



ACEBOTT

Návod k robotickému rameni

Předmluva

Naše společnost

ACEBOTT STEM Education Tech Co., Ltd

Společnost ACEBOTT byla založena v čínském Silicon Valley v roce 2013 a je lídrem v oblasti řešení STEM vzdělávání. Máme tým 150 lidí, včetně pracovníků výzkumu a vývoje, prodeje a logistiky. Naším cílem je poskytovat vysoce kvalitní STEM vzdělávací produkty a služby našim zákazníkům. Spolupracujeme s odborníky na STEM vzdělávání a našimi obchodními partnery na společné tvorbě úspěšných STE(A)M produktů. Naše vlastní továrna také poskytuje služby OEM/ODM pro naše klienty, včetně úpravy loga na obalech produktů a PCB.

Naše výuka

Tento kurz a sada pro učení robotického ramene jsou navrženy pro děti a mládež ve věku 8 let a více. Jejich cílem je poskytnout hlubší porozumění řídicí desce ESP32, znalostem o robotických ramenech a elektronickém hardwaru. Pokud se chcete naučit o robotických ramenech, tato sada nabízí znalosti a postupy, které vám pomohou sestavit vlastní robotické rameno.

Pomocí této sady můžete:

1. Naučit se efektivně používat řídicí desku ESP32, včetně nahrávání kódu, pochopení jejích funkcí a programování v Arduino IDE.
2. Získat pevné základy programování v jazycích C, protože ESP32 využívá zjednodušené programování v C/C++ pro řízení obvodů a senzorů.
3. Prozkoumat princip fungování servomotorů a pochopit spolupráci více serv v projektu robotického ramene.
4. Rozvíjet své „maker“ dovednosti sestavením vlastního robotického ramene pomocí sady ACEBOTT krok za krokem.
5. Implementovat základní funkce, jako je ovládání joystickem, „teach & learn“ režim, webové ovládání a ovládání přes aplikaci v projektu robotického ramene.

6. Získat komplexní porozumění konceptu robotických ramen, které vás připraví na pokročilejší studium v budoucnu.

Celkově je robotické rameno ACEBOTT vzdělávací sada navržena speciálně pro začátečníky a je založená na platformě ESP32. Pomocí této sady mohou uživatelé získat komplexní porozumění řídicí desce a servomotorům v robotickém rameni. Díky výukovým materiálům obsaženým v sadě mohou studenti různých věkových skupin získat cenné znalosti o robotických ramenech a úspěšně si sestavit vlastní projekty robotického ramene.

Zákaznický servis

ACEBOTT je dynamická a rychle rostoucí technologická společnost zaměřená na STEM vzdělávání, která usiluje o poskytování vynikajících produktů a kvalitních služeb, které splní vaše očekávání. Vážíme si vaší zpětné vazby a rádi uvítáme vaše komentáře nebo návrhy na adrese support@acebott.com.

Naši zkušení inženýři se věnují rychlému řešení jakýchkoli problémů nebo dotazů, které můžete mít ohledně našich produktů. Garantujeme odpověď do 24 hodin během pracovních dnů.

Sledujte nás

Naskenujte QR kódy a sledujte nás pro řešení problémů a nejnovější novinky. Máme velmi rozsáhlou komunitu, která je velmi nápomocná při řešení problémů, a také tým podpory připravený odpovědět na jakékoli dotazy.



ACEBOTT FB Group QR Code



YouTube QR Code

OBSAH

Lekce 1 Seznámení s hardwarem a instalace softwaru	1
I Seznámení s hardwarem	2
II Seznámení s hardwarem	2
III Seznámení se servy	29
Lekce 2 Sestavení robotického ramene.....	33
I Seznam dílů	33
II Seznam konstrukčních součástí.....	34
III Kroky sestavení	35
Lekce 3 Ovládání robotického ramene joystickem	55
I Ovládání serv.....	55
II Seznámení s modulem joysticku	56
IV Rozšiřující úkoly.....	61
Lekce 4 Prostorové souřadnice robotického ramene.....	62
I Kartézský souřadnicový systém	62
II Kloubový souřadnicový systém	63
III.Přímá a inverzní kinematika	64
IV Diagram souřadnic robotického ramene	65
V Pokyny ke kalibraci robotického ramene.....	66
VI Přesun prostorových souřadnicových bodů	67
Lekce 5 Skládání robotického ramene	70
I Program paletizace robotického ramene.....	71
II Rozšiřující úkoly.....	73
Lekce 6 Výuka a učení robotického ramene	74
I Výukový program	74
II Rozšiřující úkoly.....	76
Lekce 7 Webové ovládání robotického ramene	77
I Program webového ovládání	77
II Přihlášení na webovou stránku.....	78
III.Rozšiřující úkoly	80
Lekce 8 Ovládání robotického ramene pomocí aplikace.....	82
I Stažení aplikace.....	82
II Ovládání robotického ramene pomocí aplikace	83

Lekce 1: Porozumění hardwaru a instalace softwaru

Robotická ramena jsou automatizovaná mechanická zařízení široce používaná v oblasti robotiky. Rameno je klíčovou součástí vykonávacího mechanismu robota, navrženou pro přenášení uchopeného pracovního předmětu na určené místo.

V průmyslovém odvětví mohou robotická ramena nahradit člověka při monotónních a opakujících se výrobních úlohách nebo při zpracovatelských operacích v nebezpečných a náročných podmínkách.

Robotické rameno se skládá ze tří základních částí: hlavní tělo, pohonný systém a řídicí systém. Hlavní tělo zahrnuje především podvozek, rameno, loket a koncový efektor. V závislosti na různých aplikačních scénářích může mít robotické rameno konfiguraci se čtyřmi, pěti, šesti nebo i více osami. Pohonný systém zahrnuje výkonové prvky a převodové mechanismy, přičemž klíčovými součástmi jsou převodovka a servomotor, které pohánějí robotické rameno k provádění odpovídajících pohybů. Řídicí systém vysílá příkazové signály do pohonného systému na základě vstupního programu a tím řídí pohyb robotického ramene.

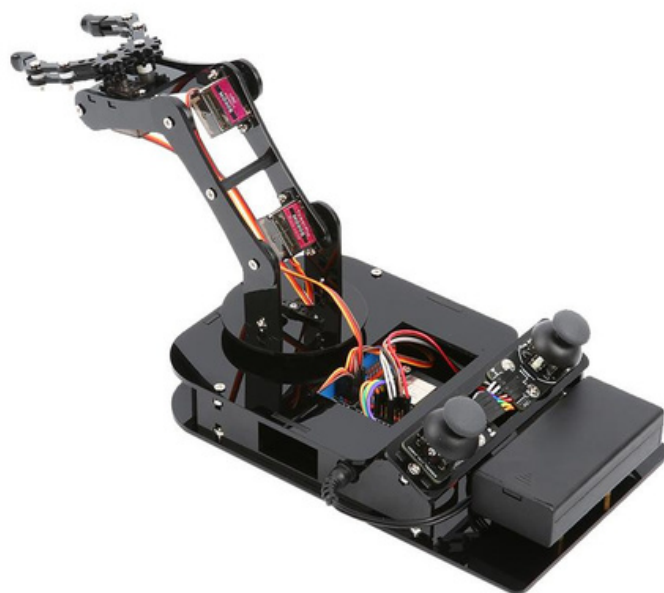
Robotické rameno v tomto tutoriálu je čtyřosé robotické rameno.

První osa je servomotor podvozku, druhá osa je servomotor ramene (ramenní kloub), třetí osa je servomotor lokte a čtvrtá osa je servomotor drápu (kleští).

Robotické rameno v tomto tutoriálu používá jako hlavní řídicí jednotku běžnou desku ESP32 a programuje se v prostředí Arduino IDE.

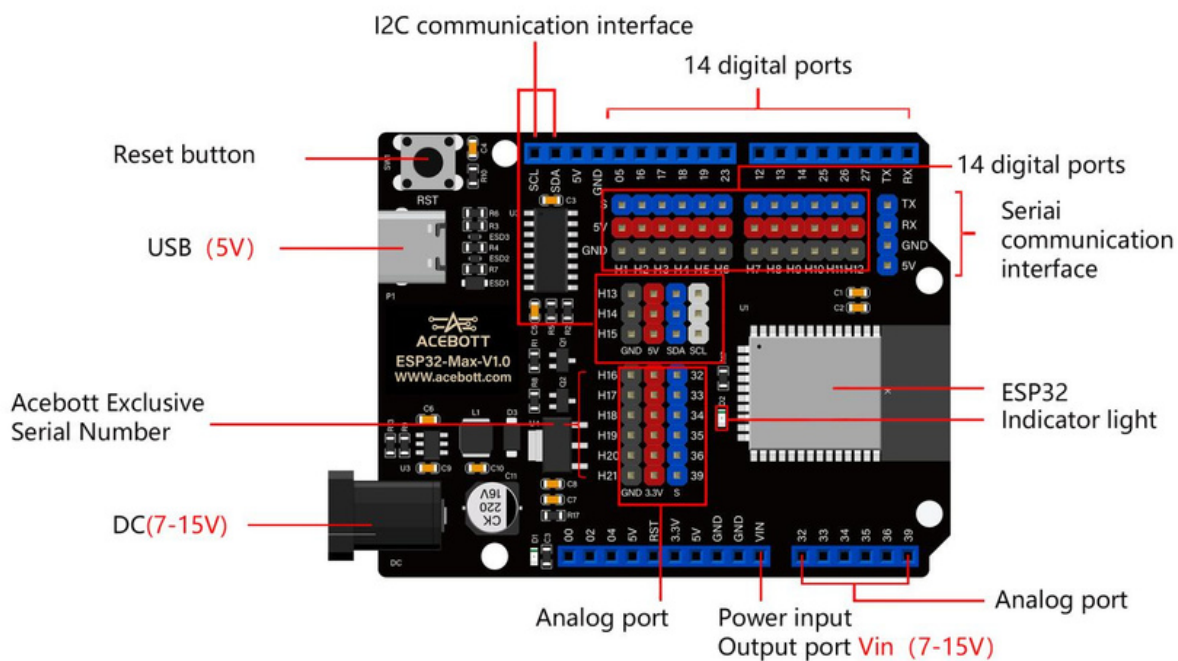
Metody ovládání zahrnují ovládání pomocí joysticku, webové ovládání a ovládání přes mobilní aplikaci.

Jak je robotické rameno konkrétně ovládáno? Pokračujme v tutoriálu a učme se společně.



Pochopení hardwaru

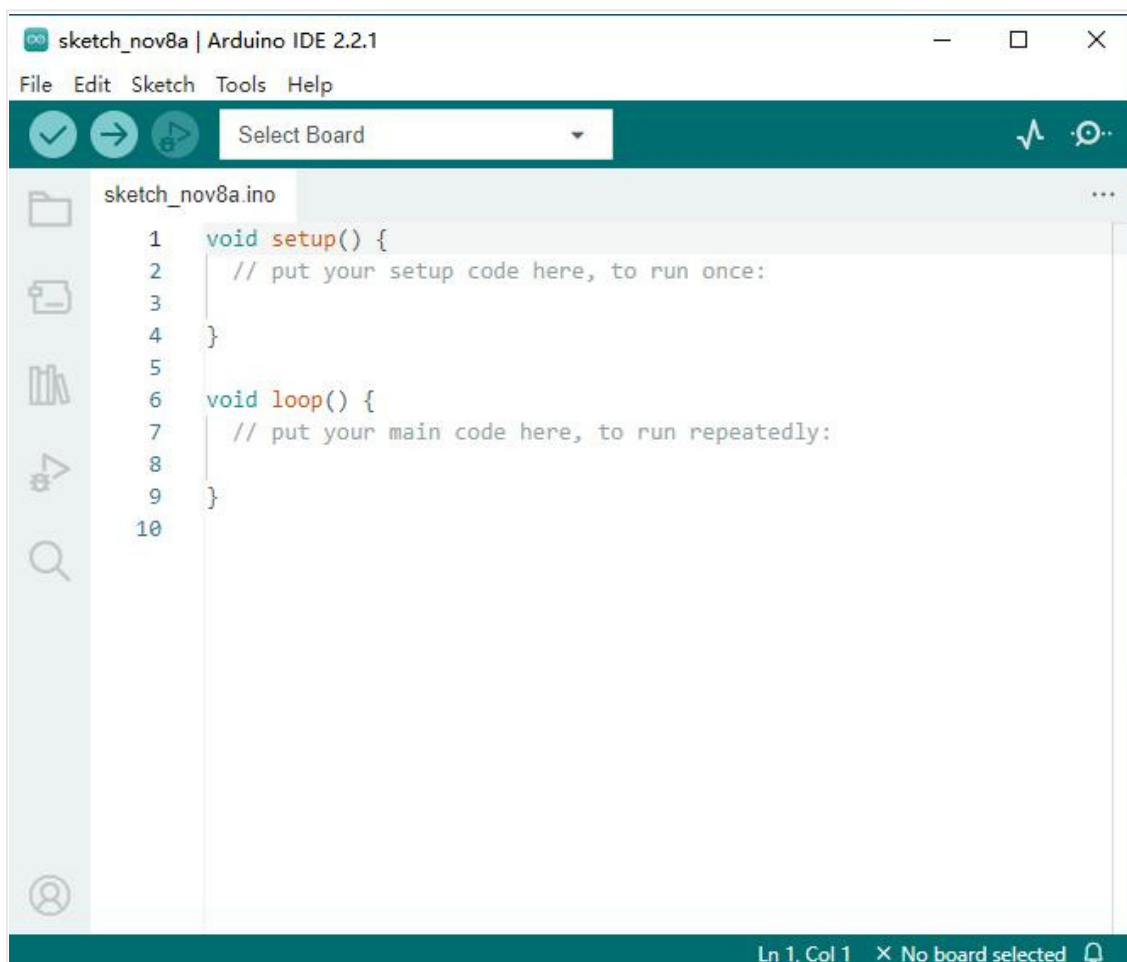
Řídicí deska ESP32 je nízkoenergetický, vysoce výkonný mikrokontrolér ideální pro vývoj IoT zařízení. Disponuje dvoujádrovým procesorem běžícím na frekvenci 240 MHz, 520 KB RAM a 4 MB flash paměti. Obsahuje vestavěné moduly WiFi a Bluetooth 4.2 pro bezdrátovou komunikaci. Díky 34 GPIO pinům podporuje připojení a řízení různých periférií.



instalace softwarového programu – Arduino IDE

V projektu robotického ramene budeme jako hlavní programovací software používat Arduino IDE. Jedná se o open-source programovací platformu kompatibilní s různými deskami, jako jsou Arduino UNO, ESP32, ESP8266, STM32 a další.

Pomocí Arduino IDE jednoduše napíšete programový kód přímo v prostředí a poté jej nahrajete do řídicí desky. Program následně určuje, jaké operace má řídicí deska provádět.



1. Instalace Arduino IDE

Nejprve otevřete oficiální webovou stránku pro stažení Arduino IDE:

[1.Installing Arduino IDE](#) Podle operačního systému vašeho počítače vyberte odpovídající verzi softwaru.

(1) Instalace na systému Windows

① Klikněte myší na místo zobrazené na obrázku.

Pozor: Kvůli možným problémům s kompatibilitou nové verze se doporučuje nainstalovat verzi Arduino IDE 2.2.1.



Arduino IDE 2.2.1

The new major release of the Arduino IDE is faster and even more powerful! In addition to a more modern editor and a more responsive interface it features autocompletion, code navigation, and even a live debugger.

For more details, please refer to the [Arduino IDE 2.0 documentation](#).

Nightly builds with the latest bugfixes are available through the section below.

SOURCE CODE

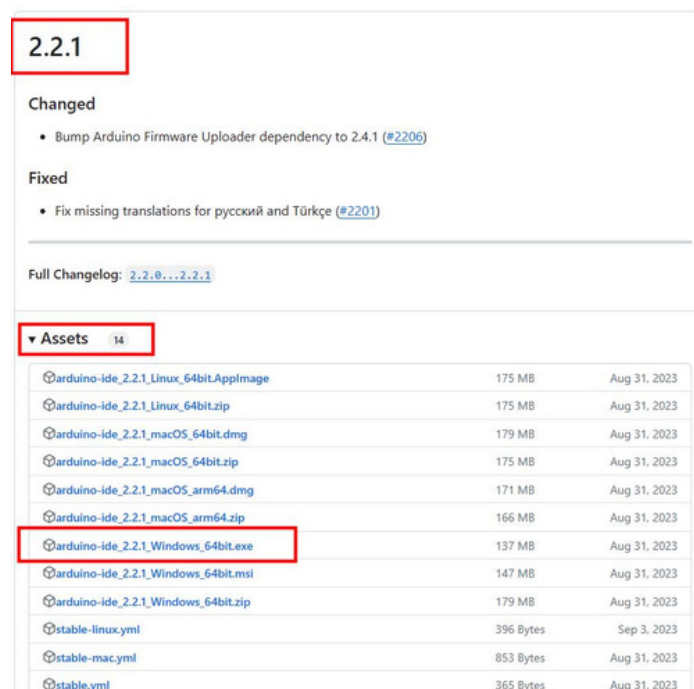
The Arduino IDE 2.0 is open source and its source code is hosted on [GitHub](#).

DOWNLOAD OPTIONS

- Windows** Win 10 and newer, 64 bits
- Windows** MSI installer
- Windows** ZIP file
- Linux** Appliance 64 bits (X86-64)
- Linux** ZIP file 64 bits (X86-64)
- macOS** Intel, 10.14: "Mojave" or newer, 64 bits
- macOS** Apple Silicon, 11: "Big Sur" or newer, 64 bits

[Release Notes](#)

Link na verzi 2.2.1:<https://github.com/arduino/arduino-ide/releases>



2.2.1

Changed

- Bump Arduino Firmware Uploader dependency to 2.4.1 (#2206)

Fixed

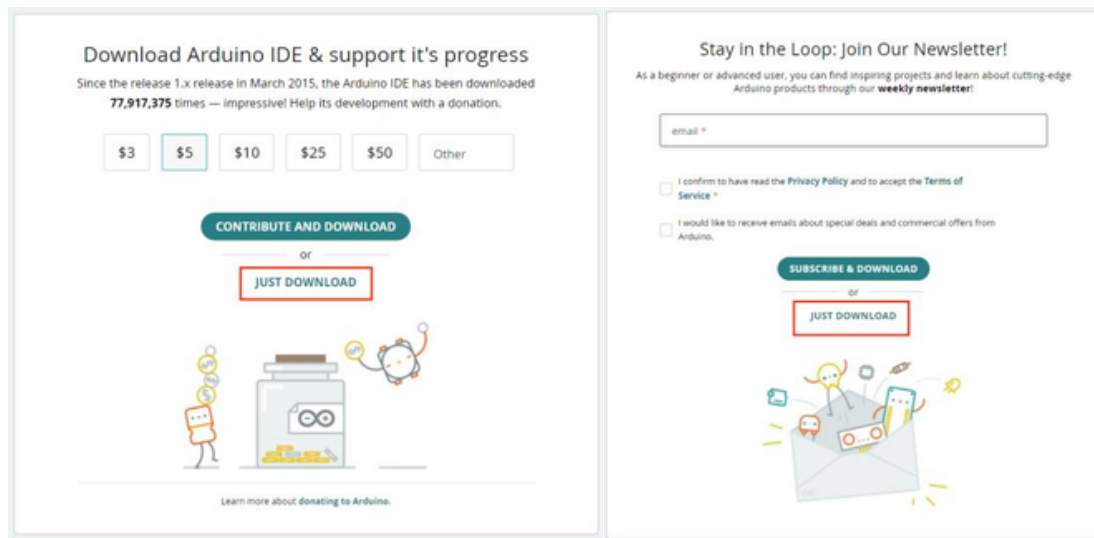
- Fix missing translations for русский and Türkçe (#2201)

Full Changelog: [2.2.0...2.2.1](#)

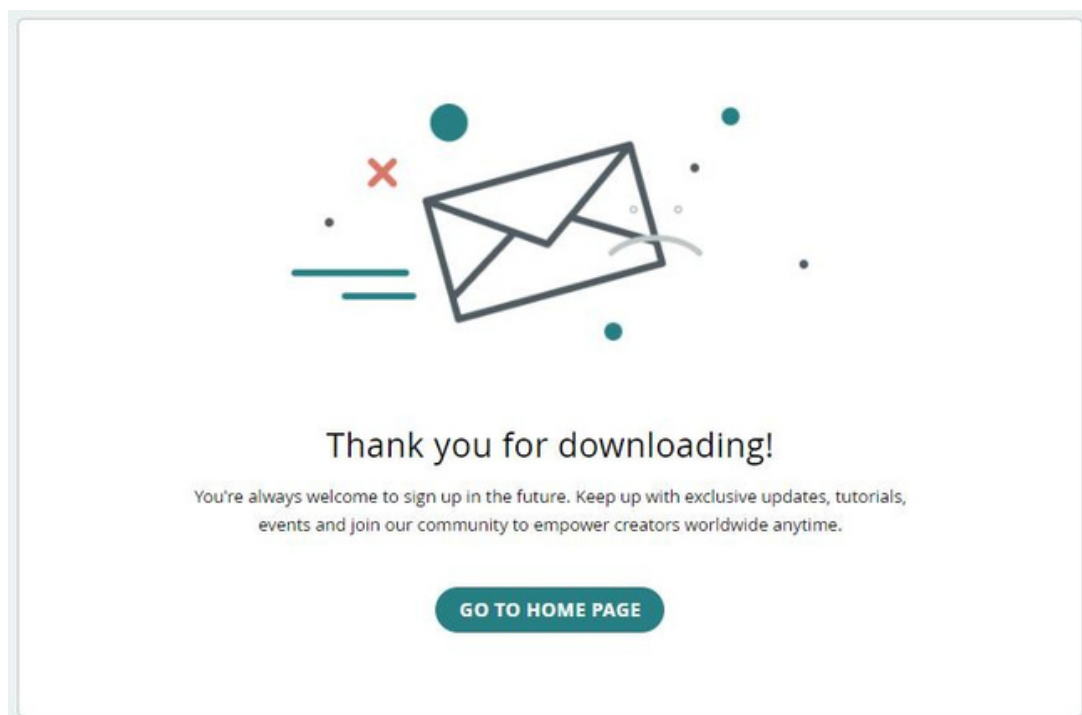
Assets 14

arduino-ide_2.2.1_Linux_64bitAppliance	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Linux_64bit.zip	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_64bit.dmg	179 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_64bit.zip	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_arm64.dmg	171 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_arm64.zip	166 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.exe	137 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.msi	147 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.zip	179 MB	Aug 31, 2023
stable-linux.yml	396 Bytes	Sep 3, 2023
stable-mac.yml	853 Bytes	Aug 31, 2023
stable.yml	365 Bytes	Aug 31, 2023

② Vyberte JUSTDOWNLOAD.



③ Když se zobrazí následující obrazovka, znamená to, že se Arduino IDE stahuje.



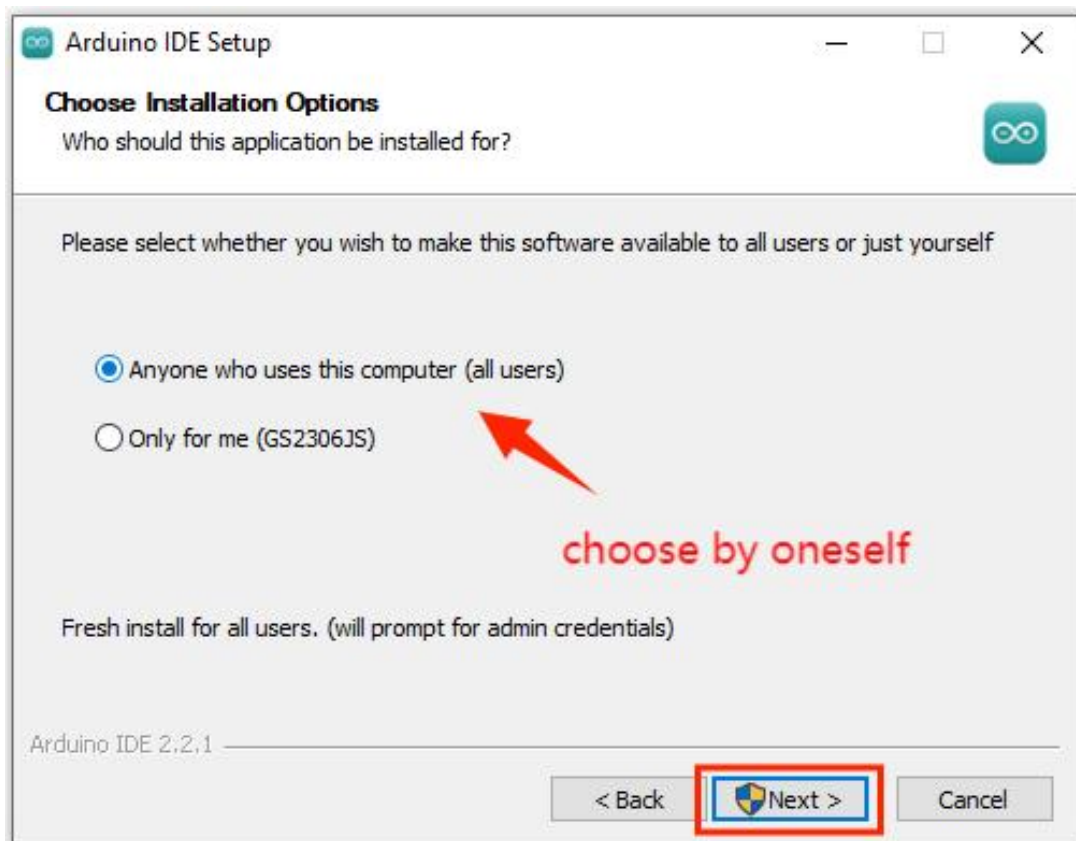
④ Po dokončení stahování se zobrazí ikona souboru. Klikněte na „Install software“ (nainstalovat software).



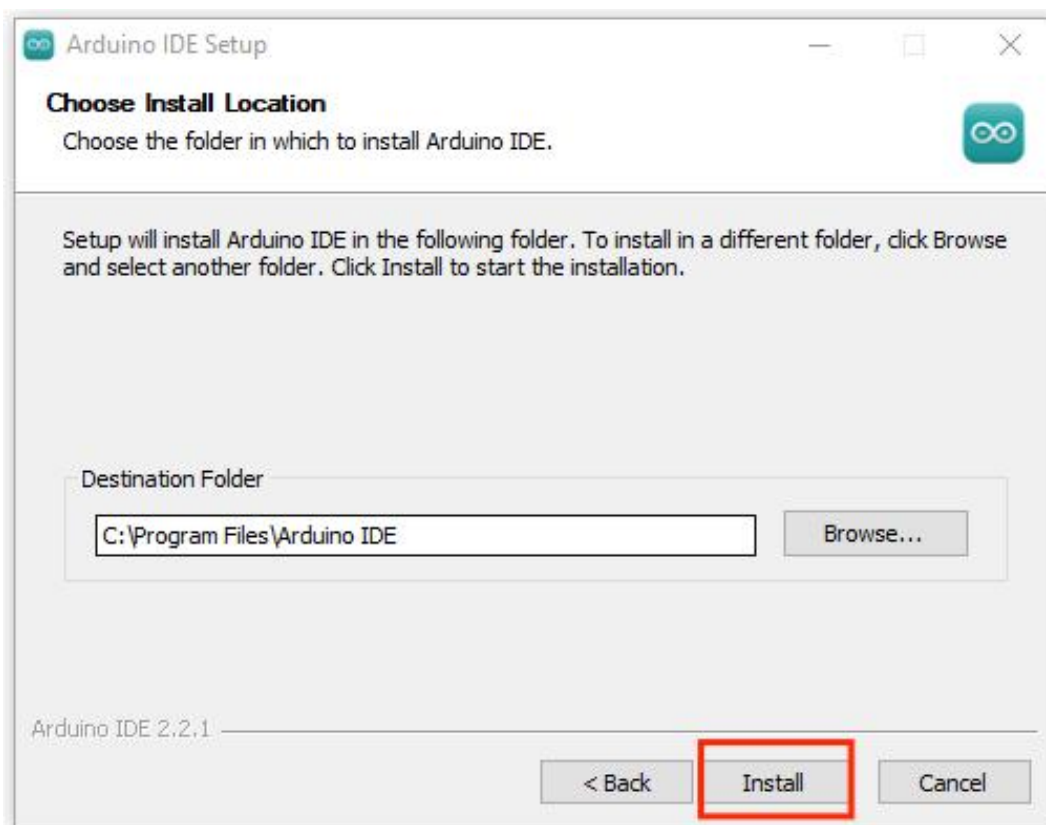
- ⑤ Po dokončení instalace se zobrazí následující obrazovka, kde vyberte „I Agree“ (Souhlasím).



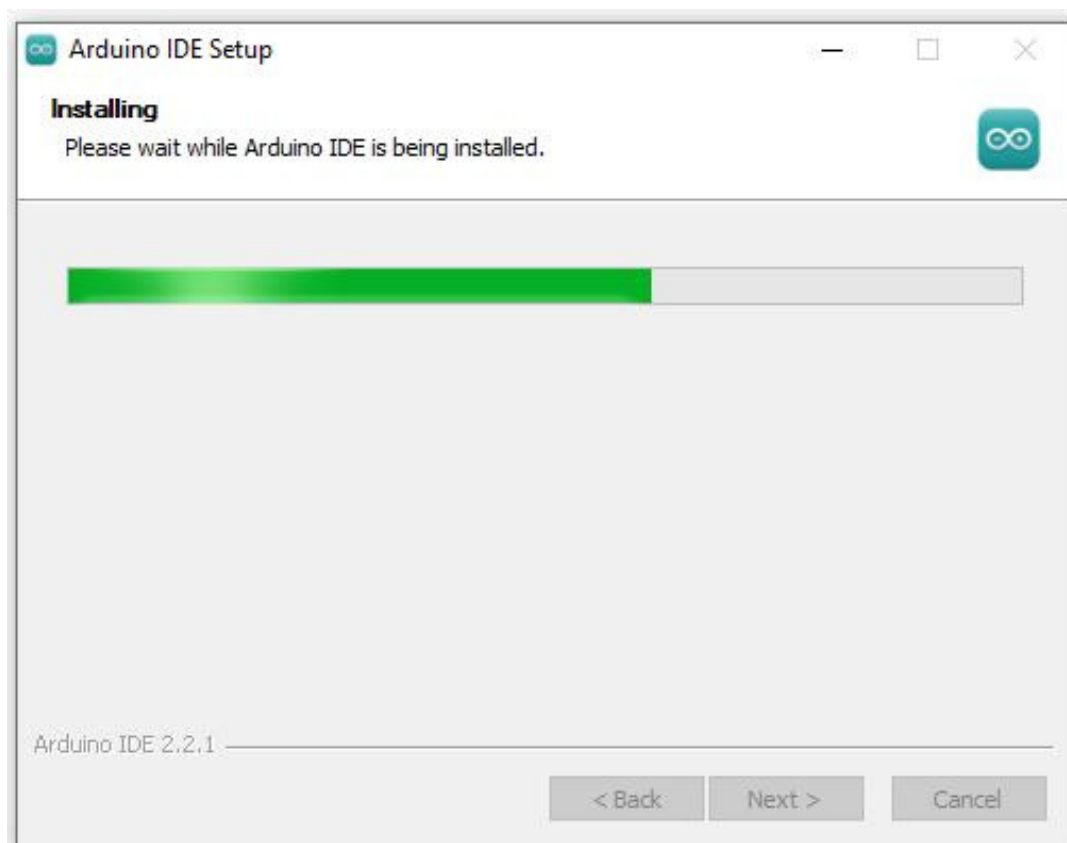
- ⑥ Po zvolení „I Agree“ (Souhlasím) se zobrazí následující obrazovka, kde vyberte „Next“ (Další).



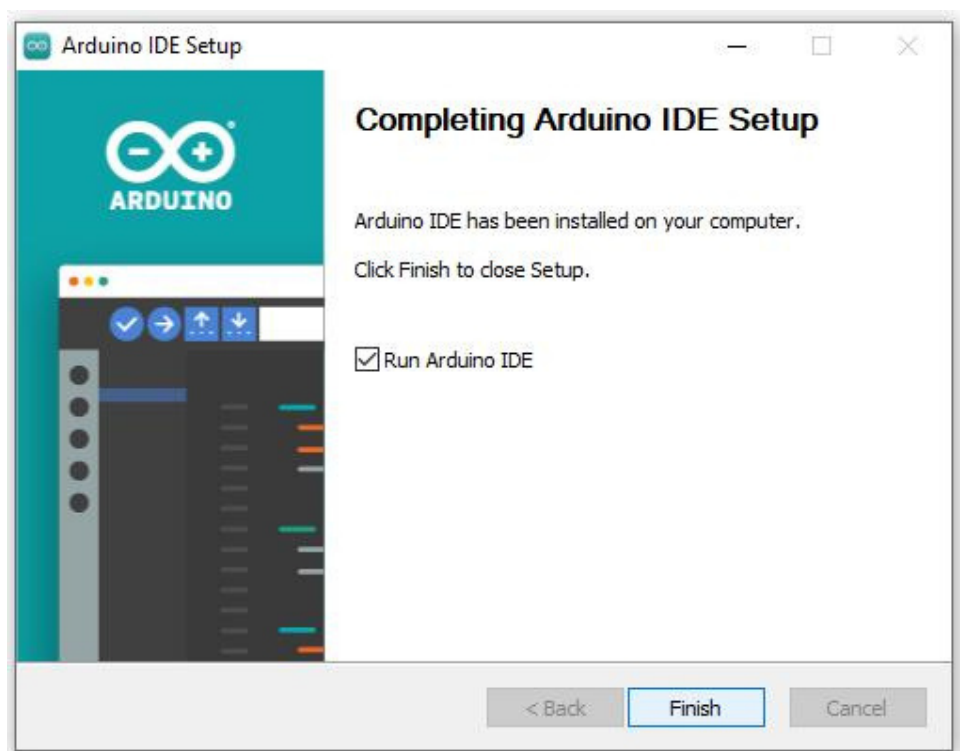
- ⑦ Po kliknutí na „Next“ (Další) se zobrazí následující obrazovka. Vyberte „Install“ (Instalovat).



