



## **Středoškolská technika 2019**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **PRŮMYSLOVÁ LINKA – STROJ NA VÝROBU SVÍČEK**

**Lukáš Kašpárek, Vojtěch Mothejzík a tým žáků VOŠ, SPŠaSOŠSaCR Varnsdorf a žáků ZŠ Náměstí  
Varnsdorf**

Vyšší odborná škola, Střední průmyslová škola a Střední odborná škola služeb a cestovního ruchu

Bratislavská 2166, Varnsdorf

## **PRŮBĚH PROJEKTU**

V rámci Motivačního programu Krajského úřadu ústeckého kraje – Moderní škola 4.0 jsme realizovali projekt s názvem „Průmyslová linka – stroj na výrobu svíček“. Cílem byl návrh, sestavení a oživení výrobní linky. Výrobní linka se skládá z licí hlavy, karuselu na svíčky, karuselu na knoty, dále pak robotické ruky, pásového dopravníku, řídicího systému a akčních členů a vyrábí svíčky. Jako mikrokontrolér byl použit systém TECOMAT FOXTROT s příslušenstvím, akčními členy jsou krokové motory, frekvenční měniče, digitální výstupy a senzory. Na projektu se podílely tři týmy:

### **Technický tým (5 členů)**

Lukáš Kašpárek (2. ročník Mechanik seřizovač, SŠ): vedoucí týmu, technická řešení, výroba licí hlavy, výroba nálevky, výroba karuselů, finální montáž,

Martin Kuchař (2. ročník Mechanik seřizovač, SŠ): technická dokumentace v Autocadu, technologické postupy, spolupráce při výrobě a finální montáži,

Karel Šnobl, Pavel Tran, Matěj Obereiter (8. ročník, ZŠ Náměstí Varnsdorf): lití svíček (volba forem, délka lití,...), montáž mechanické ruky, spolupráce při montážních pracích.

### **IT-tým (3 členové)**

Vojtěch Mothejzík (2. ročník Informační technologie, SŠ): vedoucí týmu, seznámení se a zvládnutí programování v MOSAIC, naprogramování licí hlavy, robotické ruky, pásového dopravníku,

Marek Flanderka, Martin Vintr (2. ročník Informační technologie, SŠ): seznámení se a zvládnutí programování v MOSAIC, naprogramování licí hlavy, robotické ruky, pásového dopravníku.

### **Design tým (3 členové)**

Žaneta Macháčková (3. ročník Průmyslový design, SŠ): vedoucí týmu, grafická řešení desky, anotace, plakát, technická dokumentace v Inventoru, fotodokumentace,

Kristian Stefurak, Jan Heinzl (8. ročník, ZŠ Náměstí Varnsdorf): tvorba prezentačního videa, prezentace, natáčení videí, fotodokumentace, zápisy ze schůzek.

Stroj začíná u malého karuselu na knoty. Robotická ruka přesune knot do forem na velkém karuselu na lití svíček. V nálevce se rozehřívá vosk, který se nalije do forem pomocí trysky, ve kterých se pomocí větráku vychladí. Hotové svíčky jsou nakonec přesunuty na pásový dopravník robotickou rukou, odkud hotové padají do krabice.

### **Činnost IT-týmu**

Na začátku jsme si stanovili systém. Byl jím FOXTROT od firmy TECO a.s. Kolín. PLC foxtrot má průmyslový standard. Na rozdíl od hobby systémů jako třeba Arduino jsou všechny příkazy vykonávány současně, což na nás kladlo úplně jiné nároky, než jsme byli zvyklí. Prostředí pro tvorbu aplikačního software je MOSAIC. Tecomaty jsou volně programovatelné řídicí systémy kategorie PLC, která je řízena normou IEC/EN/ČSN 61131, která v Evropské Unii patří mezi normy harmonizované. Samotného programování se týká část IEC 61131-3. K programování Tecomatů slouží programovací nástroj Mosaic. Je spustitelný pod Windows. Umožňuje programování připojeného PLC, simulaci a krokování bez připojeného PLC. Pokud je počítač s Mosaicem zapojen v síti LAN s přístupem do internetu, lze se přes ni a přes komunikační službu TecoRoute připojit k jakémukoliv Tecomatu a diagnostikovat funkci, případně PLC přeprogramovat.

Nejdříve bylo nutno zapojit hardware a naučit se ovládat výstupy "ručně". Výstupy jsou krokové motory a relé pro ohřev vosku. Motory hýbeme "hmotou" a ohřevem tavíme vosk. Abychom mohli kontrolovat ohřev, sledujeme dvě teploty licí hlavy. Všechno jsme propojili do obecného software pro obsluhu zařízení. Nakonec bylo nutno odladit pohyby krokových motorů a teploty vosku tak, aby do sebe vše zapadalo. Pohybujeme karusely - otáčíme, otáčíme uzávěrem licí trysky, spínáme dva ohřevy licí hlavy na základě měřené teploty, hýbeme robotickou rukou ve třech osách a motorem pro svírání ruky robotické ruky. Celý proces je startován bezdotykově čipem RFID.

Pro obsluhu i ladění linky jsme museli vytvořit v Mosaicu webovou vizualizaci projektu. Automat foxtrot vybaven tímto softwarem a vizualizací ve formátu WWW lze obsluhovat z libovolného PC, tabletu nebo telefonu s internetovým prohlížečem.

## Činnost Technického týmu

Technický tým vyráběl všechny technické části linky s výjimkou pořízených speciálních částí (Foxee, robotická ruka, drivery,...). Protože se jednalo o prototypy, byly technická dokumentace a technologický postup tvořeny průběžně. Jednalo se hlavně o výrobu:

*Licí hlava* – licí hlava je vyrobena z duralu a přišroubovaná k nádobě, má několik děr z toho dvě průchozí. První slouží k průchodu vosku skrze kostku. Další je k čepu, který zamezuje průtoku vosku ve vypnutém stavu. Ostatní otvory slouží k ohřevu kostky (tuhnutí vosku) skrze tělísko a měření teploty. Čep je vyroben z mosaze a má v sobě průchozí otvor. Ten, pokud je ve vodorovné poloze, zamezuje průtoku vosku, je řízen krokovým motorem a spojen s ním pomocí spojky z umělé hmoty (měli jsme i nápad se zřízením trubky, která by se nořila do vosku, a zamezilo by se prosákování, další pomocí cívky s vystřelujícím čepem,...). Konec kostky je zakončen měděnou tryskou. Celé licí zařízení je zaizolováno proti úniku tepla.

