

墨奏：使用導電墨水的互動樂器

Jockey Club Project IDEA Inclusive Digital and Experimental Art

賽馬會科藝共融計劃

工作坊簡介

1 8週課程

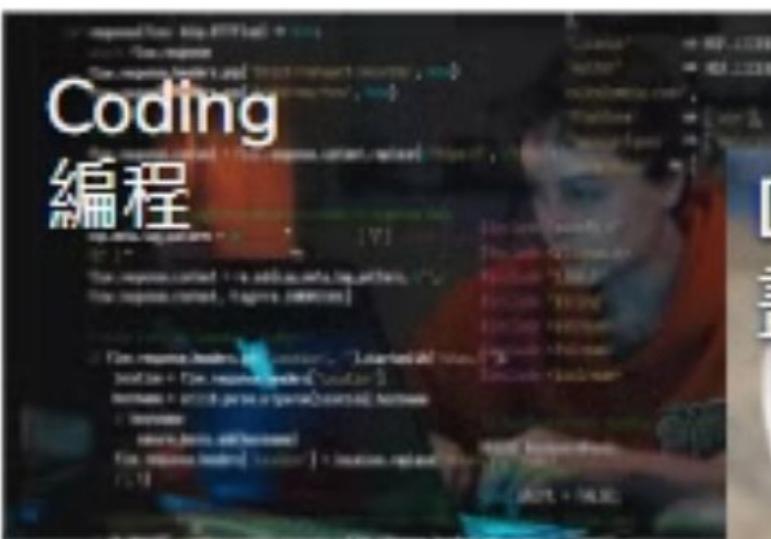
每個課程持續1.5-2小時,涵蓋從導電墨水基礎到建立自訂樂器的內容。

2 目標學生

設計給中學生,只需處理簡單電路及裝置。

3 主要學習成果

導電墨水應用、音效設計、Arduino創意編碼,以及完成一件與觸摸互動的樂器。



Coding
編程

Drawing
畫畫



Playfulness
有趣、玩味性

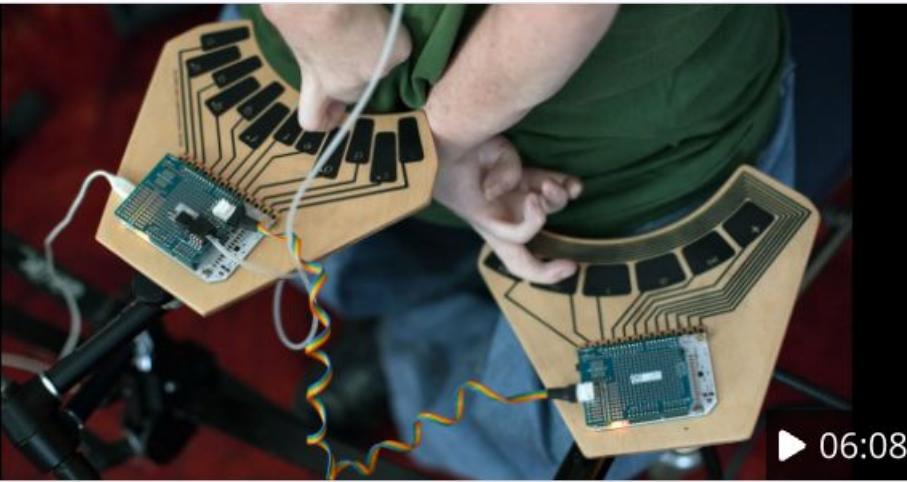
Abstract
抽象

Be Patient
耐性

Observation
觀察力

Curiosity
好奇

Frustration
沮喪



YouTube



Touch Chord - A Touch Sensitive Breath Controlled Instrument

Read the full story: <http://bit.ly/1Gg7gQ7> Designer Musician Vahagn Matossian from Human Instruments teams up with Bare Conductive to develop a new musical...

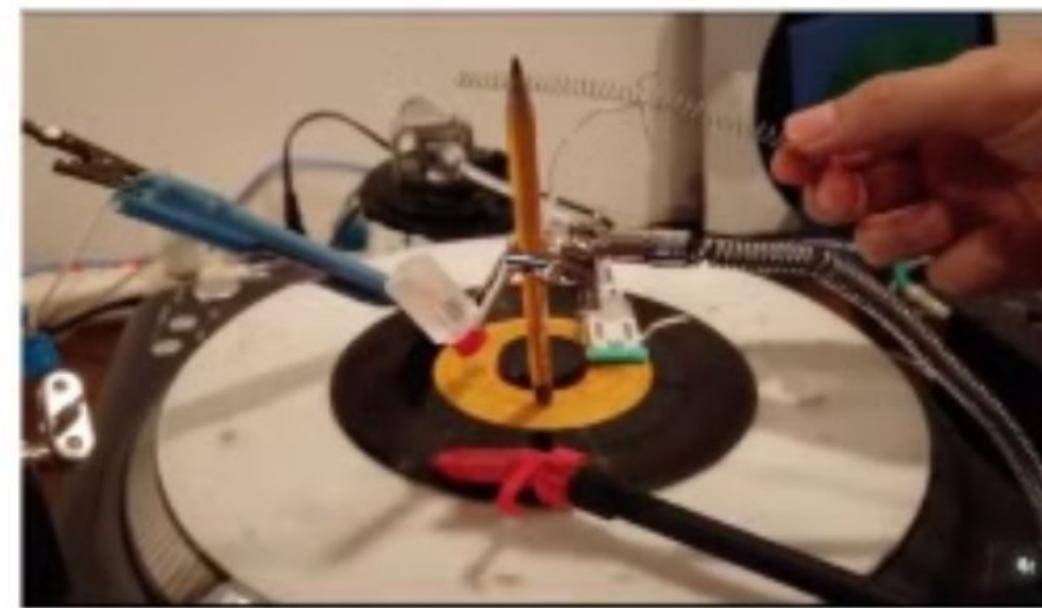


Bare Conductive



Making a Bionic Hand Touchscreen Friendly

Stephen Lowry shows us how he used Electric Paint to make his bebionic3 bionic hand touch screen friendly, allowing him to use his smart phone and other devices.



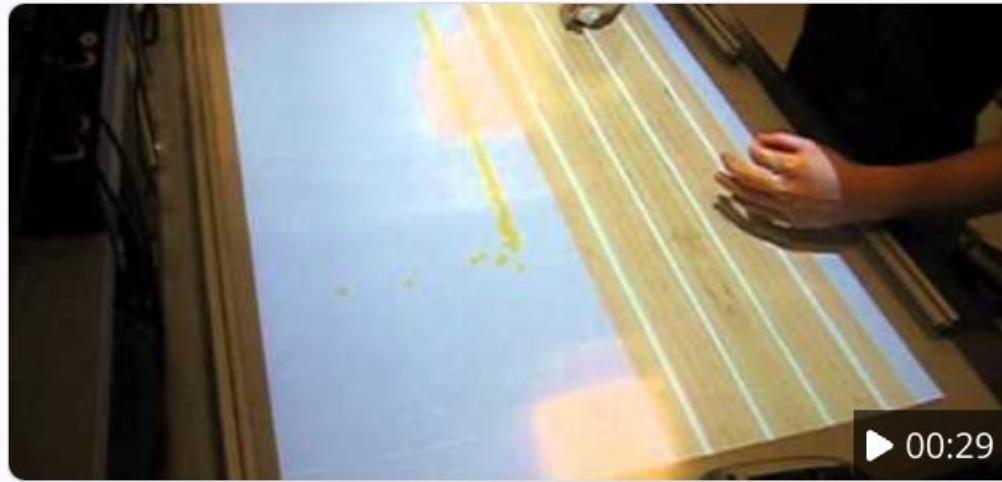


YouTube



Demystifying Conducting: The Connection Between Gesture and Musi...

Alan Gilbert, music director of the New York Philharmonic, demonstrates and discusses the role of a conductor. Subscribe to the Times Video newsletter for free...



YouTube



Gesture Based Music

In this demonstration, a ceiling mounted projector displays an image downward onto a partially retro-reflective screen material. This enables a camera, also...



YouTube



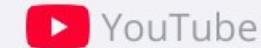
Live-Coding - programming masterly music | Juan Romero & Patrick ...

Benoît and the Mandelbrots see the laptop as their main instrument; they are mainly dedicated to live coding, the process of writing software in real time. They...

```
3# konbanwa! Hello from Leicester
4# hi from sheffield ! konbanwa
5
6 Scale.default="zhi"
7
8 Clock.bpm :=
9
10 z3 >> donk(linvar([0,3,-2]) + (0,7), dur=PDur(5,16), sus=linvar([-3,3],8), oct=var([5,{6,7}], [28,4]))
11 y1 >> play("/*[v v [ h] s*", rate=linvar([0.8,1],8), amp=.8, echo=PStep([5,4],0.75), r
12 y1 >> play("/*[v v [ h] s*", rate=linvar([0.8,1],8), amp=.8, echo=PStep([5,4],0.75), r
13 d1 >> play("x,x,x,x< s>yy dommune >", crush=0, psifft=2,pitch).sometimes("rate=1
14 d1 >> play("x,x,x,x< s>yy lucy >", crush=0, psifft=2,pitch).sometimes("rate=1
15 d2 >> play("w", dur=PDur(5,8,[0,2]), rate=[2,2,4,6], formant=2, crush=PRand([0,8]), pan=0
16 d2 >> play("w", dur=PDur(5,8,[0,2]), rate=[2,2,4,6], formant=2, crush=PRand([0,8]), pan=
lucy=list(P[2:10]), dur=2)
17
18 # ok we have 3 mins :) wanna slow it right down and go weird?
19 y4 >> play("-([ss])[-----]-([ss])[ssssssssssssssssssssssssssss]", ps
ten", 16)
20
21 #yyyyyyyyyyyyyyyy
22
23 loz : z3 >> donk(linvar([0,3,-2]) + (0,7), dur=PDur(5,16), sus=linvar([-3,3],8), oct=var([5
,(6,7],[28,4]))
lucy : Clock.bpm = 45
ryan : d2 >> play("w", dur=PDur(5,8,[0,2]), rate=[2,2,4,6], formant=2, crush=PRand([0,8]),
pan=[-2,1], shape=PRand([0,1,0,2]).sometimes("stutter", 8, rate=list(P[2:10]), dur=2)
lucy : # ok we have 3 mins :) wanna slow it right down and go weird?
..... : y4 >> play("-([ss])[-----]-([ss])", psifft=[1,2,3,4,5,6,7], rate=va
r([1,-1]).every(4, "stutter", 16)
loz : y1 >> play("/*[v v [ h] s*", rate=linvar([0.8,1],8), amp=.8, echo=PStep([5,4],0.75),
com=0.1, drive=.1) # wahhhhhhhhhh =0
```



► 02:37:01

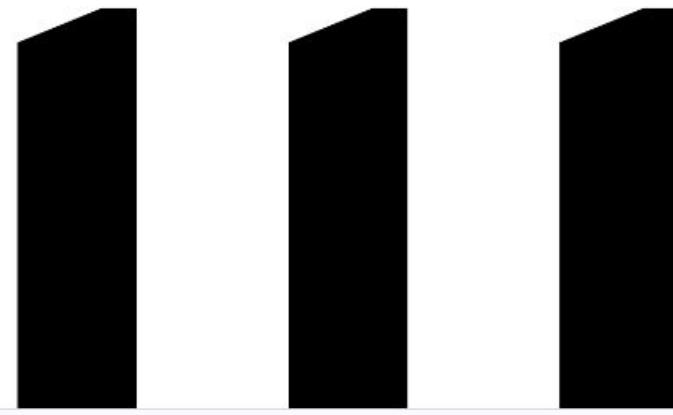


DOMMUNE Tokyo - live coding performances - algorave tokyo x yorks...

DOMMUNE - Tokyo x Yorkshire exchange transmission

<http://www.dommune.com/reserve/2018/1114/> With thanks to Great Britain...





iii instrumentinventors.org

Homepage - instrumentinventors.org

iii is an artist run, community platform supporting new interdisciplinary practices linking performance, technology and the human senses



示範:使用Adafruit Circuit Playground的加速度規(Accelerometer)

在這個示範中,我們將探索如何使用Adafruit Circuit Playground內置的加速度規將物理運動轉換為聲音。

什麼是加速度規?

一種可以檢測沿不同軸(X、Y、Z)的速度和方向變化的感測器,使我們的樂器能夠響應傾斜、搖晃和旋轉。

運動到聲音的轉換

當我們傾斜、搖晃或旋轉Adafruit電路板時,加速度規數據會直接修改聲音頻率(Hz),使快速運動產生更高的音高,慢速運動產生更低的音高。

示範1 (Processing)

音訊產生

具有ADSR包絡(Attack、Decay、Sustain、Release)的振盪器可以產生動態響應運動的聲音,展示電子樂器如何產生和塑造音調。

運動追蹤

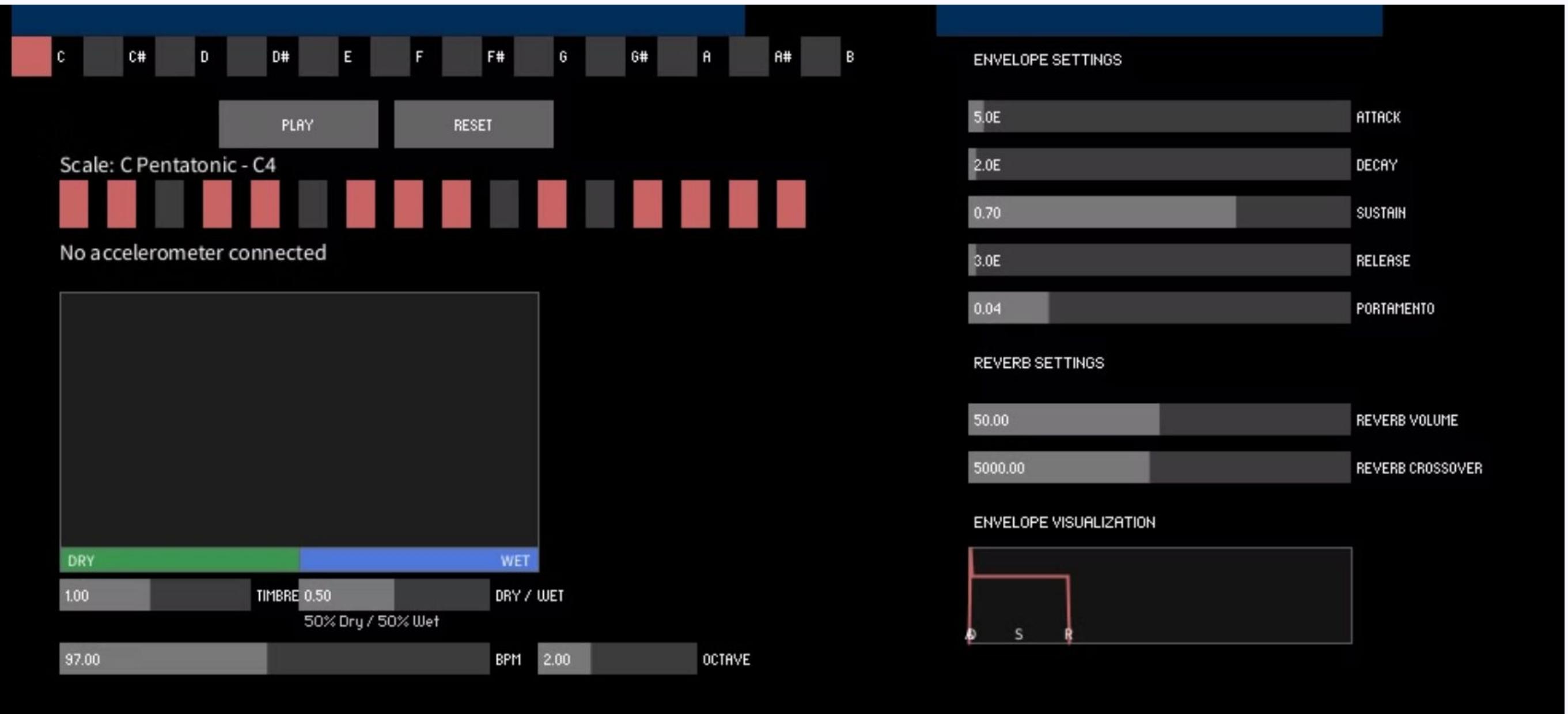
加速度規捕捉沿 X、Y 和 Z 軸的物理運動。

視覺反饋

使用Processing IDE可視化加速度規數據的實時數據, 展示運動與聲音產生之間的關係。

音訊處理

Pure Data (PD)處理音訊信號鏈, 展示開源工具如何創建複雜的音訊處理系統。

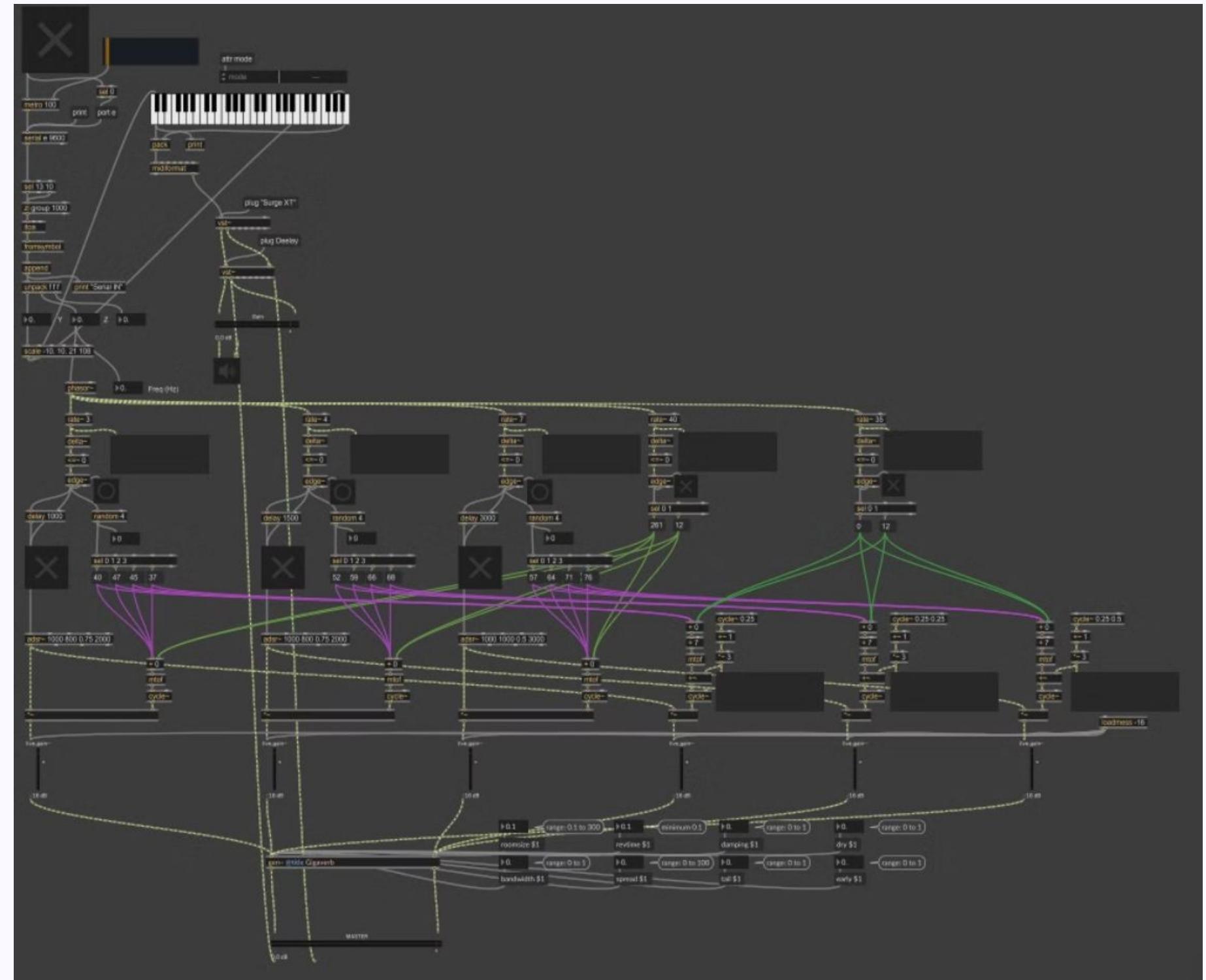


示範2 (Max/MSP)