- ⑧ Software Arduino IDE je nainstalován.



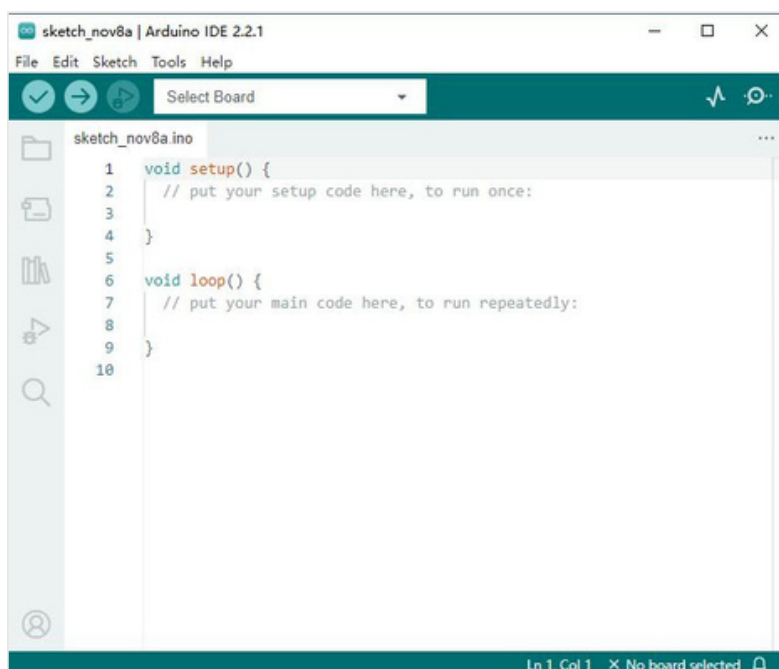
- ⑨ Po dokončení instalace klikněte na „Finish“ (Dokončit).



- ⑩ Po instalaci se na ploše zobrazí zástupce (ikona) Arduino IDE.



- ⑪ Po otevření se zobrazí následující rozhraní softwaru.



(2) Installation on Mac OS

① Klikněte myší na místo zobrazené na obrázku.

Pozor: Kvůli možným problémům s kompatibilitou nové verze se doporučuje nainstalovat verzi Arduino IDE 2.2.1.



Arduino IDE 2.2.1

The new major release of the Arduino IDE is faster and even more powerful! In addition to a more modern editor and a more responsive interface it features autocompletion, code navigation, and even a live debugger.

For more details, please refer to the [Arduino IDE 2.0 documentation](#).

Nightly builds with the latest bugfixes are available through the section below.

SOURCE CODE

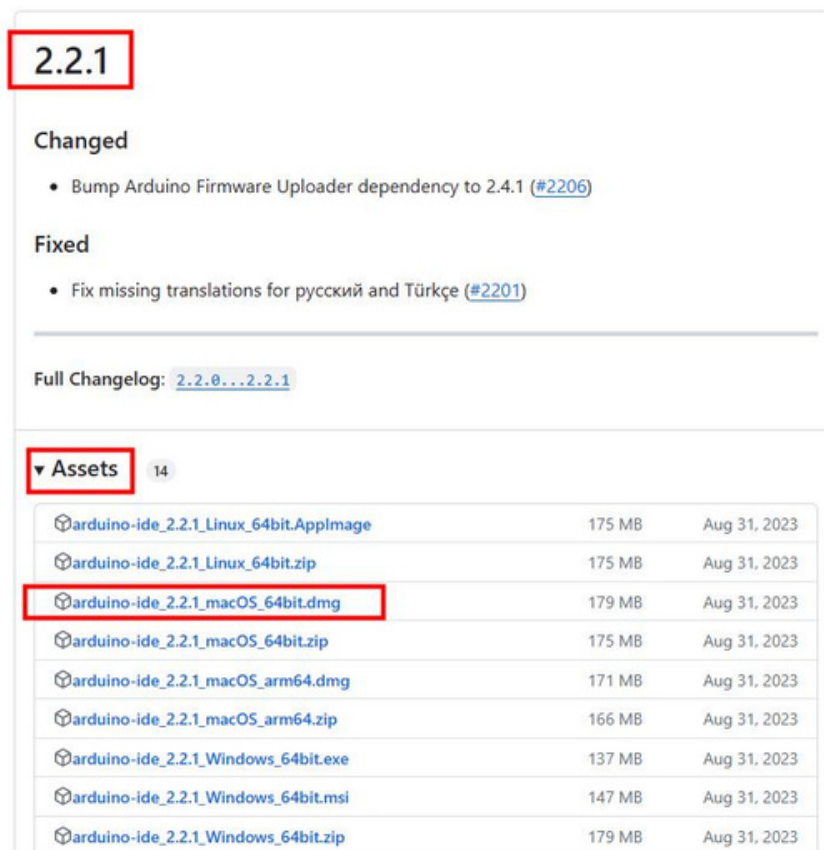
The Arduino IDE 2.0 is open source and its source code is hosted on [GitHub](#).

DOWNLOAD OPTIONS

- Windows** Win 10 and newer, 64 bits
- Windows** MSI installer
- Windows** ZIP file
- Linux** AppImage 64 bits (X86-64)
- Linux** ZIP file 64 bits (X86-64)
- macOS** Intel, 10.14: "Mojave" or newer, 64 bits
- macOS** Apple Silicon, 11: "Big Sur" or newer, 64 bits

[Release Notes](#)

Link na verzi 2.2.1:<https://github.com/arduino/arduino-ide/releases>



2.2.1

Changed

- Bump Arduino Firmware Uploader dependency to 2.4.1 ([#2206](#))

Fixed

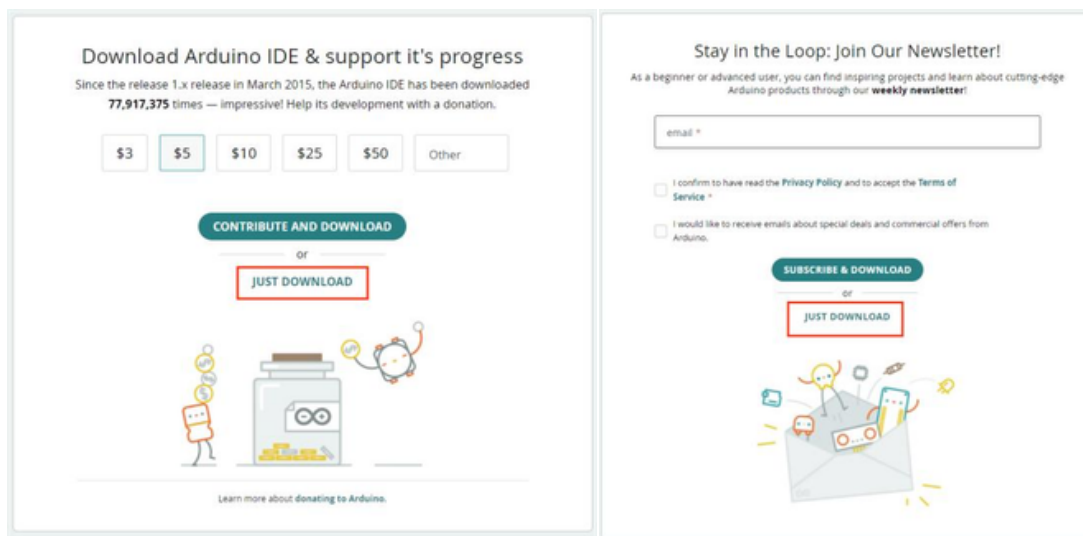
- Fix missing translations for русский and Türkçe ([#2201](#))

Full Changelog: [2.2.0...2.2.1](#)

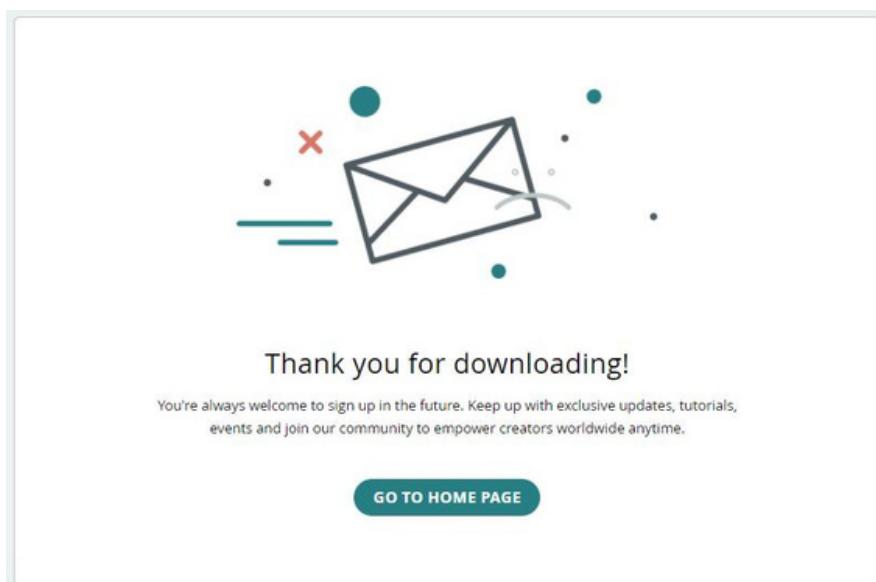
Assets 14

arduino-ide_2.2.1_Linux_64bit.AppImage	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Linux_64bit.zip	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_64bit.dmg	179 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_64bit.zip	175 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_arm64.dmg	171 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_macOS_arm64.zip	166 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.exe	137 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.msi	147 MB	Aug 31, 2023
arduino-ide_2.2.1_Windows_64bit.zip	179 MB	Aug 31, 2023

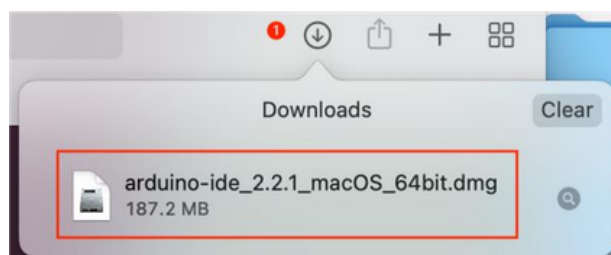
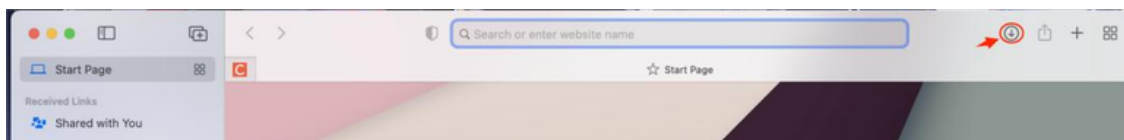
② Vyberte JUSTDOWNLOAD.



③ Když se zobrazí následující obrazovka, znamená to, že se Arduino IDE stahuje.



④ Po dokončení stahování klikněte na ikonu stahování ve vašem prohlížeči a najděte instalační soubor Arduino IDE.



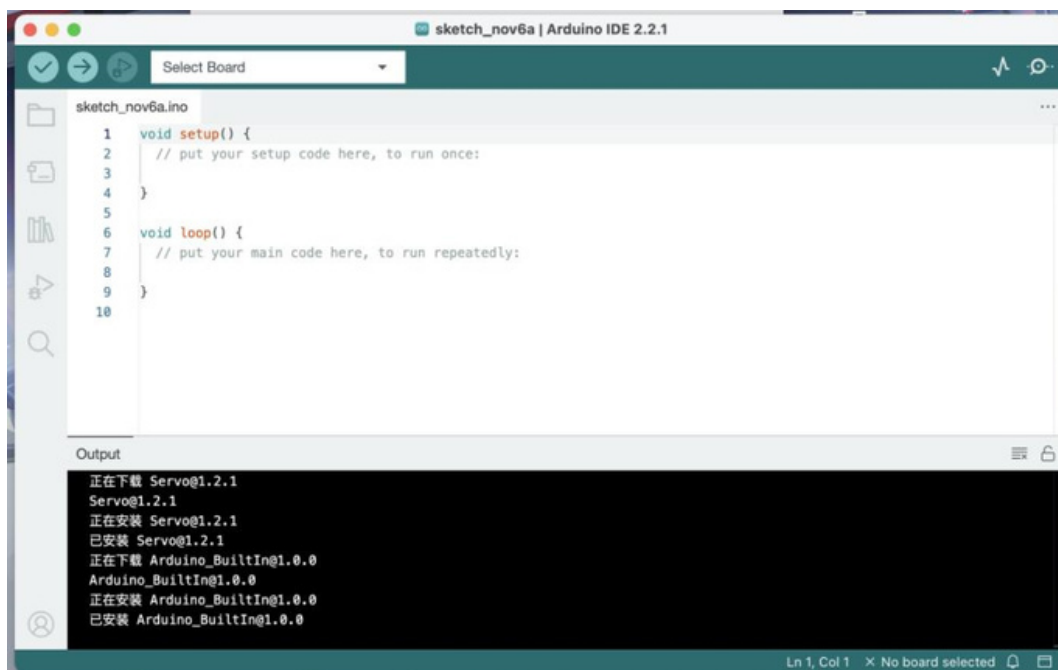
- ⑤ Klikněte na instalační balíček, čímž se zobrazí instalační obrazovka. Poté jednoduše přetáhněte ikonu Arduino IDE do složky „Applications“ (Aplikace), čímž program nainstalujete.



- ⑥ V pracovním prostředí (workbench) najděte Arduino IDE a otevřete ho.



- ⑦ Po otevření uvidíte následující rozhraní softwaru.



Instalace sériového ovladače (pokud je již nainstalován, tento krok přeskočte)

Sériový port je komunikační rozhraní počítače, které se obvykle používá pro přenos dat mezi počítačem a dalšími zařízeními (například modemy, senzory, tiskárnami, mikrokontroléry apod.). USB sériový port je nejčastěji používané komunikační rozhraní.

Obecně je po první instalaci softwaru Arduino IDE nutné nainstalovat ovladač sériového portu, aby bylo možné přenášet vytvořený program do řídicí desky.

USB-sériový převodník na řídicí desce ESP32 používá čip CH340, takže je potřeba nainstalovat ovladač pro tento čip. Po připojení řídicí desky k počítači pomocí USB kabelu se ovladač obvykle nainstaluje automaticky v systémech macOS i Windows. Pokud se ovladač nenainstaluje automaticky, bude nutné jej nainstalovat ručně.

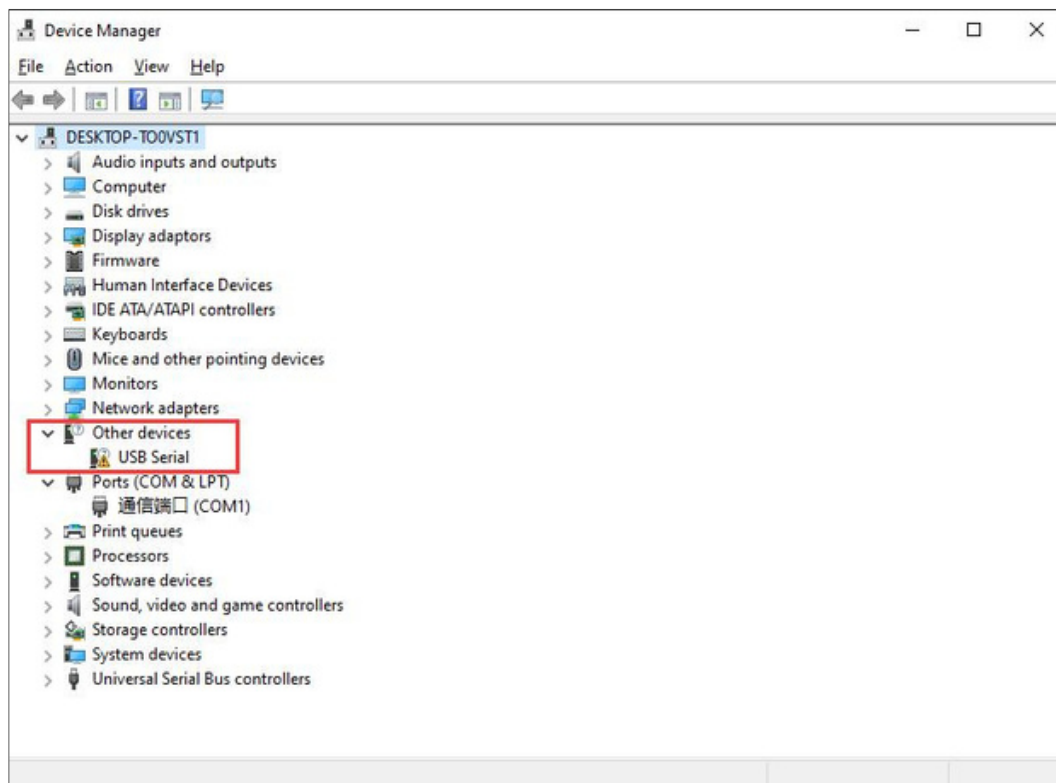
Ovladač lze stáhnout z internetu nebo jej můžete najít ve složce s názvem „CH340 Driver“ v námi poskytnutém balíčku zdrojů. Vyberte vhodný balíček podle typu operačního systému vašeho počítače a poté postupujte podle níže uvedených kroků pro instalaci ovladače.

(1) Postup instalace ovladače v systému Windows

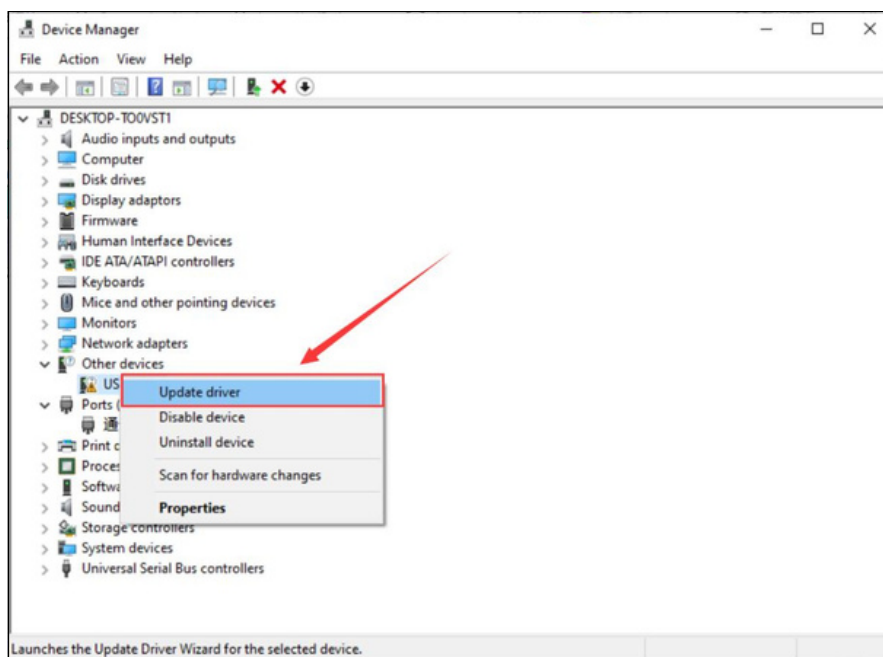
① Zapojte jeden konec USB kabelu do řídicí desky ESP32 a druhý konec do USB portu vašeho počítače.

② Při prvním připojení řídicí desky ESP32 k počítači klikněte pravým tlačítkem na „Tento počítač“ → „Vlastnosti“ → a klikněte na „Správce zařízení“.

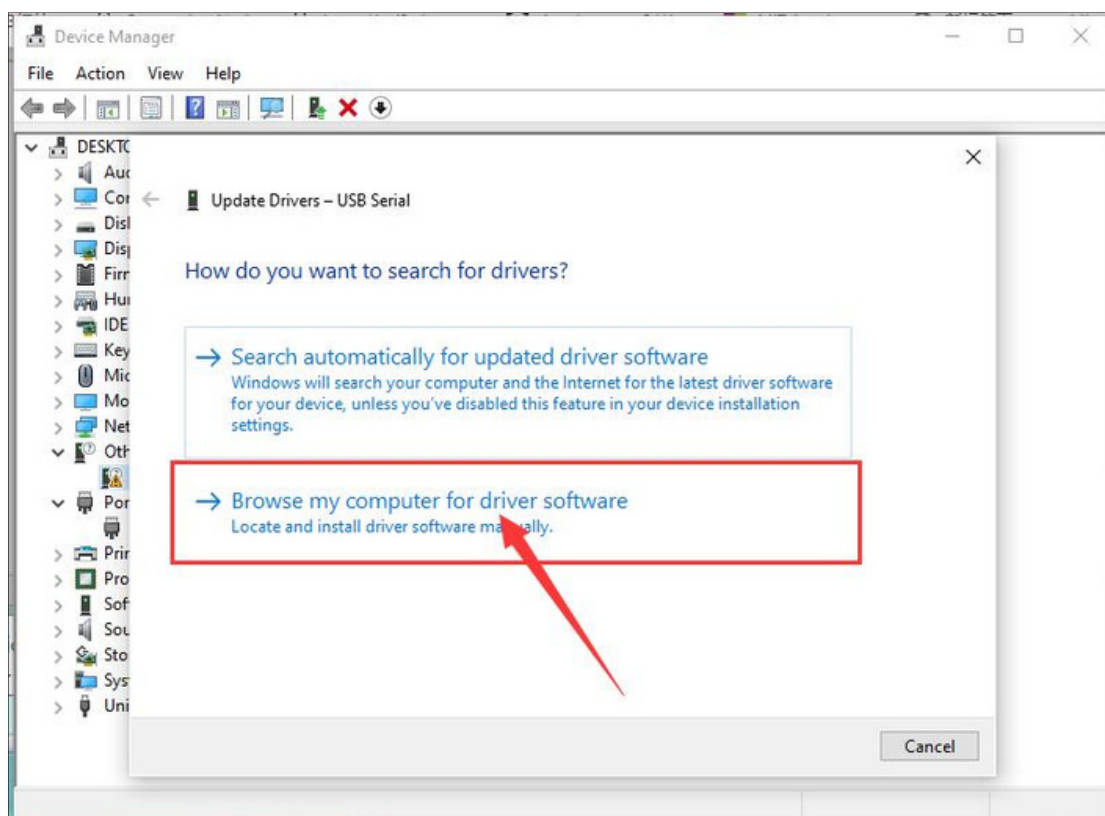
V části „Ostatní zařízení“ uvidíte „USB-Serial“ nebo „Unknown Device“ (Neznámé zařízení).



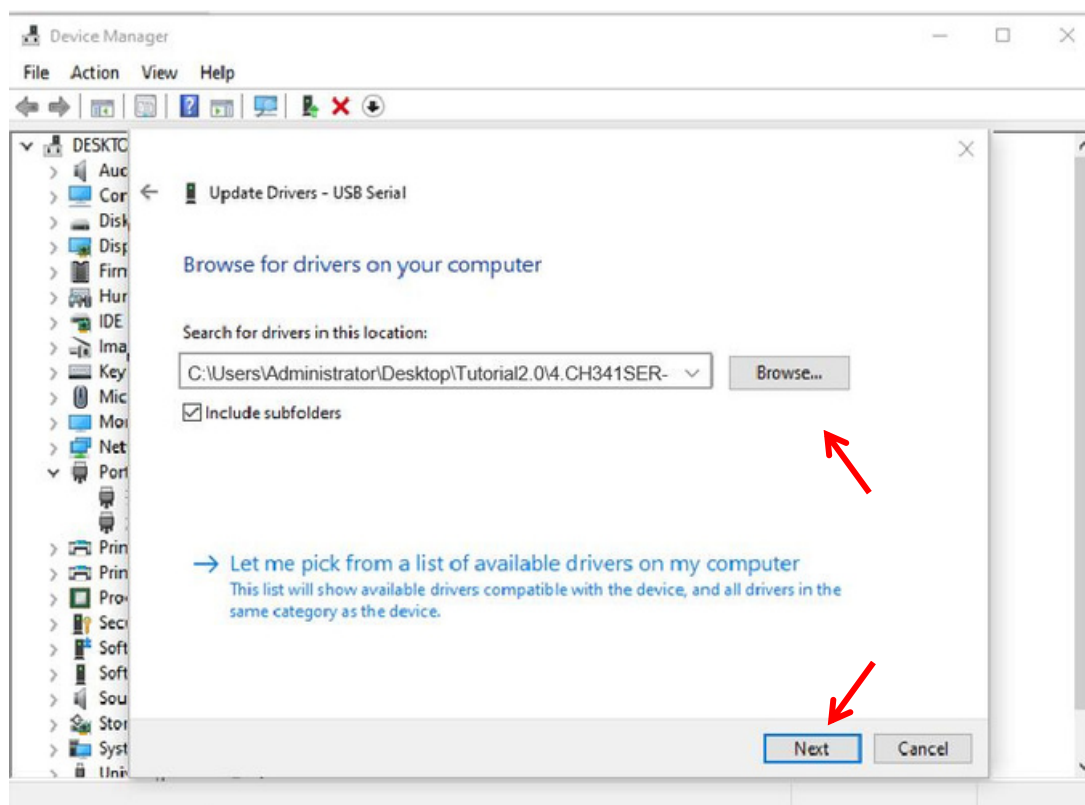
③ Klikněte pravým tlačítkem na zařízení a vyberte první možnost v nabídce („Update Driver Software“ / „Aktualizovat software ovladače“), jak je znázorněno na obrázku níže.



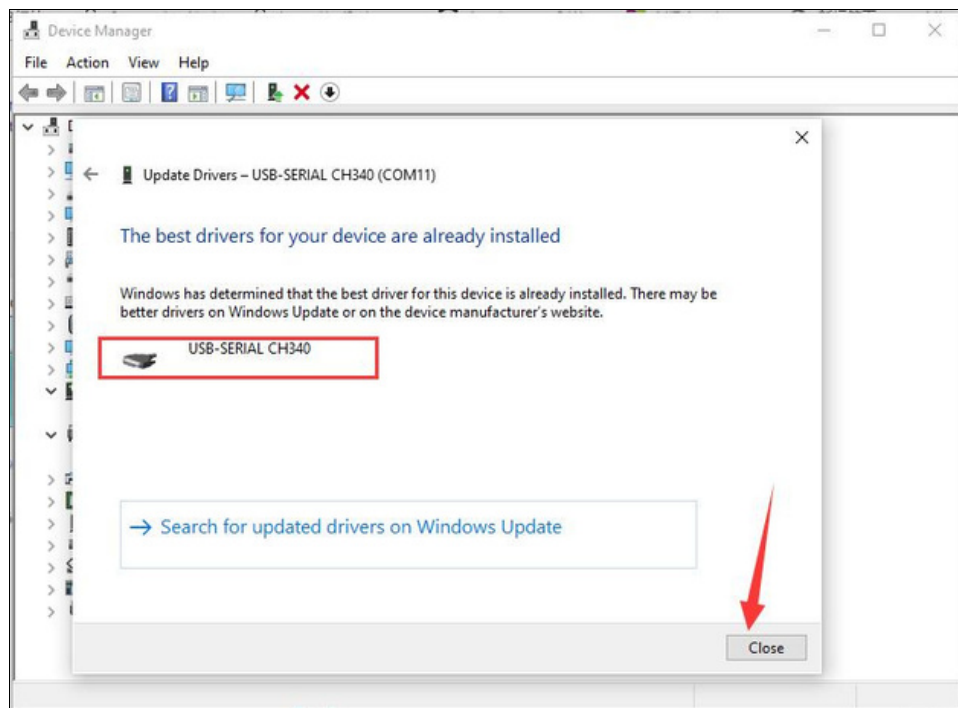
④ Poté se zobrazí nabídka „Search automatically for updated driver software“ (Vyhledat automaticky aktualizovaný software ovladače) nebo „Browse my computer for driver software“ (Vyhledat software ovladače v počítači), jak je znázorněno na obrázku níže. Na této stránce vyberte možnost „Browse my computer for driver software“ (Vyhledat software ovladače v počítači).



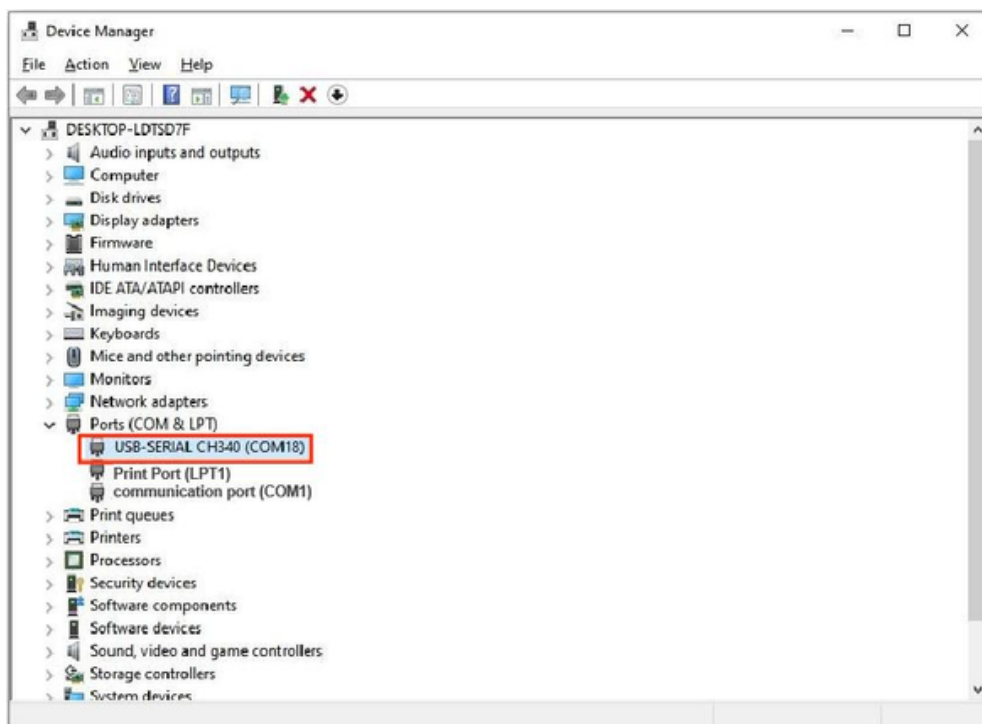
⑤ Poté přidejte cestu ke složce se soubory ovladače.



⑥ Po dokončení instalace softwaru se zobrazí potvrzovací zpráva. Po dokončení instalace klikněte na „Close“ (Zavřít).

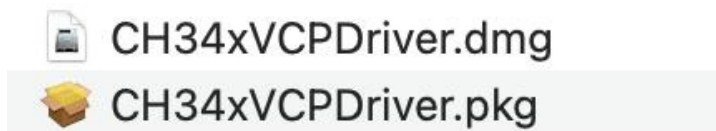


⑦ Pro ověření, zda byla instalace úspěšná, připojte jeden konec USB kabelu k řídicí desce ESP32 a druhý konec k USB portu počítače. Klikněte pravým tlačítkem na „Tento počítač“ → „Vlastnosti“ → otevřete „Správce zařízení“. Po připojení řídicí desky se úspěšná instalace zobrazí tak, jak je znázorněno na obrázku níže.

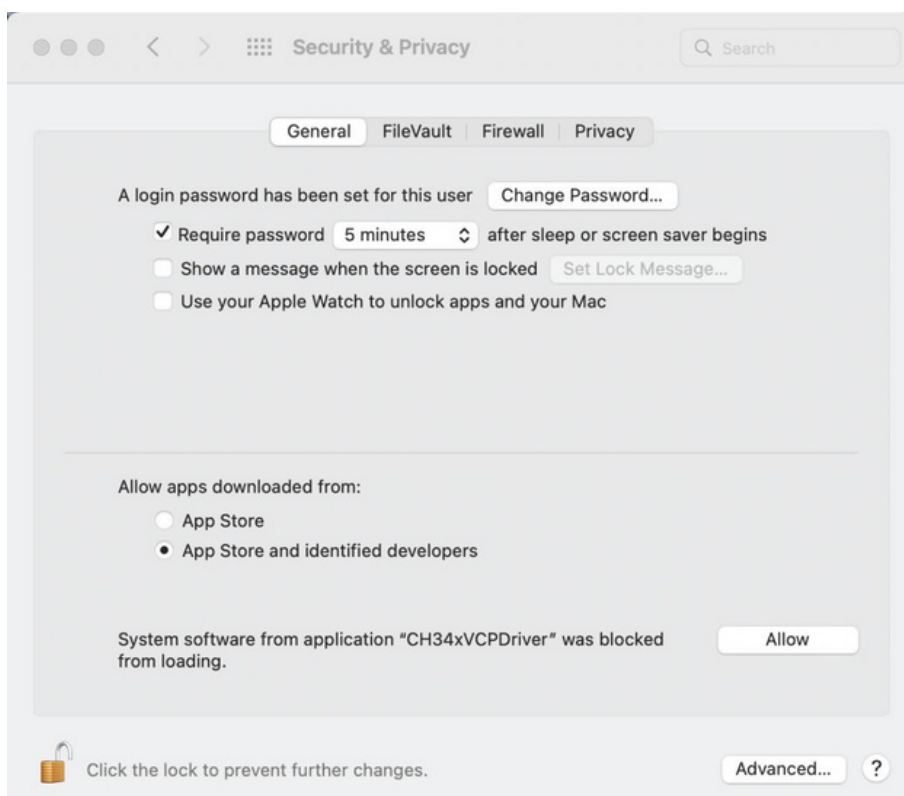


(2) Instalace ovladače v systému macOS

Otevřete složku „CH340 Driver file-mac“, kde najdete námi poskytnutý instalační soubor ovladače. Obecně se ovladač ve formátu .pkg instaluje standardně. Pokud však systém macOS verze 11.0 nebo novější nepodporuje Rosetta, nainstalujte ovladač ve formátu .dmg.

