

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Vzdálené fyzikální experimenty s Arduinem

Michael Schedivý
Ústecký kraj

Žatec 2024

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Vzdálené fyzikální experimenty s Arduinem

Remote physics experiments with Arduino

Autor: Michael Schedivý

Škola: Střední průmyslová škola elektrotechnická a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, spol. s r.o., Svatováclavská 1404, 438 01, Žatec

Kraj: Ústecký kraj

Vedoucí: Ing. Libor Beldík, Ph.D.

Konzultant: doc. RNDr. František Lustig, CSc.

Žatec 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Žatci dne

Michael Schedivý

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat svému konzultantovi této práce panu docentu Lustigovi za věcné připomínky, rady a poznámky spojené se vzdálenými experimenty a s ním i panu magistru Dvořákovi za jejich technickou podporu při realizaci vzdáleného experimentu. Taktéž bych chtěl poděkovat svému vedoucímu této práce panu doktoru Beldíkovi za jeho trpělivost a podporu vyjádřenou s náležitostími SOČ. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu učiteli Ing. Donátovi za technické poznámky a rady, které mi taktéž pomohli při realizaci vzdáleného experimentu.

Anotace

Práce se zabývá realizací vzdáleného experimentu se zaměřením na měření vibrace elektromotoru. Vzhledem k jednoduchosti použití lze vzdálené experimenty považovat za moderní přístup k výuce. První část práce zhodnocuje a porovnává již existující sestavy, které se nachází v České republice a ve světě, kterými jsou univerzity jako MFF UK, UJEP, ŠAVŠ nebo gymnázium v Klatovech. Následně je popsáno, jaké nástroje jsou potřeba pro realizaci vzdáleného experimentu. Další část se věnuje popisu sestavování hardwaru a softwaru. Závěr zhodnocuje výsledek fungování celé soustavy včetně webového odkazu na webové rozhraní experimentu a popisuje plán práce pro příští ročník SOČ.

Klíčová slova

Vzdálené experimenty; Arduino; Vibrace elektromotoru; iSES

Annotation

The work deals with the implementation of a remote experiment focusing on measuring the vibration of an electric motor. Due to its ease of use, remote experiments can be considered a modern approach to education. The first part of the work evaluates and compares existing setups located in the Czech Republic and around the world, such as those at universities like Charles University's Faculty of Mathematics and Physics, Jan Evangelista Purkyně University, the Secondary School and High School in Klatovy. Subsequently, it describes the tools needed for the implementation of a remote experiment. Another section deals with the description of assembling the hardware and software. The conclusion evaluates the functioning of the entire system, including a web link to the web interface of the experiment, and describes the work plan for the next year of SOČ.

Keywords

Remote physical experiments; Arduino; Electric motor vibration; iSES

Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Zadání a motivace k realizaci sestavy pro experiment	6
2	Veřejné vzdálené experimenty.....	8
2.1	Vzdálené experimenty u nás	8
2.2	Vzdálené experimenty ve světě	10
3	Realizace vzdáleného experimentu.....	11
3.1	Hardware.....	11
3.1.1	Arduino	11
3.1.2	Raspberry Pi.....	12
3.1.3	Webkamera	13
3.2	Software	13
3.2.1	Kód pro Arduino	13
3.2.2	Measure Server	14
3.2.3	Image Server	15
3.2.4	Nginx	15
3.2.5	Programování HTML, CSS, JS.....	15
4	Realizace našeho experimentu.....	16
4.1	Hardwarová část	16
4.1.1	Akcelerometr ADXL-335	17
4.1.2	Jednokanálový relé modul	17
4.1.3	Bazénové čerpadlo FCP-250S	18
4.2	Softwarová část.....	19
4.2.1	Programování.....	19
4.3	Celková sestava.....	19
5	Závěr	21
6	Citovaná literatura.....	22
7	Seznam obrázků	24
8	Seznam tabulek	25

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá vzdálenými experimenty komunikujícími přes internet a tvorbě vlastního experimentu týkající se vibrací motoru. Vibrace u samostatných motorů, ale i komplexnějších strojů je důležité měřit a vyhodnocovat.

Pokud je něco všemi oblíbeného v hodinách fyziky, tak to jsou pokusy a experimenty. Bohužel ne-každá základní nebo i střední škola může některými experimenty disponovat. Proto již několik let existují vzdálené experimenty, které jsou přístupné odkudkoliv s přístupem k internetu a umožňují každému se k experimentům připojit či dokonce tvořit své vlastní. Tímto způsobem lze experimenty vzdáleně řídit, získávat data následně s nimi libovolně pracovat. Vzdálené experimenty lze považovat za moderní přístup k výuce a studenti se mohou zabývat experimentováním z pohodlí domova a lépe se na dění soustředit.

Jednou z institucí, která poskytuje vzdálené experimenty a nabízí vytvořit si vlastní experiment s pomocí Arduina je „Internetové školní experimentální studio iSES“. Zmíněné studio se tímto tématem zabývá již několik let a bylo úspěšné ve vytvoření soupravy „iSES Remote Lab SDK“ i pro Arduino, která je uživatelsky přívětivá. (1)

Cílem této práce bylo sestavit podobný vzdálený experiment s pomocí soupravy pro Arduino od „iSES“, který dokáže měřit a ukládat data.

1.1 Zadání a motivace k realizaci sestavy pro experiment

Měření vibrací elektromotoru a vibrací obecně na složitějších strojích je velmi důležité z mnoha hledisek. Jako jeden z důvodů je možnost havárie při vysokých vibracích, kde může dojít k ohrožení zdraví a života i velké škody na majetku.