在這個示範中,我們將探索如何使用 Max/MSP 將物理運動轉換為音樂參數。

我們使用強大的免費VST合成器 Surge XT 作為聲音源,並搭配 Deelay 效果插件進行基於時間的音頻操作。X軸運動數據(範圍從-10到10)使用 kslider 對象映射到 MIDI 音符,然後直接發送到 Surge XT 合成器。

同時, Y軸運動數據饋入 phasor~ 對象,創造循環模式來控制我們的音符發生器。這建立了物理動作與音樂輸出之間的動態關係,類似於我們將使用導電墨水樂器實現的效果。



在人工智能時代的文字 vs. 基於節點的創意編碼

在我們開發導電墨水樂器的過程中,我們將使用基於文字的編碼(如Arduino)將物理輸入轉換為聲音。

基於文字的編碼

- 通過書面命令提供精確的控制
- 理解核心編程概念是必要的
- 即使有GitHub Copilot等人工智能工具協助代碼生成,這些技能仍然相關

基於節點的編程

- 視覺化方法,使用"線"將功能塊連接起來
- 對聲音設計和信號處理很直觀
- 鼓勵實驗和快速原型製作

理解這兩種範式都能為您表達創意想法提供靈活性,並為您準備使用編碼和新興人工智能輔助工具的能力。



第1課: 導電墨水介紹

什麼是導電墨水?

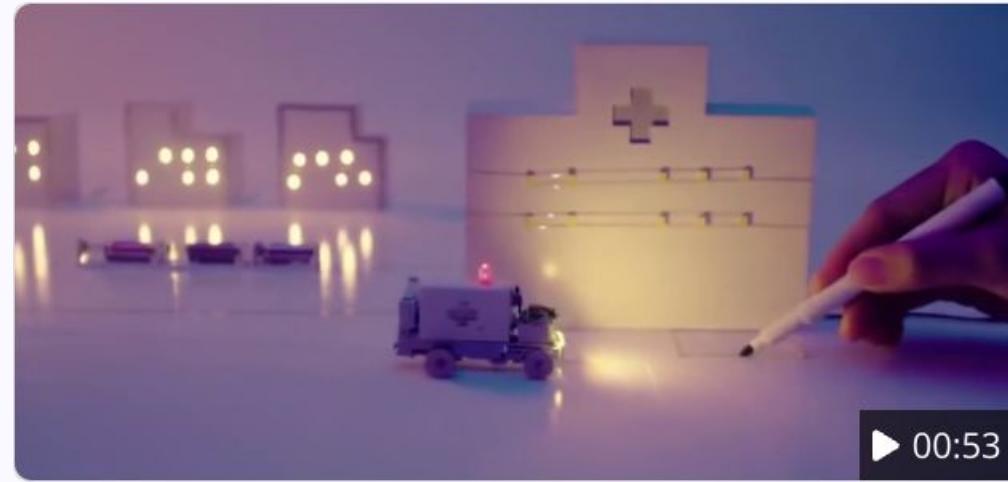
導電墨水是一種可以導電的特殊墨水。

如何使用導電墨水?

它可以用在電子開發和藝術創作中。

課程概覽

我們將探索其性質和應用。



YouTube



Pen that draws electricity - The AgIC Circuit Marker pen uses conduct...

The AgIC Circuit Marker pen uses conductive ink that allows working electrical circuits to be drawn on pieces of paper. Available on Amazon for only \$15!...

▶ 00:53

了解電導率 (Electrical Conductivity)

電導率指材料允許電流流動的能力。就像水流經管道一樣，電流也流經導電材料。

電子電路

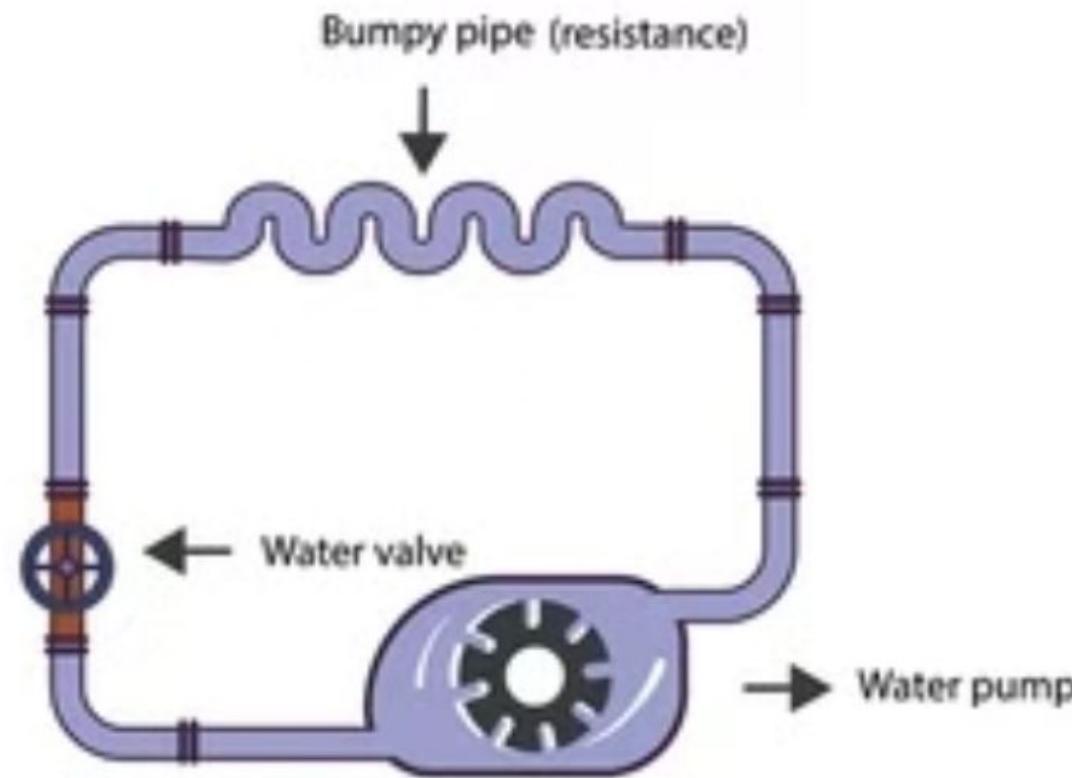
- 電流流經導電電線
- 電子從負極移動到正極
- 電阻限制電流流動
- 電壓作為電力推動力

水管系統

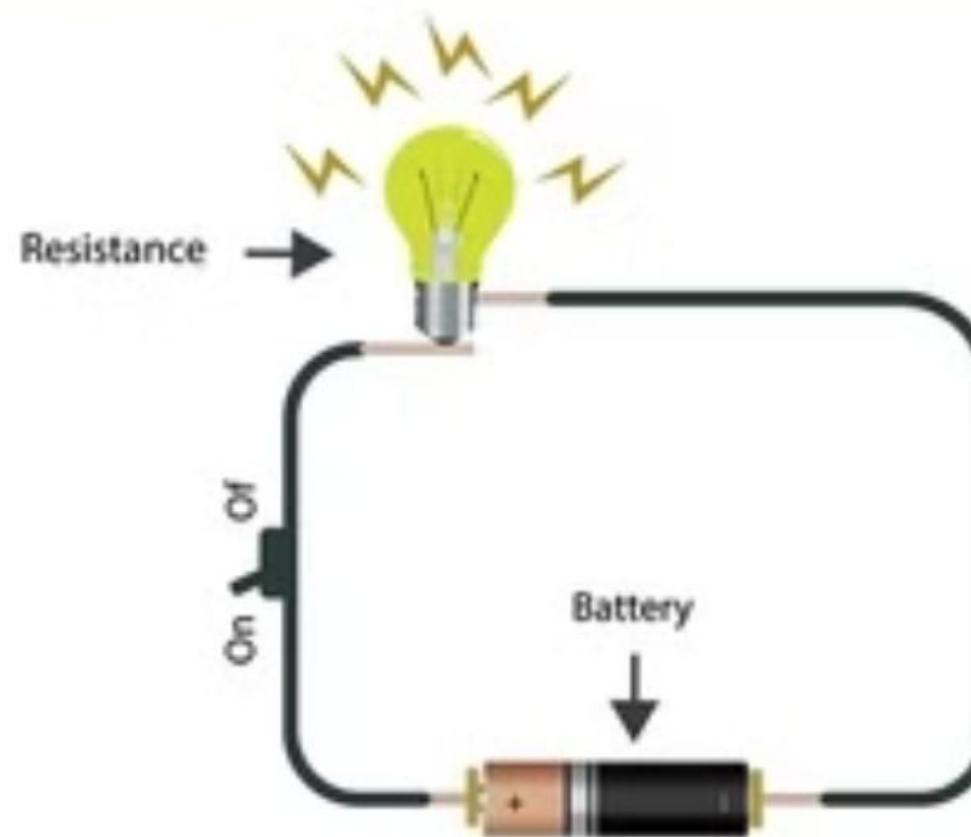
- 水流經管道
- 水分子從高壓移動到低壓
- 狹窄管道限制水流
- 水壓推動水向前流動

當我們使用導電墨水繪畫時，我們實際上是創造了靈活的"管道"，讓電流可以流經。這使我們能夠設計創意電路，而無需使用傳統的剛性接線。

SIMPLE WATER SYSTEM



SIMPLE ELECTRIC CIRCUIT





YouTube



The pen that draws electricity

The AgIC Circuit Marker pen uses conductive ink that allows working electrical circuits to be drawn on pieces of paper. Japanese venture AgIC developed. We test...

▶ 03:19



YouTube

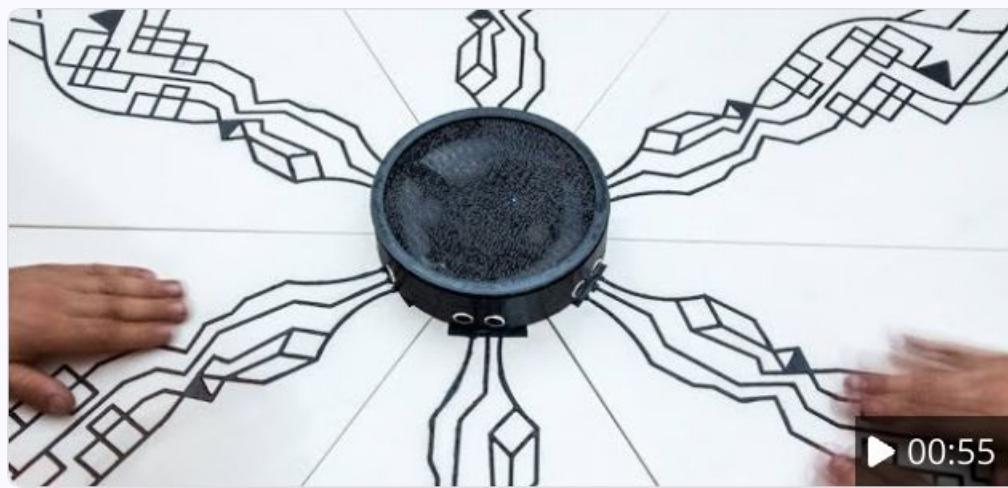


Electric Paint Lamp Kit

Find out more about the Electric Paint Lamp Kit here:

<https://www.bareconductive.com/collections/electric-paint-lamp-kit> Transform any...

▶ 01:1



YouTube



Build Your Own Interactive Sound Table with Electric Pai...

Find out more about Electric Paint here:

<https://www.bareconductive.com/collections/electric-paint> TACTO is an interactive...



YouTube



Interactive media wall (touch sensor, conductive ink, projection map...)

[PLAYDODO] Music Playing Wall : Projection Mapping, Conductive Ink, Interacitve Art
Music Playing Wall, a fun Interactive touch wall painted with instruments recognize...

了解電子電路中的電阻器 (Resistors)

電阻器是基本的電子元件，它們可以限制或阻礙電路中電流的流動。它們提供以歐姆(Ω)為單位的精確電阻量。

電子電路中的電阻器

電阻器的工作原理是將電能轉換為熱能，從而減少電流流動。

- 低電阻(例如 1Ω)允許更多電流流動
- 高電阻(例如 $10,000\Omega$)大幅限制電流
- 電阻器可保護敏感元件免受過大電流的損害
- 它們用於分壓和創造特定的電路行為

水管系統類比

水管系統提供了一個很好的方式來理解電阻器的功能：

- 寬管道(低電阻)可以讓水流動自如
- 窄管道(高電阻)限制水流
- 水壓(電壓)推動著限制的流動
- 流量(電流)隨著管道狹窄程度的增加而減少

就像我們在管道系統的不同部位使用不同尺寸的管道來控制水流一樣，我們在電路的不同部位使用不同電阻值來控制電流。

RESISTORS EXPLAINED



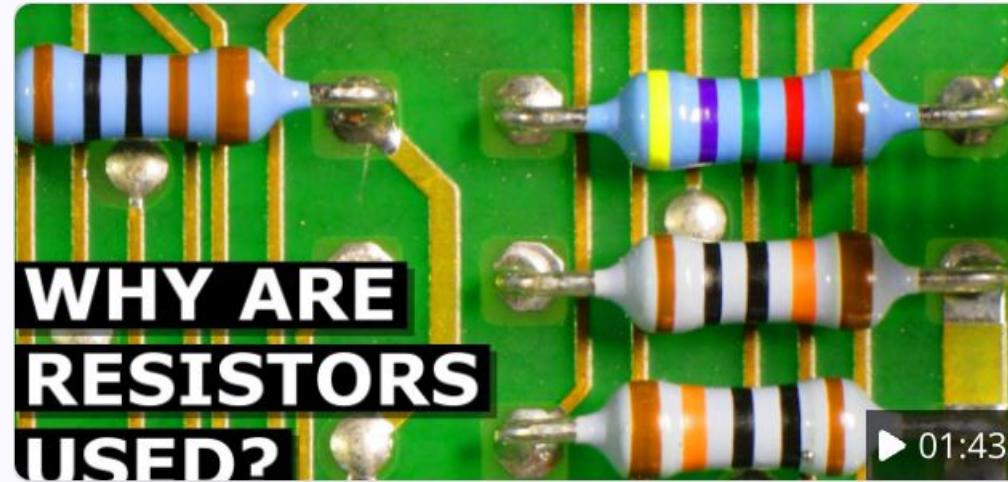
YouTube

How Resistor Work - Unravel the Mysteries of How Resistors Work!

In this video, we're going to learn about how resistors work! We'll explore the different types of resistors, how resistors work in circuits, and how to calculate...

▶ 28:23





YouTube



Why Resistors Are Used In circuits

In this video, we're going to answer the question: Why are resistors used? 👍 👍 👍

FREE design software ➡ <https://www.altium.com/asp/the-engineering-mindset/> ...

為什麼電阻器對”墨奏”至關重要

電阻器發揮著幾個關鍵作用：



元件保護

電阻器可以保護我們的Arduino微控制器和其他敏感電子元件,免受過大電流的損害。



音色調節

通過使用不同電阻值創建電壓分壓器,我們可以產生各種音調,並控制”墨奏”的音高,從而實現更豐富的音樂表現力。



觸摸靈敏度

與導電墨水一起使用時,電阻器有助於校準電容式傳感器的靈敏度,確保可靠地檢測到我們樂器表面的手指觸摸和手勢。

材料清單

所需元件:

核心電子元件

- Arduino Uno R3微控制器主板
- TouchKeyUSB電容式觸控感測模組
- VS1053模組搭配SD卡
- 帶有音頻插孔輸出的小型喇叭
- USB連接線

導電材料

- 導電墨水
- 銅膠帶
- 各種電阻器($10k\Omega$, $1k\Omega$, 220Ω)
- 夾線

第2課:探索電子樂器

特雷門琴 (Theremins)

探索特雷門琴和基於手勢的控制。

聲音

了解電子聲音產生。



YouTube



01 Music Basics - What is Music?

Music theory from the very beginning. If you want to know how to write music, want help revising for exams at school, or just interested in how music works, then this...