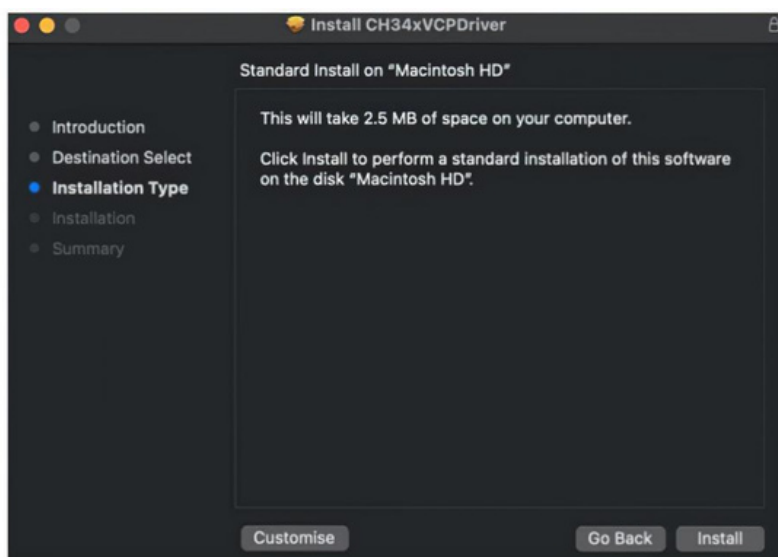
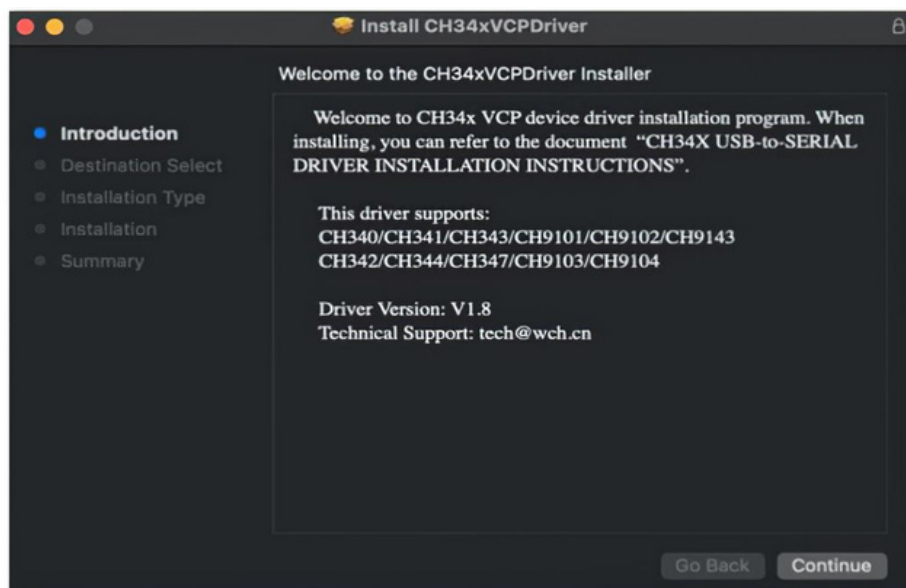


Před instalací přejděte do „System Preferences“ (Systémové předvolby) → „Security & Privacy“ (Zabezpečení a soukromí) → „General“ (Obecné) a v části „Allow applications to be downloaded from the following addresses“ (Povolit aplikace stahované z následujících zdrojů) vyberte možnost „Mac App Store and identified developers“ (Mac App Store a identifikovaní vývojáři), aby ovladač fungoval správně.

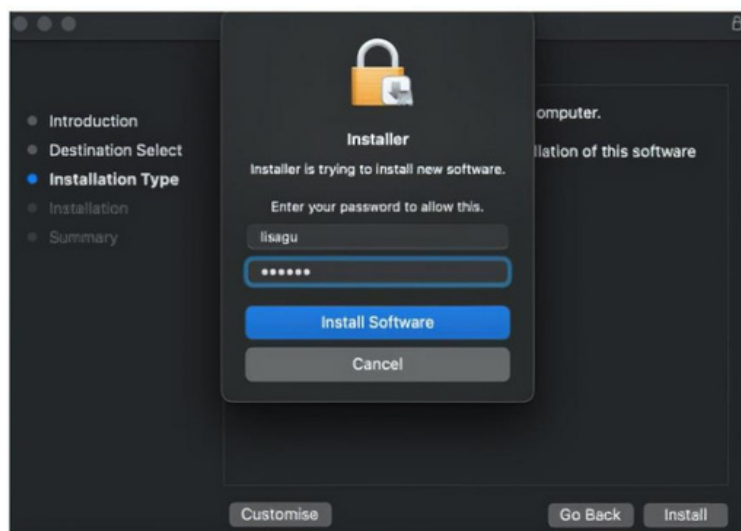


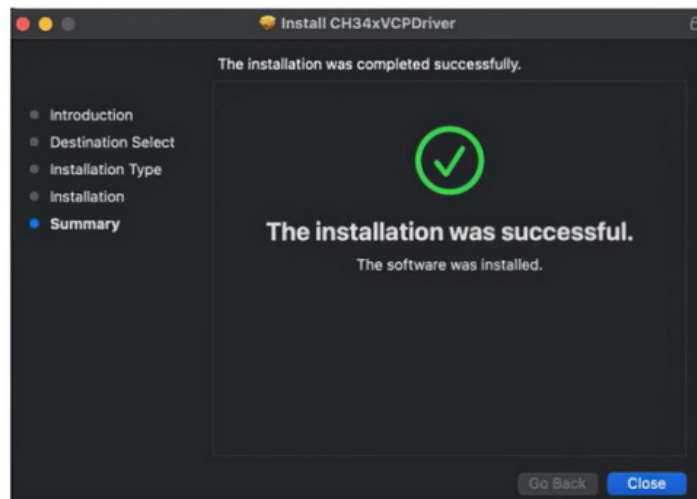
1. Instalace ovladače ve formátu .pkg

- ① Klikněte na soubor ovladače → Continue (Pokračovat) → Install (Instalovat).

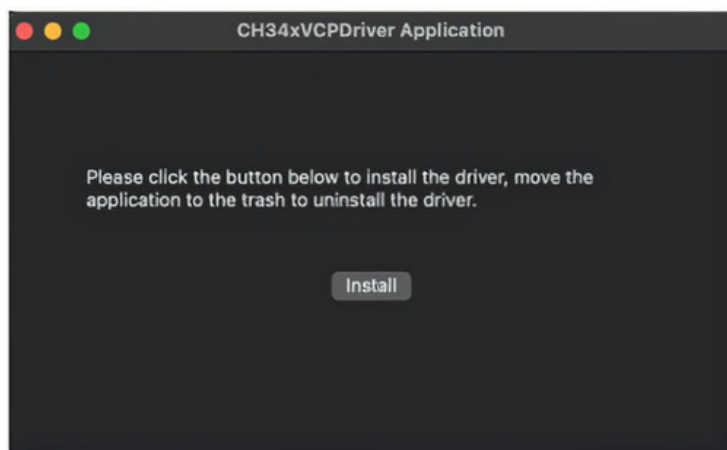


② Instalace byla úspěšná.





- ③ Instalace ovladače ve formátu .pkg na OS X 11.0 a novější
Otevřete „Launchpad“ → „CH34xVCPDriver“ → „Install“ (Instalovat).



- ④ Při použití OS X 10.9 až OS X 10.15 klikněte na „Restart“ (Restartovat) pro restartování počítače a po restartu pokračujte následujícími kroky.



1. Instalace ovladače ve formátu .dmg (Pozor: pokud byl úspěšně nainstalován

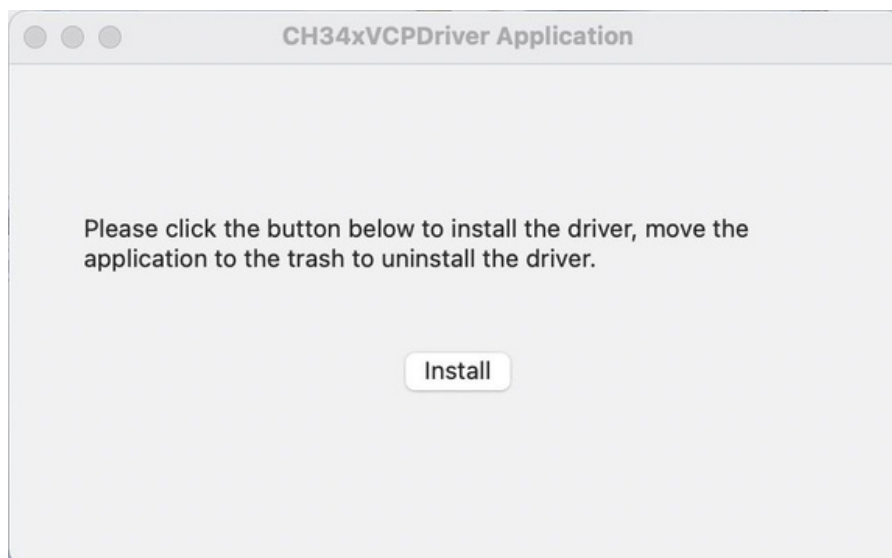
.pkg soubor v kroku A, přeskočte krok B)

- ① **Nainstalujte ovladač .dmg** – klikněte na soubor .dmg a přetáhněte složku aplikace „CH34xVCPDriver“ do složky operačního systému.

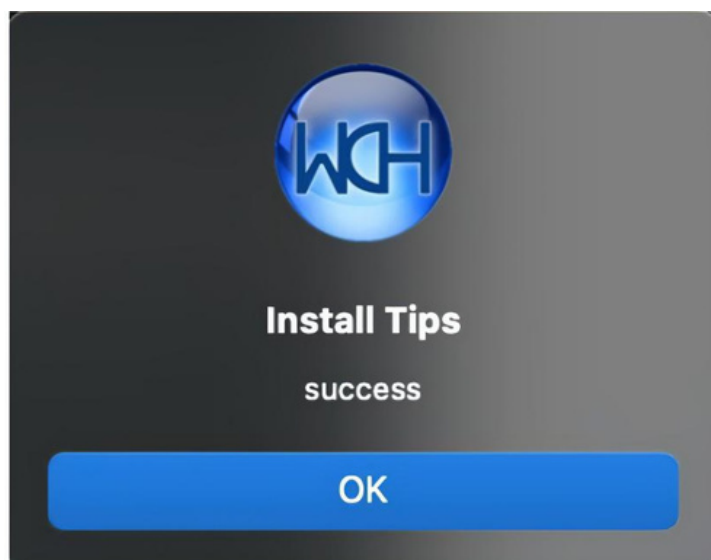


- ② Poté otevřete „Launchpad“ → „CH34xVCPDriver“ → „Install“ (Instalovat).



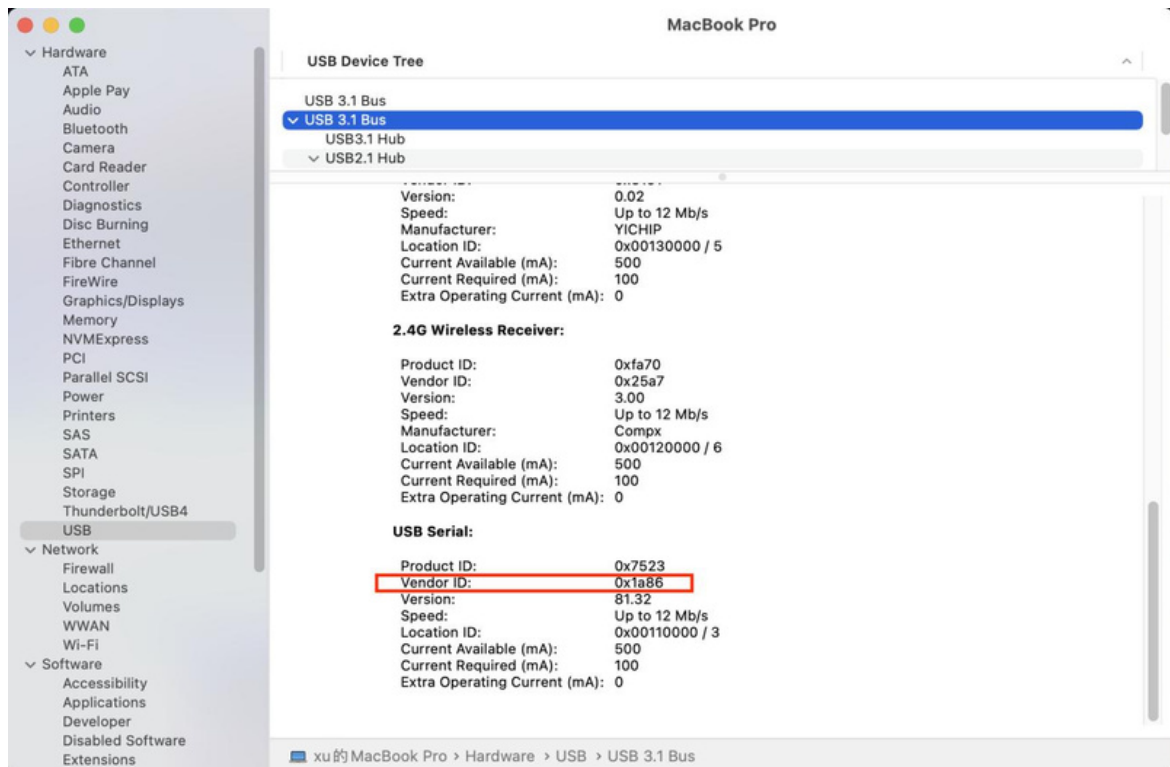


③ Instalace byla úspěšná



3. Kontrola, zda je nainstalován sériový ovladač CH340

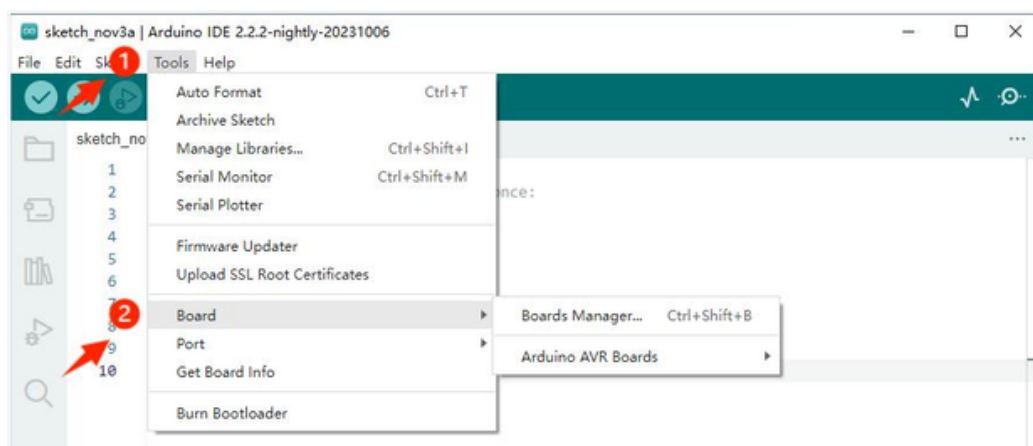
Když je řídicí deska připojena do USB portu, otevřete „System Report“ (Systémová zpráva) → „Hardware“ → „USB“. Vpravo se zobrazí USB zařízení. Pokud USB zařízení funguje správně, najdete zařízení s „Vendor ID“ [0x1a86].



1. Instalace knihovny ESP32

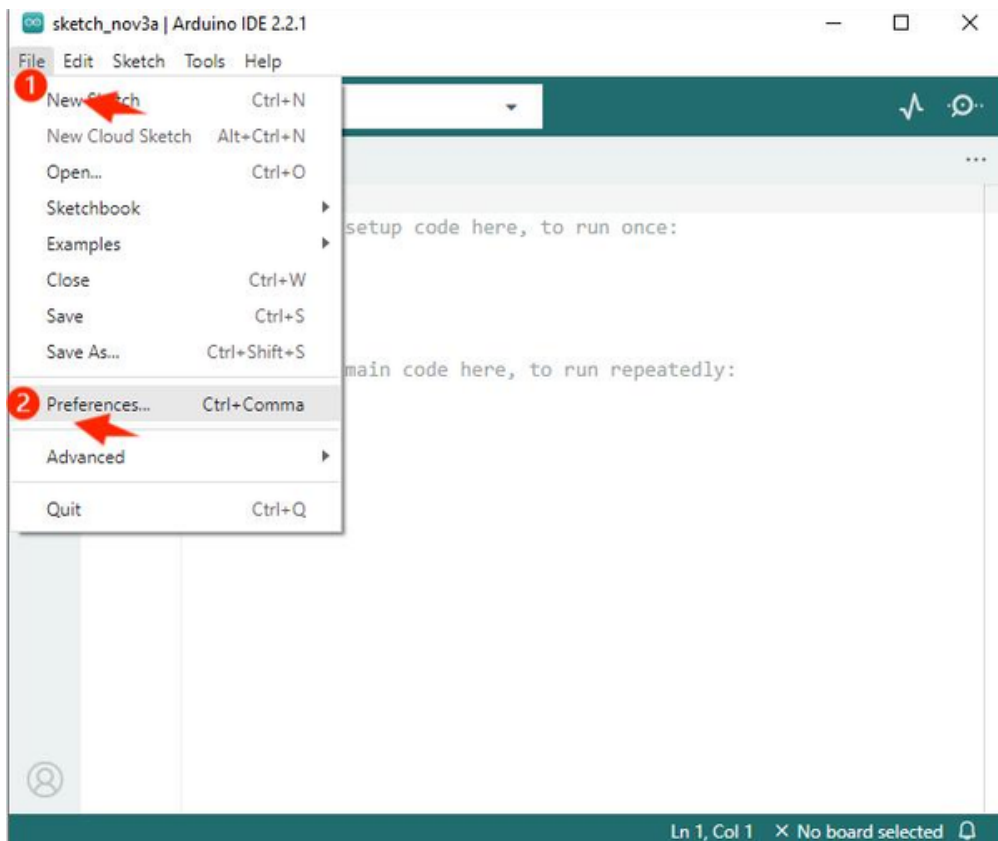
Protože řídicí deska používaná robotickým ramenem je ESP32, je také nutné přidat knihovnu ESP32, aby bylo možné programovat desku ESP32 v prostředí Arduino IDE.

Když otevřete Arduino IDE, přejděte na Tools (Nástroje) > Board (Deska), zjistíte, že Arduino IDE obsahuje pouze Arduino AVR Boards a neobsahuje ESP32.

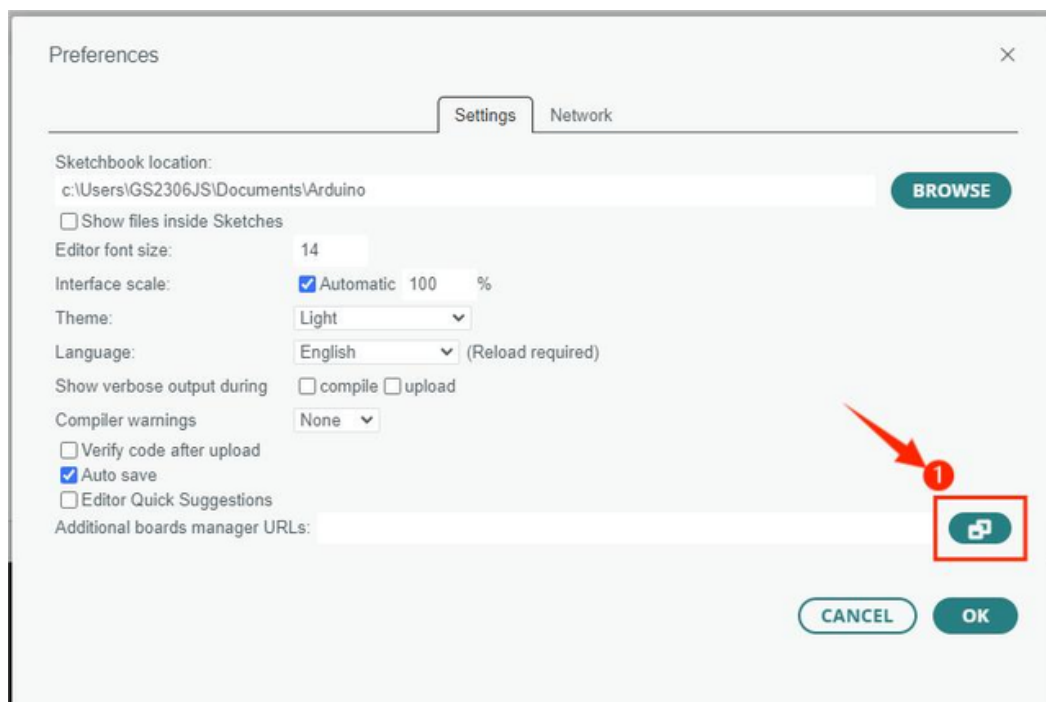


Dále musíme nainstalovat knihovnu ESP32, postupujte podle následujících kroků:

① Otevřete File (Soubor) > Preferences (Předvolby)

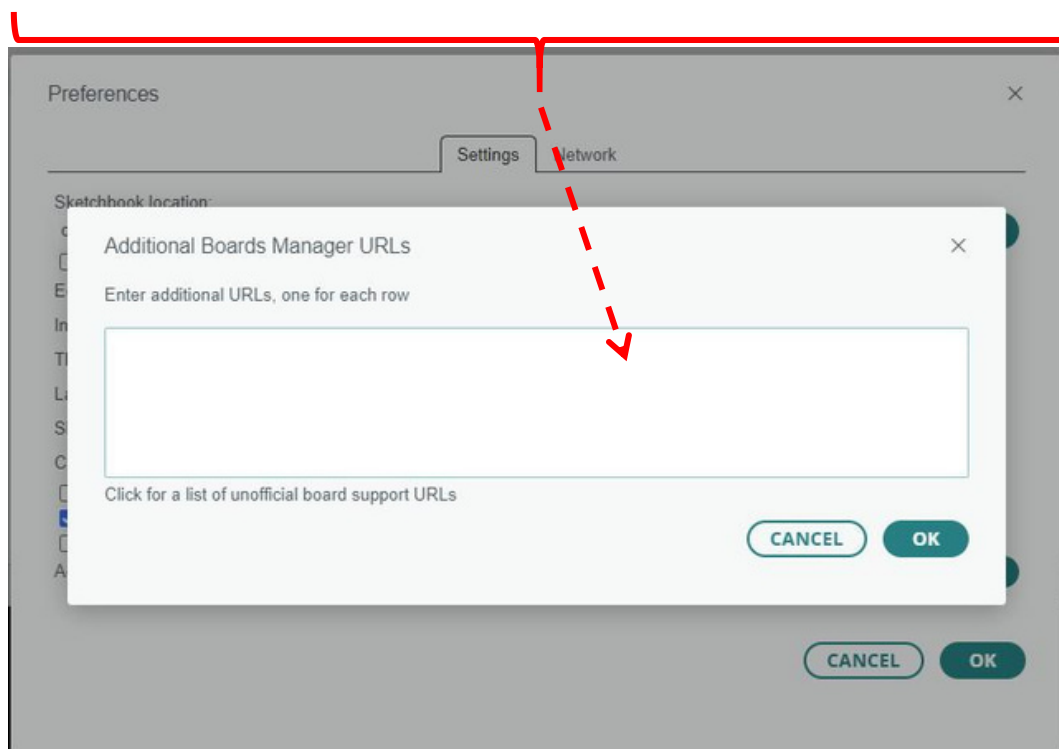


② Přidejte URL adresu pro správu desek (Board Manager URL).

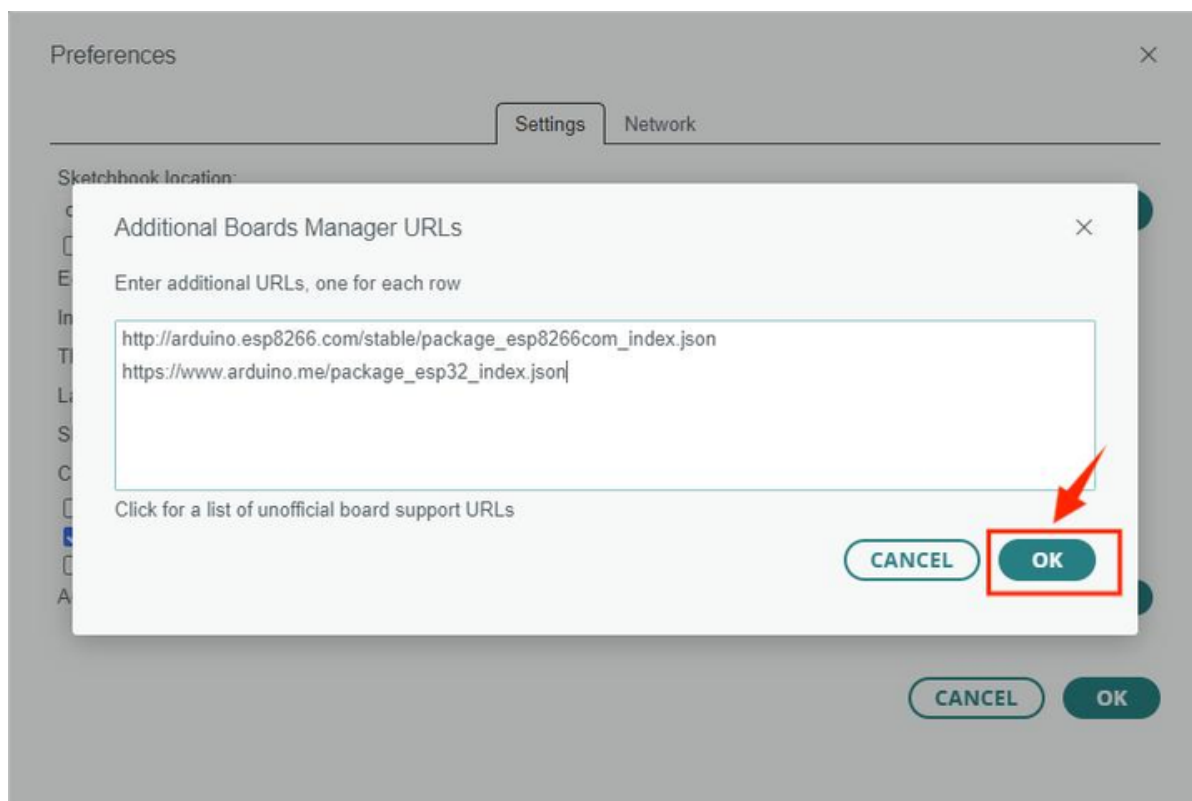


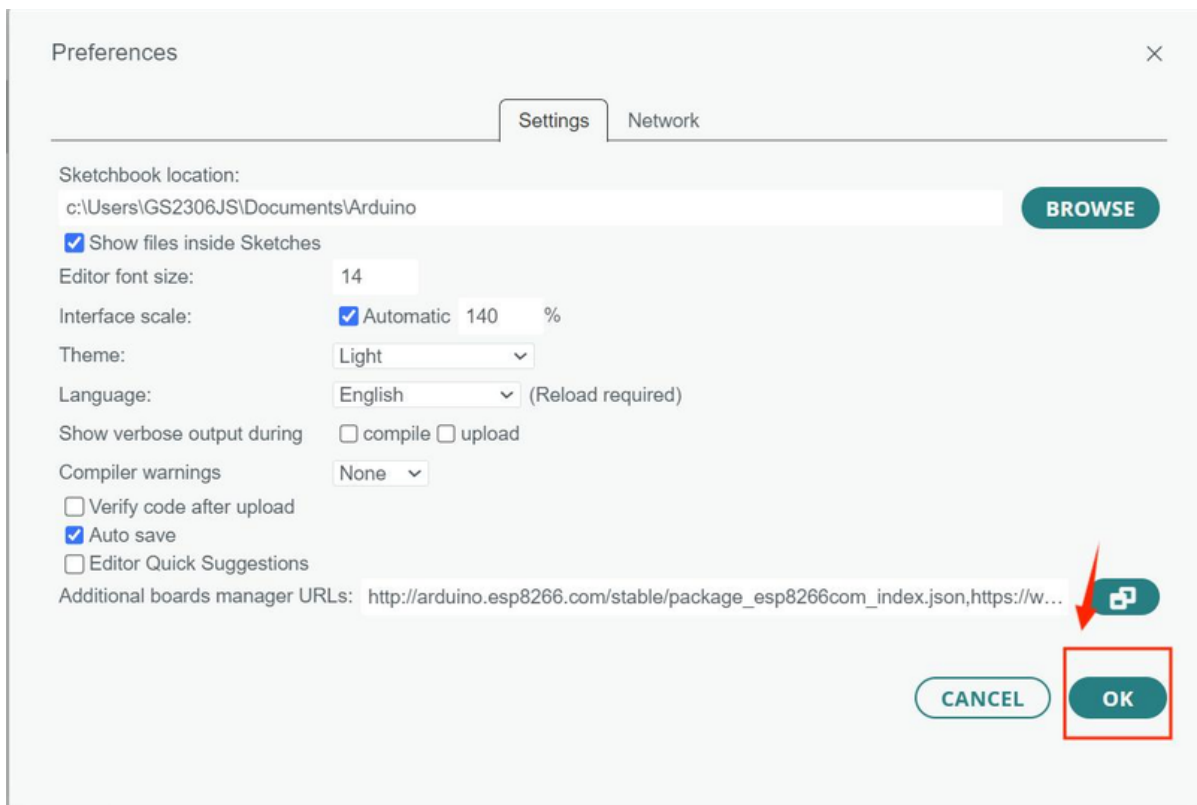
③ Zkopírujte URL z dolního textového pole a přidejte ji do „Additional Boards Manager URLs“ (Další URL adresy pro správce desek).

http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
https://www.arduino.me/package_esp32_index.json

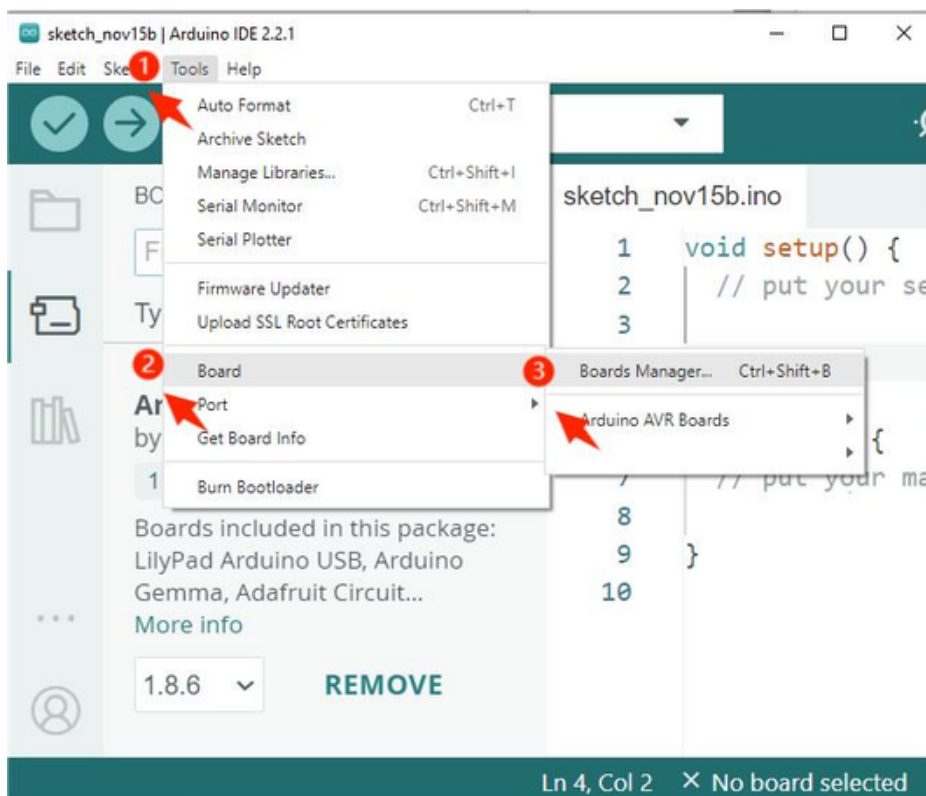


④ Po přidání URL klikněte na „OK“.

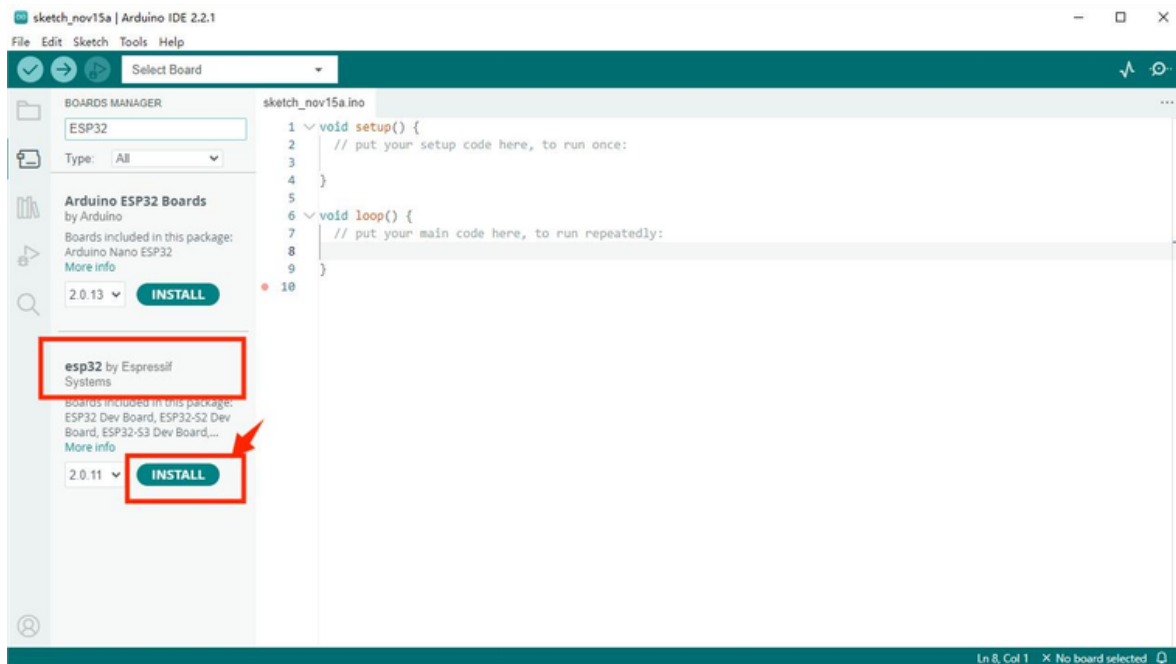




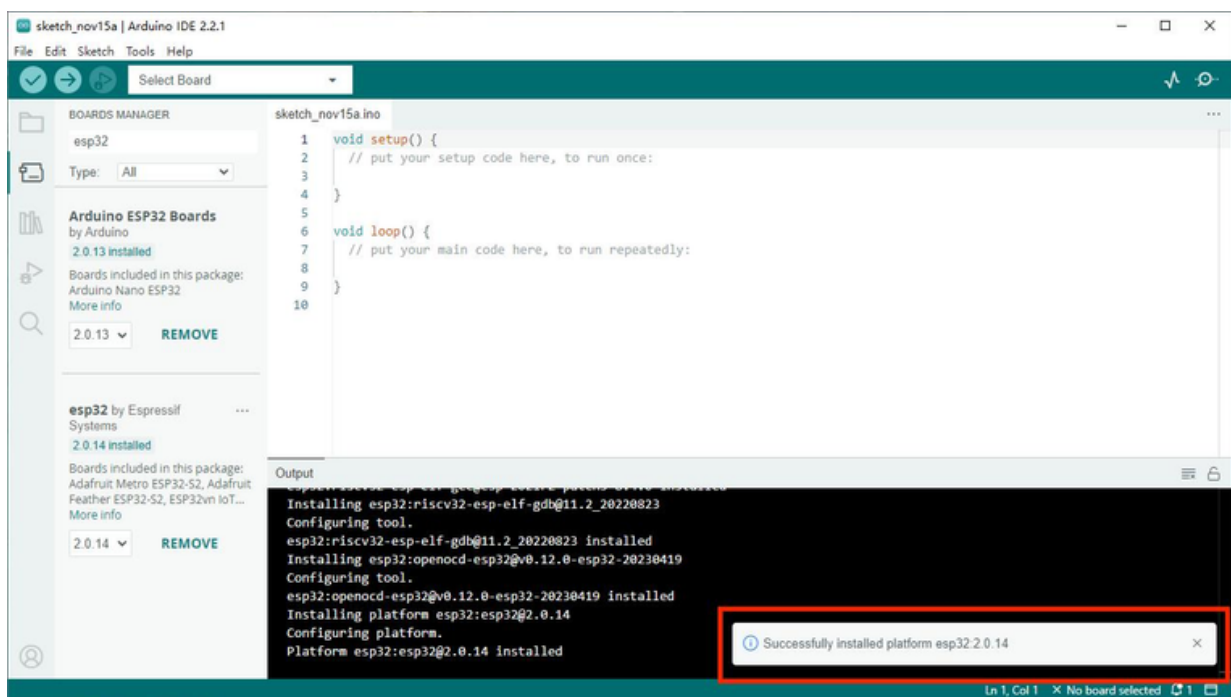
⑤ Klikněte na Tools (Nástroje) > Board (Deska) > Boards Manager (Správce desek).



