline di post-elaborazione che contiene due fasi:

1. `imx500_object_detection`, che seleziona i riquadri di delimitazione e i valori di confidenza generati dalla rete neurale nel tensore di output
2. `object_detect_draw_cv`, che disegna riquadri di delimitazione ed etichette sull'immagine

Cosa Serve

- Raspberry Pi 4 Model B o Raspberry Pi 5
- Raspberry Pi AI camera magpi.cc/aicamera
- Firmware IMX500





Il tensore SSD MobileNet non richiede alcuna post-elaborazione significativa sul Raspberry Pi per generare l'output finale dei riquadri di delimitazione. Tutto il rilevamento degli oggetti viene eseguito direttamente sulla AI Camera.

Il seguente comando esegue **rpicalm-hello** con post-elaborazione del rilevamento degli oggetti:

```
$ rpicalm-hello -t 0s --post-process-file /usr/share/rpi-camera-assets/imx500_mobilenet_ssd.json --viewfinder-width 1920 --viewfinder-height 1080 --framerate 30
```

Dopo aver eseguito il comando, dovresti vedere i riquadri di delimitazione sovrapposti agli oggetti riconosciuti dalla rete neurale (vedi **Figura 1**).

Per registrare video con le sovrapposizioni di rilevamento degli oggetti, usa invece **rpicalm-vid**. Il seguente comando esegue **rpicalm-hello** con post-elaborazione del rilevamento degli oggetti:

```
$ rpicalm-vid -t 10s -o output.264 --post-process-file /usr/share/rpi-camera-assets/imx500_mobilenet_ssd.json --width 1920 --height 1080 --framerate 30
```

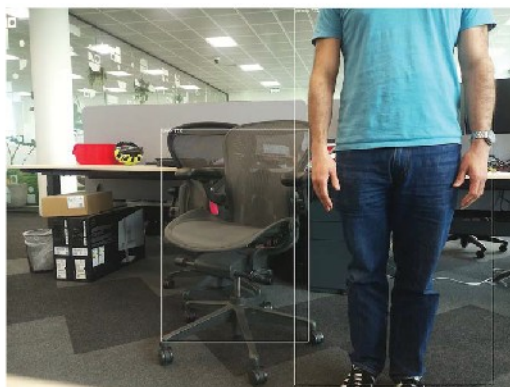


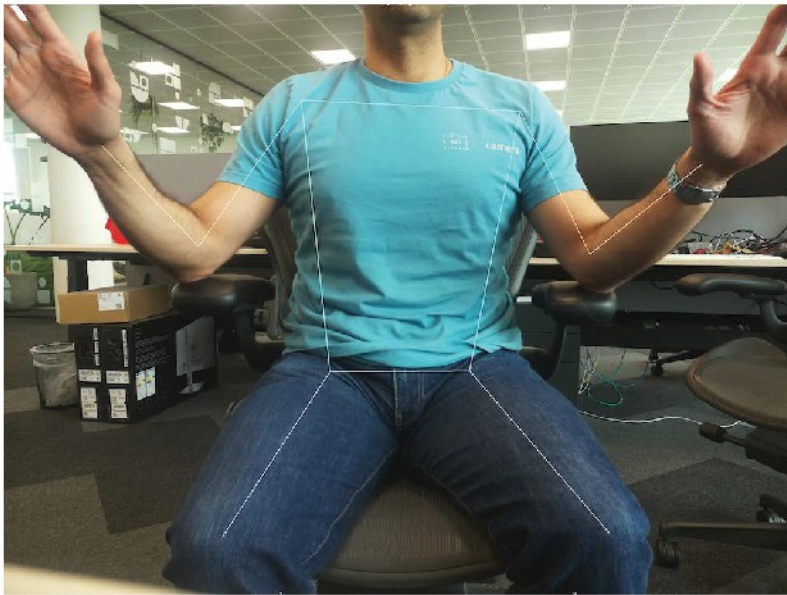
Figura 1:
Riconoscimento oggetti

È possibile configurare la fase **imx500_object_detection** in molti modi.

Ad esempio **max_detections** definisce il numero massimo di oggetti che la pipeline rileverà in un dato momento. **threshold** definisce il valore di confidenza minimo richiesto affinché la pipeline consideri qualsiasi input come un oggetto.

