

Arduino jako systém včasného varování při výpadku elektrického proudu prostřednictvím sítě GSM

Bc. Josef Janda

Faculty of Informatics and Management

University of Hradec Králove,

Hradec Králove, Czech Republic

jandajo1@uhk.cz

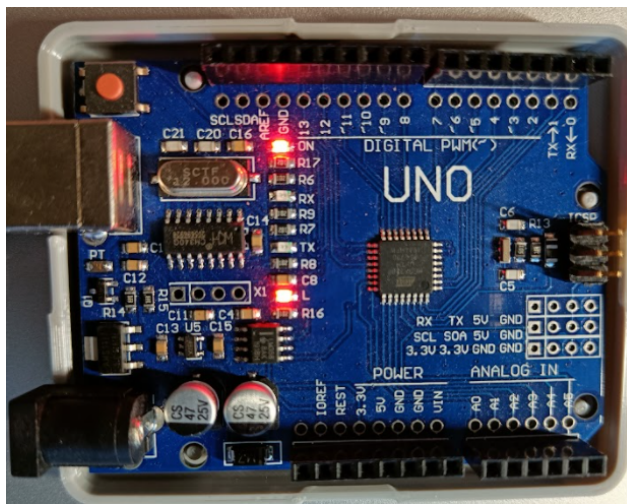
Abstrakt—Článek pojednává o problematice sestavení malého zařízení, které má za úkol hlídat stav vody v nádrži tak, aby nepřetekla. Pro řešení tohoto problému byla zvolena platforma Arduino, a to zejména z důvodu nízké spotřeby a modularity (možnost přidavných senzorů a jiných modulů). Toto zařízení poskytuje uživateli informaci o závadě na systému odčerpávání vody prostřednictvím sítě GSM. Přidanou hodnotou systému je, že hlídá i výpadky elektřiny v daném objektu. Včasné zjištění výpadku proudu může být v dnešní době drahocennou informací, zvláště pak jedná-li se o zabezpečovací systém v rekreačním objektu, nebo o jeho vytápění.

Klíčová slova—Arduino UNO 1; Internet of Things (IoT) 2; Smart devices 3; Sensors 4; GSM module 5

I. INTRODUCTION/ÚVOD

Přerušení proudu nejsou bohužel ani v této informační době žádnou vzácností. Jelikož je společnost na elektřině závislá čím dál víc, stává se i kratší výpadek proudu velmi nepříjemnou záležitostí. Čím déle pak trvá, tím jsou větší finanční ztráty a následky. Stále více lidí v moderním světě bere její přítomnost jako samozřejmost. Mnoho podniků tak investuje nemalé prostředky do zajištění náhradního řešení. V některých případech by mohlo mít selhání napájení tragické následky, kupříkladu při probíhající operaci, provozu letiště, lanovek apod. Příprava na možný výpadek proudu by se neměla podcenit a mělo by být vždy k dispozici záložní řešení. Vypnutá elektřina již dozajista potrápila každého z nás.

Výpadky v elektrické síti můžeme rozdělit na plánované tj. například při opravě či obměně v síti a neplánované, jež se nedají dopředu předvídat a vznikají nejčastěji při nepříznivém počasí tj. při silném větru, sněžení, popřípadě při vzniku živelné události (tornádo, krupobití apod.). Dle vyhlášky č. 540/2005 Sb. o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice je touto vyhláškou uložena poskytovateli energií povinnost informovat odběratele o výpadku bez prodlení a následně jej odstranit do 18ti hodin mimo Prahu a 12ti hodin v Praze v síti do 1kV a do 12 resp. 8 hodin v síti nad 1kV. Za nedodržení těchto lhůt pak náleží odběrateli finanční náhrada do výše stanovené touto vyhláškou [1]. Bohužel zejména v horských oblastech jsou přerušeny dodávky mnohdy delší zejména pak v zimním období (složnost komunikací, povětrnostní podmínky apod.). Informace o výpadech jsou poskytovateli poskytovány prostřednictvím médií, webových stránek popřípadě mobilních aplikací. Hezky je o tom pojednáno na stránkách Ušetřeno.cz [2]. Bohužel ani přes snahu



Obrázek 1: Arduino UNO, zdroj: vlastní

energetických informací se nemusí uživatel o těchto výpadech včas dovědět. Pro tuto situaci se chtěl uživatel připravit a tak hledal na internetu.