*Karusel na svíčky* - stojanu, se skládá z kruhové podstavy, ke které je přivařená hřídel osazená tak, aby na ni mohl být karusel. Původní nápad byl plechový karusel s plechovými formami pokrytými teflonem. Karusel měl být vypálen na laseru a smontován tak, aby formy sevřel v sobě. Společně s další hřídelí měli uskutečnit rotační pohyb. Tento nápad ale padl a byl vybrán karusel z plexiskla, díky své průhlednosti a větší jednoduchosti na výrobu. Formy byly nahrazeny silikonovými, kvůli snadnějšímu vyjímání svíčky. Formy jsou silikonem přilepeny na magnetu, který je přilepen k vršku karuselu. Forem je 20, aby se zajistila produktivita linky. Dále jsme osadili podstavu pro jedno ložisko, na kterém sedí pouzdro se zahloubením ze strany ložiska a s otvorem uvnitř. Ložisko je do pouzdra pevně nalisováno. Další částí je řemenice se stejným otvorem jako pouzdro. Nad řemenici leží poslední část a to je uřízlá část z hřídele podstavy, která má v sobě neprůchozí otvor, stejný jako v řemenici. Zde je závit, osazení a místo na podložky. Všemi zmíněnými otvory prochází hřídel, která se otáčí v podstavě. Hřídel je na volno a ke všemu je pevně přitáhnuta šrouby. Pro karusel je vyroben stojan pro motor, skládá se z očka nasazeného na nosnou hřídel a desky s drážkou přivařenou k očku, kde se pohybuje šroub zajišťující pohyb motoru na plechu. Tím vše přizpůsobíme natáhnutí řemenu.

*Držák knotů na karuselu* - knoty musí v odlité svíčce celou dobu držet ve svislé poloze, aby mohla být svíčka vytáhnutá. Měli jsme několik nápadů, jak to udělat (přichytnutí gumičkou, mezi plíšky plechu, padání na drátek, držení pomocí knotu samotného díky namočeného ve vosku, pomocí háčků,...). Nakonec se realizovala myšlenka vytisknout na 3D tiskárně nálevky a do nich knoty umístit.

*Karusel na knoty* – karusel, který slouží k uskladnění knotů, než se použijí v hlavním karuselu. Jeho podstava se podobá přechozímu, opět dva otvory na vruty, hřídel uprostřed kruhové podstavy, na ni osazení pro kruh z bílého silonu. Osazení je dostatečně dlouhé, aby na něm mohla stát řemenice společně ze silonem. V silonu je nalisované pouzdro a v něm nalisovaná řemenice, vše pospolu pevně drží. Celý silon je lehký, proto nebylo potřeba žádné ložisko pro snadné otáčení. Soustružená je celá podstava i celý silonový karusel o průměru 200mm. Držák pro motor je identický s předchozím, pouze se změnila délka drážky pohybu pro natáhnutí řemenu. Podložka pro čep je uchycena k vršku šroubem a podložkou.

### **Činnost Design týmu**

Design tým od počátku prováděl zápisy ze schůzek, průběžně fotil a natáčel videa. Dále jsme se věnovali návrhu podkladové desky a jejího designu. Hlavní činnost přišla až ke konci, kdy jsme napsali anotaci, návrhli plakát a sestříhali video.

Finále projektu proběhlo 13.5.2019 na Krajském úřadě v Ústí nad Labem. Hlavní částí bylo předvést hotový produkt a obhájit ho před porotou. Na závěr tedy uvádíme naši prezentaci, která byla doplněna mluveným slovem.

# LINKA NA SVÍČKY

VOŠ, SPŠ a SOŠS a CR Varnsdorf

- Vojtěch Mothejzík – 2. ročník informační technologie
- Lukáš Kašpárek – 2. ročník mechanik seřizovač

# ZADÁNÍ ÚKOLU

- Projekt „průmyslová výrobní linka“
- Návrh, vyrobení, sestavení a oživení výrobní linky
- Vymyšlen stroj na svíčky
- Části stroje na svíčky: licí hlava, karusely (na knoty a na svíčky), robotická ruka, řídicí systémy, pásový dopravník, různé podpůrné členy (stojany, prstenec na knoty, kuželové naváděče knotů, větrák...) a akční členy (krokové motory, frekvenční měniče, digitální výstupy, senzory...)

# TÝM A JEHO ČLENOVÉ





- Rozpad IT týmu 11. března – projekt žáky nebavil

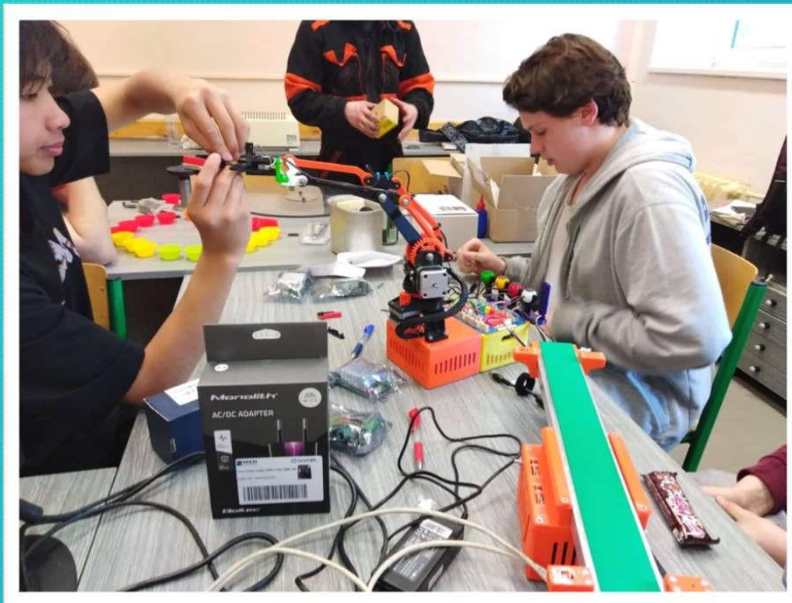
# PROBLÉM TÝMU

- Nový tým vedou:
  - Pan Jirásek – technický tým + Mosaic (externista)
  - Pan učitel Mgr. Pavel Kolár – nákup pomůcek, organizace
  - Pan učitel Ing. Michal Bubílek – IT tým

# ROZDĚLENÍ TÝMU

- Rozdělení do týmu: technického, IT a grafického

- Ujasnění funkce stroje
- Vedoucí týmu rozdělili úkoly na výrobu či naučení
- Vyřešená organizace



Lukáš Kašpárek, Martin Kuchař, Pavel Tran, Karel Šnobl a Matěj Oberreiter

# ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

- Ukázka jednotlivých mechanických částí výrobní linky a problémů se kterými jsme se museli potýkat