I dati di output di inferenza grezzi di questa rete possono essere piuttosto rumorosi, quindi questa fase esegue anche un filtraggio temporale e applica l'isteresi. Per disattivare questo filtraggio, rimuovere il blocco di configurazione **temporal_filter**.





▲ Figura 2:
Rilevamento
della posa

Stima della postura

La rete neurale PoseNet esegue la stima della posa, etichettando i punti chiave sul corpo, associati a arti e articolazioni.

imx500_posenet.json contiene i parametri di configurazione per la fase di stima della posa IMX500 utilizzando la rete neurale PoseNet.

imx500_posenet.json dichiara una pipeline di post-elaborazione che contiene due fasi:

1. **imx500_posenet**, che recupera il tensore di output grezzo dalla rete neurale PoseNet
2. **plot_pose_cv**, che disegna sovrapposizioni di linee sull'immagine

La AI Camera esegue un rilevamento di base, ma il tensore di output richiede un'ulteriore post-elaborazione sull'host Raspberry Pi per produrre l'output finale.

Il seguente comando esegue **rpicas-hello** con post-elaborazione della stima della posa (Figura 2):

```
$ rpicas-hello -t 0s --post-process-file /usr/share/rpi-camera-assets/imx500_posenet.json --viewfinder-width 1920 --viewfinder-height 1080
```

È possibile configurare la fase **imx500_posenet** in molti modi. Ad esempio, **max_detections** definisce il numero massimo di corpi che la pipeline rileverà in un dato momento. **threshold** definisce il valore di confidenza minimo richiesto affinché la pipeline consideri l'input come un corpo.

“ Il Raspberry Pi processa le immagini e poi interpreta le interferenze IA ”

Picamera2

Per esempi di classificazione delle immagini, rilevamento degli oggetti, segmentazione degli oggetti e stima della posa utilizzando Picamera2, vedi il repository GitHub di picamera2 (magpi.cc/picamera2).

La maggior parte degli esempi utilizza OpenCV per alcune elaborazioni aggiuntive. Per installare le dipendenze necessarie per eseguire OpenCV, esegui il seguente comando:

```
$ sudo apt install python3-opencv python3-munkres
```

Ora scarica il repository **picamera2** sul Raspberry Pi per eseguire gli esempi. Troverai i file di esempio nella directory principale, con informazioni aggiuntive nel file **README.md**.

Esegui il seguente script dal repository per eseguire il rilevamento degli oggetti YOLOv8:

```
$ python imx500_object_detection_demo.py --model /usr/share/imx500-models/imx500_network_yolov8n_pp.rpk --ignore-dash-labels -r
```

Per provare la stima della posa in Picamera2, esegui il seguente script dal repository:

```
$ python imx500_pose_estimation_higherhrnet_demo.py
```

Sotto al cofano

La Raspberry Pi AI Camera funziona in modo diverso dai tradizionali sistemi di elaborazione delle immagini basati sull'intelligenza artificiale, come mostrato nella Figura 3.

Il lato sinistro illustra l'architettura di un tradizionale sistema di telecamere AI. In tale sistema, la telecamera invia le immagini al Raspberry Pi. Il Raspberry Pi elabora le immagini e quindi esegue l'inferenza AI. I sistemi tradizionali possono utilizzare acceleratori AI esterni (come mostrato) o fare affidamento esclusivamente sulla CPU.

Top Tip

Driver dispositivo

La documentazione del Raspberry Pi AI Camera Module contiene maggiori informazioni sui driver di dispositivo utilizzati da AI Camera.

