



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SMART AQUARIUM

David Kraus, Tomáš Šašek, Vendula Voltrová, Matěj Zahradka

Gymnázium Plzeň, Mikulášské náměstí 23

Obsah

Úvodem: Proč smart a proč akvárium	3
Problémy k řešení	3
Krmení	3
Osvětlení	3
Teplota	4
Univerzálnost	4
Náš koncept „Smart Aquarium“	4
Krmítko	4
RGB LED osvětlení	5
Regulace teploty	5
Nebezpečná kombinace – voda a elektrický proud	5
Aplikace, databáze a komunikace s řídícím modulem	5
Aplikace a její programování	5
Databáze	6
Komunikace a její kontrola	6
Grafická stránka aplikace	7
ESP32	8
Závěrem	8
Zdroje	9

Úvodem: Proč smart a proč akvárium

O moderní technologie se dlouhodobě zajímáme, takže víme, že internet věcí a umělá inteligence jsou na vzestupu. S tím se samozřejmě váže pojem chytrá domácnost, která by se bez připojení k internetu určitě neobešla. Údaje Českého statistického úřadu z roku 2021 udávají, že v té době mělo přístup k internetu kolem 83 % z nich. My se domníváme, že takových domácností od té doby ještě přibýlo, a to vzhledem k neustálému rozvoji v odvětví technologií. Proto jsme se rozhodli věnovat se právě tomuto typu témat, když jsme vybírali projekt na Technickou olympiádu Plzeňského kraje.

Technické olympiády Plzeňského kraje jsme se zúčastnili již v roce 2022, kdy jsme úspěšně pracovali na projektu Smart lahev a umístili se na 3. místě. V letošním ročníku jsme se shodli na tématu, které je několika z nás značně blízké – akvaristice. Dobře víme, že chytrá akvária již existují, ale všimli jsme si jejich nedostatků a rozhodli se zkusit je opravit pomocí našich možností a zkušeností.

Posledním argumentem, proč je právě pro nás tohle ten správný projekt, bylo složení našeho týmu. Část z nás je zvyklá na práci s hardwarem, ostatní se naopak zabývají hlavně mobilními aplikacemi a softwarem. To nám umožnilo vytvořit právě Smart Aquarium, které je kombinací obojího.

Problémy k řešení

Cílem našeho projektu je co nejvíce zjednodušit uživateli péči o akvárium. Problémy, které by měly být vyřešeny tímto projektem, jsou:

1. Krmení
2. Osvětlení
3. Teplota
4. Univerzálnost

Krmení

Akvarijní rybičky musí mít přístup k pravidelným a správně velkým dávkám krmení. Správná velikost dávky musí být nastavená co nejpřesněji, především kvůli tomu, aby dávky krmiva nebyly příliš velké. Rybičky jsou pak překrmené a nespotřebované krmivo se v akváriu rozkládá a znečišťuje tak vodu. V extrémních případech se rybičky mohou i otrávit.

Správná velikost dávky se však uvádí jako dávka, kterou rybičky spotřebují do 2 až 5 minut, a proto jí pomocí aplikace nedokážeme určit naprosto přesně. Určujeme jí alespoň přibližně. Podle vlastního měření jsme určili dávku pro jednu ryбку (0,1 g), kterou pak násobíme počtem rybek v akváriu. Tak dostaneme finální velikost dávky krmení. Je tedy především na uživateli, aby si velikost dávky manuálně upravil podle vlastního pozorování.

Osvětlení

Osvětlení v akváriu musí mít správnou teplotu, intenzitu a délku svícení. Teplota světla by měla být nastavena tak, aby se co nejvíce podobala teplotě denního světla. Pro náš projekt jsme použili kombinaci 2 teplot – teplá bílá (3200 K) a studená bílá (6000 K). Délka svícení je v základu nastavena na jeden interval od 10:00 do 19:00. Uživatel si pak může v aplikaci změnit čas a délku svícení i počet intervalů, kdy je světlo rozsvíceno. Aplikace umožňuje i jednu další funkci – simulaci cyklu denního světla. Intenzita světla se tak na začátku intervalu postupně zvyšuje a na konci intervalu se naopak snižuje.

Teplota

Každá akvarijní rybka snese jinou teplotu. Proto je důležité v akváriu udržovat vhodnou a stabilní teplotu která vyhovuje všem rybám, které v akváriu žijí. Teplotní interval každé rybky je uveden v databázi, ke které je aplikace připojena. Optimální teplotu určujeme jako průnik teplotních intervalů jednotlivých ryb.