## TECHNICKÝ TÝM



# LICÍ HLAVA

- Problém s prosakováním vosku
- Sehnání vhodné nádoby
- Stabilita a nastavitelnost
- Zavírání a otevírání průtoku vosku
- Připojení motoru
- Výroba samotné kostky i s dírami
- Ohřev

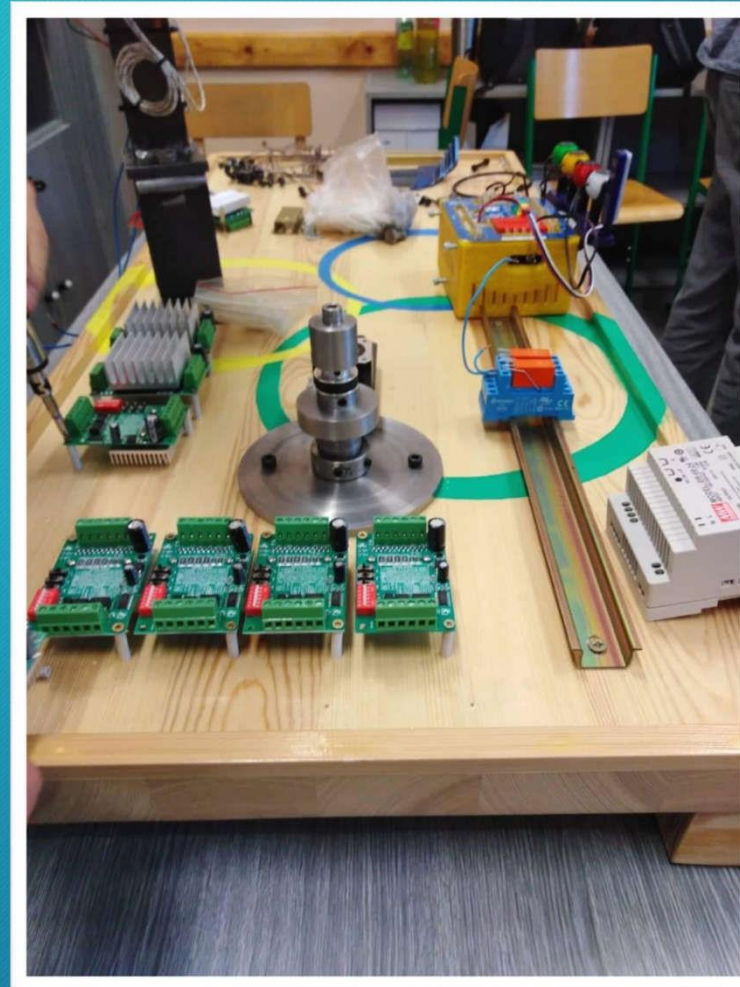
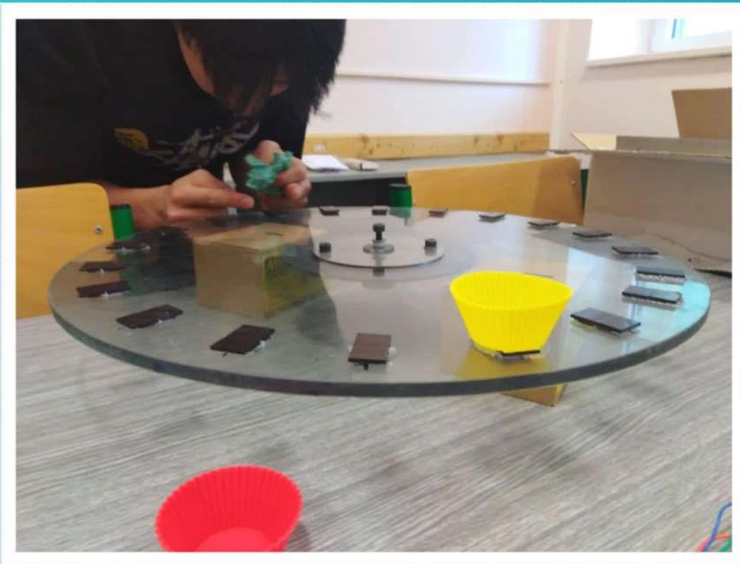




# KARUSEL NA SVÍČKY

- Problém s výběrem materiálu karuselu
- Největší změny
- Otáčení pomocí krokového motoru
- Stojan pro motor
- Vhodné formy – potřeba snadné vyjmutí
- Vhodné držáky knotů – vyměněny za kužele
- Hřídel na otáčení karuselu
- Klouzáni mimo kroky krokového motoru