- ⑥ Do vyhledávacího pole v „Boards Manager“ zadejte „ESP32“ a nainstalujte jej. Pozor: Nainstalujte prosím verzi ESP32 2.0.12, protože novější verze nejsou kompatibilní s knihovnami tohoto tutoriálu a mohou způsobit chyby v programu. Pokud již máte nainstalovanou verzi 3.0, odinstalujte ji a znovu nainstalujte verzi ESP32 2.0.

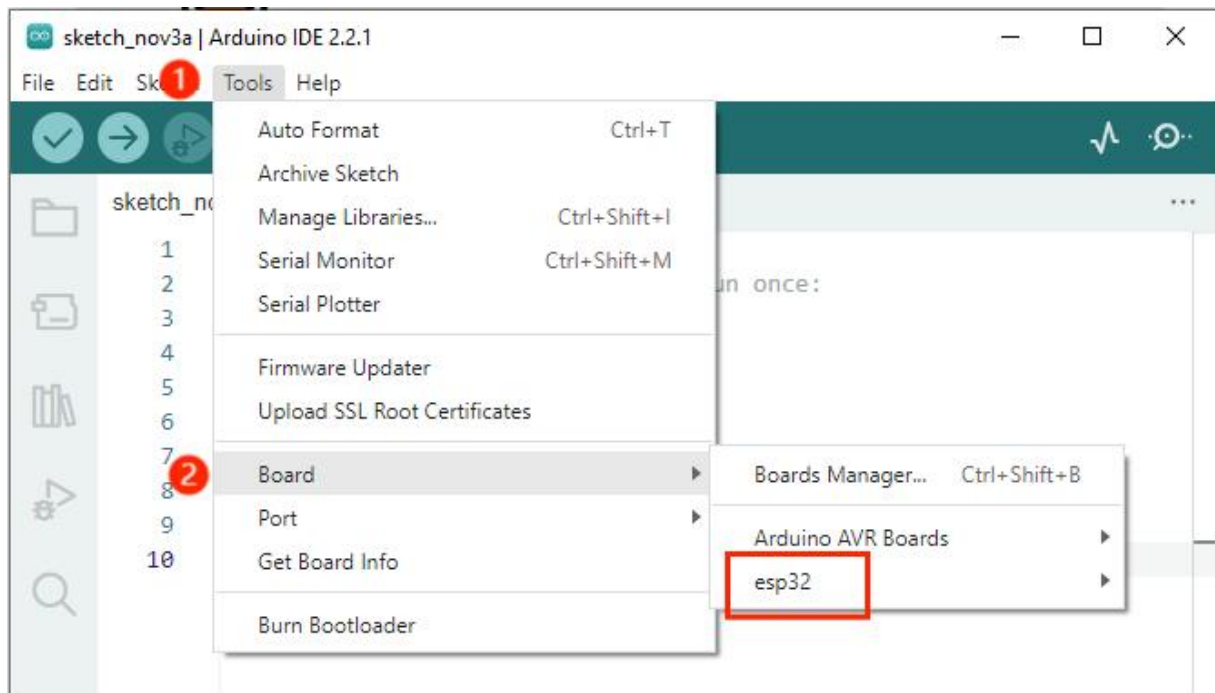


- ⑦ Když se zobrazí následující rozhraní, počkejte, dokud se instalace nedokončí, a poté zavřete Arduino IDE.



Pozor: Jelikož je instalační balíček hostován na GitHubu, může být ovlivněn rychlostí internetového připojení. Pokud instalace selže, zkuste to několikrát znovu.

⑧ Znovu otevřete Arduino IDE, vyberte Tools (Nástroje) > Board (Deska) a uvidíte, že se objeví deska ESP32.



4. Přidání knihovných souborů

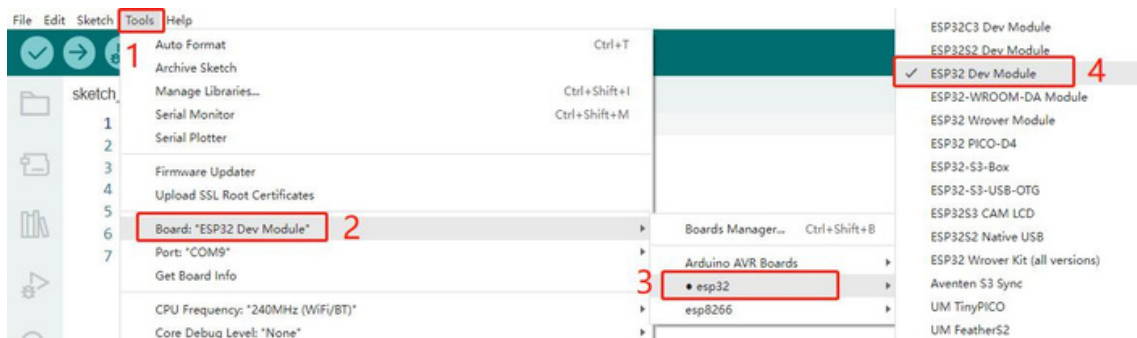
Otevřete soubor „Add libraries“ ve složce

English\Arduino\4.Add_libraries a postupujte podle pokynů pro jejich přidání.

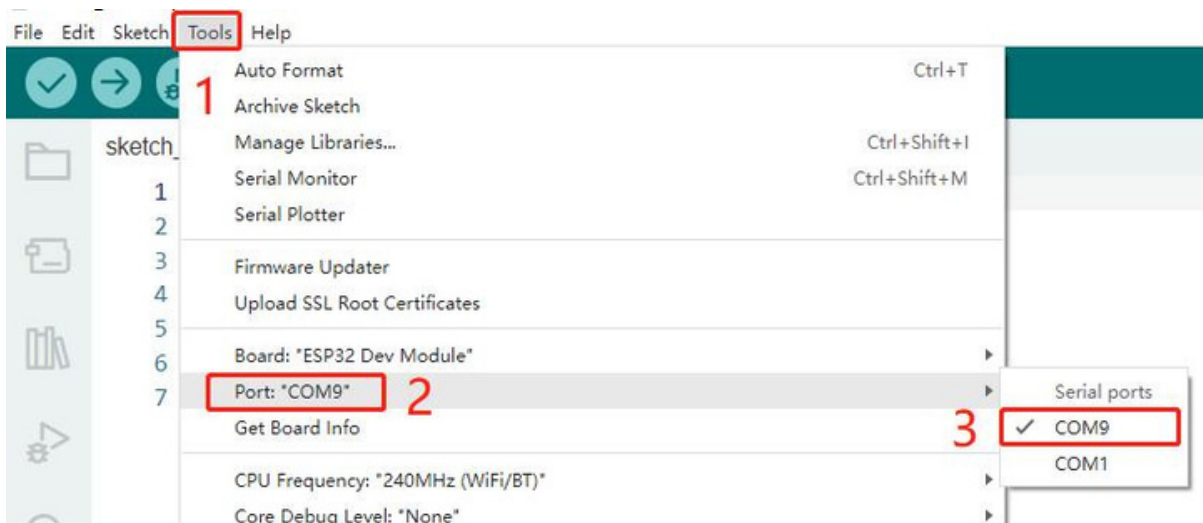
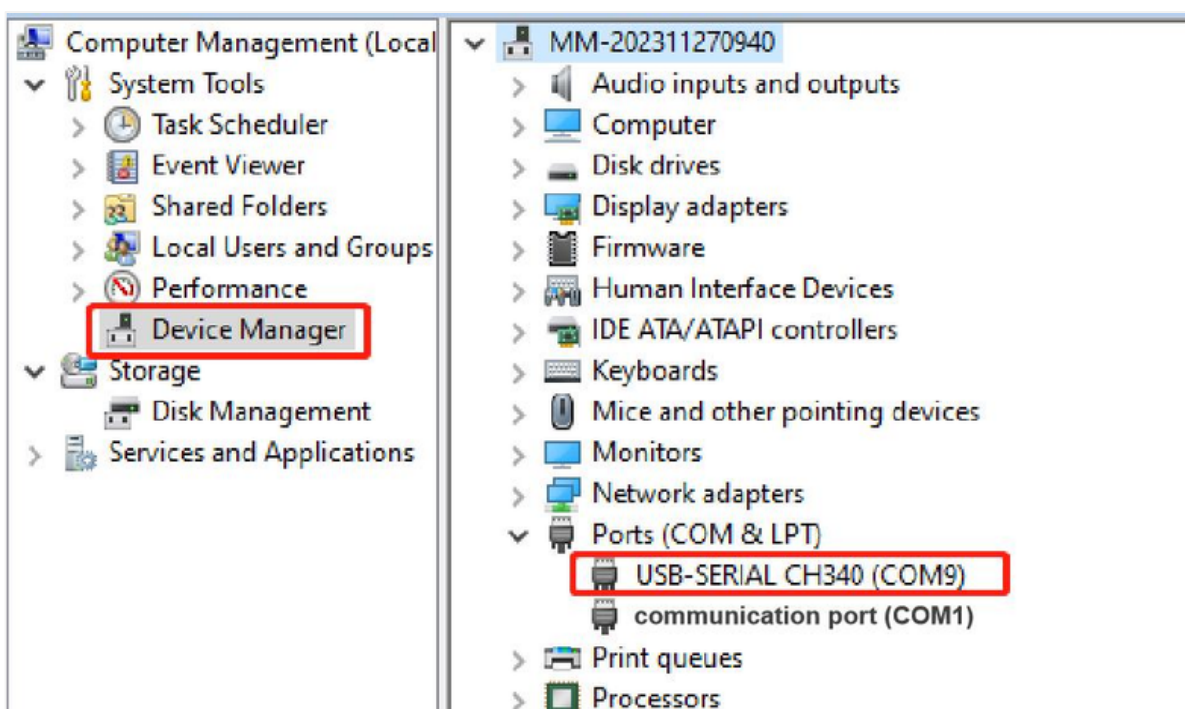
5. Test vývojového prostředí

Po instalaci Arduino IDE a rozšíření knihovny desky ESP32 můžete otestovat, zda je vývojové prostředí správně nastaveno, pomocí jednoduchého programu. Postupujte podle následujících kroků:

① Připojte řídicí desku k počítači → otevřete Arduino IDE → klikněte na Tools (Nástroje) → vyberte ESP32 → zvolte (ESP32 Dev Module).



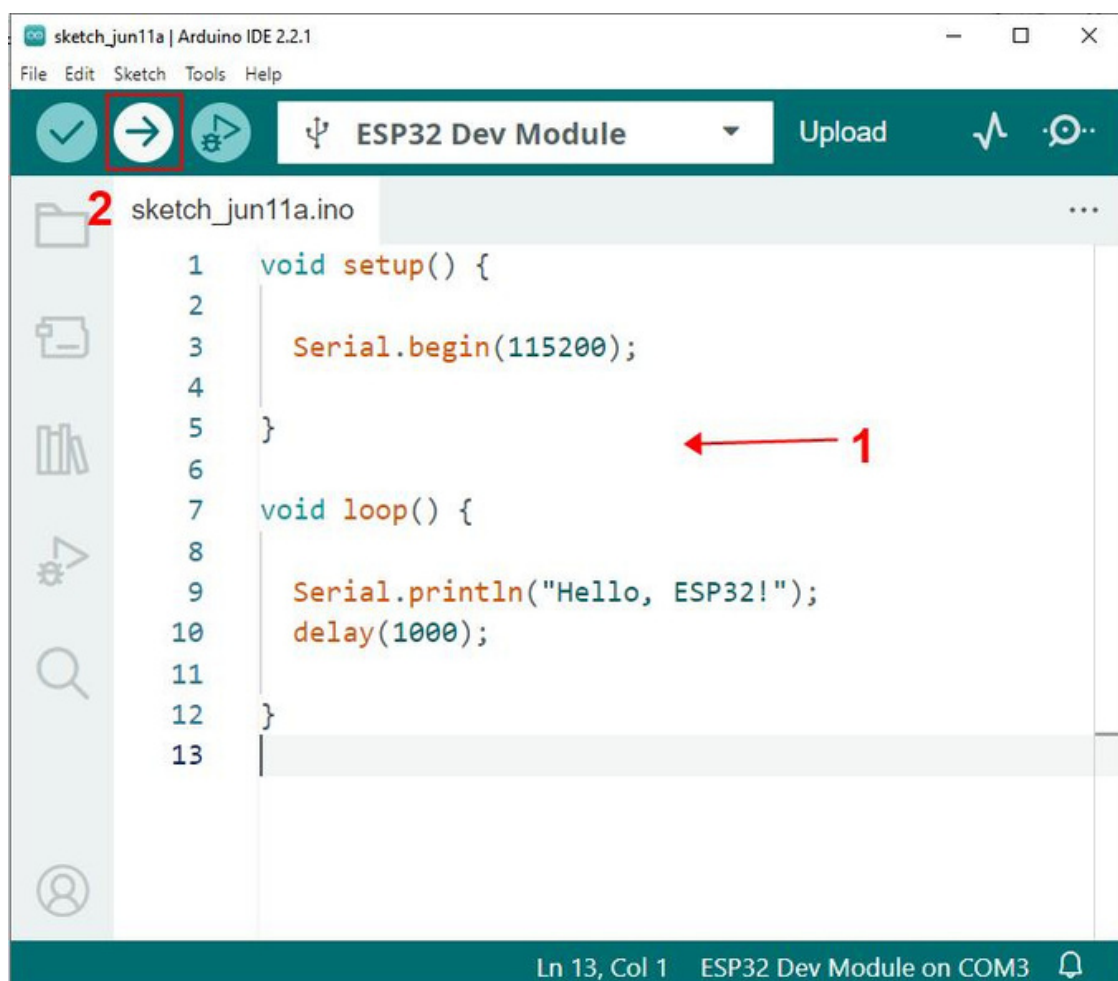
② Vyberte sériový port (číslo sériového portu můžete zkontrolovat ve Správci zařízení vašeho počítače a poté ověřit, zda se odpovídající port zobrazuje níže. Protože každá deska má jiné číslo COM portu, vyberte odpovídající zobrazené COM číslo).

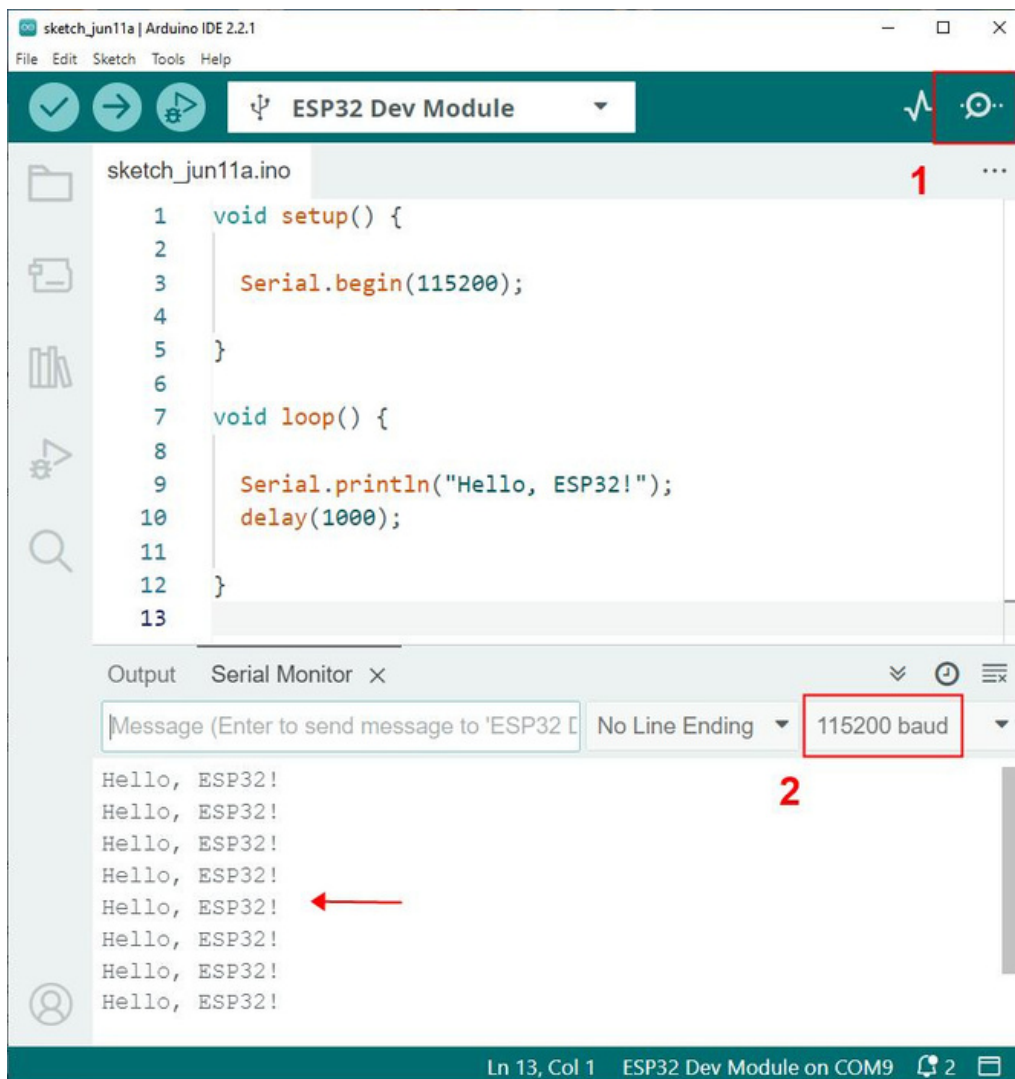


③ Otevřete „Hello_esp32.ino“ ve složce

English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 1\Hello_esp32, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu,

vyberte správnou řídicí desku a port, nahrajte kód do ESP32 desky, nastavte přenosovou rychlost (baud rate) na 115200 a v sériovém monitoru uvidíte nepřetržitý výstup „Hello, ESP32!“.





Porozumění servomotorům

1. Úvod do servomotorů

Hlavní struktura servomotoru je znázorněna na následujícím obrázku a skládá se z několika částí: kryt, převodové soukolí (redukční převody), motor, nastavitelné potenciometr, řídicí obvodová deska a výstupní rameno (servo páka).

Jeho pracovní princip spočívá v tom, že řídicí obvodová deska přijímá řídicí signály ze zdroje signálu a následně pohání motor k otáčení. Převodové soukolí (gear set) několikanásobně snižuje otáčky motoru a zároveň odpovídajícím způsobem zvyšuje jeho výstupní točivý moment.

Potenciometr a konečný stupeň převodového soukolí se otáčejí společně, aby měřily skutečný úhel natočení hřídele servomotoru. Řídicí obvodová deska přijímá zpětnou vazbu z potenciometru, aby určila skutečný úhel motoru, a porovnává jej s cílovým úhlem. Pokud vznikne odchylka, řídicí systém upraví činnost serva tak, aby se otočilo do požadované polohy cílového úhlu.

Pracovní postup je následující:

Řídicí signál → elektronická řídicí deska → otáčení motoru → snížení otáček převodovým soukolím → otáčení serva → zpětná vazba skutečného úhlu motoru → řídicí obvodová deska upraví polohu motoru na základě zpětné vazby na cílový úhel.

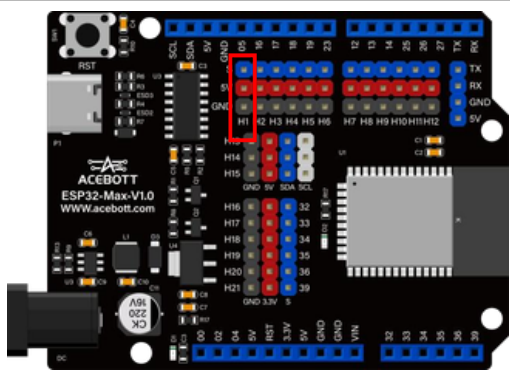
2. Definice pinů servomotoru

① Obvykle má servomotor tři ovládací vodiče: napájecí vodič, zemní vodič a signálový vodič.



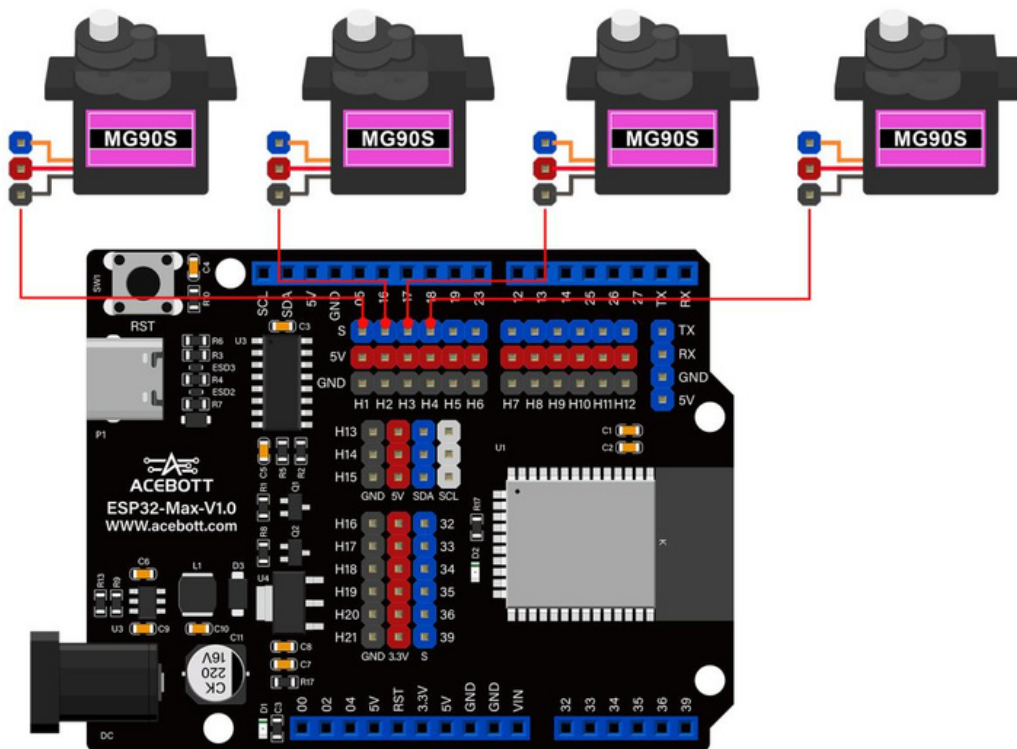
② Definice pinů servomotoru: hnědý vodič – GND (zem), červený vodič – 5V, oranžový vodič – signál.

③ Připojte servomotor k řídicí desce ESP32 podle následujícího schématu.

Servo	ESP32 Controller Board	Diagram
Hnědý vodič	GND	
Červený vodič	5V	
Oranžový vodič	GPIO5	

1. Testování servomotorů

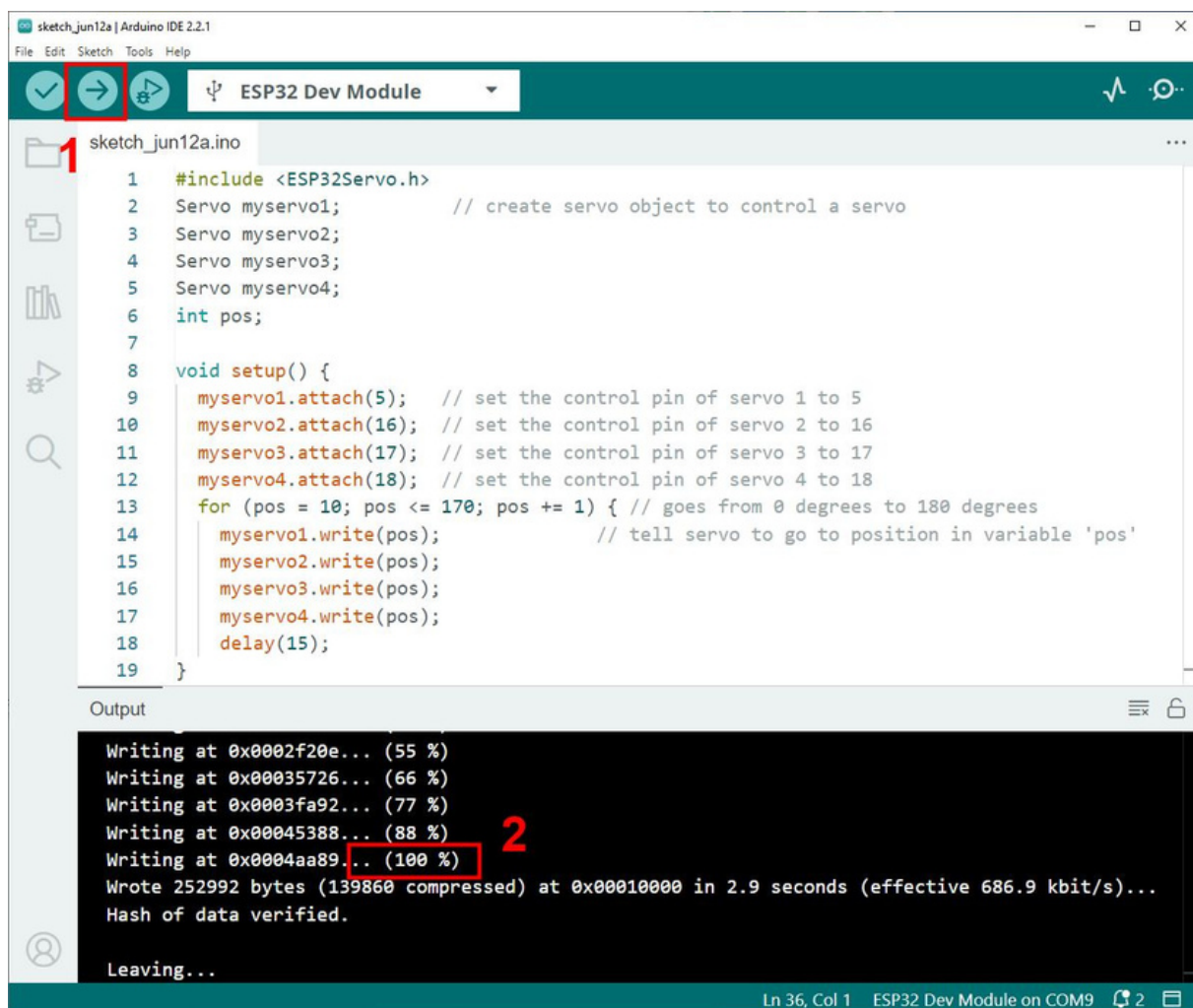
- ① Připojte čtyři servomotory podle schématu na obrázku.



- ② Otevřete „Servo_test.ino“ ve složce

English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 1\Servo_test, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, vyberte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód do ESP32 desky.

Pozor: Pro zajištění stabilního napájení je nutné vložit baterie 18650 do držáku baterií, připojit jej k napájecímu portu řídicí desky a před spuštěním přepnout do polohy „ON“ (zapnuto).



③ Pokud servomotor funguje správně, otočí se z 0 stupňů na 180 stupňů, poté z 180 stupňů zpět na 0 stupňů a nakonec se ustálí v poloze 90 stupňů.

4. Program nulování servomotoru

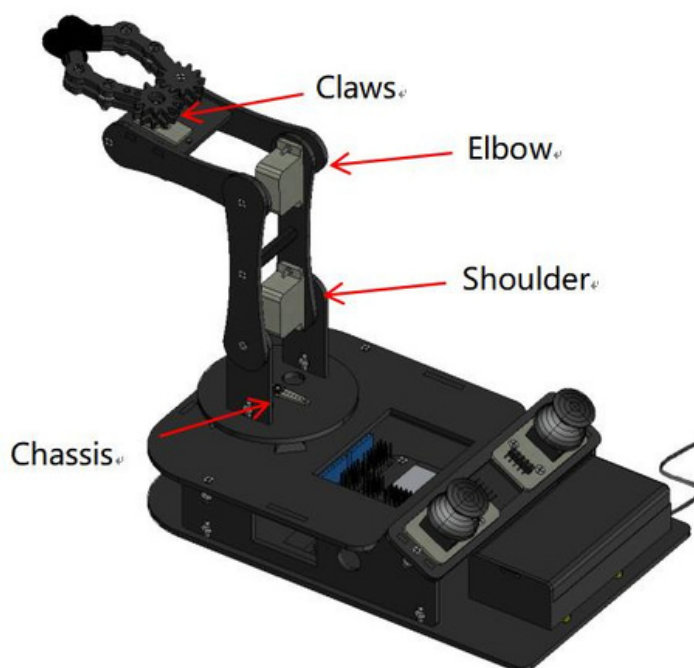
Před sestavením robotického ramene je důležité nejprve nahrát (flashnout) program pro nulování servomotorů, aby se usnadnila plynulá montáž jeho konstrukce.

Otevřete „[servo_90.ino](#)“ ve složce

English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 1\Servo_90, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, vyberte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód do ESP32 desky.

Lekce 2: Sestavení robotického ramene

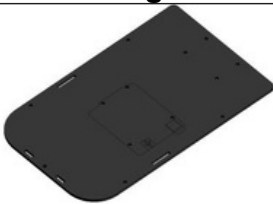
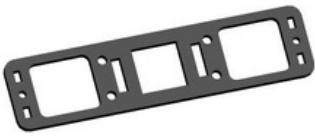
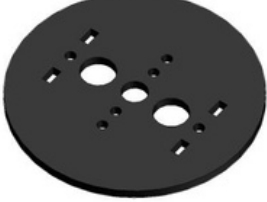
Před sestavením, pro usnadnění procesu a rozlišení serv v různých polohách, budeme servomotory pojmenovávat shora dolů jako: kleště (Claws), loket (Elbow), rameno (Shoulder) a podvozek (Chassis).