Tonality

The overall sound of the music as pleasant or unpleasant

Timbre

The unique sound quality of an instrument or sound

Texture

The layers of sound, how sparse or dense the music is

Rhythm

How long or short a sound is

Dynamics

How loud or soft the music is

Form

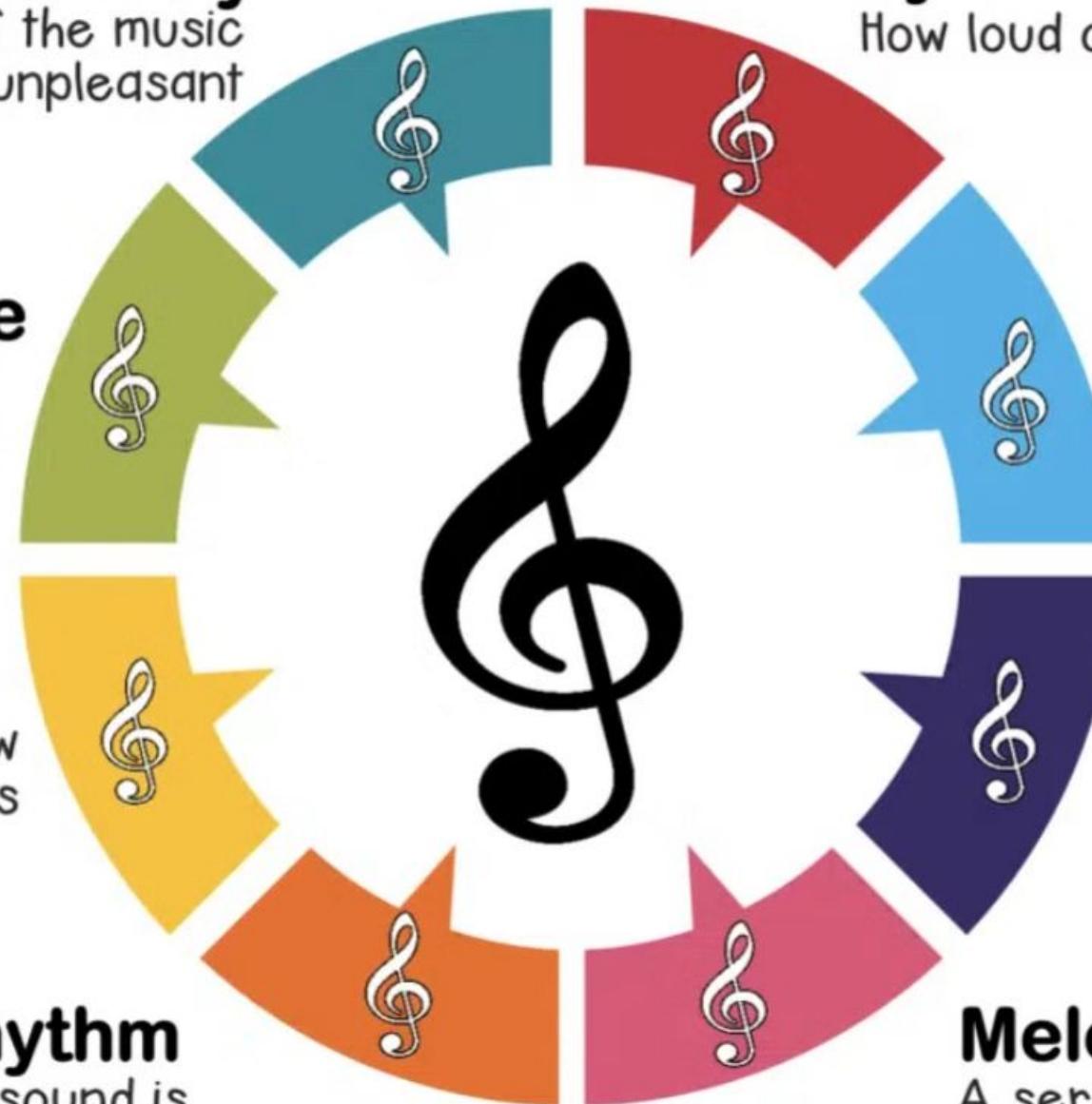
The order and arrangement of the parts of the music

Harmony

The instruments that support the melody with chords

Melody

A series of pitches that makes a tune



電子音樂/樂器的核心元素



節奏

音樂中時間的模式 - 控制音符何時播放以及持續多長時間。在電子樂器中，節奏可以通過編程或在導電表面上觸摸模式來精確控制。



音色

區分不同樂器的聲音質量和特性。通過我們的Arduino和VS1053設置，我們可以操縱電子信號以從單一接口產生各種音色。



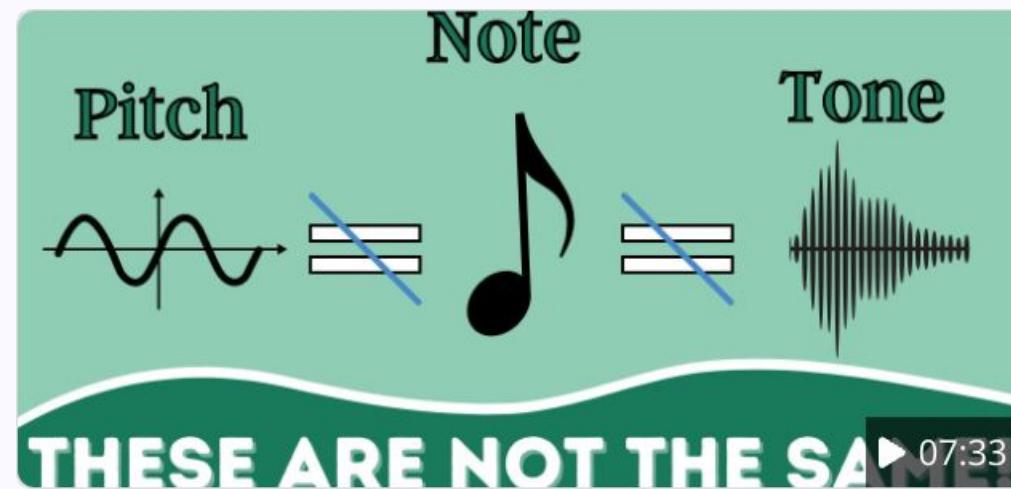
旋律

組成主要可識別主題的音符序列。”墨奏”允許不同的導電墨水圖案觸發旋律。



力度

音符大小聲或小聲的變化。



YouTube

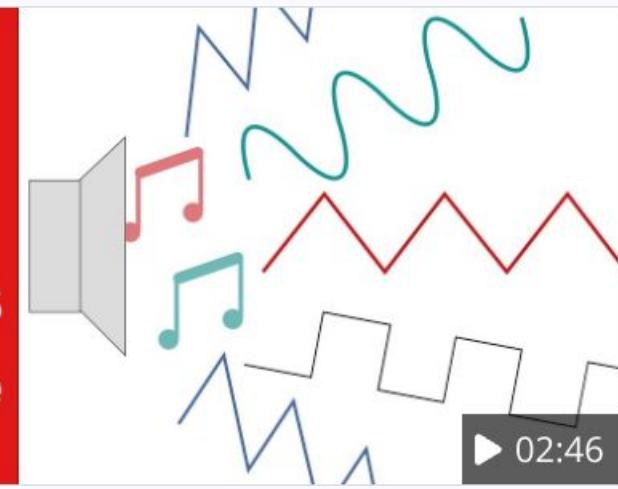
The Difference Between Pitch, Note, and Tone

If you'd like to support my channel, consider joining on Patreon:

<https://shorturl.at/Tw3Mu> This is episode 1 of the music fundamentals series!...



What do Electronic Waveforms Sound Like

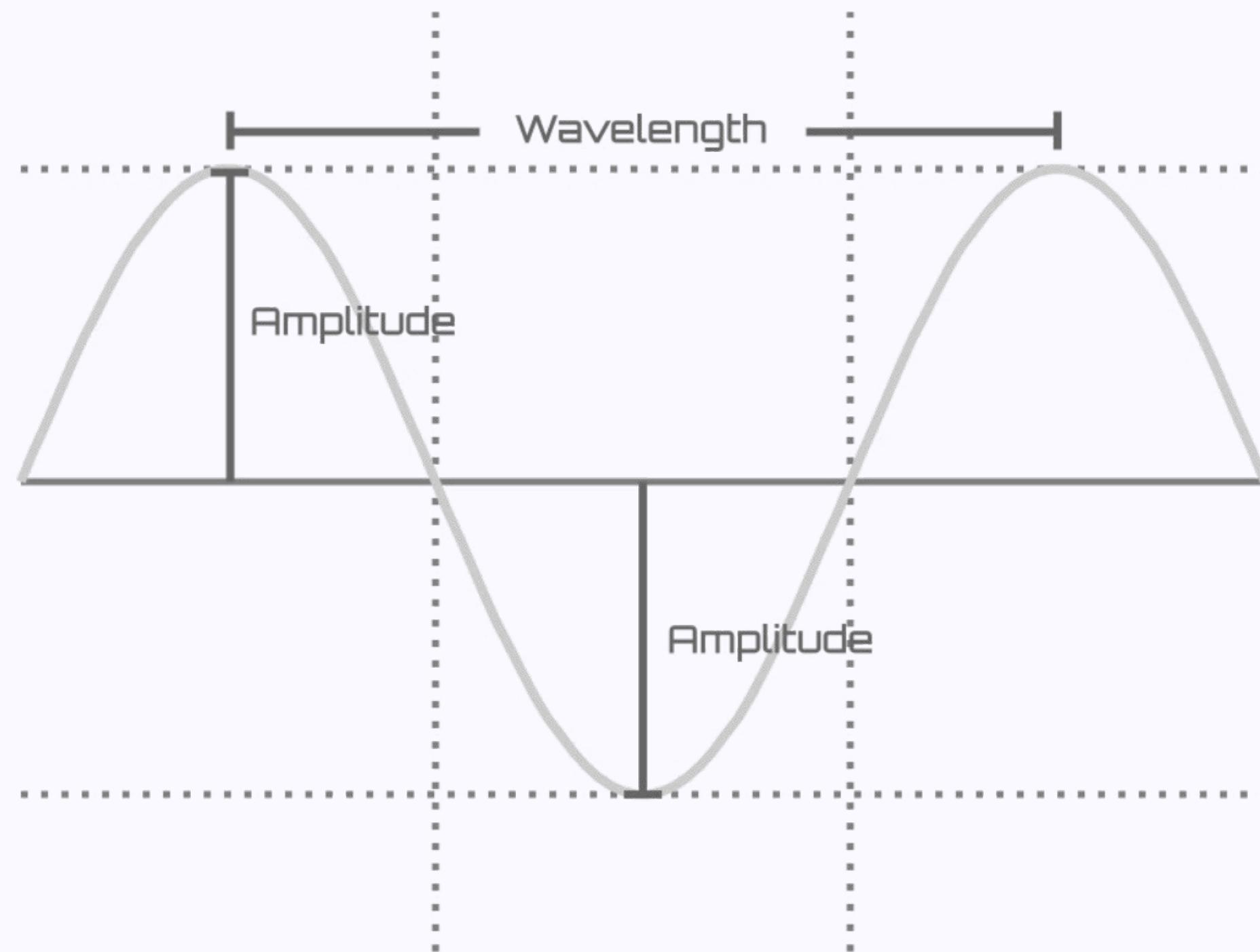


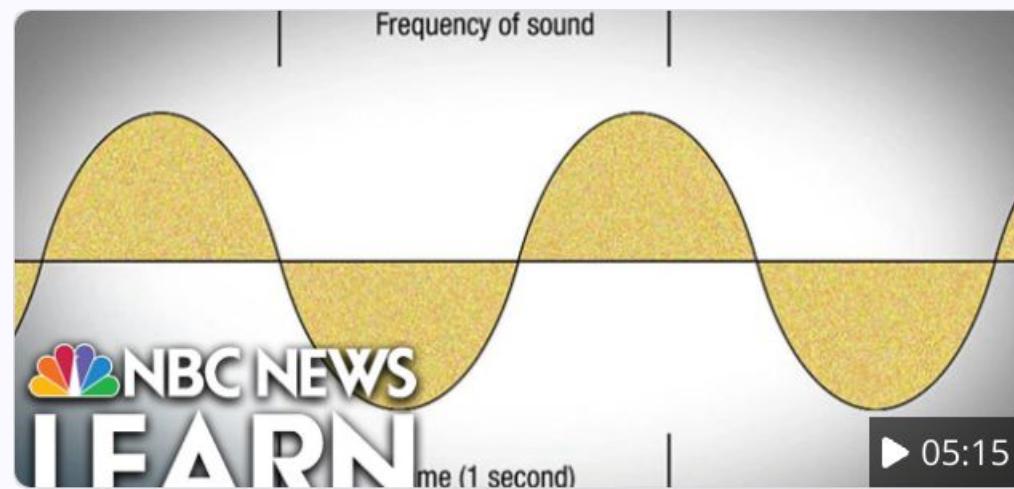
YouTube

What do Electronic Waveforms Sound Like

This video gives you the key information about common waveforms found in electronics and lets you hear what they actually sound like. The waveforms include...





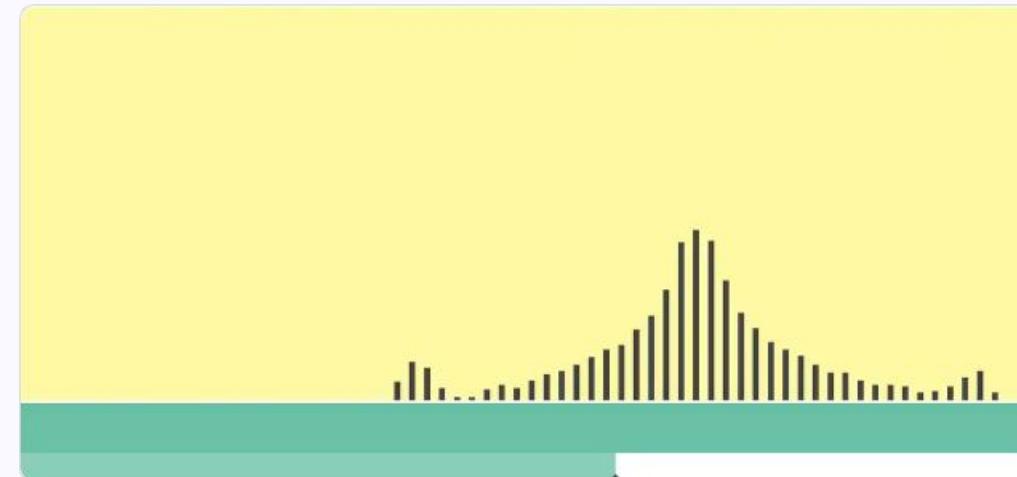


YouTube



Sound Waves

Sound, Sound Waves, Waves, Vibration, Matter, Vibrate, Vibration, Guitar, Singing, Song, Vocal Chord, String, Frequency, Pitch, Energy, Volume, Amplitude



 davay42



Theremin | Web Synths Collection by Playtronica & Chromatone

Experience the magic of the theremin with this interactive web-app by Femur Design. Harness the power of motion to create ethereal music without physical...

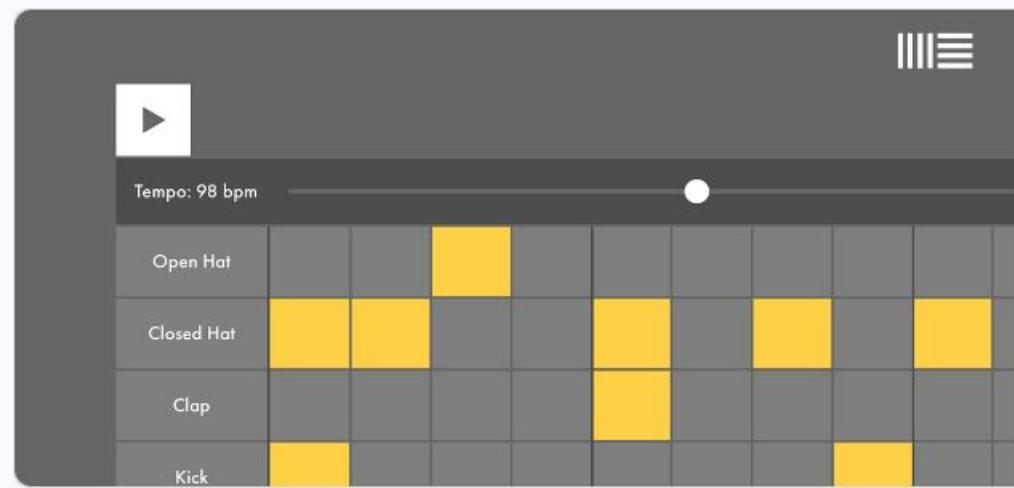


 RolandGlobal



Roland50.studio

Emulate the sound of Roland's most famous and influential musical instruments from Yuri Suzuki and Roland.



learningmusic.ableton.com



Get started | Learning Music

Explore the fundamentals of music via Ableton's interactive website. Experiment with beats, melody, harmony, basslines, and song structure in your web browser.



YouTube



Sounds of a Glass Armonica

Composer William Zeitler plays a glass armonica, invented by Benjamin Franklin in 1761. For more on this fascinating story read the full article here on the Toronto...

D | Y
ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ AMBIENT И DRONE



▶ 17:0

YouTube

Я сделал Ambient Box на основе EBow | I made an Ambient Box bas...