magpi.cc/aicamdrivers



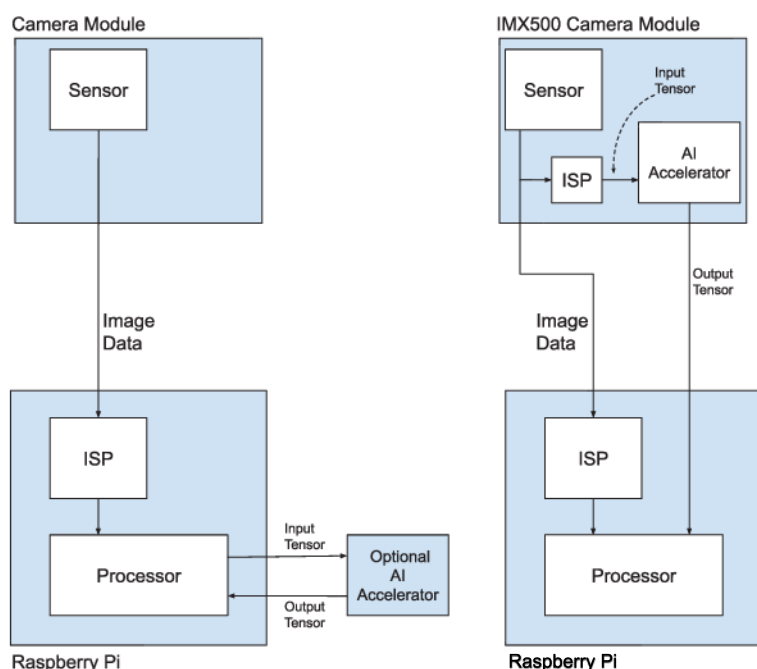


Figure 3: Camera Module in confronto a AI Camera Module

Figure 4: I vari componenti software (verde) e hardware Raspberry Pi (rosso)

Il lato destro illustra l'architettura di un sistema che utilizza IMX500. Il modulo della fotocamera contiene un piccolo processore di segnale di immagine (ISP) che trasforma i dati grezzi della immagine della fotocamera in un tensore di input. Il modulo della fotocamera invia questo tensore direttamente all'acceleratore AI all'interno della fotocamera, che produce un tensore di output che contiene i risultati dell'inferenza. L'acceleratore AI invia questo tensore al Raspberry Pi. Non c'è bisogno di un acceleratore esterno, né che il Raspberry Pi esegua il software di rete neurale sulla CPU.

Per comprendere appieno questo sistema, familiarizza con i seguenti concetti:

Tensore di input

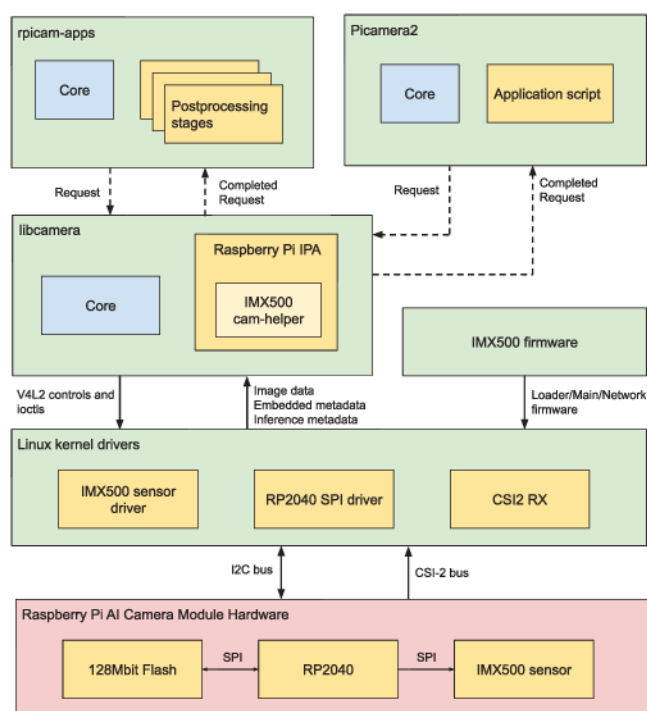
La parte dell'immagine del sensore passata al motore AI per l'inferenza. Prodotta da un piccolo ISP di bordo che ritaglia e ridimensiona anche l'immagine della telecamera alle dimensioni previste dalla rete neurale caricata. Il tensore di input non viene normalmente reso disponibile alle applicazioni, sebbene sia possibile accedervi per scopi di debug.

Region of Interest (ROI)

Specifica esattamente quale parte dell'immagine del sensore viene ritagliata per essere ridimensionata alla dimensione richiesta dalla rete neurale. Può essere interrogata e impostata da un'applicazione. Le unità utilizzate sono sempre pixel nell'output del sensore a piena risoluzione. L'impostazione ROI predefinita utilizza l'immagine completa ricevuta dal sensore, senza ritagliare alcun dato.

Tensore Output

I risultati dell'inferenza eseguita dalla rete neurale. Il numero e la forma precisi degli output dipendono dalla rete neurale. Il codice applicativo deve comprendere come gestire il tensore.