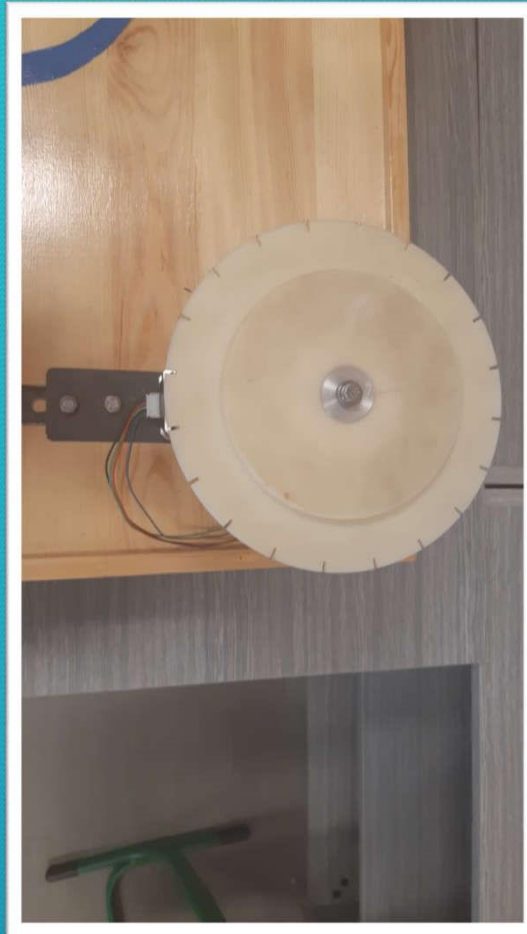




# KARUSEL NA KNOTY

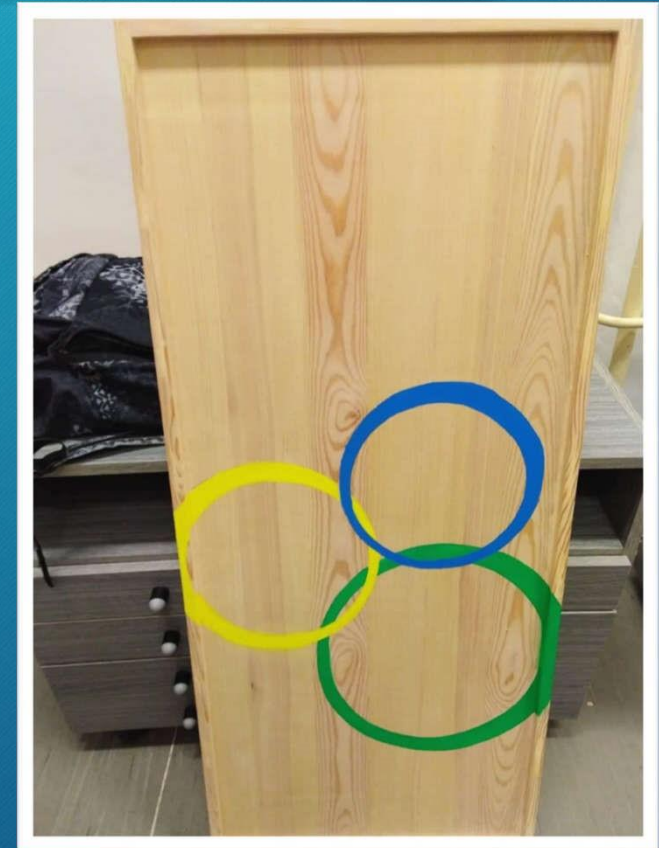
- Problém schopnosti zachycení knotů
- Zhotovení pouzdra řemenice
- Držák na motor zkrácen
- Škrtání knotů o motor
- Výroba 20 zářezů
- Nestabilní podstava na soustružení
- Prasknutí karuselu při lisování
- Prstenec pro stabilizaci knotů

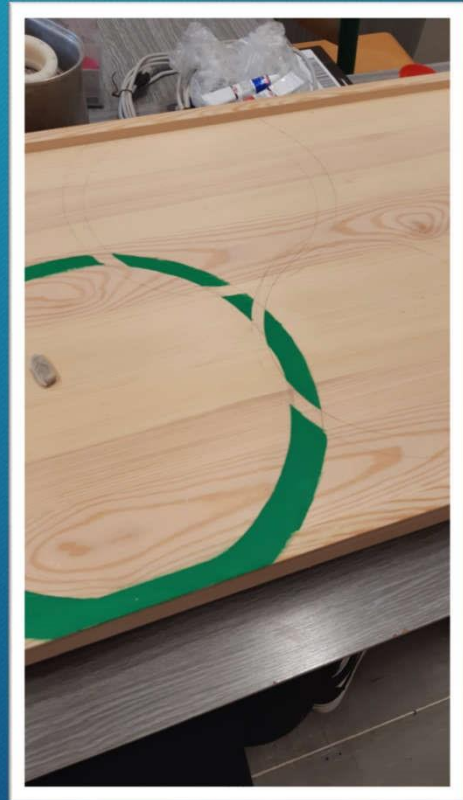
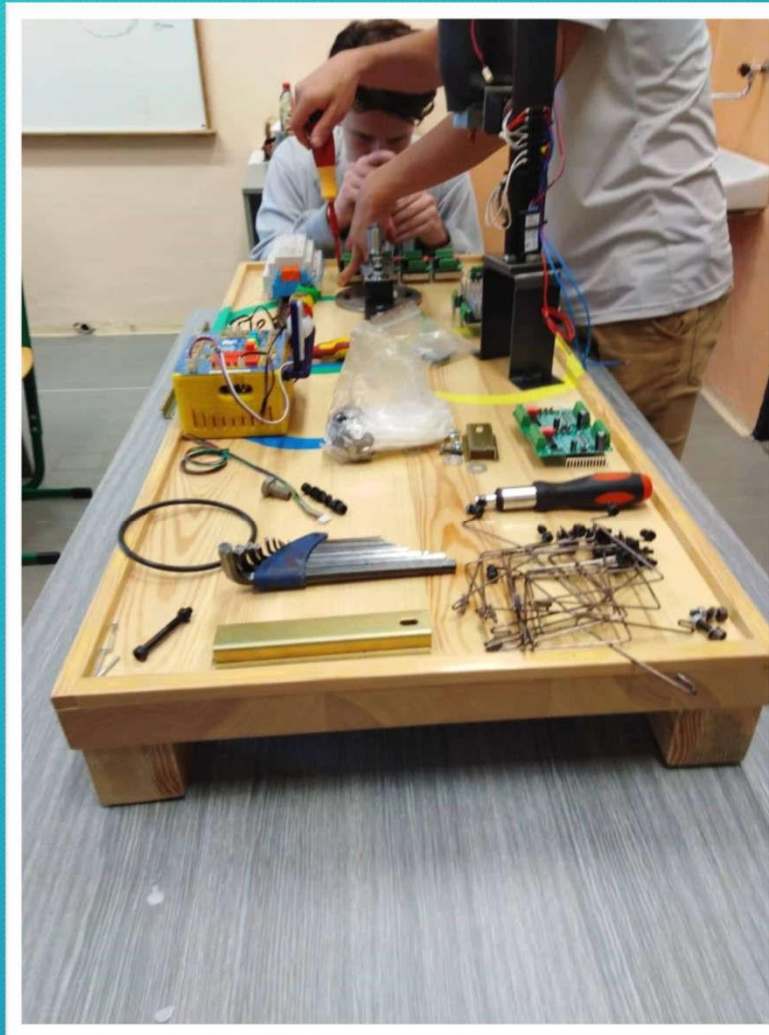
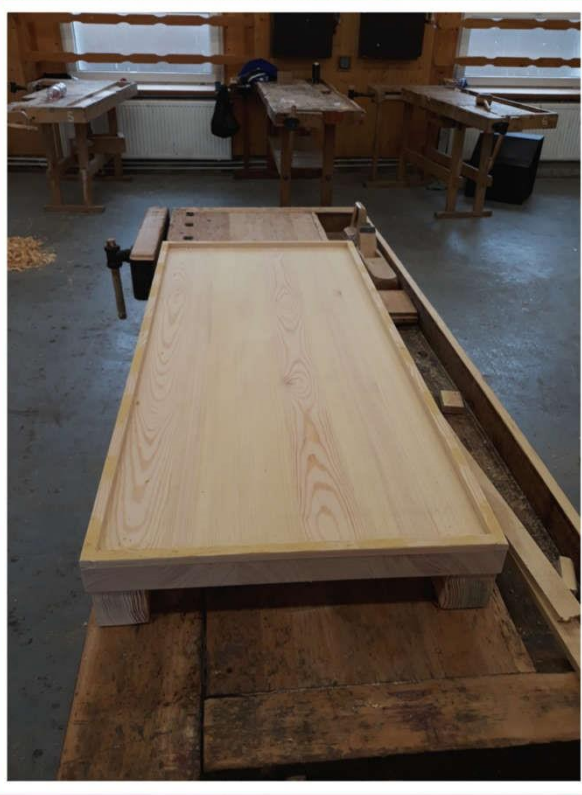