Взял за основу принцип работы EBow и создал Ambient/Drone Box I took the principle of EBow and created an Ambient/Drone Box based on it



KONTINUUMLAB
WORKSHOPS
Cardboard MIDI
Recorder



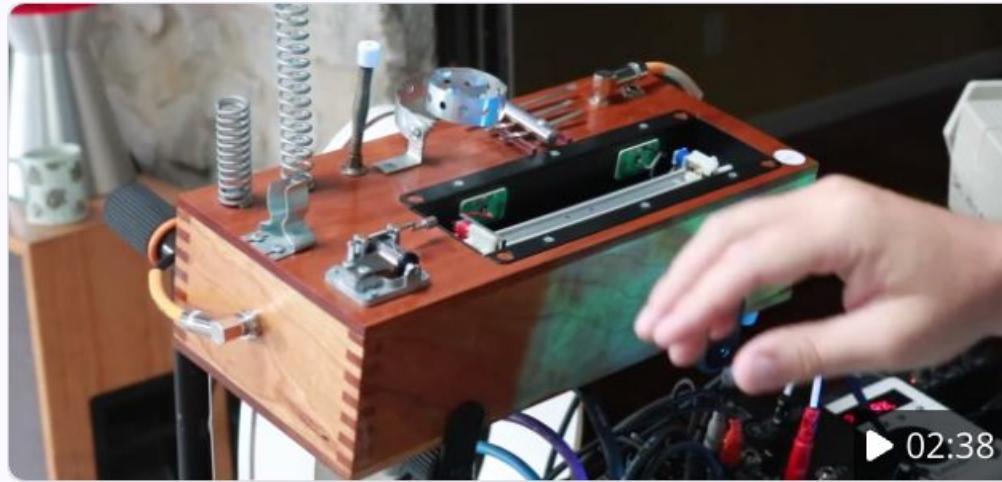
YouTube



KontinuumLAB WORKSHOPS: Recorder MIDI Controller.

In this video tutorial I show you how to make a recorder type MIDI controller from corrugated cardboard and other cheap materials and components. This is one of t...

▶ 15:5



YouTube



Noise Box 5 - experimental music instrument

Wooden noise box instrument (#5 of my collection). Perfect for film scoring, experimental music, or just improvising with friends. Reverb tank has an output, a...

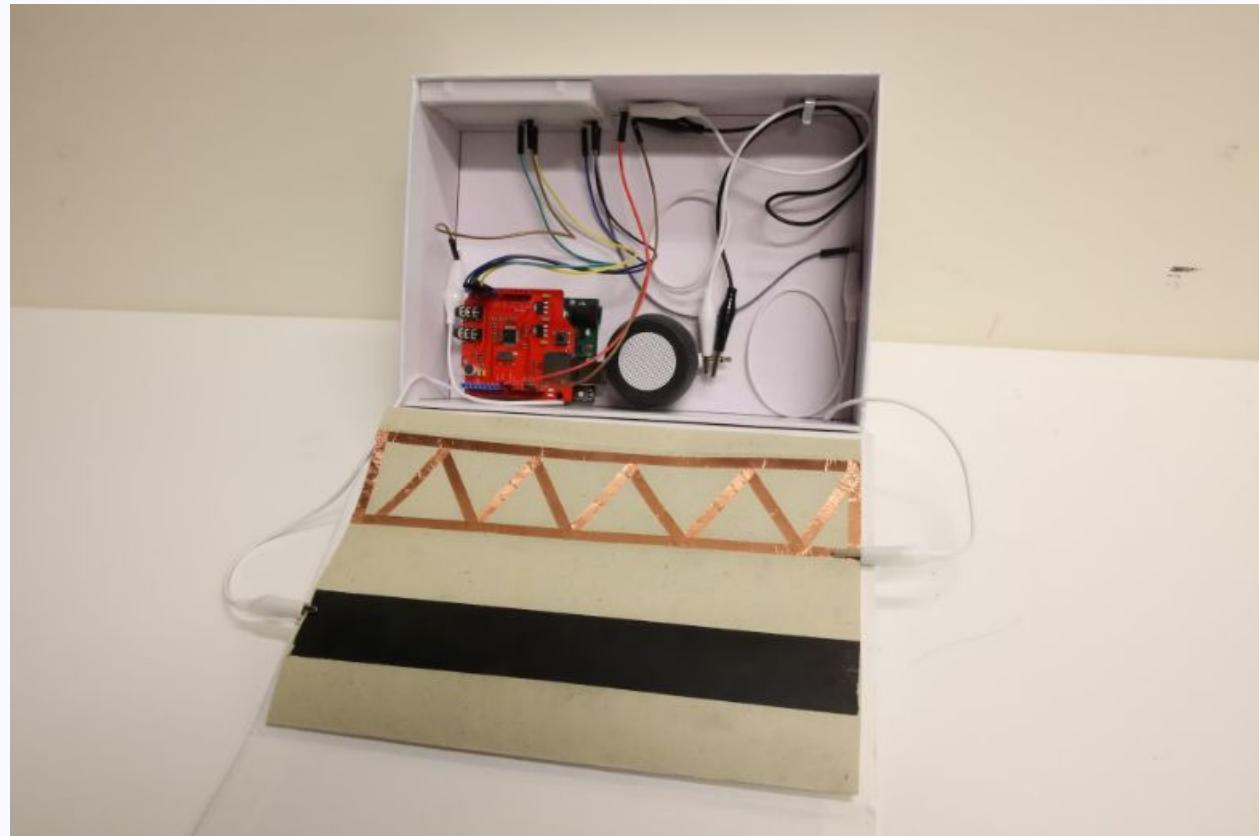
▶ 02:38



YouTube

10 Years of the Korg Volca Keys

April 2023 marks ten years since Korg's Volca Keys debuted. Chris Cline revists the popular synth to go over the features and sounds that have made it such a popula...



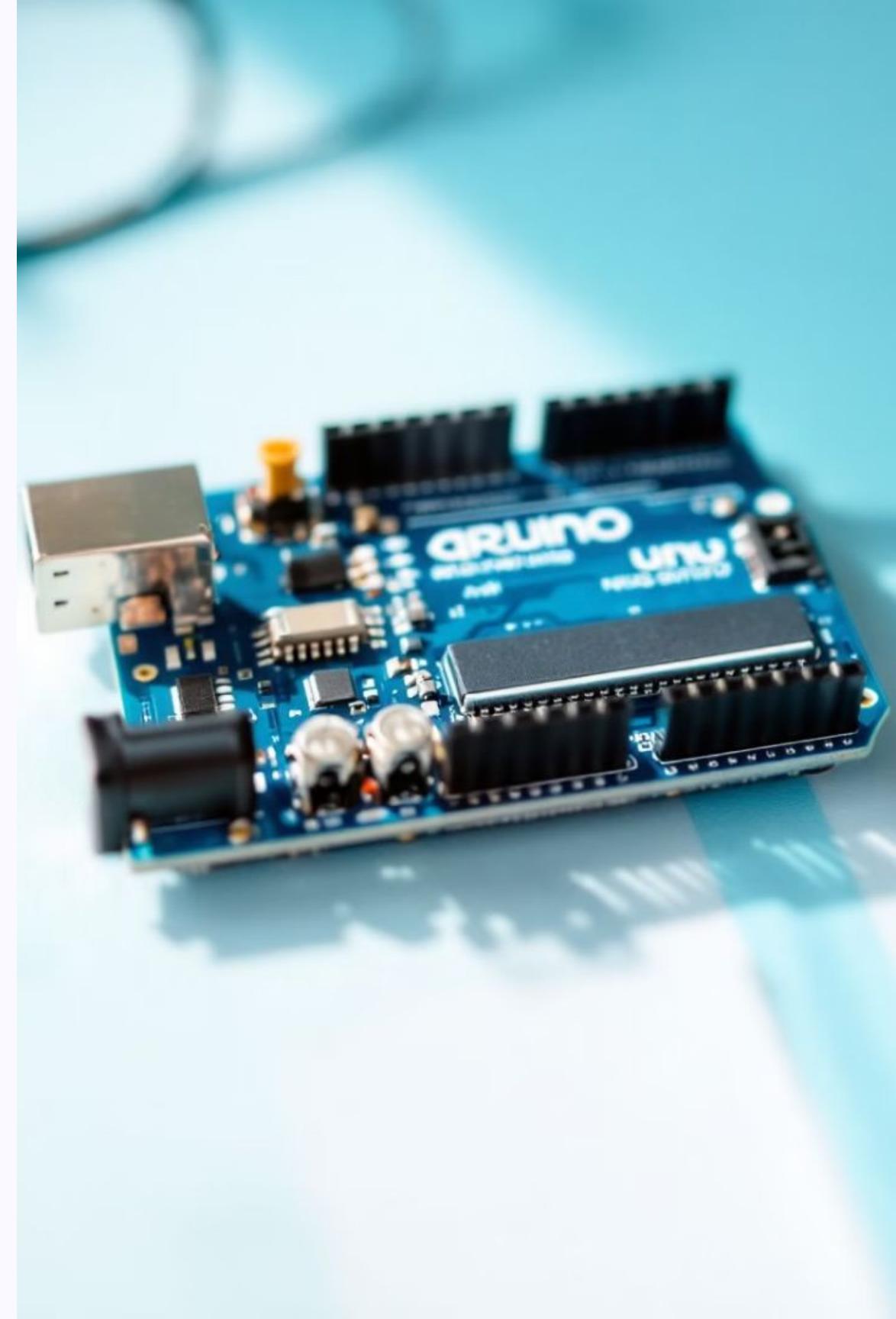
第3課:導電墨水作為感測器

感測

使用導電材料進行觸控感測。

Arduino 簡介

Arduino 是一個開源電子平台,基於易於使用的硬體和軟體。它旨在使藝術家、設計師、愛好者和任何對創建互動式物品或環境感興趣的人更容易進行互動式項目的創建過程。

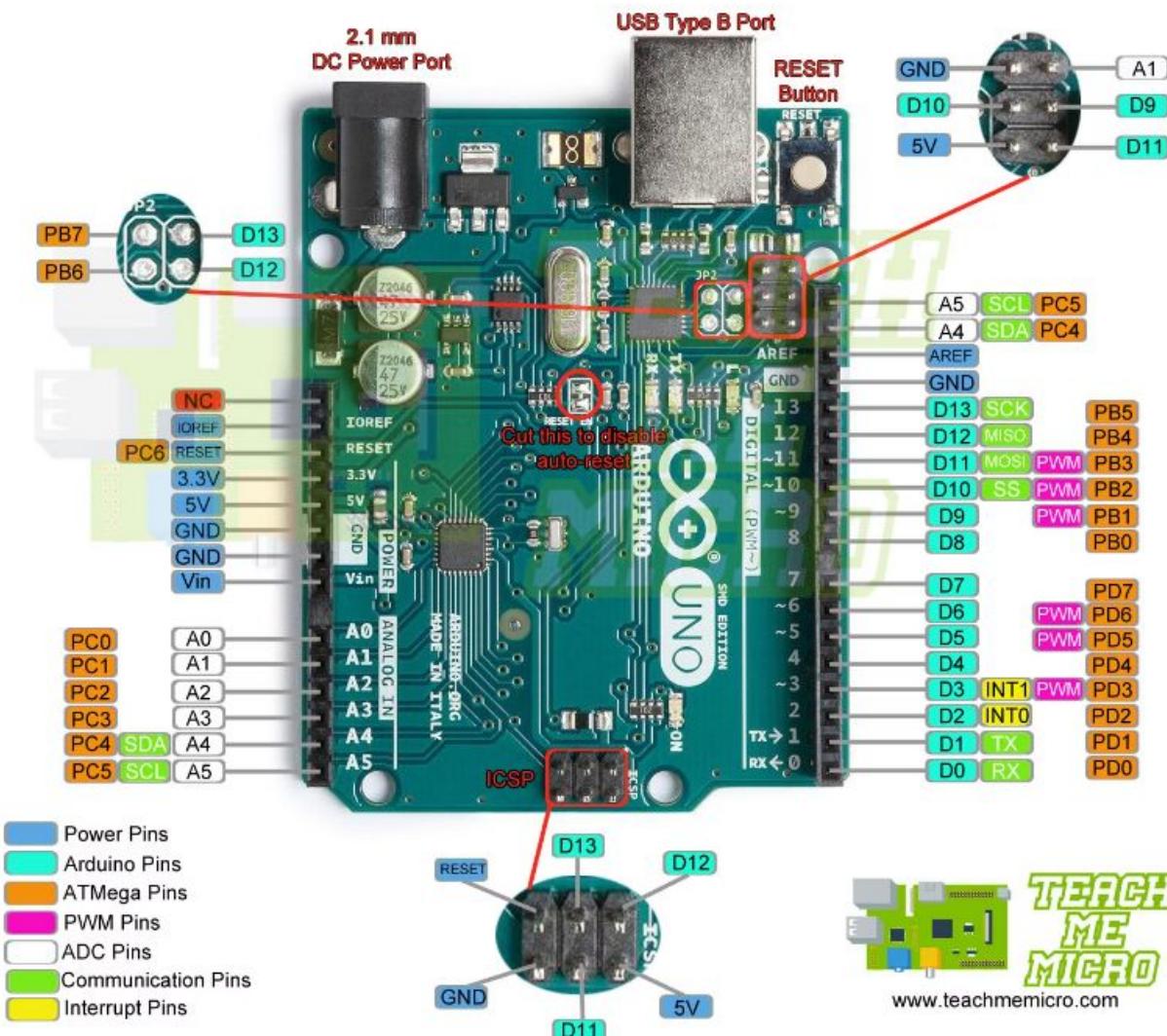


Arduino Uno R3

Arduino Uno R3是我們選擇用於Inkstrument項目的微控制器，因為它的可靠性和廣泛的社區支持。這個主板配備了ATmega328P微處理器，具有：

- 14個數字輸入/輸出引腳(6個可用作PWM輸出)
- 6個模擬輸入,用於讀取我們的導電墨水傳感器
- USB連接,用於編程和串行通信

ARDUINO UNO R3 SMD PINOUT



2. USB PORT

3. USB TO SERIAL CHIP

4. DIGITAL PINS

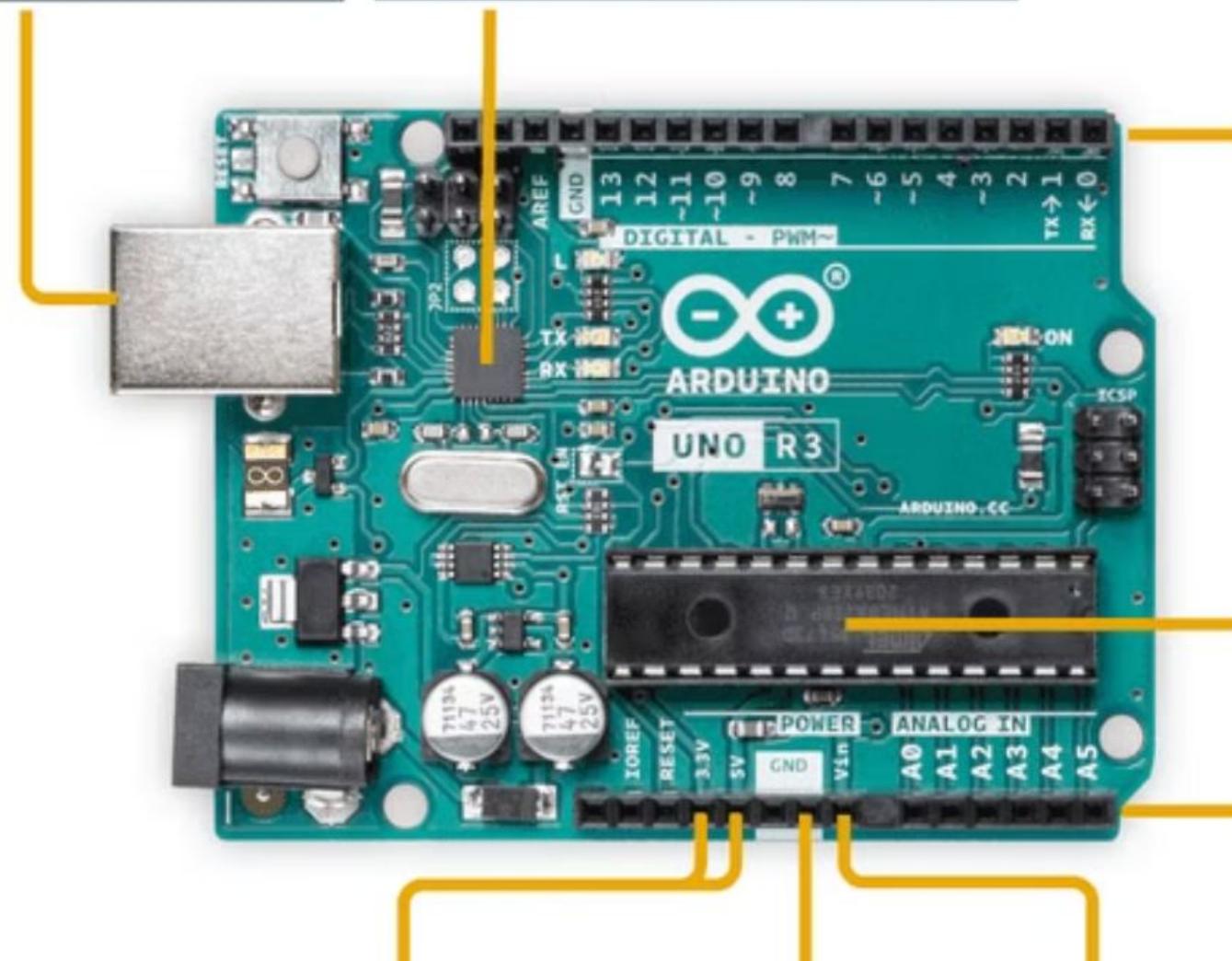
1. MICROCONTROLLER

5. ANALOG PINS

6. 5V/3.3V

7. GND

8. VIN



串行通信 (Serial Communication): 連接Arduino與創意軟體

Arduino可以通過串行通信協議(RS-232、SPI、USB、CAN、I₂C和Modbus)與創意編碼平台無縫交換數據。這連接性使我們的導電墨水傳感器能夠控制以下軟體中的聲音、視覺和互動體驗。

Processing

通過使用Serial庫從Arduino發送傳感器值到Processing草圖,創造對觸摸手勢的視覺反應。



Processing

Welcome to Processing!