Architettura di sistema

Il diagramma nella **Figura 4** mostra i vari componenti software della fotocamera (in verde) utilizzati durante il nostro caso d'uso di imaging/inferenza con l'hardware del Raspberry Pi AI Camera module (in rosso):

All'avvio, il modulo sensore IMX500 carica il firmware per eseguire un particolare modello di rete neurale. Durante lo streaming, l'IMX500 genera sia un flusso di immagini che un flusso di inferenza. Questo flusso di inferenza contiene gli input e gli output del modello di rete neurale, noti anche come tensori di input/output.



GIOCCARE IN PALMO DI MANO con Raspberry Pi

Retro giocare in giro può essere divertente e creativo. PJ Evans arraffa alcune batterie di scorta

Maker



PJ Evans

PJ è uno scrittore, ingegnere software e un mago di Galaxians. Quando non usa le macchine originali lo si può trovare impegnato nella ricerca per questo scopo.
mastodon.social/@mrpjevans

Che tu stia cercando un attacco di nostalgia o semplicemente un modo autentico di giocare ai classici, giocare con Raspberry Pi in giro è divertente, divertente, divertente. Non solo puoi giocare a in abbondanza ai vecchi giochi ma anche coinvolgerli nella creazione di giochi in stile 8 bit. Con la potenza crescente di Raspberry Pi Zero e Raspberry Pi Pico (soprattutto con il nuovo Pico 2), non c'è mai stato momento migliore per posare il telefono e prendere qualcosa in più tattile. Nelle prossime pagine vedremo le opzioni palmari, la loro configurazione e come scrivere i tuoi giochi.



Attenzione!
Copyright!

Tutto il software discusso in questo speciale è stato rilasciato gratuitamente dai titolari del diritto d'autore. Per favore, sii prudente quando trovi ROM per il tuo sistema per non scaricare da un sito che ospita software illegalmente.

magpi.cc/legalroms



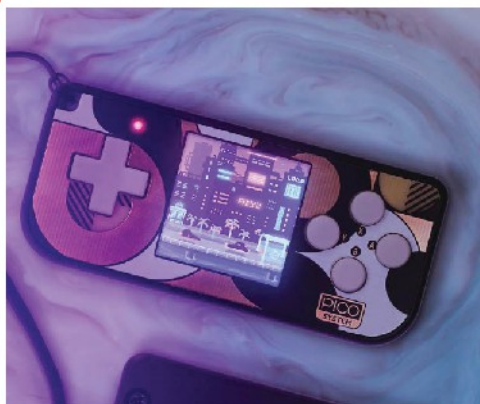


RETROFLAG GPI CASE 2W

👉 75€
magpi.cc/gpicase2w

Con più di una vaga somiglianza a un classico dispositivo degli anni '90, il Gpi Case è uno straordinario piccolo palmare. Questa versione è alimentata da Raspberry Pi Zero 2W, quindi può gestire emulatori più esigenti rispetto alla prima versione. Uno schermo IPS da 3 pollici e un jack audio offrono un'esperienza completa.

>> **Perfetto per**
 Dedicarlo al retro gaming



PIMORONI PICOSYSTEM

👉 58,50€
magpi.cc/picosystem

Lo vuoi più piccolo? Il simpatico e piccolo PicoSystem è un palmare basato su Pico indirizzato a chi vuole cimentarsi nella scrittura dei propri giochi. È abbastanza piccolo da avere un foro per un laccetto ed è fatto in solido alluminio quindi resistente agli urti. Pimoroni fornisce tutte le informazioni per iniziare e un sacco di giochi di esempio.

>> **Perfetto per**
 Hackerare e scrivere i tuoi giochi



NULL 2

👉 £37 / \$49
null2.co.uk

Hai voglia di qualcosa di un po' più hackerabile? Il Null2 è un kit di autocostruzione nel classico fattore di forma orizzontale. È l'ideale per chi vuole personalizzare e armeggiare all'infinito. Alimentato da un Raspberry Pi Zero 2, viene fornito con tutte le parti necessarie per una piccola esperienza portatile.

