

# **Vývoj měřicího zařízení stringu fotovoltaických panelů na platformě Arduino**

## **The Development of Measuring Equipment for a String of Photovoltaic Panels on the Arduino Platform**

Bc. Petr Svoboda



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2018/2019

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Svoboda**  
Osobní číslo: **A17349**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vývoj měřicího zařízení stringu fotovoltaických panelů na platformě Arduino**

Téma anglicky: **The Development of Measuring Equipment for a String of Photovoltaic Panels on the Arduino Platform**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši pro zabezpečení panelů fotovoltaických elektráren.
2. Vysvětlete způsob monitorování výroby elektřiny z fotovoltaických panelů.
3. Na platformě arduino navrhnete systém pro monitorování a zabezpečení fotovoltaických panelů.
4. Realizujte část monitorovací a zabezpečovací s vyhodnocením ústřednou PZTS.
5. Vytvořte software pro ovládání systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **CADY, Fredrick M. Microcontrollers and microcomputers: principles of software and hardware engineering. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2010, xii, 477 p. ISBN 0195371615.**
2. **CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol, Reilly, 2005, xvi, 377 p. ISBN 0596007558.**
3. **MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy – linkery, práce s ATMELE AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky .. 1. české vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2003, 275 s. ISBN 80-7300-077-6.**
4. **MARGOLIS, Michael. Arduino cookbook. 2nd ed. Sebastopol, Calif., 2012, xx, 699 p. ISBN 1449313876.**
5. **MASSIMO BANZI. Getting started with Arduino. 2nd ed. , 2011. ISBN 9781449309879.**
6. **PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Rudolf Drga, Ph.D.**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**30. listopadu 2018**

Termín odevzdání diplomové práce:

**17. května 2019**

Ve Zlíně dne 14. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše), bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 10.5.2019

.....  
podpis diplomanta

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je vývoj, návrh a realizace integrovaného systému pro měření proudu na stringu fotovoltaických panelů a jejich zabezpečení na platformě Arduino. Systém bude umožňovat kontinuální měření protékajícího proudu stringem fotovoltaických panelů a na základě definovaných podmínek bude předávat poruchové informace servisní organizaci. Rozšířenou možností systému bude možnost připojení poplachového detektoru pro hlídání fotovoltaických panelů se zasláním poplachové informace servisní organizaci nebo zapojením do stávající ústředny PZTS.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na specifikaci zabezpečení fotovoltaických panelů a elektráren formou rozkladu „Fyzické ochrany“ na konkrétní její části s popisem jejich funkcionality s odkazem na normy, které je definují. Další část práce se věnuje rozboru a popisu technologií nejčastěji používaných pro střezení fotovoltaických panelů a elektráren. Závěr teoretické části je věnován způsobům a typům monitoringu výroby elektřiny z fotovoltaických panelů.

Praktická část diplomové práce řeší vývoj, návrh a realizaci vývojového kitu integrovaného systému pro monitoring provozních údajů výroby fotovoltaické elektrárny s bezpečnostním modulem pro ochranu fotovoltaických panelů nebo technologie. Na začátku vývoje je nutné stanovit si požadavky na systém, následuje podrobný rozbor fungování systému, který je přenesen do formy vývojových diagramů, na základě nichž se tvoří program systému pro mikrokontrolér, který poté celý systém řídí. Dle stanovených požadavků dochází i k výběru požadovaného hardwaru, který bude nejlépe splnění požadavků vyhovovat. Na konci těchto procesů bude hotový funkční vývojový kit, který bude splňovat definované požadavky a bude možné jej dále modifikovat.

Závěr práce shrnuje veškeré body, které byly stanoveny, a hodnotí jejich úspěšnost. Na konci práce je zhodnocena varianta dalšího možného vývoje s přihlédnutím na rozšíření nebo modifikaci vývojového kitu pro různé typy použití.

Klíčová slova: fotovoltaické panely, string, měření proudu, Arduino, zabezpečení, vývoj

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis is the development, design and implementation of an integrated system for measuring the current and securing the string of photovoltaic panels, based on the Arduino platform.

The system will allow for a continuous measurement of the flow through the string of photovoltaic panels and, on the basis of defined conditions, will transmit fault information to the service organization. It is possible to extend the system by connecting an alarm detector to monitor photovoltaic panels and send alarm information to a service organization, or by plugging the developed system into an existing I&HAS control panel.

The theoretical part of the thesis is focused on the specification of photovoltaic panel and power plant security in the form of decomposition of "Physical protection" to its specific parts with a description of their functionality with reference to the standards that define them. The next part is devoted to analysis and description of the most commonly used technologies for the protection of photovoltaic panels and power plants. The conclusion of the theoretical part is devoted to methods and types of monitoring the electricity production of photovoltaic panels.

The practical part of the thesis deals with the development, design and implementation of an integrated system for monitoring the operational data of photovoltaic power plant production with a security module for photovoltaic panels or technology protection. At the beginning of the development, it is necessary to define system requirements, followed by a detailed analysis of the desired system functionality. The output is modeled into the flowcharts that are used to develop the microcontroller program, which then manages the whole system. According to the set requirements, the appropriate hardware is also selected. The outcome of the process will be a functional development kit that meets the defined requirements and can be further modified.

The conclusion summarizes all the goals that have been determined and evaluates their fulfillment. At the end of the work, a variant of further possible development is evaluated with regard to the expansion or modification of the development kit for various types of applications.

**Keywords:** Photovoltaic panels, String, Current measurement, Arduino, Security, Development

Děkuji vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Rudolfu Drgovi, Ph.D., za jeho podněty a konzultace během její tvorby.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ZABEZPEČENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ.....</b>	<b>12</b>
1.1 FYZICKÁ OCHRANA .....	12
1.2 VÍCESTUPŇOVÁ OCHRANA.....	12
1.3 SYSTÉMY TECHNICKÉ OCHRANY .....	12
1.3.1 Mechanické zábranné systémy.....	12
1.3.1.1 Normy a třídy bezpečnosti MZS.....	14
1.3.1.2 MZS obvodové (Perimetrické) .....	16
1.3.2 Elektronické systémy .....	19
1.3.2.1 Normy, třídy bezpečnosti a prostředí.....	20
1.3.2.2 PZTS .....	22
1.3.2.3 DPPC .....	28
1.3.2.4 CCTV.....	29
1.3.2.5 EKV .....	29
1.4 FYZICKÁ OSTRAHA .....	31
1.5 REŽIMOVÁ OPATŘENÍ .....	32
1.5.1 Režimová opatření vnější.....	32
1.5.2 Režimová opatření vnitřní.....	32
1.5.3 Kontrola vstupu.....	32
<b>2 POSTUPY PŘI NÁVRHU ZABEZPEČENÍ FV PANELŮ (ELEKTRÁREN) .....</b>	<b>33</b>
2.1 BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZA .....	33
2.2 STUPEŇ ZABEZPEČENÍ – DOPORUČENÍ .....	34
<b>3 ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ POPLACHOVÉ INFORMACE.....</b>	<b>35</b>
3.1 PŘEDÁNÍ POPLACHOVÉ INFORMACE.....	35
3.2 VYHODNOCENÍ A ZPRACOVÁNÍ POPLACHOVÉ INFORMACE .....	35
3.3 REAKCE NA POPLACHOVOU UDÁLOST .....	35
<b>4 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ ZPŮSOBY ZABEZPEČENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ (ELEKTRÁREN).....</b>	<b>36</b>
4.1 INFRAČERVENÉ (IR) BARIÉRY .....	36
4.2 PLOTOVÉ DETEKČNÍ SYSTÉMY .....	37
4.3 MIKROVLNNÉ (MW) BARIÉRY .....	38
4.4 PASIVNÍ INFRAČERVENÉ (PIR) DETEKTORY S DLOUHÝM DOSAHEM .....	40
4.5 OCHRANA STŘEŠNÍCH FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ (ELEKTRÁREN) .....	41
4.6 SHRnutí.....	43
<b>5 MONITOROVÁNÍ VÝROBY ELEKTŘINY Z FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ.....</b>	<b>44</b>
5.1 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY .....	44
5.1.1 Základní pojmy fotovoltaiky.....	44
5.1.2 Provoz fotovoltaických systémů .....	44
5.1.2.1 Autonomní systém .....	45
5.1.2.2 Systémy spojené s rozvodnou sítí.....	45



5.1.2.3	Hybridní systém .....	46
5.1.3	Základní prvky FV systémů .....	47
5.1.3.1	Střídače .....	47
5.1.4	Zapojení FV elektrárny .....	48
5.2	PRINCIPY ŘEŠENÍ MONITORINGU.....	49
5.2.1	Monitorované hodnoty .....	49
5.2.1.1	Základní hodnoty .....	49
5.2.1.2	Odvozené hodnoty .....	50
5.2.2	Typy monitoringu.....	50
5.2.2.1	Monitoring lokální .....	50
5.2.2.2	Monitoring vzdálený.....	51
5.2.3	Výrobci.....	52
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>56</b>
<b>6</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU .....</b>	<b>58</b>
6.1	POŽADAVKY NA SYSTÉM .....	58
6.2	VÝVOJOVÝ DIAGRAM .....	58
<b>7</b>	<b>SESTAVENÍ MODULU – VÝVOJOVÝ KIT .....</b>	<b>60</b>
7.1	SESTAVA VÝVOJOVÉHO KITU.....	60
7.1.1	Funkcionalita bezpečnostní části: .....	60
7.1.2	Funkcionalita monitorovací části: .....	61
7.1.3	Seznam použitých prvků pro vývoj.....	62
7.1.4	Vývojové desky Arduino .....	62
7.1.4.1	Arduino Uno .....	62
7.1.4.2	Arduino Mega .....	64
7.1.4.3	Arduino DUE.....	65
7.1.4.4	Sběrnice SPI.....	68
7.1.4.5	Sběrnice I <sup>2</sup> C / TWI .....	69
7.1.5	Hodinový obvod reálného času RTC .....	71
7.1.6	Snímač intenzity osvětlení .....	72
7.1.7	LCD displej s integrovanou čtečkou SD karet .....	73
7.1.8	Proudový senzor .....	74
7.1.9	Analogové vstupy pro PZTS .....	76
7.1.10	Reléový modul .....	77
7.1.11	Nepájivé kontaktní pole .....	78
<b>8</b>	<b>FUNKCE MONITOROVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ.....</b>	<b>83</b>
8.1	MONITOROVACÍ FUNKCE .....	83
8.1.1	Měření protékajícího proudu – popis pomocí vývojového diagramu .....	83
8.1.2	Detekce poruchy osvitů – popis pomocí vývojového diagramu .....	85
8.2	ZABEZPEČOVACÍ FUNKCE .....	86
8.2.1	Stav Zastřeženo .....	87
8.2.2	Stav Odstřeženo .....	87
8.2.3	Stav Poplach.....	87
8.2.4	Rozhodovací proces při přechodu do střežení – požadavek na zabezpečení .....	88
8.2.5	Rozhodovací cyklus při aktivaci detektoru .....	89
8.2.6	Potvrzení poplachu.....	90
<b>9</b>	<b>PROGRAM SYSTÉMU.....</b>	<b>91</b>

9.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ .....	91
9.1.1	ARDUINO IDE.....	91
9.1.1.1	Wiring .....	91
9.1.1.2	Psaní sketches (návrhů) .....	91
9.1.1.3	Tabs, Multiple Files a Compilation .....	91
9.1.1.4	Libraries (knihovny) .....	91
9.2	ČÁSTI PROGRAMU .....	92
<b>10</b>	<b>OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU .....</b>	<b>94</b>
10.1	PRINCIPY OVLÁDÁNÍ .....	94
10.1.1	Ovládání PZTS.....	94
10.1.2	Ovládání monitoringu .....	94
<b>11</b>	<b>NAVAZUJÍCÍ VÝVOJ .....</b>	<b>95</b>
11.1	AKTUÁLNÍ VARIABILITA.....	95
11.2	BUDOUCÍ ROZŠÍŘENÍ.....	95
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>96</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>97</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>101</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>102</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>104</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>105</b>

## ÚVOD

Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů je na stále větším vzestupu. Jedna z nejčastěji používaných technologií je fotovoltaika, tedy výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů, které využívají fotovoltaického jevu.

Během výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů je nezbytné sledovat velké množství technických parametrů a stav bezpečnosti na fotovoltaické elektrárně. Technické parametry je možné sledovat z několika hledisek, z nichž dvě jsou asi nejdůležitější, jedná se o hledisko ekonomické a o hledisko technické. Ekonomické hledisko je důležitým parametrem pro provozovatele a analyzovat ho lze z pohledu výroby aktuální a dlouhodobé. Technické hledisko je úzce spjato s hlediskem ekonomickým a je zaměřeno na funkcionalitu důležitých výrobních částí, které zaručují provoz elektrárny a výrobu elektrické energie.

Bezpečnost na fotovoltaické elektrárně je důležité realizovat z hlediska ochrany majetku a také ochrany zdraví. Technologie instalované na elektrárně jsou nákladné a jejich ztráta nebo poškození mohou způsobit jak škody současné, tak škody dlouhodobé z důvodu nemožnosti výroby elektrické energie. Na fotovoltaické elektrárně se nachází technologie, které mohou být pro laika nebo osobu neznalou nebezpečné, a proto je nutné zamezit přístupu těchto osob pomocí mechanických zábranných systémů, nebo pomocí elektronických systémů zjistit pohyb osob ve sledovaném prostoru a případnou manipulaci s technologií.

Systémy na některých elektrárnách monitorují výrobu nebo řeší bezpečnost pouze částečně, existují tak situace, kdy není uživatel nebo servisní organizace informována v dostatečném časovém horizontu o vzniklé poruše nebo bezpečnostním incidentu.

Úkolem v diplomové práci je navrhnout, jak je možné tyto nedostatky vyřešit. Jednou z variant je návrh modulu, který bude monitorovat technické informace, a to měření protékajícího proudu všemi připojenými stringy fotovoltaických panelů a zároveň bude možné pomocí stejného modulu řešit otázky bezpečnosti fotovoltaických panelů, prostorů fotovoltaické elektrárny nebo například ochranu boxů technologie.

V diplomové práci bude realizován návrh modulu z hlediska jeho fungování, sestavení vývojového kitu pro testování a případný další vývoj. Pro řídicí mikrokontrolér, na kterém bude systém postaven, bude napsán a otestován program pro jeho provoz.

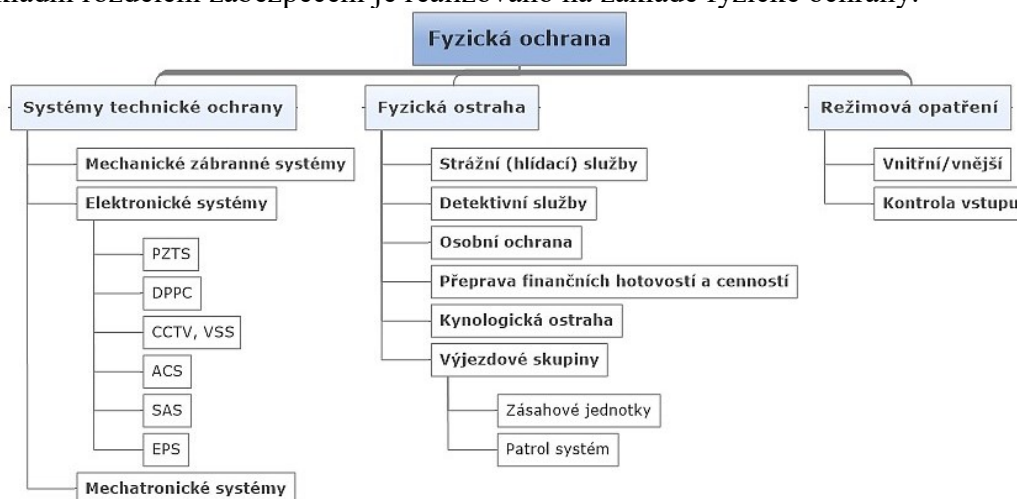
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZABEZPEČENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

Fotovoltaické panely lze zabezpečit rozličnými způsoby. Vždy bude záležet na jejich umístění, počtu, způsobu instalace a také jejich celkové hodnotě v poměru k vynaloženým nákladům. Způsoby zabezpečení FV panelů jsou dále rozvedeny ve specifikacích členění bezpečnostních systémů fyzické ochrany.

### 1.1 Fyzická ochrana

Základní rozdělení zabezpečení je realizováno na základě fyzické ochrany.



Obr. 1 Rozdělení fyzické ochrany [1]

### 1.2 Vícetupňová ochrana

Vícetupňová ochrana specifikuje hranice chráněných prostorů, které je nutné z pohledu pachatele překonat:

1. **Perimetrická ochrana** – bezpečnostní opatření na obvodu a venkovním prostoru pozemku. Detekuje narušení hranic pozemku, odstrašuje a zpožďuje narušitele.
2. **Plášťová ochrana** – bezpečnostní opatření na plášti chráněného objektu. Využívají se stěny, okna, dveře, zámky, mříže, detektory narušení, kamerové systémy.
3. **Prostorová ochrana** – bezpečnostní opatření uvnitř střeženého objektu. Využívají se dveře a zámkové systémy, poplachové zabezpečovací systémy (PZTS) a jejich detektory, kamerové systémy (CCTV-DVS) a systémy kontroly vstupu (EKV).
4. **Předmětová ochrana** – bezpečnostní opatření zamezující krádeži nebo neoprávněné manipulaci s chráněnými aktivy. Využívají se vitríny, trezory, PZTS a DVS (CCTV) [2].

### 1.3 Systémy technické ochrany

Pro zabezpečení FV panelů jsou využívány z technické ochrany nejčastěji tyto skupiny:

- Mechanické zábranné systémy (MZS) - perimetrické
- Elektronické systémy
  - o PZTS
  - o DVS (CCTV), VSS
  - o ACS

#### 1.3.1 Mechanické zábranné systémy

Mechanické zábranné systémy jsou zastoupeny ve všech bodech „Vícetupňové ochrany“. Vytváří vždy pevnou překážku pro překonání a v kombinaci s elektronickými systémy tvoří ideální kombinaci zabezpečení.

Mechanické zábranné systémy poskytují svými vlastnostmi ochranu objektu mechanickou odolností. Doba, která je nutná na překonání mechanické odolnosti MZS, se nazývá průlomová odolnost [3].

Průlomová odolnost stanovuje dobu, která je potřeba pro to, aby pachatel MZS překonal.

Časový interval pro překonání MZS se vyjádří následujícím vzorcem:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \text{ [s]}$$

$\Delta t$  ..... časový interval potřebný k překonání překážky

$t_1$  ..... čas zahájení útoku na překážku

$t_2$  ..... čas konečného překonání překážky

Minimální stanovení průlomové odolnosti vychází z toho, zda se jedná o otvorové výplně, nebo úschovné objekty.

### 1.3.1.1 Normy a třídy bezpečnosti MZS

Nejpoužívanější normy pro MZS jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Přehled norem MZS [3], upravil Svoboda 2019

Číslo normy	Obsah normy
ČSN EN 1627	Dveře, okna, lehké obvodové pláště, mříže a okenice
ČSN 74 7731	Dveře odolnější proti vloupání
ČSN EN 13126-1	Stavební kování – Požadavky a zkušební metody-okna, balk. dveře
ČSN EN 1906	Stavební kování – Požadavky a zkušební metody-dveřní štíty, kliky
ČSN EN 12320	Stavební kování – Požadavky a zkušební metody-visací zámky
ČSN 16 5190	Stavební kování – Technické předpisy-cylindrické vložky
ČSN EN 1303	Stavební kování – Požadavky a zkušební metody-cylindrické vložky
ČSN EN 1300	Bezpečnostní úschovné objekty – Klasifikace zámků
ČSN EN 1143-1	Bezpečnostní úschovné objekty – Část 1: Skříňové trezory, ATM trezory, trezorové dveře a komorové trezory
ČSN EN 949	Okna, dveře, rolety a okenice, lehké obvodové pláště – Stanovení odolnosti dveří proti nárazu měkkým a těžkým tělesem
ČSN EN 1522	Okna, dveře, uzávěry a rolety – Odolnost proti průstřelu – Požadavky a klasifikace
ČSN EN 13123-1	Okna, dveře a okenice – Odolnost proti výbuchu – Požadavky a klasifikace – Část 1: Rázová trubice
ČSN EN 1155	Stavební kování – Elektricky poháněná zařízení na stavění otevření dveří – Požadavky a zkušební metody

Stanovení bezpečnostních tříd MZS je dáno normou ČSN EN 1627, která nově definuje šest tříd průlomové odolnosti označované zkratkou RC (Resistance class) [3].

Tab. 2 Bezpečnostní třídy RC dle ČSN EN 1627 [3], upravil Svoboda 2019

Bezpečnostní třída RC / čas napadení	Předpokládané metody a pokusy o vloupání
RC 1 / (neaplikuje se)	Příležitostný pachatel se pokouší o vloupání s použitím malého jednoduchého nářadí a fyzickým násilím
RC 2 / 3 min	Příležitostný pachatel se navíc pokouší o vloupání s použitím jednoduchého nářadí a fyzickým násilím.
RC 3 / 5 min	Pachatel se pokouší překonat MZS při použití páčidla délky 710 mm a dalšího šroubováku, ručního nářadí (malé kladívko, důlčíky, mechanická ruční vrtačka).
RC 4 / 10 min	Zkušený pachatel používá navíc zámečnické kladivo, sekeru, dláta, sekáče, přenosnou aku vrtačku apod.
RC 5 / 15 min	Velmi zkušený pachatel používá navíc jednoruční elektrické nářadí (uhlovou brusku do Ø kotouče 125 mm)
RC 6 / 20 min	Velmi zkušený pachatel používá navíc dvouruční elektrické nářadí (uhlová bruska do ø 230 mm).

Ochranu FV panelů pomocí MZS můžeme realizovat pomocí:

- 1) **Obvodového (perimetrického) MZS** – zdi, ploty, vjezdové závory, vstupní nebo vjezdové brány a branky a vrata.



### 1.3.1.2 MZS obvodové (Perimetrické)

Tuto část zastupují zdi a ploty, ploty lze rozdělit do několika skupin:

**Pletivové ploty** – jedná se o čtyřhranné extrudované pletivo, které je poplastované a dobře přizpůsobitelné terénu.



Obr. 2 Pletivový plot [4]

**Svařované pletivo** – jsou to zdvojené horizontální dráty, rozmístěné v pravidelných intervalech. Tužší variantou jsou svařované plotové dílce.



Obr. 3 Svařované pletivo [Svoboda – vlastní]

Pro zvýšení bezpečnosti plotů proti přelezení se na jejich horní hranu instalují ostnaté a žiletkové dráty, nebo se ploty doplňují o „podhrabové desky“, které zpevní celkovou konstrukci a zabrání podlezení nebo podhrabání plotu.



Obr. 4 Žiletkový a ostnatý drát [5]



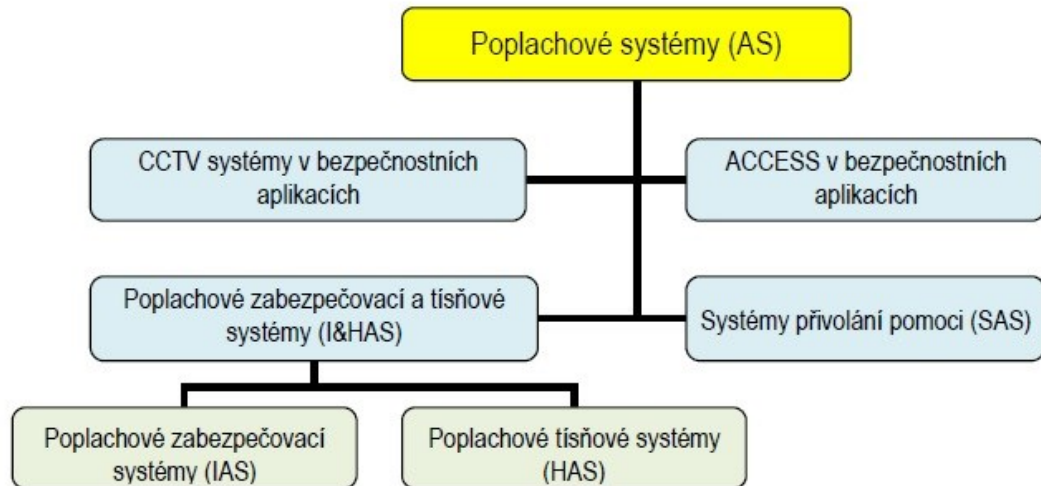
Obr. 5 „Podhrabová deska“ [5]

Pro otvorové výplně jsou využívány branky nebo brány, v řízeném průchodu nebo průjezdu se využívá turniketů a závor, pro kontrolu vstupu jsou tyto prvky řízeny systémy EKV.

### 1.3.2 Elektronické systémy

Elektronické systémy doplňují MZS a detekují jejich narušení nebo překonání a předávají tuto informaci uživateli nebo ostraže.

Nejčastěji používané elektronické systémy pro ochranu FV panelů jsou: PZTS, VDS (CCTV), EKV. Tyto systémy poté dohleduje DPPC.



Obr. 6 Rozdělení poplachových systémů [6]

**1.3.2.1 Normy, třídy bezpečnosti a prostředí**

Pro elektronické poplachové systémy jsou platné následující normy:

Tab. 3 Přehled řad norem poplachových systémů [6], upravil Svoboda 2019

<b>Číslo normy</b>	<b>Název normy</b>
ČSN EN 50 130-x-y	Poplachové systémy (všeobecné požadavky)
ČSN EN 50 131-x-y	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
ČSN EN 50 132-x-y Od 1. 1. 2017 ČSN EN 62676-x-y	Poplachové systémy – CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích
ČSN EN 50 133-x-y Od 1. 7. 2016 ČSN EN 60839-x-y	Poplachové systémy – Systémy kontroly vstupů pro použití v bezpečnostních aplikacích
ČSN EN 50 134-x-y	Poplachové systémy – Systémy přivolání pomoci
ČSN EN 50 135-x-y	Původně plánovaná řada pro Poplachové systémy – Systémy tísňové, které byly zařazeny jako součást 50131
ČSN EN 50 136-x-y	Poplachové systémy – Poplachové přenosové systémy a zařízení
ČSN EN 50 137-x-y	Poplachové systémy – Systémy kombinované nebo integrované ČSN CLC/TS 50398

Pro poplachové systémy jsou stanoveny 4 stupně zabezpečení, které jsou definovány v normě ČSN EN 50131-1.

Tab. 4 Stupně zabezpečení [7], upravil Svoboda 2019

Stupeň zabezpečení	Specifikace stupně zabezpečení
<b>Stupeň 1</b> Nízké riziko	Předpokládá se, že vetřelec nebo lupič mají malou znalost I&HAS a mají k dispozici omezený sortiment snadno dostupných nástrojů.
<b>Stupeň 2</b> Nízké až střední riziko	Předpokládá se, že vetřelec nebo lupič mají omezené znalosti I&HAS a používají běžné nářadí a přenosné přístroje (např. multimetr).
<b>Stupeň 3</b> Střední až vysoké riziko	Předpokládá se, že vetřelec nebo lupič jsou obeznámeni s I&HAS a mají rozsáhlý sortiment nástrojů a přenosných elektronických zařízení.
<b>Stupeň 4</b> Vysoké riziko	Používá se, má-li zabezpečení prioritu před všemi ostatními hledisky. Předpokládá se, že vetřelec nebo lupič jsou schopni nebo mají možnost zpracovat podrobný plán vniknutí a mají kompletní sortiment zařízení včetně prostředků pro náhradu rozhodujících komponentů I&HAS.

Prvky bezpečnostních systémů se dle vlastností zařazují i do tříd prostředí, které vymezují jejich použití. Vzhledem k tomu, že se FV panely vždy nachází ve venkovním prostředí, bude pro jejich zabezpečení využíváno prvků s třídou prostředí III a IV.

Tab. 5 Třídy prostředí [7], upravil Svoboda 2019

Třída prostředí	Charakteristika	Poznámka
<b>Třída prostředí I</b> Vnitřní	Vnitřní prostory při stálé teplotě (domácnosti, obchody)	teplota +5 až +40 °C, vlhkost 75 %
<b>Třída prostředí II</b> Vnitřní všeobecné	Vnitřní prostory bez stálé teploty (chodby, haly, schodiště)	teplota -10 až +40 °C, vlhkost 75 %
<b>Třída prostředí III</b> Venkovní chráněné	Prostředí vně budov, komponenty nejsou plně vystaveny vlivům prostředí	teploty -25 až 50 °C, vlhkost 75 % bez kondenzace (po dobu 30 dní v roce 85 až 95 % bez kondenzace)
<b>Třída prostředí IV</b> Venkovní všeobecné	Prostředí vně budov, komponenty jsou plně vystaveny povětrnostním vlivům	teploty -25 až 60 °C, vlhkost 75 % bez kondenzace (po dobu 30 dní v roce 85 až 95 % bez kondenzace)

### 1.3.2.2 PZTS

#### **Definice PZTS**

Je to soubor technických prostředků ke zvýšení bezpečnosti střežených prostorů. Informuje o vniknutí do střeženého prostoru.

**Technickými prostředky PZTS jsou:**

- detektory narušení (*magnetické kontakty; pasivní infračervené, mikrovlnné, akustické, otřesové a kombinované detektory*),
- řídicí jednotky, tísňová zařízení (*ústředny*),
- systémové moduly (*napájecí zdroje, vstupně/výstupní moduly*),
- výstražná zařízení (*majáky, sirény*),
- přenosová zařízení, zapisovací a ovládací zařízení.

**Norma ČSN EN 50131-1 ed.2 popisuje systém PZTS takto:**

*„Poplachový zabezpečovací a tísňový systém (intrusion and hold-up alarm system I&HAS): kombinovaný systém určený k detekci poplachu vniknutí a tísňového poplachu [7].“*

#### **Funkce systému PZTS**

*„Poplachový zabezpečovací a tísňový systém musí v souladu s jeho konfigurací obsahovat funkce specifikované v normě pro detekci vniknutí a/nebo aktivace tísňových prostředků, zpracování informací, vyhlášení poplachů a prostředky k ovládní PZTS.*

*Vedle povinných funkcí, specifikovaných v normě, mohou být v PZTS obsaženy další funkce za předpokladu, že negativně neovlivní povinné funkce [7].“*

**Normy PZTS**

Tab. 6 Normy PZTS [7], upravil Svoboda 2019

Číslo normy	Název normy
ČSN EN 50 131-1 ed.2	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 1: Systémové požadavky
ČSN EN 50 131-2-2	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-2: Detektory narušení – Pasivní infračervené detektory
ČSN EN 50 131-2-3	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-3: Požadavky na mikrovlnné detektory
ČSN EN 50 131-2-4	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-4: Požadavky na kombinované pasivní infračervené a mikrovlnné detektory
ČSN EN 50 131-2-5	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-5: Požadavky na kombinované pasivní infračervené a ultrazvukové detektory
ČSN EN 50 131-2-6	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-6: Detektory otevření (magnetické kontakty)
ČSN EN 50 131-2-7-1	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-7-1: Detektory narušení – Detektory rozbití skla (akustické)
ČSN EN 50 131-2-7-2	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-7-2: Detektory narušení – Detektory rozbití skla (pasivní)
ČSN EN 50 131-2-7-3	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 2-7-3: Detektory narušení – Detektory rozbití skla (aktivní)
ČSN EN 50 131-3	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 3: Ústředny
ČSN EN 50 131-4	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 4: Výstražná zařízení
ČSN EN 50 131-5	Poplachové systémy – Elektrické zabezpečovací systémy – Část 5-3: Požadavky na zařízení využívající bezdrátové propojení
ČSN EN 50 131-6 ed. 2	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 6: Napájecí zdroje
ČSN EN 50 131-7	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 7: Pokyny pro aplikace
ČSN EN 50 131-8	Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy – Část 8: Zamlžovací bezpečnostní zařízení/systémy

Systémy PZTS využívají k detekci narušení celou řadu detektorů, definice detektorů vniknutí dle normy ČSN EN 50131-1 2 ed2. je následující:

*„Detektor vniknutí je zařízení konstruované ke generování signálu nebo zprávy o vniknutí jako reakci na nenormální stav detekující přítomnost nebezpečí [7].“*



**Příklady nejpoužívanějších detektorů narušení pro zabezpečení FV elektráren a panelů pomocí perimetrické ochrany:**

***PIR detektory venkovní***

- napájený detektor pasivní,
- střežená oblast, charakteristika a zóna dle instalované čočky,
- fyzikální princip elektromagnetický.