Processing is a flexible software sketchbook and a language for learning how to code....

TouchDesigner

通過將Arduino傳感器數據通過COM端口饋送到TouchDesigner的實時基於節點的環境構建互動裝置。



Derivative

Derivative...

Derivative is a software company that offers TouchDesigner, a visual development...

Max/MSP

通過將導電墨水傳感器讀數從Arduino路由到Max/MSP,生成複雜的聲音和音樂作品。

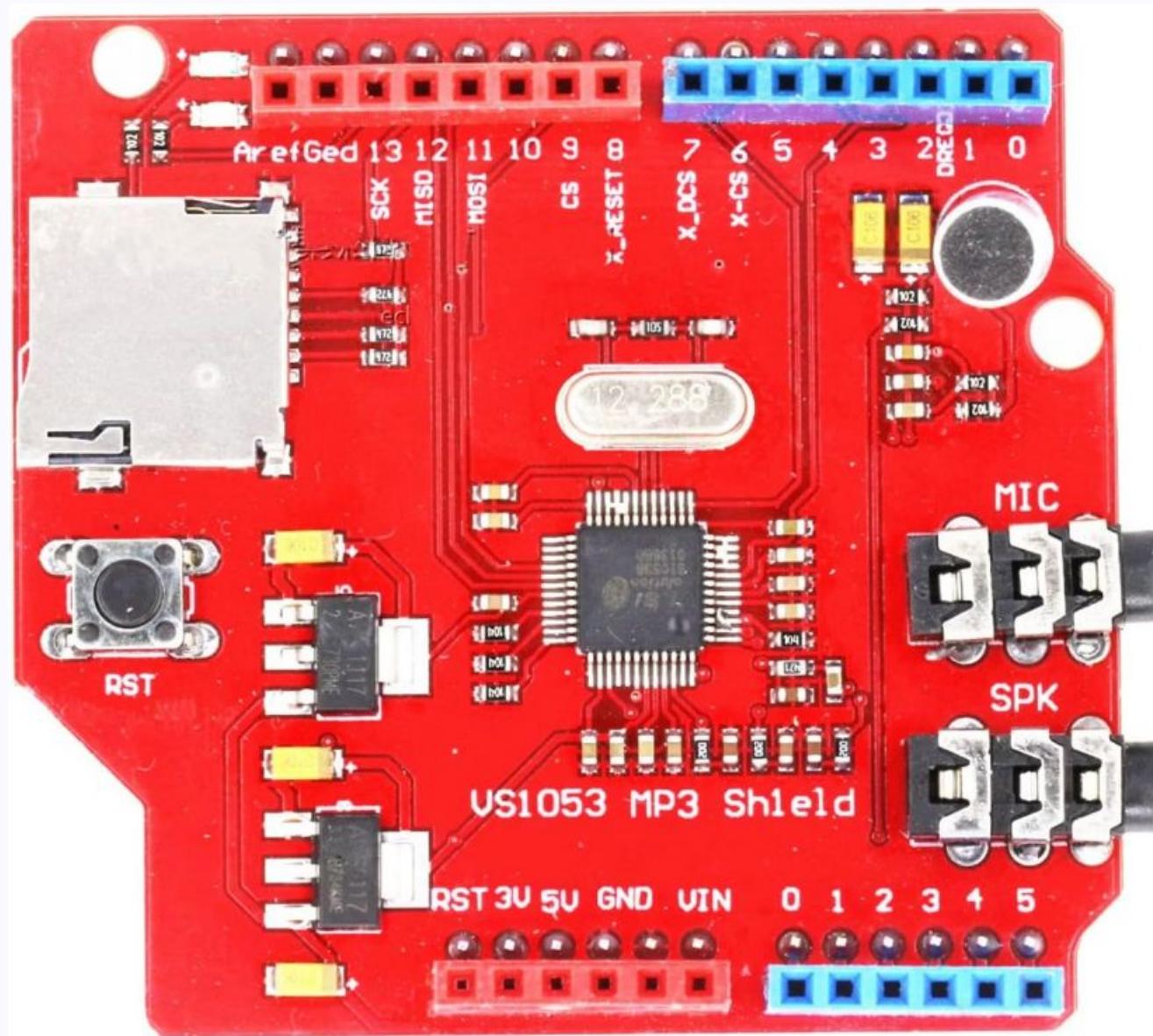


cycling74

Cycling '74

Tools for sound, graphics, and interactivity

VS1053 MP3 Shield



VS1053音訊編解碼器分線板

VS1053是一款多功能音訊編解碼器,非常適合用於創造性地使用導電墨水樂器。

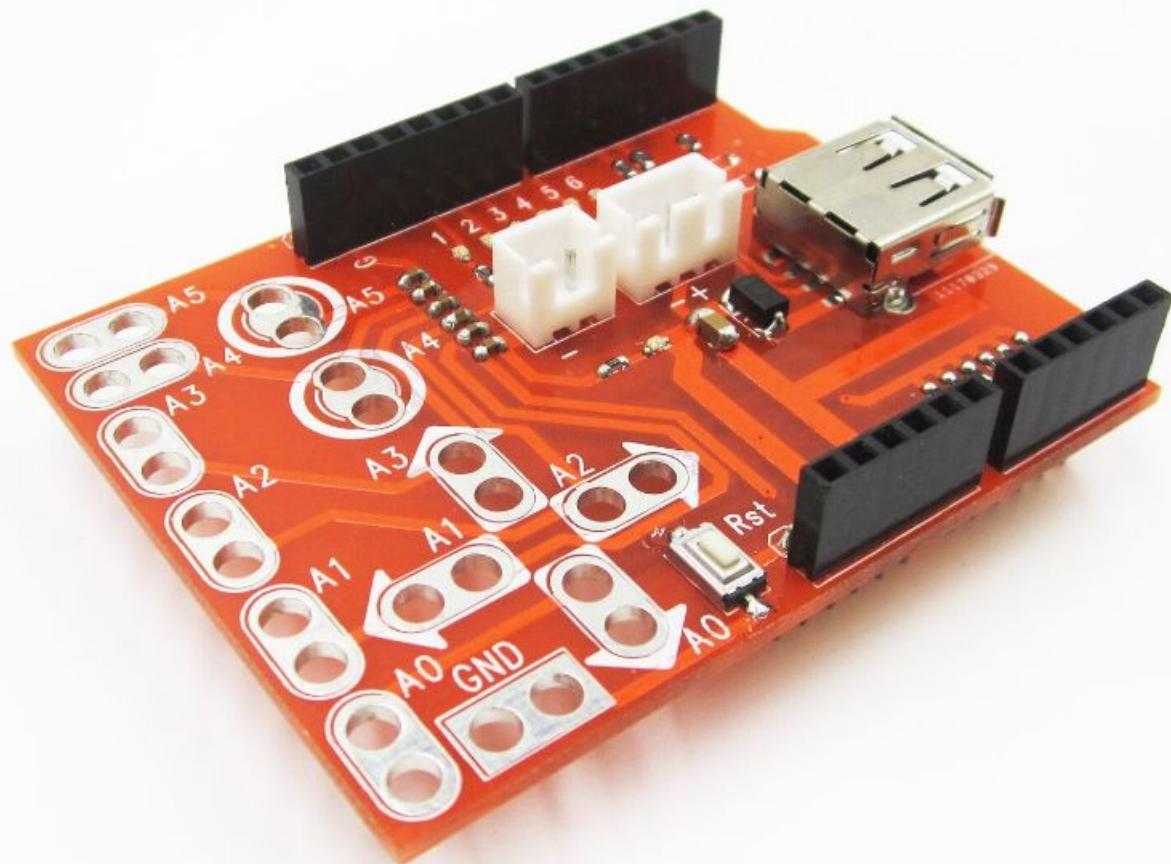
擴展板使Arduino能夠播放MP3、WAV、MIDI和OGG文件,非常適合用於響應式聲音裝置。

VS1053可以將電容式觸摸輸入轉換為動態聲音輸出創造出直觀的音樂界面。

通過microSD卡插槽(最大32GB),它可以存儲並觸發基於不同觸摸手勢的複雜聲景。

3.5mm音頻插孔和可選揚聲器端子可提供高品質的立體聲音效所需的額外元件很少。

觸控鍵USB



觸控鍵USB擴展板是一款Arduino相容的擴展板,可將導電表面轉化為通過電容感應的觸控輸入。這個擴展板可直接連接到我們的Arduino Uno R3,提供多達16個觸控通道,無需使用實體按鈕。它非常適合用於我們的導電墨水項目,因為它可以通過紙張、塑料或塗有導電墨水的布料檢測觸摸從而允許我們創造出可觸發聲音或控制電子樂器參數的自定義互動界面。



特雷門琴(Theremins)簡介

- 1 歷史
- 2 原理
- 3 示範

歷史

特雷門琴由俄羅斯物理學家Léon Theremin於1920年發明,是最早期的電子樂器之一。

原理

特雷門琴是由手勢控制,不需要實體接觸,利用天線感應演奏者的手部位置。

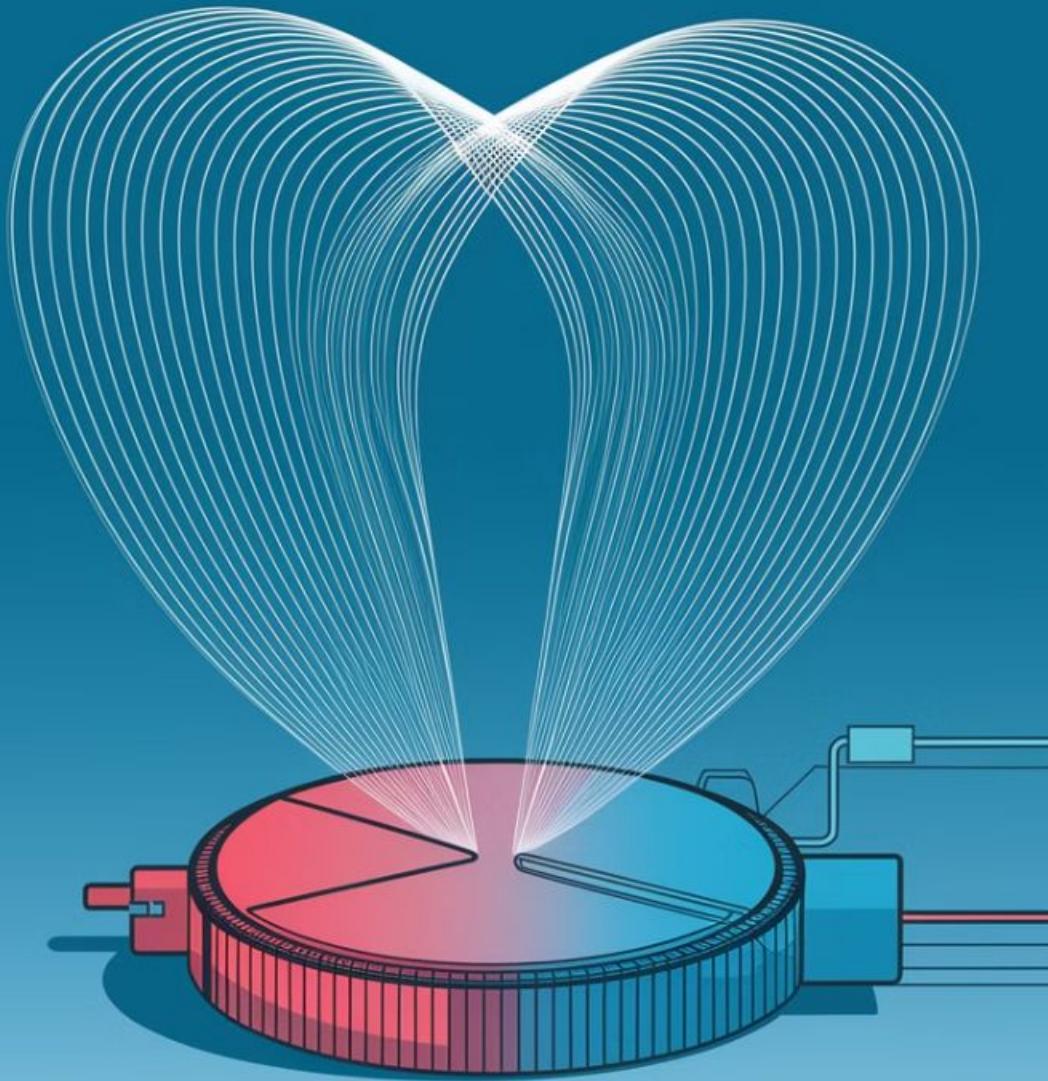
示範

讓我們聽聽電子琴獨特的空靈音色,並觀察手部動作如何影響音高和音量。



THEREMIN

a short
introduction



電容感測基礎

1

工作原理

偵測電容量的變化。

2

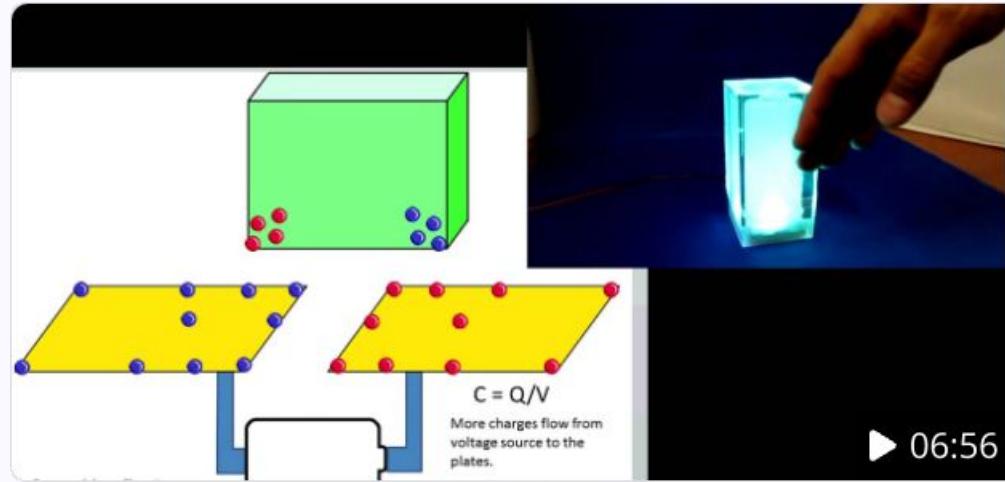
應用

觸控螢幕、接近感測器等。

3

靈敏度

受感測器大小和設計影響。



YouTube

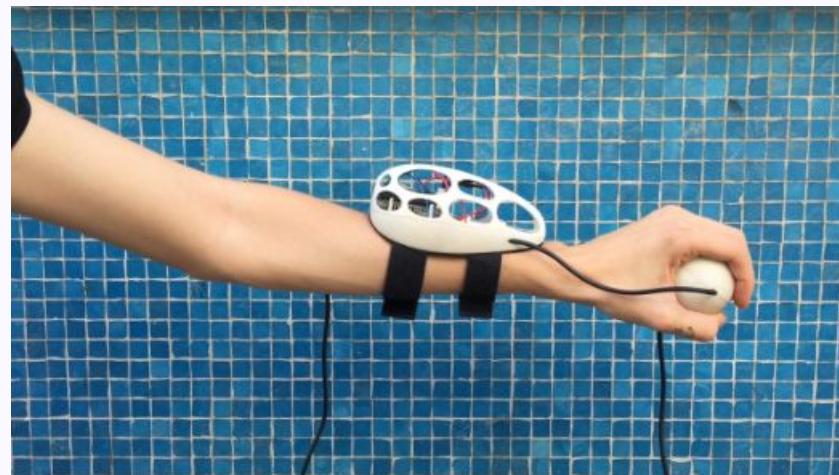


Capacitive sensor, Theory, application and design

This video explains the physics behind the surface capacitive sensors, with numerical results supporting the theory. A video for the projected capacitive senso...

Brainstorm





第4課:Arduino介紹

什麼是Arduino?

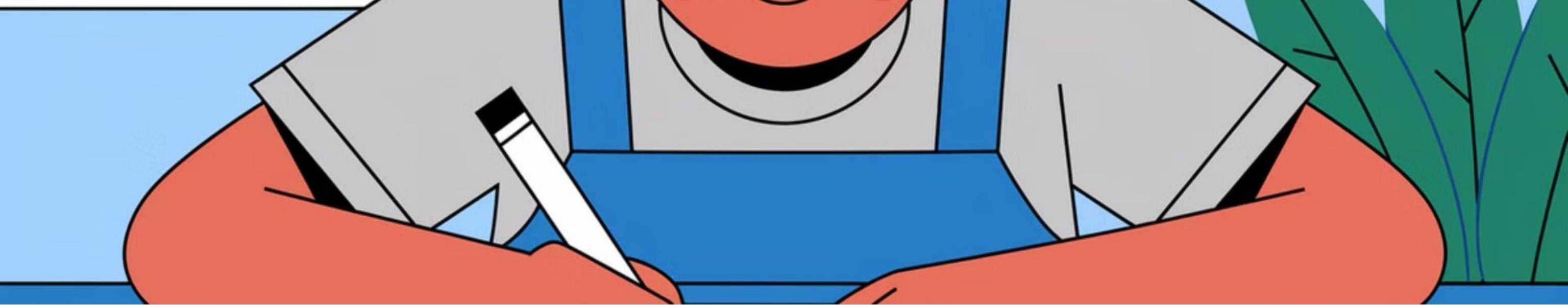
一個開源電子開發平台。

為什麼使用它?