>> **Perfetto per**
 Coloro che amano giocare e hackerare in egual misura





KITRONIK ZIP96

🌟 36€
magpi.cc/zip96

Ecco qualcosa di leggermente diverso. Lo ZIP96 è un'introduzione perfetta alla programmazione attraverso la creazione di giochi. Un semplicissimo array di LED alimentato da Raspberry Pi Pico completo di pulsanti di controllo. Kitronik ha creato una serie di lezioni di programmazione per mostrare come scrivere giochi semplici come Snake per questo dispositivo a basso costo.

>> **Perfetto per**
 I programmatori di giochi più giovani



PI GRRRL 2

🌟 Vari
magpi.cc/pigrrl2

Che ne dici di costruire il tuo palmare da zero? Se hai accesso a una stampante 3D e sai quale estremità del saldatore si surriscalda, puoi divertirti molto mettendo insieme questo kit. Il risultato è un carino palmare Raspberry Pi Zero pronto per eseguire i tuoi giochi preferiti.

>> **Perfetto per**
 Maker retro-pazzoidi



RETRO LITE CM4

🌟 Vari
magpi.cc/retrolitecm4

Se vuoi davvero fare colpo e possiedi buone competenze nel fai-da-te, prova il progetto Retro Lite. Si tratta di una splendida console portatile più grande, con un formato simile a Nintendo Switch e Steam Deck. Richiede circuiti stampati personalizzati e molto lavoro per essere assemblata, ma il risultato, alimentato dal Compute Module 4, sarà eccezionale.

>> **Perfetto per**
 I maker e retro-giocatori seri



■ Se hai accesso a una stampante 3D e sai quale estremità del saldatore si surriscalda, puoi divertirti un sacco ■

QUAL'È L'OPZIONE SOFTWARE?

Hai il tuo hardware, ma qual è il miglior OS da utilizzare?



Recalbox
recalbox.com

Supporta di serie oltre cento sistemi e l'installazione è un gioco da ragazzi. Ideale se vuoi solo andare avanti e iniziare a giocare.



RetroPie
retropie.org.uk

Per molto tempo questo è stato lo standard di fatto per i giochi su Raspberry Pi. Non è più aggiornato così spesso adesso, ma vale comunque la pena dare un'occhiata



Batocera
batocera.org

Il più giovane del gruppo, Batocera supporta 190 sistemi e si sta guadagnando la reputazione di piattaforma eccellente.



Costruisci il miglior palmare per retro game

Gioca a migliaia di giochi mentre sei in giro con l'incredibile GPi case di Retroflag e un Raspberry Pi Zero 2W

Cosa Serve

- ③ Raspberry Pi Zero 2 (senza intestazione) magpi.cc/zero2w
- ③ Retroflag GPi Case 2W magpi.cc/gpicase2w

▼ Recalbox viene fornito con un sacco di cose gratuite (e giochi legali!) per giocare, incluso questo sparafuoco a scorrimento dello ZX Spectrum



Uno schermo IPS da 3" è la dimensione perfetta e sì, naturalmente fa girare Doom.

Il caso Gpi ricrea la sensazione di gioco dei Palmari degli anni '80 con alcuni pulsanti extra

Iniziare con i giochi retrò è diventato molto più semplice nel corso degli anni. Hardware più potente significa che gli emulatori funzionano anche meglio. Retroflag è in prima linea nella scena hardware retrò con una serie di palmari e custodie per console per Raspberry Pi, alcune delle quali rendono omaggio ad alcuni dei leggendari dispositivi degli anni '80 e '90. Combina l'ultima custodia portatile con la potenza di un Raspberry Pi Zero 2W e avrai qualcosa di veramente speciale. Iniziare può spaventare, quindi ecco una breve guida alla creazione del miglior dispositivo di gioco retrò portatile in circolazione.



Raspberry Pi Zero 2W si inserisce in una cartuccia con una scheda adattatrice. Possono essere estratti e la scheda SD è sempre accessibile.



01 Ottieni Recalbox

Recalbox è la piattaforma leader per i giochi retrò su Raspberry Pi (e anche su altri sistemi). Gli sviluppatori si sono distinti nel creare un vero sistema *plug-and-play* che rimuove gran parte della infinita configurazione modificando e spostando strani file in giro far funzionare le cose. In effetti, ci sono oltre 100 sistemi supportati fin dal primo utilizzo. Meglio ancora, hanno creato una build appositamente per i vari case GPi. Inizia procurando una scheda microSD e scrivi l'immagine di Recalbox OS. Lo troverai in Raspberry Pi Imager > Emulation and game OS > Recalbox > GPiCase2W. Non collegare ancora il Raspberry Pi a un monitor e non avviarlo.

