

SINTETITZADOR DE GESTOS

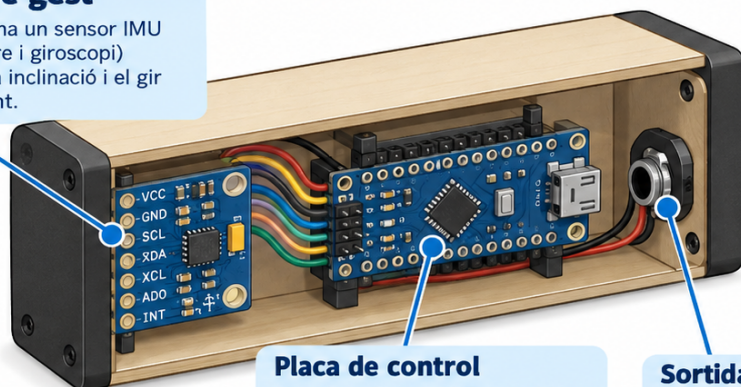
Guia didàctica pas a pas per construir un instrument amb Arduino Nano i una IMU MPU-6050. Nivell inicial: no cal experiència prèvia amb electrònica.

(((SINTETITZADOR DE GESTOS)))

Instrument digital amb sensor IMU, placa de control i sortida d'àudio

Sensor de gest

A l'interior hi ha un sensor IMU (acceleròmetre i giroscopi) que detecta la inclinació i el gir de l'instrument.



Placa de control

Una placa de control tipus Arduino Nano interpreta les dades del sensor i genera el so corresponent.

Sortida d'àudio

El senyal surt per aquesta sortida. Es pot connectar a un amplificador o a uns auriculars.

Com funciona?

- 1 El sensor IMU detecta la inclinació i l'orientació de la caixa.
- 2 La placa de control llegeix aquestes dades en temps real.
- 3 La inclinació endavant i amunt/avall controla el volum.
- 4 El gir cap a l'esquerra o cap a la dreta controla la freqüència: esquerra, sons més greus; dreta, sons més aguts.
- 5 El so surt per la sortida d'àudio.

El comportament sonor depèn del mapa de gestos definit al codi.

Control del volum

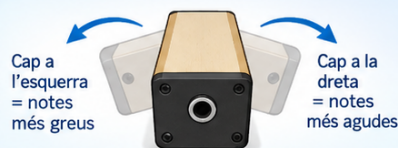
La inclinació endavant i amunt/avall modifica el volum.



- Més inclinació = més volum
- Posició més neutra = menys volum

Control de la freqüència

El gir lateral controla la freqüència.



So sintetitzat

El so s'ha dissenyat expressament com un senyal quadrat.



A freqüències molt baixes, el so pot percebre's com una successió de pulsos rítmics.

La infografia és una representació conceptual. Aquest document descriu un muntatge concret i comprovable; els cables i les plaques reals poden tenir un aspecte diferent.

1. Què construiràs?

Una caixa que produeix so quan s'inclina. Si la inclines cap a l'esquerra, el to es fa més greu; cap a la dreta, més agut. Si la inclines cap endavant o enrere, augmenta el volum. A la posició neutra no sona. El programa genera una ona quadrada, com indica la infografia.

IMPORTANT: "girar a esquerra o dreta" vol dir aquí inclinar lateralment la caixa, NO fer-la girar com una brúixola. Amb l'MPU-6050 no podem mesurar de manera fiable una orientació absoluta al voltant de l'eix vertical.