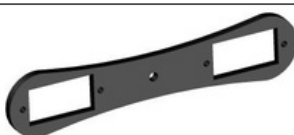
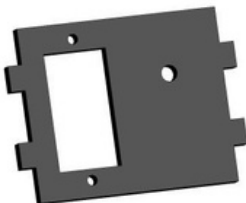


Seznam dílů

 ESP32 Max V1.0 Controller Board 1PC	 Acrylic Board 1Set	 Servo MG90 9G 4PCS	 F-F 1P Dupont Wire 12PCS	 Joystick Module 2PCS	 USB Cable 1M 1PC
 18650 Battery Holder 1PC	 Nylon Cable Ties 2PCS	 Screwdriver 1PC	 L-Angled Socket Spanner 1PC	 Non-Slip Mat 6PCS	 Non-Slip Sleeve 4PCS
 M3*12MM Dual-pass Copper Pillar 9PCS	 M3*8MM Flat Head Screws 17PCS	 M3*10MM Flat Head Screws 24PCS	 M3*14MM Round Head Screws 5PCS	 M3 Nickel-Plated Nuts 24PCS	 M3 Nickel-Plated Lock Nuts 4PCS
 M2*10MM Round Head Screws 10PCS	 M2 Nickel-Plated Nuts 10PCS	 M1.7*6 Large Round Flat Head Tapping Screws 10PCS	 M3*22MM Flat Head Screws 2PCS	 M3*35 Nylon Column 1PC	 M3*40 Nylon Column 1PC
 M3*3 Nylon Gasket 6PCS	 M3*6 Nylon Gasket 2PCS	 Block 4PCS			

Seznam konstrukčních komponentů

Acrylic Structure	Quantity	Image
Základový plát	1	
Držák základní desky (montážní základna)	1	
	1	
	1	
Montážní deska joysticku	1	
Montážní deska servomotoru podvozku	1	
Pin	4	
Disk podvozku	1	
Držák disku 1	1	

Držák disku 2	1	
Držák ramene 1	1	
Držák ramene 2	1	
Držák lokte 1	1	
Držák lokte 2	1	
Montážní deska serva kleští	1	
Součást kleští 1	2	
Součást kleští 2	2	

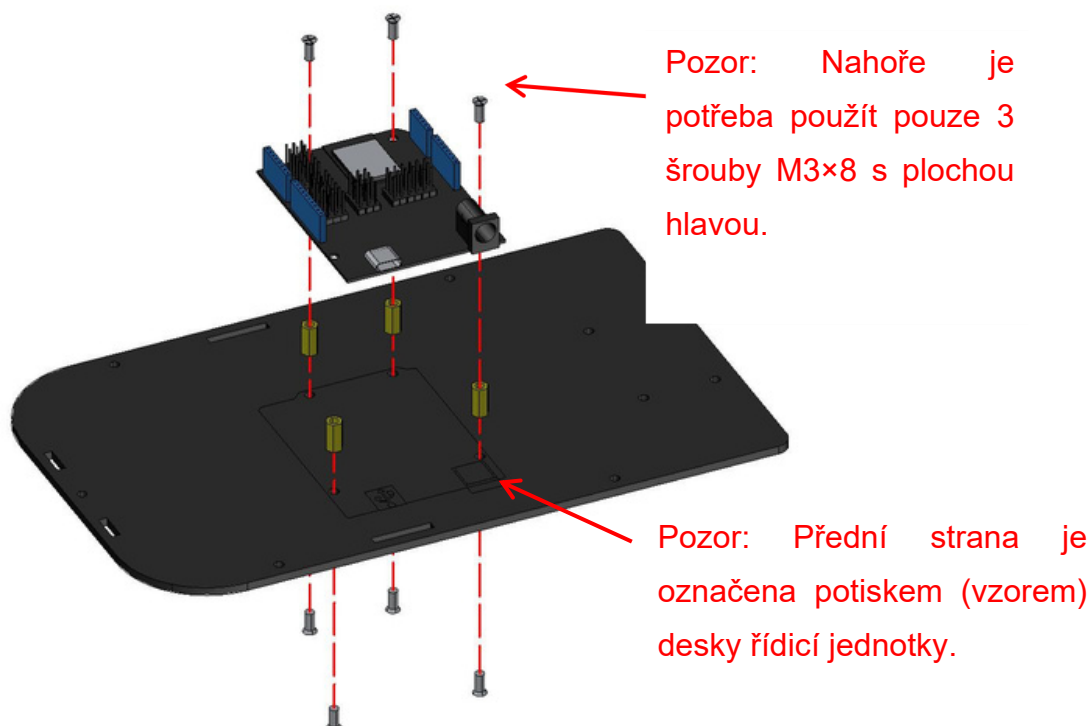
Postup sestavení

2. Odstraňte ochrannou fólii nalepenou na akrylové konstrukci.

3. Nainstalujte řídicí desku ESP32 na základní desku.

Použijte 4 šrouby M3×8 s plochou hlavou k upevnění 4 oboustranných měděných sloupků M3×12 na přední stranu spodní desky.

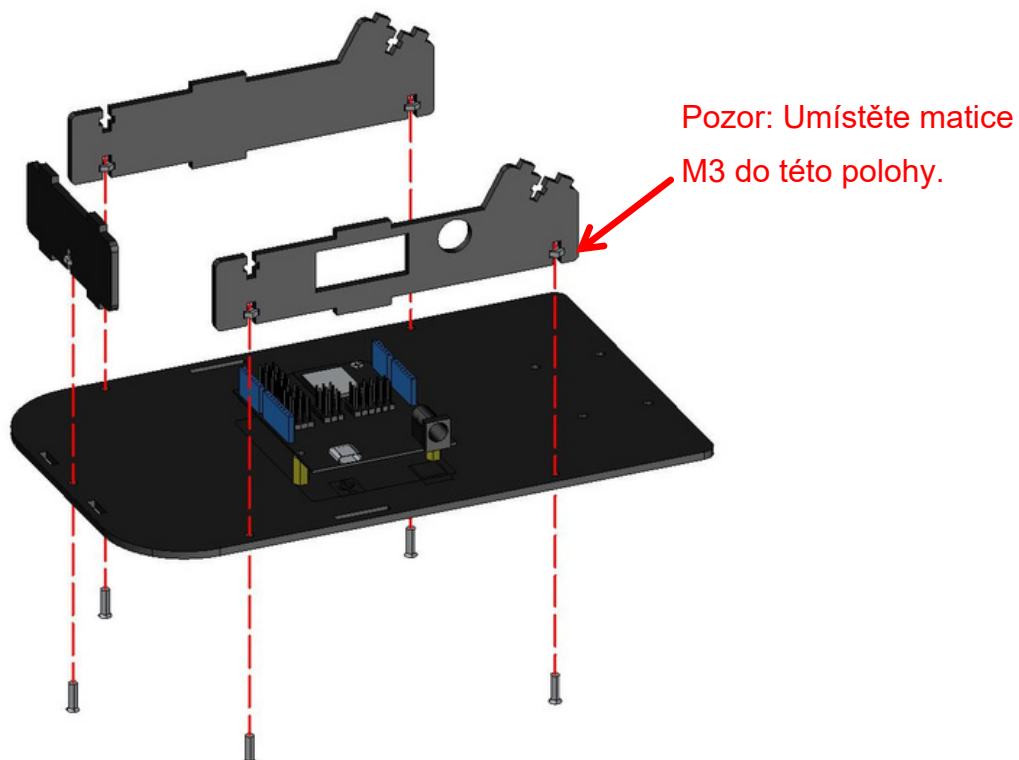
Poté použijte 3 šrouby M3×8 s plochou hlavou k upevnění řídicí desky ESP32 na tyto oboustranné měděné sloupky, jak je znázorněno níže.



Instalace základní desky

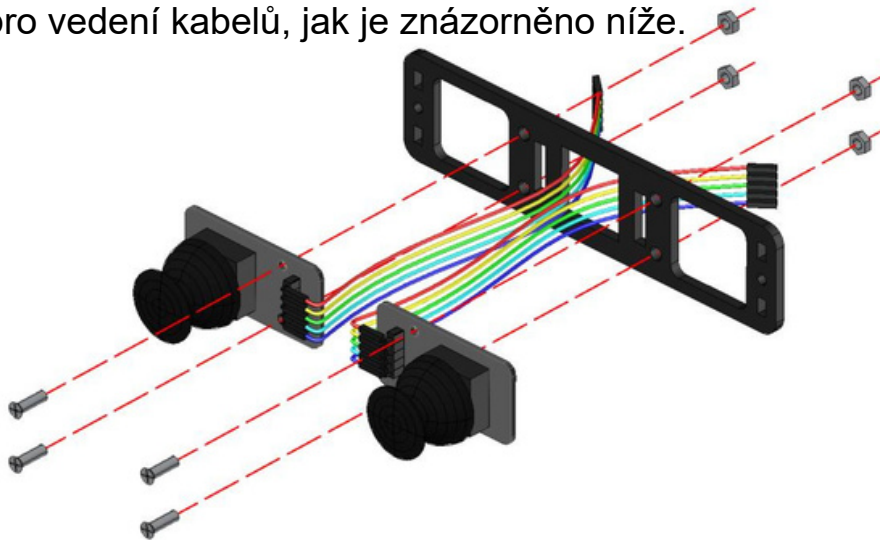
Použijte 5 šroubů M3×10 s plochou hlavou a 5 matic M3 k upevnění tří držáků spodní desky na základní desku, jak je znázorněno níže.

Pozor: Před utažením šroubů přidržte matice z obou stran rukou.



Instalace joystickového modulu

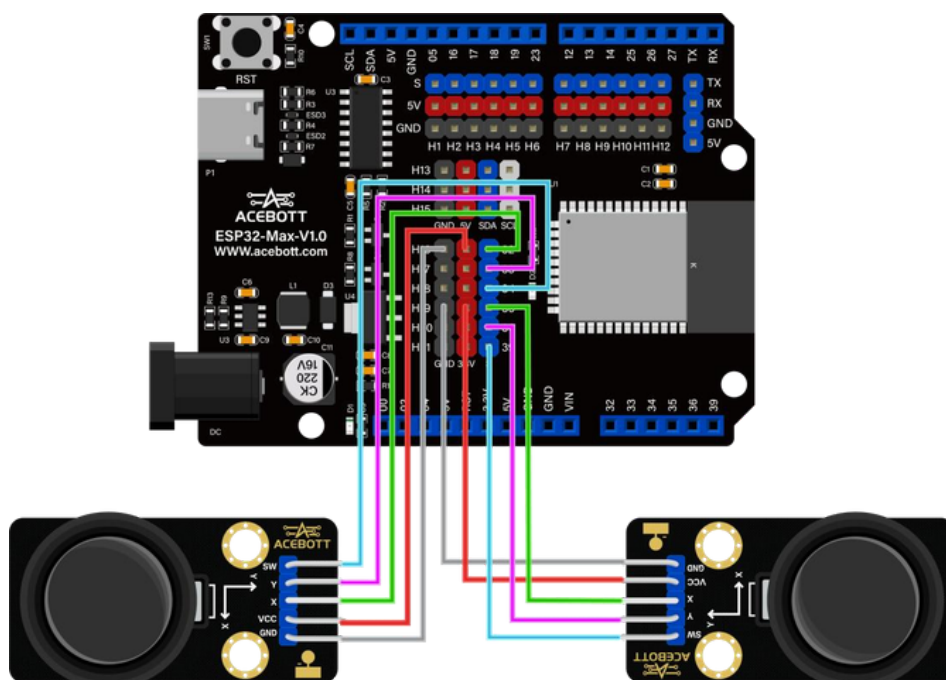
(1) Namontujte dva joystickové moduly na montážní desku joysticku pomocí 4 šroubů M3×10 s plochou hlavou a 4 matic M3. Ujistěte se, že jsou joystickové moduly propojeny dupont vodiči a že vodiče procházejí otvorem pro vedení kabelů, jak je znázorněno níže.



(2) V tomto kroku je nejprve potřeba připojit vodiče obou joystickových modulů k hlavní desce. U levého joysticku připojte:

SW → pin 34; X → pin 32; Y → pin 33; VCC a GND → k pinům VCC a GND ve stejné řadě jako pin 32 U pravého joysticku připojte:

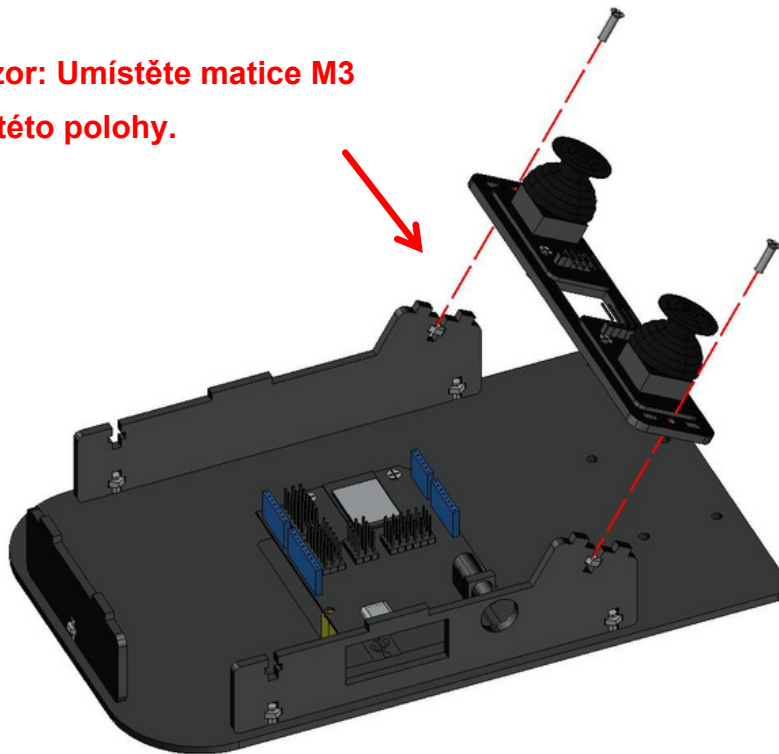
SW → pin 39; X → pin 35; Y → pin 36; VCC a GND → k pinům VCC a GND ve stejné řadě jako pin 35



Instalace montážní desky joysticku

Použijte 2 šrouby M3×10 s plochou hlavou a 2 matice M3 k upevnění již sestavené montážní desky joysticku k základní desce, jak je znázorněno níže.

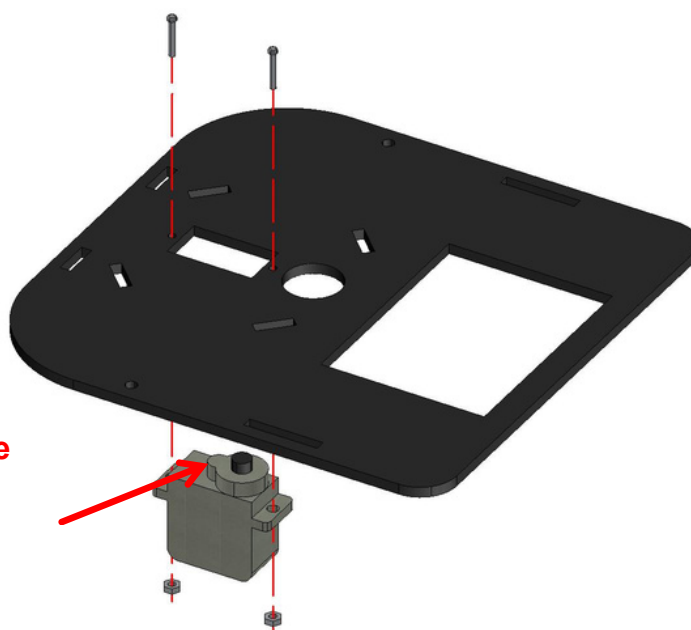
Pozor: Umístěte matice M3 do této polohy.



1. Instalace servomotoru podvozku

Použijte 2 šrouby M2×10 s kulatou hlavou a 2 matice M2 k upevnění servomotoru na montážní desku serva podvozku, jak je znázorněno níže.

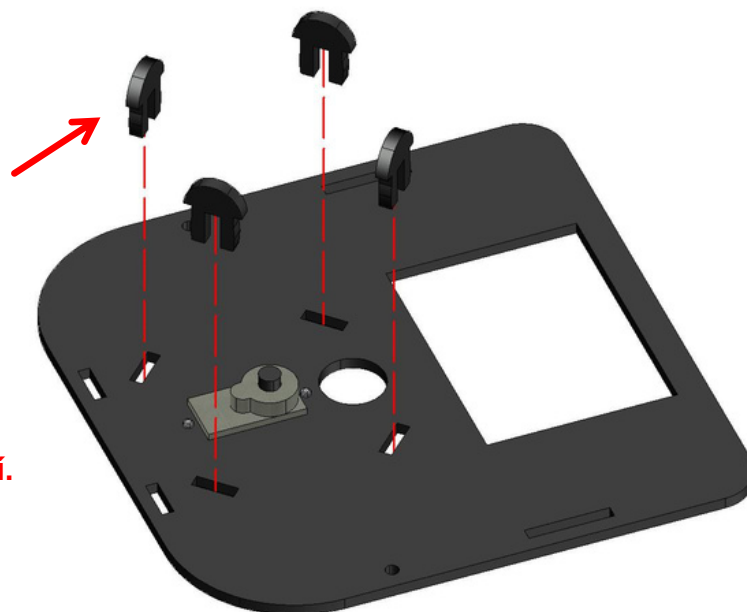
Pozor: orientace hřídele servomotoru



Instalace kolíků

Zasuňte čtyři kolíky do otvorů pro kolíky na montážní desce servomotoru podvozku.

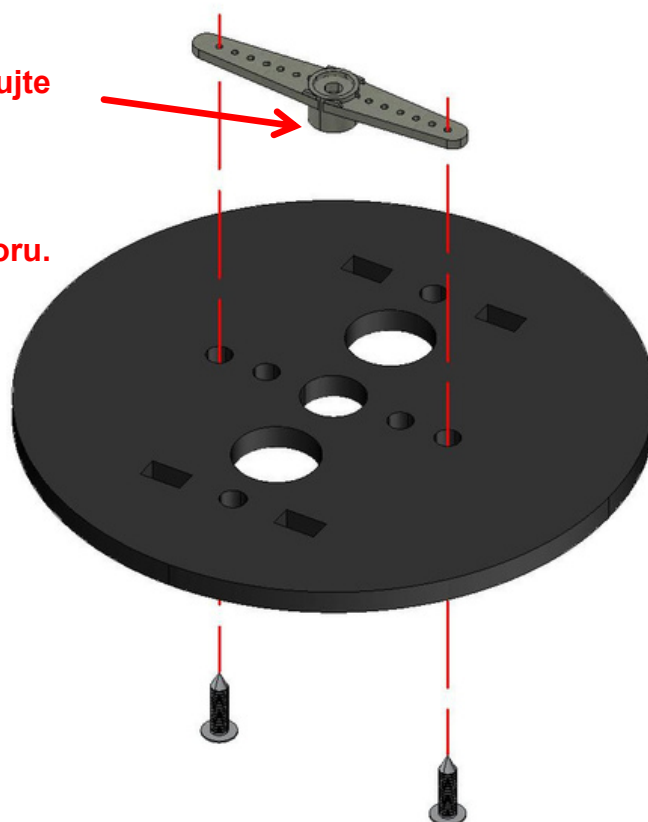
Pozor:
Netlačte na
kolíky příliš
silně, aby
nedošlo k
jejich zlomení.



Instalace výstupního ramene (servo páky) podvozku

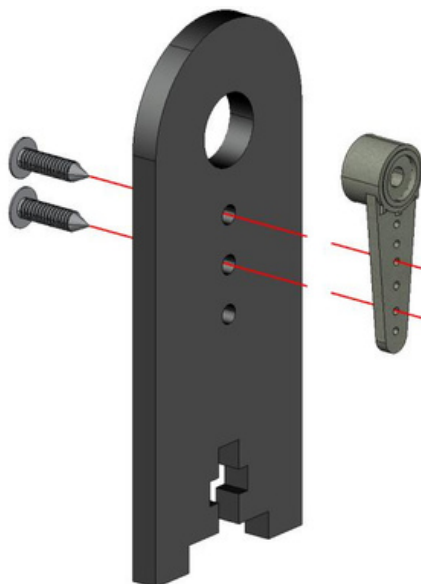
Použijte 2 samovrtné šrouby M1.7×6 s velkou kulatou plochou hlavou k upevnění přímé servo páky serva podvozku k disku podvozku, jak je znázorněno níže.

Pozor: Nainstalujte
servo páku tak,
aby výstupek
směřoval k
kruhovému otvoru.

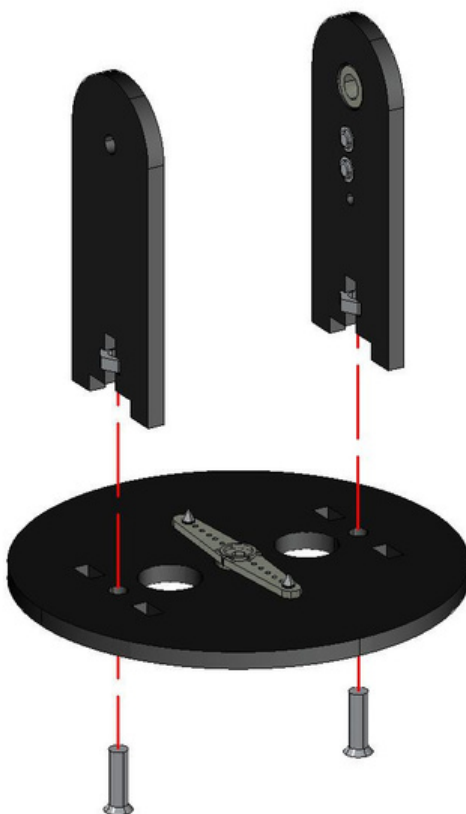


Instalace držáku disku

(1) Upevněte poloviční přímou servo páku servomotoru ramene k držáku pomocí 2 samovrtných šroubů M1.7×6 s velkou kulatou plochou hlavou, jak je znázorněno níže.



(2) Upevněte oba držáky k disku podvozku pomocí 2 šroubů M3×10 s plochou hlavou a 2 matic M3, jak je znázorněno níže.



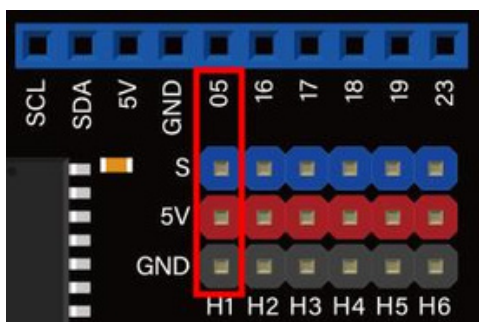
1. Upevnění konstrukce podvozku robotického ramene

Připojte nainstalovanou přímou servo páku na disk k servomotoru podvozku. Servo páku upevněte pomocí 1 šroubu M2.5×4 s kulatou hlavou, jak je znázorněno níže.

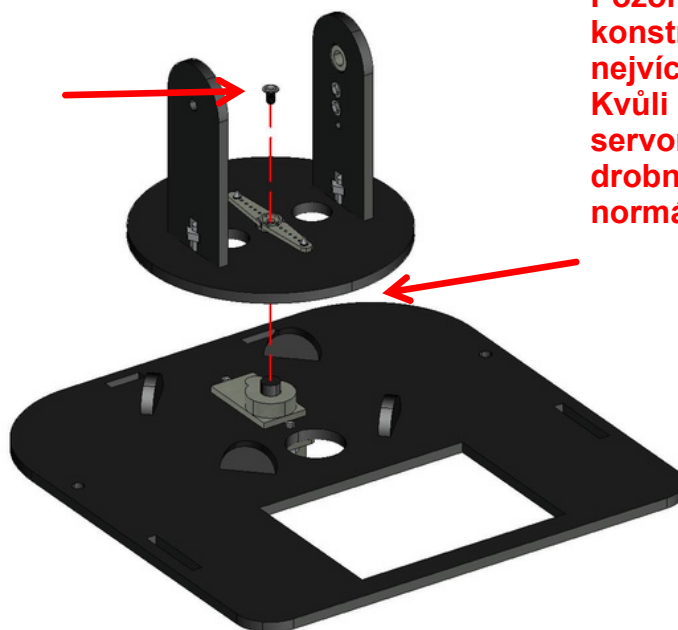
Pozor:

① Před tímto krokem nejprve připojte servomotor k pinu GPIO5 na řídicí desce a poté zapněte napájení řídicí desky, aby servo zůstalo v poloze 90°.

② Aby nedošlo k poškození servomotoru během instalace, neotáčejte hřídeli serva.



Šrouby M2.5×4 s kulatou hlavou jsou součástí balení servomotoru.



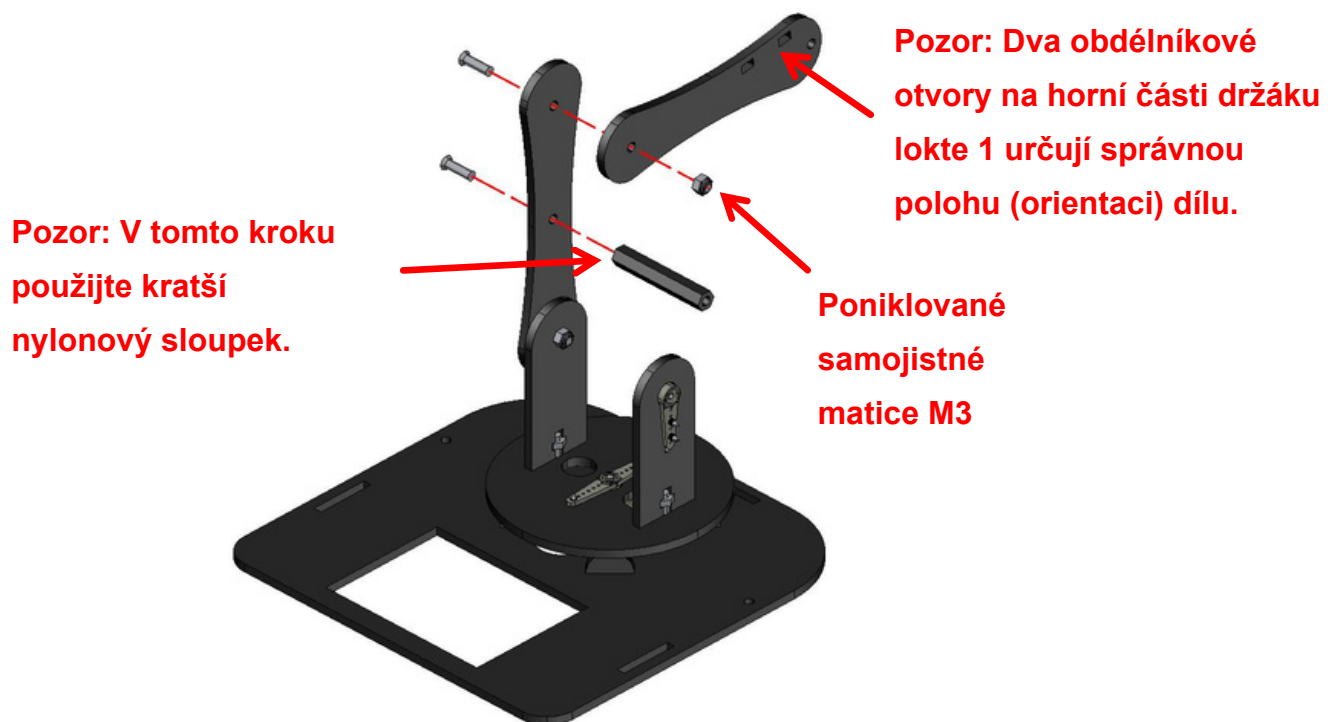
Pozor: Směr montáže této konstrukce by měl co nejvíce odpovídat obrázku. Kvůli přesnosti servomotoru může dojít k drobné odchylce, což je normální stav.

Instalace držáku ramene

(1) Upevněte držák ramene 1 na nosnou část disku na levé straně robotického ramene pomocí 1 šroubu M3×10 s plochou hlavou a 1 poniklované samojistné matice M3, jak je znázorněno níže.

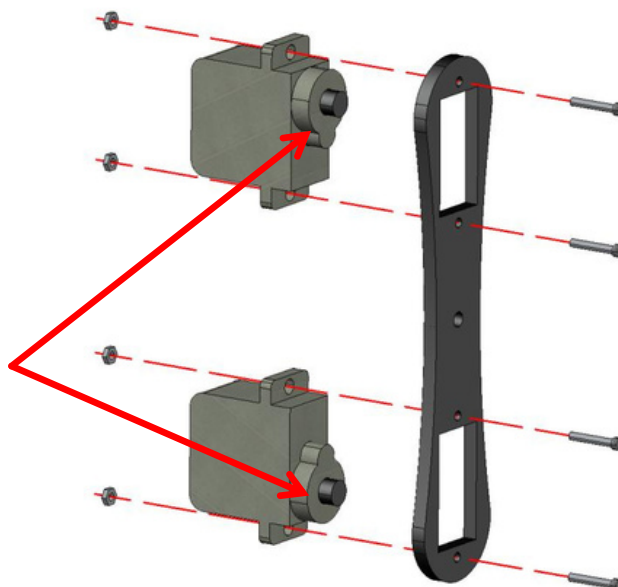


(2) Použijte 1 šroub M3×10 s plochou hlavou k upevnění nylonového sloupku M3×35 k držáku ramene 1 a pomocí 1 šroubu M3×10 s plochou hlavou a poniklované samojistné matice M3 upevněte držák lokte 1 na levé straně k držáku ramene 1.



(3) Použijte 4 šrouby M2×10 s kulatou hlavou a 4 matice M2. Dva servomotory upevněte k držáku ramene 2 na pravé straně.

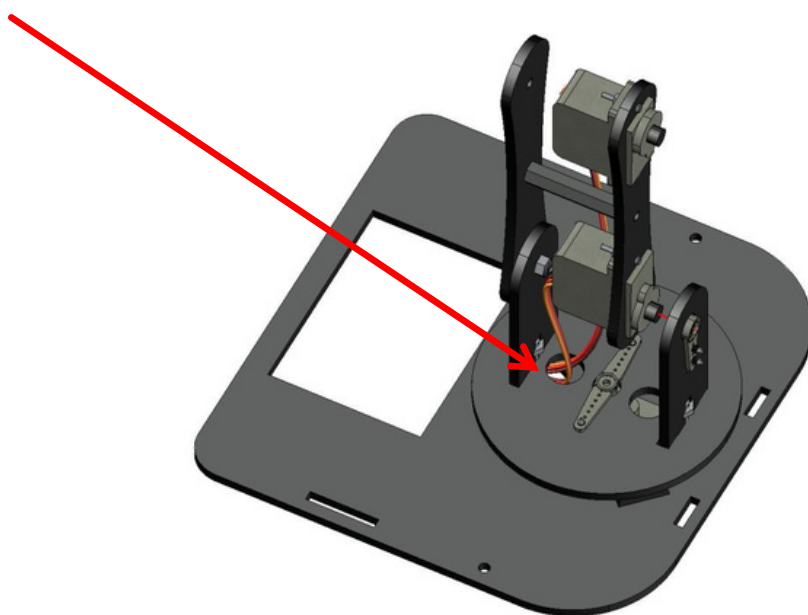
**Pozor: směr obou
hřídelí
servomotorů.**



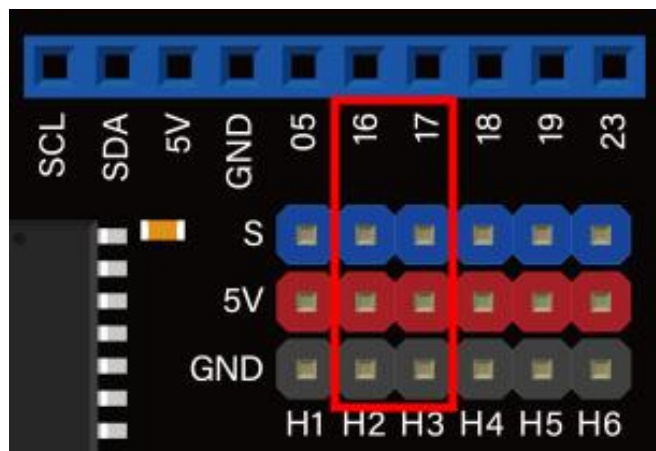
(4) Připojení servomotoru ramene a servomotoru lokte k ESP32

Pozor:

- ① Nejprve odpojte napájení řídicí desky, aby byly servomotory robotického ramene bez napájení.
- ② Poté jemně otočte závitovým otvorem na disku podvozku tak, aby se zarovnal se závitovým otvorem na spodní desce, a následně protáhněte dupont vodiče servomotoru ramene a servomotoru lokte robotického ramene skrz oba závitové otvory.

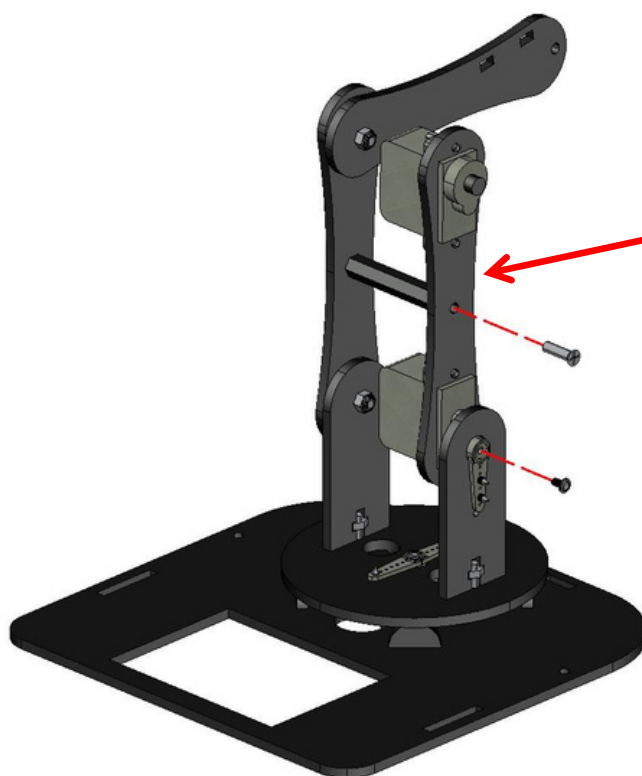


③ Připojte vodič servomotoru ramene k pinu GPIO16 a vodič servomotoru lokte k pinu GPIO17.



④ Poté znovu zapněte napájení a udržujte servomotory podvozku, ramene a lokte v poloze 90°.

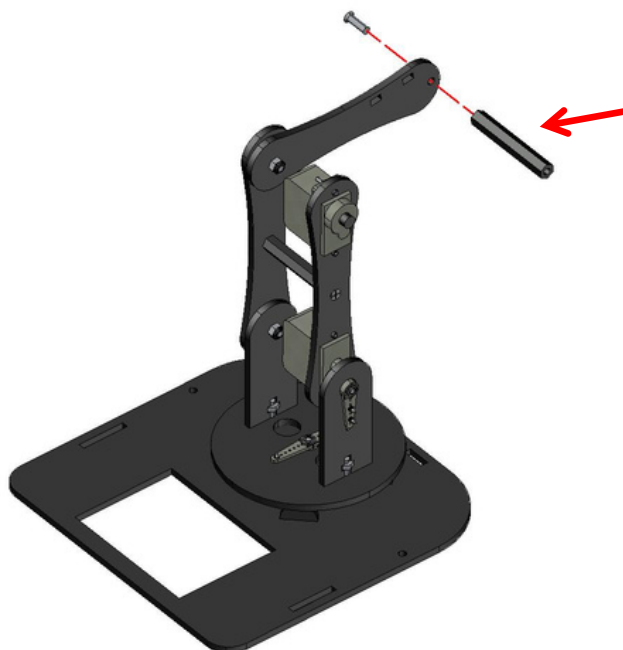
(5) Upevněte poloviční přímou servo páku pomocí 1 šroubu M2.5×4 s kulatou hlavou a upevněte nylonový sloupek M3×35 pomocí 1 šroubu M3×10 s plochou hlavou.



Pozor: Držák ramene musí být před utažením šroubů servomotoru a nylonového sloupku instalován kolmo k zemi.