02 Assembla la cartuccia

Il Raspberry Pi Zero 2W si inserisce in un una cartuccia che può essere rimossa dal corpo principale (puoi anche acquistare cartucce aggiuntive). Le istruzioni indicheranno di installare del software aggiuntivo, ma l'immagine di Recalbox lo ha già pre-installato. Se esegui l'avvio su un normale monitor HDMI, questo rovinerà le cose per dopo. Invece, rimuovi la scheda microSD e segui le istruzioni di montaggio per fissare il Raspberry Pi Zero 2W all'adattatore e poi montarli entrambi nella cartuccia, senza la scheda. Avvitare insieme le metà della cartuccia in modo che i pin dell'adattatore pogo si sposino con il GPIO.

03 Primo avvio

Prima di inserire la cartuccia nella parte posteriore, commuta lo switch "Safe Shutdown" su "On" e assicurati che la batteria interna sia completamente carica o manteni il cavo di alimentazione USB collegato. Posiziona saldamente la cartuccia nello slot e accendi. Al primo avvio verrà eseguito un processo di configurazione ma non ci sono domande a cui rispondere. Lascia semplicemente che faccia il suo dovere (ti darà anche buoni consigli) e verrai indirizzato al system menu. Ci sono già numerose piattaforme con giochi inclusi, così puoi iniziare subito. Usa il D-pad per navigare, B per selezionare e A per andare Indietro. Una volta terminato il gioco, premi START e il pulsante bandiera sopra di esso insieme.

04 Connettiti al Wi-Fi

Ora che hai un sistema di base installato e funzionante, probabilmente vorrai aggiungere altri giochi. La scelta sensata è utilizzare il Wi-Fi. Sul system menu principale, premi il pulsante SELECT per accedere al menù principale. Ora scorri verso il basso fino a "Impostazioni di rete" e premi B. Scorri fino a "Abilita Wi-fi" e premi B. Ora puoi andare su

"Rete" e scegliere la tua rete Wi-Fi. Una volta selezionata, vai su "Password Wi-Fi" e inserisci la tua password utilizzando la fantastica tastiera di sistema. Puoi anche utilizzare WPS se il tuo router lo supporta. Infine, scegli un nome host per il tuo nuovo giocattolo e dovresti riuscire a trovarlo sulla tua rete locale.

05 Carica le ROM

Se desideri aggiungere altri giochi al tuo palmare, Recalbox lo ha reso più semplice di qualsiasi altra piattaforma di gioco retrò. Quando connesso al Wi-Fi, il dispositivo condivide una directory sulla rete. Tutto quello che devi fare è connetterti a quella cartella proprio come qualsiasi altra condivisione di rete. Su Windows è possibile utilizzare il browser di rete o l'opzione "Mappa risorse di rete - drive". Su macOS, Finder vedrà il palmare automaticamente. Gli utenti Raspberry Pi e Linux possono montarla nel filesystem come qualsiasi altra. Per aggiungere giochi per un sistema particolare, vai in "rom" e poi trova il nome del sistema desiderato e trascina lì i file.

06 Aggiorna e cattura

Non sarai in grado di vedere i tuoi nuovi giochi subito. Il sistema deve prima eseguire nuovamente la scansione e riavviarsi. Dal system menu, vai al sistema che desideri aggiornare. Ora premi START e scorri verso il basso fino a "Aggiorna elenco dei giochi". Una volta completato l'aggiornamento, puoi aggiungere automaticamente grafica e metadati utilizzando lo scraper. Dal system menu, premi START e scorri fino a "Scraper". Avviandolo scansionerà tutti i tuoi file dei giochi e aggiungerà grafica automaticamente. Può volerci un po' di tempo ma è possibile scegliere singoli sistemi nel menu. Adesso è ora di iniziare a giocare.

