

ARPA ÒPTICA DE 12 NOTES

Guia didàctica, esquema de connexió i muntatge pas a pas per a persones que comencen en electrònica.

(((ARPA LÀSER)))

Instrument digital amb 12 sensors d'infraroigs i so sinusoidal

Sensors / notes

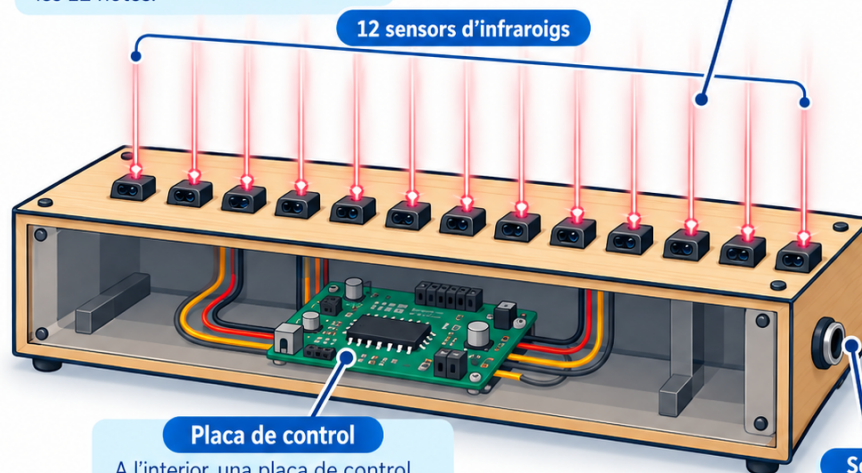
12 sensors d'infraroigs digitals. Cada sensor funciona en mode obert/tancat i activa una de les 12 notes.

Làzers visibles

Cada punt sobre un sensor emet un làser visible en l'ambient.

Com funciona?

- 1 Cada sensor d'infraroigs detecta si el feix està obert o interromput.
- 2 Cada sensor correspon a una nota diferent.
- 3 Les 12 notes cobreixen l'escala cromàtica completa.
- 4 La placa de control interpreta l'estat digital dels sensors.
- 5 El sistema envia un so sinusoidal per la sortida d'àudio.



12 sensors d'infraroigs

Placa de control

A l'interior, una placa de control tipus Arduino llegeix els sensors i activa el so corresponent.

Timbre

El so és sempre sinusoidal.



Sortida d'àudio

El senyal surt per la sortida d'àudio.

Les 12 notes

Les 12 notes de l'escala cromàtica, en ordre:

Do

Do#
Reb

Re

Re#
Mib

Mi

Fa

Fa#
Solb

Sol

Sol#
Lab

La

La#
Sib

Si

Objectiu: convertir la interrupció de 12 feixos infrarojos en 12 notes cromàtiques de l'octava 4, amb una ona sinusoidal i una sortida d'àudio.

Diferència respecte a la imatge: per a un primer muntatge es fan servir barreres infraroges (IR) i no làsers visibles. Els punts de làser de la infografia són il·lustratius. La part musical funciona sense làsers.

ATENCIÓ: mai no dirigiu làsers o emissors òptics als ulls. No connecteu altaveus passius ni auriculars directament al pin de sortida.

1. Què aprendrem?

A diferenciar alimentació i senyal; identificar VCC, GND i OUT; llegir entrades digitals; entendre les notes i la freqüència; crear un so sinusoidal amb PWM; i verificar un circuit en petites etapes.

2. Materials que necessites

Quantitat	Material	Què fa?
1	Arduino Nano clàssic, ATmega328P a 16 MHz	Llegeix sensors i genera l'àudio
12	Parelles de barrera IR: emissor + receptor digital de 5 V compatible	Detecten quan la mà talla cada feix

Quantitat	Material	Què fa?
1	Font estabilitzada de 5 V suficient per a totes les barreres	Alimenta els mòduls segons el seu consum real
1	Protoboard, cables i cable USB	Permeten fer les connexions
2 + 2	Resistències de 2,2 kΩ i condensadors de 10 nF	Filtre del senyal PWM
1	Condensador no polaritzat de 1 µF	Evita transmetre tensió contínua a l'entrada d'àudio
1 + 1	Jack mono i amplificador / altaveu actiu amb entrada de línia	Reprodueix el so
1	Suport per subjectar 12 emissors i 12 receptors enfrontats	Manté alineats els feixos

Abans de comprar: proveu que les barreres IR realment tenen sortida digital, que són aptes per a l'alimentació escollida i que la seva sortida és compatible amb entrades de 5 V. Alguns mòduls de reflexió IR no serveixen com a barrera emissor-receptor separada. El programa pressuposa que la sortida baixa a LOW quan el feix queda interromput; es pot invertir al codi.