Obr. 7 Venkovní PIR detektor s dlouhým dosahem [8]

*Doppler detektor venkovní*

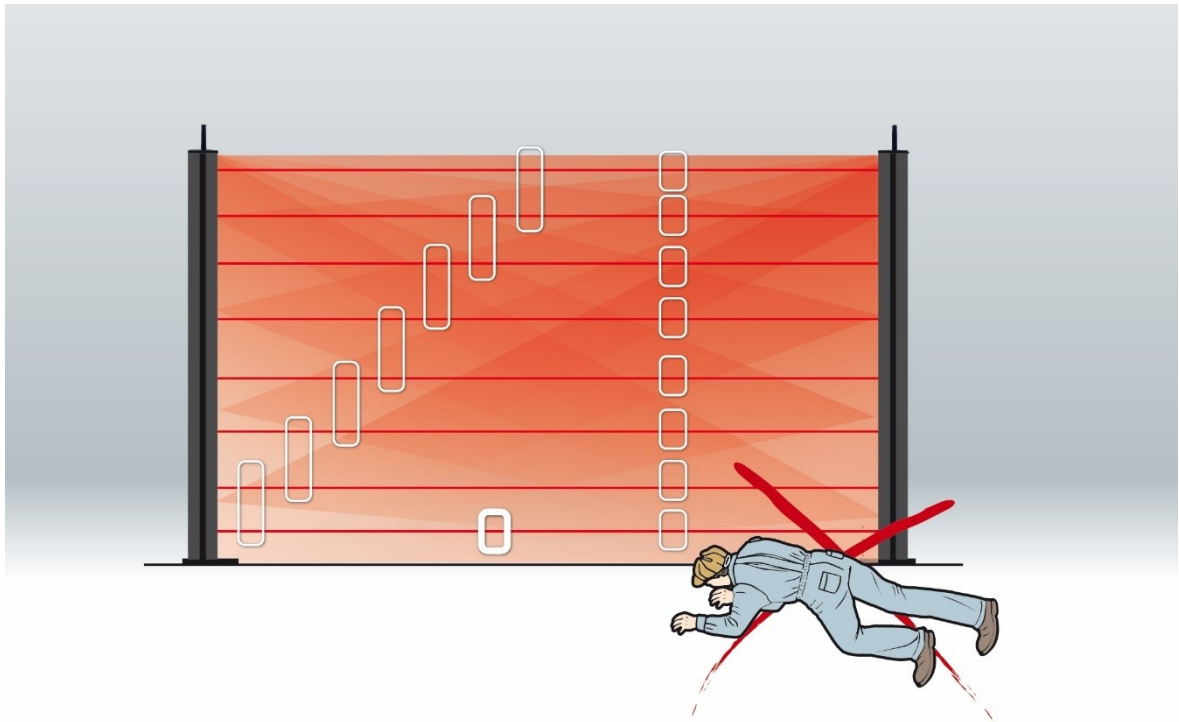
- napájený detektor aktivní,
- střežená oblast, charakteristika a zóna dle použité antény,
- fyzikální princip elektromagnetický.



Obr. 8 Digitální Doppler detektor [9]

### IR bariéra sloupová

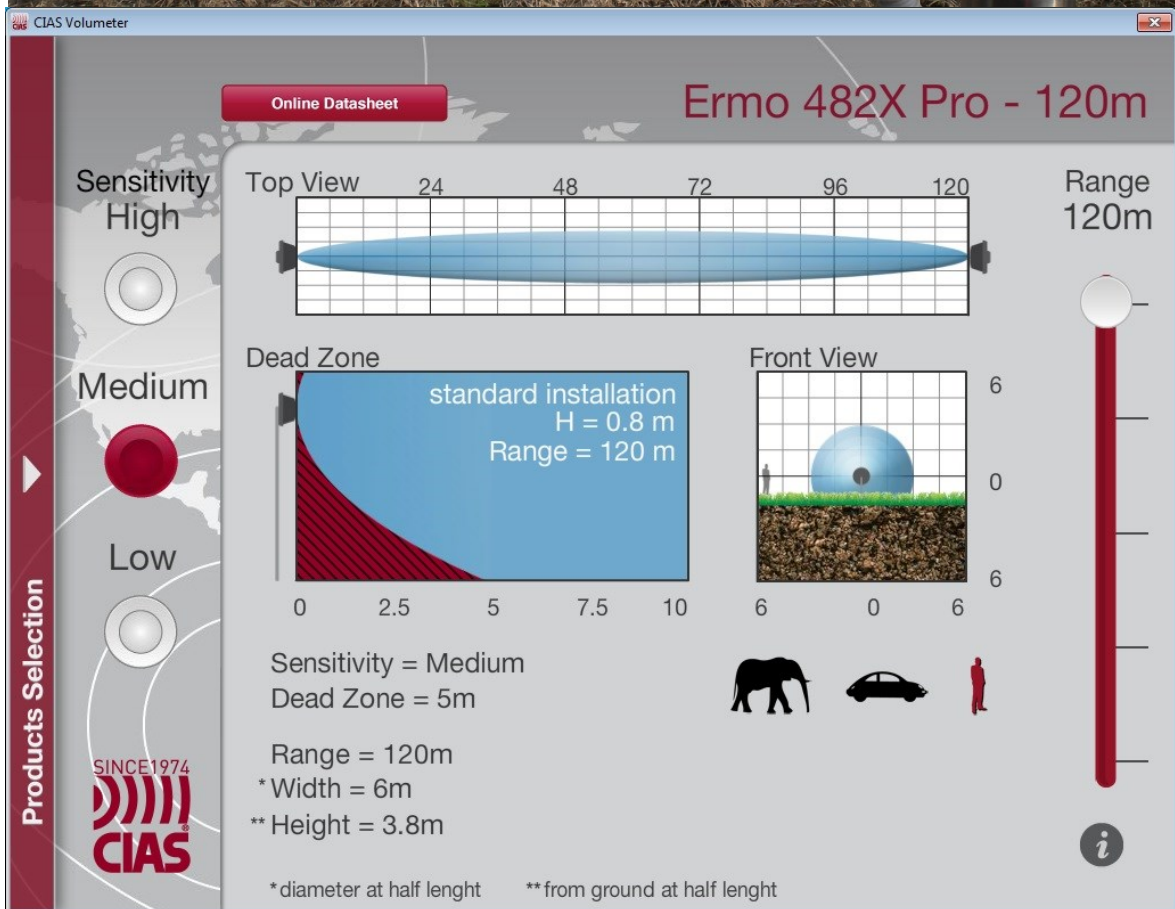
- napájený detektor aktivní,
- charakteristika střežené oblasti bariérová,
- tvar detekční charakteristiky svislá bariéra,
- střežená zóna perimetrická,
- fyzikální princip elektromagnetický,



Obr. 9 Sloupová IR bariéra [10]

### MW bariéra

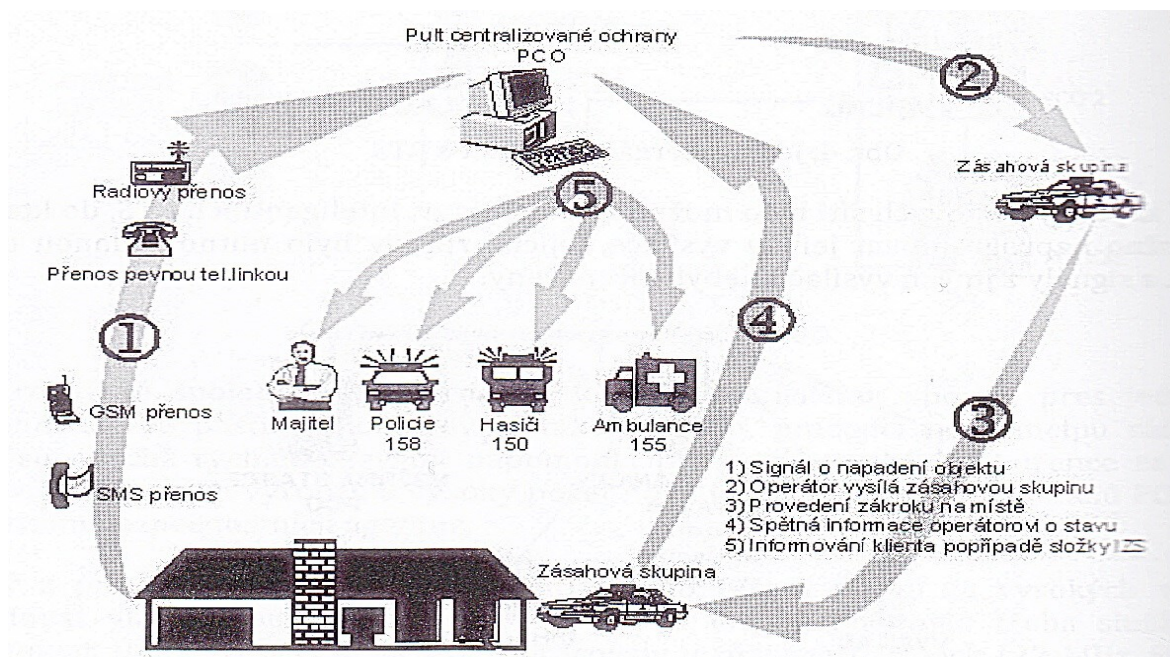
- napájený detektor aktivní,
- charakteristika střežené oblasti bariérová,
- tvar detekční charakteristiky vodorovná bariéra,
- střežená zóna perimetrická,
- fyzikální princip elektromagnetický.



Obr. 10 Digitální MW bariéra [9]

### 1.3.2.3 DPPC

Dohledová a poplachová přijímací centra slouží pro včasná hlášení poplachového stavu na vzdálených objektech. Jejich zřizování a provoz stanovuje norma ČSN EN 50518. Princip fungování DPPC je založen na možnosti přijímání poplachových informací z několika různých vzdálených objektů, na tyto informace může obsluha reagovat několika způsoby, jejich princip je znázorněn na obrázku 11.



Obr. 11 Princip fungování DPPC [11]

DPPC je využíváno v objektech, kde není stálá obsluha nebo ostraha nebo je fyzická ostraha doplněna technickou ostrahou. DPPC tak umožňuje předávat poplachové informace ostraze, která tak může být nasazena v nižším počtu.

### Normy DPPC

Tab. 7 Normy DPPC [12]

Číslo normy	Název normy
ČSN EN 50518-1 ed. 2	Umístění a konstrukční požadavky
ČSN EN 50518-2 ed. 2	Technické požadavky
ČSN EN 50518-3 ed. 2	Postupy a požadavky na provoz

### 1.3.2.4 CCTV

Definice CCTV z anglického Closed circuit television = uzavřený televizní okruh. Jedná se o dohledové video systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích (DVS) dle specifik normy ČSN EN 62676, která od 1. 1. 2017 nahradila stávající skupinu norem ČSN EN 50132.

### Normy CCTV

Tab. 8 Normy CCTV [12]

Číslo normy	Název normy
ČSN EN 62676-1-1	Systémové požadavky – Obecně
ČSN EN 62676-1-2	Systémové požadavky – Výkonové požadavky na video přenos
ČSN EN 62676-2-1	Video přenosové protokoly – Obecné požadavky
ČSN EN 62676-2-2	Video přenosové protokoly – Implementace vzájemné spolupráce IP systémů založených na využití HTTP a REST
ČSN EN 62676-2-3	Video přenosové protokoly – Implementace vzájemné spolupráce IP systémů založené na síťových (web) službách
ČSN EN 62676-3	Analogové a digitální video rozhraní
ČSN EN 62676-4	Pokyny pro aplikace

Dohledové video systémy jsou v bezpečnostních aplikacích využívány pro dohled nad střeženým úsekem nebo prostorem, ale hlavně pro verifikaci poplachu, kde jsou nepostradatelným pomocníkem.

### 1.3.2.5 EKV

Systémy EKV = elektronická kontrola vstupu.

Přístupové systémy řídí přístup k chráněným prostorům, zařízením a informacím na základě definovaných přístupových práv. V podstatě definují, KDO může KAM, KDY a za jakých podmínek [].

Úkolem EKV je:

1. rozhodovat o povolení vstupu (kdo má poskytnutý vstup),
2. rozhodovat o místě vstupu,
3. rozhodovat o časovém omezení vstupu,
4. redukovat riziko nepovoleného vstupu. [6]

Systémy EKV mají svou zásadní roli v bezpečnosti objektů, kde jsou většinou integrovány s dalšími prvky bezpečnosti. Vzhledem k tomu, že jsou během dne provozovány bezpečnostní systémy v objektech v různých režimech, můžeme pomocí systémů EKV například dále omezit přístup neoprávněných osob k důležitým nebo zabezpečeným oblastem, i pokud dotčené oblasti nejsou v danou dobu střeženy PZTS.

**Normy EKV**

Tab. 9 Normy EKV [12]

<b>Číslo normy</b>	<b>Název normy</b>
<b>ČSN EN 60839-11-1</b> Nahradila ČSN EN 50133-1 a ČSN EN 50133-2-1	Elektronické systémy kontroly vstupu – Požadavky na systém a komponenty
<b>ČSN EN 60839-11-2</b> Nahrazuje ČSN EN 50133-7	Elektronické systémy kontroly vstupu – Pokyny pro aplikace

## 1.4 Fyzická ostraha

Fyzická ostraha zajišťuje fyzickou ochranu objektu trvalou, nebo dočasnou přítomností. Zajišťuje ochranu aktiv v souladu s režimovými opatřeními. Odhaluje a zadržuje narušitele, pomáhá realizovat např. protipožární opatření. Ostraha bývá prováděna strážnými, hlídači, nebo ozbrojenými složkami [11].



Obr. 12 Dělení Fyzické ostrahy [1]



## 1.5 Režimová opatření

Režimová opatření stanovují pravidla pro pohyb osob v prostorech firmy.

### 1.5.1 Režimová opatření vnější

Vnější režimová opatření řeší zabezpečení vstupních a výstupních stanovišť v chráněném objektu.

Tato opatření jsou realizována:

- metodou osobní prohlídky a kontroly zavazadel (kontroluje neoprávněné vnášení nebo vynášení materiálu, zboží, věci),
- metodou kontroly vozidel a nákladů (kontroluje přivážení nebo vyvážení nepovolených materiálů, zboží, věci).

### 1.5.2 Režimová opatření vnitřní

Vnitřní režimová opatření řeší oprávnění pohybu osob a vozidel v objektu, čímž se zamezuje neoprávněnému pohybu v zakázaných oblastech.

Opatření jsou realizována kontrolou osob a vozidel, a to:

- fyzickou ostrahou,
- elektronickou kontrolou vstupu na základě identifikace.

### 1.5.3 Kontrola vstupu

Cílem je zabránění vstupu neoprávněným osobám do vyhrazených prostor. Systém umožňuje sledování pohybu, změnu oprávnění a zjištění pokusu o neoprávněné průchody.

Zřizování se řídí typem objektu na základě požadované bezpečnosti a propustnosti. Systémy EKV mají definovány 4 úrovně bezpečnosti jako systémy PZTS.

Identifikace osob v EKV je řešena pomocí identifikačních karet různého typu nebo pomocí Biometrických systémů.

Dělení systémů EKV dle funkce:

- systémy kontroly vstupu SKV – řídí přístup do chráněných prostorů,
- docházkové systémy – provádí kontrolu na konkrétním místě se sběrem dat o důvodech průchodu.

## 2 POSTUPY PŘI NÁVRHU ZABEZPEČENÍ FV PANELŮ (ELEKTRÁREN)

Postupy při návrhu jakéhokoliv bezpečnostního systému by měly vždy začínat bezpečnostní analýzou objektu. Na základě této analýzy bude mít osoba, která návrh provádí, dostatek informací k tomu, aby mohla vytvořit prvotní návrh celého systému.

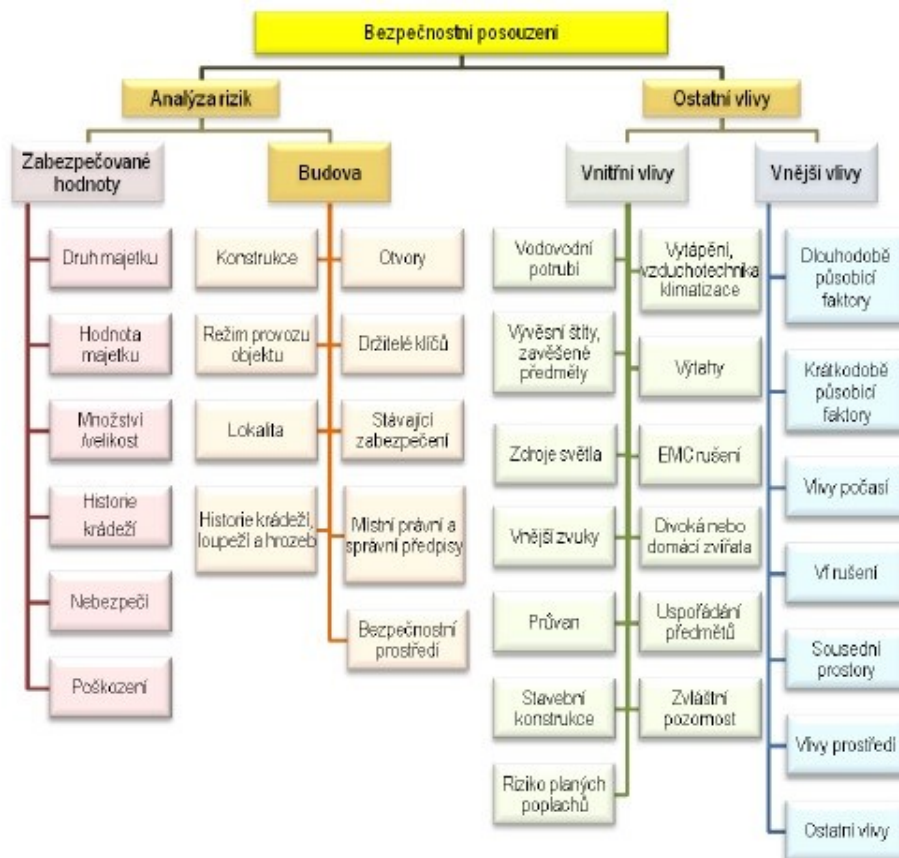
### 2.1 Bezpečnostní analýza

Bezpečnostní posouzení objektu se skládá ze dvou základních částí, jak je patrné z obrázku 13, jedná se o analýzu rizik a ostatní vlivy. Při návrhu perimetrického zabezpečení je z části analýzy rizik důležitá skupina „Zabezpečované hodnoty“ a z části ostatní vlivy jsou důležitou skupinou „Vnější vlivy“.



Obr. 13 Bezpečnostní posouzení – základní [6]

Přesnější specifikace daných skupin jsou definovány na obrázku 14. Analýza rizik v budově je řešena v případě, že zabezpečujeme budovu, do této skupiny spadají i ostatní vlivy – vnitřní.



Obr. 14 Bezpečnostní posouzení – podrobné [6]

## 2.2 Stupeň zabezpečení – doporučení

Po zhodnocení rizik a provedení bezpečnostního posouzení je možné definovat, do jakého stupně zabezpečení můžeme daný objekt zařadit.

Tab. 10 Úroveň ochrany a informativní řešení [13]

Stupeň zabezpečení	Cíl	Možné řešení (informativní)
1	Odradit a zdržet	Mechanické řešení
2	Odradit, detekovat a zdržet	Mechanické řešení plus detekce jednoho vniknutí
3	Odradit, detekovat a zdržet a zaskočit	Mechanické řešení plus několikanásobná detekce včetně poplachu a ověření
4	Odradit, detekovat a zdržet a zaskočit	Mechanické řešení plus několikanásobná detekce včetně poplachu a verifikace poplachu

### 3 ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ POPLACHOVÉ INFORMACE

Poplachovou informaci je potřeba nejen získat, ale také zpracovat a vyhodnotit.

#### 3.1 Předání poplachové informace

Poplachové informace většiny perimetrických systémů jsou dalším systémům předávány k vyhodnocení pomocí poplachových výstupů, chovají se tedy vůči dalším systémům jako detektory narušení. U této alternativy bývá ke zpracování poplachové informace využit systém PZTS.

Další alternativou je datová komunikace různých formátů (RS 232, RS 485, RS 422, TCP/IP atd.), v tomto případě jsou poplachové a často i doplňující informace předávány v datovém formátu kompatibilním systémům PZTS nebo vyhodnocovacím softwarům, které jsou většinou součástí integrovaného bezpečnostního systému (viz ČSN CLC/TS 50398).

#### 3.2 Vyhodnocení a zpracování poplachové informace

Vzniklá poplachová informace je tedy předána jednou z popsanych cest dále do systému, který ji zpracuje a vyhodnotí. Perimetrické systémy se pro vyhodnocovací systémy chovají jako detektory narušení, proto vyhodnocovací systémy rozhodují, kdy je vyhlášen poplach a kdy ne. Nejčastěji na základě stavu systému, zda je ve střeženém stavu, či nikoliv. Dalším parametrem pro vyhodnocení poplachu je verifikace. Verifikace poplachu je specifikována normou ČSN CLC/TS 50131-9. Verifikace nebo ověření může probíhat několika způsoby, například zvukovou verifikací (pomocí odposlechu), obrazovou verifikací (pomocí kamerového systému).

#### 3.3 Reakce na poplachovou událost

Po zpracování a vyhodnocení poplachové informace, zda se jedná o reálnou poplachovou situaci, či nikoliv, musí existovat postup, jak bude na danou situaci reagováno. Postupy se liší v závislosti na typu objektu, dle toho, kdo situaci vyhodnocuje a zpracovává, a definovaného požadavku na rychlost reakce.

## 4 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ ZPŮSOBY ZABEZPEČENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ (ELEKTRÁREN)

Zabezpečení fotovoltaických panelů je závislé na jejich umístění a na způsobu instalace. V případě volně stojících fotovoltaických elektráren se většinou jedná o zabezpečení pomocí obvodové (perimetrické) ochrany. Ať už se jedná o mechanické zábranné systémy (MZS) nejčastěji v podobě plotů různých typů a kvalit, tak i o elektronické systémy v podobě Infračervených (IR) bariér, Mikrovlnných (MW) bariér, plotových detekčních systémů, PIR detektorů dlouhého dosahu a různých doplňkových detektorů.

### 4.1 Infračervené (IR) bariéry



Obr. 15 Ochrana FVE pomocí MZS a IR bariér [14]

Zabezpečení pomocí IR bariér je vhodné zejména v místech, kde je rovný a úzký koridor mezi plotem a fotovoltaickými panely. IR bariéry je možné realizovat v provedení modulových bariér (modul o výšce cca 40 cm, 2 paprsky), nebo sloupových bariér (standardně od 1 m do 3 m výšky s různým počtem paprsků).

## 4.2 Plotové detekční systémy



Obr. 16 Ochrana FVE pomocí plotového detekčního systému [Svoboda – vlastní]

Plotové detekční systémy se nasazují na fotovoltaických elektrárnách tam, kde není vhodný koridor, ať už z důvodu jeho šířky, z důvodu jeho jiného využití, nebo protože nelze použít jiné bezpečnostní technologie. Podmínkou pro bezproblémové nasazení těchto systémů je kvalitní a stabilní plot. Plotové detekční systémy jsou standardně ve dvou základních provedeních, a to ve variantě detekčního kabelu, anebo ve variantě detekčních senzorů. Obě varianty lze použít i pro přímou ochranu fotovoltaických panelů. Technologie senzorů umožňuje přesnější lokalizaci místa narušení a specificky nastavit každý konkrétní senzor.

### 4.3 Mikrovlnné (MW) bariéry



Obr. 17 Ochrana FVE pomocí digitální MW bariéry [15]



Obr. 18 Ochrana FVE pomocí digitální MW bariéry s analýzou [16]



Obr. 19 Ochrana FVE pomocí MW bariér [17]

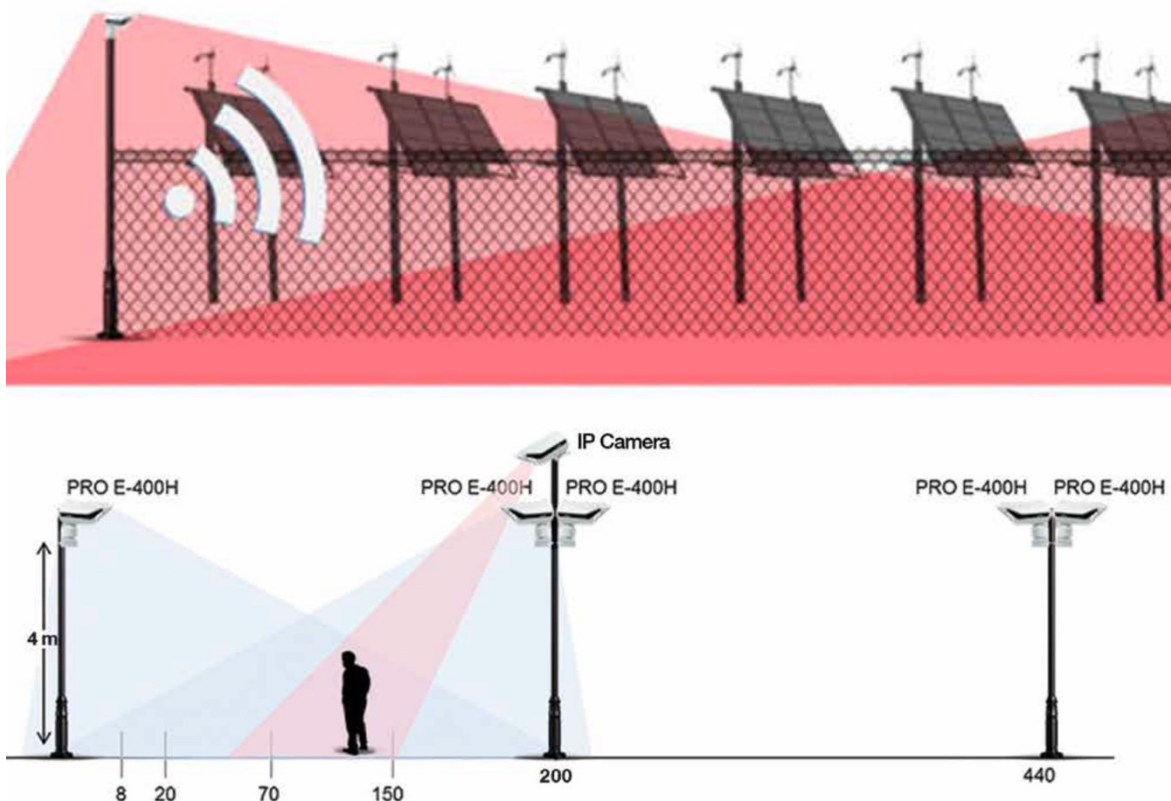




Obr. 20 Ochrana FVE pomocí kombinace MW bariér [18]

Mikrovlnné (MW) bariéry dokážou díky svým vlastnostem zabezpečit široký koridor jak do šířky, tak do výšky na velké vzdálenosti, standardně i kolem 200 metrů. Z toho vyplývá, že je vhodné je instalovat tam, kde je dostatečný koridor pro jejich instalaci. Pokud jsou splněny výše uvedené podmínky, mikrovlnné bariéry jsou velice stabilním bezpečnostním prvkem, který v případě využití digitální varianty umožňuje detailní nastavení pro detekci a vyhodnocení. Je nutné si uvědomit, že při navazování úseků, ať už v ose, nebo v rozích, musí být bariéry v překrytí, tam, kde to není možné, využívají se doplňkové detektory pro vykrytí „mrtvých“ zón nebo nepokrytých úseků.

#### 4.4 Pasivní infračervené (PIR) detektory s dlouhým dosahem



Obr. 21 Ochrana FVE pomocí PIR detektorů s dlouhým dosahem [19], upravil Svoboda 2019

PIR detektory s dlouhým dosahem, tedy v řádu desítek metrů (až 120 m), je vhodné instalovat do již hotové infrastruktury, zejména s vybudovanou perimetrickou strukturou kamerového systému, který má k dispozici po obvodu sloupy s kamerami. Detektory se instalují na dané sloupy, využijí pak i napájecí a popřípadě datovou infrastrukturu kamer díky variabilitě napájení. Detektory mají integrovaný druhý modul PIR detektoru pro spodní pohled, a dokážou tak ochránit kamery i technologie na sloupu.

Detektory jsou k dispozici ve variantách dlouhého a středního dosahu typu „záclona“, tedy pro obvod do koridorů, nebo ve variantě „vějířů“ pro pokrytí prostoru v krátkých a středních vzdálenostech.

#### 4.5 Ochrana střešních fotovoltaických panelů (elektráren)

Střešní fotovoltaické elektrárny jsou ve většině případů chráněny svým umístěním, proto se u nich využívá MZS velice zřídka. Pokud je ochrana využita, jedná se o elektronickou ochranu perimetrickou nebo předmětovou, kdy jsou chráněny přímo panely.



Obr. 22 Ochrana střešních FV panelů pomocí vibračních detektorů [Svoboda – vlastní]

Na obrázku 22 je zobrazena ochrana fotovoltaických panelů na střešní fotovoltaické elektrárně. Dle charakteristik a nastavení samotných senzorů má uživatel přesnou informaci o narušení na konkrétním místě. Vzhledem k různým proměnlivým povětrnostním vlivům, které jsou na střeše ještě více patrné, je možné každý senzor nastavit dle konkrétní potřeby na daném místě.

Obrázek 23 ukazuje zabezpečení střešní fotovoltaické elektrárny pomocí mikrovlnných (MW) bariér. Jedná se o střechy s nízkým sklonem, proto je možné bariéry instalovat jako v klasickém koridoru. Bariéry chrání jak přístup na střechu, tak panely po jejím obvodu.