Upevnění nylonového sloupku M3×40

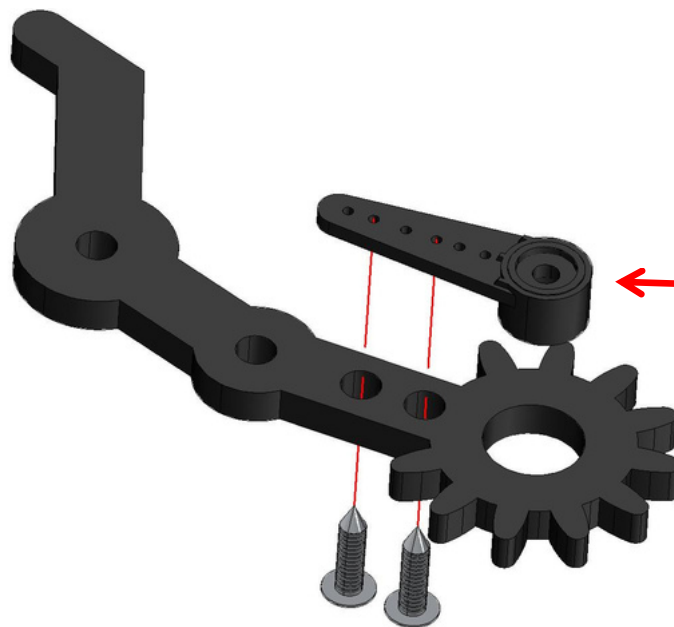
Použijte 1 šroub M3×10 s plochou hlavou k upevnění nylonového sloupku M3×40 k držáku lokte 1.



Pozor: V tomto kroku použijte delší nylonový sloupek.

Instalace levé části kleští robotického ramene

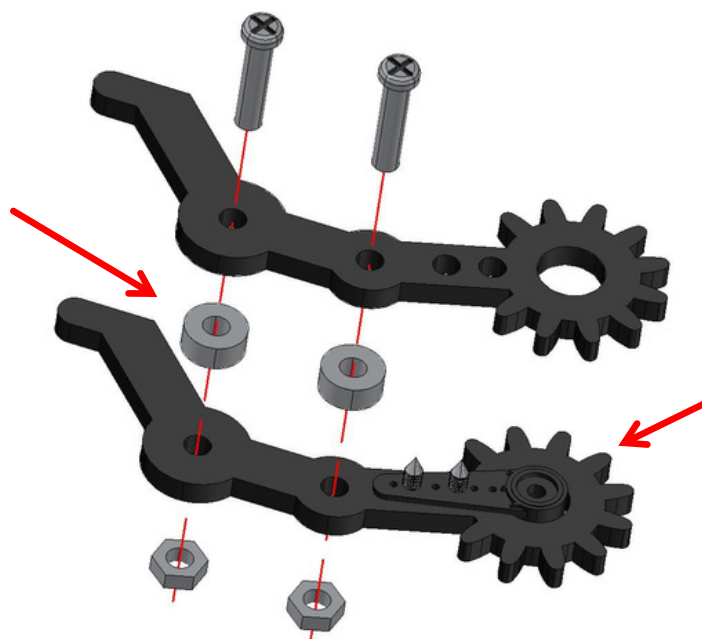
(1) Použijte 2 samovrtné šrouby M1.7×6 s velkou kulatou plochou hlavou k upevnění poloviční přímé servo páky na součást kleští 1.



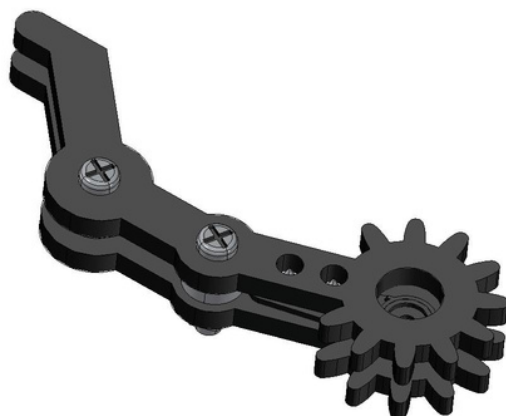
Pozor: Nainstalujte servo páku tak, aby výstupek směřoval dolů.

(2) Použijte 2 šrouby M3×14 s kulatou hlavou (křížové), 2 bílé ABS nylonové podložky o průměru 3 mm a 2 matice M3 k upevnění obou dílů „Claw Component 1“ k sobě.

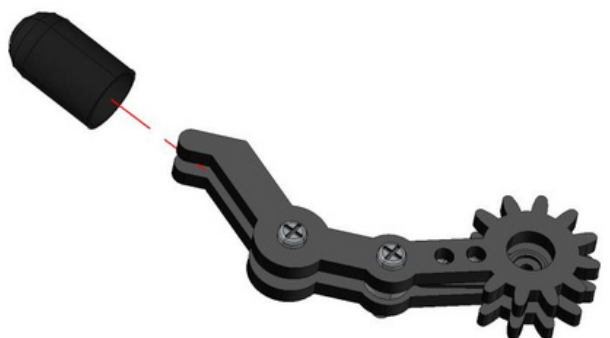
bílá ABS
nylonová
podložka o
průměru 3
mm



Pozor: Součást
kleští 1 se servo
pákou musí být
umístěna dole.

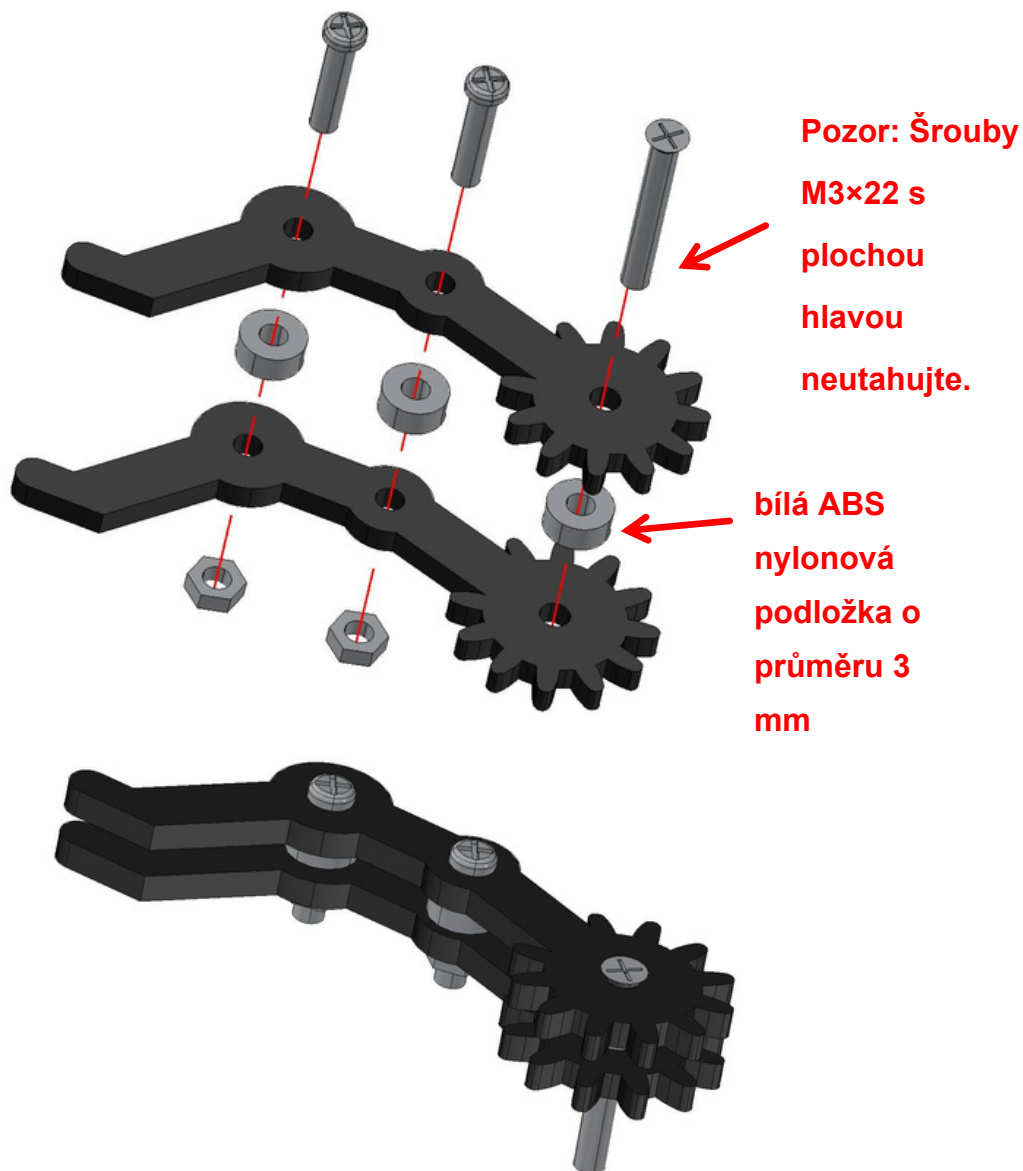


(3) Nainstalujte protiskluzovou podložku.

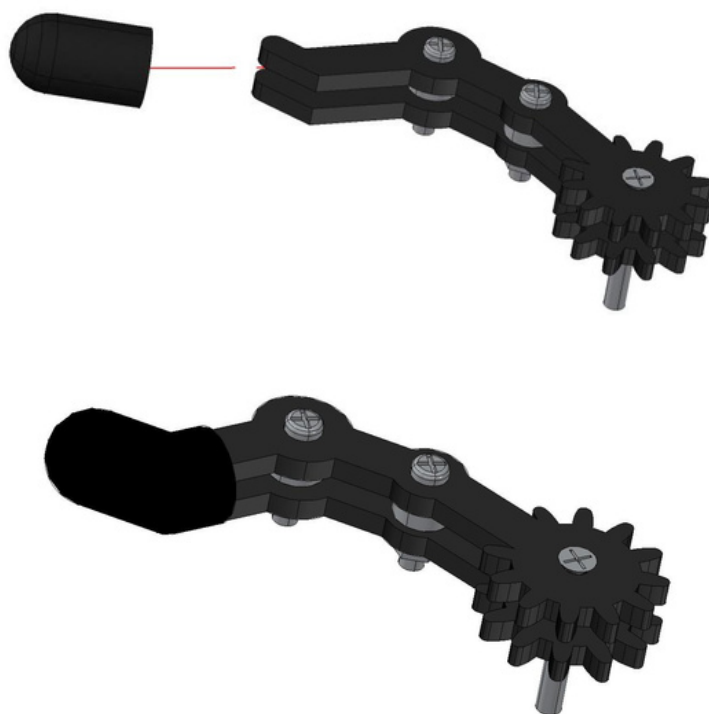


Instalace pravé části kleští robotického ramene

(1) Použijte 2 šrouby M3×14 s kulatou hlavou, 1 šroub M3×22 s plochou hlavou, 3 bílé ABS nylonové podložky o průměru 3 mm a 2 matice M3 k upevnění obou dílů „Claw Component 2“ k sobě.

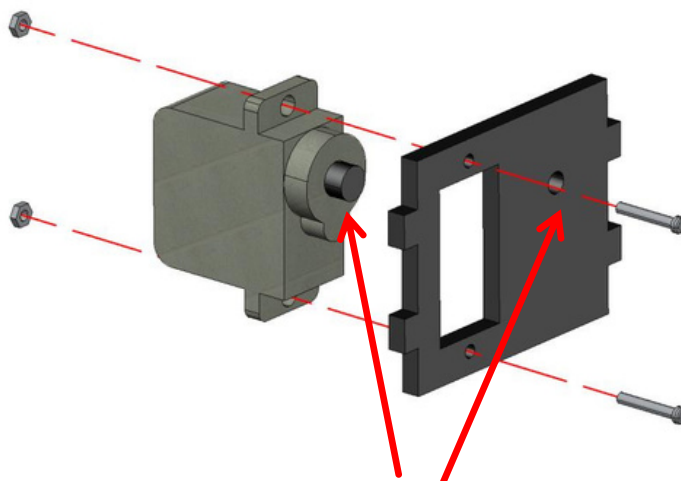


(2) Nainstalujte protiskluzovou podložku.



Upevnění montážní desky serva kleští robotického ramene

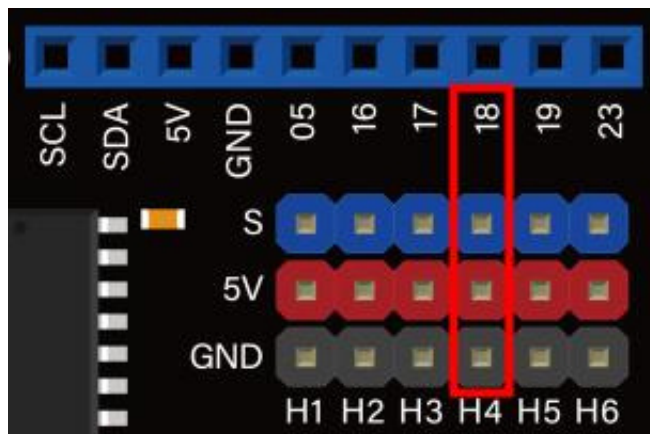
(1) Použijte 2 šrouby M2×10 s kulatou hlavou a 2 matice M2 k upevnění servomotoru na montážní desku serva kleští.



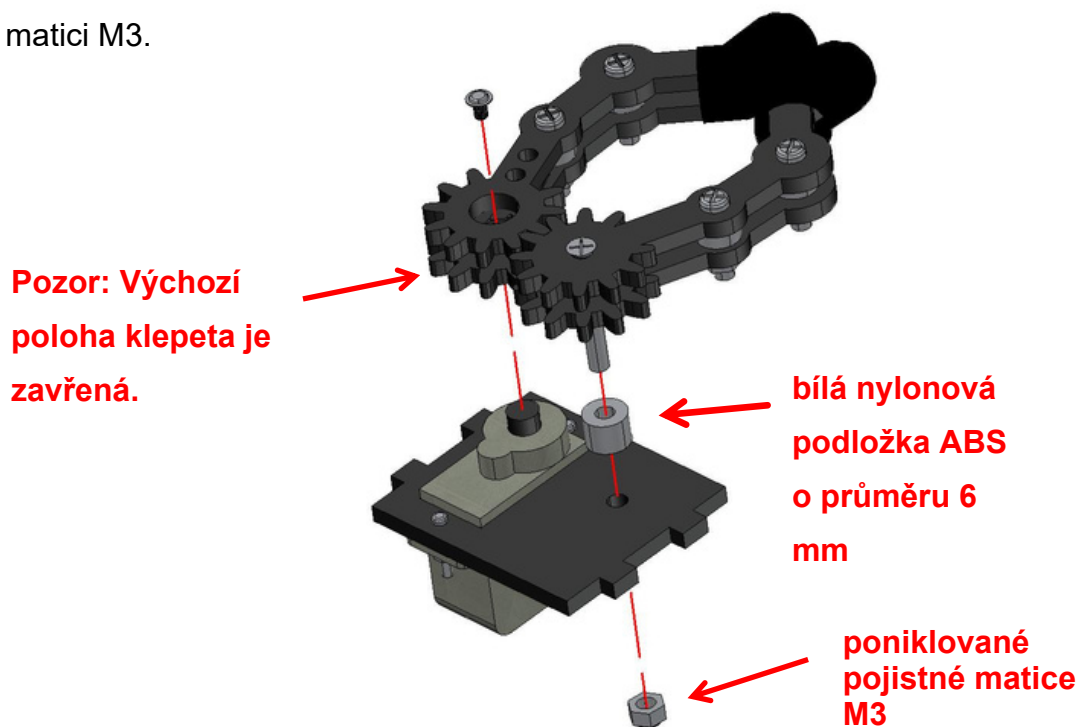
Pozor: Ujistěte se, že hřídel servomotoru i kruhový otvor směřují nahoru.

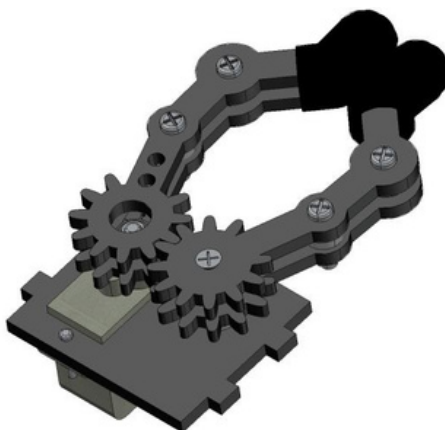
(2) Připojte vodič serva klepet k pinu GPIO18.

Pozor: V tomto kroku zapněte řídicí desku a ujistěte se, že servo kleští zůstává v poloze 90°.



(3) K připevnění konstrukce klepet k servu klepet použijte 1 šroub s půlkulatou hlavou M2,5*4, 1 bílou nylonovou podložku ABS o průměru 6 mm a 1 poniklovanou pojistnou matici M3.

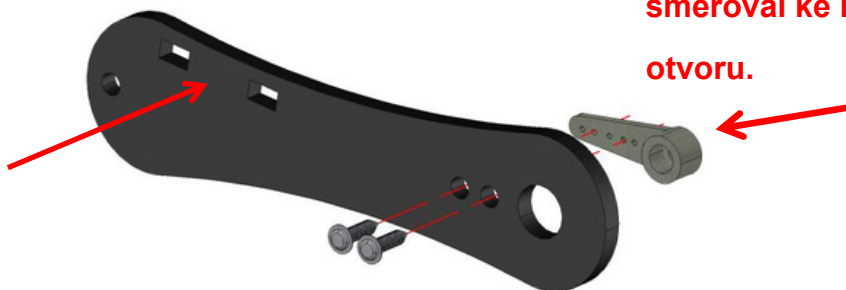




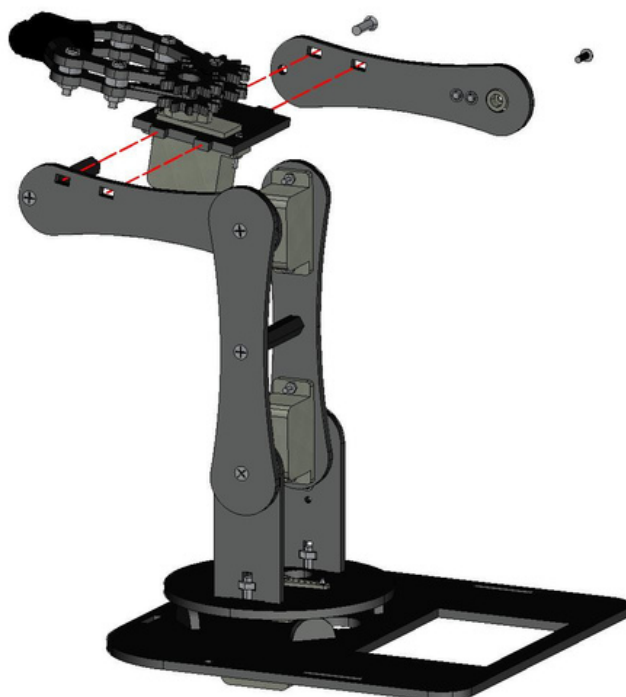
(4) Pomocí 2 velkých samořezných šroubů s plochou kulatou hlavou M1,7*6 připevněte jednostrannou páku serva k držáku lokte 2.

Pozor: Nainstalujte páku serva tak, aby výstupek směřoval ke kruhovému otvoru.

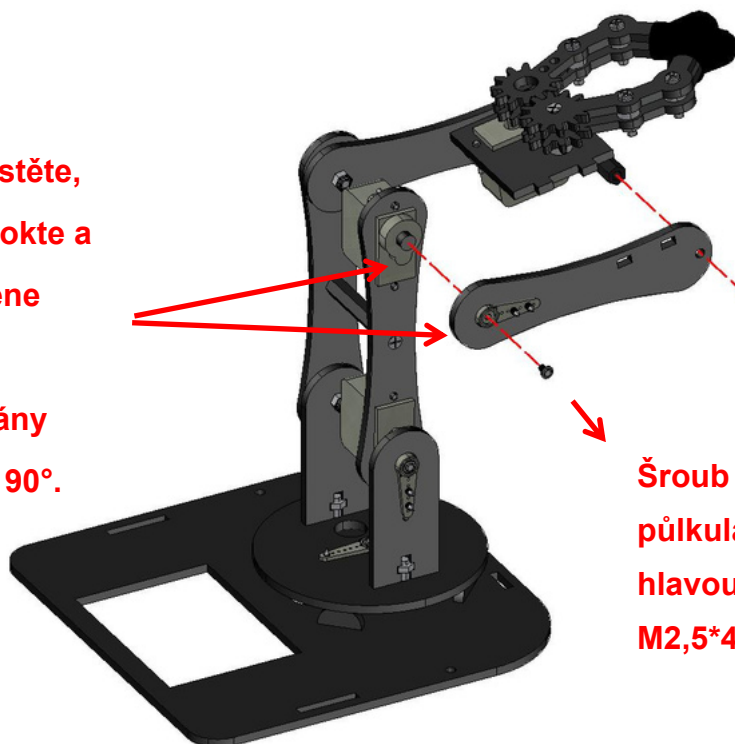
Pozor: Zajistěte, aby obdélníkový otvor směřoval nahoru.



(5) Pomocí 1 šroubu s křížovou půlkulatou hlavou M2,54 a 1 šroubu s křížovou zapuštěnou hlavou M310 připevněte nainstalovaný držák lokte 2 k rameni robota.



Pozor: Zajistěte, aby držák lokte a držák ramene byly nainstalovány pod úhlem 90°.



Šroub se zapaštěno u hlavou M3*10

Šroub s půlkulatou hlavou M2,5*4

Uspořádejte vodiče serv

Ujistěte se, že jsou všechny DuPont vodiče čtyř servomotorů správně připojeny k řídicí desce.

Pozor: DuPont vodiče servomotoru klepet by neměly procházet soustředným otvorem.

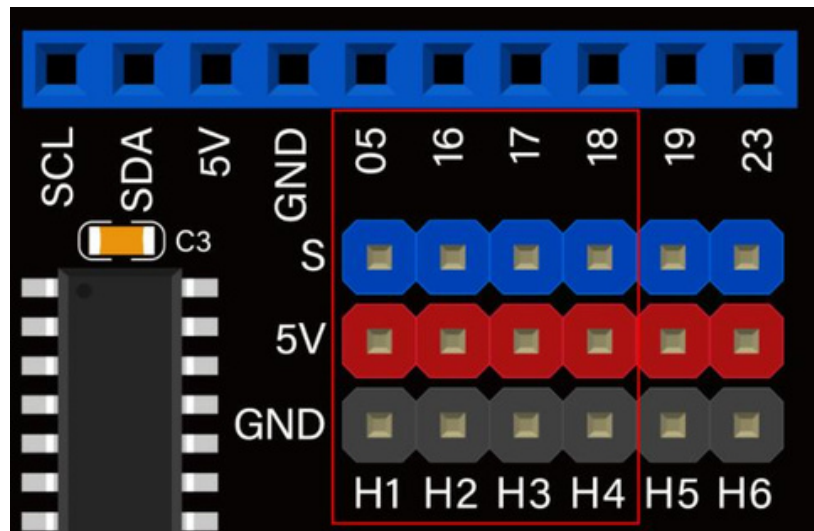


Servomotor klepet je připojen k pinu 18.

Servomotor lokte je připojen k pinu 17.

Servomotor ramene je připojen k pinu 16.

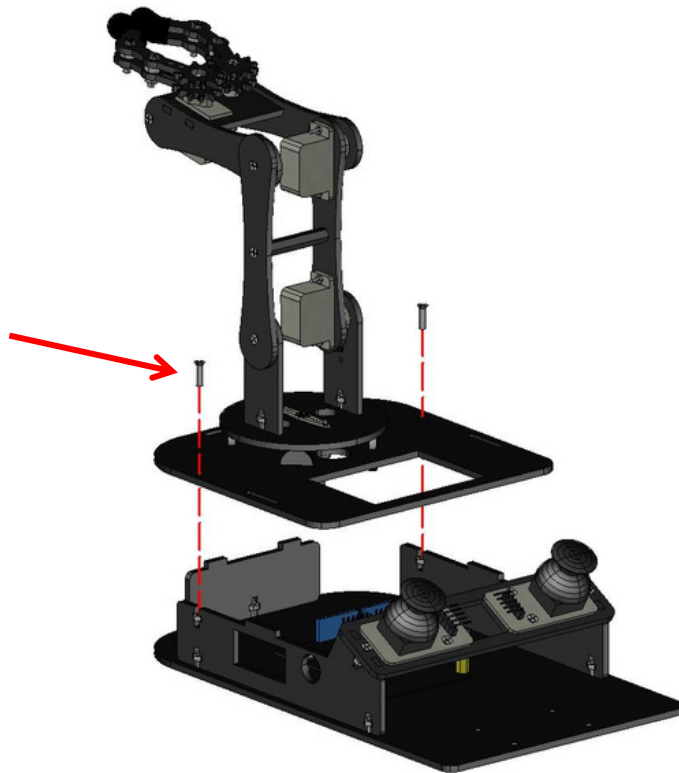
Servomotor podvozku je připojen k pinu 5.



Upevnění základny ramene robota

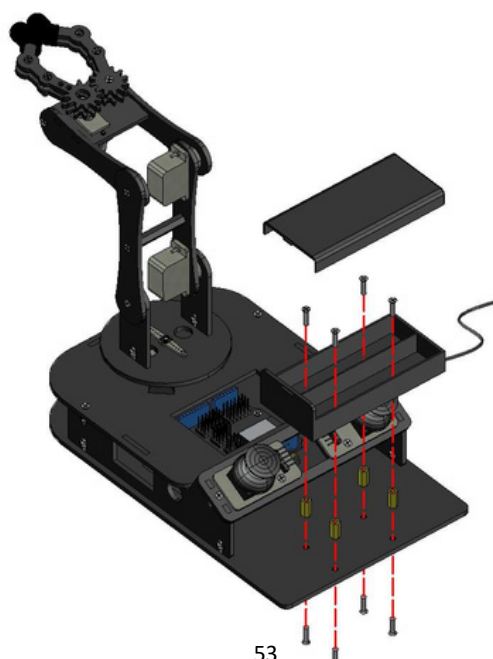
Pomocí 2 šroubů se zapuštěnou hlavou M3*10 a 2 matic M3 k sobě připevněte horní a spodní konstrukci ramene robota.

Pozor: Před utažením šroubů se ujistěte, že jsou všechny čtyři vodiče servomotorů připojeny k řídicí desce.



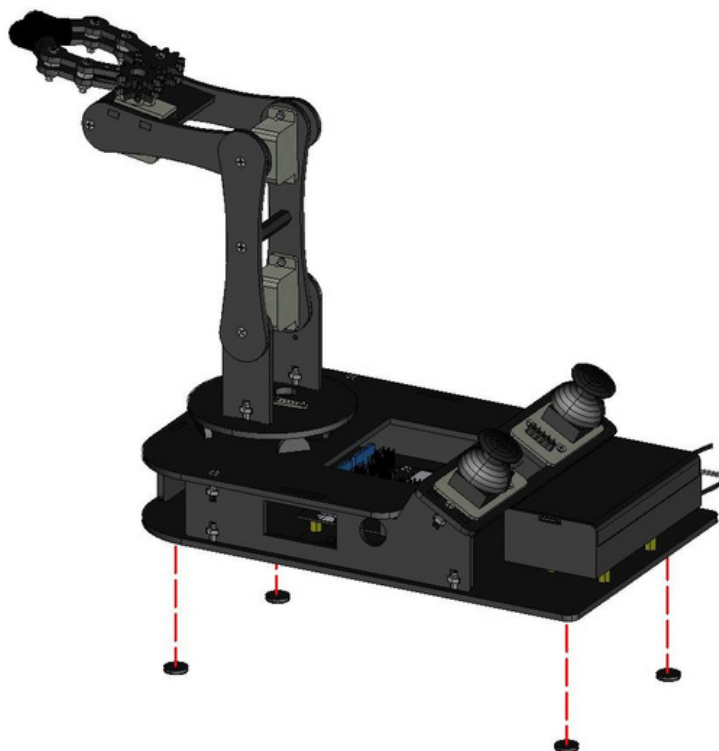
Upevnění držáku baterií

Pomocí 4 šroubů se zapuštěnou hlavou M38, 4 matic M3 a 4 oboustranných mosazných distančních sloupků M312 připevněte držák baterií k akrylové základně ramene robota.



Install the non-slip mat

Peel off the adhesive film from the non-slip mat and stick the non-slip mat on the four corners underneath the robot arm base.



Rameno robota je nyní kompletně sestaveno!

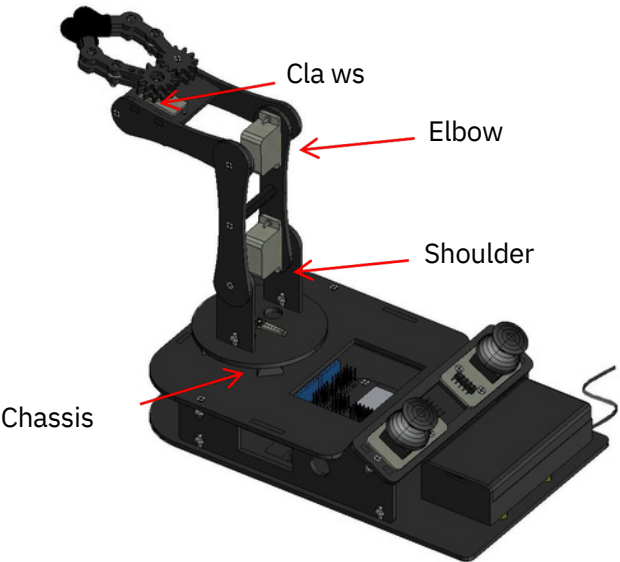
Lekce 3 Ovládání robotického ramene joystickem

Ovládání servomotorů

1. Popis pinů servomotorů ramene robota

Po instalaci ramene robota plní každé servo jinou funkci. Pro programové ovládání úhlu každého serva a dosažení různých funkcí je nezbytné znát odpovídající čísla pinů pro každé servo.

Rameno robota využívá celkem 4 serva s následujícími čísly pinů:

NO.	Pin Number	Servo Position	Figure
1	GPIO18	Klepeta	
2	GPIO17	Kolena	
3	GPIO16	Ramena	
4	GPIO 5	Podvozek	

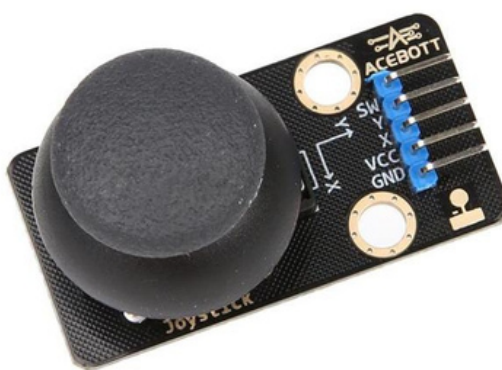
Principy pohybu jednotlivých kloubů ramene robota

NO.	Pin Number	Servo Position	Movement Patterns
1	GPIO18	Klepeto	Čím větší je úhel serva, tím více se klepeto otevírá.
2	GPIO17	Kolena	Čím větší je úhel serva, tím výše se loket ramene robota pohybuje.
3	GPIO16	Ramena	Čím větší je úhel serva, tím níže se rameno (shoulder) robota pohybuje.
4	GPIO5	Podvozek	Čím větší je úhel serva, tím více se základna ramene robota otáčí doleva.

Seznámení s modulem joysticku

Představení modulu joysticku

Modul joysticku se skládá ze dvou posuvných potenciometrů a jednoho tlačítka. Když pohnete joystickem, hodnoty odporu potenciometrů se změní, což vede k odpovídajícím hodnotám napětí v osách X/Y. Stisknutím joysticku se aktivuje tlačítko, což způsobí, že signál SW přejde do stavu low. Tento modul se běžně používá v aplikacích, jako jsou RC modely, herní ovladače, dálkově ovládaná vozidla a stabilizátory kamer (gimbaly).



Testování sériového výstupu modulu joysticku

Když pohnete joystickem, můžete v reálném čase sledovat odpovídající hodnoty X/Y jejich vypisováním do sériového monitoru (Serial Monitor) v prostředí

Arduino IDE.

Otevřete soubor „Joystick_test.ino“ v umístění English\Arduino\2.Arduino program\Lesson3\Joystick_test, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, zvolte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód do řídicí desky ESP32.

Program:

```
const int left_X = 32;//Define the right X pin to 32
const int left_Y = 33;//Define the right Y pin to 33
const int left_key = 34;
int X1=0,Y1=0,Z1=0;

void setup() {
  pinMode(left_key, INPUT);
  Serial.begin(115200);
}
void loop() {
  X1 = analogRead(left_X);//Read the right X value
  Serial.print(X1);
  Y1 = analogRead(left_Y);//Read the right Y value
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Y1);
  Z1 = digitalRead(left_key);//Read the right Z value
  Serial.print(" ");
  Serial.println(Z1);
  delay(1000);
}
```



Základní pohyby ramene robota ovládané joystickem

Základní ovládací pohyby ramene robota zahrnují především otáčení doleva a doprava, pohyb lokte nahoru a dolů a otevírání a zavírání klepeta. Jakmile si osvojíte tyto základní pohyby, můžete na jejich základě kombinovat a rozšiřovat další akce.

Upozornění: Po zapnutí napájení ramene robota je zakázáno otáčet servomotory přímo rukou, aby nedošlo k jejich poškození.

Program pro ovládání joystickem

Otevřete soubor „JoyStick_Controlled_Robot_Arm.ino“ v umístění English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 3\JoyStick_Controlled_Robot_Arm, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, zvolte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód (Upload) do řídicí desky ESP32.

