

PIANO DE TACTE

Guia didàctica de construcció i programació

PIANO DE TACTE

Instrument digital amb sensors capacitius, control d'octaves i sortida d'àudio

Sensors capacitius

Cada nota funciona amb un sensor capacitiu. Només cal tocar lleugerament amb la punta del dit per activar la nota corresponent.



Com funciona?

- 1 Cada sensor correspon a una de les 12 notes de l'escala cromàtica.
- 2 Tocant lleugerament amb el dit un sensor, el sistema detecta el tacte i activa la nota.
- 3 Els botons «Octava -» i «Octava +» desplacen totes les notes cap avall o cap amunt.
- 4 La placa de control calcula la freqüència de la nota seleccionada.
- 5 El so surt per la sortida d'àudio.

El mapa de notes parteix de l'octava 4 i es pot transposar per octaves.

Sortida d'àudio

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

Placa de control

A l'interior hi ha una placa de control tipus Arduino Nano. Llegeix els sensors, gestiona el canvi d'octava i genera el so.

Control d'octaves

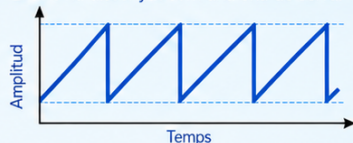


Els botons laterals o superiors permeten canviar d'octava mantenint el mateix mapa de sensors.

- Octava - = registre més greu
- Octava + = registre més agut

So sintetitzat

El so s'ha dissenyat com una ona de serra.



Aquesta ona dona un timbre més brillant i electrònic.

Notes i freqüències (octava 4)

Do (C4)	Do#/Reb	Re (D4)	Re#/Mib	Mi (E4)	Fa (F4)
261,63 Hz	277,18 Hz	293,66 Hz	311,13 Hz	329,63 Hz	349,23 Hz
Fa#/Solb	Sol (G4)	Sol#/Lab	La (A4)	La#/Sib	Si (B4)
369,99 Hz	392,00 Hz	415,30 Hz	440,00 Hz	466,16 Hz	493,88 Hz

Projecte educatiu basat en Arduino Nano, sensor capacitiu MPR121, control d'octaves i síntesi digital d'àudio.

Objectiu: construir un instrument de 12 notes que es toca amb el dit, entendre com es llegeix un sensor capacitiu i com l'Arduino genera el so.

1. Què construirem

Aquest instrument converteix 12 superfícies conductores en tecles tàctils. Cada tecla correspon a una nota de l'escala cromàtica. Quan toquem una tecla, l'Arduino llegeix el sensor capacitiu, calcula la freqüència de la nota i genera un so sintetitzat.

A més, dos botons permeten pujar o baixar l'octava sencera. Això vol dir que el mateix mapa de tecles pot sonar més greu o més agut.

2. Materials necessaris

Quantitat	Element	Per a què serveix
1	Arduino Nano clàssic (ATmega328P)	És la placa que executa el programa.
1	Mòdul MPR121	Llegeix els 12 sensors capacitius.
12	Elèctrodes o tecles conductores	Superfícies que es toquen amb el dit.
2	Polsadors	Canvi d'octava (+ i -).
2	Resistències de 2,2 k Ω	Filtre de la sortida d'àudio.
2	Condensadors de 10 nF	Filtre del PWM.
1	Condensador d'1 μ F no polaritzat	Acoblament del senyal al jack.
1	Jack mono de panell	Sortida d'àudio.
1	Amplificador o altaveu actiu	Reprodueix el so amb seguretat.
Diversos	Protoboard i cables	Permeten fer les connexions.

Atenció important sobre el MPR121: el xip treballa a 3,3 V. Algunes plaques comercials incorporen regulador i adaptació de nivell, i es poden alimentar amb 5 V. D'altres no. Si la teva placa no diu clarament que és compatible amb 5 V, no la connectis directament a l'Arduino Nano de 5 V.

3. Identifica les parts abans de connectar res

- 1 **Arduino Nano:** busca els pins 5V, GND, A4, A5, D2, D3 i D9.
- 2 **MPR121:** localitza VIN o VCC, GND, SDA i SCL. També hi haurà 12 entrades de sensor: E0 fins a E11.
- 3 **Polsadors:** un per pujar octava i un per baixar-la.
- 4 **Jack:** normalment té dues connexions: TIP (senyal) i SLEEVE (massa).
- 5 **Tecles:** poden ser tires de coure adhesiu, plaques metàl·liques o superfícies conductores.

4. Esquema general de connexions

Del component	Al component
MPR121 SDA	Arduino A4
MPR121 SCL	Arduino A5
MPR121 GND	Arduino GND
MPR121 VIN/VCC	Arduino 5V només si el mòdul ho permet; si no, 3,3 V
Polsador "Octava +"	Entre Arduino D2 i GND
Polsador "Octava -"	Entre Arduino D3 i GND
Elèctrodes E0...E11	Les 12 tecles del piano
Arduino D9	Filtre RC i després jack TIP
Jack SLEEVE	GND

Què vol dir GND? GND és la referència comuna del circuit. Tots els components han de compartir aquesta massa perquè el sistema funcioni correctament.

5. Muntatge pas a pas

Pas 1. Col·loca l'Arduino i la protoboard

Posa l'Arduino Nano en un lloc estable. Si treballes amb protoboard, reserva una línia per al 5 V i una altra per al GND.