Obr. 23 Ochrana střešních FV panelů pomocí digitálních MW bariér [20], upravil Svoboda 2019

## 4.6 Shrnutí

Zabezpečení fotovoltaických panelů, respektive elektráren je možné řešit několika způsoby, jak již je uvedeno v úvodu kapitoly.

Je potřeba vždy zohlednit, zda bude výhodnější zabezpečit přímo panely, nebo raději zabezpečit perimetr, dále zda se jedná o klasickou fotovoltaickou elektrárnu, nebo o střešní fotovoltaickou elektrárnu. Dalším faktorem, který je podstatné zohlednit, je, že veškeré zabezpečení těchto typů produktů probíhá vždy ve venkovním prostředí a dle toho je nutné vybírat vhodné technologie, v neposlední řadě je důležitým faktorem i hodnota zabezpečovaného majetku v poměru k vynaloženým výdajům.

V kapitole jsou zmíněny nejčastější případy výstavby fotovoltaických elektráren a jejich vhodné typy zabezpečení. Na každý případ je ale nutné nahlížet individuálně a vytvářet návrhy dle konkrétních podkladů a požadavků, tak aby zabezpečení splnilo bezpečnostní, funkční, finanční a stabilní stránku projektu.

## 5 MONITOROVÁNÍ VÝROBY ELEKTRINY Z FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

Monitorování výroby elektřiny z fotovoltaických panelů je založeno na měření protékajícího proudu, velikosti napětí a vyhodnocování dalších doplňujících parametrů v daném prostředí jako, je třeba hodnota osvitů, teplota vzduchu, teplota panelů atd.

### 5.1 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické neboli také solární elektrárny jsou součástí skupiny obnovitelných zdrojů energie. Ke své činnosti využívají sluneční záření a při výrobě neprodukuje žádné emise. K přeměně slunečního záření na elektřinu využívají fotovoltaický jev.

#### 5.1.1 Základní pojmy fotovoltaiky

- **Fotovoltaika** – technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu.
- **Fotovoltaická elektrárna** – zařízení pro přeměnu slunečního záření na elektřinu. Patří k obnovitelným zdrojům, které v provozu neprodukuje žádné emise znečišťujících látek.
- **Fotovoltaický článek** – je základním funkčním prvkem fotovoltaického panelu. Fotovoltaický článek je polovodičová fotodioda, která přeměňuje sluneční záření na stejnosměrný proud na základě fotovoltaického jevu. Napětí jednoho článku je 0,5 V. Proud je úměrný ploše článku, jeho účinnosti a intenzitě slunečního záření.
- **Fotovoltaický panel** – základní samostatná výrobní jednotka fotovoltaického systému, která se skládá z 60 nebo 72 článků z krystalického křemíku. Napětí v bodě maximálního výkonu se u těchto panelů pohybuje kolem 36 V. Jedná se v současnosti o nejrozšířenější typy fotovoltaických panelů.
- **String** – je řetězec sériově propojených článků nebo panelů. Sériové propojení slouží k dosažení požadovaného napětí.
- **Střídač** – převádí stejnosměrné napětí (DC) z panelů na střídavé napětí (AC) vhodné pro běžné síťové spotřebiče, což je obvykle na 230 V. Pro FVE aplikace navíc s fázováním, MPPT a ochranou proti ostrovnímu režimu.
- **Výkonový optimalizér** – DC/DC měnič s MPPT se připojuje ke každému panelu ve stringu, umožňuje tak zapojit do série panely různých výkonů, s různým sklonem a orientací, případně i různě zastíněných, kdy každý z panelů pracuje v optimálním pracovním bodě [21].

\***MPPT** – (Maximum Power Point Tracker) sledovač bodu maximálního výkonu

#### 5.1.2 Provoz fotovoltaických systémů

Provoz fotovoltaických systémů lze rozdělit do tří základních skupin:

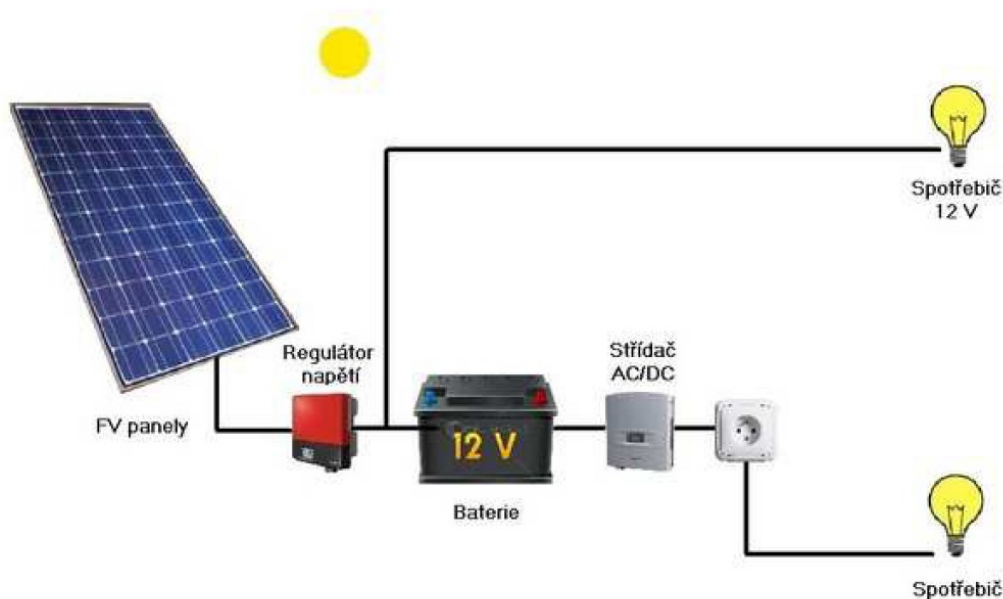
- systémy nespojené s rozvodnou sítí (autonomní/ostrovní systémy),
- systémy spojené s rozvodnou sítí,
- hybridní systémy.

### 5.1.2.1 Autonomní systém

Autonomní fotovoltaický systém je využíván k napájení vesmírných satelitů, sond, počítačů a další techniky v místech, kde není k dispozici jiný zdroj energie. Nejčastěji je systém využíván v aplikacích na čerpání nebo ohřev vody. Nejslabším článkem těchto systémů jsou akumulátory [22].

Typy instalací:

- DC/DC bez akumulace,
- DC/AC bez akumulace,
- DC/DC s akumulací,
- DC/AC s akumulací.



Obr. 24 Autonomní FV systém [22]

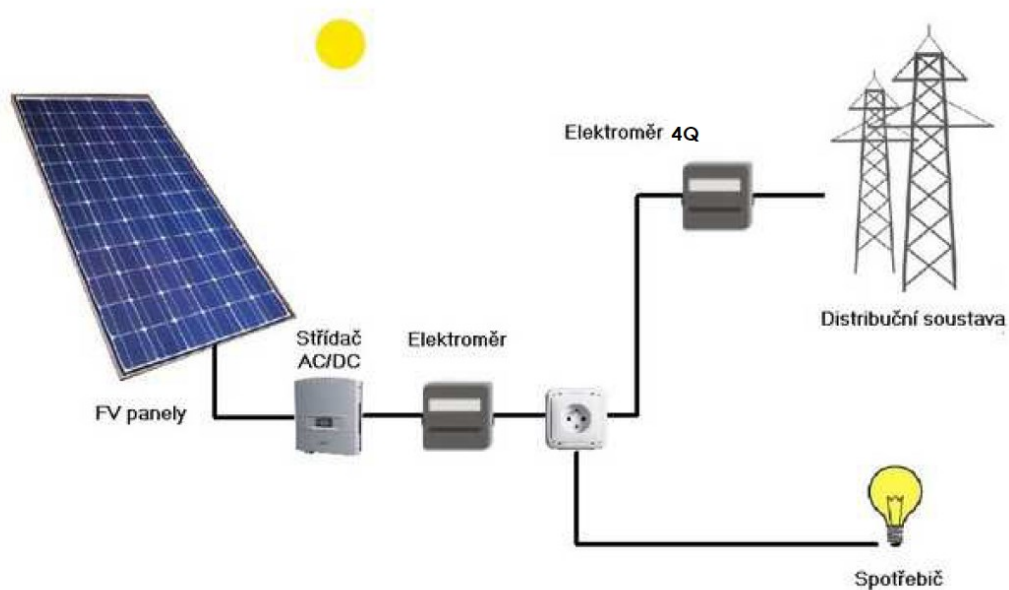
### 5.1.2.2 Systémy spojené s rozvodnou sítí

Systémy spojené s rozvodnou sítí se dělí do tří skupin dle výkonu:

- malý výkon (do 10 kWp),
- střední výkon (do 200 kWp),
- velký výkon (nad 200 kWp).

\* **kWp** - kilowattpeak = watt špičkového výkonu

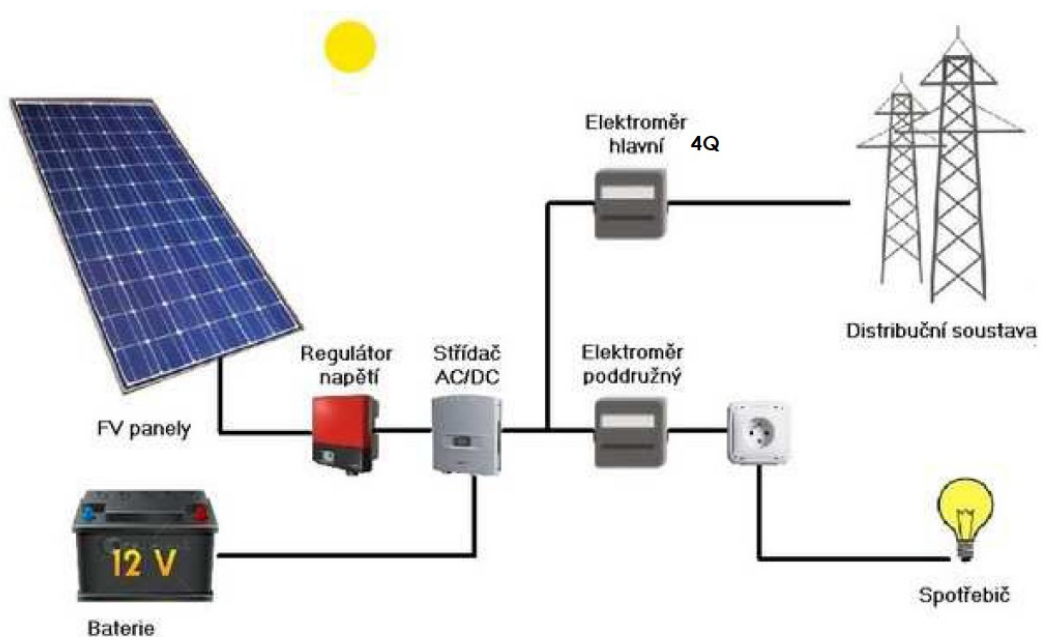
**Spotřebitelský systém** – je systém určený pro výrobu elektrického proudu pro vlastní spotřebu. Vyprodukovaný přebytek je možné dodávat do veřejné distribuční sítě [22].



Obr. 25 Spotřebitelský systém FV [22]

### 5.1.2.3 Hybridní systém

Hybridní systém je kombinací autonomního a spotřebitelského systému. Hybridní fotovoltaická elektrárna je navržena a provozována tak, aby bylo možné spotřebovat veškerou energii vyrobenou pomocí fotovoltaických panelů. Nejdříve jsou nabíjeny akumulátory, po jejich plném nabití začnou energii spotřebovávat prioritní spotřebiče. Vyrobené přebytky se dodávají do distribuční sítě [22].



Obr. 26 Hybridní systém FV [22]

### 5.1.3 Základní prvky FV systémů

- nosné konstrukce,
- fotovoltaické panely,
- ochranné jistící prvky,
- akumulátory,
- regulátory nabíjení,
- střídače/měníče,
- spojovací elektroinstalační materiál.

#### 5.1.3.1 Střídače

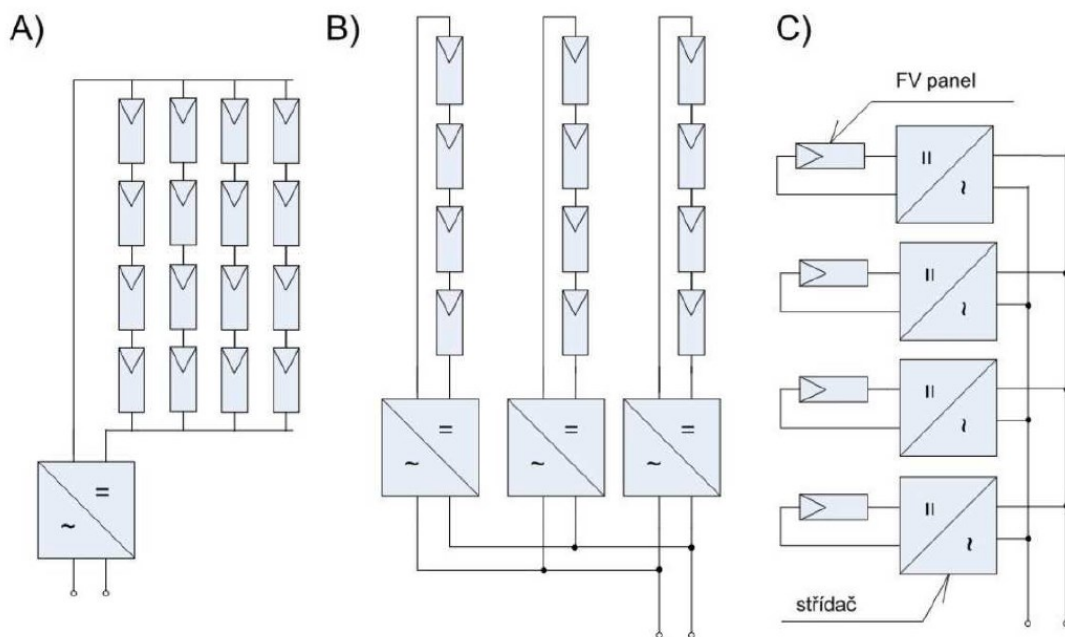
Střídač je elektronické zařízení, které převádí stejnosměrné napětí na střídavé. Převod stejnosměrného napětí na střídavé je řešen elektronicky pomocí výkonných tranzistorů, které proud zapnou a vypnou až 20 000× za sekundu.

Takto převedený stejnosměrný proud je pak možné převézt pomocí transformátoru na požadované vyšší výstupní napětí.

Střídače lze rozdělit na dva typy dle jejich použití:

1. *Izolované střídače* – jsou určeny pro izolovanou síť oddělenou od veřejné rozvodné sítě a pracují bez vnějšího nastavování veličin, jako jsou frekvence nebo napětí.
2. *Střídače paralelní se sítí* – jsou určeny speciálně pro fotovoltaická zařízení spojená s elektrickou rozvodnou sítí. Nastavují se na frekvenci a napětí sítě a posílají do sítě vyrobený elektrický proud synchronně se sítí.

Kvalitní střídače dosahují účinnosti až 95 % v širokém pracovním rozsahu. Účinnost je velice důležitá i při malém vytížení střídače, jelikož střídač většinu času pracuje pouze s částí svého maximálního výstupního výkonu. Pokud je střídač odolný proti zkratu, automaticky se při zkratu vypne a zabráni tím poškození samotného střídače a ostatních součástí fotovoltaické elektrárny. Pokud dojde k přetížení, střídač automaticky odpojí spotřebič, čím zabrání poškození zařízení.



Obr. 27 Typy střídačů, A) centrální, B) řetězové (stringové), C) modulové [23]



Střídače lze dělit i dle výkonu:

1. *Modulové střídače* – střídač je připojen pouze k jednomu fotovoltaickému modulu (část C na obr. 27).
2. *Řetězcové nebo stringové střídače* – každý střídač je připojen k několika fotovoltaickým panelům vzájemně propojeným do série, případně i paralelně (část B na obr. 27).
3. *Velké centrální střídače* – připojují se na stovky až tisíce fotovoltaických panelů (část A na obr. 27).

Modulové střídače se používají pouze u malých systémů s výkonem do 1 000 W. Stringové střídače se používají u středně velkých fotovoltaických elektráren do 20 kW. Velké fotovoltaické elektrárny nad 20 kW používají velké centrální střídače, nebo velké množství stringových střídačů [23].

#### 5.1.4 Zapojení FV elektrárny

Fotovoltaická elektrárna pracující paralelně s distribuční sítí je zobrazena na obrázku 28. Zdrojem elektrické energie je fotovoltaické pole (1), které je pomocí vedení spojeno s měničem (4).

Pokud je na fotovoltaické elektrárně větší počet paralelně řazených stringů, je nutné zajistit ochranu fotovoltaických panelů proti zpětným proudům a nadproudovou ochranu kabelů fotovoltaického pole při poruše.

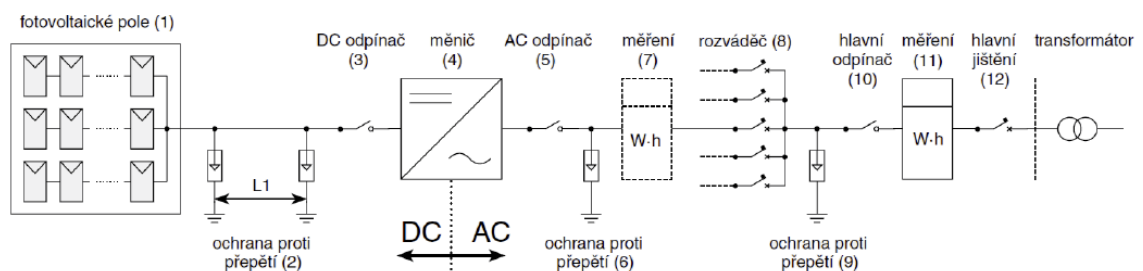
Pro výpočet jmenovitého proudu pojistkové vložky platí uvedený vzorec:

$$1,4 \cdot I_{SC} \leq I_N \leq 0,7 \cdot I_{MOD \text{ Reverse}}$$

Ochrana proti přepětí je zobrazena (2). Pokud je mezi fotovoltaickým polem a měničem delší vedení, používají se svodiče přepětí jak u měniče, tak v blízkosti FV pole.

Pro údržbu měniče (střídače) je nutné zajistit odpojení od AC i DC strany, proto jsou u měniče instalovány DC odpínač (3) a AC odpínač (5). V případě, že je funkčně zajištěno, aby vypnutí (zapnutí) DC strany probíhalo vždy bez zátěže, tzn., že AC strana bude vypínána dříve a zapínána následně, pak lze na místě DC strany použít jen odpojovač.

Za AC odpínačem je instalován svodič přepětí (6), použit je zejména u dlouhých vedení. Další částí systému je místní měření elektrické energie a následuje připojení přes jisticí přístroj k rozváděči (8). V případě fotovoltaického zdroje velkého výkonu jsou do rozváděče připojeny přes jisticí přístroje jednotlivé paralelní větve fotovoltaického zdroje. Rozváděč a následný elektrický rozvod je chráněn ze strany připojení k distribuční síti svodičem přepětí (9). Měření dodané a spotřebované energie (výroba a spotřeba v místě – zelený bonus) nebo jen dodané energie (pouze výroba bez spotřeby) předchází hlavní odpínač rozváděče (10). Měření (11) hlavního jističe (12) transformátor



Obr. 28 Zapojení FV elektrárny [24]

## 5.2 Principy řešení monitoringu

Každý z výrobců střídačů umožňuje provozovateli zjišťovat určitým způsobem různá provozní data vztahující se k provozu fotovoltaické elektrárny. Je to zejména z důvodu včasné detekce vzniklé závady a jejího promptního odstranění tak, aby nedocházelo k žádným nebo minimálním ztrátám.

Monitoring lze rozdělit do dvou skupin. První z nich slouží koncovým uživatelům pro ověření obecných technických stavů a hodnot aktuální a průběžné výroby elektřiny. Druhou skupinu využívají techničtí (servisní) správci elektráren pro zjištění individuálních technických informací důležitých pro provoz ze servisního hlediska.

Během monitoringu se monitoruje výroba elektrické energie, střídače, fyzikální podmínky na fotovoltaické elektrárně, vstupy.

### 5.2.1 Monitorované hodnoty

Monitoring fotovoltaických elektráren je definován normou ČSN EN 61724. Mezi měřené a vyhodnocované hodnoty patří:

#### 5.2.1.1 Základní hodnoty

##### 5.2.1.1.1 Intenzita slunečního záření [ $W/m^2$ ]

Čidla intenzity jsou instalována na všech fotovoltaických elektrárnách s výkonem vyšším než 300 kWp. Využívá se pyranometrů s přesností lepší než 5 % měřené hodnoty.

##### 5.2.1.1.2 Venkovní teplota [ $^{\circ}C$ ]

Venkovní teplota se měří ve stínu a je důležitá z hlediska teplotního namáhání komponent fotovoltaické elektrárny.

##### 5.2.1.1.3 Rychlost větru [ $m/s$ ]

Je důležitá u fotovoltaických panelů s trackery, kde se při vysoké rychlosti větru panely nastaví do vodorovné polohy. U fotovoltaických elektráren s pevnými panely se jedná o informativní hodnotu.

##### 5.2.1.1.4 Teplota modulů [ $^{\circ}C$ ]

Měří se příložitým čidlem na spodní straně modulu nebo referenčním článkem s čidlem kompenzace, kde není nutné řešit přívod kabeláže k panelům (informace jsou zasílány po sběrnici). Chyba měření je maximálně  $\pm 1$  K.

##### 5.2.1.1.5 Napětí a proud [ $V$ a $A$ ]

Měření se provádí na „stejnoseměrné“ straně, na „střídavé“ straně není normou vyžadováno. Vzhledem k tomu, že se informace většinou získávají ze střídače, kde jsou k dispozici obě hodnoty, není tedy problém ukládat oba typy hodnot. Zjištěné hodnoty se využívají většinou pro detekci poruch.

##### 5.2.1.1.6 Výkony [ $W$ ]

Stejnoseměrný výkon je nutné měřit na základě okamžitých hodnot napětí a proudu, proto norma doporučuje využití stejnosměrného wattmetru. Přesnost měření včetně zpracování signálu musí být lepší než 2 % měřené hodnoty [25].

### 5.2.1.2 Odvozené hodnoty

#### 5.2.1.2.1 Globální záření [ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{d}$ ]

Celková sluneční energie, která dopadla za den na jednotku plochy.

#### 5.2.1.2.2 Množství energie [ $\text{kWh}$ ]

Kumulované hodnoty elektrické práce vycházející z výkonových parametrů měřených v reálném čase. U běžných instalací jde o výkony na vstupech a výstupech střídačů.

#### 5.2.1.2.3 Celkový výnos

Počet hodin za den, během nichž by FVE musela podávat svůj jmenovitý výkon, aby vyrobila naměřené denní množství energie na výstupu do sítě.

#### 5.2.1.2.4 Normalizované ztráty [ $\text{h}/\text{d}$ ]

Čas, po který by FVE musela podávat jmenovitý výkon, aby pokryla kumulované denní ztráty.

#### 5.2.1.2.5 Celková účinnost

Součin střední účinnosti pole a účinnosti, s níž je energie přenášena ze zdrojů ke spotřebičům [25].

## 5.2.2 Typy monitoringu

Monitoring lze rozdělit na dvě základní skupiny.

### 5.2.2.1 Monitoring lokální

Lokální monitoring FVE je založen na zobrazování měřených hodnot přímo na displeji střídače nebo na vzdáleném displeji, který komunikuje se střídačem bezdrátově. V některých případech je střídač spojen přímo s počítačem pomocí sériových sběrnic RS232 nebo USB, na kterém je nainstalován monitorovací software.



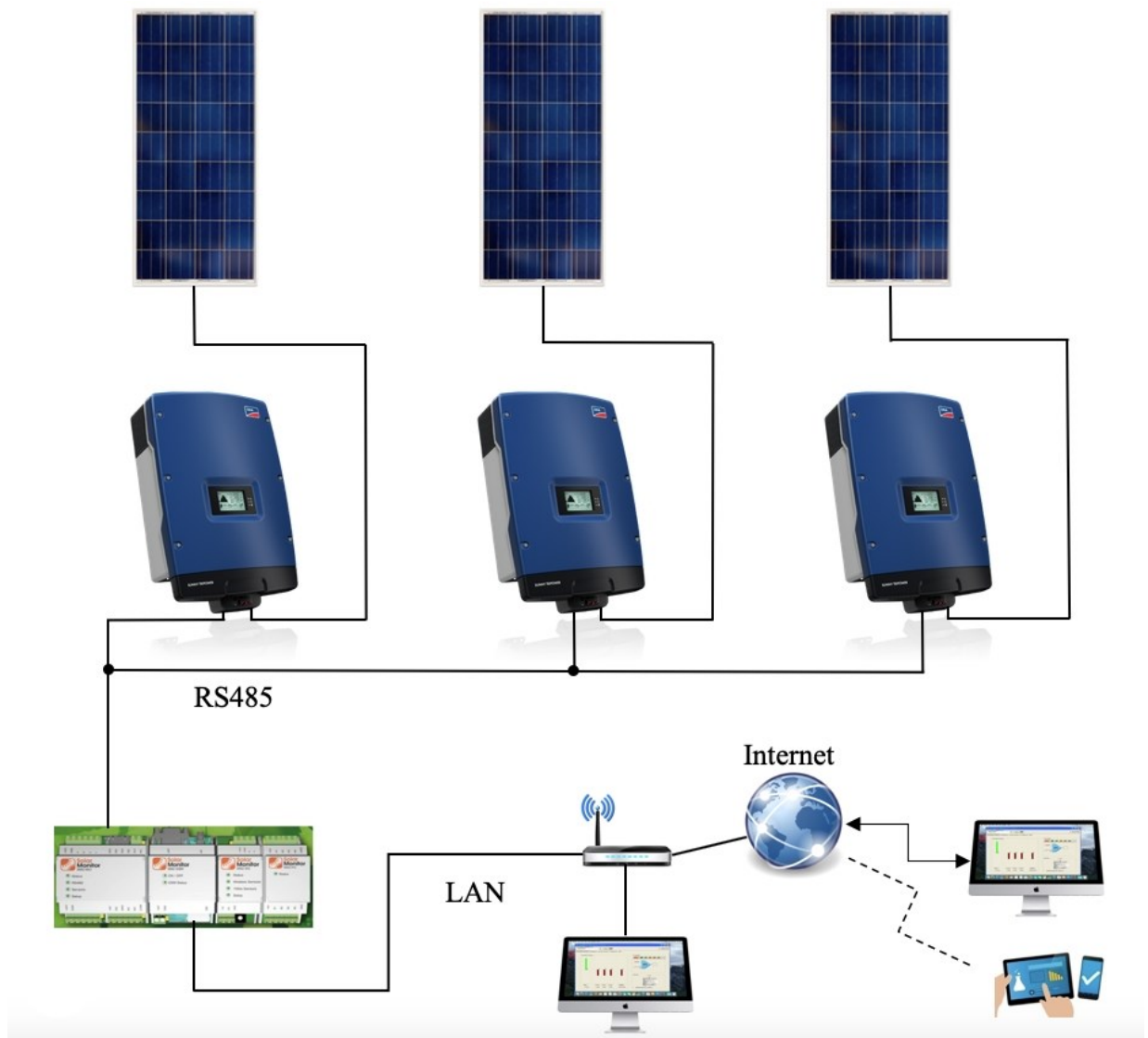
Obr. 29 Lokální monitoring FVE [Svoboda – vlastní]

### 5.2.2.2 Monitoring vzdálený

Vzdálený monitoring je využíván ve větších aplikacích, kde je větší množství panelů a střídačů a zároveň není na místě trvalá obsluha.

Střídače se vzájemně propojují, nejčastěji sériovou sběrnicí RS485. Sběrnice je ukončena v externích zařízeních (nazývaných datalogery).

Datalogery sbírají data ze střídačů a ostatních externích detektorů, některé dokážou ukládat data do své vnitřní paměti. Data jsou následně přenášena, většinou internetovou sítí, do aplikací, které je zpracovávají a vyhodnocují.



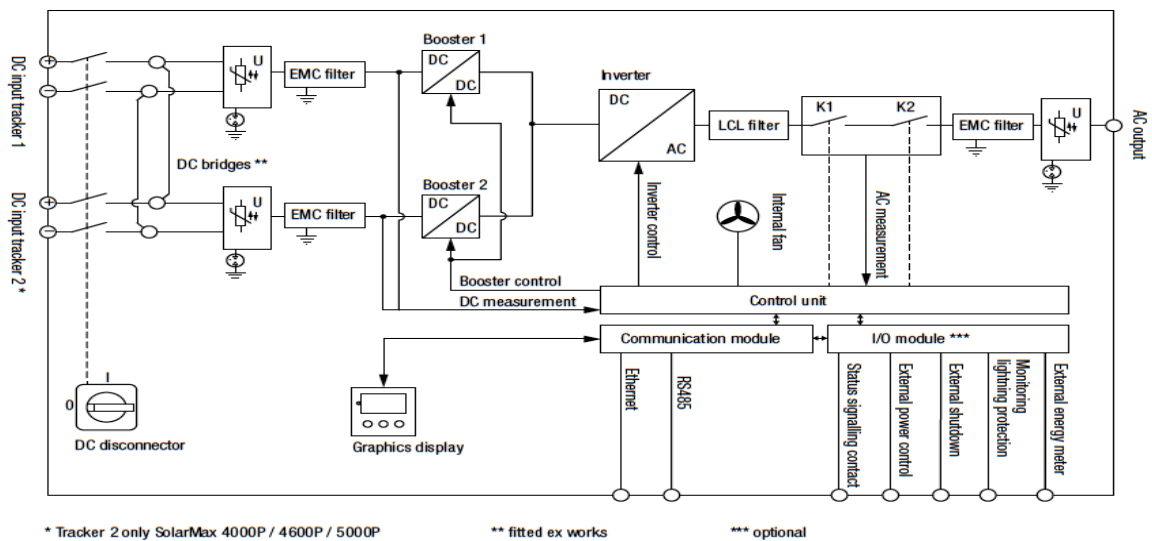
Obr. 30 Vzdálený monitoring [Svoboda – vlastní]

### 5.2.3 Výrobci

Každý z výrobců používá svůj způsob předávání provozních informací fotovoltaické elektrárny směrem k uživateli. Principy jsou po technické stránce podobné, rozdíly jsou v množství předávaných informací a v jejich časové aktualizaci.