Na internetu se nachází několik možností řešení. Jednou z možností je pořízení kompaktního zařízení jež poskytuje službu odesílání Short message service (SMS) při zjištění výpadku proudu. Jedná se především o zařízení k zasunutí do běžné elektrické zásuvky. Tato zařízení jsou nabízena v cenové relaci okolo 2000 Kč. Například na stránce alza.cz [3]. A nebo na webu himalaj.cz [4]. Tyto zařízení pak v sobě mají implementováno i více senzorů, které poskytují dodatečné informace. Kupříkladu pro zjištění okolní teploty či vlhkosti, světla dokáží ovládat i několik zařízení připojených jejich prostřednictvím a to přes příkaz zaslaný pomocí SMS apod.

Dalším možným řešením z internetu jsou návody. Dle těchto návodů si můžeme sestavit podobné zařízení svépomocí. Jedním z takových řešení je např. *Hlášení výpadku napájení SMS zprávou nebo prozvoněním přímo na mobilní telefon*. Návod je dostupný na stránkách: www.puhy.cz [5]. Toto zařízení se ale skládá i z vysoko-proudových součástí. Montáž takovýchto zařízení a jejich následné používání neoprávněnou osobou není bezpečné. Jak říká vyhláška 50/1978 Sb. neoprávněné zásahy a montáž mohou zapříčinit vážná poranění elektrickým proudem či dokonce požár.

Potíž u těchto zařízení shledávám zejména v tom, že zařízení sice chrání při výpadku proudu, avšak žádné z nalezených řešení neposkytuje informace o poruše na systému odčerpávání vody. Konkrétně řešeným problémem tohoto článku je totiž možnost přetečení nádrže u rekreačního objektu. Tato nádrž je natolik dobře zásobená vodou, že je ji třeba v proměnlivých intervalech odčerpávat. Pokud totiž selže odčerpávání, dojde v krátké době k nechtěnému zatečení vody do objektu. Odčerpávání vody je v současné době vyřešeno závěsným ponorným čerpadlem, které má hladinový spínač. Čerpadlo je napájeno ze sítě a již několikrát došlo k výpadku elektřiny. Problém tohoto řešení tkví jak ve výpadku proudu, tak může dojít k závadě na čerpadle. O této situaci je třeba informovat uživatele co nejdříve, tak aby mohl danou situaci adekvátně řešit.

Vhodným řešením k sestavení vlastního zařízení řešícího tento problém bude zřejmě použití platformy Arduino. Arduino UNO je pro představu znázorněno na obrázku 1, na straně 1.

Arduino—snadno dostupná, modulární, programovatelná, open-source platforma byla stvořena jako perfektní základ pro IoT. Myšlenkou vývoje Arduina bylo navrhnout jej tak, aby nám poskytl perfektní prostředí pro přístup k mikroprocesoru ATmega328. Toto rozhraní nám poskytuje možnost přijímat elektrické signály pomocí vstupně výstupních analogových a digitálních pinů a na základě změny napětí na nich následně reagovat pomocí programovatelného softwaru. Pro rozšíření Arduina je k dispozici velká nabídka senzorů. Pro příklad senzory pro zjištění hladiny vody, množství tepla, vzdálenosti, čidla měřící teplotu, vlhkost a mnoho dalších. K dispozici je také mnoho příslušenství (Shields), které jsou již složitější a umožňují k Arduino připojit známé služby jako třeba Ethernet, GSM, globální polohový systém (GPS), Wireless Fidelity (WiFi), Bluetooth a mnohé další. Tato modularita nám poskytuje prostředí k tvorbě interaktivních aplikací a tzv. Smart zařízení, jež zvládnou automatizovat triviální a opakující se úkony. Tato zařízení nám značně zjednodušují život [6].