2. Materials (repassa'ls abans de començar)

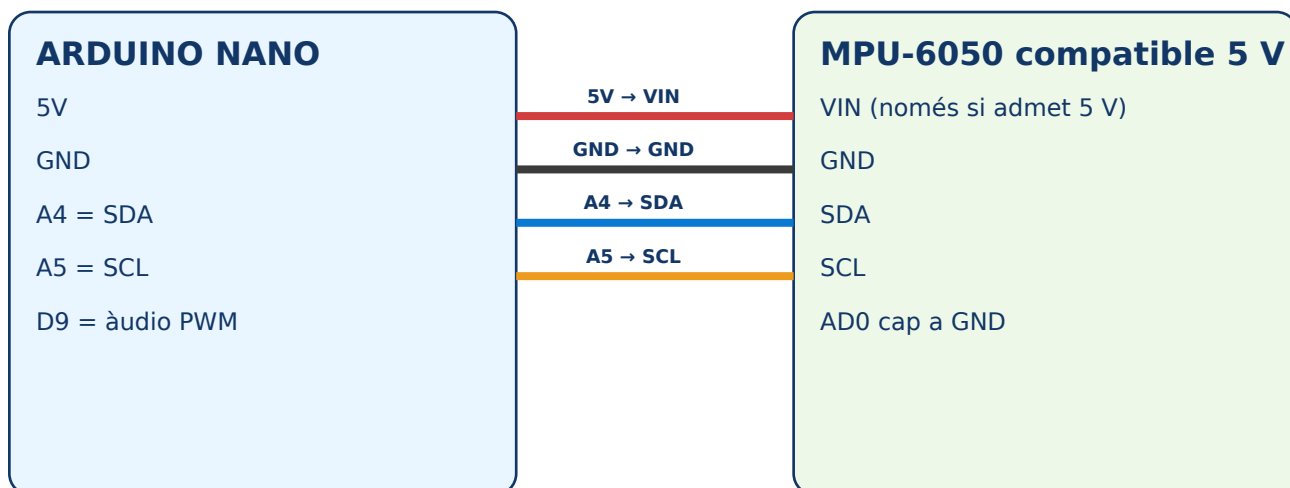
Quantitat	Material	Per a què serveix
1	Arduino Nano clàssic, ATmega328P, 5 V / 16 MHz	Llegeix dades i genera el so
1	Placa MPU-6050 amb VIN de 5 V i I ² C compatible amb 5 V documentat	Mesura les inclinacions
1	Protoboard i cables Dupont	Connectar sense soldar
2 + 2	2 resistències de 2,2 kΩ + 2 condensadors de 10 nF	Filtrar el senyal PWM
1	Condensador de 1 µF no polaritzat	Separar el corrent continu de l'àudio
1 + 1	Jack mono 3,5 mm + cable adaptador	Portar l'àudio a l'amplificador
1	Altaveu actiu / amplificador amb entrada de línia	Sentir el so
1	Cable USB de dades	Alimentar i programar el Nano

NO TOTES LES PLAQUES MPU-6050 SÓN IGUALS. El xip funciona a 3,3 V. Només connecta VIN a 5 V si la placa concreta incorpora regulador i accepta 5 V; i només connecta SDA/SCL directament si també són compatibles amb 5 V. Si no ho pots verificar, atura't i demana una placa amb adaptació de nivell o un convertor I²C adequat.

3. Aprèn a identificar les connexions

Pin: petit terminal metàl·lic identificat per una etiqueta. GND: massa elèctrica comuna (retorn del circuit). 5V: alimentació de cinc volts. VIN: entrada d'alimentació del mòdul, la tensió admesa varia. SDA i SCL: dos fils de dades del bus I²C. D9: pin que produeix el senyal PWM d'àudio.

Connexions de la IMU - només per a un breakout compatible amb 5 V



La IMU va a la protoboard; no soldeu fins haver-la provat.