# DŘEVĚNÁ DESKA

- Problém s velikostí desky
- Materiál (spárovka)
- Upravena grafickým týmem

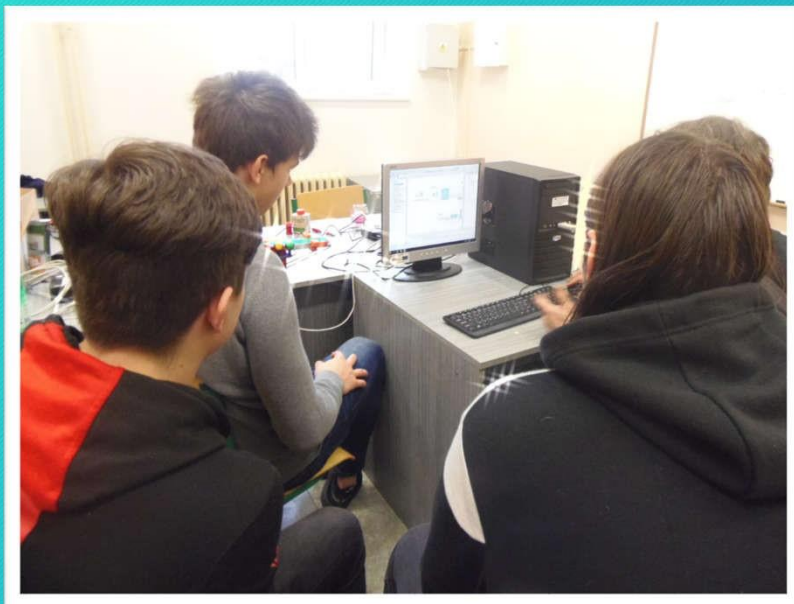




- První větrák na chlazení shořel

# DODATEK

- Kovové držáky vyměněny za tisknuté = velmi dlouhá doba tisku
- Podstavy karuselů kvůli svaření několikrát povolily = nutná oprava



Vojtěch Mothejzík, Marek Flanderka, Martin VINTR

# IT TÝM

# ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

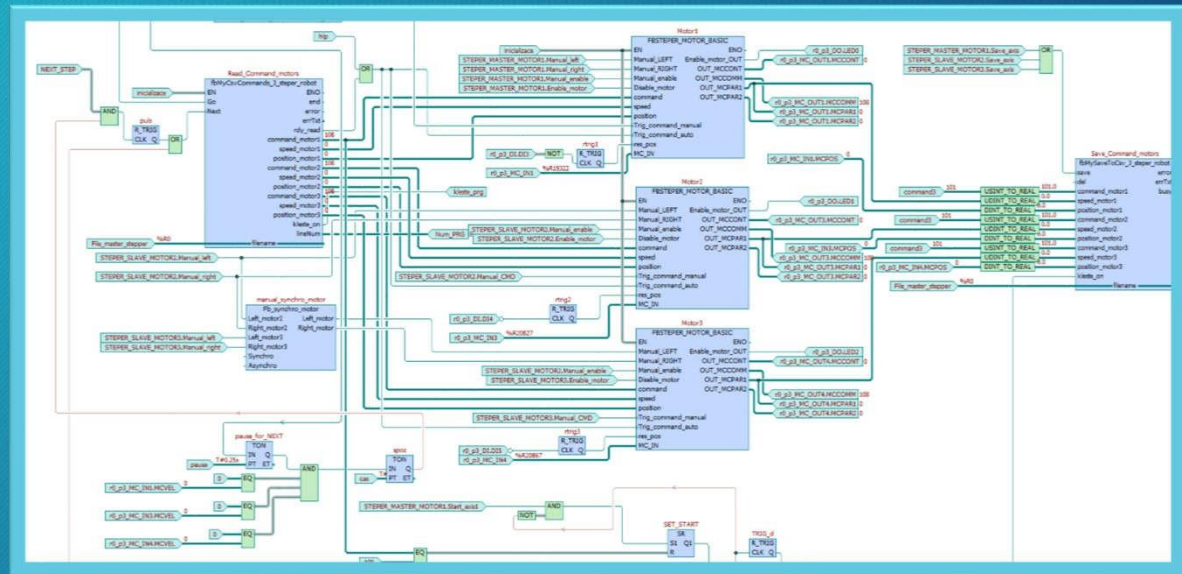
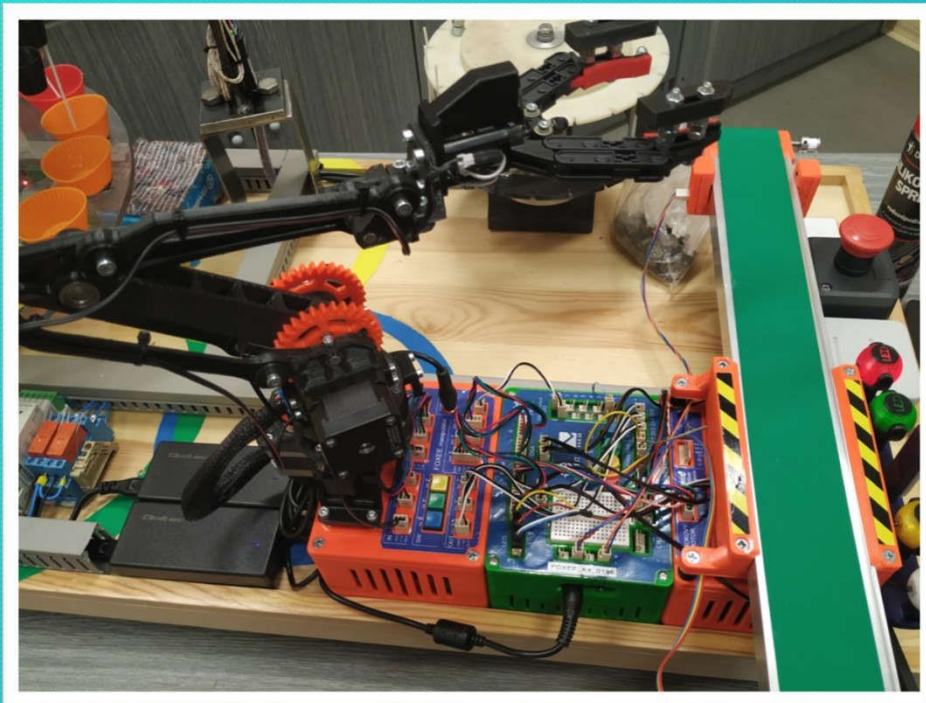
- Ukázka a popsání jednotlivých problémů ohledně zapojování kabelů, programování a probouzení výrobní linky, se kterými jsme se museli potýkat