Pas 2. Connecta alimentació i massa

Porta el 5 V i el GND de l'Arduino a la protoboard. Encara no connectis el MPR121 fins que hakis confirmat si la teva placa admet 5 V o 3,3 V.

Pas 3. Connecta el MPR121

Uneix SDA amb A4, SCL amb A5 i GND amb GND. Connecta VIN/VCC a la tensió correcta segons el teu mòdul.

Pas 4. Munta una sola tecla de prova

Connecta només un elèctrode a E0. Això et permet comprovar el sistema abans de cablejar els 12 sensors.

Pas 5. Connecta els polsadors

El primer polsador va entre D2 i GND. El segon va entre D3 i GND. El programa utilitza INPUT_PULLUP, de manera que no calen resistències externes.

Pas 6. Carrega el programa a l'Arduino

Instal·la la biblioteca "Adafruit MPR121", obre el fitxer PianoDeTacte.ino, selecciona "Arduino Nano", el processador correcte i el port, i compila.

Pas 7. Prova la tecla de prova

Obre el monitor sèrie a 115200 bauds. Toca l'elèctrode de prova. Hauries de veure la nota i la freqüència al monitor.

Pas 8. Cableja la resta de tecles

Si la prova anterior funciona, connecta E1 a E11 a les tecles restants, seguint l'ordre cromàtic: Do#, Re, Re#, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol#, La, La#, Si.

Pas 9. Munta la sortida d'àudio

Connecta D9 al filtre RC i després al jack. El senyal s'ha de portar a una entrada d'àudio o a un amplificador; no directament a un altaveu passiu.

Pas 10. Prova completa

Verifica que cada tecla sona, que els botons canvien l'octava i que el volum de l'amplificador és moderat.

Filtre de sortida recomanat: D9 → 2,2 kΩ → node A → 2,2 kΩ → node B → condensador d'1 μF → TIP del jack. Del node A a GND: condensador de 10 nF. Del node B a GND: condensador de 10 nF. El SLEEVE del jack va a GND.

6. Comprovacions progressives

- Si el monitor sèrie diu que no troba el MPR121, revisa primer SDA, SCL, GND i alimentació.
- Si la tecla de prova no respon, toca directament l'elèctrode amb el dit i allunya cables molt llargs o desordenats.
- Si una tecla sona sola sense tocar-la, baixa la sensibilitat o separa millor els elèctrodes.
- Si els botons no funcionen, comprova que realment van entre el pin digital i GND.
- Si no se sent res pel jack, comprova que l'amplificador estigui a l'entrada correcta i que el filtre estigui ben cablejat.

7. Resolució de problemes freqüents

Problema	Possible causa	Què pots fer
No es detecta el MPR121	Pins I ² C mal connectats o tensió incorrecta	Revisa A4/A5, GND i la compatibilitat 5 V / 3,3 V
No sona cap nota	Sortida d'àudio mal connectada	Revisa D9, el filtre, el jack i l'amplificador
La nota es queda sonant	Fals tacte o sensibilitat massa alta	Separa millor les tecles o ajusta els llindars
Els botons no canvien l'octava	Polsadors mal orientats o cablejats	Comprova que tanquen circuit entre D2/D3 i GND

8. Què fa el programa Arduino?

El programa té quatre grans feines: (1) llegir els sensors del MPR121, (2) llegir els dos botons d'octava, (3) decidir quina nota ha de sonar i (4) generar digitalment una ona de serra a través del pin D9.

La síntesi es fa amb una tècnica anomenada *Direct Digital Synthesis* (DDS). L'Arduino manté un acumulador de fase i, a cada mostra, n'agafa els bits més alts per formar la rampa de l'ona de serra.

9. Correspondència de notes (octava 4)

Entrada MPR121	Nota	Freqüència
E0	Do	261,63 Hz
E1	Do# / Reb	277,18 Hz
E2	Re	293,66 Hz
E3	Re# / Mib	311,13 Hz
E4	Mi	329,63 Hz
E5	Fa	349,23 Hz
E6	Fa# / Solb	369,99 Hz
E7	Sol	392,00 Hz
E8	Sol# / Lab	415,30 Hz
E9	La	440,00 Hz
E10	La# / Sib	466,16 Hz
E11	Si	493,88 Hz

Limitació pedagògica assumida: el projecte és monofònic. Si es toquen diverses tecles alhora, el programa dona prioritat a la primera que troba. Això simplifica molt el codi i el fa més adequat per a una primera experiència.

10. Activitats per a l'aula

- 1 Mesura amb un afinador de mòbil si les notes corresponen a les freqüències esperades.
- 2 Canvia la sensibilitat del MPR121 i observa com canvia la resposta de les tecles.
- 3 Substitueix l'ona de serra per una ona quadrada o una taula sinusoidal i compara el timbre.
- 4 Construeix tecles de materials diferents (coure, alumini, paper d'alumini) i compara la resposta.
- 5 Dissenya una carcassa pròpia i decideix quina disposició de tecles és més còmoda.

11. Seguretat i bones pràctiques

Treballa sempre amb l'Arduino desconnectat mentre canvies cables. No improvisis la connexió del MPR121 si no saps si la placa admet 5 V. Comença sempre la prova de so amb el volum de l'amplificador molt baix. No connectis la sortida directament a un altaveu passiu ni a uns auriculars de baixa impedància.

12. Què hi ha dins del ZIP

Aquest paquet inclou tres fitxers: la guia didàctica en PDF, el programa Arduino "PianoDeTacte.ino" i la infografia original del projecte.