Univerzálnost

Velikostí akvárií je na trhu opravdu hodně, proto jsme se snažili částí projektu vytvořit co nejuniverzálnější. U krmítka je to poměrně snadné – naše krmítko je přenosné a stojí pouze na stojánku, který je vytištěn na 3D tiskárně. Univerzální velikost světla se však určit nedá. Každé akvárium má jinou délku, a proto se musí délka LED pásu vytvořit individuálně podle velikosti daného akvária.

Náš koncept „Smart Aquarium“

Krmítko

Při hledání ideálního krmítka jsme si uvědomovali důležitost několika faktorů.

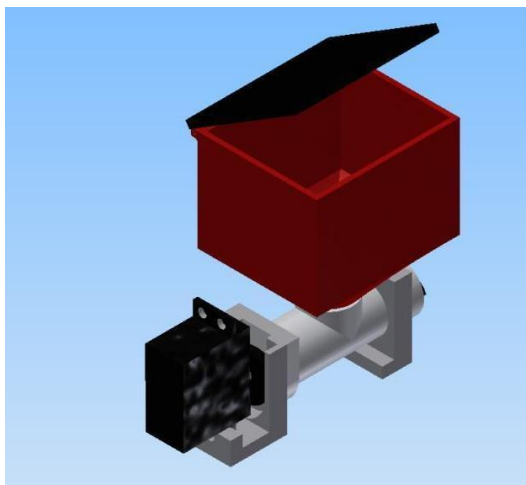
Prvním faktorem byl určitě dostatečně velký zásobník. Naše akvárium se má postarat o rybičky akvaristy v dobu, kdy on sám nemůže. To znamená, že musí zajistit dostatečné množství krmení pro všechny rybičky na dostatečně dlouhou dobu.

Dalším faktorem byla ochrana krmiva. Nikdo nechce, aby se do něj prášilo, nebo aby jej napadl nějaký škůdce. Tím vznikla další naše podmínka, kterou je to, aby byl zásobník krmiva maximálně uzavřen.

Posledním faktorem byla samozřejmě přesnost. V akváriu může být jakékoliv množství rybiček, třeba pouze jedna. Krmítko musí být schopno dostatečně přesně dávkovat jednotlivé dávky, aby nedošlo k přebytku krmiva. K tomu nám výborně posloužilo kontinuální servo.

Všechny tyto podmínky a faktory jsme zkombinovali a pomocí webové stránky jsme našli 3D model ideálního krmítka, protože jsme plánovali použít metodu 3D tisku.

Obrázek 1:
3D model
krmítka z webu
Thingiverse



Obrázek 2:
Vytisknuté části
krmítka



RGB LED osvětlení

Než jsme začali tvořit další hardwarovou část, kterou je osvětlení, vyhledali jsme si potřebné informace, protože v našem akváriu nechceme živočichy ani rostliny týrat nevhodným světlem. Po potřebném studiu informací z různých zdrojů jsme se rozhodli pro kombinaci světél barvy bílé a teplé bílé. Proto jsme nakonec zvolili osvětlení pomocí pásku RGB LED diod, které nám umožňují kombinaci několika barev, upravování intenzity světla a další.

Další částí osvětlení akvária je kryt na LED diody. Pro ten jsme opět využili možnost 3D tisku v kombinaci s transparentním filamentem. Díky tomu je naše osvětlení velmi univerzální. Úspěšně jsme ho zkoušeli na dvou různých akváriích. V prvním jsme využili háčky, které některá akvária mají na spodní straně víka. Kryt jsme vytiskli na míru, takže tam perfektně seděl a akvárium bylo osvětleno stejně jako s původním světlem. Druhé akvárium bylo starší, menší a mělo skleněné, průhledné víko. Vytiskli jsme pár stojánků a pomocí nich jsme osvětlení umístili na víko. I tato verze fungovala a akvárium bylo dostatečně osvětlené. To nás ostatně přivádí k další výhodě naší verze osvětlení akvária, kterou je univerzálnost. Pásek s LED diodami jde zkrátit nebo naopak prodloužit podle velikosti akvária. Stejně tak i poloměr krytu jde poupravit, tak aby seděl každému akváriu.