Cable	Des de l'Arduino	Fins a la IMU	Comprova-ho
Vermell	Pin 5V	Pin VIN	El fabricant indica VIN de 5 V
Negre	Pin GND	Pin GND	Totes les masses són comunes
Blau	Pin A4	Pin SDA	A4 no és D4
Groc	Pin A5	Pin SCL	A5 no és D5
Negre (opcional)	Pin GND	Pin AD0	Força l'adreça 0x68 si el mòdul té AD0

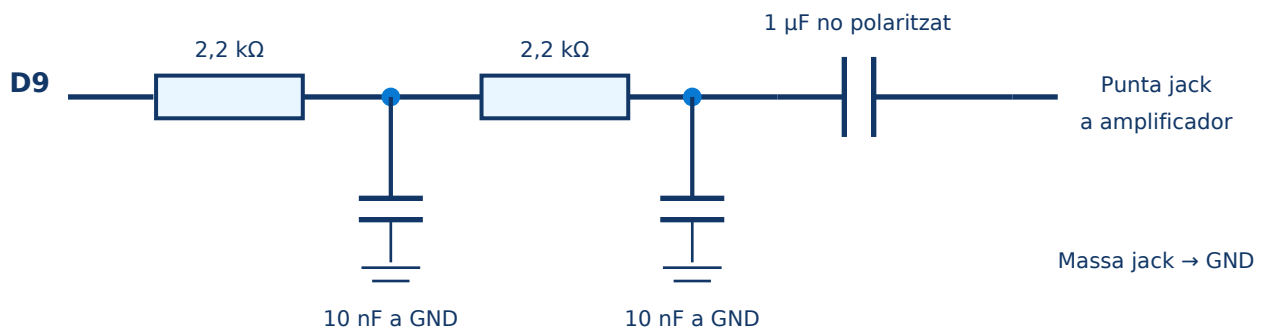
No connectis: INT, XDA i XCL. En algunes plaques, les etiquetes XDA/XCL són connexions auxiliars i no substitueixen SDA/SCL. Busca les lletres impreses al circuit: no dedueixis els pins per la seva posició.

Un consell per a la protoboard

Els forats de cada filera de cinc de la zona central acostumen a estar units elèctricament; les dues bandes estan separades per una ranura. Els carrils laterals poden estar interromputs a la meitat segons el model. Si tens dubtes, utilitza cables directes i no donis per feta cap connexió interna.

4. Connexió de l'àudio: què va amb què?

El pin D9 no crea directament una sortida d'auriculars: genera impulsos molt ràpids (PWM). Dues resistències i dos condensadors redueixen aquests impulsos i aproximen la forma d'ona audible. Un condensador de 1 µF no polaritzat evita que arribi una tensió contínua a l'entrada d'àudio.



Punt A: un extrem de la primera resistència, un extrem de la segona i un extrem del primer condensador de 10 nF. Punt B: l'altre extrem de la segona resistència, el segon condensador de 10 nF i el condensador de 1 μF. L'altre terminal de cadascun dels condensadors de 10 nF va a GND; el terminal lliure del de 1 μF va a la punta del jack. La massa del jack va al GND de l'Arduino.

No connectis el jack a uns auriculars de 16-32 Ω ni a un altaveu passiu. Connecta'l a una entrada de línia d'un altaveu ACTIU o amplificador, començant amb el volum baix. Si el dispositiu només ofereix una entrada de micròfon, no és l'opció recomanada.

5. Muntatge pas a pas: no ho connectis tot de cop

PAS 1 — Reconeix cada peça

Deixa l'Arduino, la IMU, la protoboard i els components sobre la taula. Llegeix les etiquetes. Busca al Nano els pins 5V, GND, A4, A5 i D9. Busca a la IMU VIN, GND, SDA i SCL. Si algun nom no hi és o no coincideix amb la guia, no improvisis.

PAS 2 — Comprova la compatibilitat de la IMU

Llegeix el nom exacte del model i les especificacions del fabricant. Aquest itinerari directe pressuposa VIN compatible amb 5 V i connexions I²C compatibles amb 5 V. En altres plaques necessitaràs 3,3 V i convertidor de nivell. No connectis la IMU fins aclarir-ho.