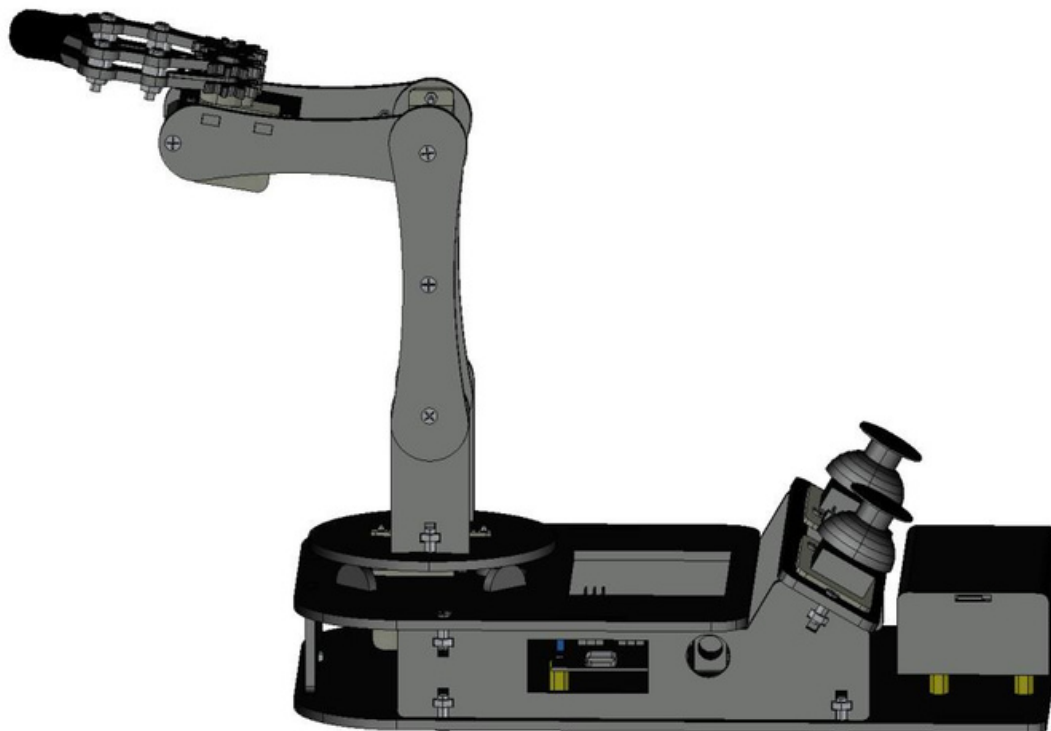
```
#include <ACB_ARM.h> //Add the Robot arm libraries
ACB_ARM ARM;

void setup() {
  ARM.ARM_init(5,16,17,18); //The parameters are four Servo pins
  ARM.JoyStick_init(32,33,34,35,36,39); //Joystick initialization
}

void loop() {
  ARM.get_JoyStick();
  if (ARM.JoyY1 < 50) { //chassis left
    ARM.chassis_angle = ARM.chassis_angle + 1;
    ARM.JoyChassisCmd(ARM.chassis_angle);
  }
  if (ARM.JoyY1 > 3500) { //chassis right
    ARM.chassis_angle = ARM.chassis_angle - 1;
    ARM.JoyChassisCmd(ARM.chassis_angle);
  }
  if (ARM.JoyX1 < 50) { //Shoulder down
    ARM.shoulder_angle = ARM.shoulder_angle + 1;
    ARM.JoyShoulderCmd(ARM.shoulder_angle);
  }
  if (ARM.JoyX1 > 4000) { //Shoulder up
    ARM.shoulder_angle = ARM.shoulder_angle - 1;
    ARM.JoyShoulderCmd(ARM.shoulder_angle);
  }
  if (ARM.JoyX2 < 50) { //Elbow up
    ARM.elbow_angle = ARM.elbow_angle + 1;
    ARM.JoyElbowCmd(ARM.elbow_angle);
  }
  if (ARM.JoyX2 > 4000) { //Elbow down
    ARM.elbow_angle = ARM.elbow_angle - 1;
    ARM.JoyElbowCmd(ARM.elbow_angle);
  }
  if (ARM.JoyY2 > 4000) { // Claws open
    ARM.claws_angle = ARM.claws_angle + 1;
    ARM.JoyClawsCmd(ARM.claws_angle);
  }
  if (ARM.JoyY2 < 50) { // Claws close
    ARM.claws_angle = ARM.claws_angle - 1;
    ARM.JoyClawsCmd(ARM.claws_angle);
  }
}
```

Schémata ovládání joystickem

Po nahrání programu si všimnete, že čtyři části ramene robota jsou uspořádány do tvaru číslice „7“, což je výchozí poloha. Poté můžete k ovládání ramene robota použít joystick.



Následuje představení funkcí joysticku:

Joystick	Směr	Kloub	Zákon pohybu
Levý joystick	Vlevo	Základna	Otočení vlevo
	Vpravo	Základna	Otočení vpravo
	Nahoru	Rameno	Pohyb nahoru
	Dolů	Rameno	Pohyb dolů
Pravý joystick	Nahoru	Loket	Pohyb nahoru
	Dolů	Loket	Pohyb dolů
	Vlevo	Klepeto	Otevření klepetu
	Vpravo	Klepeto	Zavření klepetu

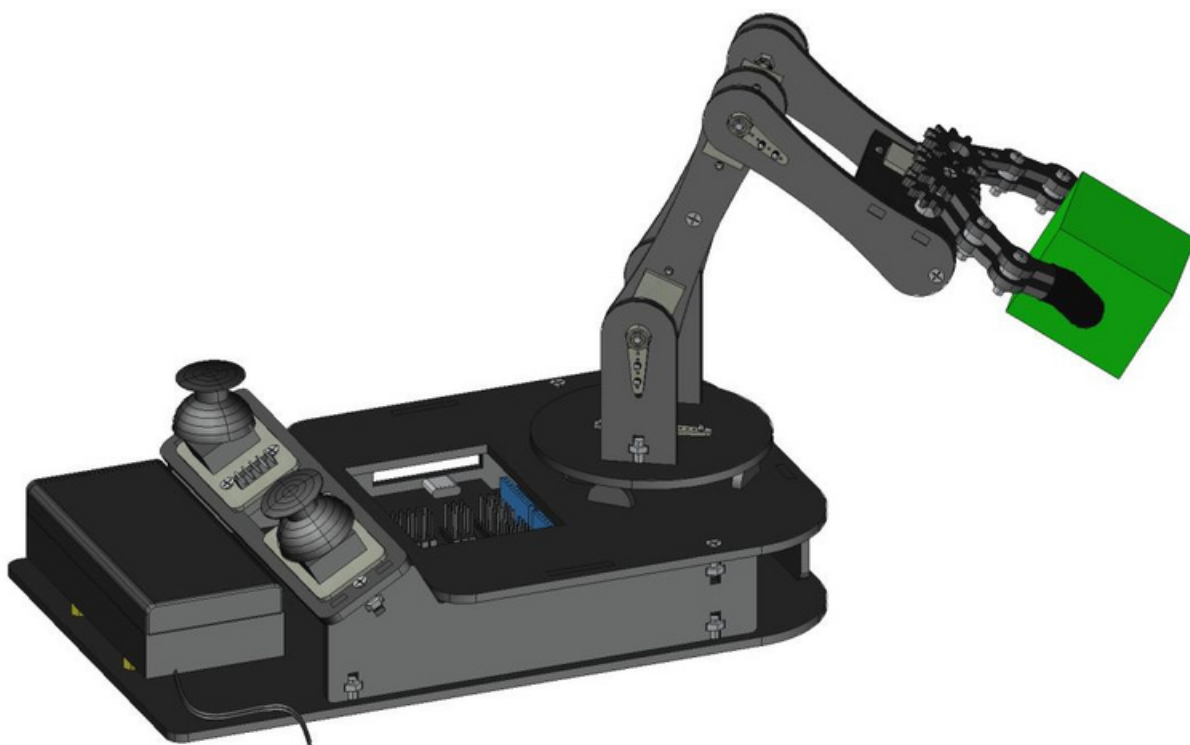
Rozšiřující úkoly

Na základě základních schémat ovládání ramene robota joystickem můžeme nyní dosáhnout funkčnosti využití joysticku k ovládání ramene robota pro úkoly spojené s manipulací s předměty.

Popis úkolu:

S využitím metody ovládání pomocí modulu joysticku manévrujte s ramenem robota tak, abyste zvedli předmět v bodě A a přepravili jej do bodu B k umístění.

Upozornění: Pozice bodů A a B si definujte podle potřeby.

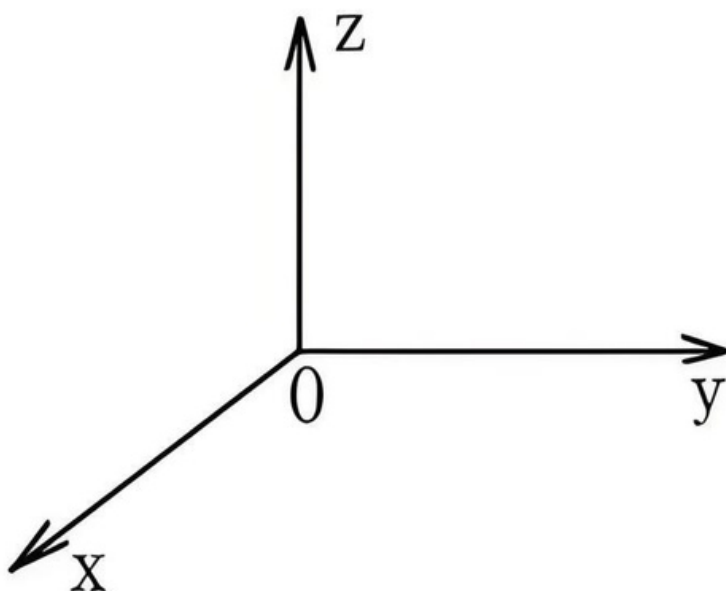


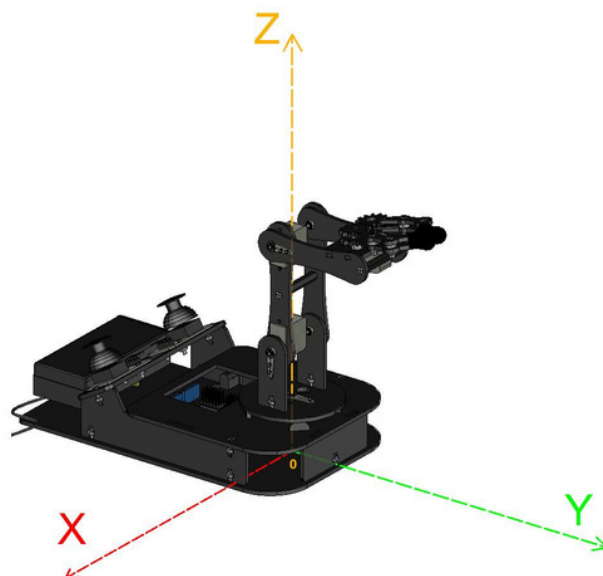
Lekce 4 Prostorové souřadnice ramene robota

Prostorové souřadnice ramene robota hrají klíčovou roli v jeho ovládání a programování. Prostřednictvím přesných prostorových souřadnic může rameno robota dosáhnout přesného polohování, optimalizovat plánování pohybu, efektivně se vyhýbat překážkám, provádět precizní operace a tím zvýšit úroveň automatizace a inteligence.

Kartézský souřadnicový systém

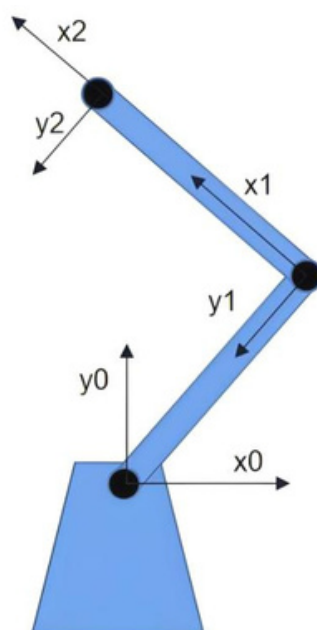
Při řízení prostorového pohybu ramene robota je Kartézský souřadnicový systém jedním z nejpoužívanějších souřadnicových systémů. Je to matematický systém pro popis polohy bodů v prostoru. V trojrozměrném prostoru se Kartézský souřadnicový systém skládá ze tří navzájem kolmých os (x , y , z). Průsečíkem těchto tří os je počátek (O) souřadnicového systému. V tomto tutoriálu se počátek Kartézského souřadnicového systému nachází ve středu kotouče serva základny (Chassis) ramene robota.





Souřadnicový systém kloubů

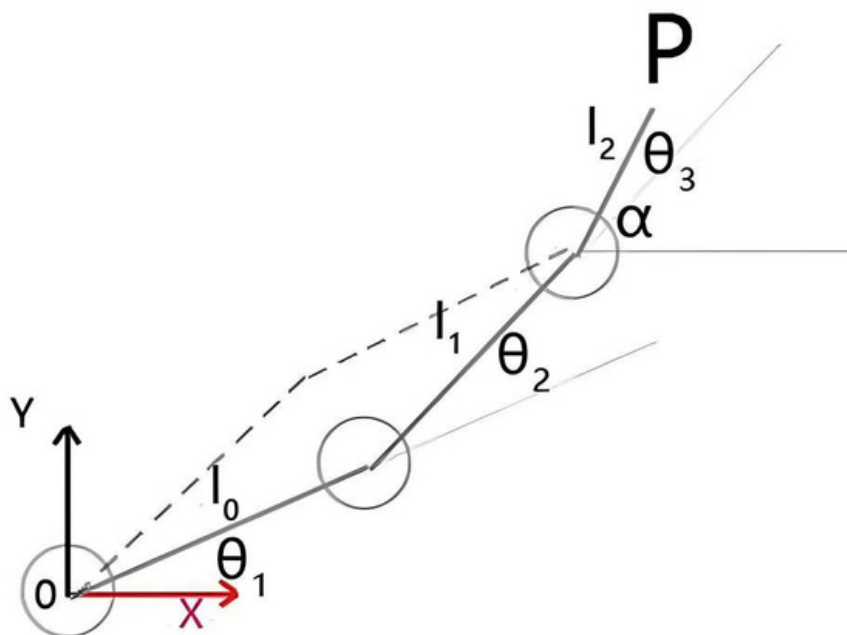
Kromě Kartézského souřadnicového systému má každý kloub ramene robota svůj vlastní souřadnicový systém známý jako souřadnicový systém kloubů. Jeho počátek obvykle leží v bodě spojení kloubu a jeho osy jsou definovány podél osy rotace kloubu. Každý souřadnicový systém kloubu je spojen s kloubovou souřadnicí, která popisuje úhel rotace nebo vysunutí daného kloubu. Protože se každý kloub ramene robota může otáčet nebo vysouvat, mohou se souřadnicové systémy kloubů měnit v závislosti na aktuální poloze ramene robota.



Dopředná a inverzní kinematika

Dopředná kinematika se zabývá výpočtem polohy a orientace ramene robota v kartézských souřadnicích na základě úhlů kloubů. Naproti tomu inverzní kinematika zahrnuje výpočet úhlů kloubů na základě kartézských souřadnic, aby bylo dosaženo požadovaného pohybu ramene robota.

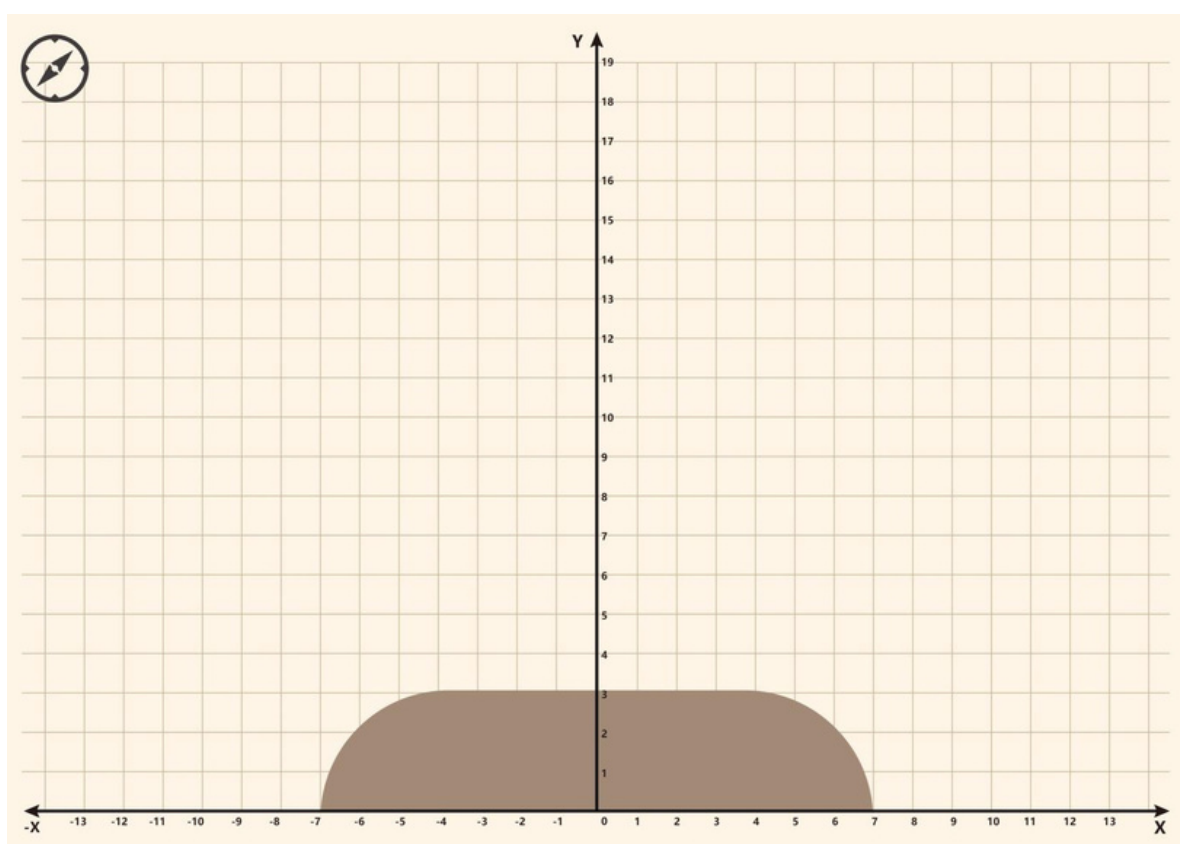
Problém dopředné kinematiky lze řešit pomocí maticových transformací, tedy porovnáním transformační matice každého souřadnicového systému kloubů s vzorci souřadnicových transformací ramene robota pro určení úhlů jednotlivých kloubů. Problém inverzní kinematiky je obvykle složitější, vyžaduje řešení soustavy nelineárních rovnic a často má více řešení.



V tomto tutoriálu budeme pracovat především s Kartézským souřadnicovým systémem, jehož počátek je ve středu kotouče serva základny (Chassis). Po zadání konkrétních souřadnic polohy (X, Y, Z) knihovni soubor v tomto tutoriálu automaticky využije algoritmus inverzní kinematiky k výpočtu souřadnic každého kloubu mechanického ramene a následně je převede na úhly jednotlivých servomotorů. Tímto způsobem je koncový bod manipulátoru řízen tak, aby dosáhl polohy cílového bodu v prostorovém souřadnicovém systému.

Schéma souřadnic ramene robota

Při montáži ramene robota nevyhnutelně dochází k určitým chybám. Pro lepší kalibraci musíme použít souřadnicové schéma. Schéma souřadnic ramene robota se skládá ze souřadnic X a Y, přičemž průsečík X a Y je počátkem mapy. Rozsah souřadnic X je $[-13, 13]$ a rozsah souřadnic Y je $[0, 19]$. Zkosený obdélník ve stínované oblasti je referenční polohou pro rameno robota. Horní hranu základny ramene robota přiložte k tomuto tvaru.



[【 Click to get the robot arm coordinate diagram PDF file 】](#)

Upozornění: Vytiskněte prosím schéma ramene robota na papír formátu A4 podle souboru PDF.

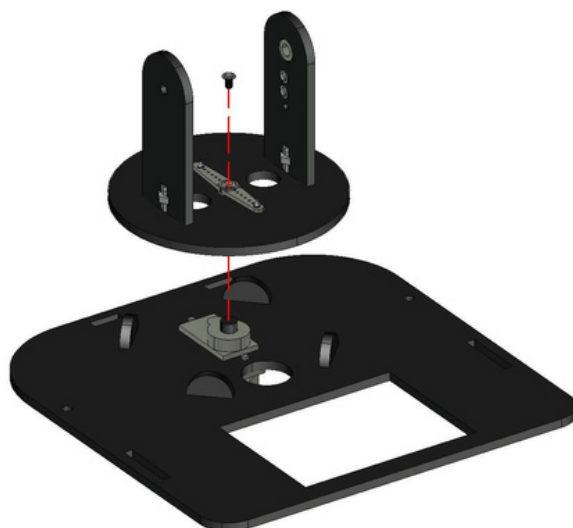
Pokyny ke kalibraci ramene robota

Rameno robota se skládá z několika servomotorů a v praxi může docházet k určitým chybám. Abychom tyto chyby omezili, přidali jsme do programu pro ovládání ramene instrukce, které umožňují korekci těchto odchylek.

```
ARM.Chassis_angle_adjust(8); // Default 0  
ARM.Slight_adjust(0,2); // Default 0,0
```

Nejdříve se použije příkaz 'ARM.Chassis_angle_adjust(8)' k nastavení odchylky středového úhlu serva základny (Chassis). Výchozí hodnota středového bodu je 90 stupňů, přičemž úhly na levé straně od osy -X jsou v rozsahu 90 až 180 stupňů a úhly na pravé straně od osy X jsou v rozsahu 0 až 90 stupňů.

Vzhledem k přesnosti převodů během montáže však není zaručeno, že servo základny a převodka budou přesně na 90 stupních. Mohou být mírně nakloněny doleva nebo doprava. Proto je v tomto bodě musíme v programu zkalibrovat. Pokud je například nakloněno o 8 stupňů doprava, musíme hodnotu odchylky zvýšit. Do závorky příkazu 'ARM.Chassis_angle_adjust()' tedy zadáte 8. Pokud je posun o 8 stupňů doleva, musíte hodnotu offsetu odečíst, tedy do závorky 'ARM.Chassis_angle_adjust()' zadat -8.



Následuje příkaz 'ARM.Slight_adjust(0,2)'. Tento příkaz má dva parametry, přičemž oba mají výchozí hodnotu 0. Pokud dojde k mírné chybě v odsazení, když koncový efektor ramene robota dosáhne zadaného bodu v prostoru, použije se tento příkaz k jemnému doladění.

První parametr odpovídá kladné poloose X ramene robota. Pokud se koncový efektor naklání o 1 stupeň doprava, napíšete 1; pokud se naklání o 1 stupeň doleva, napíšete -1. Pokud k žádnému naklonění nedochází, napíšete 0.

Druhý parametr odpovídá záporné poloose X ramene robota. Pokud se koncový efektor naklání o 1 stupeň doprava, napíšete 1; pokud se naklání o 1 stupeň doleva, napíšete -1. Pokud k žádnému naklonění nedochází, napíšete 0.

Dále si prosím vypůjčte souřadnicové schéma a podle prostorových souřadnic v programu a vaší skutečné situace upravte kalibrační parametry.

Pohyb prostorových souřadnicových bodů

Otevřete [„Inverse_Kinematics.ino“](#) v English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 4\Inverse_Kinematics, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí kabelu USB, vyberte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód do řídicí desky ESP32.

```
#include <ACB_ARM.h> //Add the Robot arm libraries
ACB_ARM ARM;

void setup() {
  ARM.Chassis_angle_adjust(8);
  ARM.Slight_adjust(0,2);
  ARM.ARM_init(5,16,17,18); //The parameters are four Servo pins
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    String input = Serial.readStringUntil('\n');
    int x, y, z, claws; //Define variables for coordinates x, y, z, and claws
    sscanf(input.c_str(), "%d %d %d %d", &x, &y, &z, &claws);
    if (claws < 90 || claws > 180) {
      Serial.println("Invalid claw value. Claw value must be between 90 and 180.");
      return;
    }
    Serial.print("X:");
    Serial.print(x);
    Serial.print(",Y:");
    Serial.print(y);
    Serial.print(",Z:");
    Serial.print(z);
    Serial.print(" ClawsAngle:");
    Serial.print(claws);
    Serial.println(" ");
    ARM.ClawsCmd(claws);
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(x, y, z);
  }
}
```



Po nahrání programu zadejte do sériového monitoru čtyři hodnoty: souřadnici X, souřadnici Y, souřadnici Z a úhel otevření kleštin (v rozsahu od 90 do 180 stupňů). Tyto čtyři hodnoty musí být odděleny mezerami. Po zadání hodnot stiskněte Enter.

ARM.PtpCmd(x, y, z) je příkaz pro ovládání souřadnic ramene robota. Prostřednictvím tohoto příkazu se koncový efektor ramene robota přesune do určené polohy v prostorových souřadnicích, kde x je souřadnice osy x, y je souřadnice osy y a z je souřadnice osy z.

ARM.JoyClawsCmd(claws) je příkaz pro ovládání kleštin ramene robota. Tento příkaz ovládá otevírání a zavírání kleštin koncového efektoru, kde „claws“ představuje parametr úhlu pro servo kleštin s rozsahem vstupu od 90 do 180 stupňů.

Pokud jsou souřadnice správné, rameno robota se přesune do určeného bodu v prostoru. Pokud se na sériovém monitoru po zadání souřadnic zobrazí „Out of range!“, znamená to, že zadané hodnoty přesahují dosažitelný dosah ramene, protože rozsah pohybu je v rámci kulové oblasti. V takovém případě je nutné hodnoty upravit a zadat je znovu.

Lekce 5 Stohování s ramenem robota

V dnešní éře rychlého technologického rozvoje se robotická ramena stala nepostradatelnou součástí moderního průmyslu, komerčních služeb i každodenního života. Díky své pozoruhodné flexibilitě, přesnosti a efektivitě zcela transformovala tradiční způsoby provozu.

Robotická ramena pro paletizaci nacházejí široké uplatnění v různých oblastech, zejména v situacích vyžadujících vysoce efektivní manipulaci s předměty, kde je jejich přínos obzvláště významný. Například v logistice a skladování může tato technologie výrazně zvýšit efektivitu a přesnost manipulace se zbožím, snížit náklady na pracovní sílu a minimalizovat lidské chyby. Ve srovnání s manuální paletizací nabízí robotická ramena výhody, jako jsou vysoká účinnost, dobrá stabilita a snadná obsluha.



S rozvojem technologií a tržní poptávkou se v budoucnu dočká paletizační technologie s robotickými rameny širšího uplatnění. Proto se v této lekci naučíme implementovat základní paletizační funkce pomocí robotického ramene.

Program pro paletizaci robotickým ramenem

Otevřete soubor „[Robot_Arm_Stacking.ino](#)“ v umístění English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 5\Robot_Arm_Stacking, připojte řídicí desku ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, zvolte správnou řídicí desku, procesor a port a nahrajte kód do řídicí desky ESP32.

Nejprve na sebe svisle položte dva bloky a umístěte je na souřadnice (-7, 13) na mapě robotického ramene tak, aby středový bod bloků odpovídal danému souřadnicovému bodu.



```
#include <ACB_ARM.h> //Add the Robot arm libraries
ACB_ARM ARM;

bool RunningState = true;

int startx = 7, starty = 13, startz = 2; //Initial coordinates
int midz = 15; //Height of middle point
int endx = -7, endy = 13, endz = 0; //End point coordinates
int openAngle = 130, closeAngle = 90;
int count = 2; //Number of blocks
int i = 0;

void setup() {
  ARM.Chassis_angle_adjust(8); //Chassis error calibration
  ARM.Slight_adjust(0,2); //Small calibration error
  ARM.ARM_init(5,16,17,18); //The parameters are four Servo pins
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  while(i < count) {
    ARM.ClawsCmd(openAngle); //open claws
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(startx, starty, startz-i*2); //The target point is the upper object
    delay(1000);
    ARM.ClawsCmd(closeAngle); //close claws
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(startx, starty, midz); //Lift the object after picking it up
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(endx, endy, midz); //Rotate above the target point
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(endx, endy, endz+i*2); //Placing Objects
    delay(1000);
    ARM.ClawsCmd(openAngle);
    delay(1000);
    ARM.PtpCmd(endx, endy, midz); //Raise arms
    delay(1000);
    i=i+1;
  }
  ARM.Zero(); //Servo initialization
}
```

Po nahrání programu můžeme pozorovat, že konec robotického ramene dosáhne počátečních souřadnic bloků, poté uchopí horní blok, přepraví jej na cílové souřadnice a položí. Následně se vrátí na počáteční souřadnice bloků, uchopí spodní blok, přepraví jej na cílové souřadnice a nakonec jej stohuje na první blok.

Rozšiřující úlohy

Na základě souřadnicové mapy robotického ramene již známe vzorec paletizace. Pokud známe souřadnice polohy na mapě, můžeme robotické rameno nechat provést paletizační funkci. Dále použijeme mapu k dokončení úkolu paletizace robotickým ramenem.

Popis úkolu:

Na základě příkladu programu pro paletizaci zkuste v programu upravit počáteční souřadnice polohy a souřadnice koncového bodu objektů, aby robotické rameno mohlo provádět paletizaci na různých místech.

Upozornění: Oba bloky musí být umístěny naskládáné na sobě. Ujistěte se, že zadané souřadnice nepřesahují rozsah mapy. Během procesu uchopování robotickým ramenem může navíc dojít k určitým chybám v důsledku nepřesného umístění nebo limitů přesnosti.

Lekce 6 Učení a výuka robotického ramene

Učení robotického ramene zahrnuje nastavení pevné pohybové dráhy operátorem, kterou má robotické rameno následovat, což mu umožňuje pracovat podle předem stanovených kroků.

Učení robotického ramene lze rozdělit do tří kroků. Prvním krokem je učící akce, při které operátor nastaví pevnou pohybovou dráhu pro robotické rameno. Druhým krokem je akce ukládání, při které řídicí systém robotického ramene zaznamenává naučené akce. Třetím krokem je reprodukce učení, při které robotické rameno opakuje akce zaznamenané během učícího procesu.

V této lekci použijeme modul joystick k učení a ovládání pohybů robotického ramene.

Výukový program

Otevřete "[Memory_Controlled_Robot_Arm.ino](#)" v English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 6\Memory_Controlled_Robot_Arm, připojte desku kontroléru ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, vyberte správnou desku kontroléru, procesor a port, nahrajte kód do desky kontroléru ESP32.

```
#include <ACB_ARM.h> // Add the Robot arm libraries
ACB_ARM ARM;

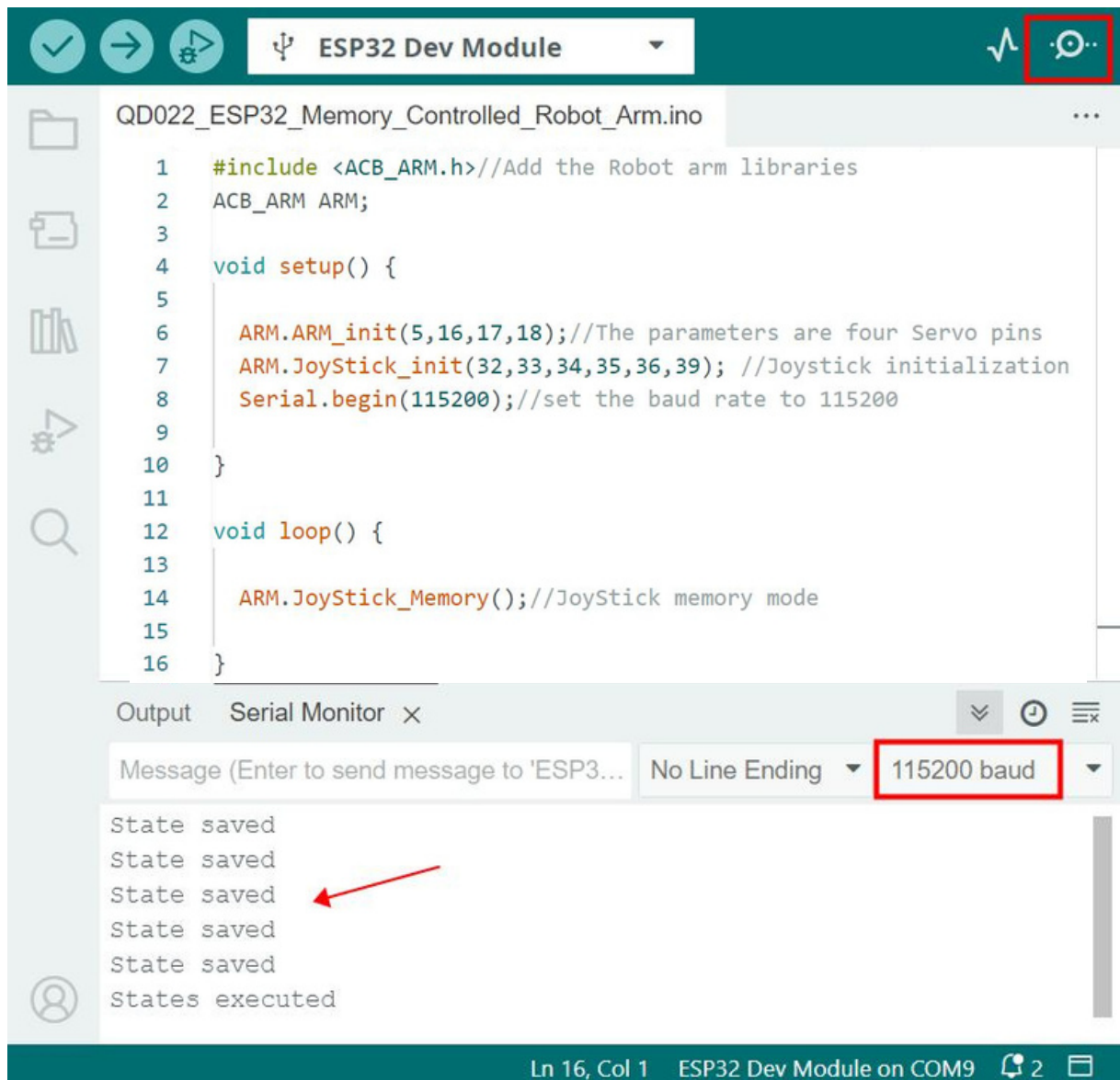
void setup() {
  ARM.ARM_init(5,16,17,18); // The parameters are four Servo pins
  ARM.Joystick_init(32,33,34,35,36,39); // Joystick initialization
  Serial.begin(115200); // set the baud rate to 115200
}

void loop() {
  ARM.Joystick_Memory(); // Joystick memory mode
}
```

Pozor: ① Při určování prvního a posledního bodu polohy robotického ramene je nutné je okamžitě uložit; ② Funkce paměti může uložit až 20 skupin akcí najednou.