Asynchronní elektromotory jsou stále nejčastěji používanými elektrickými stroji. V dnešní době směřují požadavky na elektromotory k redukci hmotnosti, ceny a zároveň co nejvyšší účinnosti. Vzhledem k tomu vyvstává problém s vibracemi. Pokud je snaha vytvořit konstrukční části co nejmenší a nejlehčí, mění se i to, jak se stroj chová mechanicky. To může způsobit, že se některé části stroje příliš namáhají vibracemi. Největší problém nastane v případě síly působící na stroj, která souhlasí s jeho vlastními rezonančními frekvencemi. V takových případech hrozí, že stroj začne rezonovat a bude vystaven nebezpečně velkým silám. To může zkrátit jeho životnost nebo ho dokonce zničit. (2)

Obecně platí, že různé části našeho těla a tkáně také rezonují s různými frekvencemi vibrací. Pokud se vibrace dosáhnou určitého kmitočtu, mohou mít vliv na lidské orgány a tkáně. Důsledky jsou spojeny s typem vibrací a jejich přenosem:

- Celkové vibrace, které se přenášejí na osobu, která sedí nebo stojí na vibrujícím sedadle nebo plošině, mohou způsobit rezonanci částí těla nebo tkání, což zvyšuje napětí svalů udržujících tělo ve stabilní poloze a může nepříznivě ovlivnit páteř.

- Celkové vibrace v budovách mohou být rušivé, i když se nepřenášejí přímo na nás. Stačí, když se hýbou zavěšené předměty a podobně.
- Celkové vertikální vibrace s frekvencí nižší než 1 Hz, zejména v rozmezí 0,3 až 0,6 Hz, mohou vyvolat tzv. kinetózy, což jsou stavy spojené s nevolností, zvracením a blednutím.
- Místní vibrace přenášené na ruce při práci s vibrujícími nástroji jsou nejčastější a z hlediska zdravotního nejzávažnější. Mohou způsobit poškození kostí, kloubů, šlach a svalů, onemocnění cév nebo postižení nervů.

Místní vibrace, které jsou přenášeny zvláštním způsobem na konkrétní část těla, ke kterému je zdroj vibrací přiložen, mohou mít různé důsledky. Například vibrace z křovinořezu mohou ovlivnit stehno a malou pánev, zatímco vibrace z motorového nosiče mohou ovlivnit páteř nebo dokonce hlavu. (3)

2 VEŘEJNÉ VZDÁLENÉ EXPERIMENTY

Většina vzdálených experimentů je veřejných, jsou vhodné pro výuku ve školách, kde se studenti mohou na vzdálený experiment připojit z domova a z výsledků měření vypracovat domácí úkoly.

2.1 Vzdálené experimenty u nás

V České republice existuje několik škol, které vzdálené experimenty poskytují veřejně.

Příkladem je například Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, která nabízí 4 vzdálené experimenty, kde například jeden z nich se zabývá matematickým kyvadlem, který je poháněn technologií iSES viz Obrázek 2.1. Experimenty jsou dostupné na adrese <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty>. (4)

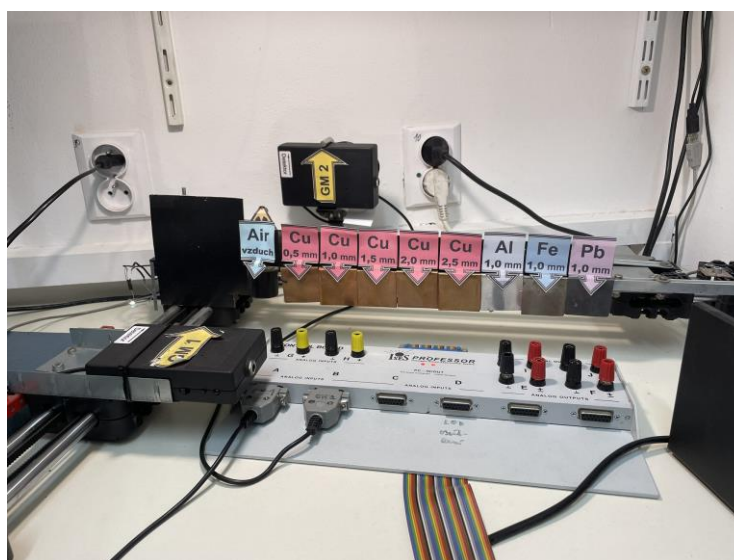
Dalším je Gymnázium J. Vrchlického v Klatovech, které nabízí 12 vzdálených experimentů. Některé experimenty jsou řízené deskami „K8055“, ke které nabízí i software pro zřízení vlastního experimentu. Další jsou řízené systémem „iSES Web Control“ a modulem Arduino v kombinaci s ethernet „addon“ modulem. Experimenty jsou dostupné na adrese <http://remote-lab.fyzika.net>. (5)

Taktéž Vysoká škola Škoda Auto nabízí 2 experimenty řízené systémem „iSES Web Control“ s Arduinem. Příkladem je vzdálený experiment nabíjení a vybíjení kondenzátoru, viz. Obrázek 2.4. Experimenty jsou dostupné na adrese <http://remotelab.savs.cz>. (6)

V neposlední řadě Karlova Univerzita, která zatím nabízí 2 experimenty na svých webových stránkách. Zde na univerzitě vznikl i „iSES“. Viz. Obrázek 2.2 je pohled na experiment „Radioaktivita“, který snímá ionizující záření skrze různé materiály. Experimenty jsou dostupné na adrese <https://eedu.eu/vfl/cs/experimenty.php>. (1) (7)



Obrázek 2.1 Matematické kyvadlo na UJEP. (2)



Obrázek 2.2 Experiment "Radioaktivita" na MFF UK.