易於編程和連接感測器。

課程概覽

設置Arduino開發環境。



動動手：創作簡單的感測器



繪製

使用導電墨水創造圖案。



測試

使用萬用表測量觸控敏感度。

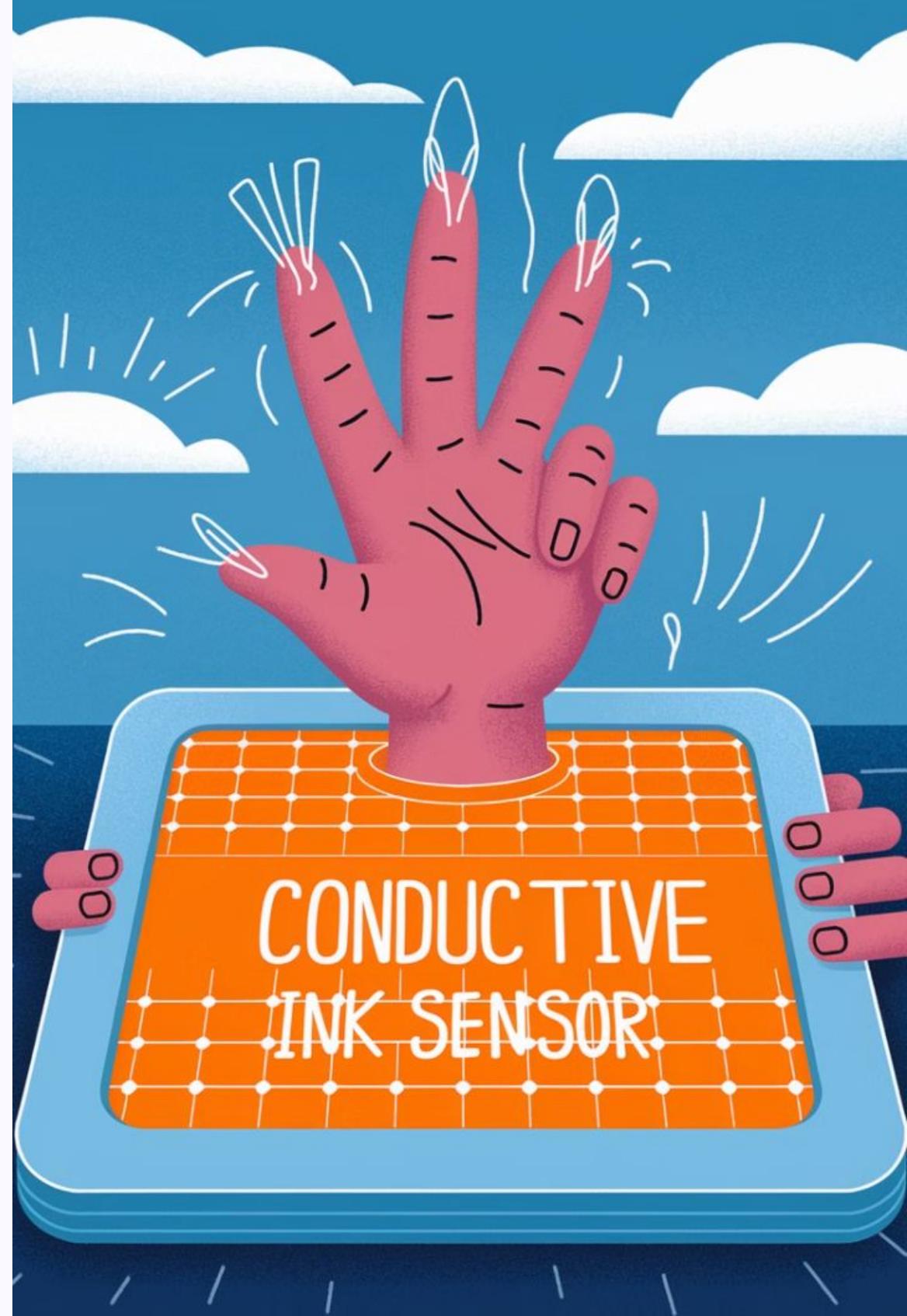


連接

與電子元件整合。

探索手勢識別

- 1 點按
單點觸控事件,用於簡單操作。
- 2 滑動
連續動作,用於參數控制。
- 3 接近
檢測手部距離,用於產生效果。





概念發展

1

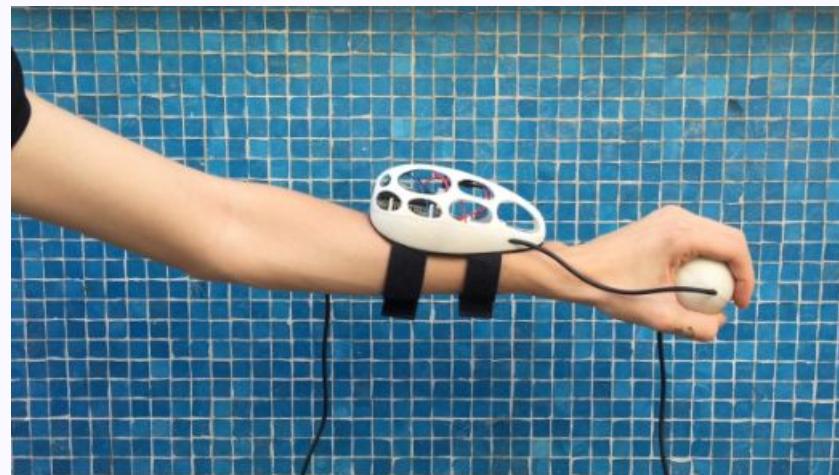
腦激盪

盡可能產生更多想法。

2

草圖繪製

在紙上將您的想法視覺化。





YouTube

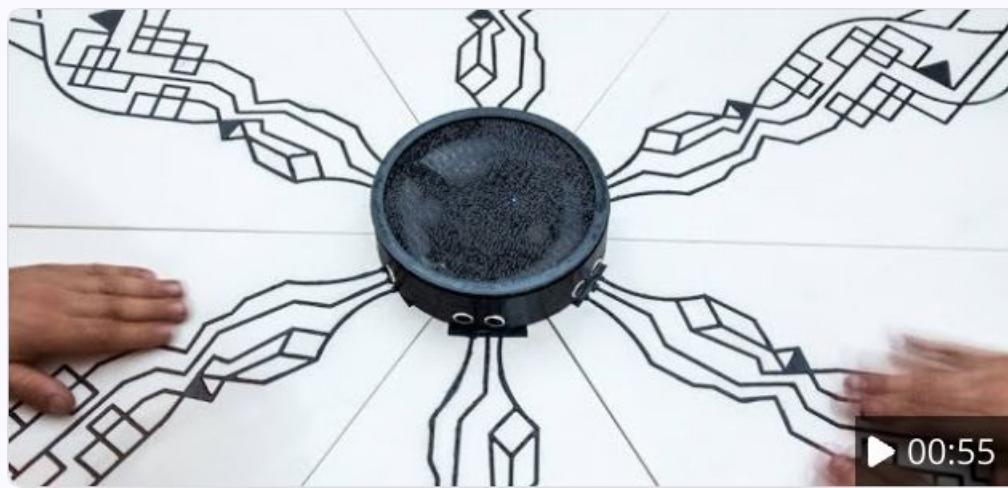


Electric Paint Lamp Kit

Find out more about the Electric Paint Lamp Kit here:

<https://www.bareconductive.com/collections/electric-paint-lamp-kit> Transform any...

▶ 01:1



YouTube



Build Your Own Interactive Sound Table with Electric Pai...

Find out more about Electric Paint here:

<https://www.bareconductive.com/collections/electric-paint> TACTO is an interactive...

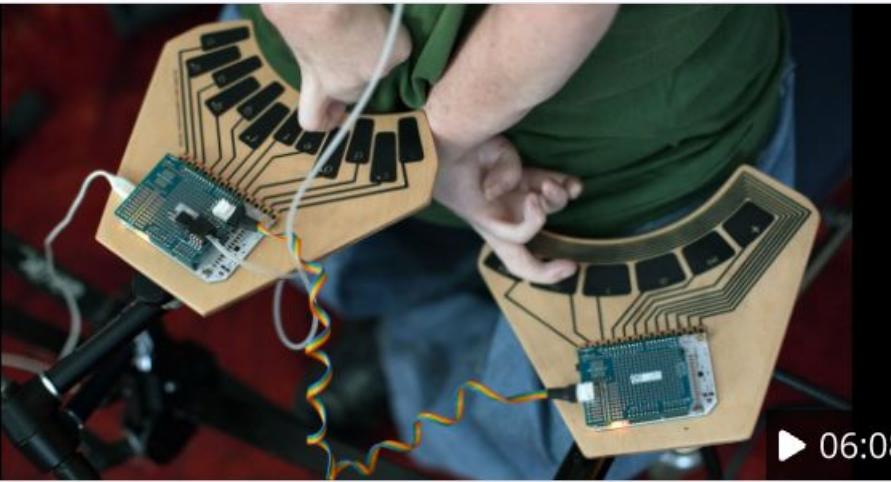


YouTube



Interactive media wall (touch sensor, conductive ink, projection map...)

[PLAYDODO] Music Playing Wall : Projection Mapping, Conductive Ink, Interacitve Art
Music Playing Wall, a fun Interactive touch wall painted with instruments recognize...



YouTube



Touch Chord - A Touch Sensitive Breath Controlled Instrument

Read the full story: <http://bit.ly/1Gg7gQ7> Designer Musician Vahagn Matossian from Human Instruments teams up with Bare Conductive to develop a new musical...

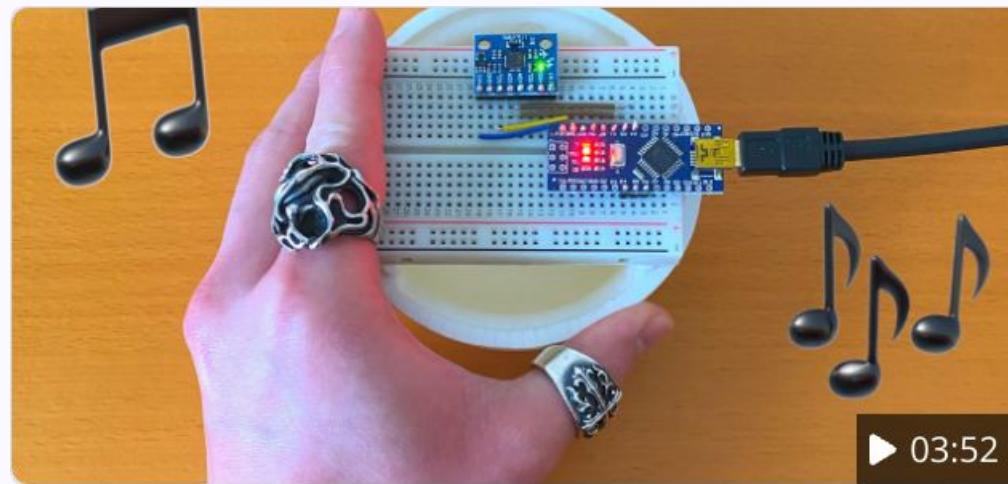


YouTube



I Built a MIDI THEREMIN! Theremidi - A DIY Arduino MIDI Controller

→ Download the files: <https://go.musicnerd.com/files-download> → Making Music with Arduino: <https://go.musicnerd.com/nerd-musician-pro/> → Curso Fazendo...



YouTube

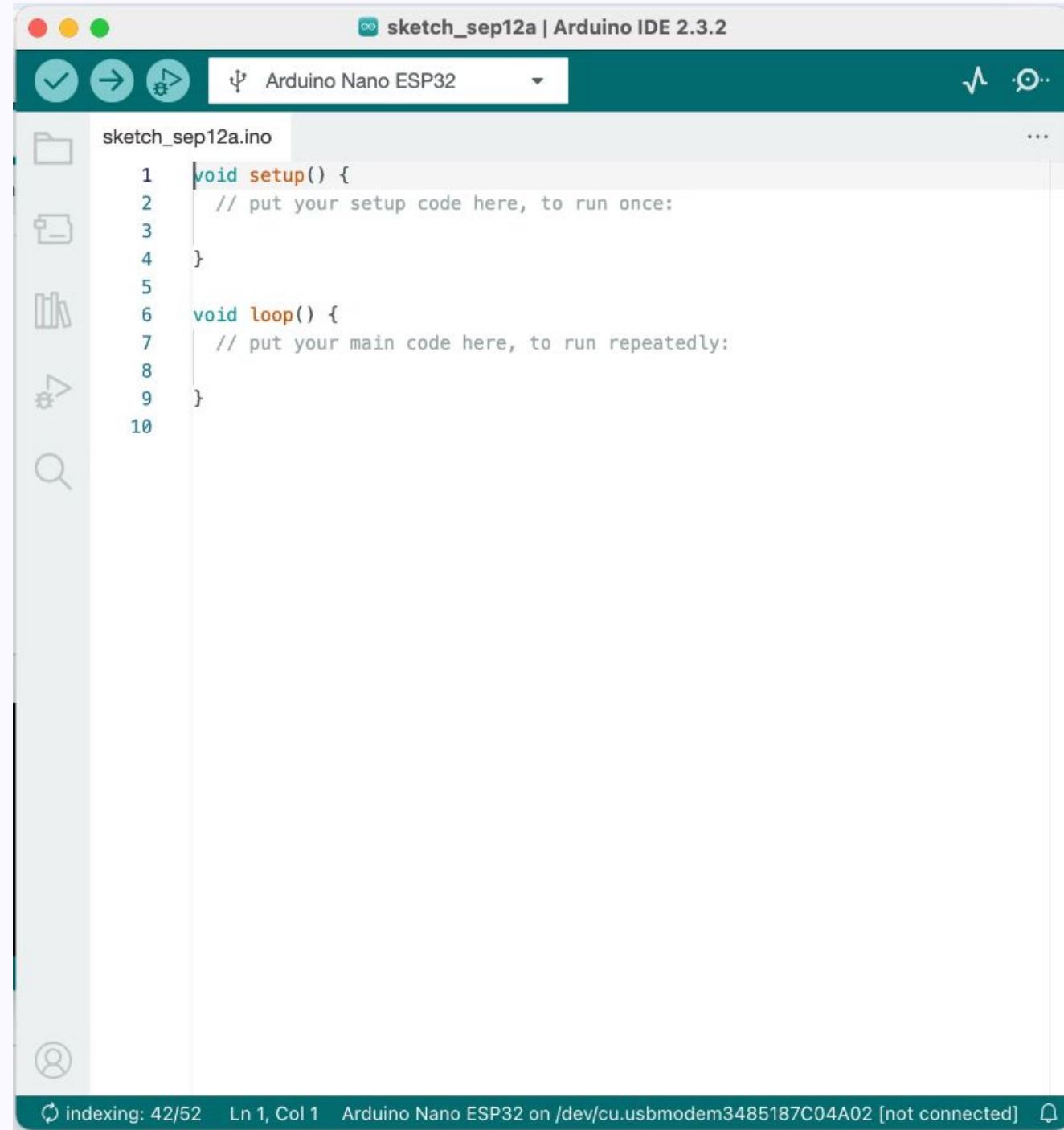


Accelerometer Music Controller (Arduino Tutorial)

Let's use accelerometer to control sounds in Pure Data or Max/MSP!! --- To Buy -
Arduino Nano <https://www.amazon.com/ELEGOO-Arduino-ATmega328P-Without-Header/dp/B00VQHJLWU>

▶ 03:52

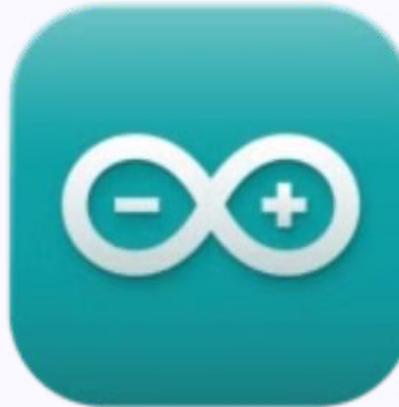
第5課:Arduino聲音程式庫



The screenshot shows the Arduino IDE 2.3.2 interface. The title bar reads "sketch_sep12a | Arduino IDE 2.3.2". The central area displays the code for "sketch_sep12a.ino". The code includes a setup function with a comment about running once, and a loop function with a comment about running repeatedly. The code is as follows:

```
1 void setup() {
2     // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7     // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
10
```

The status bar at the bottom indicates "indexing: 42/52 Ln 1, Col 1 Arduino Nano ESP32 on /dev/cu.usbmodem3485187C04A02 [not connected]".



Arduino IDE (整合開發環境)

提供所有撰寫、編譯和上傳代碼到Arduino主板所需的軟體應用程式。

- 具有語法突顯(syntax highlighting)的程式碼編輯器
- 包含將您的代碼轉換為機器語言的編譯器
- 提供用於除錯的序列監視器
- 管理用於擴展功能的函式庫

為什麼在人工智能時代,創意編碼技能仍然很重要?



