

# INCUBATRICE AUTOMATICA CON ESP32-CAM

Incubatrice per uova di gallina completamente automatizzata con controllo di temperatura, umidità e rotazione delle uova; il sistema è monitorabile tramite un bot Telegram con l'invio di messaggi e immagini.



di **GABRIELE BIANCHI**

# È

la natura che controlla l'uomo o l'uomo che controlla la natura? Creare la vita con la tecnologia è possibile?

Magari leggendo queste domande vi sarà balzata alla mente l'immagine di

uno scienziato che nella luce soffusa del suo laboratorio crea un mostro urlando frasi del tipo "Si può fare!"; purtroppo (o per fortuna) non vi stiamo proponendo di emulare le imprese del dottor Frankenstein dell'omonimo romanzo di Mary Shelly; proveremo invece, con la tecnologia, a replicare quello che una chioccia fa da migliaia di anni, ovvero covare le uova per dare alla luce dei pulcini. Impresa di certo meno grandiosa, ma con un livello di rischio notevolmente inferiore! L'incubazione non è affatto un processo innovativo, in commercio sono presenti macchine di ogni tipo atte a questo scopo, più o meno professionali; noi abbiamo tentato di costruirne una che fosse la più tecnologica e smart possibile. L'equazione è semplice: entrano uova fecondate, acqua, corrente elettrica ed escono dei pulcini. In realtà in questa formula manca un termine che non va trascurato, il tempo: 21 giorni per la precisione, periodo in cui non faremo altro che aspettare e monitorare il processo.

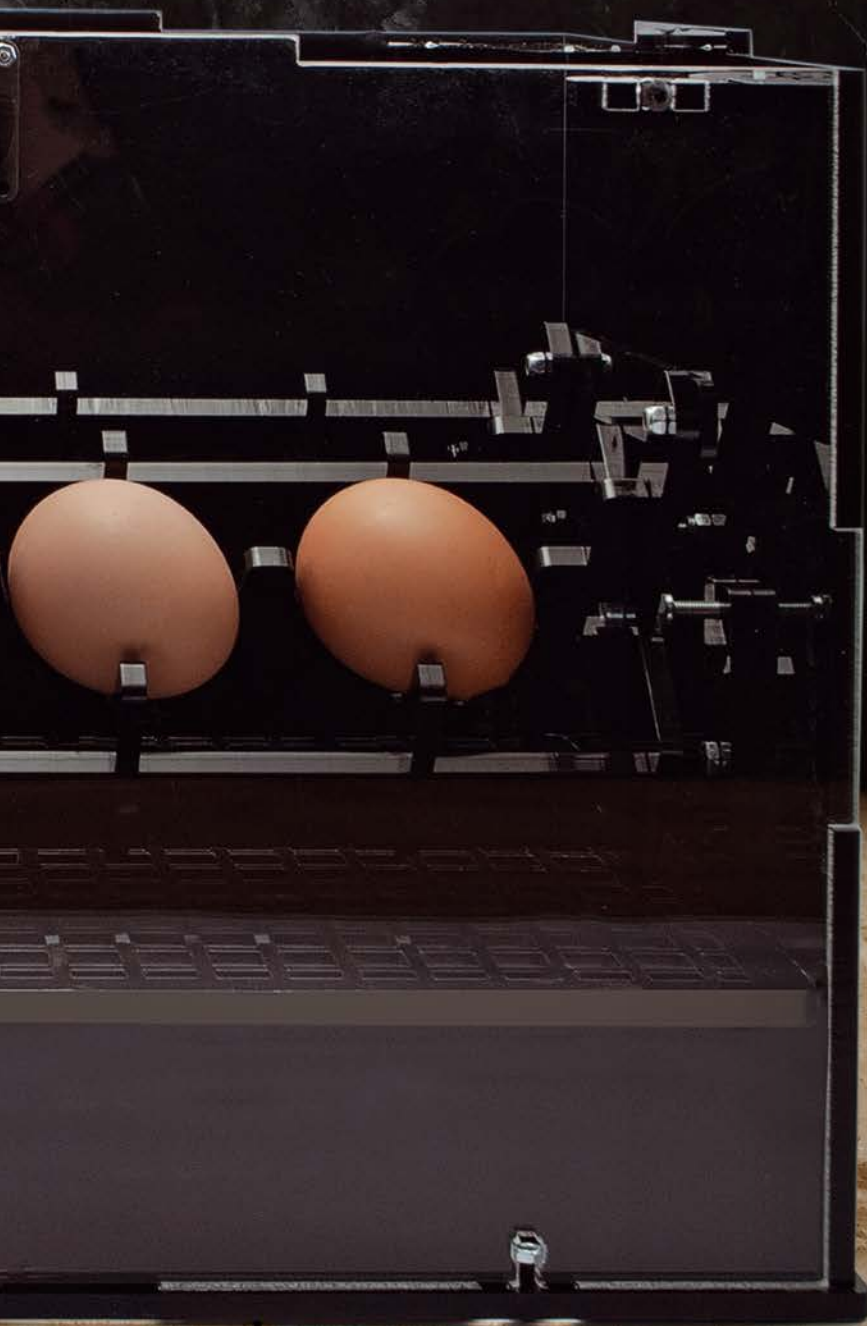
Nota molto importante da tenere in considerazione: bisogna assicurarsi che le uova siano fecondate, quindi a monte servono per forza un gallo e una gallina; per quanto l'incubazione sia tecnologica e automatica non può ancora prescindere del tutto dalla natura.