II. PROBLEM DEFINITION/ DEFINICE PROBLÉMU

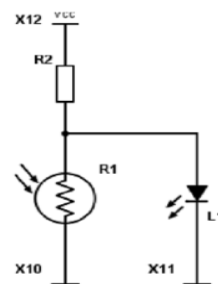
Tato kapitola pojednává o definici problému a popisuje systémy, jež se problematikou odčerpávání vody v nádrži zabývají.

Jádrum problému je to, že výpadek elektřiny, nebo závada na odčerpávání musí vyvolat reakci Arduina, které aktivuje modul GSM, jehož prostřednictvím odešle uživateli upozornění přes SMS.

Níže je uvedeno několik článků zabývajících se tematikou regulace vody v nádrži:

Investigation on Water Level Regulation Using Floating Sensor and Arduino Uno. V tomto článku jeho autoři řeší problematiku přeplnění nádrže pomocí implementace plovákového senzoru do horní části nádrže, ten je napojen na Arduino a signály jsou dále zpracovávány. Systémem je řízeno spínání čerpadla. Tedy dosáhne-li hladina vody určité výšky, plovák sepne prostřednictvím Arduina čerpadlo [7].

Srovnatelný problém s přetékáním vodní nádrže se popisuje v článku *Water Level Detection and Monitoring Using*



Obrázek 2: Schéma zapojení fotorezistoru, zdroj: [10]

Arduino. Autoři zde řeší jak zajistit neustálé naplnění nádrže vodou tak, aby nepřetékla. Systém je založen na Arduino a pomocí senzorů umístěných v různých výškách nádrže je sledován stav vodní hladiny. Pokud je hladina nízko, spustí čerpadlo, které vodu doplní, pokud dosáhne plného objemu je opět vypnuto. Tím je zajištěno, že nádrž při napouštění nepřeteče a zároveň není prázdná [8].

Dalším příkladem systému pracujícím s vodou je *Chytrý zavlažovací systém využívající Raspberry pi a Arduino.* Autoři zde popisují sestavení zařízení, které řeší problém úspory energie a vody prostřednictvím automatizovaného systému závlahy. Jedná se o kapkový systém, jež zalévá rostliny přímo ke kořenům. [9].

Nejblíže řešenému problému je systém s plovákovým senzorem, který byl inspirací ke zdokonalení vlastního systému. A to tak, že Arduinem bude pokryto i selhání čerpadla. Do řešení bude nově implementován plovákový systém, který bude umístěn do horní části studny (zespodu víka). Původně systém hlídal jen výpadek elektřiny, nyní i závadu čerpadla.

III. NEW SOLUTION / NOVÉ ŘEŠENÍ

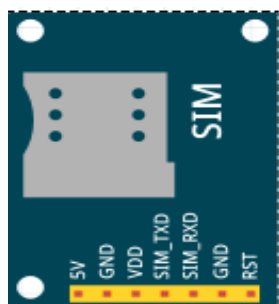
Tato kapitola popisuje sestavení řešení a úskalí, jež z takové tvorby vyplývají.

Pro sestavení systému bude tedy třeba vyřešit několik zásadních věcí:

- Jak zjistit, že došlo k přerušení dodávky elektřiny.
- Zaslát pomocí Arduina SMS.
- Hlídat pokud hladina vody stoupne nad danou mez.
- Napájení systému.

Pro zjištění přerušení dodávky elektřiny je využito myšlenky fotorezistoru, který má tu vlastnost, že v závislosti na množství dopadajícího světla se mění množství proudu protékajícího fotorezistorem (při větší intenzitě klesá odpor). Tuto vlastnost využijeme tak, že tento rezistor připojíme metodou pull-down k pinu Arduina, které bude na změnu reagovat. Schéma zapojení fotorezistoru na obrázku 2, na straně 2.