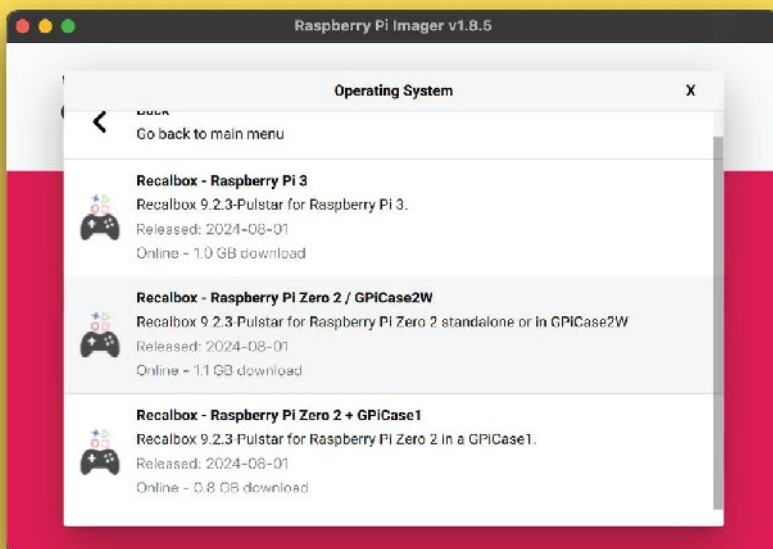
>> **Top Tip****Shutdown sicuro**

Recalbox supporta la modalità Safe Shutdown dei case GPi. Quando abilitato, usare l'interruttore comporterà uno shutdown controllato, proteggendo il tuo prezioso palmare.

>> **Top Tip****Altri case GPi**

Se non riesci a trovare un file immagine per la combinazione di Raspberry Pi e case GPi che stai utilizzando, guarda sul sito di Recalbox: recalbox.com

▼ Raspberry Pi Imager contiene tutto ciò di cui hai bisogno per installare Recalbox su una microSD



Crea la tua console portatile con PicoSystem

Cosa c'è di meglio che giocare con una console? Creare la tua!

Cosa Serve

- Pimoroni PicoSystem magpi.cc/picosystem
- Computer desktop o portatile
- Cavo USB-C

Come se fossimo negli anni '90 la tua versione di *Snake* su un display 120x120

Le librerie MicroPython di Pimoroni rendono la lettura degli input dei controlli il più semplice possibile



PicoSystem di Pimoroni è una piccola bestiolina unica e divertente. Paragonabile solo a Panic PlayDate, PicoSystem è una piccola piattaforma palmare di gioco rivolta a coloro che vogliono scrivere giochi tanto quanto giocarci. È alimentato dal mini ma potente RP2040 e presenta un display a colori da 1,6 pollici, D-pad e quattro pulsanti. Puoi scrivere i giochi in C++ superveloce o nel più amichevole MicroPython. Iniziare può essere scoraggiante, ma l'eccellente documentazione e gli strumenti software tolgono molta della fatica. Qui creeremo un semplice gioco simile a *Snake*, in MicroPython.

■ Rivolto a quelli che vogliono scrivere i giochi tanto quanto giocarli ■



>>Top Tip<

Leggi!

PicoSystem è fornito di una grande documentazione sia per la piattaforma C++ che MicroPython: magpi.cc/picosysdocs

01 Impostare PicoSystem

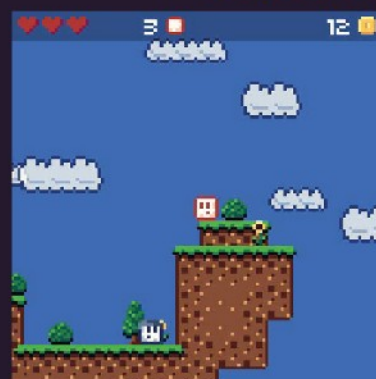
Come ogni Raspberry Pi Pico, puoi cambiare il firmware sul PicoSystem mettendolo in modalità bootloader e aggiornando il file del firmware. La prima cosa che dobbiamo fare è caricare il firmware Micropython, poiché PicoSystem viene fornito con uno stack C++. Puoi scaricare l'ultima versione da magpi.cc/picosysrelease. Devi scaricare 'pimoroni-picosystem-{version}-micropython.uf2' (dove "version" è un gruppo di numeri). Collega PicoSystem al tuo computer, tieni premuto X e accendilo. Proprio come in un drive USB, verrà montata una directory. Copia il file uf2 nella directory. Automaticamente, poi, si smonterà. Sei pronto per partire.