Obrázek 3: Náhled do krytu na osvětlení s RGB páskem

Regulace teploty

Naším původním plánem bylo v akváriích regulovat teplotu. Pomocí databáze rybiček zjistíme, která teplota je pro dané obsazení ideální a budeme hlídat teplotu pomocí teploměru a regulovat ji pomocí jednoduchého topení. Bohužel jsme nenašli žádné topení, které by bylo kompatibilní s řídicím modulem ESP32 a zároveň by bylo dostatečně silné na vytopení celého akvária. Na vyrobení zcela nového, vlastního akvária jsme bohužel neměli prostředky ani zkušenosti.

Nakonec se tedy regulace teploty nevydařila tak, jak jsme původně plánovali. Jsme ale připraveni přidat ji do akvárií později v rámci dalších vylepšení.

Nebezpečná kombinace – voda a elektrický proud

Od začátku jsme si uvědomovali, že pracovat na projektu, kde se bude pohybovat elektronika v blízkosti vody bude přinášet některá úskalí. Krmítko a deska ESP32 jsou umístěny mimo akvárium a voda se k nim nedostane. Problém přichází u osvětlení, které v některých případech může být umístěno pod víkem akvária.

Na různých zdrojích jsme dohledali různé stupně krytí a našli ten, který se bude týkat nás, konkrétně to je stupeň krytí IP54. Týká se zařízení, která musí být ochráněna před vniknutím prachu a proti stříkající vodě. Tyto podmínky našťastí splňuje náš kryt vytištěný na 3D tiskárně, který jsme dostatečně utěsnili, aby žádné nebezpečí doopravdy nehrozilo.

Aplikace, databáze a komunikace s řídicím modulem

Aplikace a její programování

Pro aplikaci jsme zvolili prostředí .NET MAUI (Multi-platform App User Interface), což je prostředí vycházející z Xamarin.Forms a sjednocující rozhraní platform Android, iOS, Windows, macOS a Tizen pod jedno UI psané v XAML nebo C# a jeden zdrojový kód psaný

v C#. Díky tomu lze aplikaci vyvinout pro více platform, aniž by bylo nutné repetitivně psát oddělený zdrojový kód a UI pro každou platformu zvlášť a případně také přidat rozdílné části díky možnosti psát určitý kód pouze pro konkrétní platformu. Naše potřeby při vytváření uživatelsky přívětivé aplikace mohly být díky tomuto prostředí naplněny, a proto jsme při vývoji zvolili právě toto prostředí.

Aplikace slouží jako dálkový ovladač pro veškerá nastavení akvária a zároveň také jako kontrola stavu funkcí akvária (implementace v plánu). V aktuální chvíli lze aplikaci používat pouze na platformě Android a Windows, a ne na platformách Apple, neboť pro vývoj aplikací na tyto platformy je zapotřebí zakoupení Apple Developer licence, která je poměrně drahá na pořízení, a pro naše účely jsme považovali její pořízení za zbytečné. Proto jsme vývoj pro tuto softwarovou sekci nakonec museli zavrhnout. Nebyl by ovšem problém aplikaci na tyto platformy uvést díky výhodám .NET MAUI zmíněným výše.

```
1 reference
92 public static bool CheckTolerance()
93 {
94     if (popupViewModel.Fish_List_Aq.Count < 2)
95     {
96         return true;
97     }
98     foreach (var item in popupViewModel.Fish_List_Aq.ToList())
99     {
100         if (item.Fish.IntoleranceFishList.Any(fish => fish.Id == new ObjectId("000000000000000000000000")) & popupViewModel.Fish_List_Aq.Count > 1)
101         {
102             return false;
103         }
104         if (item.Fish.IntoleranceFishList.Any(intolerantFish => popupViewModel.Fish_List_Aq.Any(fish => fish.Fish.Id == new FishItem(intolerantFish).Fish.Id))
105         {
106             return false;
107         }
108     }
109     return true;
110 }
111
112 1 reference
113 public static bool CompareTemperatures()
114 {
115     if (popupViewModel.Fish_List_Aq.Count < 2)
116     {
117         return true;
118     }
119     IList<int> temperatures = CreateTemperatureList(popupViewModel.Fish_List_Aq[0].Fish.Temperature[0], popupViewModel.Fish_List_Aq[0].Fish.Temperature[1]);
120     foreach (var item in popupViewModel.Fish_List_Aq.Skip(1))
121     {
122         temperatures = temperatures.Intersect(CreateTemperatureList(item.Fish.Temperature[0], item.Fish.Temperature[1])).ToList();
123         if (!temperatures.Any())
124         {
125             return false;
126         }
127     }
128 }
```

Obrázek 4: Ukázka kódu: Ověření kompatibility ryb v akváriu

Databáze

K přenosu dat mezi mikrokontrolerem ESP32 a mobilní aplikací a jejich uchování slouží cloudová databáze MongoDB. Tu jsme zvolili, neboť poskytuje velmi přívětivé prostředí pro vývoj a mnoho výhod ulehčujících naše řešení, jako například omezenou licenci zdarma, což ale díky charakteru našeho projektu nebylo překážkou. MongoDB databáze umožňuje velmi jednoduché připojení mobilních zařízení, které do ní následně mohou díky systému správy uživatelů posílat data a také je pomocí rozlišovacího klíče přijímat, což umožňuje zobrazovat uživateli pouze nastavení jeho vlastních akvárií.