Modul SIM800L nám umožní vytvořit z Arduina mobilní telefon. Obsahuje piny pro připojení napájení, mikrofonu, reproduktoru, sluchátka i antény. Modul obsahuje adaptér na kartu SIM a indikační LED. Tento modul poskytuje rozhraní jak pro telefonování, tak pro odesílání a příjem SMS [11]. Tuto funkcionalitu využijeme při sestavení systému. Po přijetí signálu z fotorezistoru bude spuštěna funkce pro odeslání SMS. SIM modul je vyobrazen na obrázku 3, na straně 3.



Obrázek 3: GSM modul SIM800L, zdroj: vlastní, fritzing

Dalším senzorem, který zabrání přetečení bude plovákový senzor (senzor hladiny), lze jej zapojit jako switch-on, tak i switch-off. Dobrymi vlastnostmi jsou pak rozsah pracovních teplot od -20 do 80°C a jeho vodotěsnost. [12]. Pro představu je senzor pro zjištění hladiny kapaliny znázorněn na obrázku 4, na straně 3.



Obrázek 4: Plovák, zdroj: [12]

Základem pro Arduino je napájení. Dle datasheetu pro Arduino UNO lze napájení řešit několika způsoby: přes kabel USB A-B, napájecí adaptér anebo připojením přímo na piny Arduino. Doporučováno je napájení přes kabel USB. Tato cesta je totiž zajištěna pojistkou proti velkému proudu i proti přepólování. Pokud proud na této cestě překročí 500 mA pojistka vypne okruh. Pro signalizaci správné funkce pojistky slouží na desce zelená LED. Další možností je napájení pomocí adaptéru napětím 7-12 Voltů. Poslední možností je přivedení proudu přímo na desku Arduino prostřednictvím pinu VIN a GND viz obrázek 1 na straně 1. Tato varianta napájení není nijak chráněna proti přepólování a ani proti vyššímu výkonu napájení a může tak snadno dojít k nevratnému zničení Arduino [13].

IV. IMPLEMENTATION / IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ

Samotné zařízení bude tedy složeno z několika málo komponent. Přehled cen je znázorněn v tabulce I.

Seznam komponent:

- Přírodní napájení.
- Arduino UNO.
- Modul GSM SIM800L/900.
- Senzor vodní hladiny.
- Fotorezistor 10 kΩ.
- LED červené barvy.
- rezistory 220 Ω a 330 Ω.

Tabulka I: Přehled cen součástek, zdroj: získáno průzkumem trhu

Položka	Cena v CZK
Arduino NANO	199,-
GSM Module	255,-
Hladinový senzor	48,-
Powerbanka	299,-
Drobný a spojovací materiál	50,-
Celkem	851,-

Systém pro zpracování procesů pak navrhne pomocí Flowchart návrhu na obrázku 5, na straně 4.

Programování: Aplikace vznikla ve vývojovém prostředí Arduino IDE 1.8.16 (open-source Arduino Software) dostupném na stránkách arduino.cc. Bylo využito obsažených tutoriálů, které se staly inspirací pro tvorbu konečného programu. Zejména se jedná o využití informací z programu fotorezistor, zapojení LEDky, napájení. Podobně bylo vycházeno při reakci LEDky na změnu na fotorezistoru.