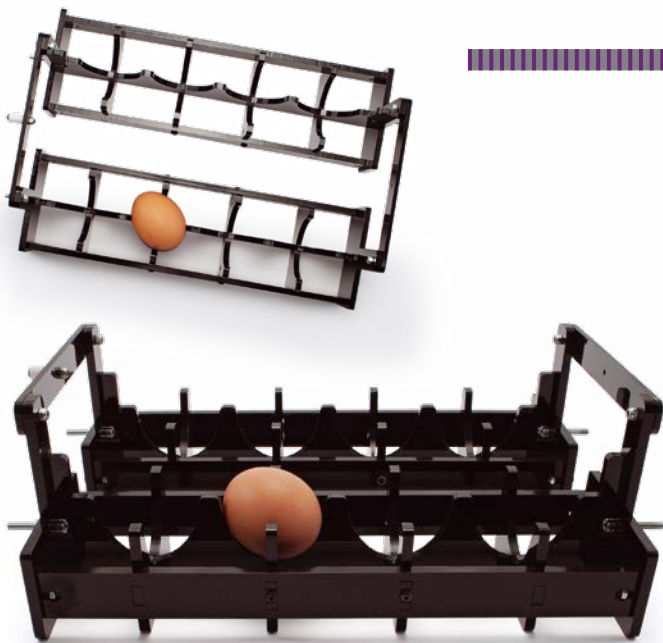
## COME FUNZIONA

La struttura si presenta come una scatola in plexiglass con una parete trasparente attraverso cui è possibile "sbirciare" l'eventuale nascita dei pulcini.

Per capire cosa deve fare un'incubatrice è necessario analizzare il comportamento della chioccia che vogliamo replicare artificialmente.

Il processo di cova è relativamente semplice: la gallina si siede sulle uova fecondate e resta in posizione per 21 giorni (lascia il nido solo per brevi periodi), girando regolarmente le uova per





**Fig. 1**  
Portauova estratto dall'incubatrice con un uovo all'interno nella posizione corretta.

evitare che l'embrione si attacchi alla membrana del guscio. Dopo 18 giorni i pulcini tenderanno di forzare il guscio dall'interno e ne impiegheranno circa 3 o 4 per uscire. Dobbiamo quindi ricreare l'ambiente in cui stanno le uova sotto alla chioccia e inoltre simulare una rotazione delle stesse. La temperatura da mantenere è di circa  $37,7^{\circ}\text{C}$  con un'umidità attorno al 55%. Nella fase di schiusa (dal giorno 18 in poi) è indicato, nell'incubazione artificiale, abbassare la temperatura a circa  $37^{\circ}\text{C}$  e alzare l'umidità portandosi attorno al 70%; questo è l'unico momento in cui è necessario intervenire manualmente. Ora che abbiamo analizzato teoricamente le condizioni richieste, vediamo come funziona nella pratica l'incubatrice.

La macchina permette di incubare 8 uova che vengono posizionate verticalmente con la "punta" rivolta verso il basso in un apposito portauova rotante come si può vedere in **Fig. 1**.

Ogni 3 ore questo effettuerà una rotazione di circa 40 gradi rispetto all'asse verticale. Per mantenere l'umidità è presente una vaschetta sul fondo che viene riempita automaticamente pescando acqua da una sorgente posta all'esterno; è possibile comunque regolarne il valore manualmente (almeno la prima volta e nel periodo di schiusa) aprendo o chiudendo una piccola finestrella atta allo scopo. Basta un minimo spiffero di aria dall'esterno per modificarne sensibilmente lo stato.

I dati di temperatura e umidità sono monitorabili attraverso un bot Telegram tramite cui è possibile accendere un piccolo LED interno montato sul microcontrollore (un ESP32-CAM) e scattare una fotografia; quindi, anche se fuori casa, si può tenere la situazione sotto controllo.

All'inizio della fase di schiusa la macchina va aperta, si tolgono le uova dal portauova e si appoggiano delicatamente sulla grata di fondo (anch'essa in plexiglass), dopo di che si può regolare l'umidità chiudendo leggermente la finestrella sul lato ed eventualmente si può intervenire sul codice per modificare il set point di temperatura portandolo da  $37,7^{\circ}\text{C}$  a  $37^{\circ}\text{C}$  (azione in realtà non strettamente necessaria). Nei 3 giorni successivi i pulcini ben formati inizieranno a rompere il guscio e si sentirà il loro pigolio. Non vi aspettate però che appena nati siano paffuti e morbidi, per quello bisognerà attendere qualche ora, una volta asciutti li aspetterà sicuramente un bel book fotografico!