V databázi jsou uložena všechna nastavení akvárií spravovaná uživateli a zároveň databáze ryb obsahující důležité informace o každém druhu, jako například požadovaná teplota, místo a snášenlivost k ostatním druhům, která slouží k automatickému rozhodnutí, zdali je dané obsazení akvária v pořádku. Jakékoliv problémy mezi určitými druhy v akváriu jsou zobrazeny uživateli přímo v aplikaci, aby je mohl jednoduše odstranit.

Komunikace a její kontrola

Databáze obsahuje tzv. databázové funkce, které slouží například ke sledování změn v databázi. Toho využíváme při odesílání dat do modulu ESP32, který s databází komunikuje prostřednictvím MQTT protokolu (MQ Telemetry Transport). Tento protokol funguje na

principu vydavatel-odběratel (publisher-subscriber) a umožňuje jednoduchý a zároveň zabezpečený (díky TCP protokolu) přenos dat mezi zařízeními, jako například zařízení IoT (Internet of Things), mezi které jsou řazeny i Arduino a ESP moduly. Při změně nastavení akvária uživatelem jsou změny odeslány pomocí databázové sledovací funkce přes MQTT do čipu ESP32, které data dále zpracuje, uloží je to paměti pro případný výpadek spojení, tak aby bylo akvárium schopno pracovat i bez vstupních změn v podstatě neomezeně, a dále skuteční případné změny (například změna nastavení světel).

Vzhledem k tomu, že spojení pomocí MQTT protokolu není 100%, implementovali jsme do něj zpětnou kontrolu připojení. To znamená, že při odeslání dat z databáze program očekává potvrzovací zprávu, která zaručí, že přenos dat proběhl bez chyby. V případě, že data do ESP32 nejsou doručena, nemůže ESP32 odeslat potvrzovací zprávu, a proto databázová funkce provede nový pokus o odeslání dat. Tato smyčka probíhá tak dlouho, dokud potvrzovací zprávu funkce nedostane. S pomocí tohoto připojení je možné také aktualizovat v databázi data podle aktuálního stavu akvária a následně je zobrazit v aplikaci, aby měl uživatel i na dálku možnost sledovat stav v akváriu. Tuto funkci jsme však zatím neimplementovali.

Grafická stránka aplikace

Veškeré grafické rozhraní mobilní aplikace Smart Aquarium je vytvořeno v jazyce XAML (EXtensible Application Markup Language), který umožňuje definovat uživatelská rozhraní v aplikacích .NET MAUI. XAML jsme zvolili kvůli jeho stručnosti, vizuální koherenci a dobré podpoře nástrojů.

Mobilní aplikaci Smart Aquarium jsme vyvinuli tak, aby její prostředí bylo dostatečně přehledné a jednoduché na použití pro běžného uživatele.

Obsah aplikace

Aplikace je rozdělena do tří samostatných částí:

1. Přihlašovací stránka
2. Seznam uživatelem vytvořených profilů akvárií
3. Nastavení profilu akvária

1. Přihlašovací stránka

Po otevření mobilní aplikace se zobrazí přihlašovací okno, ve kterém se uživatel zaregistruje (resp. přihlásí) pomocí svého e-mailu a zvoleného hesla. Stisknutím tlačítka „Přihlásit se“ aplikace ověří (v případě registrace zapíše) přihlašovací údaje. Pokud se shodují s údaji v databázi, zobrazí se seznam akvárií.

