

THEREMÍ DIGITAL

Guia didàctica de construcció, connexió i programació per a principiants

Arduino Nano clàssic (ATmega328P) · Dos sensors infrarojos analògics · Síntesi digital amb control continu

(((THEREMÍ DIGITAL)))

Instrument de control gestual amb timbre basat en la temperatura de Barcelona

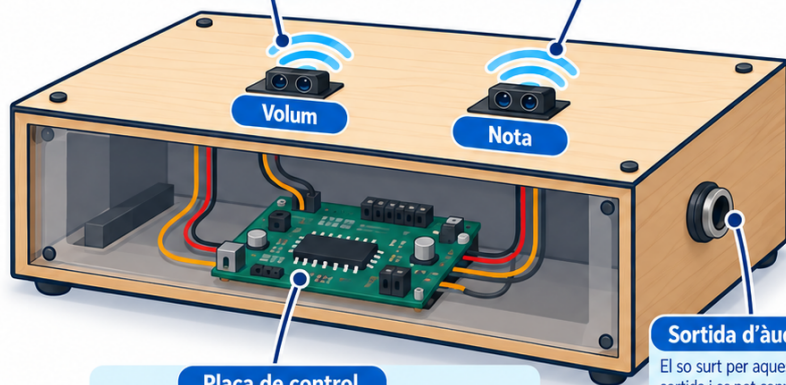
Control de volum

La posició de la mà sobre el sensor esquerre controla el volum del so.



Control de nota

La posició de la mà sobre el sensor dret controla la nota de manera contínua.



Placa de control

La placa de control rep les dades dels sensors d'infraroigs i genera la forma d'ona sonora.

Sortida d'àudio

El so surt per aquesta sortida i es pot connectar a un amplificador o a uns auriculars.

Com funciona?

- 1 Els sensors d'infraroigs detecten la posició de les mans.
- 2 El sensor esquerre controla el volum.
- 3 El sensor dret controla la nota de manera contínua: mà amunt, so més greu; mà avall, so més agut.
- 4 La placa de control transforma aquestes dades en una forma d'ona sonora.
- 5 El so surt per la sortida d'àudio i permet glissandos i microtonalitats.

Timbre

El timbre no prové d'una anàlisi complexa, sinó d'una forma d'ona simplificada i inspirada en una sèrie climàtica. Això dona al so una identitat pròpia i canviant.



Forma d'ona inspirada en la variació de la temperatura de Barcelona (Observatori Fabra, darrers 100 anys).

Control gestual

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Sensor esquerre: volum | Sensor dret: nota |
| Control continu, sense tecles. | Permet glissandos i microtonalitat. |

Què aprendràs?

A identificar els pins i els cables, llegir la posició aproximada de dues mans, controlar de manera contínua el volum i la freqüència i transformar dades numèriques en una forma d'ona musical. No cal experiència prèvia en electrònica.

Abast realista: la fotografia és conceptual. Aquesta guia concreta un muntatge reproduïble amb sensors Sharp GP2Y0A21YK0F. El timbre inclòs és un exemple sintètic inspirat en oscil·lacions de temperatura: no procedeix d'un registre autèntic de l'Observatori Fabra.

1. Materials: què has de comprar?

Quant.	Peça	Per què serveix
1	Arduino Nano clàssic 16 MHz	Llegeix sensors i sintetitza el so
2	Sharp GP2Y0A21YK0F (sortida ANALÒGICA)	Mesuren aproximadament distàncies de 10 a 80 cm
2	Condensador electrolític 10 μ F	Estabilitza l'alimentació de cada sensor
2	Resistència 2,2 k Ω	Filtre de sortida PWM
2	Condensador 10 nF	Filtre de sortida PWM
1	Condensador 1 μ F no polaritzat	Bloqueja tensió contínua cap a l'àudio
1	Connector jack mono 3,5 mm	Connexió a entrada de línia
1	Altaveu actiu o amplificador amb entrada de línia	Amplifica el so: no el connectem directament al Nano
—	Protoboard, cables, cable USB i ordinador	Muntatge i programació

2. Abans de començar: quatre conceptes

5V: alimentació positiva de la placa. GND: referència elèctrica comuna (massa). A0 i A1: entrades analògiques, llegeixen un valor de 0 a 1023. D9: sortida digital que envia impulsos PWM per formar el so.