Obrázek 2.3 Experiment VA charakteristik diod na Gymnáziu v Klatovech. (5)



Obrázek 2.4 Snímek z kamery experimentu nabíjení a vybíjení kondenzátoru na ŠAVŠ. (6)

2.2 Vzdálené experimenty ve světě

Ve světě existuje nespočet vzdálených experimentů. Zajímavá je například webová stránka e-lab na adrese <https://elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000>, která nabízí vzdálené experimenty z celého světa. Nejčastěji matematické kyvadlo („Pendulum“). V seznamu je i kyvadlo, které je v Praze, ale není v moment psaní práce dostupné. Obrázek 2.5 znázorňuje pohled z kamery na kyvadlo v Marseille. (8)



Obrázek 2.5 Snímek z kamery experimentu matematického kyvadla v Marseille. (8)

3 REALIZACE VZDÁLENÉHO EXPERIMENTU

Vzdálený experiment, který je odvozený od slova vzdálený by měl mít přirozenou možnost být vzdáleně ovládán a podávat výsledky. Experiment by tedy měl mít 2 strany a těmi jsou server a klient. Možností jak experiment realizovat je mnoho, avšak cílem této práce je shrnout 2 základní možnosti měřících nástrojů, kterými jsou Arduino a Raspberry Pi.

3.1 Hardware

K realizaci vzdáleného experimentu je potřeba rozhraní, které bude řídit vstupní a výstupní komponenty, webkameru a popřípadě počítač. V této práci zmíním 2 nabízející se možnosti řízení experimentu, tím je Arduino anebo Raspberry Pi. I když je tato práce zaměřená na vzdálené experimenty s Arduinem, zmíním i Raspberry Pi, jelikož je v budoucnu zamýšleno náš experiment přestavět i do této verze, přičemž by experiment byl v případě použití velikostně menších komponent lépe přenosnější a dal se mnohem snadněji prezentovat a demonstrovat.

3.1.1 Arduino

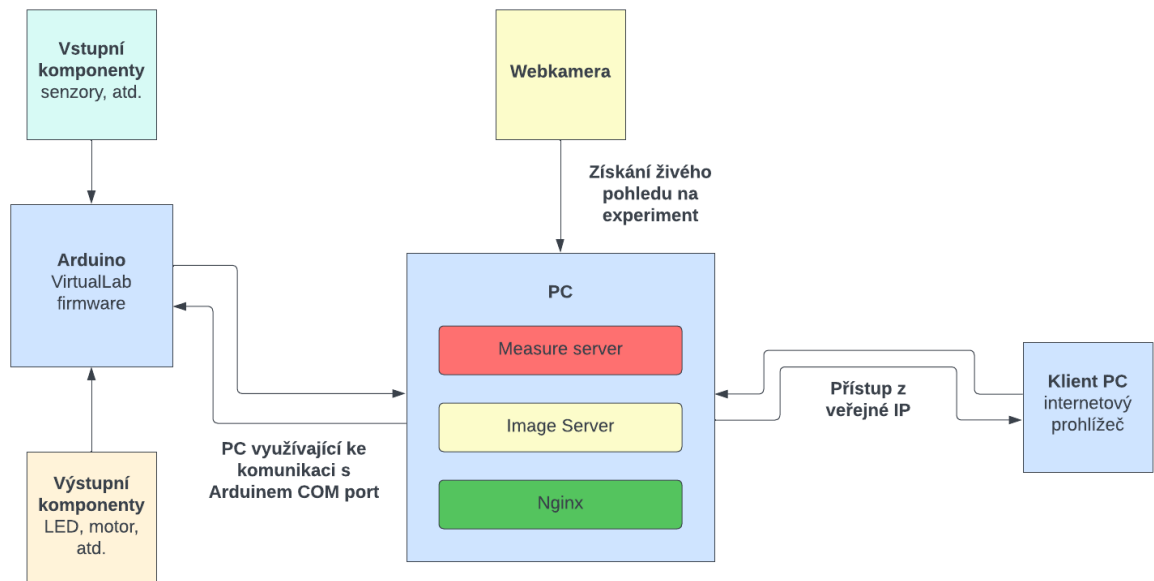
Arduino je malý jednodeskový počítač postavený na mikrokontrolérech řady ATMega od společnosti Atmel. Jeho hlavním účelem je podpora výuky informatiky ve školách a seznámení studentů s tím, jak jsou různá zařízení (například mikrovlnná trouba, automatická pračka a další stroje) řízena pomocí těchto komponent. Na rozdíl od klasických stolních počítačů nebo chytrých telefonů není Arduino zařízením, ke kterému lze snadno připojit monitor, klávesnici nebo myš. Místo toho je navrženo tak, aby umožnilo připojení LED diod, displejů z tekutých krystalů, servomotorů, senzorů, osvětlení a podobných periferií.

Program pro řízení je kompilován zvlášť na jiném zařízení a poté se nahrává do Arduina, kde je poté spuštěn. Základní funkcionalita programu Arduino je periodické opakování hlavní smyčky a schopnost, na rozdíl od embedded zařízení se systémy typu Linux, rychle reagovat na vnější a vnitřní podněty i bez použití přerušování od procesorových periferií. Díky tomu má Arduino nízkou spotřebu energie, což umožňuje napájení malou baterií, a je vhodné například pro řízení dronů, robotů a podobných aplikací. (9)

Arduino je vzhledem ke své jednoduchosti vhodným pomocníkem pro rychlou realizaci mnoha projektů. Na webových stránkách <https://www.arduino.cc/> lze nalézt bližší specifikace.

K tomu, aby bylo možno Arduino použít pro vlastní vzdálený experiment, je potřeba pro kontrolu celého projektu stolní počítač. Arduino, jak je zmíněno výše, není plnohodnotný počítač, tzn. že s ním nedokážeme celý experiment realizovat. Proto je vhodný počítač s Windows, kde nám půjde spustit vyžadovaný software včetně Nginx, který je nutný pro běh experimentu. Přes digitální a analogové piny se připojí potřebné součástky a senzory, které budou v experimentu využity.

Blokový diagram s využitím Arduina znázorňuje Obrázek 3.1.



Obrázek 3.1 Princip činnosti vzdáleného experimentu pomocí Arduina.