PAS 3 — Connecta la IMU amb l'USB DESCONNECTAT

Uneix GND→GND; A4→SDA; A5→SCL; 5V→VIN si la placa ho permet. Si té pin AD0, uneix-lo a GND. Posa la IMU en una posició fixa, amb la cara superior mirant amunt. Revisa els quatre fils un a un.

PAS 4 — Prepara l'entorn de programació

Instal·la Arduino IDE. Obre el fitxer SintetitzadorDeGestos.ino. Al menú Eines, selecciona «Arduino Nano» i el processador ATmega328P i, si cal amb clons antics, «Old Bootloader». Selecciona el port USB que apareix en connectar-lo.

PAS 5 — Carrega el programa i prova la IMU

Connecta el Nano al port USB i prem «Carrega». Obre el monitor sèrie a 115200 bauds. Hauries de veure «SINTETITZADOR DE GESTOS» i, després de la calibració, lectures numèriques. Si apareix l'error de sensor, desconnecta USB i revisa les quatre connexions.

PAS 6 — Calibra sense moure la caixa

Quan arrenca, el programa espera un segon i pren mostres durant un segon més. Deixa la caixa quieta i gairebé horitzontal durant tot aquest procés. La posició inicial serà el punt neutre. Per repetir la calibració, prem RESET.

PAS 7 — Munta el filtre d'àudio amb l'USB DESCONNECTAT

Afegeix les dues resistències de 2,2 kΩ en sèrie començant a D9. Als punts A i B, posa un condensador de 10 nF a GND. Del punt B ves al condensador de 1 µF no polaritzat, després a la punta del jack. Connecta la massa del jack al GND del Nano.

PAS 8 — Prova el so a poc volum

Amb el cable de l'amplificador connectat a una entrada de línia, abaixa primer el volum extern. Alimenta el Nano, deixa'l quiet per calibrar, inclina una mica endavant i lateralment i augmenta suaument el volum de l'amplificador.

PAS 9 — Munta la caixa final

Quan ja funcioni tot sobre la taula, fixa la IMU ben subjecta a una paret rígida de la caixa sense canviar-ne l'orientació; deixa espai per al jack, el Nano i els cables. No forcis ni aixafis components. Torna a provar-la.

6. Com s'utilitza: tres experiments senzills

Moviment	Què fa el programa?	Què observaràs?
Caixa en posició neutra	Volum zero (zona morta)	Silenci
Inclinar a esquerra / dreta	Canvia la freqüència entre 80 i 1000 Hz	So més greu / més agut
Inclinar endavant o enrere	Augmenta l'amplitud de l'ona	Més volum
Inclinar en dos eixos	Combina freqüència i volum	So variable amb les mans

Per què la inclinació endavant i enrere fa pujar el volum? El programa utilitza la magnitud de l'angle: tant +20° com -20° produeixen una intensitat semblant. És una convenció didàctica; es pot canviar al codi.

Què pots canviar sense reescriure el programa?

Constant	Valor inicial	Efecte
FREQUENCIA_MIN / MAX	80 / 1000 Hz	Limiten sons greus i aguts
ANGLE_MORT_GRAUS	4 graus	Evita que soni per petites vibracions
ANGLE_MAX_GRAUS	35 graus	Inclinació necessària per assolir el màxim
VOLUM_MAX	105 (de 127)	Controla l'amplitud màxima
INVERTIR_LATERAL	false	Canvia quin costat és més greu
ALPHA	0,96	Pes relatiu del giroscopi al filtre

7. Què mesura realment l'MPU-6050?

L'acceleròmetre percep la gravetat i permet estimar la inclinació si l'objecte no pateix acceleracions fortes. El giroscopi mesura la velocitat de gir en graus per segon. El programa combina tots dos amb un filtre complementari: el giroscopi respon de pressa, mentre que l'acceleròmetre corregeix gradualment els errors acumulats.

La inclinació lateral (roll) governa la freqüència. La inclinació endavant/enrere (pitch) governa el volum. La interpretació exacta dels eixos depèn de com instal·lis la placa: si la direcció resulta invertida, fixa la IMU en l'orientació prevista o modifica INVERTIR_LATERAL. Un moviment molt ràpid pot generar lectures inestables.