ATENCIÓ: comprova el nom exacte i la disposició dels pins del sensor en el full tècnic. Els colors dels cables no són una garantia; el model de la guia és l'Sharp GP2Y0A21YK0F. No confonguis una barrera digital infraroja amb un sensor de distància analògic.

3. Mapa de connexions: cable per cable

Origen	Destinació	Què fa?
Sharp ESQUERRE: VCC	Nano 5V	Alimenta el sensor de volum
Sharp ESQUERRE: GND	Nano GND	Massa comuna
Sharp ESQUERRE: OUT	Nano A0	Mesura de la mà esquerra
Sharp DRET: VCC	Nano 5V	Alimenta el sensor de nota
Sharp DRET: GND	Nano GND	Massa comuna
Sharp DRET: OUT	Nano A1	Mesura de la mà dreta
Nano D9	Filtre RC (vegeu secció 5)	Senyal de so PWM
Jack: cos / sleeve	Nano GND	Retorn del senyal d'àudio
Jack: punta / tip	Sortida del filtre amb acoblament	Entrada de línia de l'amplificador

4. Com es connecta un sensor, visualment?

Sensor esquerre → Nano: VCC → 5V, GND → GND, OUT → A0. Sensor dret → Nano: VCC → 5V, GND → GND, OUT → A1. Els dos GND han d'estar connectats al mateix GND del Nano.

Condensador de 10 μ F a cada sensor: una pota al VCC i l'altra al GND; si és electrolític, la pota marcada amb «-» va obligatòriament al GND. Col·loca'l molt a prop dels pins del sensor. No inverteixis la polaritat.

Exemple de connexions sense interpretar colors

ESQUERRE OUT ————— A0
ESQUERRE VCC ————— 5V
ESQUERRE GND ————— GND
DRET OUT ————— A1
DRET VCC ————— 5V
DRET GND ————— GND

5. Muntatge de la sortida de so (sense altaveu directe)

El Nano no genera directament un senyal analògic musical: el pin D9 produeix PWM a 62.500 Hz. Per reduir aquesta portadora, muntem un filtre de dues etapes. Cada node és un punt de la protoboard on s'uneixen diversos terminals.

- D9 → resistència 2,2 kΩ → NODE 1 → resistència 2,2 kΩ → NODE 2
- NODE 1 → condensador 10 nF → GND
- NODE 2 → condensador 10 nF → GND
- NODE 2 → condensador 1 µF NO polaritzat → PUNTA del jack
- COS del jack → GND del Nano

Els condensadors de 10 nF no tenen polaritat. La sortida es connecta a una entrada de línia d'alta impedància d'un amplificador o altaveu actiu. Comença sempre amb el volum de l'amplificador baix. No connectis mai un altaveu passiu ni auriculars directament al pin D9.

6. Pas a pas: un muntatge que podem comprovar

Pas 1. Prepara la taula. Desconnecta l'USB. Col·loca la protoboard i identifica visualment Nano 5V, GND, A0, A1 i D9. No dedueixis el pin 5V de la posició: llegeix les lletres.

Pas 2. Connecta només el sensor esquerre. Amb l'USB encara desconnectat: VCC → 5V, GND → GND, OUT → A0. Afegeix el condensador 10 µF amb «—» a GND.

Pas 3. Connecta el sensor dret. Repeteix el procés amb OUT → A1 i un altre condensador 10 µF. Revisa que cap cable uneixi 5V i GND directament.

Pas 4. Carrega el programa. Connecta l'USB. Obre l'Arduino IDE, selecciona Nano clàssic / ATmega328P, el port corresponent, i carrega TheremiDigital.ino.

Pas 5. Comprova les lectures. Obre el Monitor Sèrie a 115200. Acosta i allunya una mà davant de cada sensor: han de variar els números ADC corresponents.

Pas 6. Ajusta el rang. Anota els valors reals a prop (uns 10-15 cm) i lluny (uns 55-70 cm). Edita ADC_A_PROP i ADC_LLUNY al codi. Torna a carregar.

Pas 7. Munta el filtre RC. Desconnecta USB abans de tocar cables. Munta les dues resistències i els dos condensadors de 10 nF tal com diu l'apartat 5.