3.1.2 Raspberry Pi

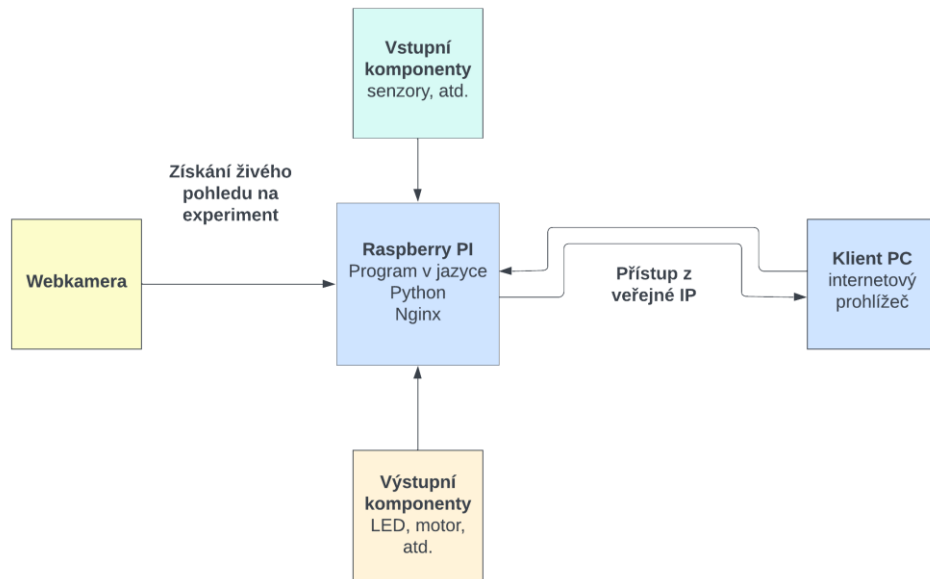
Raspberry Pi je jednodeskový počítač na bázi procesoru ARM, který se dá srovnat s menšími stolními počítači, i když s nižším výkonem. Obsahuje výstupy pro monitor (HDMI) a umožňuje připojení klávesnice a myši pomocí USB. Existuje několik generací tohoto počítače, které se liší výkonem a určením. Používá mikroprocesory z rodiny ARM, což z něj činí srovnatelného s běžnými smartphony. Raspberry Pi podporuje různé operační systémy, včetně různých distribucí Linuxu, RISC OS, seL4 a dokonce i Microsoft Windows 10 IoT Core.

Na rozdíl od Arduina lze Raspberry Pi použít nejen k ovládání různých zařízení pomocí GPIO (vstupně-výstupního) rozhraní, ale také k vývoji aplikací přímo na tomto počítači. Může být využito i jako multimediální centrum pro přehrávání videa nebo hudby, nebo jednoduše jen k připojení k internetu (linuxové distribuce obsahují webový prohlížeč a další potřebné aplikace). (10)

Díky tomu, že Raspberry Pi je výkonově mnohonásobně silnější, dokáže nahradit Arduino i počítač zároveň. To v důsledku znamená, že se zmenší velikost celého experimentu a je z něj možné vytvořit velice kompaktní zařízení, který jej činí snadnější přenosu.

Tím, že není potřeba počítač, na kterém běží pomocné programy, je nutno naprogramovat experiment s použitím Raspberry Pi. Nejčastěji využívaný programovací jazyk pro tyto účely je Python. Nezbytnou součástí je také Nginx.

Blokový diagram s využitím Raspberry Pi znázorňuje Obrázek 3.2.



Obrázek 3.2 Princip činnosti vzdáleného experimentu pomocí Raspberry Pi.

3.1.3 Webkamera

Jednou z výhod vzdáleného experimentu je, že nehrozí nebezpečí týkající se kupříkladu manipulace s vysokým napětím. Tím lze eliminovat riziko úrazu. Například při měření průchodnosti radiace skrze různé materiály lze takto velmi usnadnit řešení bezpečnostních opatření.

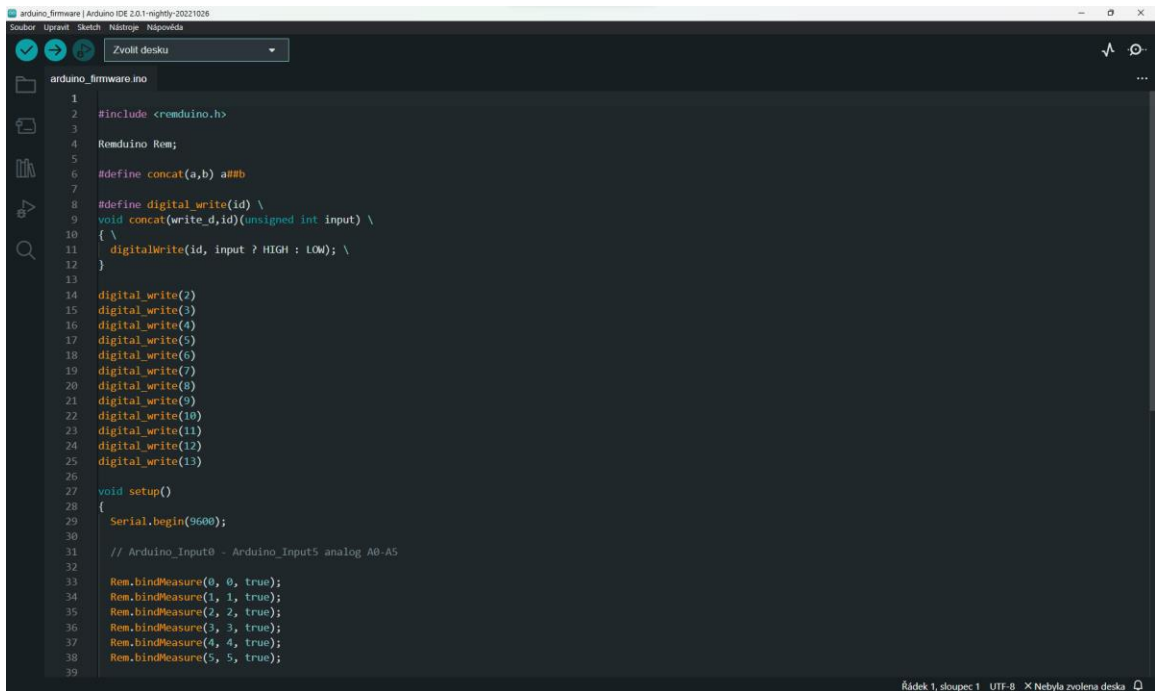
Na vzdálený experiment postačí běžně dostupná webkamera připojená k počítači/Raspberry Pi.