02 Creail tuo codice

Scriviamo Snake! PicoSystem funziona su un ciclo infinito, ogni iterazione del ciclo è nota come "tick". Ogni volta che viene eseguito il loop, muoviamo il serpente nella direzione scelta, controlliamo che la direzione non sia cambiata e anche se il serpente si è scontrato con il cibo, il muro o se stesso. Per inserire il codice, si consiglia di utilizzare Thonny (thonny.org) che riconoscerà il PicoSystem quando connesso e consentirà di aggiungere file. Crea un nuovo file su PicoSystem chiamalo **main.py** e inserisci il codice come mostrato a p106. Puoi anche scaricare il codice da magpi.cc/picosyssnake. Salva il file sul PicoSystem e quindi disconnettiti.

03 Rendilo tuo

Giochiamo a *Snake*! Se sul PicoSystem è presente un file chiamato **main.py**, verrà eseguito automaticamente all'avvio. Accendi il PicoSystem e il gioco dovrebbe iniziare immediatamente. Fai crescere il tuo serpente mangiando cibo (blocco verde) e vedi per quanto tempo riesci a fare il serpente senza colpire il bordo dello schermo o te stesso. Ora che hai un gioco base in esecuzione, come puoi migliorarlo? Potrebbe accelerare gradualmente? Più cibo da raccogliere? Che ne dici di un punteggio elevato? sistema o grafica migliore? *Snake* è un ottimo punto di partenza per la tua avventura di scrittura di giochi.

▼ Gioco PicoSystem: *Rocks and Diamonds*▲ Gioco PicoSystem: *Super Square Bros*

main.py

► Linguaggio: **MicroPython**

SCARICA IL
CODICE COMPLETO:



magpi.cc/picosyssnake

```
001. import utime
002. import urandom
003.
004. # Resetta tutto
005. pen();cursor();camera();clip();alpha()
006.
007. # Resetta per avere un serpente da 2 blocchi e cibo
008. def game_reset():
009.     global snake, move
010.     snake = [[55,60], [60,60]]
011.     move = [5, 0]
012.     add_food()
013.
014. # Aggiungi cibo nuovo in poszione random
015. def add_food():
016.     global food_x, food_y
017.     food_x = urandom.randint(0, 23) * 5
018.     food_y = urandom.randint(0, 23) * 5
019.
020. def update(tick):
021.     global direction, move, snake
022.
023.     # Rileva un cambiamento della direzione
024.     if pressed(UP): move = [0, -5]
025.     elif pressed(RIGHT): move = [5, 0]
026.     elif pressed(DOWN): move = [0, 5]
027.     elif pressed(LEFT): move = [-5, -0]
028.     head = snake[len(snake) - 1]
029.     new_head = [head[0] + move[0], head[1] +
move[1]]
030.
031.     # Rimuovi la scia
032.     snake.pop(0)
033.
034.     # Controlla se la nuova 'testa' sbatterà
sul resto del corpo
035.     for segment in snake:
036.         if new_head[0] is segment[0] and
new_head[1] is segment[1]:
037.             game_reset()
038.             return
039.
040.     # Il serpente ha raggiunto i bordi dello schermo?
041.     if new_head[0] is 0 or new_head[0] is 120 or
new_head[1] is 0 or new_head[1] is 120:
042.         game_reset()
043.
044.     # Il serpente ha mangiato del cibo?
045.     if new_head[0] is food_x and new_head[1] is
food_y:
046.         snake.append([head[0] + move[0], head[1]
+ move[1]])
047.         add_food()
048.
049.     # Aggiungi la testa
050.     snake.append(new_head)
051.
052. def draw(tick):
053.     # Pulisci lo schermo
054.     pen(0, 0, 0)
055.     clear()
056.     pen(15, 15, 15)
057.     flip()
058.
059.     # Disegna ogni segmento del serpente
060.     for segment in snake:
061.         frect(segment[0], segment[1], 5, 5)
062.
063.     # Disegna il cibo
064.     pen(0, 15, 0)
065.     frect(food_x, food_y, 5, 5)
066.
067.     # Controlla la velocità del gioco
068.     utime.sleep(0.2)
069.
070. # Comincia il gioco
071. game_reset()
072. start()
```