了解基礎知識

人工智能可以生成代碼,但了解電路、感測器和程式設計的核心原理,可以讓您自訂超越範本的樂器,並排除導電墨水專案中出現的意外錯誤。



實體運算整合

將代碼與Arduino等硬體融合需要親身瞭解數位訊號如何與導電墨水等類比材料互動,這是人工智能無法完全取代的。



創意解決問題

在創作像”墨奏”這樣的新型樂器時,您將遇到現有代碼庫或人工智能訓練資料中沒有的獨特挑戰,需要原創性的解決方案和調適。



藝術表達

創意編碼允許您在手勢如何轉換為聲音方面做出決定,為您的樂器賦予個性化特色,這是一般人工智能生成的代碼無法做到的。

平衡基礎知識與擴增智慧(Augmented Intelligence)工具，以創意為介入

故障排除能力

了解電路基礎知識，可以讓學生診斷”墨奏”專案中出現的問題，尤其是在使用新型導電材料時，這是人工智慧可能無法識別的。

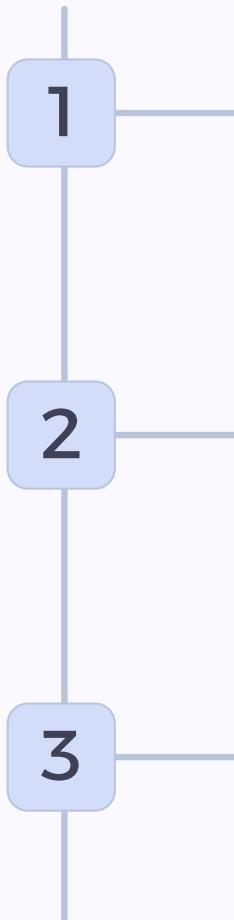
超越範本的自訂

掌握Arduino程式設計原理，可以讓學生修改人工智慧生成的代碼，專門針對獨特的手勢控制聲音。

材料-數位整合

了解導電墨水如何與感測器互動，讓學生創造出樂器，同時使用人工智慧來加速重複性的編碼任務。

Arduino基本程式設計



1 編碼結構 (Structure)

編碼包含setup()和loop()。

2 Setup

初始化變量和引腳。

3 Loop

重複執行主要程式碼。

The screenshot shows the Arduino IDE interface with a window titled "sketch_dec07a | Arduino 1.8.3". The window contains the standard Arduino setup and loop structures:

```
sketch_dec07a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

At the bottom of the IDE, it says "2" and "Arduino/Genuino Uno on COM3".

setup() 和 loop()

setup()

在Arduino上電或重置時只會執行一次。

- 使用pinMode(pin, INPUT/OUTPUT)初始化引腳模式
- 使用Serial.begin(9600)開始串列通訊
- 設定變數的初始值

```
void setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT); // LED引腳  
    Serial.begin(9600); // 開始串列監控  
    digitalWrite(13, LOW); // 初始狀態  
}
```

loop()

在setup()完成後持續重複執行。

- 包含主要程式邏輯
- 讀取感測器和控制輸出
- 一直執行直到斷電

```
void loop() {  
    digitalWrite(13, HIGH); // 打開LED  
    delay(1000); // 等待1秒  
    digitalWrite(13, LOW); // 關閉LED  
    delay(1000); // 等待1秒  
}
```

例子: LED閃爍 (Blinking LED)



連接LED

將LED連接到Arduino
引腳上。



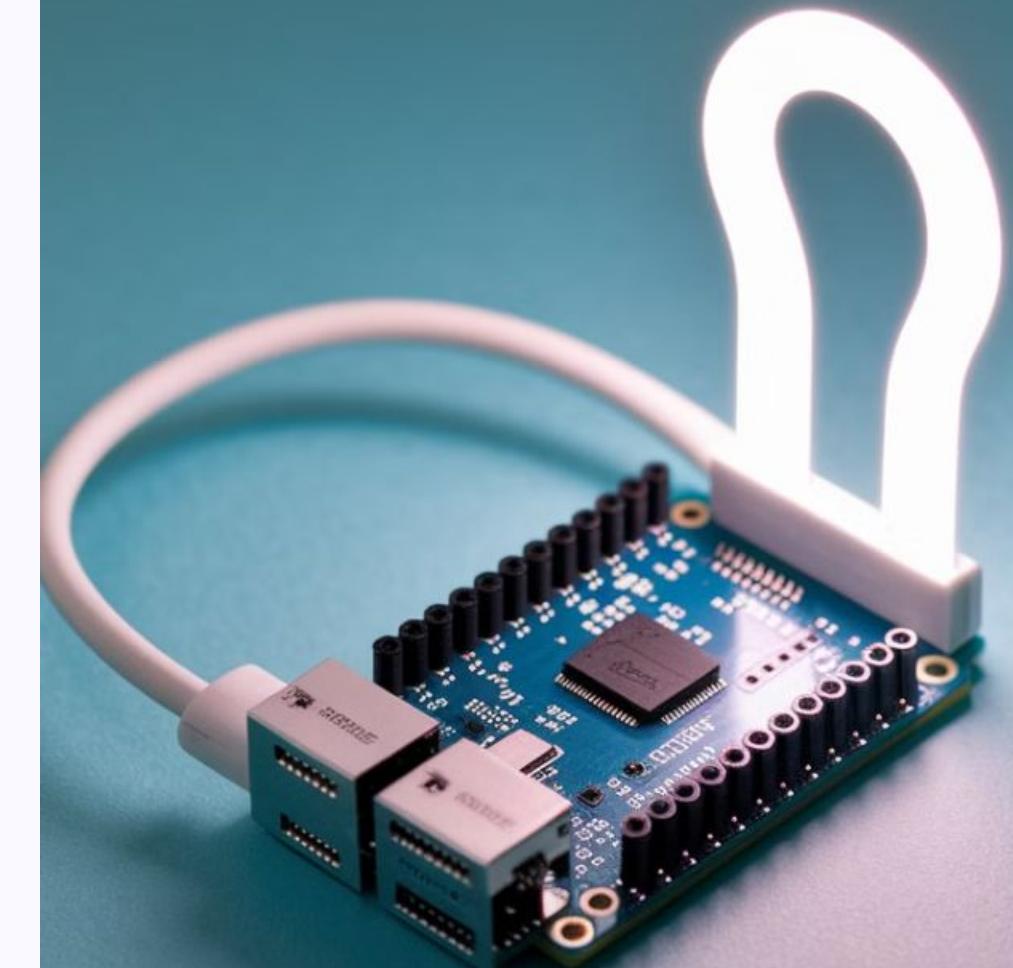
編寫程式

建立編碼來令LED閃
爍。



上傳

將程式上傳到Arduino
板上。



LED閃爍 (Blinking LED)

```
void setup() {  
    // 將數位腳位LED_BUILTIN初始化為輸出模式。  
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
  
}  
  
// loop()函式會一直重複執行  
void loop() {  
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);    // 打開LED(HIGH表示高電位)  
    delay(1000);                      // 等待1秒  
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);     // 關閉LED(LOW表示低電位)  
    delay(1000);                      // 等待1秒  
}
```

什麼是Arduino的序列監視器 (Serial Monitor)?

一個調試工具,允許開發人員了解Arduino與電腦之間進行通信。

目的

顯示從Arduino發送到電腦的數據,對於故障排除和監控感測器值至關重要。

使用

可從Arduino IDE通過點擊放大鏡圖標或使用Ctrl+Shift+M來訪問。

配置

必須與代碼中的波特率(baud rate)(例如, Serial.begin(9600))匹配,才能正確顯示數據。

The screenshot shows the Arduino IDE interface with the 'Serial Monitor' tab selected. The title bar reads 'sketch_mar29a | Arduino 1.8.13'. The code editor contains the following sketch:

```
1 void setup() {
2     // put your setup code here, to run once
3     Serial.begin(9600) // COM47
4 }
5
6 void loop() {
7     // put your main loop code here
8     Serial.print("Hello World!")
9 }
```

The serial monitor window displays the output: "Hello World!" repeated multiple times. At the bottom, there are checkboxes for 'Autoscroll' and 'Show timestamp'.



Arduino函式庫簡介

1

什麼是函式庫?

預先編寫好的程式碼集合。

2

為什麼要使用函式庫?

簡化複雜任務,節省時間。

3

在哪裡找到函式庫?

可在線上和Arduino IDE中找到。

什麼是程式庫?



可重複使用的程式碼套件

預先編寫好能執行特定功能的程式碼集合,可節省開發者開發時間。



Arduino程式庫的結構

Arduino程式庫通常由C++頭文件(.h)和實現文件(.cpp)組成,以提供易於使用的函數。

我們使用的Arduino函式庫



Tone Library

在任何Arduino針腳上產生方波音調,用於墨奏專案中創造音樂音符。提供tone()和noTone()等函數來控制音調輸出。



Capacitive Sensor Library

使Arduino能夠通過導電材料檢測觸摸。此函式庫用於把導電墨水繪圖轉換為互動式觸摸感測器。



SFEMP3Shield Library

與VS1053 MP3解碼芯片進行接口,以播放存儲在SD卡上的音頻文件。允許墨奏產生超越簡單音調的聲音。



SdFat Library

提供對FAT16或FAT32格式SD卡的高效解碼。用於存儲和檢索樂器的音頻樣本和配置文件。

Arduino程式設計基礎

我們需要了解Arduino中的程式設計概念:



變數和資料類型

宣告適當類型的變數(int(整數)、float(點數)、boolean(布林值(是/否)))來儲存從我們的導電墨水介面讀取的感測器數據



全域變數

使用貫穿整個程式的全域變數來管理我們的觸摸感測器和音效播放功能的狀態



函式庫導入

包含外部.h函式庫文件, 以獲取觸摸檢測和音訊播放所需的功能, 例如我們下載的電容式感測器和SFEMP3Shield函式庫

touch_to_play_mp3

```
// 引入所需的SD卡、工具函數和MP3播放器盾板的函式庫。
```

```
#include <SdFat.h>
```

```
#include <SdFatUtil.h>
```

```
#include <SFE_MP3Shield.h>
```

```
// 建立SdFat(SD卡)和SFEMP3Shield(MP3播放器)類的實例。
```

```
SdFat sd;
```

```
SFEMP3Shield MP3player;
```

```
// 儲存從A0到A5腳位讀取的模擬值的變數。
```

```
int InData0 = 0; // 從A0腳位讀取的模擬值
```

```
int InData1 = 0; // 從A1腳位讀取的模擬值
```

```
int InData2 = 0; // 從A2腳位讀取的模擬值
```

```
int InData3 = 0; // 從A3腳位讀取的模擬值
```

```
int InData4 = 0; // 從A4腳位讀取的模擬值
```

```
int InData5 = 0; // 從A5腳位讀取的模擬值
```

```
int InData0 = 0;
```

```
// 檢測觸摸輸入的靈敏度閾值。
```

```
int TouchSensitivity = 280;
```

.h C++ 函式庫在Arduino中

Arduino中的標頭(.h)檔案是C++函式庫,包含預先編寫的代碼、函式定義和變數聲明,以擴展Arduino的功能。

對於”墨奏”專案,我們使用了兩個關鍵的函式庫:

CapacitiveSensor 函式庫 (.h)使我們的Arduino能夠通過導電墨水圖案檢測觸摸

SFEMP3Shield 函式庫 (.h)提供了從VS1053 MP3解碼器播放音頻文件的函數

touch_to_play_mp3

```
void setup() {  
    // 初始化串列通訊，設置波特率為 115200, 用於除錯。  
    Serial.begin(115200);  
  
    // 使用9號腳位作為晶片選擇 (CS)來初始化SD卡。  
    // 如果SD卡初始化失敗，停止程式並顯示錯誤。  
    if (!sd.begin(9, SPI_HALF_SPEED)) sd.initErrorHalt();  
  
    // 切換目錄到SD卡的根目錄 ("/").  
    // 如果目錄切換失敗，停止程式並顯示錯誤。  
    if (!sd.chdir("/")) sd.errorHalt("sd.chdir(\"/\")");  
  
    // 初始化MP3播放器，並將音量設為最大 (10, 10)。  
    MP3player.begin();  
    MP3player.setVolume(10, 10);  
  
    // 將A0到A5腳位設定為輸入模式，用於觸摸感測。  
    for (int i = A0; i <= A5; i++) {  
        pinMode(i, INPUT);  
    }  
  
    // 禁用Timer0溢位中斷，避免與其他操作衝突。  
    TIMSK0 &= !(1 << TOIE0);  
}
```

Serial.begin 115200 vs 9600 ?

Arduino中的串行通信需要設定一個波特率 - 即Arduino與電腦之間傳輸數據的速度。

115200 波特率

- 更快的數據傳輸(比9600快12倍)
- 適用於大量數據,如感測器讀數
- 非常適合”墨奏”的實時響應
- 我們在touch_to_play_mp3代碼中使用 115200

9600 波特率

- Arduino的傳統預設速率
- 對於基本項目更加穩定
- 足夠用於簡單的除錯
- 較慢,但與舊硬件兼容

MP3player.begin() 和 MP3player.setVolume()

初始化VS1053 MP3解碼器屏蔽,以準備音頻播放。此功能:

- 設置Arduino和VS1053晶片之間的通信
- 配置內部設置以獲得最佳音頻性能
- 必須在調用任何其他MP3player函數之前調用

MP3player.setVolume(10, 10)

調整左右聲道的輸出音量級別:

- 參數表示左右聲道的音量

touch_to_play_mp3

```
void loop() {  
    // 讀取模擬腳位A0到A5的值，並反轉(較高的值表示檢測到觸摸)。  
    InData0 = 1024 - analogRead(A0); // 反轉A0讀數  
    InData1 = 1024 - analogRead(A1); // 反轉A1讀數  
    InData2 = 1024 - analogRead(A2); // 反轉A2讀數  
    InData3 = 1024 - analogRead(A3); // 反轉A3讀數  
    InData4 = 1024 - analogRead(A4); // 反轉A4讀數  
    InData5 = 1024 - analogRead(A5); // 反轉A5讀數  
  
    ...  
}
```

什麼是analogRead()？

analogRead()函數是Arduino命令,它可以讀取指定模擬引腳的值,將電壓(0-5V)轉換為整數值(0-1023)。

讀取感測器輸入

在”墨奏”項目中,我們使用analogRead()來測量來自Ao-A5引腳的導電墨水感測器值。

值的解釋

較高的值(接近1023)表示導電性或觸摸強度更大,我們將其反轉(1024 - analogRead())以使觸摸檢測更直觀。

觸摸靈敏度閾值

我們將這些模擬讀數與我們的TouchSensitivity值(280)進行比較,以確定何時正在觸摸導電墨水墊。

此函數對於將我們導電墨水感測器的模擬電信號轉換為Arduino可用的數字值以觸發聲音非常重要。

為什麼要使用1024 - analogRead()?

在我們的Inkstrument項目中,我們使用公式**1024 - analogRead()**來反轉來自我們導電墨水觸摸墊的感測器讀數。這種反轉有三個關鍵目的:

直觀的觸摸反應

如果不進行反轉,由於我們的導電墨水在被觸摸時會創造一條通往接地的路徑,因此更強的觸摸會產生較低的值(接近0)。通過使用1024 - analogRead()進行反轉,較高的值(接近1024)現在代表更強的觸摸。

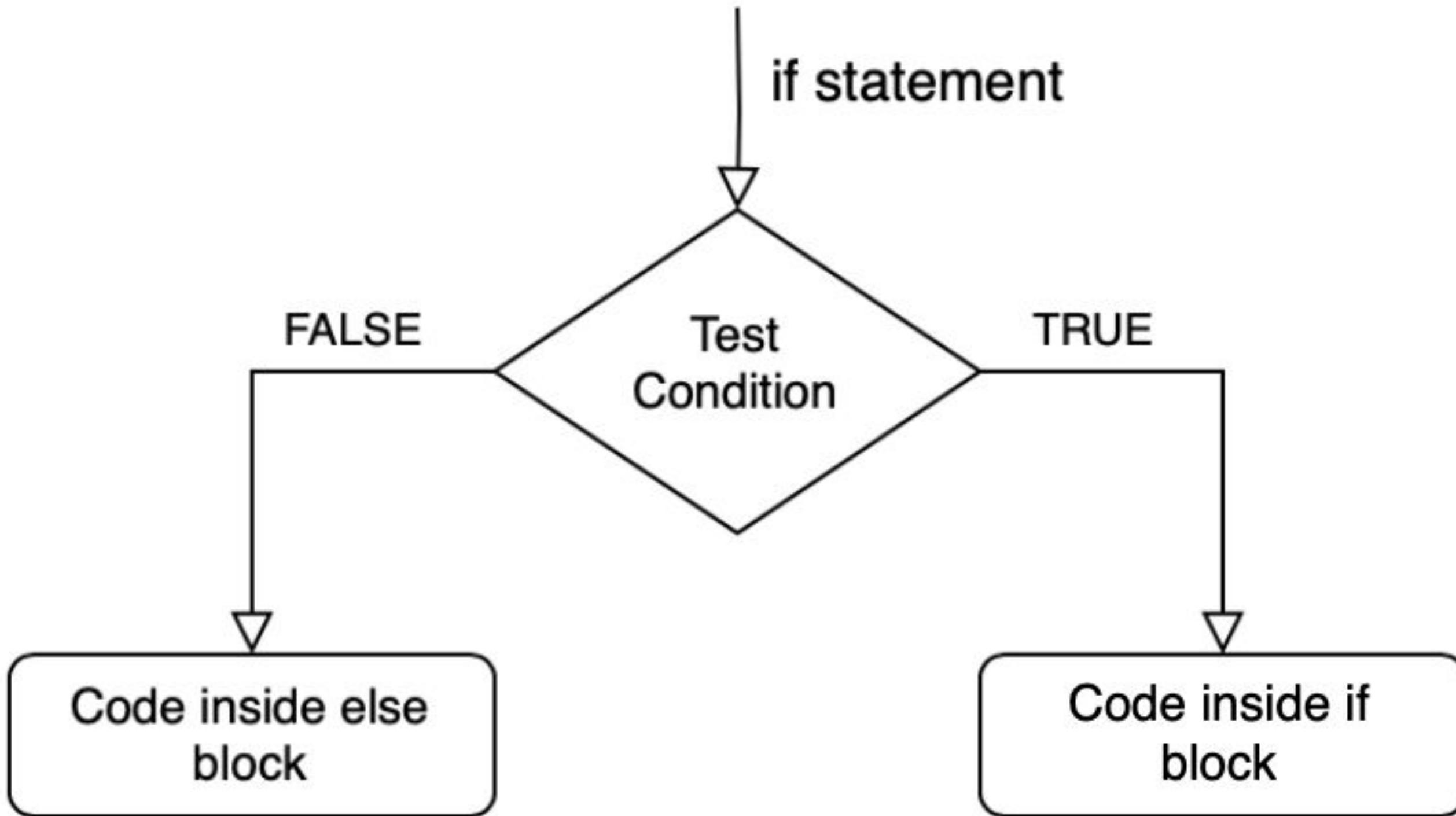
touch_to_play_mp3