8. Com fabrica so l'Arduino?

Una ona quadrada alterna entre dos nivells. La velocitat d'aquesta alternança és la freqüència (Hz). El programa utilitza síntesi digital directa (DDS): acumula una fase i comprova quin semicicle toca. Un temporitzador actualitza la mostra 31.250 vegades per segon; un altre transforma el valor en PWM de 62.500 Hz. El circuit RC filtra part de la portadora PWM.

Aquesta síntesi senzilla és intencionadament educativa. Una ona quadrada té molts harmònics i pot sonar brillant o aspra. Pot aparèixer aliasing a les freqüències altes i petits clics quan comença o acaba el so; no

és un equip d'àudio d'alta fidelitat.

9. Resolució de problemes

Problema	Què mirar, per aquest ordre
L'Arduino no apareix a l'ordinador	Cable USB de dades, port, model de placa i controlador USB del clon.
Error «MPU-6050 no detectat»	USB fora; revisar GND, alimentació admesa, A4↔SDA, A5↔SCL i AD0 a GND.
Hi ha números però no sona	Inclinació superior a 4°? Monitor mostra volum > 0? Jack en entrada de línia? Altaveu actiu encès? Filtre muntat correctament?
Sona fins i tot quiet	Torna a engegar-la amb la caixa immòbil. Revisa que la placa estigui ben fixada. Augmenta ANGLE_MORT_GRAUS.
Greu/agud al revés	Canvia INVERTIR_LATERAL a true i torna a carregar.
Brunzit o so distorsionat	Revisa masses i resistències/condensadors; abaixa volum extern; usa cable d'àudio curt.
Angles estranys quan la sacseges	És normal en acceleracions brusques; prova gestos lents.

10. Petita bateria de comprovacions

Marca mentalment aquests cinc resultats abans de posar la caixa definitiva: (1) l'USB detecta el Nano; (2) la IMU és reconeguda; (3) el monitor mostra angles que canvien; (4) es modifica la freqüència amb el gest lateral; (5) el volum es modifica amb el gest endavant/enrere i l'amplificador reproduceix el so.

11. Activitats per aprendre

Activitat A — Predicció: mantens el mateix gir lateral i dobles la inclinació endavant. Quina propietat hauria de variar més: el to o el volum? Raona-ho.

Activitat B — Investigació: modifica ANGLE_MORT_GRAUS de 4 a 8. En quin cas és més fàcil que l'instrument es mantingui silenciós?

Activitat C — So i ciència: escolta el senyal a 100 Hz i a 800 Hz amb el mateix volum. Quina diferència notes? Relaciona-la amb el nombre d'oscil·lacions per segon.

Activitat D — Programació: modifica FREQUENCIA_MAX a 500 Hz. Com canvia el rang accessible?

Repte: afegeix un LED que s'encengui quan el volum sigui superior a zero. Necessitaràs una resistència de limitació adequada i un pin digital lliure.

12. Pseudocodi resumit

INICI → llegir sensor → calibrar punt neutre → repetir: llegir acceleracions i velocitats angulars → combinar mesures → calcular angles relatius → traduir angle lateral a freqüència → traduir inclinació frontal a volum → actualitzar generador → continuar.

13. Abans de donar-lo per acabat

Aquest és un projecte experimental, no un producte comercial. El codi està pensat per a Arduino Nano clàssic de 16 MHz i MPU-6050 a l'adreça 0x68; no s'ha provat sobre el teu muntatge concret. L'orientació física de la IMU i el breakout triat poden exigir ajustaments. Les instruccions elèctriques del fabricant sempre prevalen sobre qualsevol esquema genèric.

Fitxer de programació adjunt: SintetitzadorDeGestos.ino. Tots els paràmetres principals estan agrupats al començament del programa.