Pas 8. Afegeix jack i amplificador. Uneix NODE 2 i punta del jack a través del condensador no polaritzat d'1 µF; uneix el cos del jack amb GND. Connecta una entrada de línia.

Pas 9. Toca i ajusta. Torna a connectar l'USB, posa volum baix a l'amplificador i mou les mans. Si és massa sensible, torna a ajustar els dos llindars ADC.

7. Com tocar el theremí?

Mà	Moviment	Resultat
Esquerra (A0)	Puja la mà / més lluny del sensor	Augmenta el volum
Esquerra (A0)	Baixa la mà / més a prop	Disminueix el volum fins a silenci
Dreta (A1)	Puja la mà / més lluny	Baixa la freqüència: so més greu
Dreta (A1)	Baixa la mà / més a prop	Puja la freqüència: so més agut

El control de nota és continu: no salta entre tecles; pot fer glissandos i microtons. El sistema no mesura l'altura exacta: interpreta la distància aproximada mà-sensor en una zona útil.

8. Què significa el timbre «temperatura de Barcelona»?

La infografia proposa que les variacions de la temperatura de Barcelona inspirin la forma d'ona. En aquesta versió docent hi ha una taula de 256 mostres creada combinant oscil·lacions suaus i irregularitats, per mostrar com unes dades es podrien transformar en so. No s'ha descarregat cap sèrie històrica ni es presenta com una reproducció estadística real. El programa funciona sense Wi-Fi.

Per fer una versió científicament fidel: obtenir dades de temperatura amb permís d'ús, seleccionar període i font (p. ex., Observatori Fabra), eliminar la tendència, normalitzar la sèrie i reomplir la taula ona[256] del codi. Les dades i el mètode s'han de citar a la guia.

9. Diagnosi de problemes freqüents

Síntoma	Revisió recomanada
No apareix res al Monitor Sèrie	Port USB, placa seleccionada, velocitat 115200, cable de dades
Els dos ADC marquen sempre 0 o 1023	Revisar VCC/GND/OUT i el pinout real del sensor
La nota es mou al revés	Revisar distàncies i lindars; amb aquest sensor a prop = ADC alt
El so distorsiona	Reduir volum de l'amplificador; verificar filtre i entrada de línia
No se sent cap nota	Comprovar silenci amb mà esquerra, D9, jack, GND i amplificador actiu

10. Pseudocodi i lectura del programa

- INICIAR pins A0, A1 i D9; preparar dos temporitzadors.
- CADA 10 ms: llegir els dos valors analògics.
- SUAVITZAR lectures per evitar vibracions de la mà.
- ESQUERRA: convertir distància en volum, amb zona de silenci.
- DRETA: convertir distància en freqüència (130–1000 Hz).
- ACTUALITZAR de manera segura l'increment de fase i el volum.
- INTERRUPCIÓ: llegir mostra de la taula d'ona i escriure PWM.
- REPETIR sense pauses bloquejants.

11. Activitats didàctiques

1. Mesura: a quines distàncies el sensor dóna una lectura estable? Fes una taula de distància (cm) i ADC.
2. Matemàtiques: què passa amb la freqüència quan la mà dreta puja 10 cm?
3. Física: per què cal un filtre RC per a la sortida PWM?
4. Música: interpreta un glissando de greu a agut; intenta aturar-te en un La de 440 Hz.
5. Programació: canvia `FREQ_GREU` i `FREQ_AGUDA` i prova un registre més estret.
6. Dades i clima: investiga com normalitzar una sèrie de temperatures reals per crear una nova ona.

12. Checklist abans d'engegar

- ☐ Sensor esquerre OUT → A0 i dret OUT → A1.
- ☐ Tots els GND connectats; 5V no toca GND.
- ☐ Tensió i ordre de pins confirmats al full tècnic del sensor.
- ☐ Dos condensadors electrolítics 10 μ F sense polaritat invertida.
- ☐ Filtre D9 muntat i jack connectat només a una entrada de línia.
- ☐ Volum extern baix; cap altaveu passiu al Nano.
- ☐ Arduino IDE configurat per a Nano ATmega328P de 16 MHz.

Nota final: aquest projecte és una proposta de muntatge detallada que requereix verificació amb els components físics. Els sensors IR són sensibles al material, la llum i la geometria; calibra'ls sempre amb el monitor sèrie.