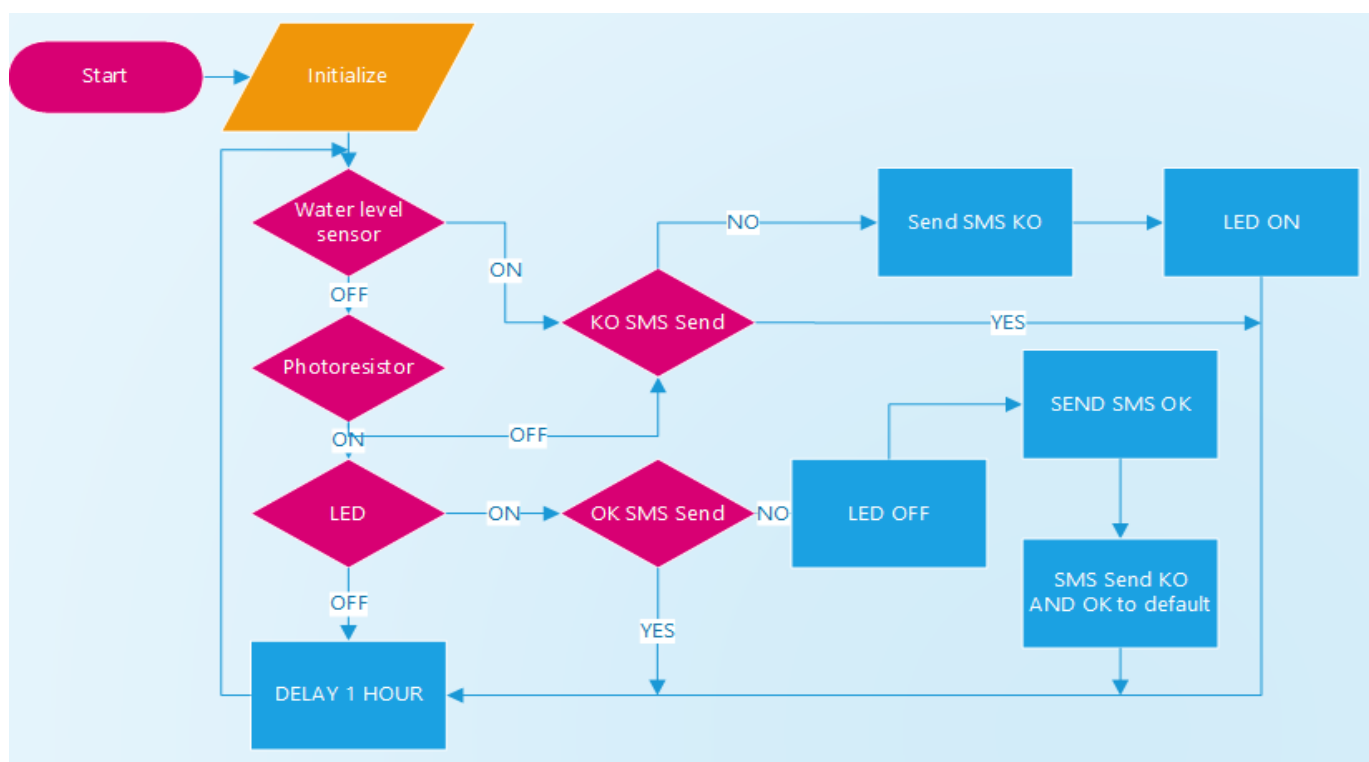
Následně zapojíme komponenty dle následujícího schématu:

Systém bude umístěn přímo v elektrickém rozvaděči, zejména z toho důvodu, že je zde umístěno světlo, signalizující funkčnost vedení (při výpadku zhasne). Intenzita světla je pro ovlivnění fotorezistoru dostatečná a bude tak využita. Ven ze skříně bude vyvedena kabeláž pro anténu a plovákový senzor. Studna je ve vzdálenosti čtyř metrů a úbytek napětí na vedení neovlivní výsledek podstatnou měrou. Napájení je řešeno z powerbanky. Je třeba ještě vložit do GSM modulu kartu SIM, na které zrušíme PIN a můžeme přejít k testování.