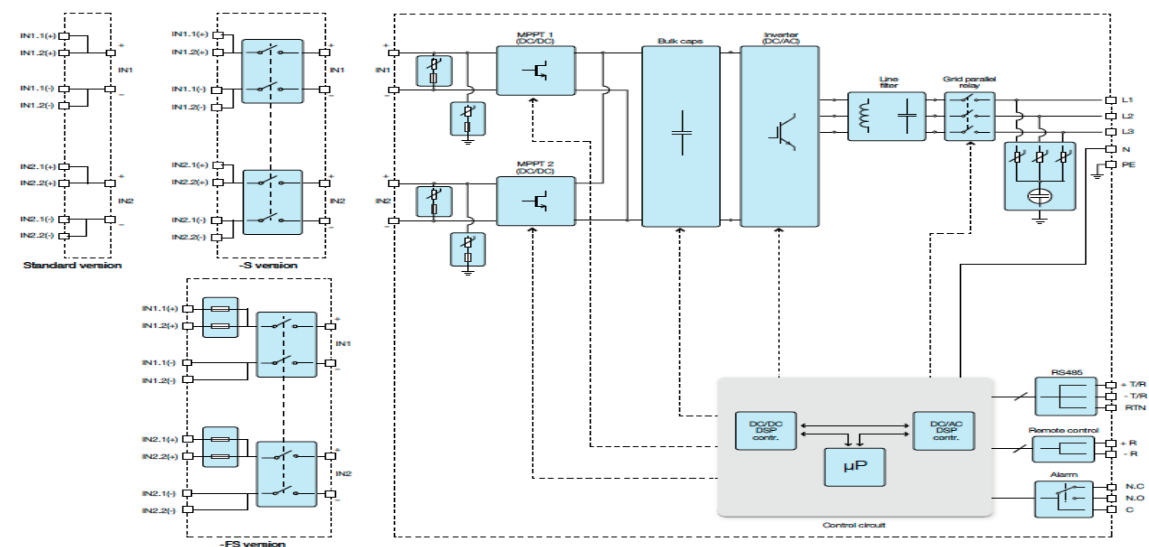
Na českém trhu jsou nejčastěji zastoupeni tito výrobci: SMA, Solar Max, Power One-ABB a Fronius.

Většina střídačů je již vybavena komunikačním rozhraním, pomocí něhož mohou komunikovat směrem k uživateli různými způsoby, nejčastěji pomocí sběrnice RS 485 nebo Ethernetu.



Obr. 31 Blokové schéma střídače Solar MAX [26]

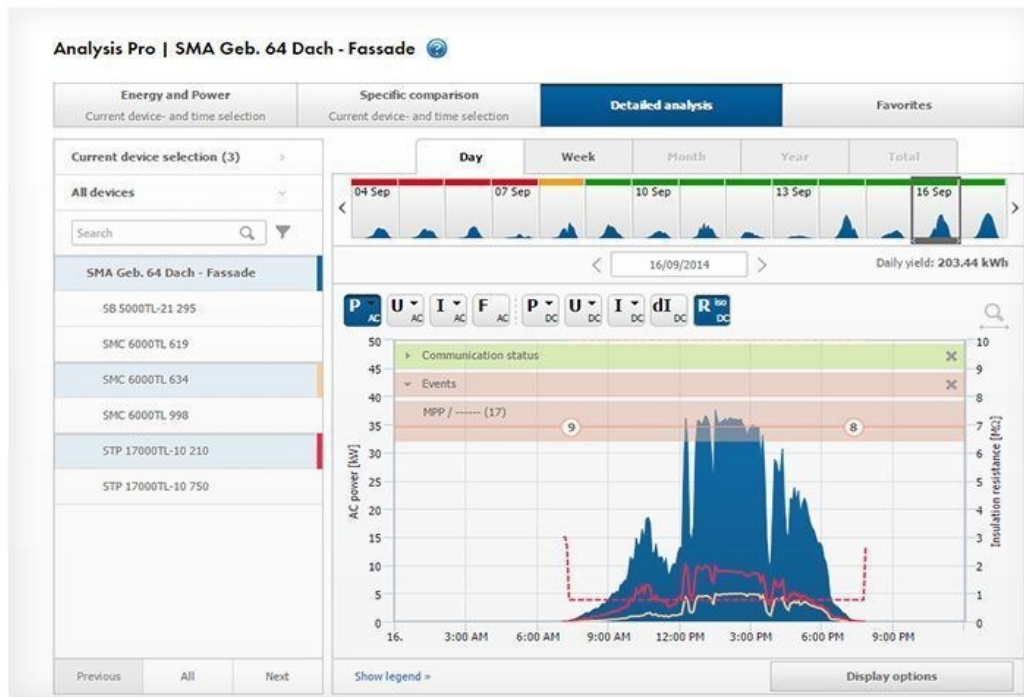
Block diagram of PVI-10.0/12.5-TL-OUTD



Obr. 32 Blokové schéma střídače Power One-ABB [27]

Někteří výrobci mají k dispozici vlastní softwarové vybavení, pomocí kterého je možné data ze střídačů získávat a následně ukládat a analyzovat.

Jedná se například o datalogery Sunny Webbox od společnosti SMA, které přijímají a ukládají naměřené hodnoty a data ze střídačů pomocí sběrnice RS 485. K datalogeru je možné přistupovat pomocí webového prohlížeče nebo pomocí portálu Sunny Portal, pokud se data z datalogeru pravidelně automaticky vyčítají. Pro menší systémy do 4 střídačů je možné přímé připojení do portálu skrze internet a DSL router [28].



Obr. 33 Náhledy portálu Sunny Portal [28]



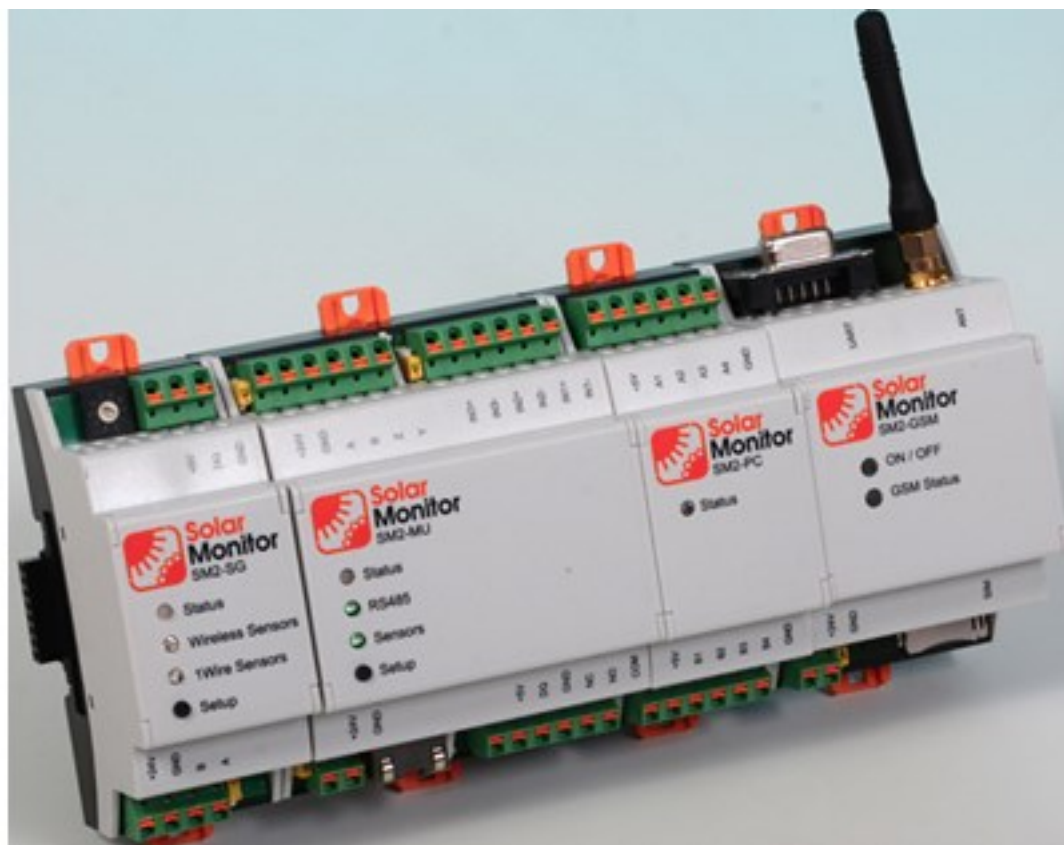
Obr. 34 Webconnect SMA [28]



Obr. 35 Sunny Webbox a Fronius Datalogger Web [28]

Podobnou variantu jako SMA má k dispozici výrobce Fronius. Do portálu se střídače připojují pomocí Fronius Dataloggeru Web skrze internet.

Pro management elektráren s různými typy střídačů nebo pro více elektráren s různými druhy střídačů od jiných výrobců je k dispozici výrobek české společnosti Solar Monitor s.r.o. se shodným jménem, tedy Solar Monitor. Jedná se komunikační modul, který nahrazuje originální datalogery výrobců, sbírá data ze střídačů skrze sériovou sběrnici RS 485. Pomocí vstupů pro připojení senzorů umožňuje monitorovat další veličiny, jako je teplota, osvit atd. Ukládá veškeré informace ze střídačů a senzorů pro lokální nebo vzdálený monitoring. Umožňuje připojení elektroměrů pro měření jak vyrobené, tak spotřebované energie. K dispozici je i webový portál pod názvem Monitoring2 pro zobrazování všech měřených hodnot [29].



Obr. 36 Monitorovací a komunikační modul Solar Monitor [29]

Střídače				
	Výkon	Teplota	Sériové číslo	Aktualizace
SolarMax 300C (11)	20.213 kW	49.0 °C	7845	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (12)	19.945 kW	52.0 °C	7120	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (13)	20.67 kW	57.0 °C	7846	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (14)	20.358 kW	57.0 °C	7871	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (21)	19.677 kW	50.0 °C	7876	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (22)	19.466 kW	56.0 °C	7873	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (23)	19.524 kW	55.0 °C	7064	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (24)	19.43 kW	59.0 °C	7119	21.04.2019 18:56:00
SolarMax 300C (25)	19.343 kW	56.0 °C	7851	21.04.2019 18:56:00

String boxy				
	Proud	Inst. proud	Sériové číslo	Aktualizace
MaxConnect+ (101)	7.8 A	160 A	7625	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (102)	8 A	160 A	7630	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (103)	8.5 A	160 A	7626	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (104)	8 A	160 A	7628	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (105)	8 A	160 A	7643	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (106)	7.8 A	160 A	6703	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (107)	8.6 A	160 A	7645	21.04.2019 18:56:00
MaxConnect+ (108)	8 A	160 A	7646	21.04.2019 18:56:00

Obr. 37 Zobrazovaná data portálu Monitoring 2 [Svoboda – vlastní]

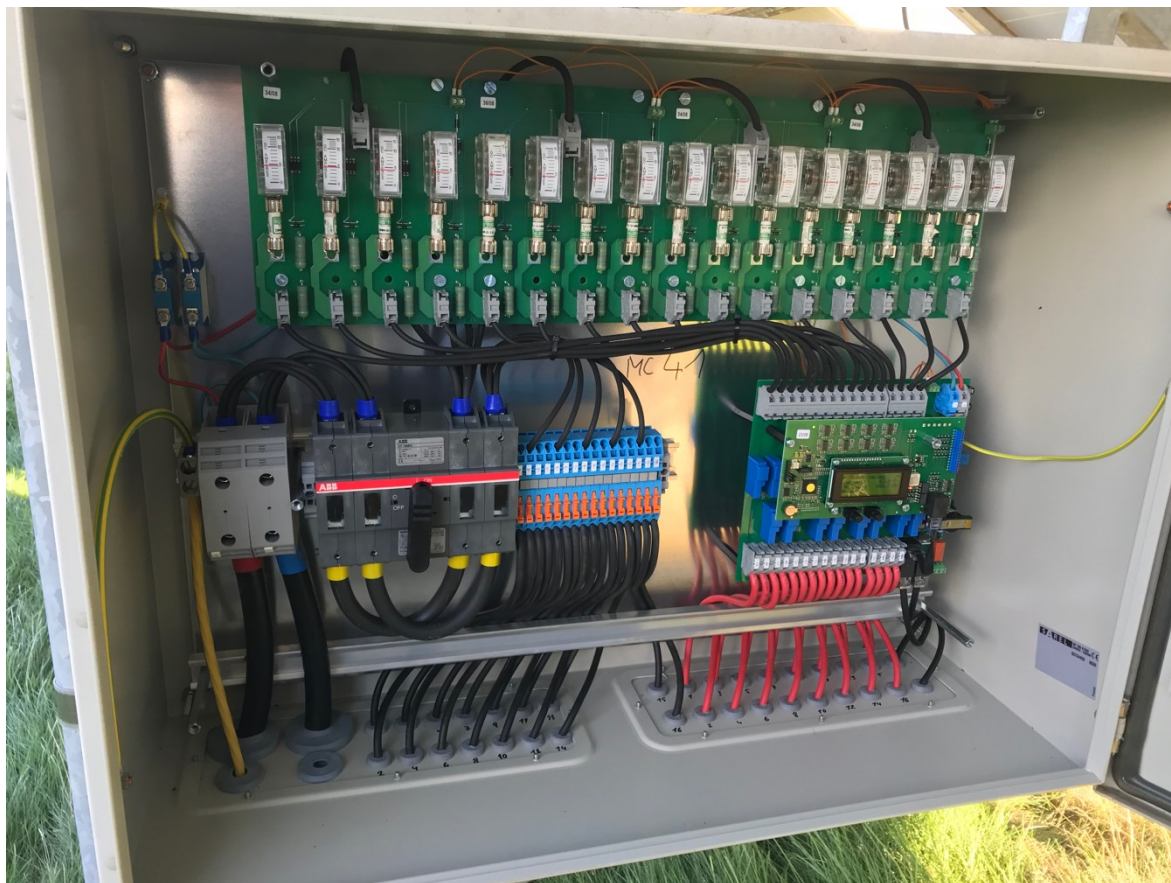


## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

V předchozích kapitolách bylo zmíněno, jakými způsoby je zajištěn monitoring fotovoltaických elektráren.

V provozu nastávají různé situace a dochází například k tomu, že je fotovoltaická elektrárna osazena střídači, které nejsou vybaveny technickými výstupy pro monitoring poruchových stavů pojistek stringů, nebo jsou monitorované informace globální a jejich synchronizace s dohledovým centrem je řešena v dlouhých intervalech. Způsobů řešení monitoringu je několik, výše zmíněné body vedou k tomu, že je uživatel informován pouze o výrobě a ze servisního hlediska nejsou k dispozici žádné, nebo nedostatečné informace, paradoxně poruchy typu poškozených pojistek stringu fotovoltaických panelů mají za následek snížení nebo zastavení výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů a provozovatel (uživatel) tak přichází o zisk.

Z těchto důvodů je vhodné doplnit systémy monitoringu o rozšiřující prvek, který dokáže informovat servisní organizaci nebo provozovatele v okamžiku vzniku poruchy. Tyto poruchy je vhodné průběžně zaznamenávat, díky čemuž je množné zpětně situaci analyzovat, a vyhodnotit tak daleko lépe možné příčiny vzniku uváděných poruch.



Obr. 38 String box pro umístění rozšířeného monitoringu [Svoboda – vlastní]

## 6 NÁVRH SYSTÉMU

Předmětem vývoje je integrovaný systém pro monitoring protékajícího proudu stringy fotovoltaických panelů s bezpečnostním modulem.

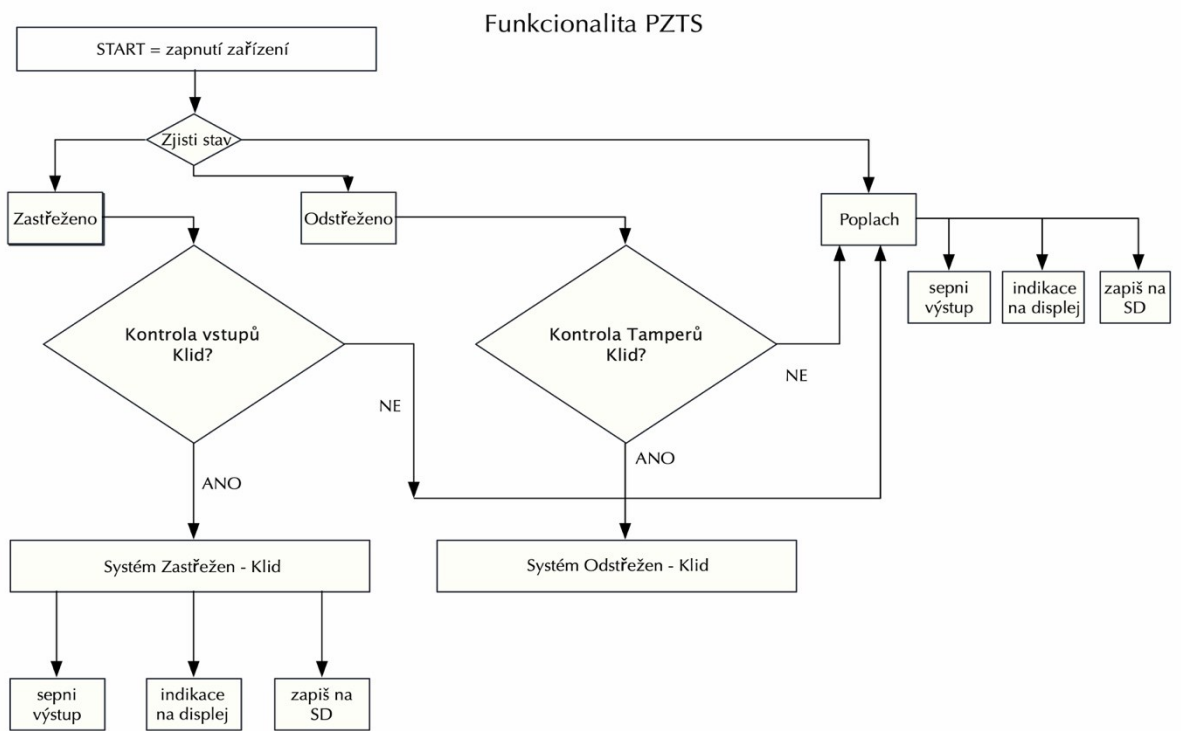
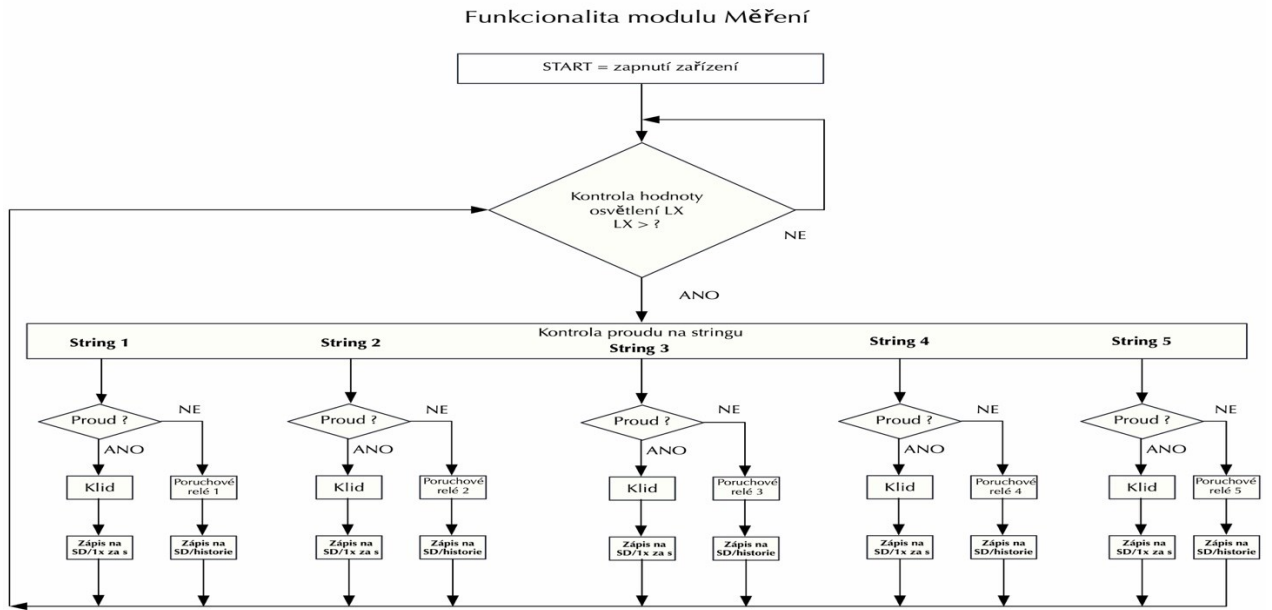
### 6.1 Požadavky na systém

Systém monitoringu bude měřit proud každého připojeného stringu FV panelů, tyto informace každou vteřinu zaznamenávat a ukládat pro další použití. Poruchové stavy budou signalizovány.

Část systému, která se bude starat o bezpečnost, tedy modul PZTS, bude vybaven vstupy pro připojení bezpečnostních detektorů různých typů, systém bude možné ovládat lokálně i vzdáleně, informace o provozu a poplachu budou zaznamenány a ukládány. Poplach a stav systému bude signalizován.

### 6.2 Vývojový diagram

Návrh systému a jeho funkcionality bude navrhována pomocí vývojových diagramů. Pro každou část funkčního bloku bude sestaven samostatný vývojový diagram. Níže na obrázku číslo 39 jsou uvedeny náhledy funkcionality obou částí modulu pomocí vývojových diagramů.



Obr. 39 Náhledy vývojových diagramů systému monitoringu a PZTS [Svoboda – vlastní]

## 7 SESTAVENÍ MODULU – VÝVOJOVÝ KIT

Pro vývoj a sestavení vzorku na otestování byl vybrán modul Arduino. Je to z důvodů jeho variability, dostupnosti a možností, které splňují požadavky, jež jsou kladeny na systém.

### 7.1 Sestava vývojového kitu

Dle definované funkcionality systému s převedením HW platformy bude vybrána sestava vývojového kitu, pomocí kterého bude řešen požadavek na vývoj.

#### 7.1.1 Funkcionalita bezpečnostní části:

- *Využívá 3 vstupy*

- **Vstup 1:** dvojitě vyvážený vstup (sérioparalelní zapojení 2EOL 10k) - poplachový detektor – připojení PIR, Magnetický kontakt, ochrana boxů technologie.
- **Vstup 2:** dvojitě vyvážený vstup (sérioparalelní zapojení 2EOL 10k) - poplachový detektor – připojení PIR, Magnetický kontakt, ochrana boxů technologie.
- **Vstup 3:** dvojitě vyvážený vstup (sérioparalelní zapojení 2EOL 10k) - ovládací vstup pro změnu stavu systému (zastřeženo/odstřeženo) – pomocí ovládacího kontaktu, nebo kódové klávesnice, nebo modulu GSM/GPRS/LTE, nebo ústředny PZTS.

- *Využívá 2 výstupy*

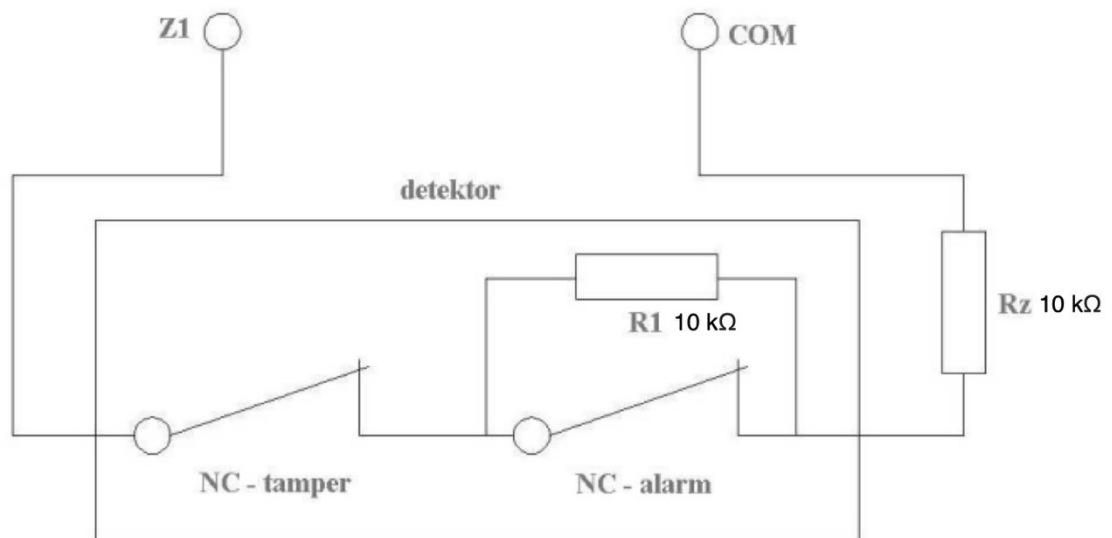
- **Výstup 1:** *Poplach* – informace přenášena na: sirénu, GSM/GPRS/LTE modul, nebo do ústředny PZTS.
- **Výstup 2:** *Zastřeženo* – informace přenášena na: GSM/GPRS/LTE modul, nebo do ústředny PZTS.

Systém se chová jako malá ústředna PZTS.

Je možné do ní připojit 2 dvojitě vyvážené detektory a ovládat pomocí dvojitě vyváženého vstupu (rozvážení = zastřežit, uklidnění = odstřežit). U dvojitě vyvážených vstupů je monitorován stav Poplach, pokud je systém ve stavu zastřeženo (záleží na stavu vstupu 3) a stav Tamper kontakt (24h smyčka), kdy nezáleží na stavu systému (vstupu 3), je monitorován stále.

Systém není možné zastřežit, pokud je některý ze vstupů 1 nebo 2 v poplachovém stavu. Pokud se systém zastřeží, informace se přenáší na výstup č. 2. Při jakémkoliv poplachu je aktivovaný výstup 1. Potvrzení a reset poplachu je realizován odstřežením systému.

Logy systému se ukládají v textové podobě na SD kartu do části deníku historie PZTS.



Obr. 40 Způsob zapojení dvojitě vyvážené smyčky PZTS [Svoboda – vlastní]

### 7.1.2 Funkcionalita monitorovací části:

Monitoring měření proudu probíhá na 5 samostatných stringech. Podmínkou monitoringu je zjišťovat, zda každým stringem protéká proud. Monitoring je aktivní, pouze pokud senzor osvětlení dodává informaci o minimální úrovni osvětlení, při které ještě nebo už dochází k výrobě elektřiny z FV panelů, při poklesu osvětlení pod stanovenou mez systém přestane monitorovat průtok proudu a zapisovat hodnoty na SD kartu do části deníku Výroba.

Pokud je systém ve stavu monitoringu a v některém stringu se vyskytne chyba (neprotéká proud), dojde k aktivaci příslušného poruchového relé, každý ze stringů má k dispozici své poruchové relé číslo 4 až 8.

Veškeré naměřené hodnoty proudu a osvětlení (v lx) jsou každou vteřinu ukládány do textového souboru Výroba na SD kartě.

Pokud dojde k systémové poruše, je aktivován příslušný poruchový výstup číslo 3 (příklad: pokud elektrárna vyrábí = protéká proud stringy, ale senzor osvitlu nezobrazuje adekvátní hodnotu = senzor může být znečištěn...).

### 7.1.3 Seznam použitých prvků pro vývoj

#### Sestava:

- vývojová deska Arduino (Uno, Mega, Due) – 1 ks,
- hodinový obvod RTC (zálohovaný) – 1 ks,
- LCD displej se čtečkou SD karet – 1 ks,
- senzor intenzity osvětlení – 1 ks,
- modul pro měření proudu – 5 ks,
- modul 8x relé – 1 ks,
- vývojové – nepájivé pole – 3 ks,
- napájecí zdroj – adaptér 12 V DC/1A,
- drobný instalační materiál (propojovací kabely, vyvazovací pásky, rezistory 10 k $\Omega$ ).

### 7.1.4 Vývojové desky Arduino

Vývojových desek Arduino je k dispozici na trhu něco kolem 13 základních typů. Jedná se například o tyto desky: Arduino Mini, Arduino Nano, Arduino Micro, LilyPad Arduino, Arduino Fio, Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Yún, Arduino Mega, Arduino Due, Arduino Esplora, Arduino Robot, Arduino Intel Galileo.

Typově lze pro projekt podobného typu využít desky Arduino Uno, Arduino Mega nebo Arduino Due.

#### 7.1.4.1 *Arduino Uno*

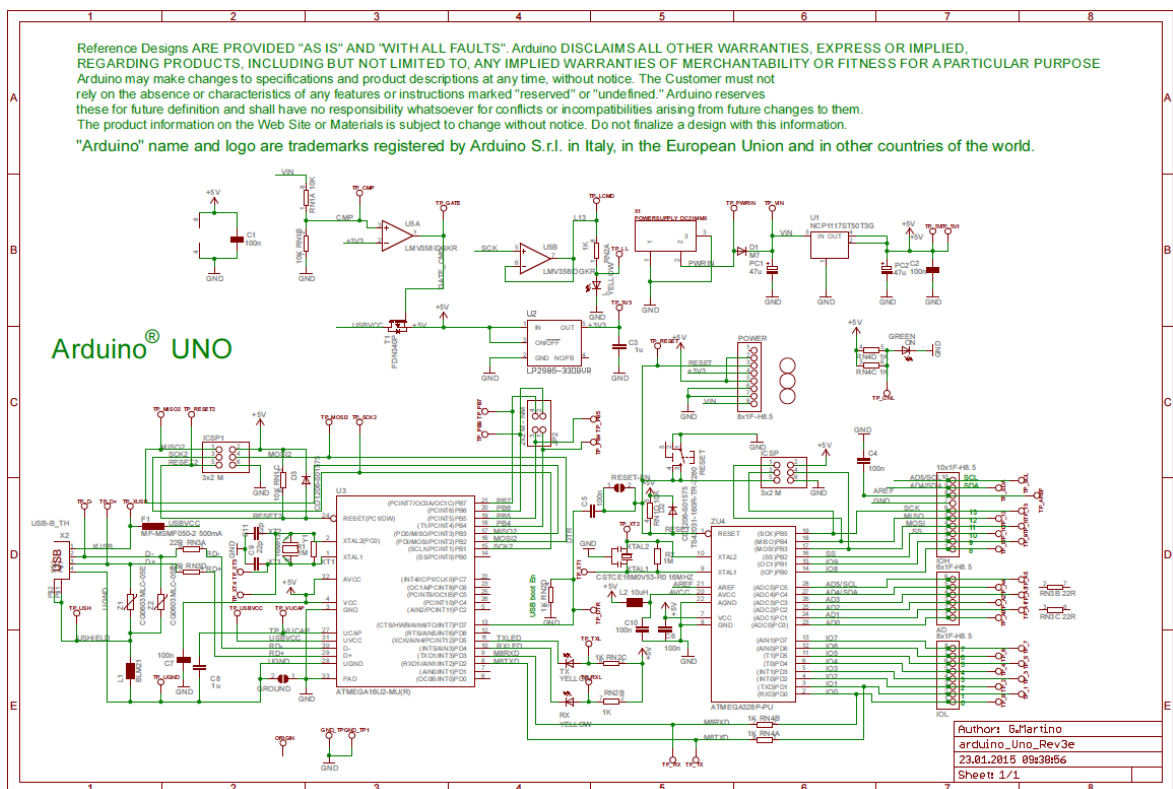
Arduino UNO je základní deskou celého konceptu Arduino. Arduino UNO je vývojová deska založená na čipu ATmega328P. Obsahuje 14 digitálních I/O pinů (z nichž 6 je možné použít jako PWM výstupy), 6 analogových vstupů, 16MHz krystalový oscilátor, USB připojení, napájecí konektor, ICSP čtečku a resetovací tlačítko [30].