Instruction of teaching operation:

Joystick	Operace joystickem:	Akce:
Levý joystick	Krátké stisknutí	Uložit akci
	Dlouhé stisknutí	Vymazat akci
Pravý joystick	Krátké stisknutí	Spustit akci



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The top bar indicates the board is an "ESP32 Dev Module". The code editor displays the following code:

```

1  #include <ACB_ARM.h> //Add the Robot arm libraries
2  ACB_ARM ARM;
3
4  void setup() {
5
6      ARM.ARM_init(5,16,17,18); //The parameters are four Servo pins
7      ARM.Joystick_init(32,33,34,35,36,39); //Joystick initialization
8      Serial.begin(115200); //set the baud rate to 115200
9
10 }
11
12 void loop() {
13
14     ARM.Joystick_Memory(); //Joystick memory mode
15
16 }

```

The Serial Monitor is open, showing the output:

```

State saved
State saved
State saved
State saved
State saved
States executed

```

A red arrow points to the "State saved" messages. The Serial Monitor settings show "No Line Ending" and "115200 baud".

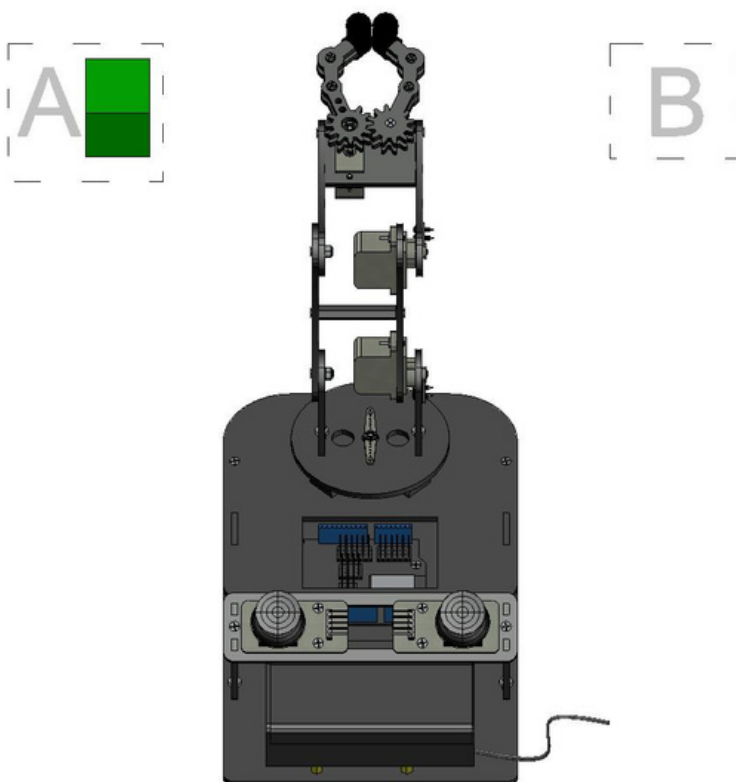
Rozšiřující úkoly

Na základě základních provozních pravidel výuky a učení robotického ramene můžeme dále použít modul joysticku k dosažení funkcí výuky a učení pro přepravu objektů pomocí robotického ramene.

Popis úkolu:

Pomocí modulu joysticku ovládejte robotické rameno, aby zvedlo kostku z bodu A na souřadnicové mapě, přepravilo ji do bodu B a poté se vrátilo do výchozí polohy. Tento proces zahrnuje výuku a učení.

Pozor: Definujte polohy bodů A a B podle vlastního uvážení.



Lekce 7 Webové ovládání robotického ramene

S nepřetržitým rozvojem technologie bezdrátové komunikace a technologie internetu věcí (IoT) je technologie dálkového ovládání široce využívána v mnoha oblastech. Umožňuje uživatelům dosáhnout přesného dálkového ovládání koncových zařízení na velké vzdálenosti. Existuje mnoho typů technologií bezdrátové komunikace a tento výukový program se zaměřuje především na to, jak používat technologii WiFi komunikace k dálkovému ovládání robotického ramene.

Technologie WiFi komunikace je typ technologie bezdrátové lokální sítě (WLAN), která umožňuje elektronickým zařízením, jako jsou chytré telefony, tablety a notebooky, bezdrátové připojení k internetu nebo místní síti (LAN). Technologie WiFi komunikace připojuje zařízení ke stejné síti pomocí bezdrátových routerů nebo přístupových bodů (AP), což jim umožňuje vzájemně přenášet a přijímat data.

Webové ovládání zařízení je jednou z hlavních aplikací technologie WiFi komunikace, široce využívané v oblastech, jako jsou chytré domácnosti a chytrý průmysl. Webové ovládání zařízení propojuje zařízení a ovládací terminály prostřednictvím internetu. Interakce mezi zařízeními a ovladači může být dosažena pomocí jednoduchého protokolu HTTP. Když se zařízení připojí k ovladači, ovladač poskytne jednoduché webové rozhraní, ke kterému mohou uživatelé přistupovat prostřednictvím webové stránky pro ovládání zařízení.

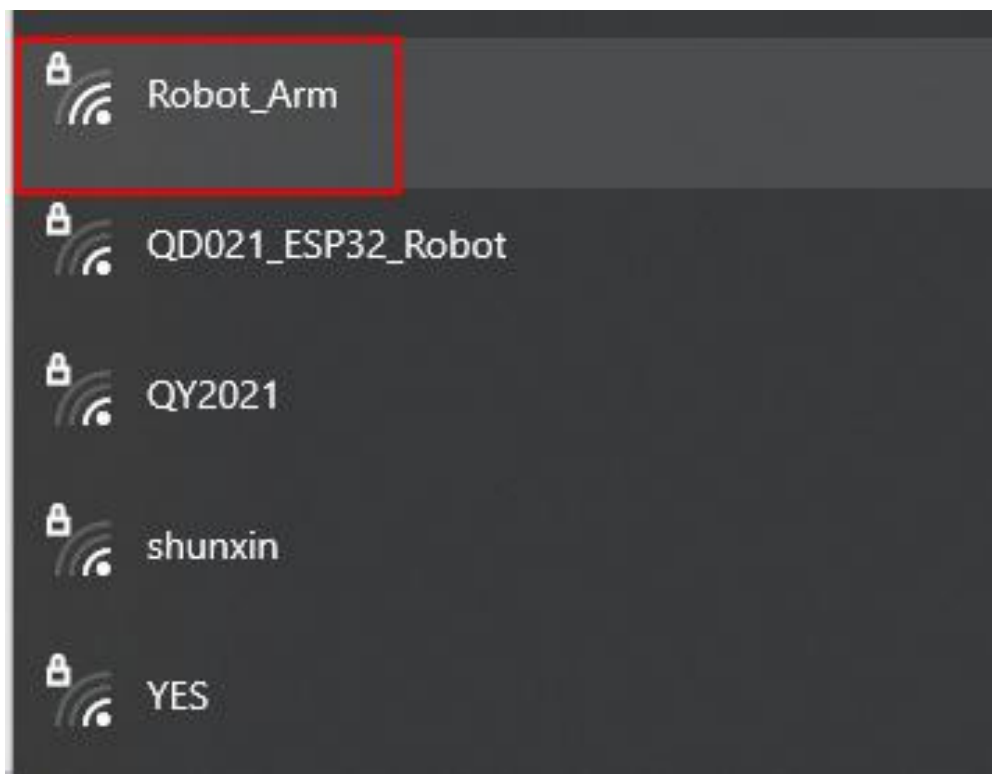
Dále budeme používat webovou stránku k dálkovému ovládání provozu robotického ramene.

Program webového ovládání

Otevřete "Web_Controlled_Robot_Arm.ino" v English\Arduino\2.Arduino program\Lesson 7\Web_Controlled_Robot_Arm, připojte desku kontroléru ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, vyberte správnou desku kontroléru, procesor a port, nahrajte kód do desky kontroléru ESP32.

Přihlášení na webovou stránku

Po úspěšném nahrání dále použijte počítač nebo mobilní telefon k vyhledání WiFi sítí. Připojte se k WiFi hotspotu s názvem 'Robot_Arm' s heslem 12345678, jak je znázorněno na následujícím obrázku.

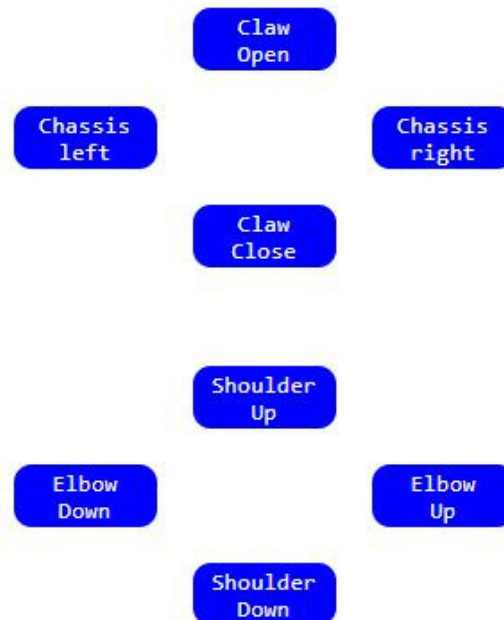


Po úspěšném připojení zadejte "192.168.4.1" do adresního řádku vašeho prohlížeče. Rozhraní webové stránky se zobrazí, jak je znázorněno na následujícím obrázku.

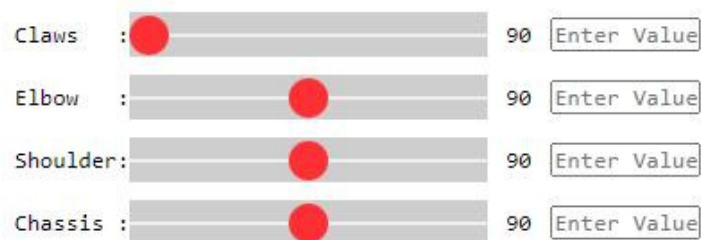
⚠ Not secure

192.168.4.1

Robot Arm



Slide Control



Custom mode

MODE 1 ▼



Spatial coordinate

X: Enter Value Y: Enter Value Z: Enter Value Confirm

The value of x ranges from -19 to 19.
The value of y ranges from 0 to 19.
The value of z ranges from 0 to 27.
Note: The value range is the point within the sphere.

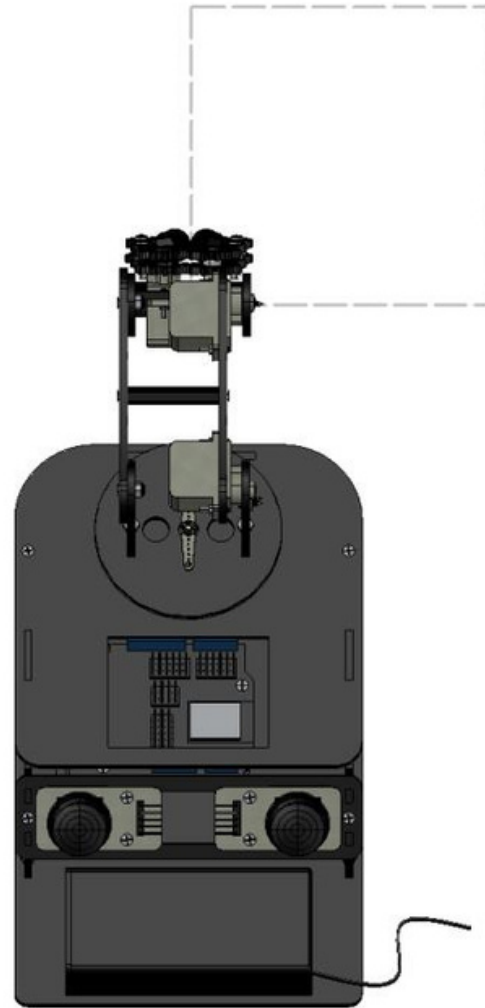
No.	Web Page Functionality	Popis funkcí
1	Button control	Ovládání pohybu robotického ramene pomocí tlačítek na webové stránce.
2	Slider control	Ovládání pohybu robotického ramene pohybem posuvníků nebo zadáním úhlu do vstupního pole na webové stránce. Pozor: Pohybujte posuvníkem pomalu; čím rychleji jej posunete, tím rychleji se robotické rameno pohybuje. Můžete uložit celkem 6 sad
3	Save action	akcí robotického ramene (Režim 1 až 6), přičemž každá sada může uložit až 20 různých akcí. Konkrétní postup je následující: ① Kliknutím na "Start" se tlačítko změní na "Konec", poté pokračujte k "Uložení" akce. Na základě vaší akční cesty klikněte na "Uložit" krok za krokem. Nezapomeňte kliknout na "Uložit" pro počáteční i koncovou polohu. ②Klikněte na "Konec" pro dokončení uložení akce; ③ Klikněte na "Spustit" pro zobrazení akce; ④Klikněte na "Reset" pro resetování skupiny akcí.
4	Spatial positioning	Zadejte prostorové souřadnice x, y, z a poté klikněte na "Potvrdit". Robotické rameno se přesune na zadané prostorové souřadnice. Pozor: Pod vstupními poli x, y, z jsou uvedeny odpovídající popisy rozsahu hodnot. Pokud jsou hodnoty mimo zadaný rozsah, zadejte je znovu.

Rozšiřující úkoly

Podle způsobu webového ovládání robotického ramene dále používáme tři metody ovládání k realizaci funkce ukládání akcí robotického ramene na webové stránce.

Popis úkolu:

(1) Pomocí tlačítek ovládejte chapadla robotického ramene, aby kreslila čtvercové pohyby na mapě, a uložte je v režimu 1; (2) Pomocí posuvníku ovládejte chapadla robotického ramene, aby kreslila čtvercové pohyby na mapě, a uložte je v režimu 2; (3) Prostorové polohování se používá k ovládání chapadla robotického ramene, aby kreslilo čtvercové pohyby na mapě, a uložte je v režimu 3.



Lekce 8 Ovládání robotického ramene

pomocí aplikace V předchozím výukovém programu jsme se naučili ovládat robotické rameno pomocí joysticku a webové stránky. Abychom mohli ovládat robotické rameno pohodlněji, rozhodujeme se použít mobilní aplikaci jako uživatelské rozhraní pro ovládání robotického ramene prostřednictvím mobilní aplikace. Dále se podíváme na to, jak ovládat práci robotického ramene prostřednictvím mobilní aplikace.

Stažení aplikace

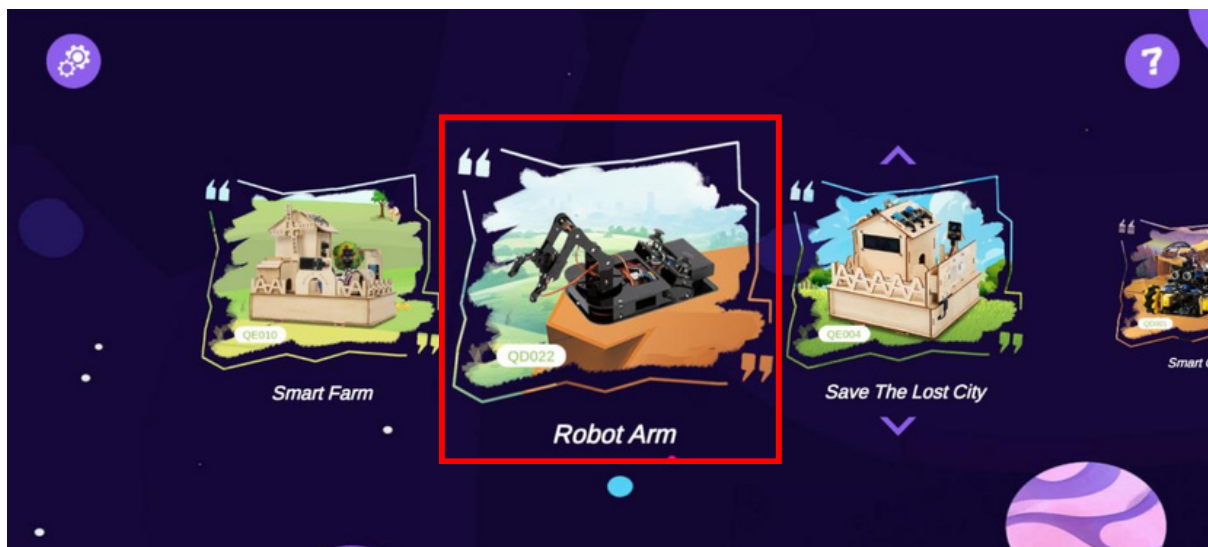
(1) Pokud používáte zařízení iOS, vyhledejte klíčové slovo "ACEBOTT" v App Store a stáhněte si ji. Pokud používáte zařízení Android, vyhledejte klíčové slovo "ACEBOTT" v obchodě Google Play a stáhněte si ji. Ikona je zobrazena níže.



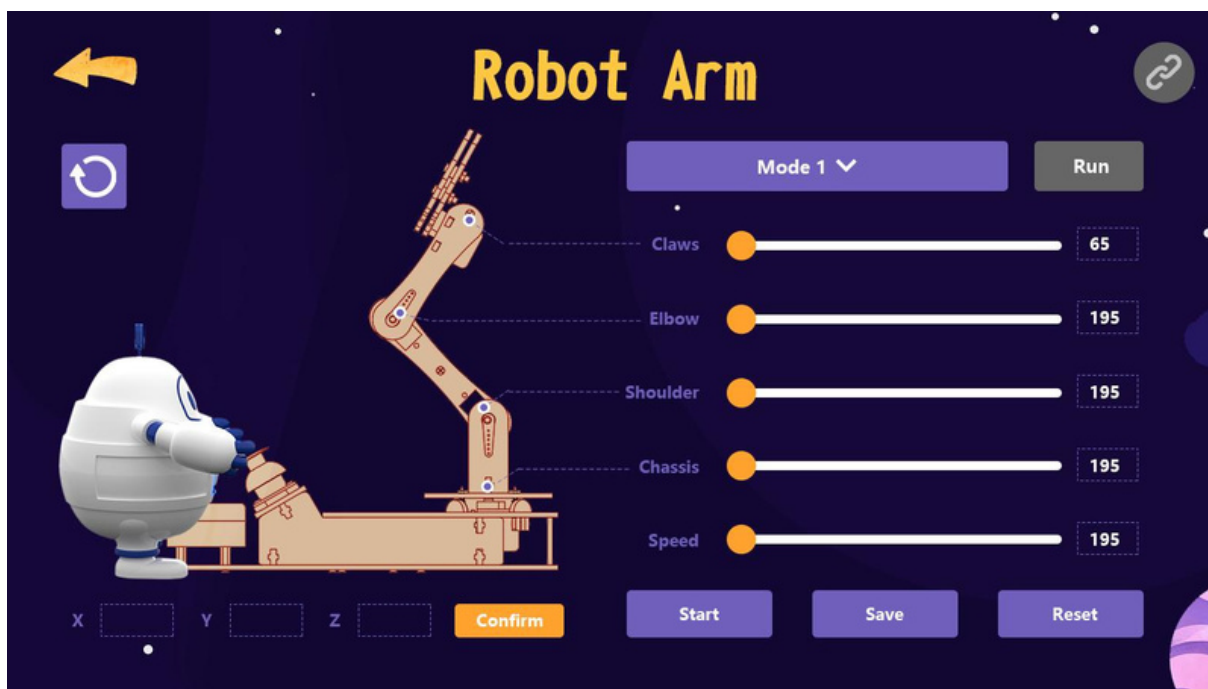
(2) Otevřete aplikaci pro vstup na úvodní obrazovku.



(3) Vstupte na obrazovku výběru a zvolte robotické rameno.



(4) Vstupte do ovládacího rozhraní robotického ramene (zatím jej nelze přímo ovládat, protože je třeba nejprve nahrát program).



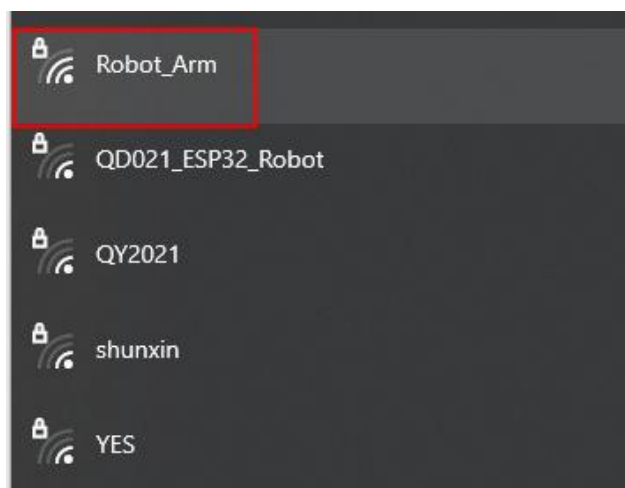
Ovládání robotického ramene pomocí aplikace

Nahrajte program Arduino pro ovládání robotického ramene pomocí aplikace.

Před použitím aplikace k ovládání robotického ramene je nutné nahrát program Arduino, který umožňuje komunikaci mezi robotickým ramenem a aplikací, do robotického ramene.

Otevřete cestu English\Arduino\2.Arduino program\Lesson

8\APP_Controlled_Robot_Arm, připojte desku kontroléru ESP32 k počítači pomocí USB kabelu, vyberte správnou desku kontroléru, procesor a port, nahrajte kód do desky kontroléru ESP32. 2. Připojení k WiFi robotického ramene Vyhledejte WiFi síť na svém počítači nebo mobilním telefonu a připojte se k WiFi hotspotu s názvem "Robot_Arm" s heslem 12345678, jak je znázorněno na obrázku níže.

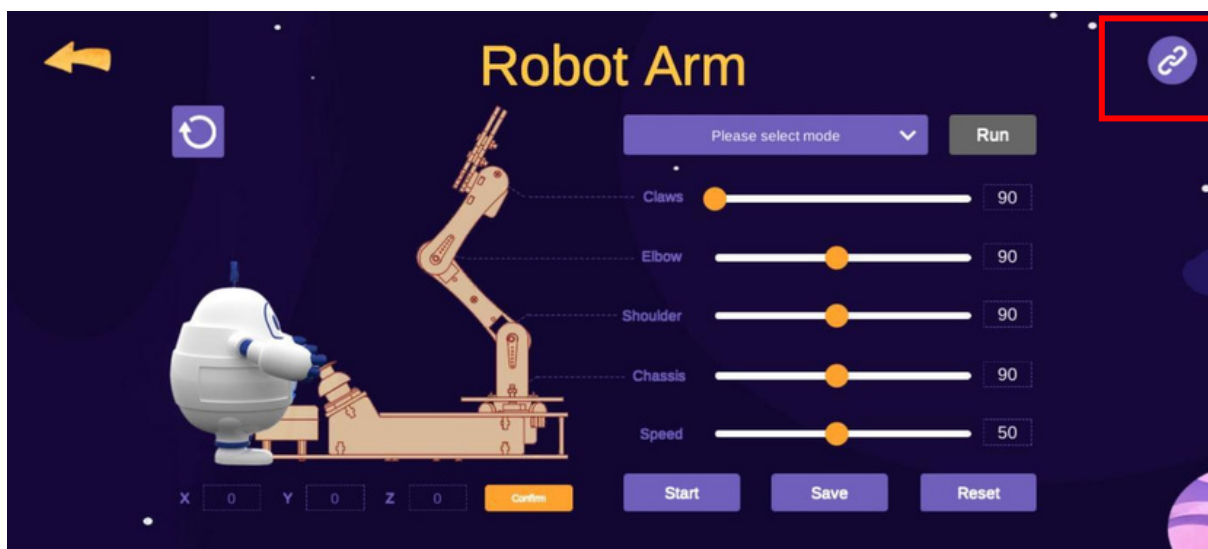


Pozor: Název hotspotu a heslo jsou předdefinovány v programu, ale uživatelé je mohou přizpůsobit. Když máme více robotických ramenů, můžeme každé z nich rozlišit pomocí různých názvů WiFi.

```
const char* ssid = "Robot_Arm";// Wifi name  
const char* password = "12345678";// WiFi password
```

Používání ovládacích prvků aplikace

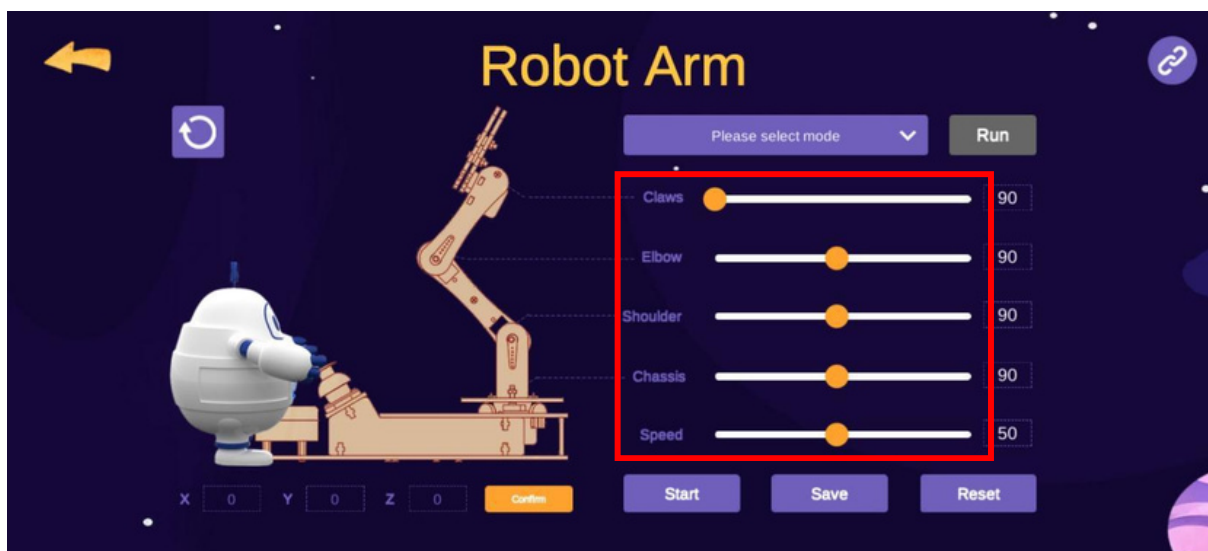
Po připojení k WiFi klikněte na ikonu připojení v pravém horním rohu aplikace pro dokončení připojení.



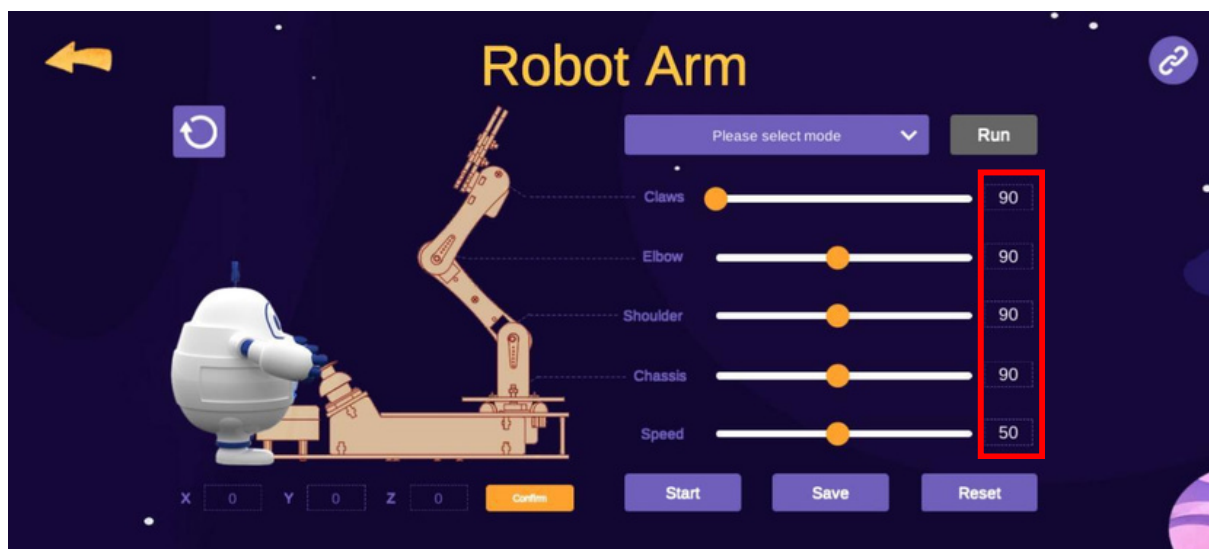
Po dokončení výše uvedených operací se vraťte na níže zobrazené rozhraní a poté lze realizovat ovládání robotického ramene. Hlavní ovládací akce jsou: ovládání posuvníkem, ovládání vstupním polem, vlastní režim (start, konec, uložit, spustit, reset), funkce prostorového polohování a funkce obnovení polohy.

Představení funkcí aplikace robotického ramene:

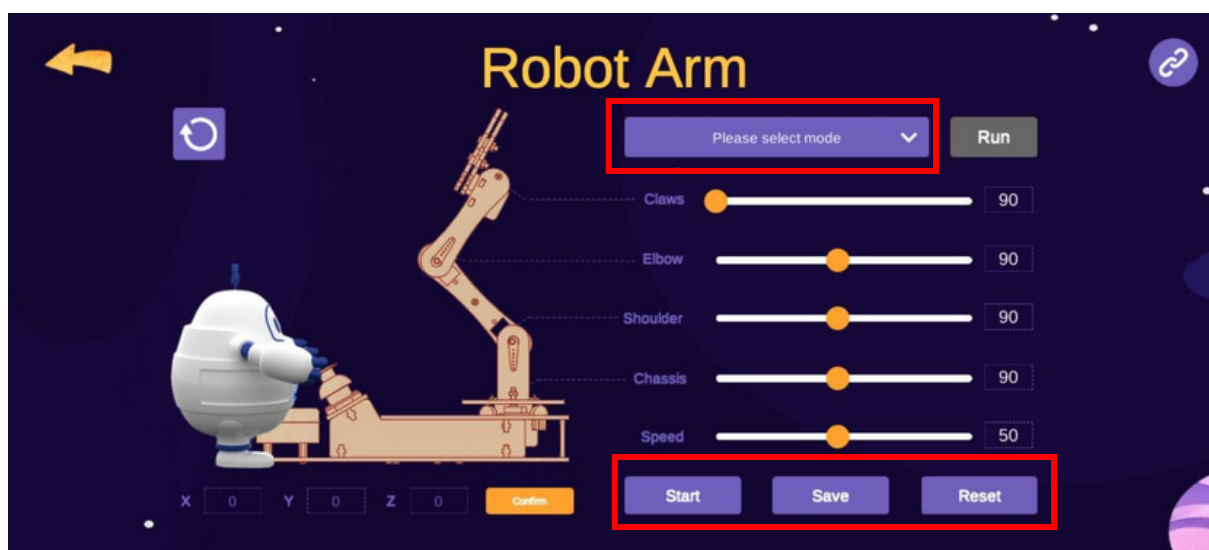
(1) Ovládání posuvníkem: Pohybuje posuvníky odpovídajícími různým servomotorům robotického ramene pro úpravu jeho polohy a orientace.



(2) Ovládání vstupním polem: Vedle každého posuvníku se nachází vstupní pole, do kterého můžete zadat požadovaný úhel serva pro ovládání polohy a orientace robotického ramene.

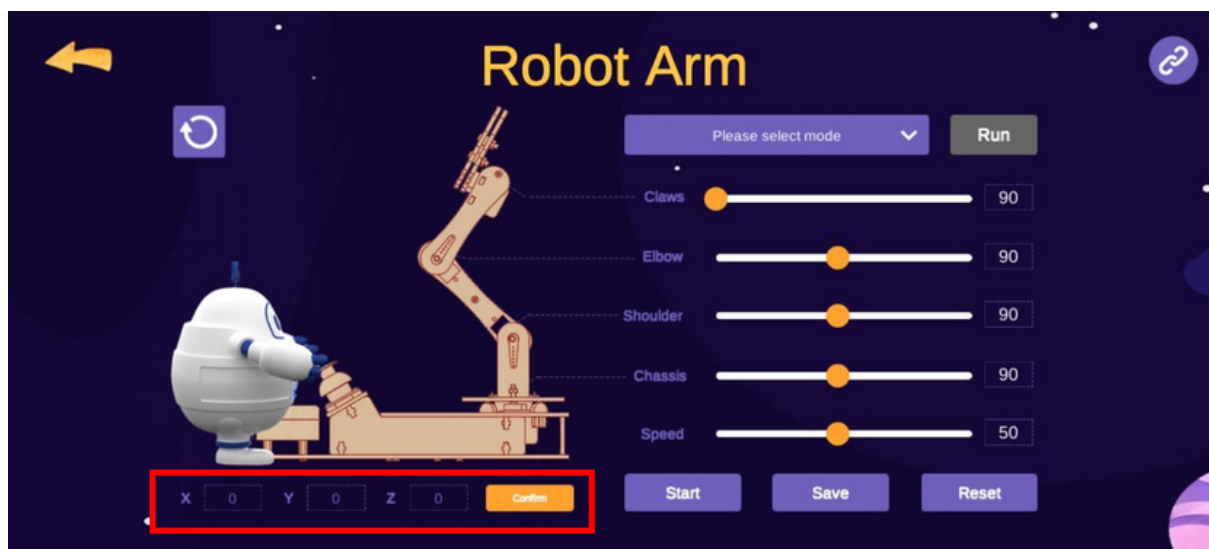


(3) Ukládání akcí: Klikněte na "vyberte prosím režim" pro výběr z 6 režimů (Režim 1 až 6). V každém režimu můžete uložit až 20 různých sad akcí. Postup je podobný jako u webového ovládání pro ukládání akcí.



(4) Prostorové polohování: Zadejte prostorové souřadnice x, y, z a robotické rameno se přesune na zadaný bod prostorových souřadnic.

Pozor: Vzhledem ke konstrukci robotického ramene existují omezení rozsahu jeho pohybu. Při zadávání souřadnic, pokud hodnoty překračují rozsah pohybu robotického ramene, můžete je zadat znovu.



(5) Inicializace polohy: Klikněte na ikonu obnovení v levém horním rohu a robotické rameno se vrátí do výchozí polohy.