3.2 Software

K propojení všech hardwarových součástí potřebujeme i programové vybavení. Od kódu, který běží v Arduinu až po webový server.

3.2.1 Kód pro Arduino

Pro získání potřebných dat z Arduina, je potřeba vytvořit software. Lze využít kód „VirtualLab“ připravený od ISES i s knihovnou „Remduino“ ze softwarové stavebnice „iSES Remote Lab SDK“. (1)

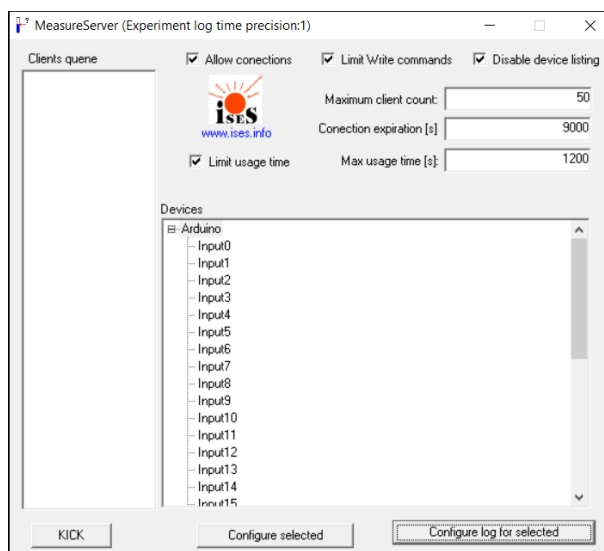


Obrázek 3.3 Snímek okna editoru Arduino IDE s kódem pro Arduino.

Kód má za úkol přijímat a odesílat data v živém čase skrz COM portu. Lze takto ovládat nebo získávat data z digitálních či analogových vstupů a výstupů.

3.2.2 Measure Server

Pro komunikaci lze použít serverová aplikace Measure Server, která zajistí komunikaci s hardwarem (Arduino). Zajistí také klientskou frontu pro připojení k experimentu, aby měl každý experimentátor vyhrazený čas pro své měření.



Obrázek 3.4 Snímek okna programu Measure Server.

3.2.3 Image Server

Další serverovou aplikací je Image server, která zprostředkovává pohled na experiment. Využívá webkameru připojenou k počítači. Tento server pracuje na principu streamování videa.

3.2.4 Nginx

Nginx je bezplatný webový server s otevřeným zdrojovým kódem, který má mnoho využití. Je ho možné využít jako reverzní proxy server, vyrovnávač zátěže nebo mezipaměť pro HTTP.

Dále poskytuje rozsáhlé funkce jako HTTP proxy server a webový server. Díky své schopnosti zpracovávat velké množství současných připojení umožňuje vytvářet reverzní proxy s ukládáním do mezipaměti, řeší vyrovnávání zátěže a efektivně zpracovává soubory. (11)

Nginx slouží jako poslední aplikace v celém řetězci, která zajistí přístup k webovému rozhraní.

3.2.5 Programování HTML, CSS, JS

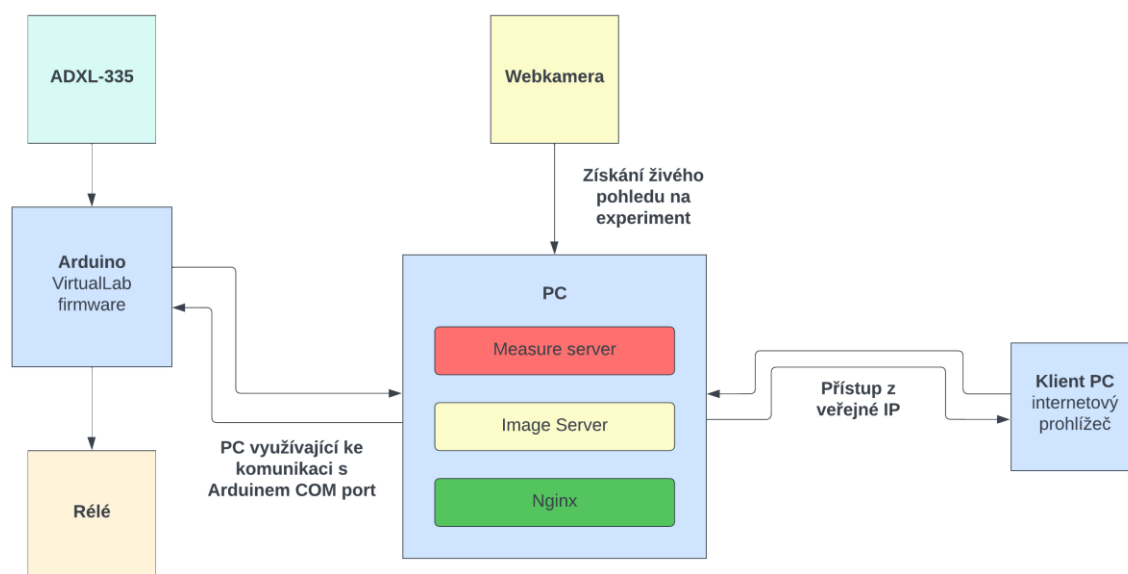
Tvorba klientské části webových stránek se programuje v jazycích HTML, CSS a Java Script. Dále je využít VirtualLab JavaScript framework, který se skládá z několika částí. Tento framework zajistí komunikaci s Measure Serverem a poskytne ovládání experimentu.