3. Mini diccionari per a principiants

VCC / +5 V: energia que alimenta un mòdul. GND: referència comuna o retorn del circuit. OUT: fil que comunica l'estat del sensor. HIGH: nivell alt; LOW: nivell baix. Protoboard: placa de forats que connecta grups de punts sense soldar. Jack: connector de sortida del senyal d'àudio.

4. Mapa de connexions: 12 receptors, 12 notes

Corda / feix	Nota musical	OUT del receptor cap al Nano	Freqüència
1	Do	D2	261.63 Hz
2	Do# / Reb	D3	277.18 Hz
3	Re	D4	293.66 Hz
4	Re# / Mib	D5	311.13 Hz
5	Mi	D6	329.63 Hz
6	Fa	D7	349.23 Hz
7	Fa# / Solb	D8	369.99 Hz
8	Sol	D10	392.00 Hz
9	Sol# / Lab	D11	415.30 Hz
10	La	D12	440.00 Hz
11	La# / Sib	D13	466.16 Hz
12	Si	A0	493.88 Hz

Regla important: cada receptor té un únic cable de senyal OUT que va al pin indicat. Tots els GND es comparteixen. Tots els VCC es connecten a la tensió correcta especificada pel fabricant. Els emissors IR no van als 12 pins de lectura: només necessiten alimentació, llevat que el seu model tingui controls addicionals.

5. Esquema simplificat: com van els fils?

FONT 5 V REGULADA (+) -----+---- VCC emissor 1 ... emissor 12
+---- VCC receptor 1 ... receptor 12

FONT 5 V REGULADA (-) -----+---- GND emissor 1 ... emissor 12
+---- GND receptor 1 ... receptor 12
+---- GND Arduino Nano (MASSA COMUNA)

Receptor 1 OUT ----- Nano D2 (Do)
Receptor 2 OUT ----- Nano D3 (Do#)

...

Receptor 7 OUT ----- Nano D8 (Fa#)
Receptor 8 OUT ----- Nano D10 (Sol)

...

Receptor 12 OUT ----- Nano A0 (Si)

Nano D9 (so PWM) --- 2,2 k ---o--- 2,2 k ---o--- 1 μ F --- JACK PUNTA

10 nF 10 nF

GND COMU -----+-----+----- JACK MASSA

Per què falta D9 a la llista de sensors? El reservem per al so. D0 i D1 es deixen lliures per a la comunicació USB. A0 també es pot utilitzar com a entrada digital.

El filtre: les dues resistències van en sèrie; cadascun dels dos nodes té un condensador de 10 nF cap a GND. El condensador final de 1 μ F és no polaritzat i va en sèrie abans del jack. El jack s'endolla a una entrada de línia, no directament a uns auriculars.

6. Muntatge pas a pas: no connectis tot alhora

PAS 0. Comprovacions amb tot desconnectat

Posa tots els components damunt la taula. Localitza els noms escrits a cada placa: 5V/VCC, GND i OUT. Busca el full tècnic dels mòduls. Si els receptors lliuren més de 5 V o tenen una sortida desconeguda, atura't i adapta el circuit.

PAS 1. Prepara el Nano i la protoboard

Amb el cable USB desconnectat, col·loca el Nano sobre la protoboard. Identifica D2, D9, D13, A0 i GND llegint les etiquetes de la placa, no per la posició aproximada de la imatge.

PAS 2. Comprova l'alimentació externa

Abans d'unir cables, comprova que la font és regulada a 5 V i pot subministrar la suma dels consums dels 24 mòduls. No uneixis mai 5 V de dues fonts sense un disseny de distribució adequat. Amb alimentació externa per als sensors i Nano per USB, connecta únicament GND amb GND entre sistemes.

PAS 3. Connecta UNA sola barrera

Situa emissor 1 i receptor 1 enfrontats. Alimenta'ls segons els seus pins i el manual; connecta OUT del receptor 1 a D2. Obre la prova del monitor sèrie del programa i comprova si interrompre el feix canvia d'estat. Si sona al revés, canvia SENSOR_ACTIU_BAIX.

PAS 4. Alinea i fixa la primera barrera

Amb una cartolina o la mà interromp el camí del feix, sense tocar els components. Mou lentament l'emissor i receptor fins que detecti el canvi de manera fiable. Subjecta'ls perquè no es moguin.

PAS 5. Afegeix barreres 2 a 6

Una per una, afegeix les parelles següents: OUT a D3, D4, D5, D6 i D7. Després de cada barrera prova que no activa les altres i apunta quina nota produeix.