# ROBOTICKÁ RUKA

- Seznámení s programem Mosaic
- Hledání vhodného ramene
- Konfigurace motorů a ovládání

- Určení dráhy
- Zapojení do systému linky





# SPOUŠTĚNÍ LINKY

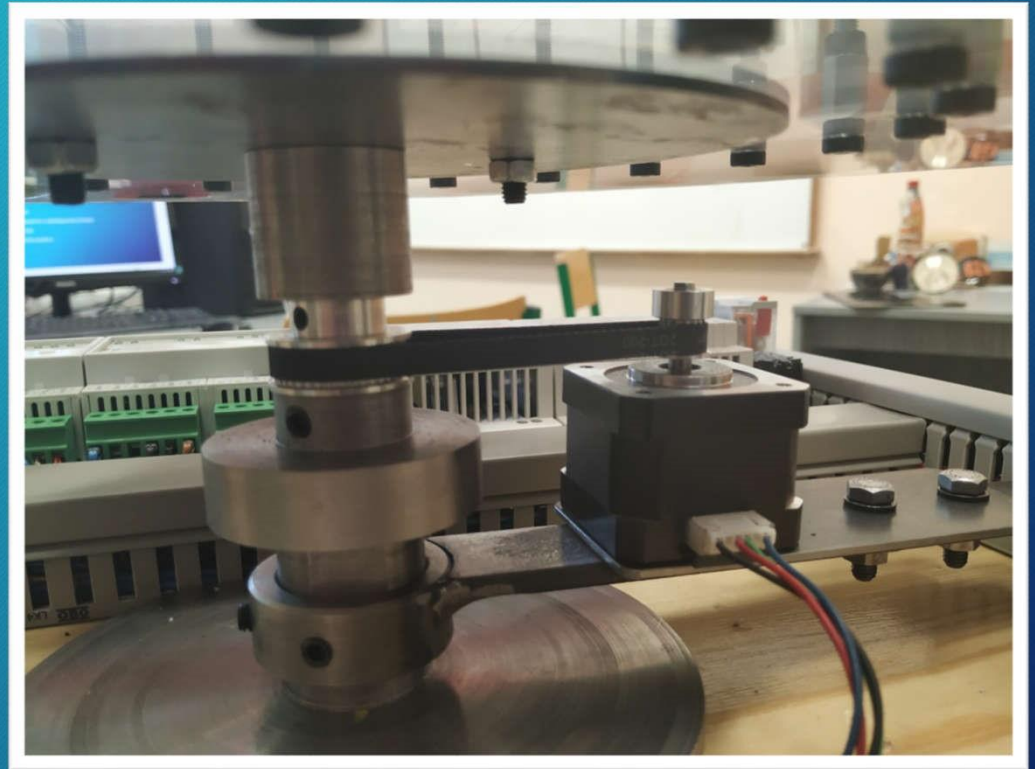
- Výběr vhodného řešení (čip/tlačítko)
- Seznámení s vybraným řešením s použitím RFID modulu
- Zakomponování do softwaru linky
- Zapojení do systému linky



- Zapojení motorů

# KARUSELY

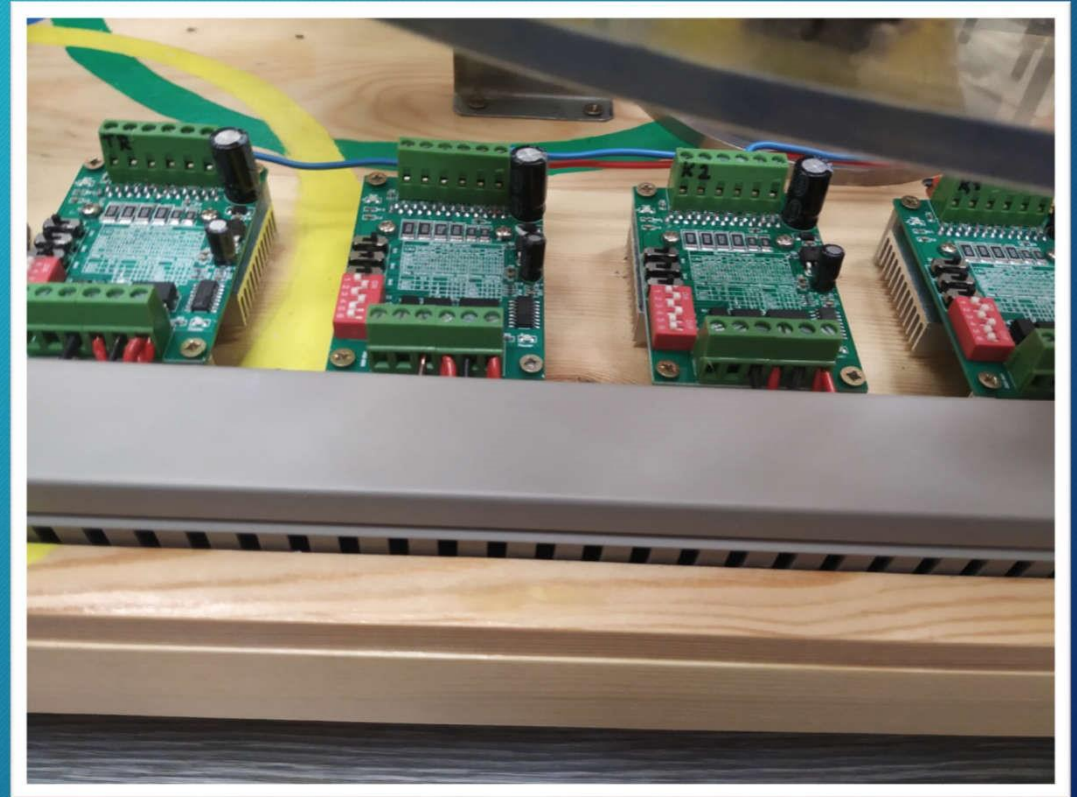
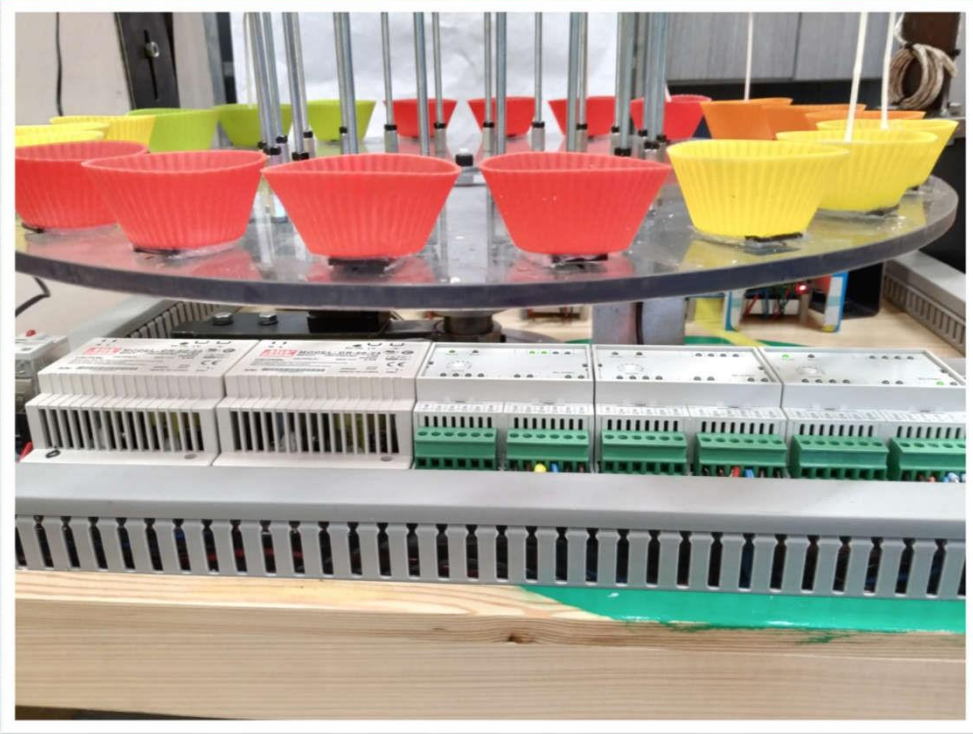
- Problém se zapojením a zakomponováním driverů
- Konfigurace čidel
- Řešení chladícího systému