```
void loop() {  
    ...  
    // 檢查哪個腳位已被觸摸，根據靈敏度閾值來判斷。  
    // 如果檢測到觸摸，就播放對應的MP3音軌。  
    if (InData0 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(0); // 如果觸摸A0，播放音軌0  
    } else if (InData1 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(1); // 如果觸摸A1，播放音軌1  
    } else if (InData2 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(2); // 如果觸摸A2，播放音軌2  
    } else if (InData3 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(3); // 如果觸摸A3，播放音軌3  
    } else if (InData4 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(4); // 如果觸摸A4，播放音軌4  
    } else if (InData5 >= TouchSensitivity) {  
        MP3player.playTrack(5); // 如果觸摸A5，播放音軌5  
    } else {  
        MP3player.stopTrack(); // 如果未檢測到觸摸，停止播放  
    }  
    ...  
}
```

條件語句if(){}else{}

條件語句對於”墨奏”的互動性至關重要。它們允許Arduino根據感測器輸入值做出決策。

```
if (InData0 >= TouchSensitivity) {  
    MP3player.playTrack(0); // 如果觸摸則播放第一個音效  
} else if (InData1 >= TouchSensitivity) {  
    MP3player.playTrack(1); // 如果觸摸則播放第二個音效  
} else {  
    MP3player.stopTrack(); // 否則停止所有音效  
}
```



touch_to_play_mp3

```
void loop() {  
    ...  
    ...  
    // 將MP3播放器的當前狀態和模擬讀數輸出到序列監視器。  
    Serial.print(MP3player.isPlaying()); // 輸出MP3播放器是否正在播放  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(InData0); // 輸出A0的反向值  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(InData1); // 輸出A1的反向值  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(InData2); // 輸出A2的反向值  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(InData3); // 輸出A3的反向值  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(InData4); // 輸出A4的反向值  
    Serial.print(" ");  
    Serial.println(InData5); // 輸出A5的反向值,後接換行  
  
    // 增加延遲以防止過於頻繁地讀取觸摸 腳位。  
    delay(100);  
}
```

Serial.print()

Serial.print()對於除錯我們的Inkstrument至關重要。它可以將數據從Arduino傳送到電腦，讓您實時觀察感測器讀數。

```
// 將觸摸感測器值輸出到Serial Monitor  
Serial.print(InData0); // 第一個墨水感測器讀數  
Serial.print(" "); // 在值之間添加空格  
Serial.print(InData1); // 第二個墨水感測器讀數  
Serial.println(InData2); // 在最後一個值後添加換行
```

在設計您的Inkstrument時，請使用Serial.print()來：

- 校準觸摸靈敏度閾值
- 驗證您的導電墨水路徑是否正常工作
- 調試聲音無法按預期觸發的問題

打開Serial Monitor(工具→Serial Monitor)，將波特率設置為9600即可查看輸出。

第6課和第7課：創作與編程

概念

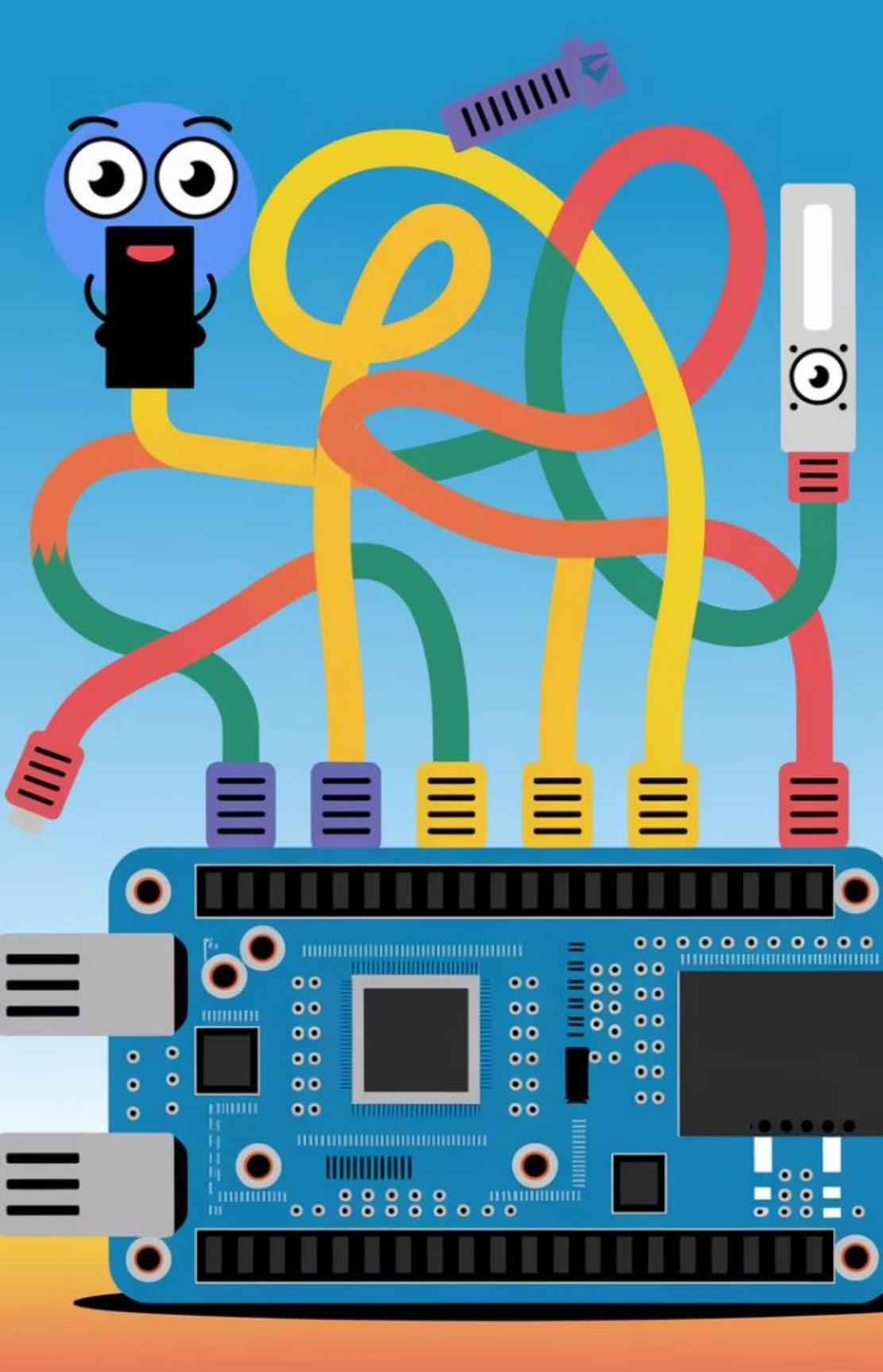
創作互動音樂。

材料

選擇合適的導電墨水或其他物件。

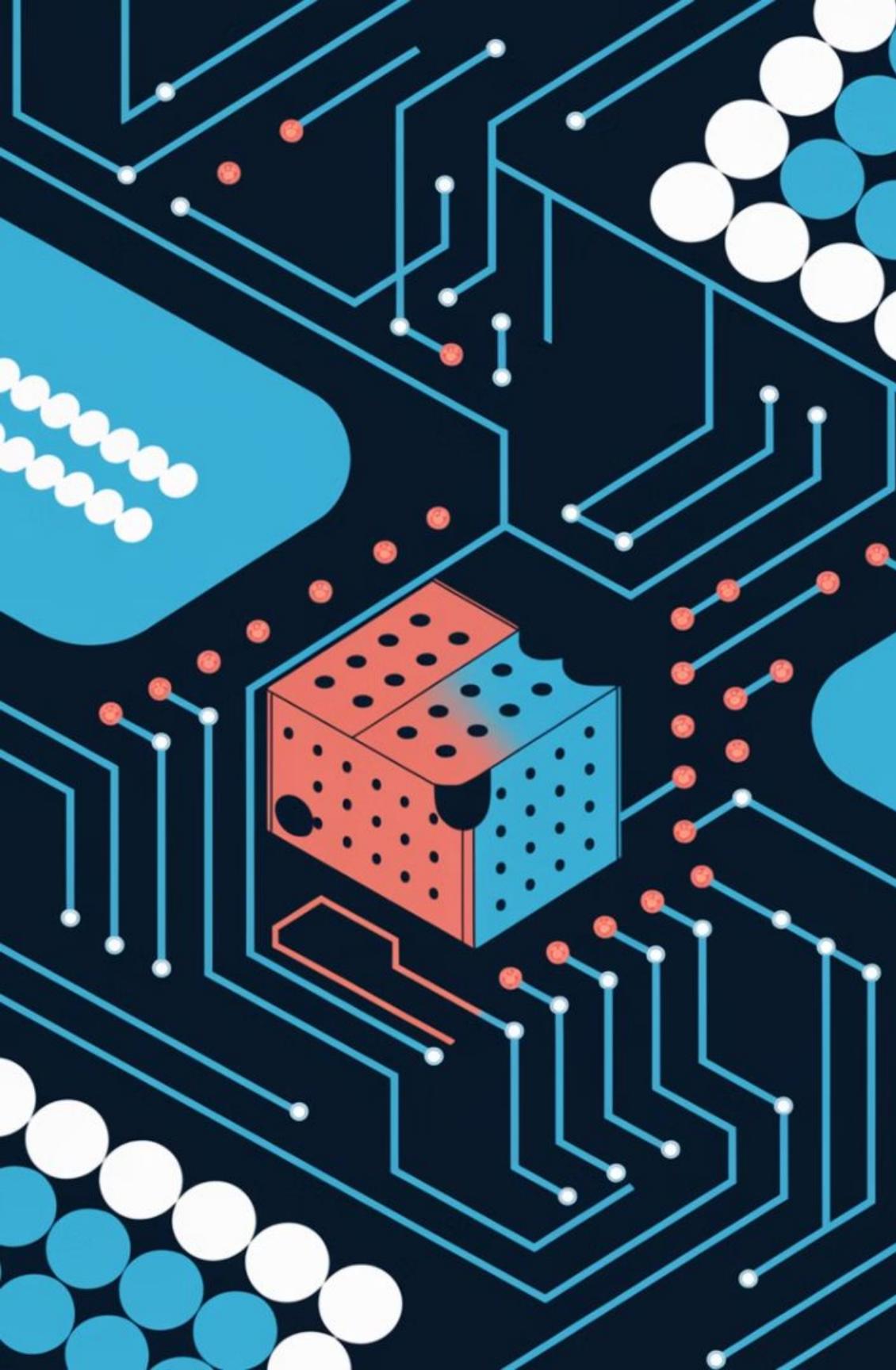
原型製作

創建紙質原型進行測試。

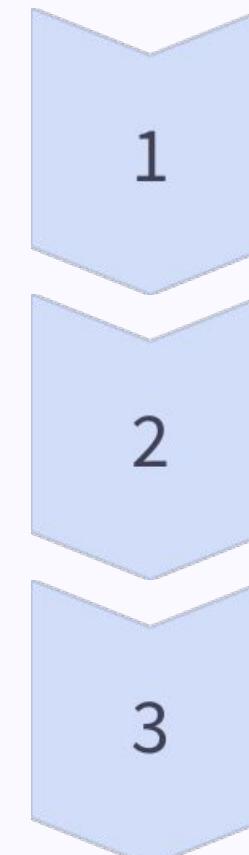


連接Arduino

- 1 連接
正確地將感測器連接到Arduino腳位。
- 2 電源
確保樂器有穩定的電源供應。
- 3 測試
在編程之前驗證所有連接是否正常。



電路設計



佈局

仔細規劃導電墨水的圖案。

整合

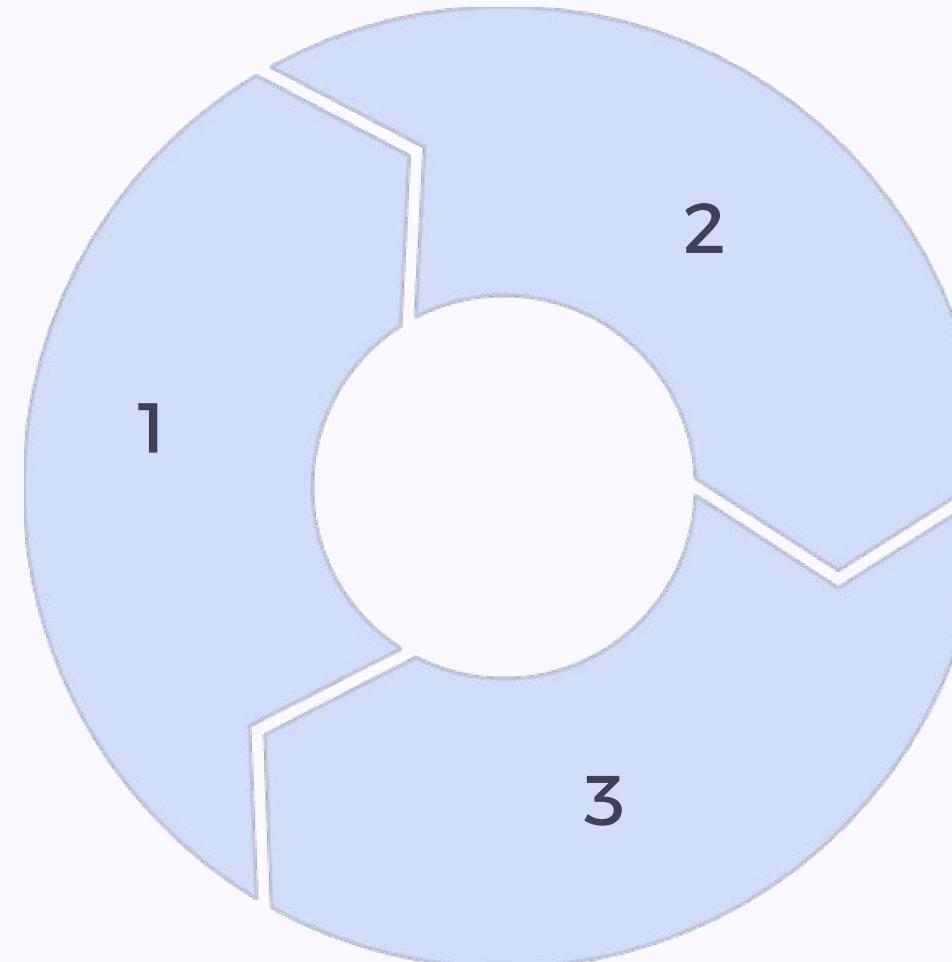
連接到Arduino腳位進行感測。

測試

確保所有連接正常運作。

聲音設計

參數
選擇要控制的合成器參數。

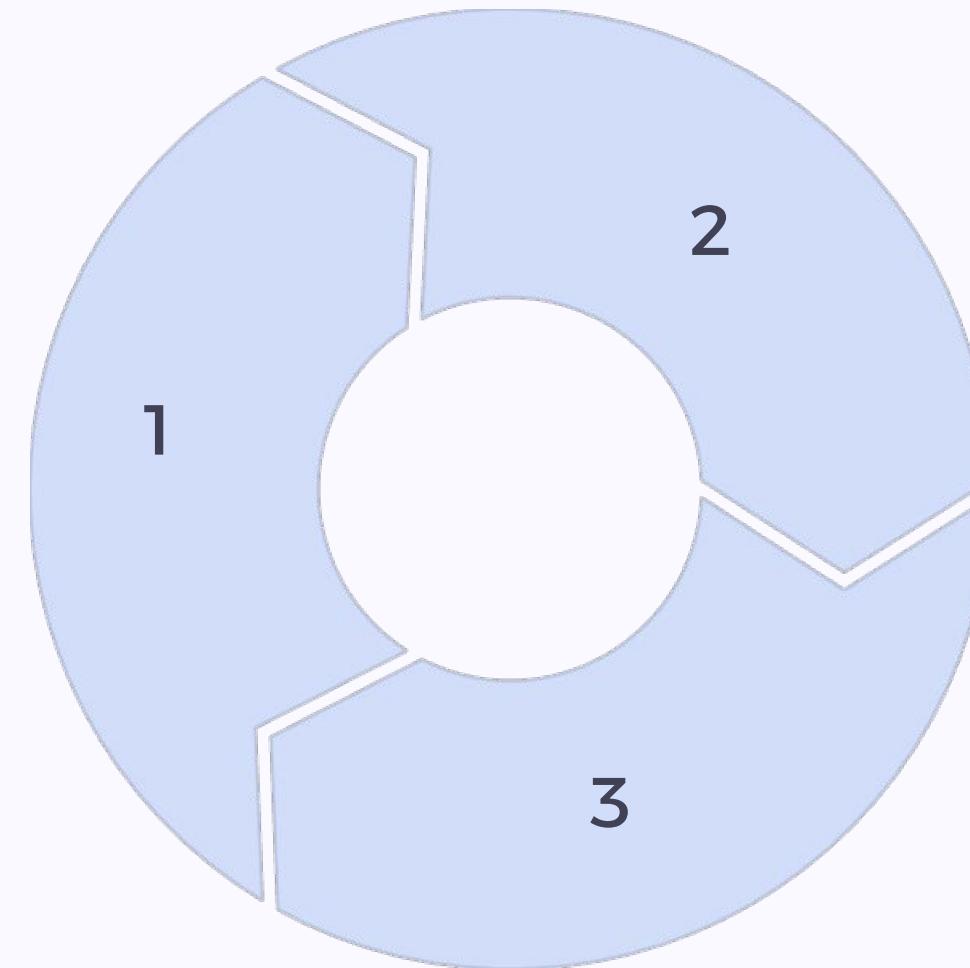


對應
將手勢連結到音效變化。

實驗
微調音效以達到預期效果。

程式設計

主要程式
撰寫控制樂器的Arduino程式碼。



- 識別
找出程式碼典型問題及其解決方案。
- 優化
調整程式碼以提高響應速度。



測試及除錯

系統化

徹底測試每個功能。

常見

識別典型問題及其解決方案。

完善

微調以達到最佳性能。

分享時間



Thank You and Q&A