VirtualLab Java Script framework je rozdělen do souborů jako widgety. Např. soubor „digital_out.js“ obsahuje tlačítka, která ovládají výstupní digitální piny. Tlačítka poté lze jednoduše implementovat do HTML kódu skrze atribut „id“. Pro sestavení softwarové části jsou potřebné základní znalosti těchto jazyků a pomocí widgetů se funkce experimentu přidávají.

Dále je nutno sestavit základ z HTML a vytvořit design celé webové stránky.

4 REALIZACE NAŠEHO EXPERIMENTU

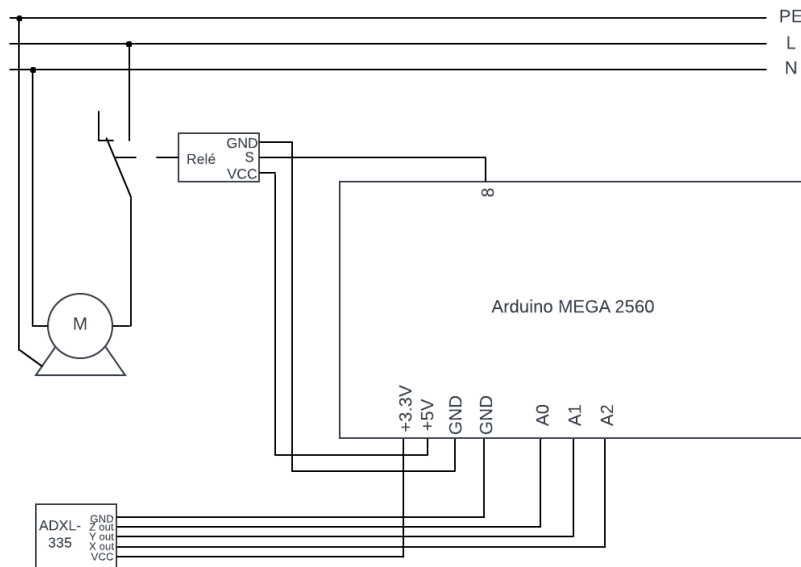
Experiment byl sestavován přibližně od listopadu 2023 a byl dokončen v únoru 2024. Následně bylo realizováno několik úprav, které zajistily stabilitu vzdáleného připojení. 16. února 2024 byl experiment spuštěn na veřejné adrese <http://78.111.114.50:8080>. Na této adrese je možné experiment navštívit a provést měření.



Obrázek 4.1 Princip činnosti našeho experimentu.

4.1 Hardwarová část

Na experiment byl využit analogový akcelerometr ADXL335, jednobáňový relé modul a bazénové čerpadlo FCP-250S. Na experiment byl též využit hardware Arduino MEGA 2560, který byl v danou chvíli snadno dostupný. I přes svou robustnost a daleko větší množství GPIO pinů, které nejsou využity je plně dostačující. Pro desku plošných spojů byla též vytvořena plastová krabička s použitím 3D tiskárny. Obrázek 4.2 znázorňuje zjednodušené schéma zapojení.



Obrázek 4.2 Zjednodušené schéma s Arduino MEGA 2560 s připojeným výkonovým relé a elektromotorem.

4.1.1 Akcelerometr ADXL-335

Experiment využívá akcelerometr ADXL-335. Tento typ akcelerometru byl vybrán s ohledem na to, že jeho výstup jsou analogové signály, které lze snadno integrovat s VirtualLab. Bližší specifikace jsou uvedeny viz. Tabulka 4.1.

Čip:	ADXL335	Rozsah zrychlení:	$\pm 3g$
Analog výstup:	1.8 - 3.6VDC	Hmotnost:	3g

Tabulka 4.1 Parametry akcelerometru ADXL-335.

Analogové výstupy akcelerometru jsou spojeny s hlavní řídicím obvodem Arduino MEGA 2560 na piny A0, A1, A2.

4.1.2 Jednokanálový relé modul

Jako relé byl použit modul SRD05VDCSL-C, který slouží ke spínání zásuvky, do které je připojený elektromotor a lampa pro osvětlení experimentu. Parametry relé modulu jsou vypsány viz. Tabulka 4.2.

Typ relé:	SRD-05VDCSL-C	Max. spínaný výkon (DC):	90 W
Napájecí napětí:	5 V DC	Max. spínaný výkon (AC):	750VA

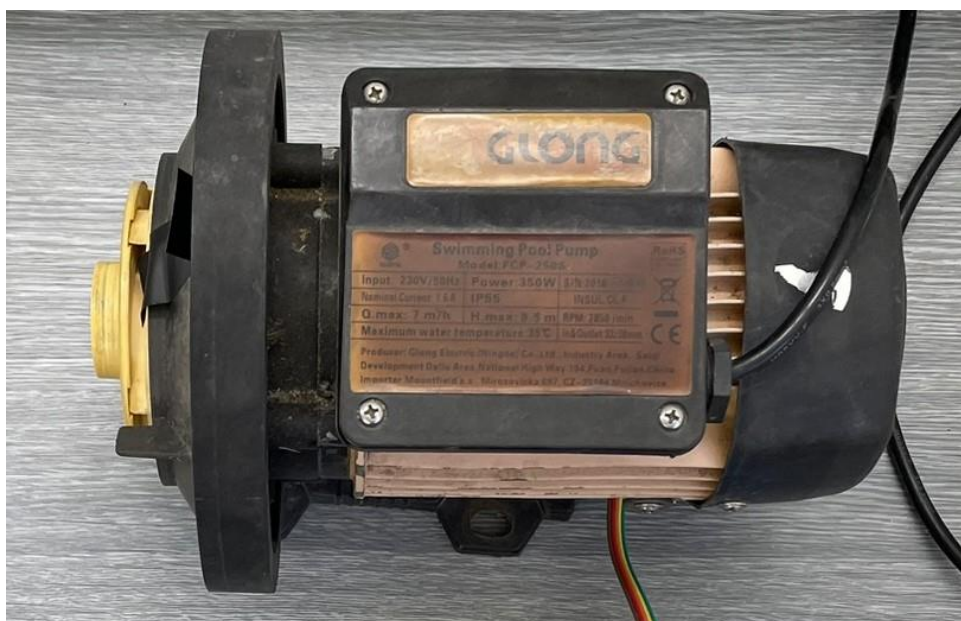
Proud (aktivní výstup):	< 80 mA	Dielektrická pevnost:	1 500V AC
Spínací proud vstupu:	< 5 mA	Rozměry:	47x29x18 mm
Max. spínané stejnosměrné napětí:	30 V DC	Průměr mont. otvorů:	3 mm
Max. spínané střídavé napětí:	250 V AC	Rozteč mont. otvorů:	41,5 x 22,5 mm
Izolační odpor:	> 100 MΩ		