- První dvě jednotky - zdroje

# MODULY

- 3. jednotka - modul na ohřev vosku a tepelná čidla
- 4. a 5. jednotka - moduly na ovládaní krokových motorů
- Moduly jsou galvanicky oddělené

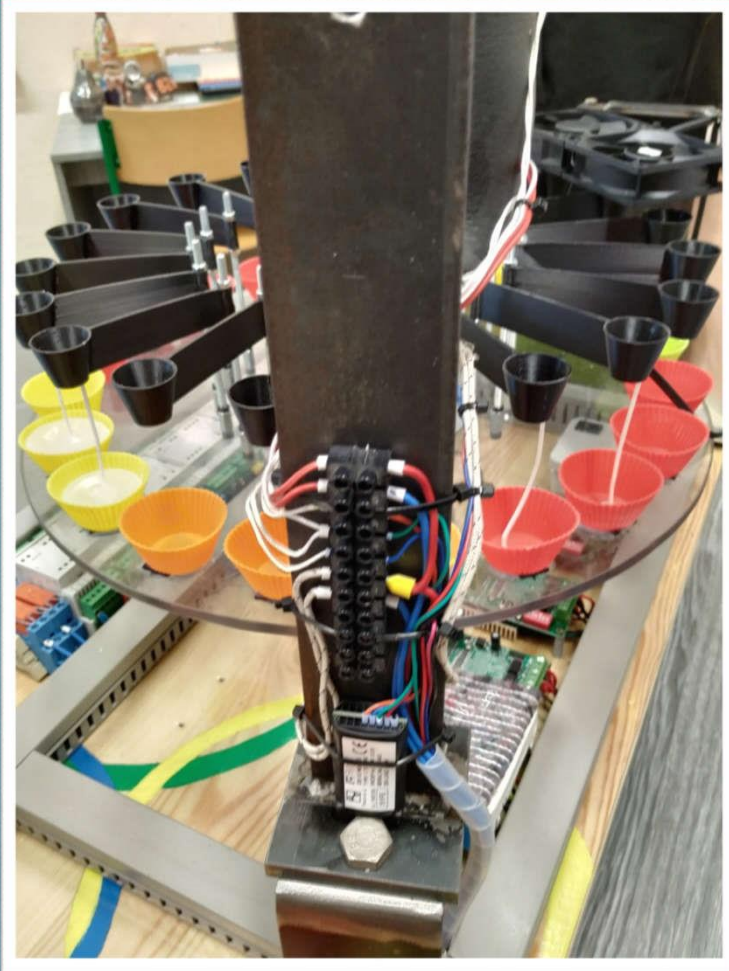


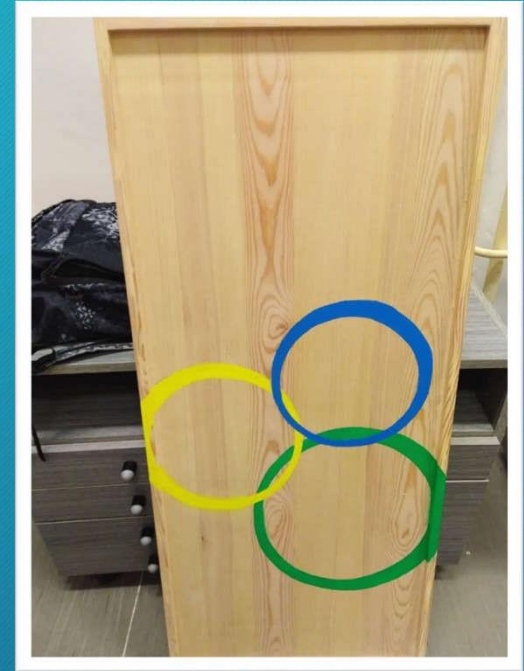
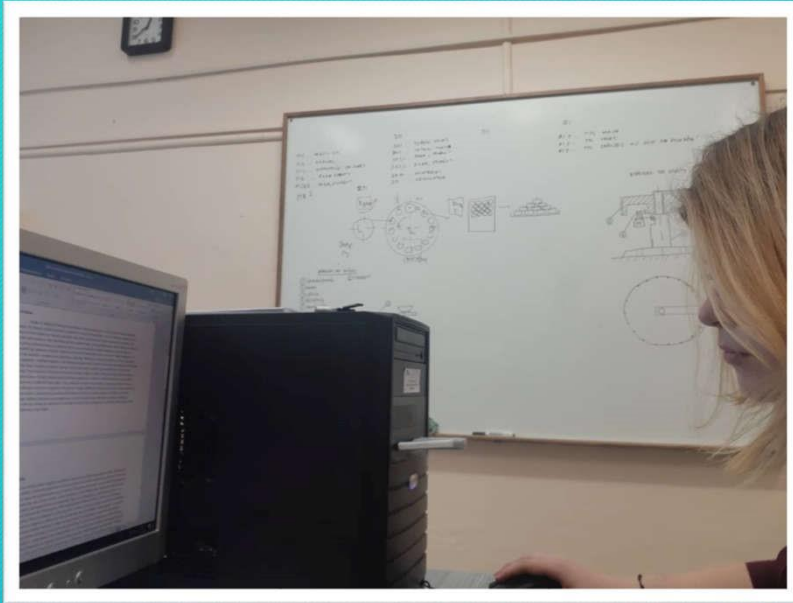
- Ovládání trysky