Obr. 41 Arduino UNO [30]

Tab. 11 Parametry desky Arduino UNO [30], upravil Svoboda 2019

Parametry ARDUINO	Hodnota/typ
Mikrokontrolér	ATmega328P
Architektura	AVR
Datová sběrnice	8-bit
USB převodník	ATmega16U2
Provozní napětí	5 V DC
SRAM	2 kB
Flash paměť	32 kB, 0,5 kB použito pro bootloader
EEPROM	1 kB
Taktovací frekvence	16 MHz
Analogové I/O piny	6
Digitální I/O piny	14, 6 nabízí PWM výstup
Stejnoseměrný proud na pin	40 mA
<b>Parametry VŠEOBECNĚ</b>	
Vstupní napětí (doporučené)	7 ÷ 12 V DC
Vstupní napětí (limitní)	6 ÷ 20 V DC
Rozměry	53,4 x 68,6 mm
Hmotnost	25.00 g

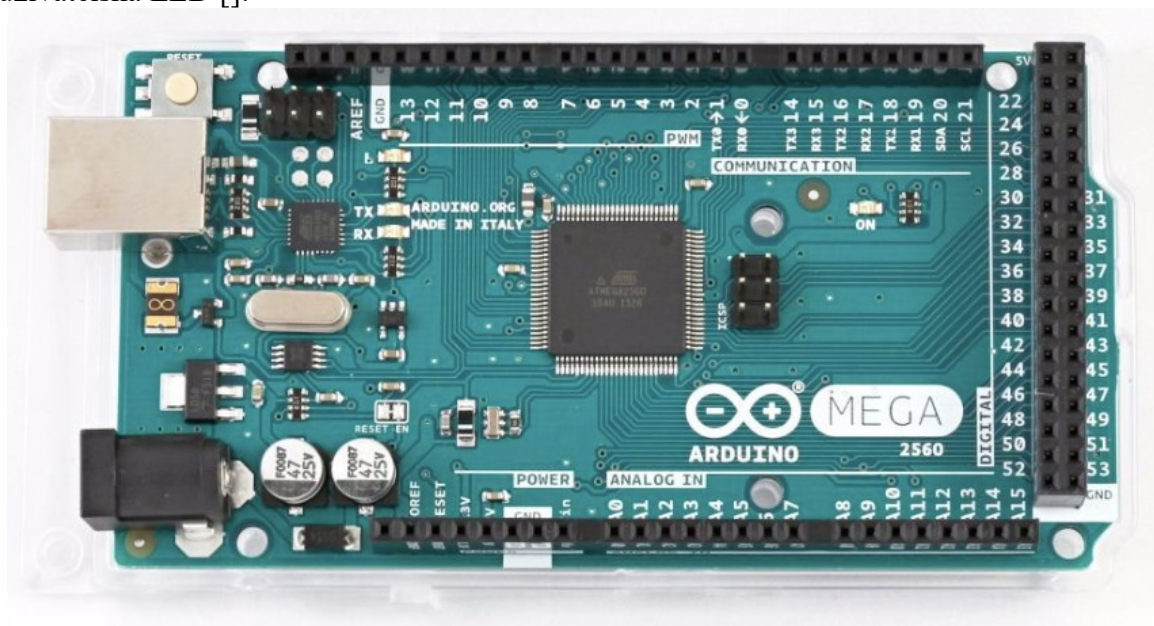


Obr. 42 Schéma zapojení Arduino UNO [30]



### 7.1.4.2 Arduino Mega

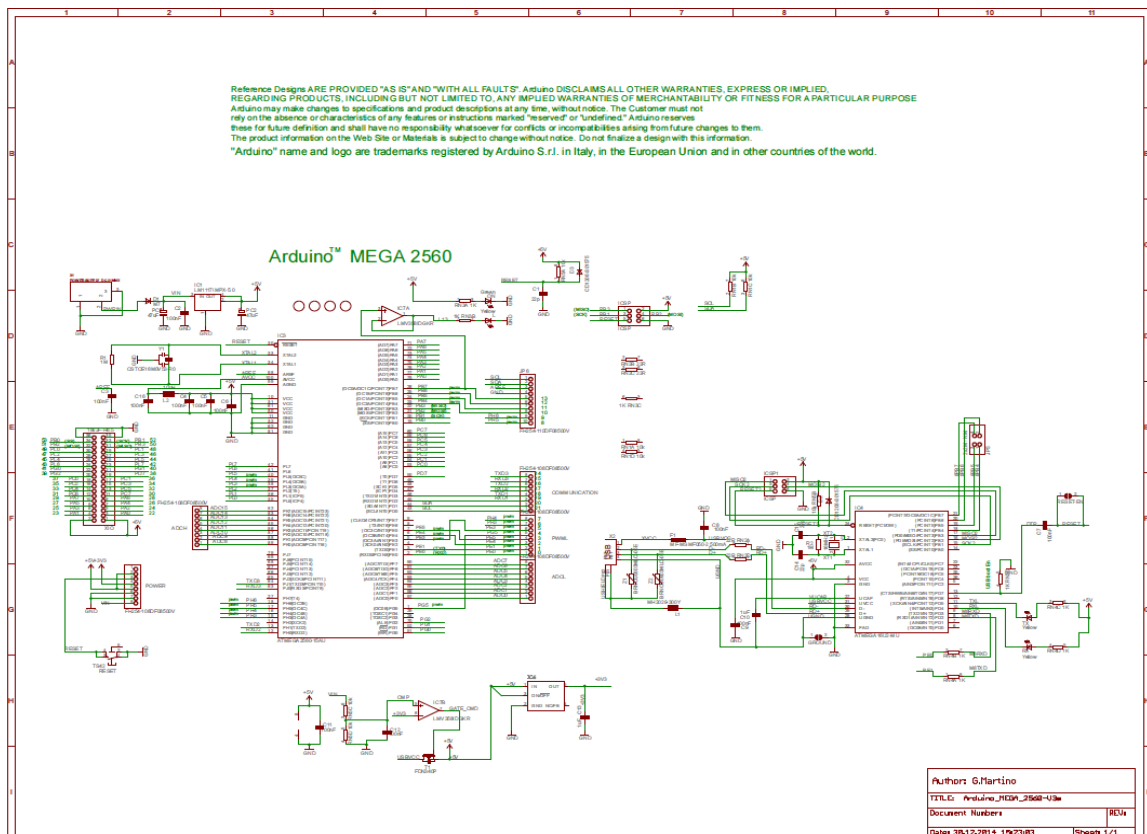
Arduino MEGA 2560 je deska osazená mikrokontrolerem ATmega2560. Obsahuje 54 digitálních vstupů/výstupů (15 PWM výstupů, 4 hardwarové sériové porty, externí přerušování), 16 analogových vstupů, 16MHz krystalový oscilátor, USB konektor, napájecí konektor, ICSP konektor a resetovací tlačítko. MEGA 2560 je moderní náhradou za Arduino MEGA 1280. Na Arduino MEGA je LED indikace napájecího napětí, signálů RX/TX a uživatelská LED [31].



Obr. 43 Arduino Mega [31]

Tab. 12 Parametry desky Arduino Mega [31], upravitel Svoboda 2019

Parametry ARDUINO	Hodnota/typ
Mikrokontrolér	ATmega2650
Architektura	AVR
Datová sběrnice	16-bit
USB převodník	Atmega16U2
Provozní napětí	5 V DC
Flash paměť	256 kB, 8 kB použito pro bootloader
SRAM	8 kB
Taktovací frekvence	16 MHz
Analogové I/O piny	16
Digitální I/O piny	54 (z toho 15 pro PWM výstup a 4 UART)
PWM výstupy	15
EEPROM	4 kB
Stejnoseměrný proud na pin	40 mA
<b>Parametry VŠEOBECNĚ</b>	
Vstupní napětí (doporučené)	5 ÷ 12 V DC
Vstupní napětí (limitní)	6 ÷ 20 V
Proudový odběr	38 mA
Rozměry	53,3 x 101,5 mm
Hmotnost	36.00 g



Obr. 44 Schéma zapojení Arduino Mega [31]

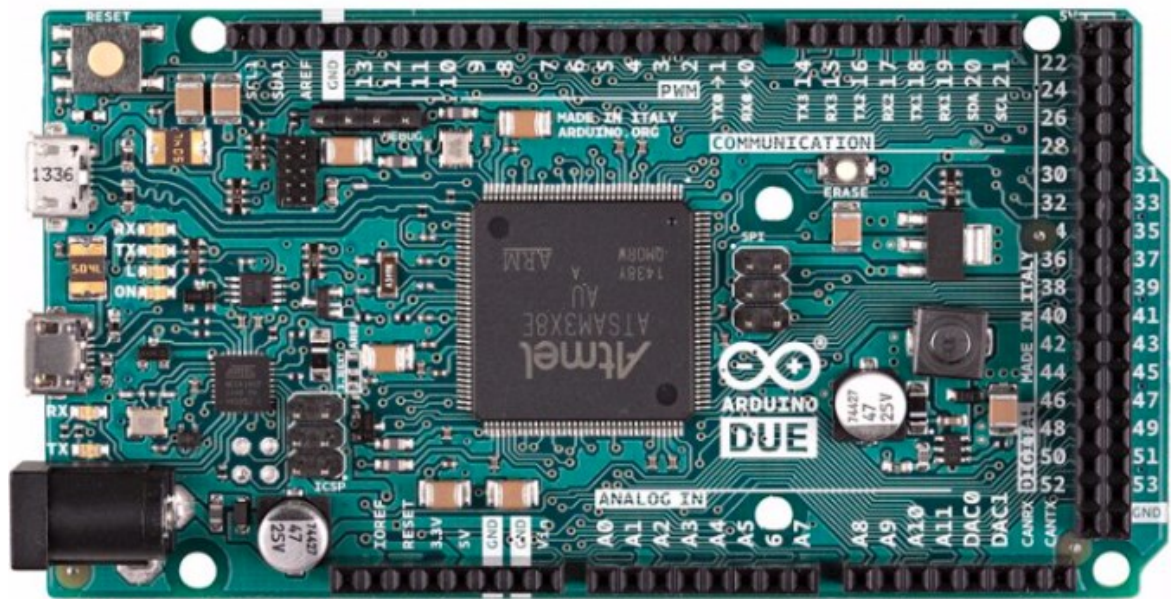
### 7.1.4.3 *Arduino DUE*

Arduino DUE je vývojová deska osazená procesorem Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Je to první Arduino deska založená na 32bitové architektuře. Obsahuje 54 digitálních I/O pinů (z nichž 12 je možné použít pro PWM výstupy), 12 analogových vstupů, 4 UART (hardwarové sériové porty), taktovací frekvenci 84 MHz, USB umožňující OTG připojení, 2 DAC (digital to analog) piny, 2x TWI, napájecí konektor, SPI čtečku, JTAG čtečku, resetovací tlačítko a tlačítko pro smazání paměti.

Arduino DUE má 32bitové ARM jádro, které vyniká nad 8bitovými vývojovými deskami v následujících parametrech:

- 32bitové jádro umožňuje operaci s 4B daty v rámci jednoho taktu,
- procesor s taktem 84 MHz,
- 96 kBytů SRAM,
- 512 kB flash paměti pro zdrojový kód,
- DMA kontrolér, který ulehčí procesoru při náročnějších operacích [32].

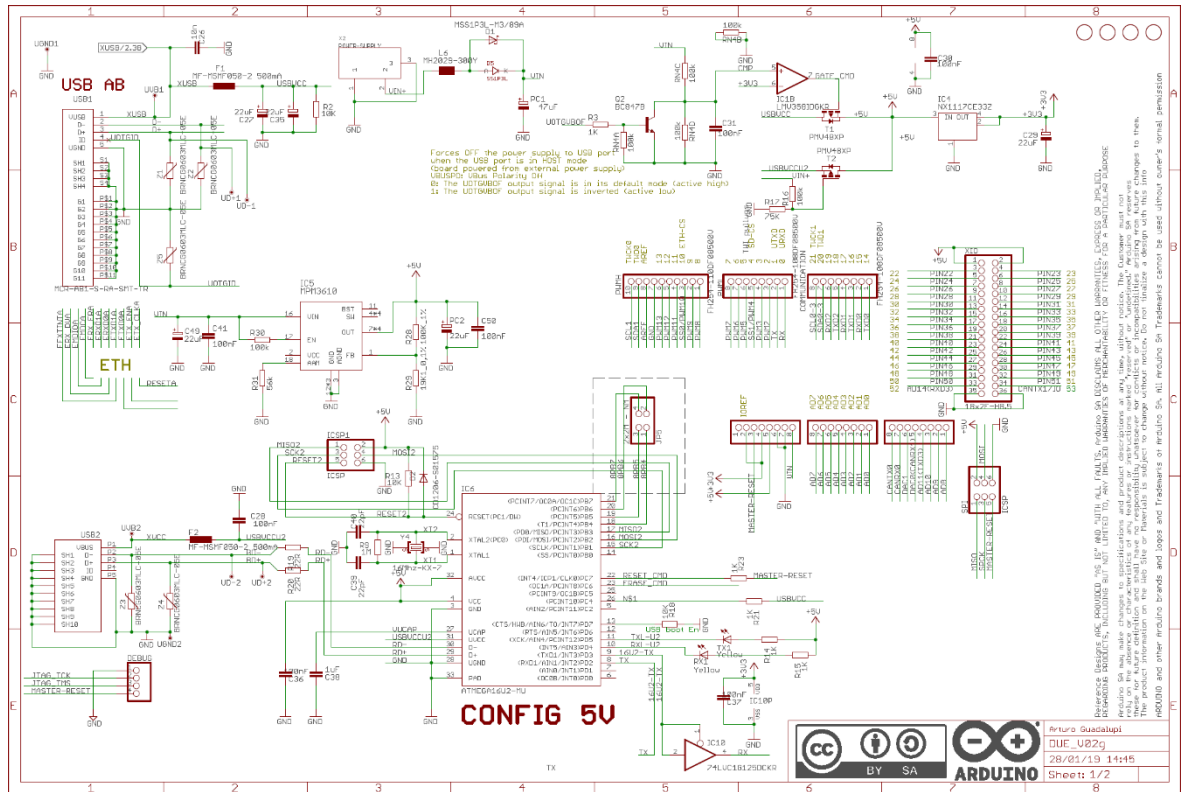
Pro vývoj bude použita tato deska. Vyhovuje z hlediska požadovaných počtů vstupů a výstupů a možnosti širokého rozšíření. Vzhledem k tomu, že vývoj bude pokračovat i v budoucnu, je zvolena varianta desky DUE i kvůli dostatečnému výkonu a 16bitovému A/D převodníku oproti desce MEGA, která by parametrově dostačovala nyní.



Obr. 45 Arduino DUE [32]

Tab. 13 Parametry desky Arduino DUE [32], upravil Svoboda 2019

Parametry ARDUINO	Hodnota/typ
Mikrokontrolér	AT91SAM3X8E
Architektura	ARM Cortex-M3
Provozní napětí	3,3 V
Flash paměť	512 kB
SRAM	96 kB (64 + 32 kB)
Taktovací frekvence	84 MHz
Digitální I/O piny	54
PWM výstupy	12
Analogové I/O piny	12 + 2 DAC
Stejnsměrný proud na pin	130 mA I/O piny, 800 mA na 3,3 V a 800 mA na 5 V pinu
<b>Parametry VŠEOBECNÉ</b>	
Vstupní napětí (doporučené)	7 ÷ 12 V DC
Vstupní napětí (limitní)	6 ÷ 16 V DC
Odběr	100 mA
Rozměry	53,3 x 101,52 mm
Hmotnost	34.00 g



Obr. 46 Schéma zapojení Arduino DUE [32]

**Přehled zapojení komunikačních rozhraní Arduino**

		Označení pinu												
		Arduino Nano	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Due	Arduino Micro	Arduino Uno	Arduino Pro Mini	Arduino Leonardo	Arduino Leonardo B3	Arduino Pro Mini	Arduino Uno	Arduino Uno	
Serial (Serial 0)	Rx	D0 (RX0)	D0	D0	D0	RX1	D1 (RX1)	D1 (RX1)	D0 (RX0)	D0	D1 (RX1)	0x, FT05	D13	
	Tx	D1 (TX1)	D1	D1	D1	TX1	D0 (TX0)	D0 (TX0)	D1 (TX1)	D1	D0 (TX0)	1x, FT04	D14	
Serial 1	Rx	-	-	D19	D19	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tx	-	-	D18	D18	-	-	-	-	-	-	-	-	
Serial 2	Rx	-	-	D17	D17	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tx	-	-	D16	D16	-	-	-	-	-	-	-	-	
Serial 3	Rx	-	-	D15	D15	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tx	-	-	D14	D14	-	-	-	-	-	-	-	-	
I2C 0 (I2C wire)	SDA	A4	A4, SDA	D20, SDA1	D0	D2	A6	A5	A4	D2, SDA	D2	A4	D11	
	SCL	A5	A5, SCL	D21, SCL1	D1	D3	A7	A4	A5	D3, SCL	D3	A5	D12	
I2C 1 (I2C wire)	SDA	-	-	-	SDA1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SCL	-	-	-	SCL1	-	-	-	-	-	-	-	-	
SPI 0	MISO	D12, KSP1	D12, KSP 1	D50	D19	MISO	D11	D12	D11	KSP 1	D14	D12	D10	
	MOSI	D11, KSP 4	D11, KSP 4	D51	D18	MOSI	D12	D11	D12	KSP 4	D16	D11	D8	
	SCK	D13, KSP 3	D13, KSP 3	D52	SCL1	SCK	D13	D13	D13	KSP 3	D15	D13	D9	
	SS	D10	D10	D53	D4	SS	D10	D10	D10	-	-	D10	-	
SPI 1	MISO	-	-	KSP 1	D17	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MOSI	-	-	KSP 4	D16	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SCK	-	-	KSP 3	A0	-	-	-	-	-	-	-	-	
SPI 2	SS	-	-	D52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MISO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MOSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SPI 3	SCK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MISO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CAN	CAN Rx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CAN Tx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Obr. 47 Popis pinů komunikačních rozhraní na vývojové desce Arduino DUE [32]

Vývojová deska Arduino Due je vybavena dvěma typy sériových sběrnic. Sběrnice se využívají pro rozšíření modulu o další prvky. První sběrnice se nazývá SPI (Serial Peripheral Interface), druhá se nazývá I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit), kvůli licenčním podmínkám je též označovaná společností Atmel jako TWI (Two Wire Interface).

#### 7.1.4.4 Sběrnice SPI

Sběrnice SPI (Serial Peripheral Interface) je externí sériová sběrnice pro vzájemné propojení dvou či více komunikujících uzlů. Jeden uzel je takzvaným řadičem sběrnice (master), ostatní uzly pracují v režimu slave. Uzel, který pracuje jako master, obsahuje generátor hodinového signálu, který je rozveden do všech ostatních uzlů, čímž je umožněn zcela synchronní (navíc ještě obousměrný) přenos dat. Hodinový signál je rozváděn vodičem označovaným symbolem **SCK**. Dále jsou uzly propojeny dvojicí vodičů označovaných většinou symboly **MISO** (Master In, Slave Out) a **MOSI** (Master Out, Slave In), pomocí nichž se obousměrně (full duplex) přenáší data. Posledním signálem, který se u této sběrnice používá, je signál SSEL (Slave Select), ten slouží k výběru některého uzlu pracujícího v režimu slave. Všechny čtyři signály – SCK, MISO, MOSI i SSEL – pro svoji funkci vyžadují pouze jednosměrné porty [33].

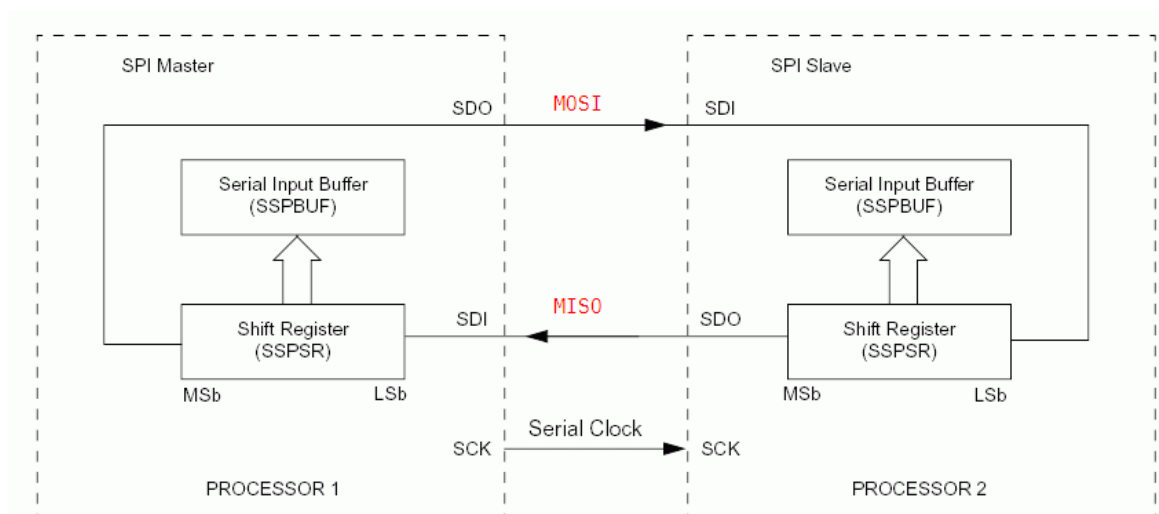
Komunikace na sběrnici SPI:

Pro komunikaci Master nastaví log. 0 na SS zařízení, se kterým chce komunikovat. Pak začne generovat hodinový signál na SCLK a v té chvíli vyšlou obě zařízení svoje data, přičemž MOSI (Master Out, Slave In) je vždy Master výstup, Slave vstup a MISO (Master In, Slave Out) je Master Vstup, Slave výstup.

Jakmile jsou data vyslána, může komunikace dále pokračovat:

- Master dále dodává hodinový signál, hodnota SS se nemění,
- nebo může být ukončena: Master přestane vysílat hodinový signál a nastaví SS do log. 1.

Délka vyslaných dat je buď 8bit (Byte), anebo 16bit [33].



Obr. 48 Způsob komunikace sběrnice SPI [33]

Sběrnici SPI bude v projektu využívat ke komunikaci displej a čtečka SD karet.

### Displej

Bude zobrazovat aktuální stav PZTS, hodnoty proudu a osvit.

### Čtečka karet

Bude zapisovat na SD kartu hodnoty měřeného proudu, osvit a stav systému PZTS.

#### 7.1.4.5 Sběrnice I<sup>2</sup>C / TWI

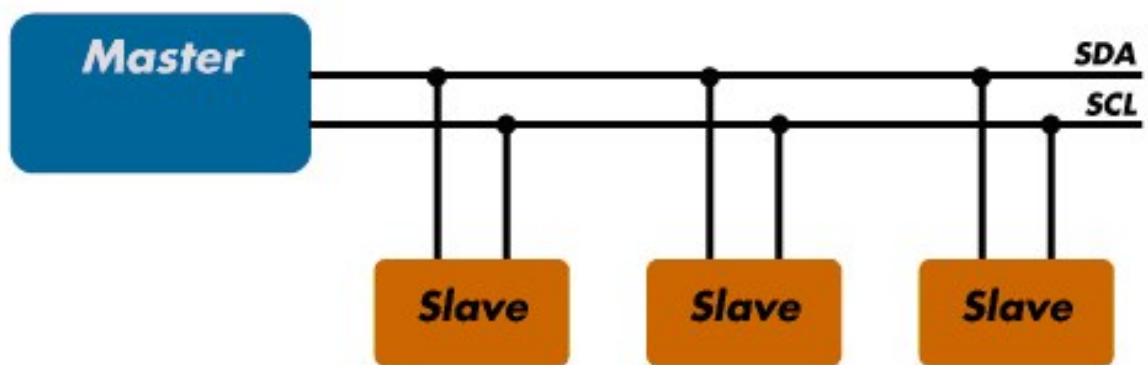
Sběrnice I<sup>2</sup>C je zkratka z celého názvu Inter-Integrated Circuit. V určitých ohledech se jedná o sběrnici podobnou SPI (existence hodinového signálu, jediný uzel typu master), ale některé vlastnosti těchto sběrnic jsou odlišné. Zatímco u sběrnice SPI byl umožněn obousměrný přenos dat díky použití dvojice vodičů MISO a MOSI, je sběrnice I<sup>2</sup>C je vybavena „pouze“ jedním datovým vodičem SDA, tudíž se data přenáší poloduplexně. Také to znamená poněkud složitější interní strukturu všech připojených zařízení, protože příslušné piny musí být možné přepínat ze vstupního režimu na režim výstupní. Není zde použit výběr zařízení typu slave pomocí zvláštních signálů, protože každému uzlu je přiřazena jednoznačná adresa – kromě elektrických charakteristik je totiž přesně stanoven i komunikační protokol, což je další rozdíl oproti výše popsané sběrnici SPI. Obecně je možné říci, že I<sup>2</sup>C je sice poněkud složitější, ale zato flexibilnější sběrnice, která se velmi často používá i pro komunikaci na delší vzdálenosti (řádově metry) oproti sběrnici SPI [33].

Komunikace na sběrnici I<sup>2</sup>C:

Pro řízení komunikace se na I<sup>2</sup>C používá metoda s detekcí kolize. Každá ze stanic může zahájit vysílání, je-li předtím sběrnice v klidovém stavu. Během vysílání musí neustále porovnávat vysílané bity se skutečným stavem SDA. Je-li zjištěn rozdíl mezi očekávaným a skutečným stavem linky SDA, je to indikace kolize mezi několika stanicemi. Vzhledem k charakteru sběrnice (otevřená kolektory) může k této situaci dojít, pokud určitá stanice vysílá úroveň H, zatímco jiná stanice vysílá úroveň L. Stanice, která na lince zjistí úroveň L zatímco sama vysílá H, musí vysílání okamžitě ukončit. K řízení komunikace většinou dochází během vyslání několika prvních bitů, kdy je vysílána adresa přijímací stanice. Pokud by se např. dvě stanice současně pokusily o zápis do stejného obvodu, nastane kolize až při přenosu vlastních zapisovaných dat. V krajním případě, kdy několik stanic současně zapisuje stejná data na stejnou adresu, nemusí být kolize vůbec detekována [33].

Adresování na sběrnici I<sup>2</sup>C:

Každá stanice připojená na I<sup>2</sup>C má přidělenou 7bitovou adresu. Po zachycení podmínky START porovnávají všechny obvody svou adresu s adresou, která je vysílána na sběrnici. Zjistí-li některý z obvodů shodu, je vysílání určeno právě jemu a musí přijetí adresy potvrdit bitem ACK. Potom přijímá nebo vysílá další data. Několik adres je na I<sup>2</sup>C vyhrazeno pro speciální účely. Například adresa 0000000 je určena pro vysílání broadcast adresy 0000011, 00001XX a 11111XX jsou rezervovány pro další účely [33].

Obr. 49 Způsob komunikace sběrnice I<sup>2</sup>C [33]

Sběrnici I<sup>2</sup>C bude v projektu využívat ke komunikaci modul reálného času RTC a snímač intenzity osvětlení.

### RTC

Bude dodávat a zálohovat reálný systémový čas, dle kterého se budou k událostem ukládaným na SD kartu zapisovat časové značky.

### Snímač intenzity osvětlení

Bude dodávat do systému informaci o hodnotě okolního osvětlení pro rozhodovací úroveň výroby fotovoltaické elektrárny.

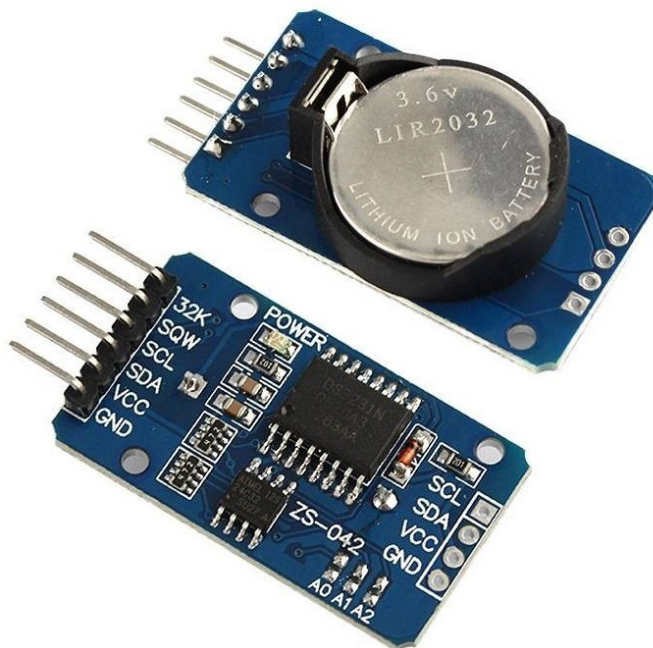
### 7.1.5 Hodinový obvod reálného času RTC

RTC Hodiny reálného času DS3231 AT24C32 IIC.

DS3231 je extrémně přesný I<sup>2</sup>C modul reálného času (RTC) s integrovaným teplotně kompenzovaným krystalovým oscilátorem (TCXO) a krystalem [34].

Specifikace:

- čip: DS3231,
- I<sup>2</sup>C rozhraní 400 kHz,
- přesnost:  $\pm 2$ ppm ( $\pm 0.432$  sekund/den),
- integrována AT24C32 IIC EEPROM paměť 32k,
- vysoká přesnost 32.768 kHz a interní korekce běhu čipu dle teploty,
- LIR2032 3.6V baterie,
- indikátor napájení,
- defaultní adresa 0x57, 0x68 (může se lišit),
- velikost: 38 x 22 x 14 mm.



Obr. 50 Modul RTC DS3231[34]

Komunikuje na sběrnici I<sup>2</sup>C. Zajišťuje systému reálný čas. Modul je osazen dobíjecím záložním akumulátorem pro zachování času i v době výpadku napájecího napětí.



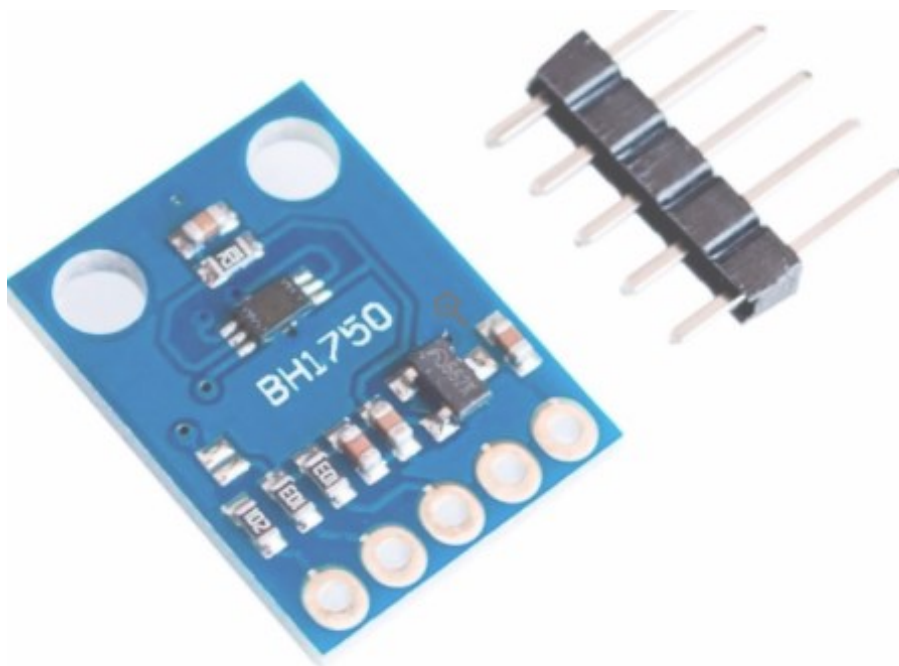
### 7.1.6 Snímač intenzity osvětlení

Snímač intenzity osvětlení BH1750.