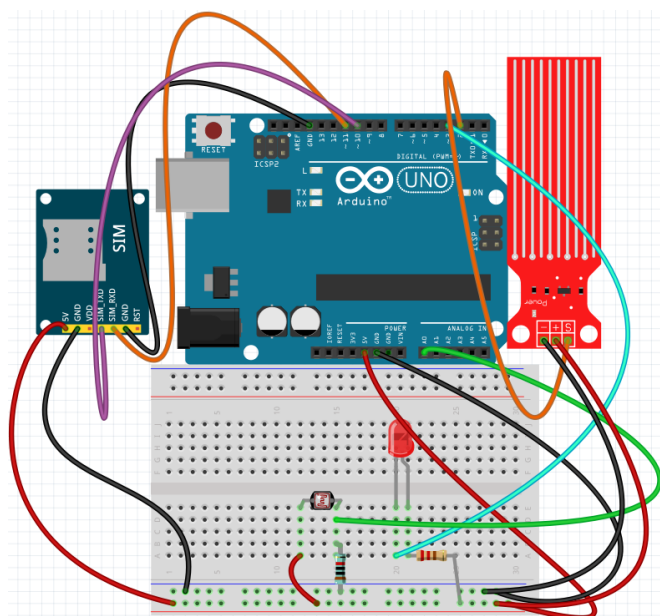
V. TESTING OF DEVELOPED APPLICATION / TESTOVÁNÍ VYVINUTÉ APLIKACE - ŘEŠENÍ

Tématem této kapitoly je shrnutí provedených testů aplikace a následně celého zařízení.

Pro testování správné funkce zařízení je určena zejména reakce LED a výpisu systémového monitoru. LED pro kontrolní činnost je umístěna do stejného okruhu s hladinovým čidlem a fotorezistorem. Pro testování byl zakryt fotorezistor. Na zatmění systém zareagoval očekávaným způsobem. LED reaguje na každý z impulsů rozsvícením a pokud je testovaný prvek odstraněn, LED opět zhasne. Stejným způsobem byl otestován i hladinový senzor. Při ponoření senzoru do vody došlo k rozsvícení LED. Pro testování bylo využito možnosti výpisu do sériového monitoru, namísto odesílání SMS. GSM Modul je opatřen signalizací pro kontrolu jeho funkce. Při správné funkci modulu je po přihlášení do sítě signalizováno probliknutím jednou za tři sekundy. Systém byl dále připojen po několik dní na powerbanku, aby byla otestována spotřeba a to, zda nedochází k zacyklení programu. Na powerbance došlo k poklesu kapacity za dva dny o cca 3 %, což potvrdilo nízkou spotřebu a dá se předpokládat, že celková výdrž bude okolo dvou měsíců. Testování prokázalo, že ani po několika dnech nedošlo k zastavení programu. Zařízení bylo tedy otestováno, a bylo prokázáno, že je zařízení připravené k nasazení testování v ostrém provozu, tak, aby se odladily chyby, které nemusí být v testovacím prostředí patrné. Na obrázku 7, na stránce 4 je znázorněna fotografie z testování.



Obrázek 5: Flowchart, zdroj: vlastní, Visio

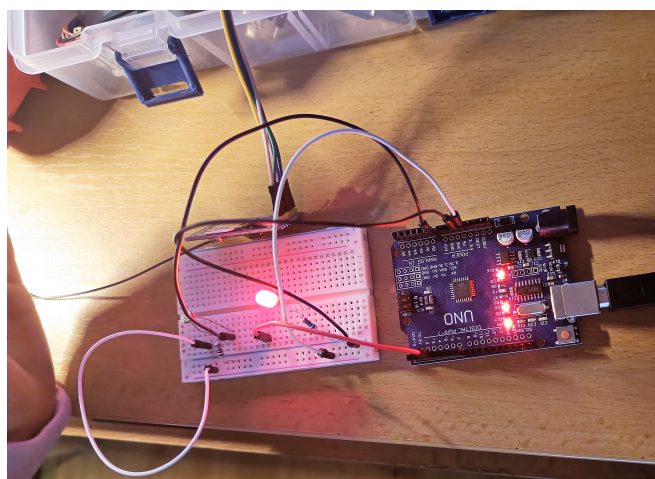


Obrázek 6: Schéma zapojení, zdroj: vlastní, Fritzing

VI. CONCLUSIONS / ZÁVĚRY

Tato kapitola obsahuje shrnutí modelovaného a následně nasazeného systému k detekci výpadku proudu.