# LICÍ HLAVA

- Zabudování a konfigurace tepelných čidel
- Ohřev nádoby řízen softwarem (omezení spuštění)





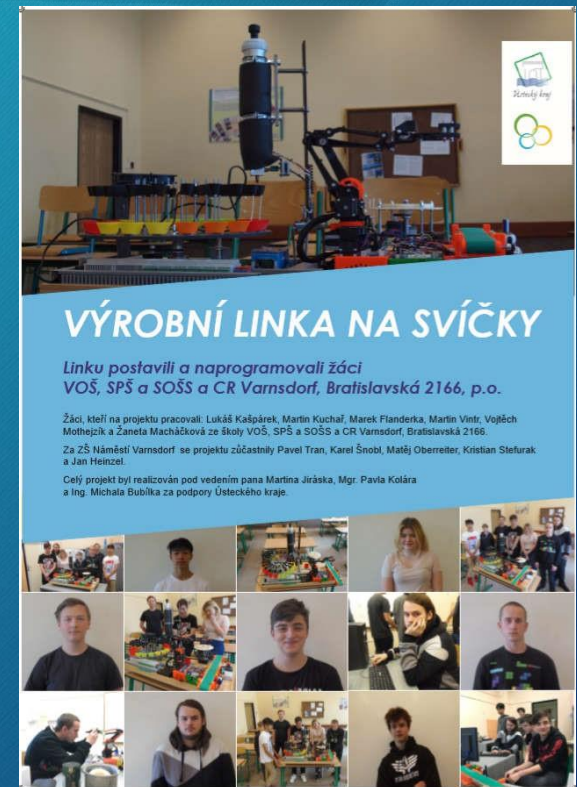


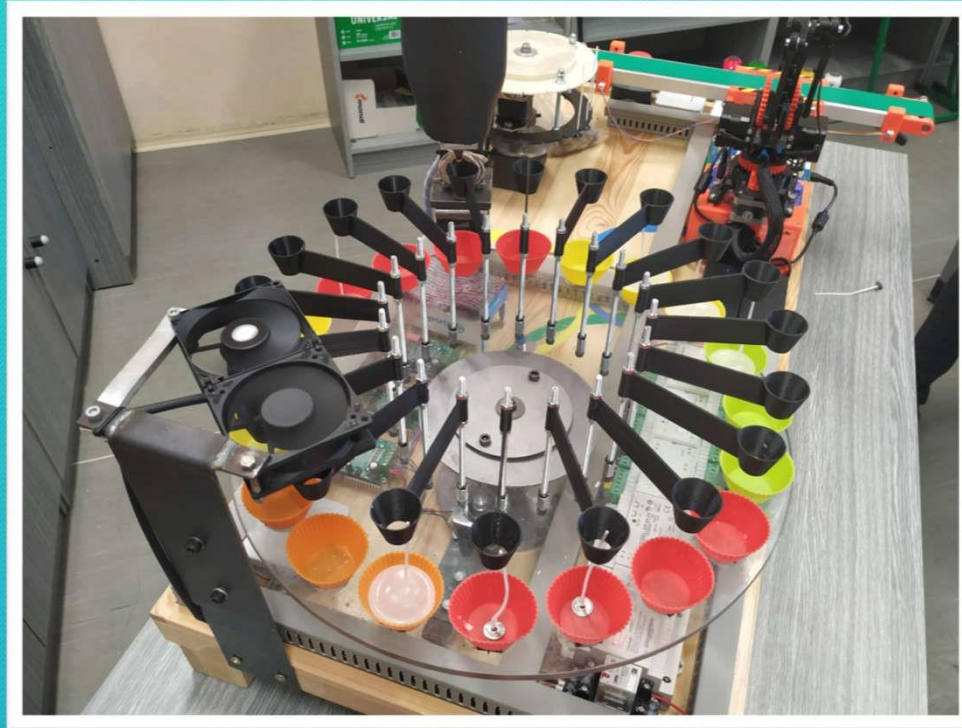
Žaneta Macháčková, Kristian Stefurak, Jan Heinzl

# GRAFICKÝ TÝM

# VIDEO A PLAKÁT

- Video bylo sestříháno v Sony Vegas Pro
- [Mechatronika- video.mp4](#)
- Plakát vytvořen pomocí Adobe Photoshopu a InDesignu
- Zahrnuje informace o naší práci a výsledek





# SHRNUTÍ

- Snažili jsme se vymyslet, sestavit a zprovoznit reálnou průmyslovou

# MYŠLENKA

linku, která bude skutečně něco vyrábět

- Zprovoznění stroje pod obsluhou týmů
- Stroj na svíčky byl náš nápad, který jsme si zrealizovali
- Pokud by bylo více času, výsledek by byl nejspíše jiný

# PRAKTICKÝ PŘÍNOS

- Vytvoření reálné fungující výrobní linky
- Výroba skutečných svíček
- Ovládání pomocí webové aplikace

# INTERDISCIPLINARITA

- Využití:
  - Truhlářiny – deska

- Strojařiny – všechny mechanické části (použití různých strojů)
- IT – programování v Mosaicu (oživení linky)
- Grafického designu – výroba plakátu ve Photoshopu, vzhled desky
- Tvorby výkresů v CADu a Inventoru – současně s výrobou
- 3D tisku – držáky, osy v ruce, ruka...

## APLIKACE AKTUÁLNÍCH TRENDŮ

- Programování v Mosaicu
- Obrábění na konvenčních strojích
- Použití NC a CNC strojů (Fanuc a Heidenhain)

- Řízení pomocí PLC automatu FOXEE v. 1.0 sada Basic

# SLOŽENÍ TÝMU

- Použití softwaru Sony Vegas, InDesign, AutoCAD a Inventoru
- Technický: Lukáš Kašpárek, Martin Kuchař, Pavel Tran, Karel Šnobl a Matěj Oberreiter
- IT: Vojtěch Mothejzík, Marek Flanderka, Martin Vintr



- Design: Žaneta Macháčková, Kristian Stefurak, Jan Heinzel
- Práce na výrobní lince byla náročná, hlavně časově, ale zajímavá
- Vyzkoušení nových věcí
- Výroba vlastních svíček na vlastní lince

# ZÁVĚR