PAS 6. Afegeix barreres 7 a 12

Connecta OUT als pins D8, D10, D11, D12, D13 i A0. Verifica que totes les barreres siguin estables sense cap mà al davant. Si en activar totes hi ha errors, revisa alimentació i interferències òptiques.

PAS 7. Munta el filtre de so

DESCONNECTA l'alimentació. Munta la resistència de D9 al node A; del node A una altra resistència al node B. A cada node connecta un condensador de 10 nF a GND. Del node B, posa el condensador NO POLARITZAT de 1 μ F en sèrie cap a la punta del jack. Connecta la massa del jack a GND.

PAS 8. Primer so, volum al mínim

Endolla el jack a l'entrada de línia d'un altaveu actiu o amplificador, amb volum baix. Connecta l'Arduino i la font dels mòduls. Interromp la primera barrera i escolta el Do. Verifica posteriorment les 12 notes.

PAS 9. Tanca la caixa només al final

Quan tot funcioni, fixa cables, etiqueta sensors i comprova que no hi ha fils pelats ni components sota tensió accessibles. Repeteix la prova completa després del muntatge definitiu.

7. Què fa el programa? Pseudocodi

Inicia 12 pins d'entrada i el generador de so.

Cada 5 mil·lisegons:

- Llegeix els 12 receptors.

- Confirma el canvi després de 3 lectures coherents.

- Tria la primera barrera interrompuda (Do abans que Si).

- Si hi ha nota: actualitza la freqüència i activa el volum.

- Si no hi ha nota: redueix el volum fins al silenci.

Independentment, 31.250 vegades per segon:

- Avança la fase de l'ona sinusoidal.

- Busca el valor a la taula de 256 mostres.

- Escriu el valor PWM al pin D9.

8. Per què sona una ona sinusoidal?

Cada nota és una vibració periòdica. Per exemple, La4 vibra 440 vegades per segon. El programa llegeix una taula de 256 punts d'una ona sinusoidal i els reproduïx en seqüència a la velocitat adequada (síntesi DDS). El Timer1 converteix les mostres en PWM ràpid; el filtre RC redueix el component de commutació. La rampa de volum ajuda a evitar clics en començar i deixar una nota.

Limitació musical: aquesta versió és monofònica: si interromps diversos feixos, sona el de número més baix. És intencionat per facilitar el muntatge i entendre el funcionament; una versió polifònica exigiria més càlcul i mescla de veus.

9. Què pot fallar? Guia de diagnòstic

Síntoma	Què comprovar?
No sona res	Volum de l'amplificador; jack a entrada de línia; GND comú; D9; filtre; programa carregat.
Sona sempre	Receptor cablejat al revés, feix desalineat o opció SENSOR_ACTIU_BAIX incorrecta.
Un sensor falla	Revisa VCC/GND/OUT d'aquella parella i el pin de la taula. Prova-la tota sola.
Notes falses	Llum ambient, reflexos, barreres massa juntes, font insuficient o cables de senyal llargs.
Arduino es reinicia	La font o USB no suporta el consum; no alimentis els 24 mòduls pel pin del Nano sense calcular-ho.
Soroll d'àudio	Repassa les dues resistències, els condensadors, el jack i la massa. Usa cables curts.

10. Activitats educatives i comprovació

1. Escriu què signifiquen VCC, GND i OUT, amb una frase per cadascun.
2. Fes un dibuix amb només una barrera i etiqueta els tres fils del receptor.
3. Calcula quants hertz té La5 si La4 és 440 Hz. I La3?
4. Compara una interrupció breu (menys de 15 ms) amb una de llarga. Quina hauria de detectar el programa?
5. Tapa dues barreres a la vegada i explica per què només sona una nota.
6. Proposa com construir un suport que eviti que la llum d'un emissor arribi a un receptor adjacent.
7. Dissenya una taula per registrar, per a cada feix, si funciona a la primera i què has corregit.
8. Repte: canvia el programa perquè la prioritat sigui de Si a Do, i explica quines línies has modificat.

11. Llista de comprovació final

☐ Conec la tensió i consum dels mòduls. ☐ Hi ha una única massa comuna. ☐ Els 12 OUT coincideixen amb la taula. ☐ Cap entrada supera 5 V. ☐ No faig servir feixos làser visibles. ☐ El filtre de sortida té les dues etapes RC. ☐ L'àudio va a una entrada de línia. ☐ Tots els feixos activen la nota que toca.

Nota tècnica: el programa està preparat per a un Nano clàssic ATmega328P de 16 MHz i receptors de barrera digitals. Altres Arduino, mòduls de 3,3 V o receptors analògics necessiten adaptar el muntatge i/o el codi. La compilació i el comportament real s'han de validar amb els components concrets.