Tabulka 4.2 Parametry jednokanálového relé modulu.

Dané parametry umožňují připojení k hlavnímu řídicímu obvodu Arduino MEGA 2560. Relé je připojeno na digitální výstup 8.

4.1.3 Bazénové čerpadlo FCP-250S

Jako předmět měření bylo zvoleno bazénové čerpadlo FCP-205S viz. Obrázek 4.3. Jedná se o jednofázový asynchronní motor využívající 230VAC.



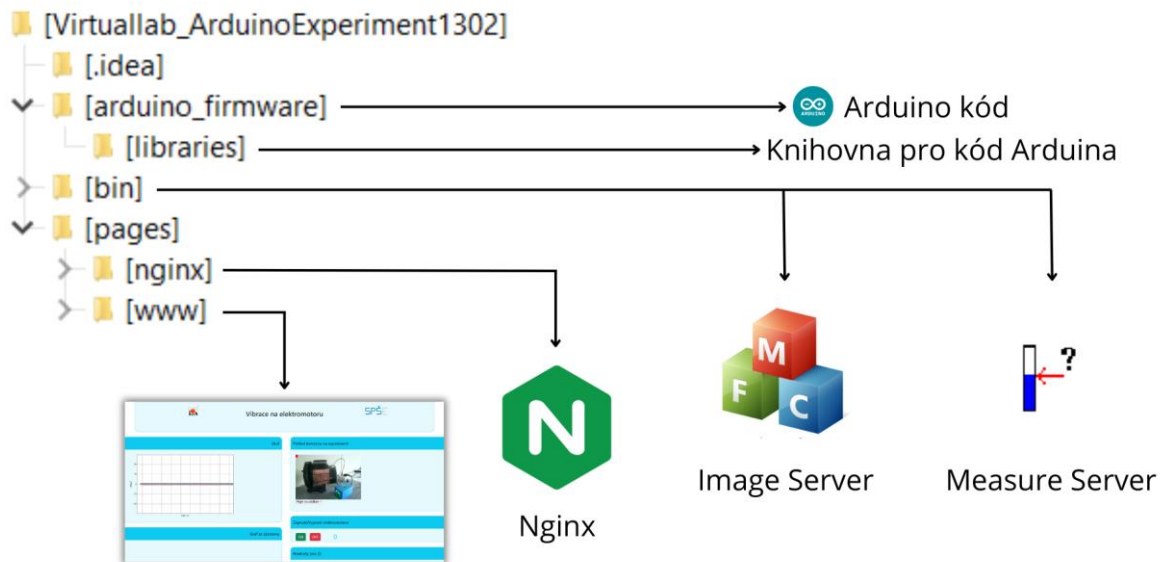
Obrázek 4.3 Bazénové čerpadlo FCP-205S.

Napájecí napětí:	230 V/50 Hz	Proud:	1.6 A
-------------------------	-------------	---------------	-------

Tabulka 4.3 Parametry bazénového čerpadla FCP-205S.

4.2 Softwarová část

V softwarové části byl využit framework VirtualLab. V programu Nginx byla upravena konfigurace tak, aby odpovídala požadovaným síťovým portům. Taktéž bylo nutno nastavit Measure Server a Image Server. Obrázek 4.4 znázorňuje strom adresáře, ve kterém se software nachází.



Obrázek 4.4 Stromové schéma adresářů pro experiment. (12) (13)

4.2.1 Programování

Webové rozhraní je vytvořeno za pomoci HTML, CSS v kombinaci VirtualLab Java Script frameworkem, který se stará o propojení s Measure Serverem a Image Serverem. Pro vývoj webového rozhraní byla využita otevřená sada nástrojů kaskádových stylů Bootstrap, která velice usnadnila práci s CSS a celkovým vzhledem stránek. (14)

Framework VirtualLab bylo nutno nakonfigurovat tak, aby analogové hodnoty z výstupu akcelerometru odpovídaly reálnému tíhovému zrychlení.

4.3 Celková sestava

Výsledkem realizace našeho experimentu je funkční experiment s webovým ovládáním, záznamem dat a živým pohledem. Obrázek 4.5 znázorňuje celou aparaturu experimentu, která se skládá z webkamery, Arduina, bazénového čerpadla na němž je nainstalován akcelerometr a zásuvky s reléovým modulem.

Součástí sestavy je i webové rozhraní, které obsahuje plně funkční ovládání spínání čerpadla, živý graf, záznam dat a v neposlední řadě živý pohled viz. Obrázek 4.6.



Obrázek 4.5 Pohled na celou aparaturu experimentu.