**Fig. 2**  
Il portauova ruotato con asta connessa al servomotore.



### LA STRUTTURA

L'intera incubatrice, modellata in 3D con SketchUp, è costituita da parti in plexiglass con spessore 3mm e 5mm tagliato al laser.

Il montaggio non richiede colla, ma solamente incastri e in alcuni casi viti per rendere la struttura più stabile.

Analizziamo ora nel dettaglio le componenti principali dell'incubatrice.

Nella **Fig. 2** possiamo vedere il portauova con la massima inclinazione che può raggiungere; l'abbiamo realizzato in modo tale che fosse estraibile con semplicità in quanto nella fase di schiusa non sarà più necessario. È costituito da due parti connesse che si muovono simultaneamente grazie ad un servomotore, ciascuna può contenere 4 uova. Sul fondo troviamo la vaschetta che conterrà l'acqua per ottenere l'umidità desiderata, la superficie della vaschetta è stata scelta per mantenerne il corretto valore, ma, come detto sopra, è comunque possibile regolarla aprendo o chiudendo un pertugio sul lato.

Sollevata di pochi centimetri dal fondo c'è la rete su cui nasceranno i pulcini.

Il coperchio invece presenta l'elemento riscaldante e, sulla parete laterale, troviamo una piccola ventola con lo scopo di creare un ambiente in cui la temperatura sia la più omogenea possibile.

L'elettronica è tutta confinata all'interno di una doppia parete sul lato corto dell'incubatrice. Nella **Fig. 3** possiamo vedere un'immagine di quest'area, lo scopo è isolare i componenti dall'ambiente caldo umido in cui nasceranno i pulcini e allo stesso tempo, con la seconda parete, non lasciare nulla allo scoperto evitando l'accesso dall'esterno.

### L'HARDWARE

Iniziamo dal microcontrollore scelto, un ESP32-CAM Development Board della A.I. Thinker. Si tratta di un modulo che integra un Wi-Fi 802.11 b/g/n e un Bluetooth dual-mode (classico e BLE). Presenta poi una piccola telecamera da 2 Megapixel, un LED (attenzione perché se acceso per troppo tempo scalda notevolmente la scheda), uno slot per una memoria mini SD fino a 4 GByte e 9 pin I/O. Abbiamo già parlato in altri articoli di questo microcontrollore, ma ricordiamo velocemente come si programma: il modulo è privo di una porta USB per cui abbiamo due possibilità, o si utilizza un adattatore USB/Seriale (un FTDI), oppure si può utilizzare un Arduino UNO. Consigliamo il primo approccio e nella **Tabella 1** possiamo vedere i collegamenti necessari in questo caso.

Il PID è un regolatore che permette, tramite tre azioni di controllo, di contrastare l'errore dovuto a vari disturbi e avvicinarsi il più possibile al set point. Vediamo ad alto livello e abbastanza intuitivamente come funziona.

Il regolatore proporzionale (la P di PID) applica una correzione che sarà tanto più intensa quanto più grande è l'errore secondo un coefficiente moltiplicativo  $K_p$ . Da solo però questo controllo non garantisce una buona stabilità, abbiamo bisogno di altri due elementi.

L'integrale (la I di PID) è la somma, nel tempo, di tutti gli errori; è come se "ricordasse" quelli precedenti, quindi anche se l'errore in un determinato istante è nullo, il valore dell'azione integrale po-

trebbe non esserlo. Nella formula di questa correzione è presente la costante  $K_i$  da settare.

La derivativa (la D di PID) non lavora sull'errore in termini assoluti ma sulla sua tendenza alla crescita o alla diminuzione; se per esempio vediamo che l'errore sta crescendo molto rapidamente possiamo dare una correzione più intensa rispetto a quella che darebbe la sola azione proporzionale.

Qui è la costante  $K_d$  che va settata correttamente.

L'output sarà una combinazione di questi 3 elementi, la parte complessa è trovare i valori adeguati di  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$  e in genere questo avviene empiricamente con test ed esperimenti (almeno a livello amatoriale).

Durante la programmazione il pin IO0 deve essere connesso a GND, questo ponticello deve essere tolto a programmazione avvenuta.

Per scrivere il codice si può utilizzare il classico IDE Arduino in cui è però necessario inserire il driver per l'ESP32-CAM. Il modulo viene poi alimentato con 5V.

Passiamo ora al sensore temperatura, abbiamo

**Fig. 3**  
Doppia parete in cui abbiamo posizionato i componenti elettronici.



Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

# Elettronica In

[www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it)

oltre l'elettronica