Modul čidla osvětlení GY-302 pro mikrokontroléry [35].

Specifikace:

- čip: BH1750FVI,
- napájení: 3 – 5V DC,
- měřicí rozpětí: 0 – 65535 lux,
- přesnost: 1 lux,
- komunikační standard: I<sup>2</sup>C,
- 16bitový AD převodník,
- rozměry: 14 x 18 x 2 mm,
- váha: 1 g.



Obr. 51 Snímač intenzity osvětlení [35]

Komunikuje na sběrnici I<sup>2</sup>C pod adresou 0x23. Systému poskytuje informace o okolní hodnotě osvětlení v luxech. Informuje uživatele a proces, zda je dostatečná úroveň hodnoty osvětlení pro výrobu elektrické energie z fotovoltaických panelů.

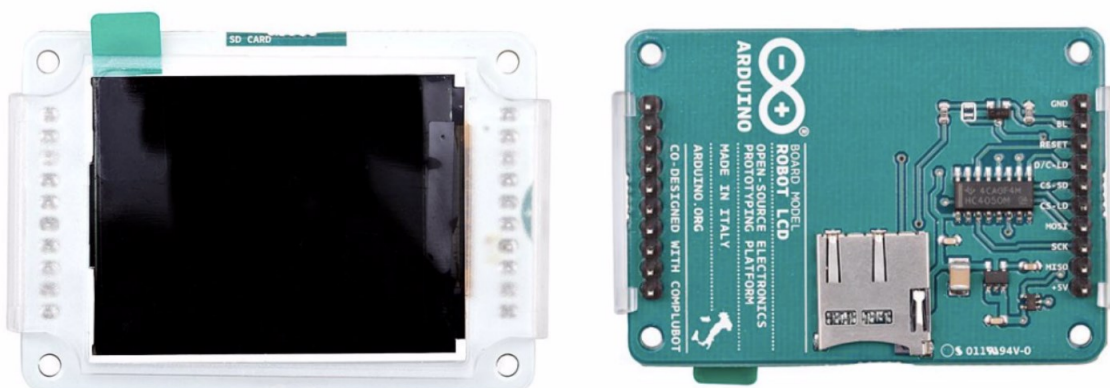
### 7.1.7 LCD displej s integrovanou čtečkou SD karet

Displej s úhlopříčkou 1,77“ a s rozlišením 160 x 128 pixelů. Ze spodní strany deska obsahuje čtečku SD karet.

LCD modul je vhodný i pro vizualizaci grafů nebo textů. Vykreslování na LCD modul je snadné pomocí TFT knihovny v Arduino IDE [36].

Tab. 14 Parametry CD displeje se čtečkou SD karet [36], upravil Svoboda 2019

Typ displeje	TFT LCD / LED podsvícení
Provozní napětí	DC 5V
Úhlopříčka	1,77"
Rozlišení	160 x 128 pixelů
Komunikační rozhraní	SPI
Hmotnost	20.00 g



Obr. 52 LCD displej se čtečkou SD karet [36], upravil Svoboda 2019

LCD displej s integrovanou čtečkou SD karet komunikují na sběrnici SPI. Displej poskytuje uživateli informaci o stavu PZTS a výrobě fotovoltaických panelů s hodnotou proudu a hodnotou intenzity osvětlení. Čtečka SD karet ukládá veškeré provozní údaje systému.

### 7.1.8 Proudový senzor

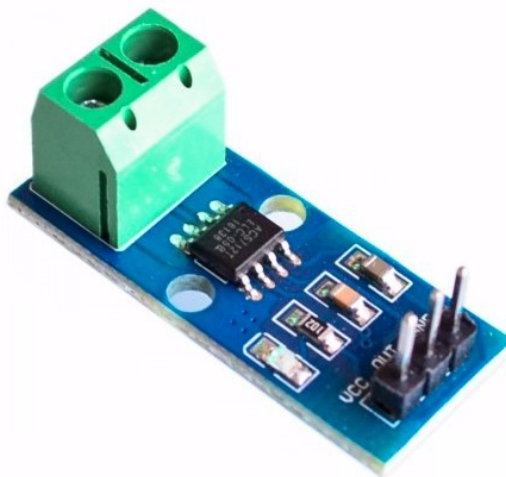
Proudový senzor ACS712 až do 30 A.

Modul pracuje na principu Hallova jevu. Hallův jev je vznik elektrického napětí příčně ve vodiči, jímž podélně protéká elektrický proud, který je odchylován magnetickým polem kolmým ke směru proudu. Integrovaný obvod umístěný na modulu tedy generuje elektrické napětí na základě okolního elektrického a magnetického pole, které vytváří elektrický proud procházející svorkami [37].

Měříme zmíněné napětí z modulu s proudovým senzorem ACS712 pomocí analogového vstupu. Přepočítání na proud se provádí za pomoci konstanty, kterou udává výrobce proudového senzoru, principiálně se využívá tohoto vzorce:  $(vstup \times max\_napětí / max\_input\_value(12bit) - hodnota\_nuly) / hodnota\_od\ výrobce$

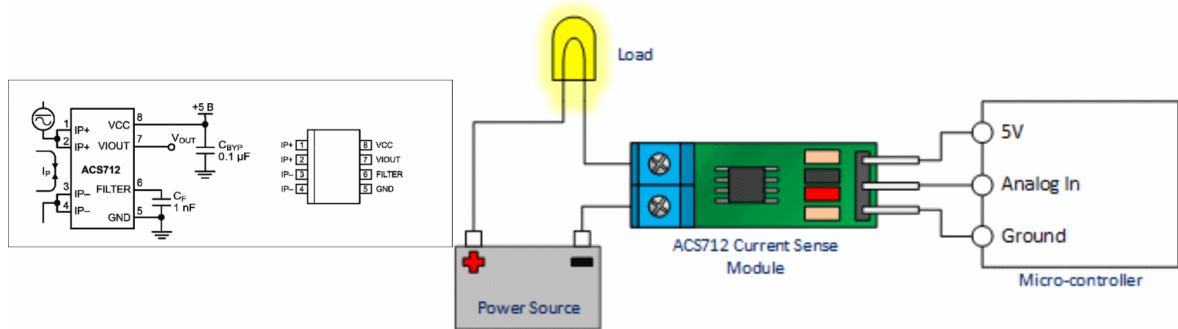
Specifikace:

- čip: ACS712,
- napájecí napětí: 5 V,
- rozsah měření proudu:  $\pm 30$  A,
- výstupní hodnota při  $I = 0A$ :  $V_{cc}/2$ ,
- citlivost: 66–185 mV/A,
- chyba měření (@ 25 °C): < 1,5 %,
- vnitřní odpor senzoru: 1,2 m $\Omega$ ,
- doba náběhu (rise time): 5  $\mu s$ ,
- izolační napětí: 2,1kVRMS,
- šířka pásma: 80 kHz,
- pracovní teplota: -40 °C - +85°C,
- rozměr: 31 x 13mm.



Obr. 53 Proudový senzor [38]

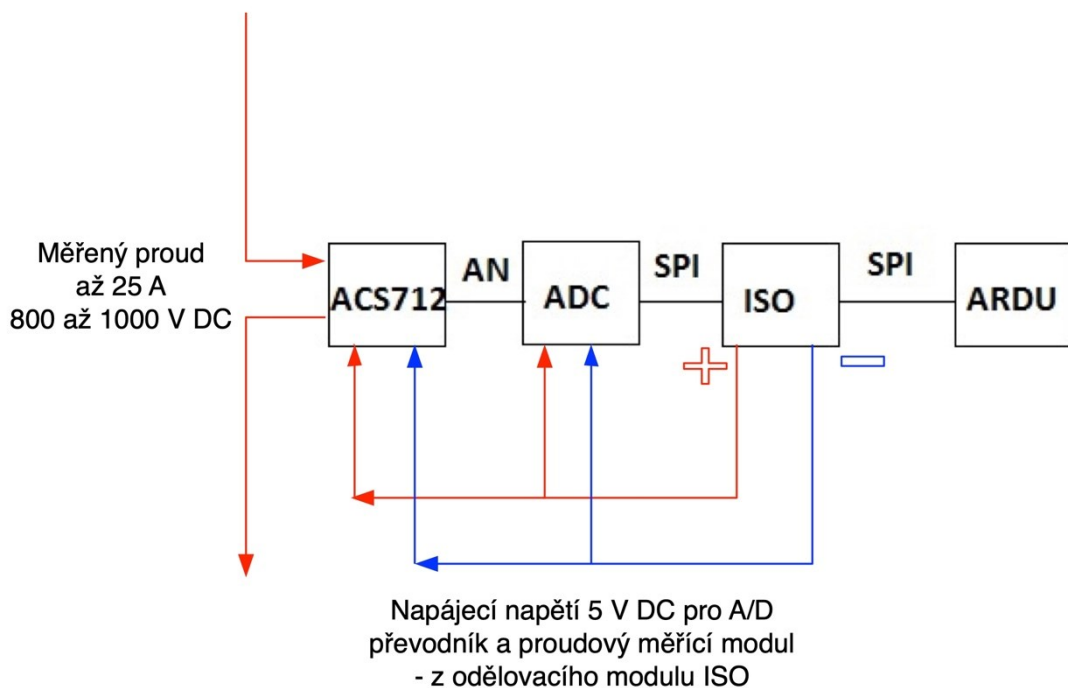
Během vývoje a testování se projevila vlastnost proudového senzoru, který využívá Hall-ova jevu, a to tak, že se jednotlivé senzory vzájemně ovlivňují, proto je nutné je instalovat ve větších vzdálenostech mezi sebou, aby se tomuto jevu zabránilo.



Obr. 54 Zapojení čipu a způsob zapojení při měření proudovým senzorem ACS712 [38], upravil svoboda 2019

Analogové výstupy modulů jsou zapojeny do analogových vstupů vývojové desky Arduino. Použity jsou vstupy označené A0, A1, A2, A3 a A4.

Při měření proudu s velkým napětím (800 až 1000 V DC), které se vyskytuje na stringu fotovoltaických panelů, je potřeba vyřešit úpravu měřicí části a elektricky od sebe oddělit část měřicí a vyhodnocovací.



Obr. 55 Úprava měřicí části proudu elektrickým oddělením [Svoboda – vlastní]

<b>ACS712</b>	měřicí proudový modul
<b>AN</b>	analogová komunikace
<b>ADC</b>	analogově/digitální převodník
<b>SPI</b>	sériová komunikační sběrnice
<b>ISO</b>	modul pro elektrické oddělení a elektricky oddělený napájecí zdroj pro A/D převodník a měřicí modul ACS712
<b>ARDU</b>	vývojová deska Arduino

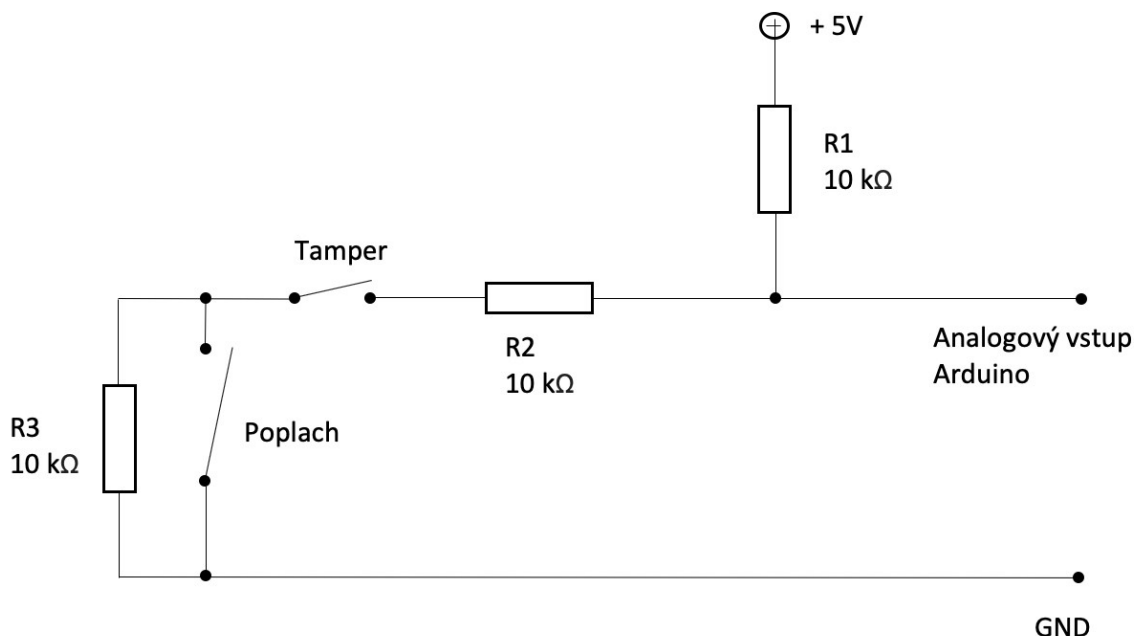
### 7.1.9 Analogové vstupy pro PZTS

Analogové vstupy vývojové desky Arduino pracují s hodnotami v rozsahu 0 V až 5 V. Měření hodnot vyvážené smyčky je řešeno napětovým děličem, kde se měří úbytek napětí na rezistoru R1 (10 k $\Omega$ ) připojeného k napájecímu napětí 5 V.

V sérii k R1 je zapojen rezistor R2 o hodnotě 10 k $\Omega$ , rezistor je v sérii s tamper kontaktem senzoru. V sérii k R1 a R2 je zapojen rezistor R3 o stejné hodnotě o hodnotě 10 k $\Omega$ , který je zapojen paralelně k poplachovému kontaktu detektoru. Kontakty poplach i tamper jsou typu NC (normally closed = v klidu uzavřeno).

Hodnota odporu vyvážené smyčky (detektor je v klidu) je 10 k $\Omega$ . Při aktivaci poplachového kontaktu nabývá smyčka hodnoty 20 k $\Omega$ . Pokud je aktivní tamper, je smyčka rozpojena. Hodnoty stanovené výpočtem, měřením a definicí tolerance při použití rezistorů s uvedenou hodnotou jsou stanoveny takto: klidová hodnota 2,054 V, hodnota při poplachu 2,715 V, aktivace tamperu 3,800 V a více, pokud nastane zkrat, je hodnota stanovena na 0,1 V díky započítané toleranci kvůli stabilitě systému.

Pro bezpečnostní modul PZTS na vývojové desce Arduino jsou využívány tři analogové vstupy A8, A9 a A10.



Obr. 56 Zapojení dvojitě vyvážené smyčky připojené do analogového vstupu Arduino [Svoboda – vlastní]

### 7.1.10 Reléový modul

Pro signalizaci všech stavů je k vývojovému modulu Arduino pomocí osmi digitálních výstupů připojen reléový modul s 8 výstupy NO/NC s integrovanou LED signalizací stavu.

Parametry modulu jsou následující:

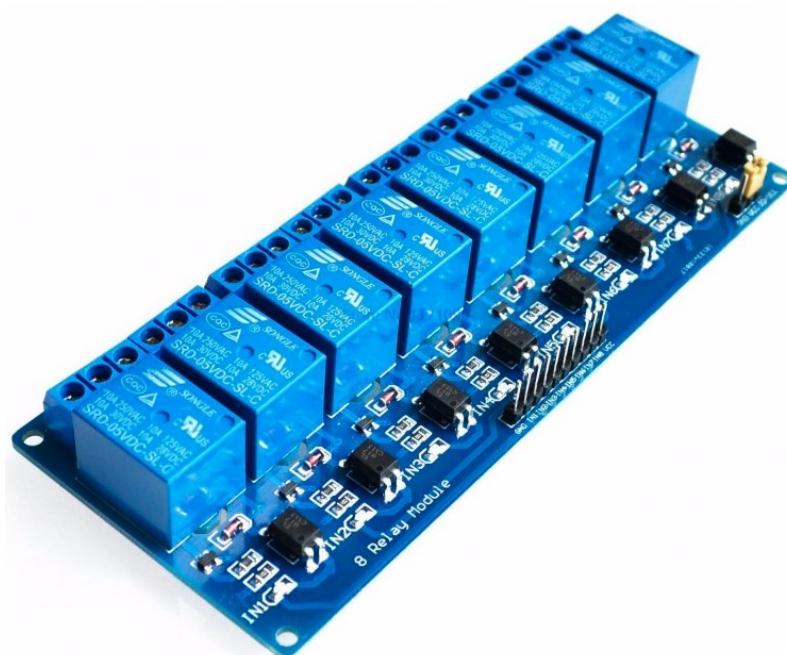
Napájecí napětí: 5V DC  
 Proudová spotřeba: 15 až 20 mA  
 Parametry relé: AC 250 V 10 A  
 DC 30 V 10 A

Pomocí reléového modulu budou signalizovány tyto stavy:

Tab. 15 Tabulka zapojení výstupů [Svoboda – vlastní]

Číslo reléového výstupu/vstupu na desce OUT	PIN na vývojové desce Arduino
OUT 1 Poplach systému PZTS (IN1)	22
OUT 2 Stav systému PZTS (IN2) zastřeženo/odstřeženo	24
OUT 3 Porucha modulu Osvitu (IN3)	26
OUT 4 Porucha String 1 (IN4)	28
OUT 5 Porucha String 2 (IN5)	30
OUT 6 Porucha String 3 (IN6)	32
OUT 7 Porucha String 4 (IN7)	34
OUT 8 Porucha String 5 (IN8)	36

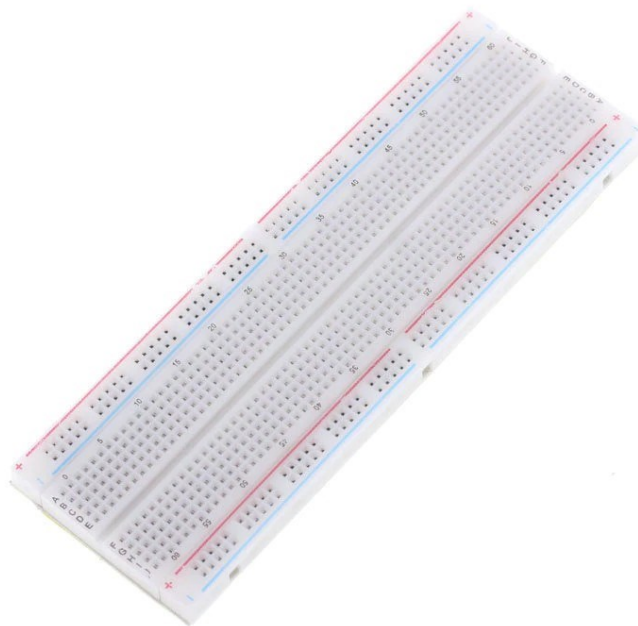
Pro paralelní indikaci poplachu pomocí piezoměniče je na vývojové desce Arduino nastaven PIN 52.



Obr. 57 Reléový modul [39]

### 7.1.11 Nepájivé kontaktní pole

Nepájivá pole jsou využita pro instalaci modulů a jejich propojení, ať už vzájemného, nebo s deskou Arduino pomocí propojovacích vodičů. Výhodou nepájivého pole je možnost vytváření elektrických obvodů bez nutnosti trvalého spojení, takže se obvody dají rozebírat a různým způsobem dle potřeby upravovat.

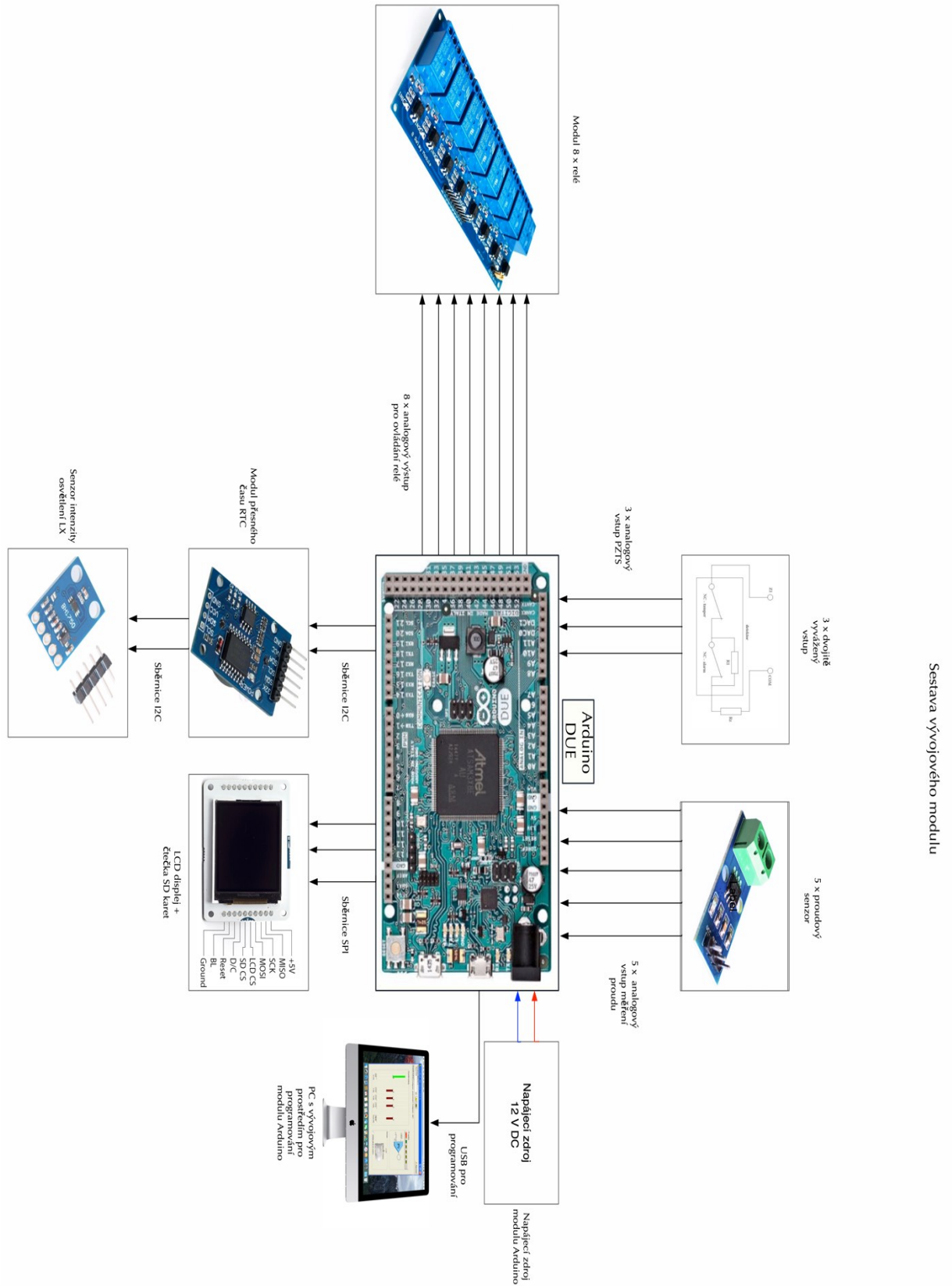


Obr. 58 Nepájivé kontaktní pole [40]

Veškeré externí moduly jsou instalovány na kontaktním nepájivém poli. Sběrnice a jejich propojení s vývojovou deskou jsou řešeny pomocí speciálně upravených vodičů. Vodiče jsou standardně ve dvou typech provedení, pin-pin – propojení na poli nebo pin-konektor – propojení pole a vývojová deska Arduino nebo jiný modul s piny.

Při vývoji je důležité vybírat vodiče, které jsou dostatečně dlouhé, aby se vytvořilo stabilní spojení, které neovlivňuje funkcionalitu systému. Krátké vodiče při manipulaci rozpojují obvod, a naopak velice dlouhé vodiče znehledňují celý systém, vhodné je konkrétní obvody rozlišovat barevně z důvodu přehlednosti. Systém je napájen externím zdrojem 12V DC.

Na následující stránce je znázorněno blokové schéma celého systému, tak jak je zrealizováno.

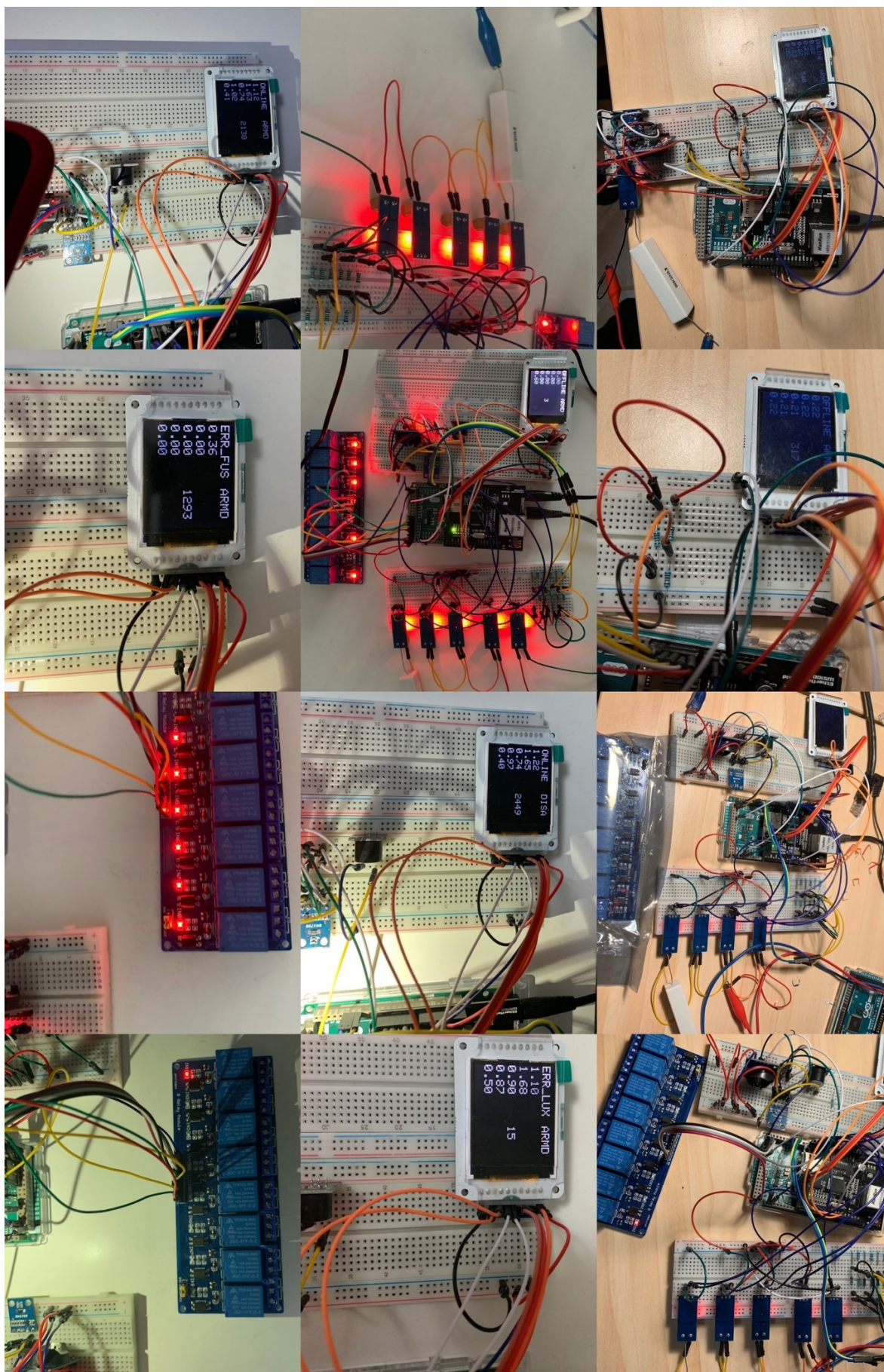


Obr. 59 Sestava vývojevého modulu – blokové schéma [Svoboda – vlastní]

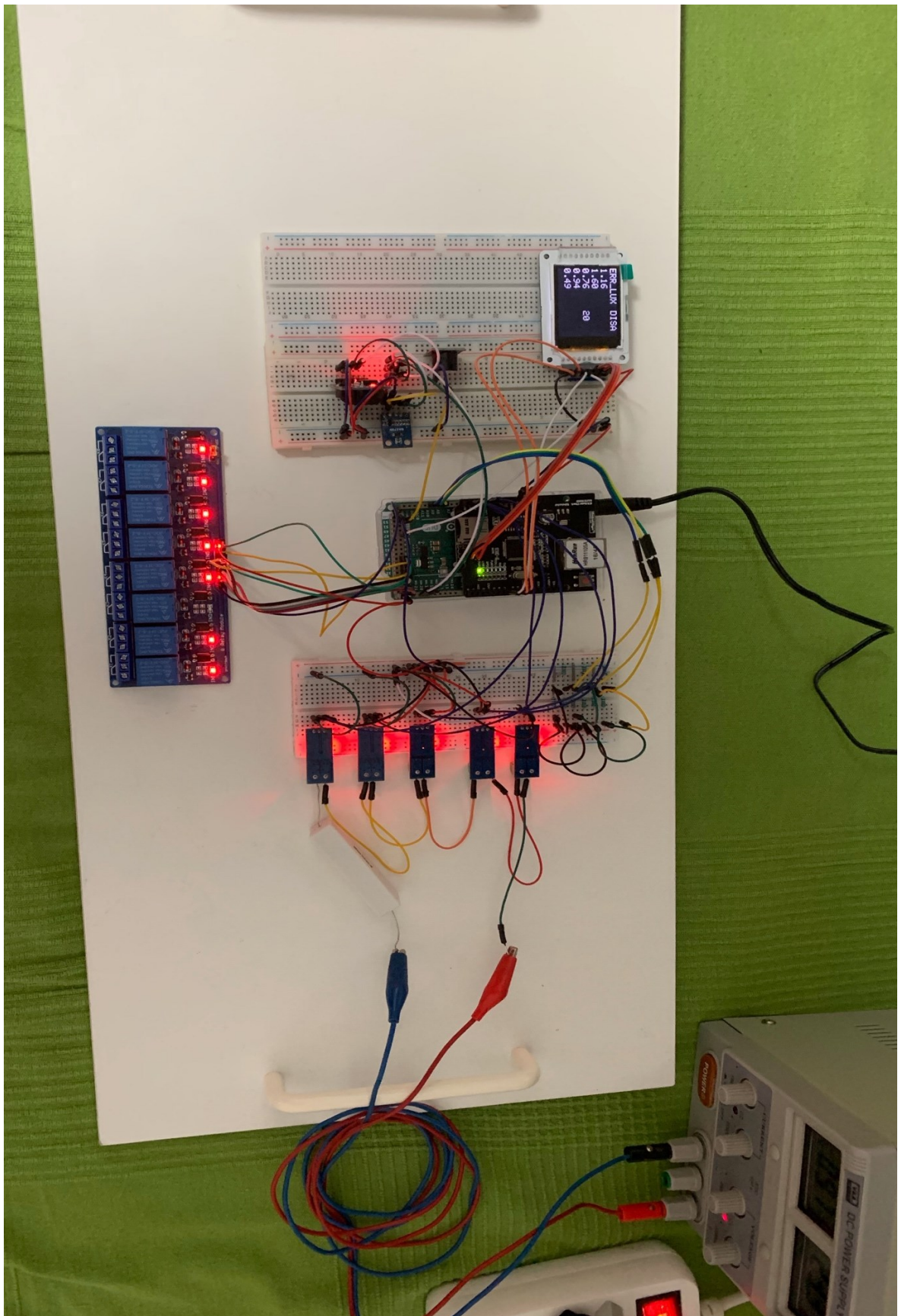


Tab. 16 Tabulka zapojení sběrnic a modulů k vývojové desce Arduino [Svoboda – vlastní]

Zapojení sběrnic a modulů k vývojové desce Arduino			
<b>Analogové vstupy</b>			
<b>Měření proudu</b>		<b>PZTS</b>	
Arduino	Proudový modul	Arduino	Dvojitě vyvážené vstupy
A0	Pin OUT - modul 1	A8	Ovládní PZTS
A1	Pin OUT - modul 2	A9	PIR 1
A2	Pin OUT - modul 3	A10	PIR 2
A3	Pin OUT - modul 4		
A4	Pin OUT - modul 5		
<b>Výstupy</b>			
Arduino (Digital)	Reléová karta		
22	OUT 1		
24	OUT 2		
26	OUT 3		
28	OUT 4		
30	OUT 5		
32	OUT 6		
34	OUT 7		
36	OUT 8		
<b>Sběrnice</b>			
<b>I<sup>2</sup>C</b>		<b>SPI</b>	
Arduino	Moduly	Arduino	LCD+SD
20 SDA	SDA RTC/Osvít	MISO	MISO
21 SCL	SCL RTC/Osvít	SCK	SCK
		MOSI	MOSI
		46	LCD CS
		7	SD CS
		9	D/C
		8	Reset
		5 V+	5 V+ / BL
		GND	GND



Obr. 60 Postupy při vývoji [Svoboda – vlastní]



Obr. 61 Finální produkt [Svoboda – vlastní]

## 8 FUNKCE MONITOROVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ

Integrovaný systém bude zastávat dvě základní složky, které mohou fungovat nezávisle nebo společně, to znamená, že využívají jednu hardwarovou platformu, ale funkčně jsou oddělené. Půjde o funkci monitorovací a zabezpečovací.