Vibrace na elektromotoru

Graf

Pohled kamerou na experiment

High resolution ▾

Graf ze záznamu

Zapnutí/Vypnutí elektromotoru

ON
OFF
0

Hodnoty (ms⁻²)

■ Osa X	■ Osa Y	■ Osa Z
-0,53	-0,03	0,52

Záznam dat

Start
Stop
Opakovat záznam

Vyběr záznamu

Export hodnot (CSV soubor - pro Excel)
Export hodnot HTML tabulka

Obrázek 4.6 Webové rozhraní vzdáleného experimentu.

5 ZÁVĚR

Realizaci vzdáleného experimentu lze vzhledem k počátečním požadavkům shledat jako úspěšnou. Všechny body zadání byly splněny. Finální vzdálený experiment se dočkal úspěšného zveřejnění. Výsledkem je funkční vzdálený experiment poháněný Arduino s firmwarem od iSES ze softwarové stavebnice „iSES Remote Lab SDK“.

Nad rámec zadání bylo nejdříve uvažováno o realizaci experimentu s různými povrchy a jinými prvky, které mohou vibrace ovlivnit, avšak z časových důvodů již nedošlo k realizaci.

Tato práce slouží jako testovací projekt a značnou mírou mi pomohla k rozvíjení dovedností a znalostí nejen z oblasti softwaru, ale také hardwaru a mechaniky.

Práce bude v následujícím roce rozvíjena v rámci experimentu s Raspberry Pi z důvodu zdokonalení samotného fyzikálního experimentu, který by mohl nabízet mnohem více možností ovládání, jako například možnost ovládání otáček pulzní šířkovou modulací.

Jak již bylo zmíněno na webové adrese <http://78.111.114.50:8080> lze nalézt funkční webové rozhraní experimentu, který tato práce popisuje.

6 CITOVANÁ LITERATURA

1. **iSES.** iSES - Internet School Experimental System: System ISES - Introduction. *Internetové Školní Experimentální studio - iSES*. [Online] 19. 3 2018. [Citace: 2. 2 2024.] <https://www.ises.info/index.php/cs/systemises>.
2. **Bouzek, Ing. Lukáš.** *Elektromagnetické pole, síly, chvění a hluk v elektrických strojích*. [Dokument] Plzeň : ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, 2014.
3. **ZSBOZP.** Fyzikální faktory. *Znalostní systém prevence rizik v BOZP*. [Online] [Citace: 2. 2 2024.] <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/rizikove-faktory/fyzikalni-faktory?start=7>.
4. **Katedra fyziky přírodovědecké fakulty univerzity Jana Evangelisty Purkyně.** Vzdálené experimenty - physics.ujep.cz. *Katedra fyziky*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/>.
5. **Remote-LAB GymKT.** Vzdálené experimenty - Vzdálený laboratoř GymKT. *Remote-LAB GymKT*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <http://remote-lab.fyzika.net/vzdalene-experimenty.php?lng=cs>.
6. **Škoda Auto Vysoká Škola.** Capacitor charging and discharging. *Remote Laboratory*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <http://remotelab.savs.cz/experiment1/>.
7. **Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova v Praze.** Kabinet Výuky Obecné Fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova. *Experimenty | Vzdálené fyzikální laboratoř*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <https://eedu.eu/vfl/cs/experimenty.php>.
8. **e-lab.** FREE |. *e-lab*. [Online] [Citace: 21. 2 2024.] <https://elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000/execution/create/21/1>.
9. **Wikipedia.** Arduino - Wikipedie. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 8. 7 2023. [Citace: 2. 2 2024.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Arduino>.
10. —. Raspberry Pi - Wikipedie. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 8. 1 2024. [Citace: 2. 2 2024.] https://cs.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi.
11. **LiveAgent.** Nginx (Vysvětleno). *LiveAgent*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <https://www.live-agent.cz/slovník-pojmu-zakaznicke-podpory/nginx/>.
12. **Olimex Ltd.** What happens with Arduino projects? | olimex. *olimex: all fun projects at Olimex Ltd*. [Online] 28. 6 2017. [Citace: 20. 2 2024.] <https://olimex.wordpress.com/2017/06/28/what-happens-with-arduino-project/>.
13. **Nginx.** Nginx logo - Social media and logos icons. *icon-icons.com*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <https://icon-icons.com/icon/nginx-logo/169915>.

14. **Wikipedia.** Bootstrap - Wikipedie. *Wikipedie*. [Online] 10. 8 2023. [Citace: 20. 2 2024.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bootstrap/>.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 Matematické kyvadlo na UJEP. (2).....	9
Obrázek 2.2 Experiment "Radioaktivita" na MFF UK.....	9
Obrázek 2.3 Experiment VA charakteristik diod na Gymnáziu v Klatovech. (5).....	9
Obrázek 2.4 Snímek z kamery experimentu nabíjení a vybíjení kondenzátoru na ŠAVŠ. (6).....	10
Obrázek 2.5 Snímek z kamery experimentu matematického kyvadla v Marseille. (8).....	10
Obrázek 3.1 Princip činnosti vzdáleného experimentu pomocí Arduina.	12
Obrázek 3.2 Princip činnosti vzdáleného experimentu pomocí Raspberry Pi.....	13
Obrázek 3.3 Snímek okna editoru Arduino IDE s kódem pro Arduino.	14
Obrázek 3.4 Snímek okna programu Measure Server.	14
Obrázek 4.1 Princip činnosti našeho experimentu.....	16
Obrázek 4.2 Zjednodušené schéma s Arduino MEGA 2560 s připojeným výkonovým relé a elektromotorem.	17
Obrázek 4.3 Bazénové čerpadlo FCP-205S.....	18
Obrázek 4.4 Stromové schéma adresářů pro experiment. (12) (13).....	19
Obrázek 4.5 Pohled na celou aparaturu experimentu.	20
Obrázek 4.6 Webové rozhraní vzdáleného experimentu.	20

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 4.1 Parametry akcelerometru ADXL-335.....	17
Tabulka 4.2 Parametry jednokanálového relé modulu.	18
Tabulka 4.3 Parametry bazénového čerpadla FCP-205S.....	18