2. Seznam uživatelem vytvořených profilů akvárií

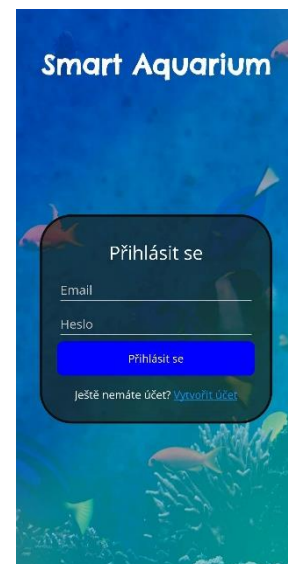
Po úspěšném přihlášení se v aplikaci zobrazí seznam uživatelem vytvořených profilů akvárií a tlačítko pro vytvoření nového profilu akvária. Po stisknutí profilu akvária se zobrazí jeho nastavení. Po stisknutí tlačítka pro vytvoření nového profilu akvária se zobrazí nastavení nového profilu akvária.

3. Nastavení profilu akvária

Nastavení profilu akvária je členěno do sekcí podle obsahu:

- a) Jméno akvária a poznámka
- b) Režim
- c) Osvětlení
- d) Krmení
- e) Seznam ryb

Každému profilu akvária lze přiřadit jméno a poznámku (např. informace o stavu ryb apod.), které se zobrazí v seznamu profilů akvárií. Dále lze nastavit režim (automatický / manuální), dobu a intenzitu osvětlení a počet a dávky krmiva spolu s jejich velikostí. Nastavení také obsahuje seznam ryb, který po správném zadání počtu a druhů ryb vyhodnotí, zdali je možné, aby zvolené druhy ryb přežili



Obrázek 5: Ukázka přihlašovací obrazovky



Obrázek 6: Ukázka obrazovky s vlastnostmi akvária

v jednotném prostředí. Dále také tento seznam umožňuje funkci „automatický režim“. Pokud je akvárium v automatickém režimu, veškeré parametry (s výjimkou jména a poznámky) se nastaví na základě uživatelem zvolených ryb.

V nastavení se též nachází tlačítko pro vymazání profilu akvária.

ESP32

Na ovládání krmítka a osvětlení jsme zvolili jednočipovou desku ESP32. V tomto projektu je velmi důležitá jeho možnost připojit se k Wi-Fi síti, díky čemuž může komunikovat s databází, aplikací, takže i s uživatelem. Také jsme byli vděční za malou velikost této desky, díky které elektronika není tak nápadná.



Obrázek 7:
Letování
hardwarové části
projektu

Závěrem

Když jsme na projektu začali pracovat, položili jsme si několik nutných cílů pro realizaci našeho projektu. S celkovým výsledkem jsme spokojeni a jsme moc rádi, že jsme měli možnost prezentovat jej na Technické olympiádě Plzeňského kraje a umístit se v první cenové kategorii.

Závěrem bychom se rádi pozastavili ještě nad konkrétními plány a jejich realizací. První zásadní částí v našem plánu bylo určitě krmítko, které jsme nakonec vytiskli na 3D tiskárně, sestrojili a zprovoznili pomocí kontinuálního serva. Druhým důležitým bodem bylo osvětlení akvária. K němu jsme použili RGB LED diody a kryt, který je vytištěný z transparentního filamentu. Dalším bodem našeho plánu byla regulace teploty. Bohužel jsme narazili na komplikace a rozhodli se přenechat tento bod pro budoucí vylepšení. Čtvrtým bodem byla univerzálnost. Díky využití pásů diod a krytu, který lze upravit, můžeme osvětlení umístit prakticky na jakékoliv akvárium. Samozřejmě jedním z nejhlavnějších cílů byla přívětivost pro uživatele. Myslíme si, že díky správnému využití nástrojů při tvorbě aplikace, jsme splnili i tento bod.

Co se týče budoucnosti, možností rozšíření je zde samozřejmě spousta. Plánujeme již zmíněnou regulaci teploty, také regulaci pH, dávkování hnojiva pro rostliny a další.

Zdroje

- Automatic Fish Feeder. In: <https://www.thingiverse.com/thing:301532>, cit. 15. 5. 2024.
- IoT trends in 2024. In: <https://futureiot.tech/iot-trends-in-2024/>, cit. 15. 5. 2024.
- Počítače a internet v domácnostech. In: <https://www.czso.cz/documents/10180/142872020/06200421j01.pdf/70bb98f5-0989-47c3-9938-c50836974c01?version=1.1>, cit. 15. 5. 2024.
- Středoškolské týmy představily své projekty na Technické olympiádě PK. In: <https://www.plzensky-kraj.cz/stredoskolske-tymy-predstavily-sve-projekty-na-te>, cit. 15. 5. 2024
- Technická olympiáda i letos proběhla on-line. In: <https://www.plzensky-kraj.cz/technicka-olympiada-i-letos-probehla-on-line-1>, cit. 15. 5. 2024
- Vlastní foto