### 8.1 Monitorovací funkce

Monitorovací funkce systému zahrnují monitoring protékajícího proudu stringy fotovoltaických panelů. Při detekci poruchového stavu se spustí předem nastavený proces, který zajistí informovanost dohledu elektrárny nebo servisní organizace o nastalé situaci. Systém bude měřit proud každého připojeného stringu FV panelů, tyto informace každou vteřinu zaznamenávat a ukládat pro další použití na SD kartu. Poruchové stavy budou též ukládány na SD kartu a signalizovány poruchovým výstupem náležejícím konkrétnímu stringu.

#### 8.1.1 Měření protékajícího proudu – popis pomocí vývojového diagramu

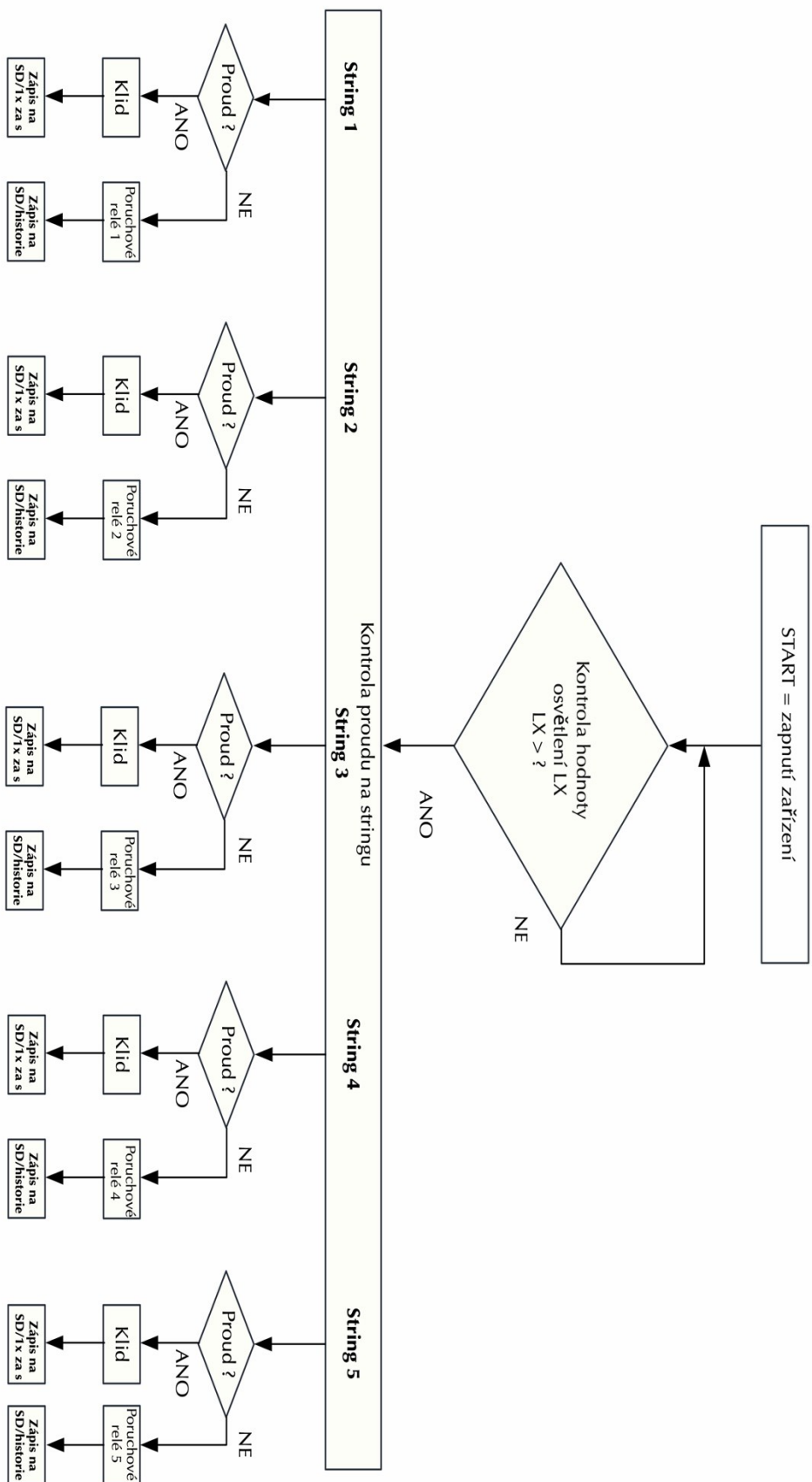
Modul je sestaven na měření proudu pro pět stringů, což je nejčastěji využívaný počet na FV elektrárnách.

Vzhledem k tomu, že výroba elektrické energie z fotovoltaických panelů je závislá na úrovni osvitů, je použit tento senzor i v měřicím modulu. Slouží zde pro rozhodovací úroveň, kdy má modul měřit a vyhodnocovat proud ve stringu, jelikož jsou dostatečné podmínky pro výrobu.

Funkcionalita měřicího modulu a spuštění procesu měření jsou uvedeny na vývojovém diagramu (obrázek 62). Při nastartování procesu dojde k ověření, zda senzor intenzity osvětlení dodává informaci, že je k dispozici větší nebo stanovená prahová hodnota osvitů v luxech. Pokud je podmínka splněna, znamená to, že se aktivuje proces monitoringu „výroba“, proces tedy pokračuje dále a vyhodnocuje informace o hodnotách protékajícího proudu na všech pěti vstupech a každou vteřinu je zapisuje na SD kartu s časovou značkou. Pokud dojde k zjištění, že na některém nebo na více vstupech není detekován protékající proud, dojde k zapsání této poruchy na SD kartu též s časovou značkou a zároveň je aktivován poruchový výstup nebo výstupy.

Pokud hned na začátku procesu není detekována prahová nebo vyšší hodnota osvitů, modul se přepne do stavu „Off-line“, kdy nemonitoruje měřicí vstupy a nesignalizuje poruchy.

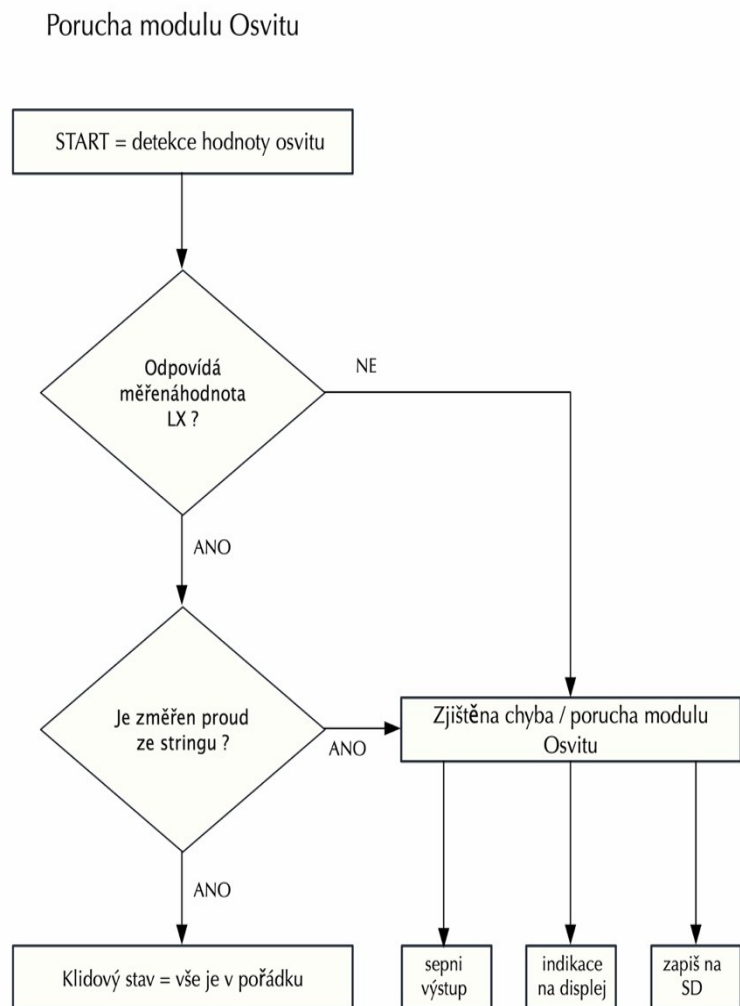
### Funkcionalita modulu Měření



Obr. 62 Funkcionalita modulu měření [Svoboda – vlastní]

### 8.1.2 Detekce poruchy osvitu – popis pomocí vývojového diagramu

V případě, že je v cyklu zjištěna hodnota osvitu nižší, než je prahová, nebo se hodnota rovná nule, systém přechází do stavu „Off-line“, kde se znovu zkontroluje stav osvitu a zároveň stavy na vstupech pro monitoring protékajícího proudu ze stringů FV panelů. Pokud jsou zjištěny na proudových vstupech hodnoty proudu a hodnota osvitu je nulová, znamená to, že elektrárna „vyrábí“, ale senzor osvitu nedetekuje osvit, který je dostatečný pro výrobu. Je to technická informace pro obsluhu-servis nebo provozovatele, že je technický problém se senzorem osvitu, porucha je signalizována poruchovým výstupem definovaným pro tento stav.



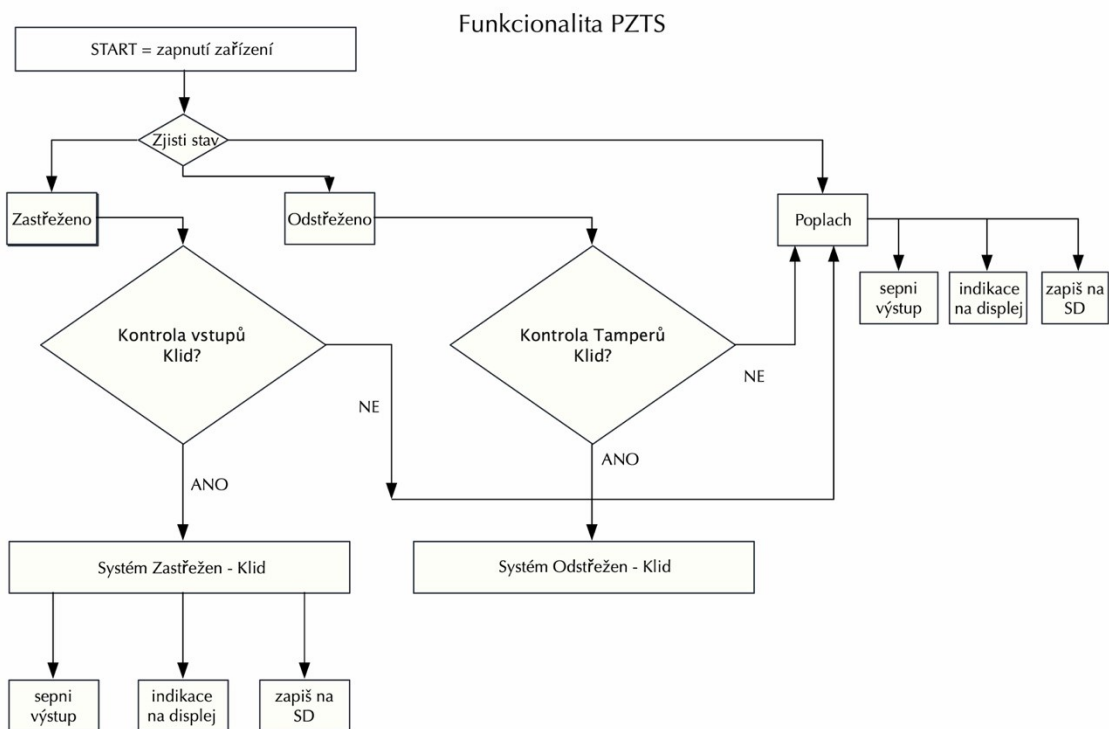
Obr. 63 Detekce poruchy modulu Osvitu [Svoboda – vlastní]

## 8.2 Zabezpečovací funkce

Zabezpečovací funkce systému bude možné provozovat v autonomní variantě nebo ve spojení s ústřednou PZTS.

Systém je navržen třemi dvojitě vyváženými vstupy. První vstup je určen pro ovládání systému, tedy pro přepínání jeho stavu ze stavu klidu (odstřeženo) neboli DISARMED do stavu zastřeženo neboli ARMD. Další dva vstupy slouží pro připojení bezpečnostních detektorů různých typů pro ochranu fotovoltaických panelů nebo pro ochranu boxů technologie.

Díky využití dvojitě vyvážených vstupů je možné rozlišovat na detektorech dva typy narušení, a to **poplach a tamper**.



Obr. 64 Funkcionalita modulu PZTS [Svoboda – vlastní]

Proces po spuštění kontroluje, v jakém stavu se zabezpečovací modul nachází. Modul se může nacházet v jednom ze tří stavů, zastřeženo, odstřeženo nebo poplach. Na základě zjištěného stavu modulu pokračuje proces dle nastavených pravidel.

### **8.2.1 Stav Zastřeženo**

Ve stavu Zastřeženo dochází ke kontrole stavu vstupů detektorů. Kontrolován je poplachový stav i stav tamper. V případě klidových úrovní systém potvrzuje stav zastřeženo, indikuje tento stav na displeji, sepne výstup, který identifikuje tento stav směrem k uživateli, informace je zároveň zapsána do deníku historie systému PZTS, který se ukládá na SD kartu. Pokud je zjištěn aktivní jakýkoliv stav detektoru, přechází proces do stavu Poplach.

### **8.2.2 Stav Odstřeženo**

Ve stavu Odstřeženo dochází ke kontrole stavu vstupů pro hodnotu tamper, jelikož se jedná o 24hodinový typ smyčky, která je kontrolována stále. Pokud je zjištěn klidový stav, setrvává systém v klidu ve stavu Odstřeženo. Je-li zjištěn aktivní stav, přechází systém do stavu Poplach.

### **8.2.3 Stav Poplach**

Pokud se systém dostane do stavu Poplach, je tento stav signalizován lokálně na displeji, dále pomocí poplachového výstupu a tato událost je zaznamenána do deníku historie systému PZTS na SD kartu.



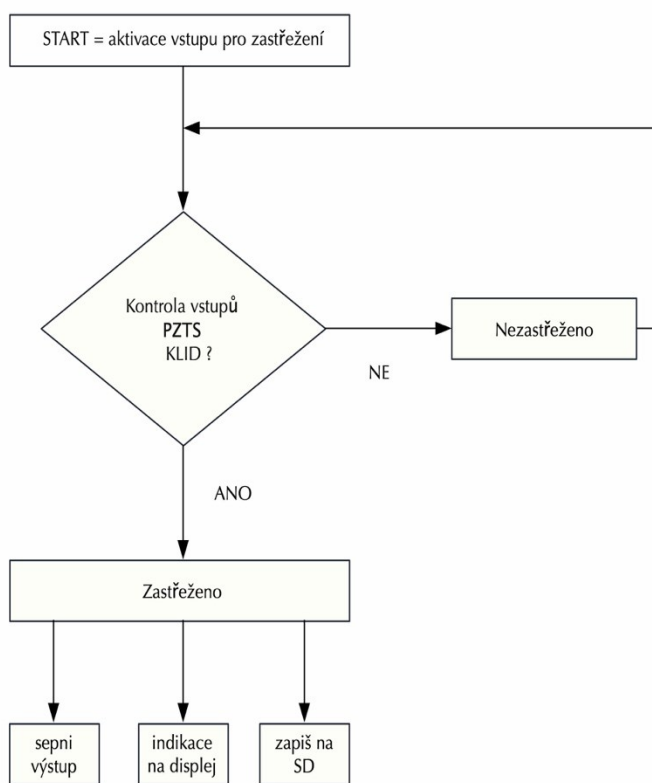
### 8.2.4 Rozhodovací proces při přechodu do střežení – požadavek na zabezpečení

Při požadavku na zabezpečení pomocí ovládacího vstupu nejdříve systém kontroluje stav vstupů detektorů.

Pokud je zjištěn jakýkoliv narušený vstup, nedojde k zastřežení a proces se vrací zpět na začátek.

V případě, že jsou vstupy uklidněny, systém přechází do stavu Zastřeženo. Tento stav je identifikován na displeji, je aktivován daný výstup a informace se ukládá do deníku historie PZTS na SD kartě.

Zastřežení systému PZTS

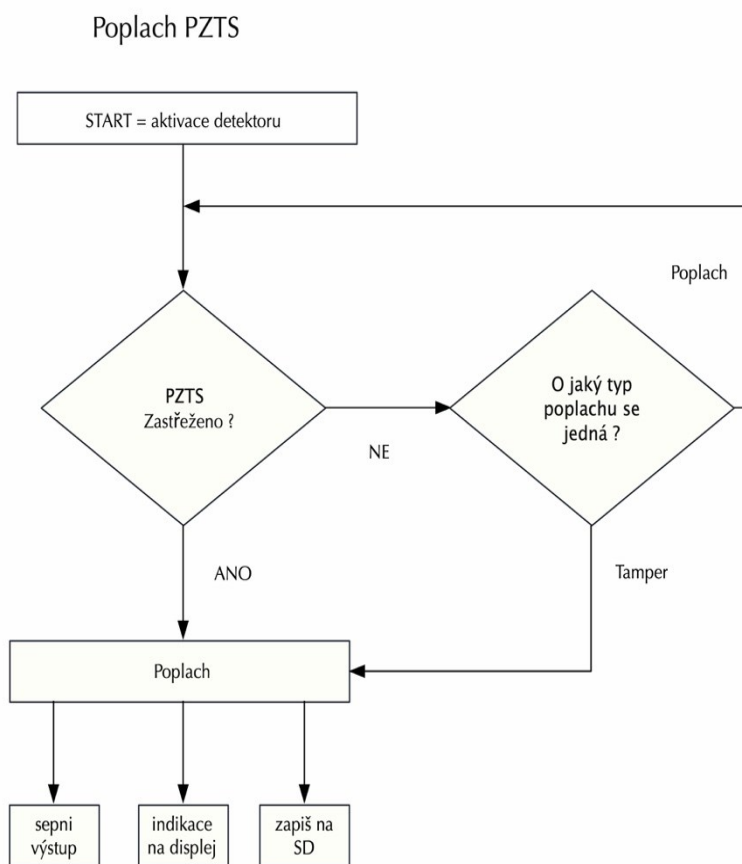


Obr. 65 Funkcionalita zastřežení modulu PZTS [Svoboda – vlastní]

### 8.2.5 Rozhodovací cyklus při aktivaci detektoru

Pokud dojde k aktivaci detektoru, systém ověřuje, zda se nachází ve stavu Zastřeženo, pokud tomu tak je, přechází okamžitě k přechodu do stavu Poplach, při kterém se aktivuje poplachový výstup, informace se zobrazí na displeji a zapíše se do deníku historie PZTS na SD kartě.

V případě, že není zastřeženo, systém kontroluje, o jaký typ narušení se jedná, pokud jde o typ poplach, proces se vrací zpět na začátek. Pokud se jedná o typ tamper, systém přechází okamžitě do stavu Poplach, ve kterém jsou aktivovány výše zmíněné procesy.

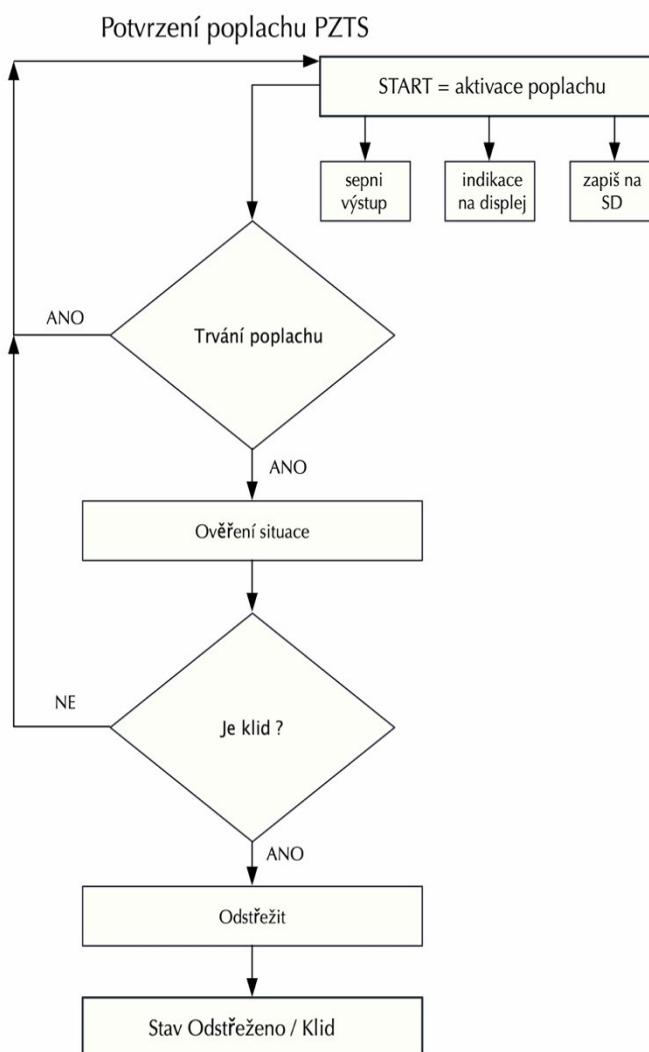


Obr. 66 Funkcionalita modulu PZTS při poplachu [Svoboda – vlastní]

### 8.2.6 Potvrzení poplachu

Nachází-li se systém ve stavu Poplach, je možné se vrátit zpět do stavu klid pouze provedením příkazu odstřežit.

Systém kontroluje, zda se nachází stále v poplachovém stavu, tedy že jsou vstupy detektorů stále narušeny. Pokud tomu tak je, proces se vrací zpět na začátek a systém je stále ve stavu Poplach. Dojde-li k uklidnění vstupů detektorů, systém se přepne do stavu klid, tedy Odstřeženo.



Obr. 67 Potvrzení poplachu PZTS [Svoboda – vlastní]

## 9 PROGRAM SYSTÉMU

Program systému je vytvořen ve vývojovém prostředí Arduino IDE.

### 9.1 Vývojové prostředí

Vývojové prostředí IDE (Integrated Development Environment) je software usnadňující programování. Obsahuje editor zdrojového kódu, kompilátor.

#### 9.1.1 ARDUINO IDE

Vývojové prostředí Arduina je složeno z textového editoru pro psaní kódu, prostoru pro zprávy, textové konzole, lišty s příkazy pro běžné funkce a řadu nabídek. Připojuje se na hardware Arduina, nahrává programy a komunikuje s nimi.

##### 9.1.1.1 Wiring

Wiring je programovací jazyk vytvořený pro programování mikrokontroléru. Je součástí platformy Arduino, kde má podobu frameworku v jazyce C++. Pro programování v jazyce Wiring se nejčastěji používá integrované vývojové prostředí Arduino IDE. Wiring vyžaduje mikrokontrolér se zaváděcím programem, typicky desku Arduino osazenou čipem ATmega.

Program v jazyce Wiring se nazývá sketch, který má dvě hlavní části:

1. **setup ( )** – funkce, která se spustí jednou na začátku programu. Obsahuje většinou počáteční nastavení.
2. **loop ( )** – automaticky opakovaně volaná funkce, pokud je deska Arduino připojena k napájení.

##### 9.1.1.2 Psaní sketches (návrhů)

Píší se v textovém editoru a ukládají se do souborů s koncovkou .ino. Textový editor obsahuje funkce pro vyjímání nebo vkládání a pro hledání nebo nahrazování textu. Zprávy nabízí zpětnou vazbu při ukládání a upozorňují na chyby. Na konzoli se ukazují textové výstupy z prostředí Arduina včetně kompletních chybových zpráv a jiných informací. V pravém dolním rohu je zobrazeno spojení s aktuální deskou a sériovým portem.

##### 9.1.1.3 Tabs, Multiple Files a Compilation

Umožňuje spravovat sketche o více než jednom souboru (z nichž každý se vyskytuje ve vlastní záložce). Může jít o normální soubor kódu Arduina (bez koncovky), soubory jazyka C (koncovka .c), jazyka C++ (.cpp) nebo soubory header (.h).

##### 9.1.1.4 Libraries (knihovny)

Knihovny nabízí kvalitnější funkce pro sketche, například aby lépe fungovaly s hardwarem nebo manipulovaly daty. Pro užívání knihovny ve sketchi, se knihovna importuje. Poté se do vrchní části sketche přidá několik dalších příkazů #include a pak se kompiluje knihovna se sketchem.

K dispozici je seznam knihoven. Některé knihovny jsou již součástí softwaru Arduina. Další lze stáhnout z celé řady zdrojů (například výrobci hardwaru). Od verze 1.0.5 IDE lze načítat knihovnu ze souboru .zip a užívat ji v otevřeném sketchi [41].

## 9.2 Části programu

Program systému je složen z několika částí. V prostředí Arduino IDE je využíván programovací jazyk C, částečně při použití knihoven i C++. Knihovny konkrétních modulů velice zrychlují a zjednodušují programování.

Na začátku programu jsou načteny všechny potřebné knihovny. Poté jsou definovány všechny potřebné parametry, jako jsou prahové hodnoty pro měření nebo definice s adresací vstupů, výstupů a sběrnice.

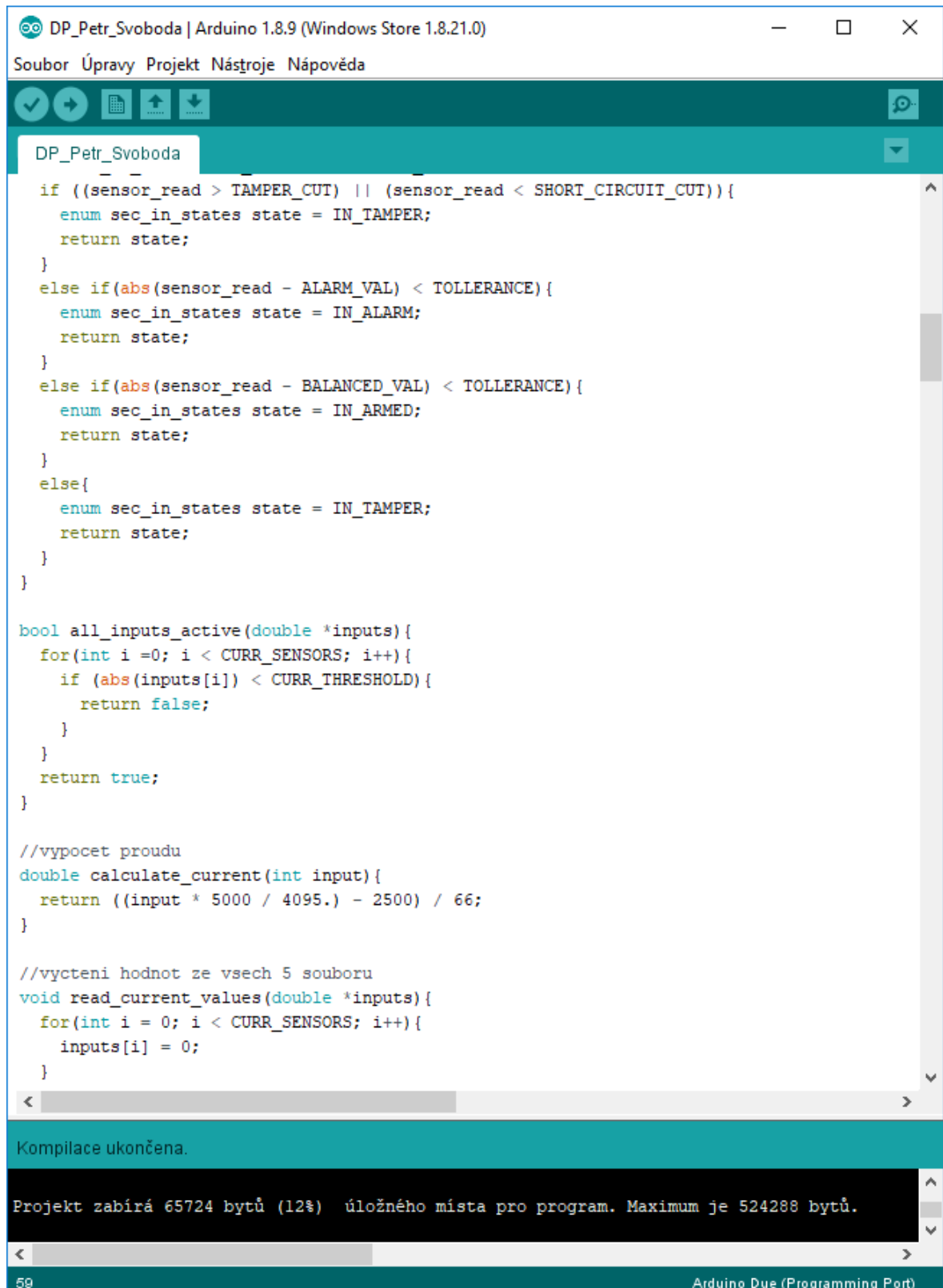
Následuje inicializace modulů připojených na sběrnici I<sup>2</sup>C – modul RTC a Intenzity osvětlení a dále sběrnice SPI – LCD TFT displej a čtečka SD karet.