Cílem práce bylo sestavit zařízení, které bude hlídat stav elektrické sítě a při výpadku napájení informuje uživatele prostřednictvím SMS. V průběhu řešení tohoto systému bylo zařízení vylepšeno o senzor hladiny a bylo tak zajištěno zařízení proti výpadku na čerpadle. Při sestavení modelu a



Obrázek 7: Reakce LED po zakrytí fotorezistoru, zdroj: vlastní

následně celého systému, byla splněna veškerá očekávání a to i přes rozsáhlou problematiku. Model byl sestaven v cenové relaci do 1000,-. Tento systém poskytuje informaci o závadě na systému studny. Systém byl otestován běžným způsobem a byla potvrzena jeho funkčnost. Závěrem ještě otázka. Co když vypadne i Arduino?

REFERENCE

- [1] ERÚ - Vyhláška č. 540/2005 Sb.
 URL <https://www.eru.cz/-/vyhlaska-c-540-2005-sb-o-kvalite-dodavek-elektriny-a-souvisejicich-sluzeb-v-elektroenergetice>

- [2] Březinová Jana, U. c.: Výpadky elektřiny online: Kde najít přerušení dodávek?
URL <https://www.elektrina.cz/vypadky-elektřiny-online>
- [3] Solight DY10GSM - Chytrá zásuvka | Alza.cz.
URL https://www.alza.cz/solight-dy10gsm-d5481006.htm?kampan=adw4_smart_pla_all_obecna-css_smart-home_c_1003812____SD033n_413605341827_~94081209529~&gclid=CjwKCAjwk6-LBhBZEiwAOUUDpzTE-yFd88LiQea7ArNTid1-PvyXdDqE8s-7dlkr5Yr6OY0g1tAz5RoCBouQAvD_BwE
- [4] Zásuvka 230V GSM dálkově ovládaná SMS, zapne/vypne, hlásí výpadky sítě a změnu teploty.
URL <https://www.himalaj.cz/zasuvka-230v-ovladana-telefonem-gsm>
- [5] Admin: hlášení výpadku napájení SMS zprávou Archivy - Půhy.cz / blog.
URL <https://www.puhy.cz/blog/tag/hlaseni-vypadku-napajeni-sms-zpravou/>
- [6] O'Shea, A.: *A Geek Girl's Guide to Electronics and the Internet of Things*. Wiley, první vydání, Říjen 2020, ISBN 978-1-119-68367-4, doi: 10.1002/9781119683674.
URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119683674>
- [7] Susheel, A.; Selvendran, S.: Investigation on Water Level Regulation Using Floating Sensor and Arduino Uno. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, ročník 561, Listopad 2019: str. 012009, ISSN 1757-899X, doi:10.1088/1757-899X/561/1/012009.
URL <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/561/1/012009>
- [8] Sindhu, G.: Water Level Detection and Monitoring Using Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, ročník 9, č. VII, Červenec 2021: s. 2744–2747, ISSN 23219653, doi:10.22214/ijraset.2021.36629.
URL <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=36629>
- [9] Agrawal, N.; Singhal, S.: Smart drip irrigation system using raspberry pi and arduino. In *International Conference on Computing, Communication & Automation*, Greater Noida, India: IEEE, Květen 2015, ISBN 978-1-4799-8890-7, s. 928–932, doi:10.1109/CCAA.2015.7148526.
URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7148526/>
- [10] Malý, M.: *Hradla, volty, jednočipy: úvod do bastlení*. CZ.NIC, 2017, ISBN 978-80-88168-23-2, oCLC: 1028179584.
- [11] In-Depth: Send Receive SMS & Call with SIM800L GSM Module & Arduino. Srpen 2018.
URL <https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>
- [12] Plovákový senzor vodní hladiny | Chytre vypínací.
URL https://www.chytrevypinace.cz/Plovakovy-senzor-vodni-hladiny-d164.htm?gclid=DBswERSjyLPu9m4b1k2BoaAnzEEALw_wcB
- [13] navody.arduino shop.cz: Vše o napájení Arduina | Návod Drátek.
URL <https://navody.drateg.cz/technikuv-blog/napajeni-arduina.html>