Načtou se stavy systému, hodnoty vstupů modulu PZTS, hodnoty vstupů modulu měření proudu stringů a stavy výstupů.

Program poté pracuje v popsaných cyklech pomocí vývojových diagramů, výstupy reagují na stavy vstupů a na stav systému. Na displej jsou zobrazovány aktuální stavy systémů PZTS a monitoringu v barvě definované RGB kódem, tedy bílé písmo (255, 255, 255) na černém pozadí (0, 0, 0). Stavy systému jsou zapisovány na SD kartu do dvou oddělených souborů, jeden pro stavy modulu měření proudů a druhý pro stavy systému PZTS. Na obrázku níže jsou zobrazeny uvedené výpisy, v levém sloupci jsou hodnoty modulu monitoringu a v pravém sloupci hodnoty bezpečnostního modulu PZTS.

2019-4-25 20:30:23 PWR: INIT -> OFFLINE	2019-4-25 20:30:23 SECURITY: INIT -> ARMD
2019-4-25 20:30:42 PWR: OFFLINE -> ERR_LUX	2019-4-25 20:39:51 SECURITY: INIT -> ARMD
2019-4-25 20:30:42 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 25 lux	2019-4-25 20:42:10 SECURITY: ARMD -> DISA
2019-4-25 20:30:42 PWR: ERR_LUX -> OFFLINE	2019-4-25 20:42:16 SECURITY: DISA -> ARMD
2019-4-25 20:30:43 PWR: OFFLINE -> ERR_LUX	2019-4-28 21:24:59 SECURITY: INIT -> ARMD
2019-4-25 20:30:43 0.00A 0.34A 0.00A 0.00A 0.32A 28 lux	2019-4-28 21:25:43 SECURITY: ARMD -> ALRM
2019-4-25 20:30:44 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 0.30A 30 lux	2019-4-28 21:25:58 SECURITY: ALRM -> DISA
2019-4-25 20:30:44 0.00A 0.53A 0.36A 0.00A 0.32A 30 lux	2019-4-28 21:25:59 SECURITY: DISA -> ARMD
2019-4-25 20:30:45 0.39A 0.33A 0.00A 0.30A 0.00A 30 lux	2019-4-28 21:26:6 SECURITY: ARMD -> DISA
2019-4-25 20:30:46 0.00A 0.40A 0.00A 0.37A 0.37A 82 lux	2019-4-28 21:26:9 SECURITY: DISA -> ALRM
2019-4-25 20:30:46 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 25 lux	2019-4-28 21:26:10 SECURITY: ALRM -> TMPR
2019-4-25 20:30:47 PWR: ERR_LUX -> OFFLINE	2019-4-28 21:26:11 SECURITY: TMPR -> DISA
2019-4-25 20:30:51 PWR: OFFLINE -> ONLINE	2019-4-28 21:26:11 SECURITY: DISA -> TMPR
2019-4-25 20:30:51 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 0.00A 2219 lux	2019-4-28 21:26:12 SECURITY: TMPR -> DISA
2019-4-25 20:30:51 PWR: ONLINE -> ERR_FUS	2019-4-28 21:26:13 SECURITY: DISA -> ALRM
2019-4-25 20:30:51 0.00A 0.38A 0.00A 0.00A 0.00A 3834 lux	2019-4-28 21:26:13 SECURITY: ALRM -> DISA
2019-4-25 20:30:52 0.00A 0.40A 0.00A 0.00A 0.00A 3926 lux	2019-4-28 21:26:15 SECURITY: DISA -> ALRM
2019-4-25 20:30:53 0.33A 0.37A 0.00A 0.00A 0.00A 3868 lux	2019-4-28 21:26:16 SECURITY: ALRM -> DISA
2019-4-25 20:30:53 0.34A 0.54A 0.00A 0.36A 0.00A 3869 lux	2019-4-28 21:27:3 SECURITY: DISA -> ALRM
2019-4-25 20:30:54 0.55A 0.48A 0.40A 0.37A 0.41A 3585 lux	2019-4-28 21:27:4 SECURITY: ALRM -> DISA

Obr. 68 Výpisy stavu obou modulů z SD karty [Svoboda – vlastní]



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The title bar reads "DP\_Petr\_Svoboda | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)". The menu bar includes "Soubor", "Úpravy", "Projekt", "Nástroje", and "Nápověda". The toolbar contains icons for check, run, upload, and download. The main editor window shows the following code:

```
DP_Petr_Svoboda
if ((sensor_read > TAMPER_CUT) || (sensor_read < SHORT_CIRCUIT_CUT)){
    enum sec_in_states state = IN_TAMPER;
    return state;
}
else if(abs(sensor_read - ALARM_VAL) < TOLLERANCE){
    enum sec_in_states state = IN_ALARM;
    return state;
}
else if(abs(sensor_read - BALANCED_VAL) < TOLLERANCE){
    enum sec_in_states state = IN_ARMED;
    return state;
}
else{
    enum sec_in_states state = IN_TAMPER;
    return state;
}
}

bool all_inputs_active(double *inputs){
    for(int i =0; i < CURR_SENSORS; i++){
        if (abs(inputs[i]) < CURR_THRESHOLD){
            return false;
        }
    }
    return true;
}

//vypocet proudu
double calculate_current(int input){
    return ((input * 5000 / 4095.) - 2500) / 66;
}

//vycteni hodnot ze vseh 5 souboru
void read_current_values(double *inputs){
    for(int i = 0; i < CURR_SENSORS; i++){
        inputs[i] = 0;
    }
}

Kompilace ukončena.
Projekt zabírá 65724 bytů (12%) úložného místa pro program. Maximum je 524288 bytů.
59 Arduino Due (Programming Port)
```

Obr. 69 Ukázka kódu ve vývojovém prostředí Arduino IDE [Svoboda – vlastní]

Při návrhu systému a vývoji programu byly použité tyto publikace [42 až 50].

## 10 OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU

Ovládání systému je realizováno tak, aby bylo univerzální a bylo možné systém používat lokálně autonomně, ve spojení s ústřednou PZTS nebo vzdáleně ve spojení s GSM/GPRS/LTE komunikátorem.

### 10.1 Principy ovládání

#### 10.1.1 Ovládání PZTS

Systém PZTS může být ovládán rozličnými způsoby. Je pro něj vyčleněn jeden dvojitě vyvážený vstup (hodnota poplachová ovládá systém a hodnota tamperu slouží k ochraně smyčky). Pomocí tohoto vstupu je systém možné ovládat pomocí skrytého kontaktu, kódové klávesnice, GSM modulu nebo nadřazené ústředny PZTS.

Informace o stavu PZTS (zastřeženo/odstřeženo) je směrována na výstup číslo 2, informuje uživatele o aktuálním stavu a zároveň podává zpětnou vazbu vzdálenému uživateli, zda došlo k požadovanému zabezpečení. Informace o stavu výstupu může být zpracována různými způsoby.

Poplachová informace je směrována na výstup číslo 1. Informace je zpracována lokálně, vzdáleně, nebo jiným systémem.

#### 10.1.2 Ovládání monitoringu

Monitoring využívá pro měření proudu analogové vstupy, které jsou přímo na vývojové desce Arduino, nemají přímý vliv na ovládání.

Systémově se projevují pomocí výstupů poruchové stavy stringů, kterých je pět a jsou směrovány na reléové výstupy. Pomocí těchto výstupů je možné vytvořit jakékoliv vazby. Může být pouze informován uživatel, můžou být ovládány vstupy v nadřazené ústředně PZTS a v ní následně vytvořeny další vazby.

## 11 NAVAZUJÍCÍ VÝVOJ

Modul byl sestaven a navržen tak, aby bylo možné jeho univerzální použití z hlediska nasazení a podmínek na konkrétní instalaci.

### 11.1 Aktuální variabilita

Návrh systému je koncipován jako stavebnicový modul na platformě Arduino, je tedy možné jeho částečné přizpůsobení jak po stránce hardwaru, tak po stránce softwaru. Přizpůsobení dané instalaci je možné například počtem vstupů a výstupů, to umožňuje využití různých desek Arduino a samozřejmě s tím souvisí i drobná úprava programu dle potřeb a jeho následná kompilace se změnou nastavení a výběru konkrétní desky Arduino.

### 11.2 Budoucí rozšíření

Vývojové desky Arduino mají možnost svého lokálního rozšíření o další moduly pomocí takzvaných shields, což jsou rozšiřující desky, které se instalují přímo na základní desku Arduina do připravených pinů. Svou konstrukcí jsou průchozí a piny jsou poté k dispozici na desce rozšiřujícího modulu. Ukázka rozšiřující desky Ethernet Shields je uvedena na obrázku 70.



Obr. 70 Ethernet Shield [51]

Právě uvedený Ethernet Shield je vhodnou deskou pro další rozšíření funkcionality systému. V objektech, kde bude k dispozici připojení k internetu, bude možné pomocí tohoto modulu připojit systém k internetu a řešit monitoring dat vzdáleně. Pokud bude potřeba takto dozorovat více modulů nebo objektů, je vhodné data shromažďovat a analyzovat centrálně například z jednoho serveru, na který budou změřená data shromažďována. Vzhledem k integrované čtečce SD karet bude poté z důvodu vzdáleného monitoringu možné vyřadit LCD displej se čtečkou SD karet a hodnoty zobrazované na displeji zobrazovat na webservru.



## ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na řešení konkrétní situace z pohledu pochopení daného problému, jeho popisu v celém aspektu a zrealizování návrhu, který problém vyřeší. Problémem je nedostatečná informovanost servisní organizace nebo provozovatele o technických chybách výpadku výroby na konkrétním stringu fotovoltaických panelů a žádná nebo nízká úroveň zabezpečení. Cílem práce je návrh modulu, který vyřeší zjištěné nedostatky a bude o vzniklých událostech informovat obsluhu, servis, nebo uživatele v dostatečně krátkém čase tak, aby bylo možné zareagovat na vzniklé události v požadovaném termínu.

Pět tematických celků je obsahem teoretické části a šest celků popisuje část praktická.

Teoretická část popisuje zabezpečení fotovoltaických panelů a elektráren od základu členění technické ochrany na části mechanických zábranných systémů a elektronických systémů přes normy a třídy bezpečnosti, dle kterých jsou dané produkty schvalovány a provozovány.

Navazující část se zabývá praktickým využitím a provozováním elektronických systémů pro ochranu fotovoltaických panelů a zabezpečení fotovoltaických elektráren. Popsány jsou nejběžněji používané technologie, které jsou nasazovány dle několika kritérií, jež jsou vzájemně propojená. Jedná se o kritéria umístění fotovoltaických panelů a elektrárny, prostoru, který je k dispozici, jaká je celková zabezpečovaná hodnota a jaké jsou prostředky, které jsou k dispozici pro zabezpečení.

Závěrečný blok teoretické části se věnuje monitoringu fotovoltaických elektráren. Je popsáno, jaké veličiny a proč jsou monitorovány. Analyzovány jsou i typy a způsoby monitoringu.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na zadaný úkol, což je vývoj měřicího zařízení stringu fotovoltaických panelů na platformě Arduino s rozšiřujícím bezpečnostním modulem.

Na začátku jsou stanoveny požadavky na zařízení, co má zařízení splňovat a jak má fungovat.

Poté je potřeba navrhnout hardwarovou koncepci řídicího modulu a jeho rozšiřujících a doplňujících částí.

Po návrhu hardwarové koncepce se přistupuje k návrhu softwarových procesů pomocí vývojových diagramů čili jak bude systém celkově fungovat, jak budou fungovat jednotlivé části, co se za definovaných podmínek stane a jaké budou další návaznosti.

Na základě sestavených vývojových diagramů je napsán řídicí program mikrokontroléru ve vývojovém prostředí IDE. Vyvinutý a napsaný software je poté zkompileován a nahrán do mikrokontroléru, kde se následně otestuje jeho plná funkcionality dle zadání.

Sestavený modul je navržen tak, aby splňoval požadavky zadání a bylo možné jeho univerzální použití a nasazení v různých typech a velikostech fotovoltaických elektráren s různými možnostmi instalace a integrace. Modul je koncipován i tak, že je možné vzít jeho základ a přizpůsobit ho konkrétním specifickým účelům, například samostatné použití modulu pro měření proudu anebo samostatné využití bezpečnostního modulu. Při podobném využití modulu, ale s menším rozsahem, je možné software drobně upravit a zkompileovat ho na použití s menší variantou vývojové desky Arduino.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LAPKOVÁ, Dora. *Prezentace: Technologie komerční bezpečnosti II: Fyzická ochrana*. Zlín, 2016, 48 s.
- [2] ČSN EN 50131-1 ED.2. *Poplachové systémy-Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy: Část 1: Systémové požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] IVANKA, Ján. *Mechanické zábranné systémy*. Vydání druhé. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. ISBN 978-80-7454-427-9.
- [4] STUČHLÍK, Jan. Solárníci vědí, jak obejít platby za likvidaci panelů. In: *E15.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER a.s, 2014, 8. ledna 2014 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/solarnici-vedi-jak-obejit-platby-za-likvidaci-panelu-1051134>
- [5] Ostnaté dráty a žiletkové dráty zabezpečí váš pozemek. In: *Dirickx Bohemia* [online]. Havlíčkův Brod: DIRICKX BOHEMIA spol. s r.o, 2017 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <http://www.dirickx.cz/ostnate-a-ziletkove-draty.htm>
- [6] VALOUCH, Jan. *Projektování bezpečnostních systémů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012. ISBN 978-80-7454-230-5.
- [7] ČSN EN 50131-1 ED.2. *Poplachové systémy-Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy: Část 1: Systémové požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [8] Xtralis Security Solutions Support Site: Download. *Xtralis* [online]. Belgie: Xtralis, 2014 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: <http://www.xtralissecurity.com/search.aspx>
- [9] Products. *Cias* [online]. Milano, Itálie: Cias Elettronica Srl, 2017 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.cias.it/en/products/>
- [10] Our products. *Sorhea* [online]. Vaulx-en-Velin, Francie: Sorhea, 2015 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.sorhea.com/nos-produits/>
- [11] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. Zlín: VeR-BuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [12] Seznam ČSN. *ÚNMZ* [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://seznam-csn.unmz.cz/>
- [13] TNI CEN/TR 16705. *Ochrana perimetru: Metodika klasifikace funkčnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [14] *IR bariéra Maxiris - ochrana FVE*. Saulce sur Rhone , Francie, 2010.
- [15] *MW Muerena - ochrana FVE*. Itálie, 2015.
- [16] *MW Ermo 482X Pro - ochrana FVE*. Itálie, 2011.
- [17] *MW Ermo - ochrana FVE*. Itálie, 2009.
- [18] *MW Coral - ochrana FVE*. Itálie, 2012.
- [19] Xtralis Security Solutions Support Site: Download. *Xtralis* [online]. Belgie: Xtralis, 2015 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: <http://www.xtralissecurity.com/search.aspx>
- [20] *MW Manta - ochrana střešní FVE*. Interporto Padova, Itálie, 2011.
- [21] BECHNÍK, Bronislav. Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaiice. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2014 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaiika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaiice>

- [22] FOTOVOLTAIKA. *Tzb-energ* [online]. Praha: Sdružení techniků a inženýrů ve stavebnictví a energetice, 2012 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>
- [23] BENDA, Vítězslav. Fotovoltaické systémy – Učební texty k semináři. *VUTBR* [online]. Brno: Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a senzorických technologií CZ.1.07/2.3.00/09.0031, 2011, 15.4.2011 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: [http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_04\\_1104.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_04_1104.pdf)
- [24] OBECNÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ FOTOVOLTAICKÉHO ZDROJE. *OEZ* [online]. Letohrad, Česká republika: OEZ, 2014, 2014 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/obecne-schema-zapojeni-fotovoltaikeho-zdroje>
- [25] VIDÍM, Jan. Monitorování FVE podle normy ČSN EN 61724. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2014, 2.6.2014 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11294-monitorovani-fve-podle-normy-csn-en-61724>
- [26] MT-Series 8-15 kW. *SolarMax* [online]. D-89352 Ellzee: SolarMax Sales and Service, 2015 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.solarmax.com/en/mt-series-8-15-kw/>
- [27] PVI-10.0/12.5. *ABB* [online]. Zurich, Switzerland: ABB Asea Brown Boveri, 2017 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://new.abb.com/power-converters-inverters/solar/string/three-phase/pvi-10-0kw-12-5kw>
- [28] SUNNY PORTAL. *SMA* [online]. Niestetal, Germany: Sunnydesignweb, 2015 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sunny-portal.html#Professional-Package-108543>
- [29] Solar Monitor - Start / 60 / 300 / 1000. *Solar Monitor* [online]. Turnov, Česká republika: Solarmonitor, 2013 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.solarmonitor.cz/cz/produkty/hlavni-jednotky/start>
- [30] ARDUINO UNO REV3. *HW Kitchen* [online]. Šenov, Česká republika: Ing. Oldřich Horáček HW Kitchen, 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-uno-rev3/>
- [31] ARDUINO MEGA 2560. *HW Kitchen* [online]. Šenov, Česká republika: Ing. Oldřich Horáček HW Kitchen, 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-mega-2560/>
- [32] ARDUINO DUE. *HW Kitchen* [online]. Šenov, Česká republika: Ing. Oldřich Horáček HW Kitchen, 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-due/>
- [33] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Externí sériové sběrnice SPI a I<sup>2</sup>C. *ROOT.CZ* [online]. Praha, Česká republika: Internet Info, s.r.o, 2008, 30. 12. 2008 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sberrnice-spi-a-i2c/>
- [34] ARDUINO RTC HODINY REÁLNÉHO ČASU DS3231 AT24C32. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/vstupni-periferie-ostatni/133002-rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-iic.html>
- [35] ARDUINO RTC HODINY REÁLNÉHO ČASU DS3231 AT24C32. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z:

- <https://laskarduino.cz/vstupni-periferie-ostatni/133002-rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-iic.html>
- [36] ARDUINO LCD SCREEN. *ARDUINO* [online]. Turin, Italy: Arduino, 2018 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-lcd-screen>
- [37] Proudový senzor ACS712. *ARDUINO NÁVODY* [online]. Havlíčkův Brod, Česká republika: ECLIPSE s.r.o, 2016, 12. 4. 2016 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/proudovy-senzor-acs712.html>
- [37] Proudový senzor ACS712. *ARDUINO NÁVODY* [online]. Havlíčkův Brod, Česká republika: ECLIPSE s.r.o, 2016, 12. 4. 2016 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/proudovy-senzor-acs712.html>
- [38] ARDUINO PROUDOVÝ SENZOR ACS712. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/vstupni-periferie-cidla/230127-110-proudovy-senzor-acs712-5a.html#/57-proud-30a>
- [39] 8-KANÁLŮ RELÉ MODUL 5VDC 250VAC 10A. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/vystupni-periferie-rele/142003-8-kanalu-rele-modul-5vdc-250vac-10a.html>
- [40] NEPÁJIVÉ KONTAKTNÍ POLE 830 PINŮ. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/kabelaz-dps/150002-207-nepajive-kontaktni-pole-830-pinu.html#/8-barva-bila>
- [41] ARDUINO IDE. *ARDUINO.CZ* [online]. Šenov, Česká republika: HWKITCHEN.CZ, 2014 [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://arduino.cz/arduino-ide/>
- [42] CADY, Fredrick M. *Microcontrollers and microcomputers: principles of software and hardware engineering*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2010. ISBN 01-953-7161-5.
- [43] CATSOULIS, John. *Designing embedded hardware*. 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, c2005. ISBN 05-960-0755-8.
- [44] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMELE AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky ...* Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-730-0077-6.
- [45] MARGOLIS, Michael. *Arduino cookbook*. 2nd ed. Sebastopol, Calif.: O'Reilly, c2012. ISBN 14-493-1387-6.
- [46] BANZI, Massimo. *Getting Started with Arduino*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008. ISBN 978-0-596-15551-3.
- [47] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.
- [48] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8.
- [49] MATOUŠEK, David. *C bez předchozích znalostí*. Brno: Computer press, 2016. ISBN 978-80-251-4640-8.

- [50] MATOUŠEK, David. *C bez předchozích znalostí*. Brno: Computer press, 2016. ISBN 978-80-251-4640-8.
- [51] ARDUINO ETHERNET SHIELD W5100. *Laskarduino* [online]. Rychnov nad Kněžnou, Česká republika: LASKARDUINO.CZ, 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/shield-moduly/110002-ethernet-shield-w5100-r3.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AC	Alternating Current
ACS	Access Control System = Systém řízení přístupu
CCTV	Closed Circuit Television = Uzavřený televizní okruh
ČSN	Česká technická norma
DAC	Digital to Analog
DC	Direct Current
DPPC	Dohledové přijímací a poplachové centrum
DVS	Dohledové video systémy
EKV	Elektronická kontrola vstupu
FV	Fotovoltaický
FVE	Fotovoltaická elektrárna
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Groupe Spécial Mobile
ICSP	In Circuit Serial Programming
IDE	Integrated Development Environment
IR	Infrared = Infračervený
JTAG	Joint Test Action Group
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LTE	Long Term Evolution
MISO	Master In, Slave Out
MOSI	Master Out, Slave In
MPPT	Maximum Power Point Tracker
MW	Microwave = Mikrovlnná bariéra nebo detektor
MZS	Mechanické zábranné systémy
OTG	USB On The Go
PER	Perimeter = Obvod – Perimetrický systém
PIR	Passive Infra Red
PZTS	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
PWM	Pulse Width Modulation
RC	Resistance Class = Třída odolnosti
RS 232, 485, 422	Standardy sérové komunikace
RTC	Real Time Clock
SD	Secure Digital
SPI	Serial Peripheral Interface
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol = Internetový protokol
TFT	Thin Film Transistor
TWI	Two Wire Interface
UART	Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter
VMS	Video Management Software = Software pro řízení a záznam IP kamer
VVS	Video Surveillance Systems = Dohledové kamerové systémy

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Rozdělení fyzické ochrany [1].....	12
Obr. 2 Pletivový plot [4] .....	16
Obr. 3 Svařované pletivo [Svoboda – vlastní].....	17
Obr. 4 Žiletkový a ostnatý drát [5] .....	17
Obr. 5 „Podhrabová deska“ [5].....	18
Obr. 6 Rozdělení poplachových systémů [6].....	19
Obr. 7 Venkovní PIR detektor s dlouhým dosahem [8] .....	24
Obr. 8 Digitální Doppler detektor [9] .....	25
Obr. 9 Sloupová IR bariéra [10] .....	26
Obr. 10 Digitální MW bariéra [9].....	27
Obr. 11 Princip fungování DPPC [11].....	28
Obr. 12 Dělení Fyzické ostrahy [1] .....	31
Obr. 13 Bezpečnostní posouzení – základní [6] .....	33
Obr. 14 Bezpečnostní posouzení – podrobné [6].....	34
Obr. 15 Ochrana FVE pomocí MZS a IR bariér [14] .....	36
Obr. 16 Ochrana FVE pomocí plotového detekčního systému [Svoboda – vlastní] ..	37
Obr. 17 Ochrana FVE pomocí digitální MW bariéry [15] .....	38
Obr. 18 Ochrana FVE pomocí digitální MW bariéry s analýzou [16] .....	38
Obr. 19 Ochrana FVE pomocí MW bariér [17].....	39
Obr. 20 Ochrana FVE pomocí kombinace MW bariér [18] .....	40
Obr. 21 Ochrana FVE pomocí PIR detektorů s dlouhým dosahem [19], upravil Svoboda 2019 .....	40
Obr. 22 Ochrana střešních FV panelů pomocí vibračních detektorů [Svoboda – vlastní].....	41
Obr. 23 Ochrana střešních FV panelů pomocí digitálních MW bariér [20], upravil Svoboda 2019 .....	42
Obr. 24 Autonomní FV systém [22] .....	45
Obr. 25 Spotřebitelský systém FV [22] .....	46
Obr. 26 Hybridní systém FV [22] .....	46
Obr. 27 Typy střídačů, A) centrální, B) řetězové (stringové), C) modulové [23] .....	47
Obr. 28 Zapojení FV elektrárny [24] .....	48
Obr. 29 Lokální monitoring FVE [Svoboda – vlastní] .....	50
Obr. 30 Vzdálený monitoring [Svoboda – vlastní].....	51
Obr. 31 Blokové schéma střídače Solar MAX [26].....	52
Obr. 32 Blokové schéma střídače Power One-ABB [27] .....	52
Obr. 33 Náhledy portálu Sunny Portal [28] .....	53
Obr. 34 Webconnect SMA [28].....	53
Obr. 35 Sunny Webbox a Fronius Datalogger Web [28] .....	54
Obr. 36 Monitorovací a komunikační modul Solar Monitor [29] .....	55
Obr. 37 Zobrazovaná data portálu Monitoring 2 [Svoboda – vlastní].....	55
Obr. 38 String box pro umístění rozšířeného monitoringu [Svoboda – vlastní].....	57
Obr. 39 Náhledy vývojových diagramů systému monitoringu a PZTS [Svoboda – vlastní] .....	59
Obr. 40 Způsob zapojení dvojité vyvážené smyčky PZTS [Svoboda – vlastní] .....	61
Obr. 41 Arduino UNO [30].....	62
Obr. 42 Schéma zapojení Arduino UNO [30] .....	63
Obr. 43 Arduino Mega [31] .....	64
Obr. 44 Schéma zapojení Arduino Mega [31] .....	65
Obr. 45 Arduino DUE [32] .....	66

Obr. 46 Schéma zapojení Arduino DUE [32].....	67
Obr. 47 Popis pinů komunikačních rozhraní na vývojové desce Arduino DUE [32]	67
Obr. 48 Způsob komunikace sběrnice SPI [33].....	68
Obr. 49 Způsob komunikace sběrnice I <sup>2</sup> C [33] .....	70
Obr. 50 Modul RTC DS3231[34] .....	71
Obr. 51 Snímač intenzity osvětlení [35] .....	72
Obr. 52 LCD displej se čtečkou SD karet [36], upravil Svoboda 2019.....	73
Obr. 53 Proudový senzor [38].....	74
Obr. 54 Zapojení čipu a způsob zapojení při měření proudovým senzorem ACS712 [38], upravil svoboda 2019.....	75
Obr. 55 Úprava měřicí části proudu elektrickým oddělením [Svoboda – vlastní] .....	75
Obr. 56 Zapojení dvojité vyvážené smyčky připojené do analogového vstupu .....	76
Obr. 57 Reléový modul [39] .....	77
Obr. 58 Nepájivé kontaktní pole [40] .....	78
Obr. 59 Sestava vývojového modulu – blokové schéma [Svoboda – vlastní].....	79
Obr. 60 Postupy při vývoji [Svoboda – vlastní] .....	81
Obr. 61 Finální produkt [Svoboda – vlastní] .....	82
Obr. 62 Funkcionalita modulu měření [Svoboda – vlastní].....	84
Obr. 63 Detekce poruchy modulu Osvitu [Svoboda – vlastní].....	85
Obr. 64 Funkcionalita modulu PZTS [Svoboda – vlastní] .....	86
Obr. 65 Funkcionalita zastřežení modulu PZTS [Svoboda – vlastní] .....	88
Obr. 66 Funkcionalita modulu PZTS při poplachu [Svoboda – vlastní] .....	89
Obr. 67 Potvrzení poplachu PZTS [Svoboda – vlastní].....	90
Obr. 68 Výpisy stavu obou modulů z SD karty [Svoboda – vlastní].....	92
Obr. 69 Ukázka kódu ve vývojovém prostředí Arduino IDE [Svoboda – vlastní].....	93
Obr. 70 Ethernet Shield [51].....	95



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Přehled norem MZS [3], upravil Svoboda 2019.....	14
Tab. 2 Bezpečnostní třídy RC dle ČSN EN 1627 [3], upravil Svoboda 2019.....	15
Tab. 3 Přehled řad norem poplachových systémů [6], upravil Svoboda 2019 .....	20
Tab. 4 Stupně zabezpečení [7], upravil Svoboda 2019.....	21
Tab. 5 Třídy prostředí [7], upravil Svoboda 2019 .....	21
Tab. 6 Normy PZTS [7], upravil Svoboda 2019.....	23
Tab. 7 Normy DPPC [12] .....	28
Tab. 8 Normy CCTV [12].....	29
Tab. 9 Normy EKV [12] .....	30
Tab. 10 Úroveň ochrany a informativní řešení [13] .....	34
Tab. 11 Parametry desky Arduino UNO [30], upravil Svoboda 2019 .....	63
Tab. 12 Parametry desky Arduino Mega [31], upravil Svoboda 2019 .....	64
Tab. 13 Parametry desky Arduino DUE [32], upravil Svoboda 2019.....	66
Tab. 14 Parametry CD displeje se čtečkou SD karet [36], upravil Svoboda 2019 .....	73
Tab. 15 Tabulka zapojení výstupů [Svoboda – vlastní].....	77
Tab. 16 Tabulka zapojení sběrnic a modulů k vývojové desce Arduino [Svoboda – vlastní].....	80

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: PROGRAM MIKROKONTORLÉRU

## PŘÍLOHA P I: PROGRAM MIKROKONTROLÉRU



```
DP_Petr_Svoboda | Arduino 1.8.9
DP_Petr_Svoboda
1 #include <SPI.h>
2 #include <TFT.h>
3 #include <BH1750.h>
4 #include <DS3231.h>
5 #include <SD.h>
6
7 #define CURR_THRESHOLD 0.3
8 #define CURR_SENSORS 5
9 #define CURR_SENSOR_0 A0
10 #define CURR_SENSOR_1 A1
11 #define CURR_SENSOR_2 A2
12 #define CURR_SENSOR_3 A3
13 #define CURR_SENSOR_4 A4
14
15 #define OUT_ALARM 22
16 #define OUT_ARMED 24
17
18 #define OUT_PWR_ERR 26
19
20 #define OUT_STRING_0 28
21 #define OUT_STRING_1 30
22 #define OUT_STRING_2 32
23 #define OUT_STRING_3 34
24 #define OUT_STRING_4 36

Kompilace ukončena.
Projekt zabírá 56656 bytů (10%) úložného místa pro program. Maximum
546 Arduino Due (Native USB Port)
```

Program je uložen na příloženém CD v souboru **prilohy.zip**. Samotný program se jmenuje **DP\_Petr\_Svoboda.ino**. Program je možné otevřít a editovat pomocí sw Arduino IDE.