



Diplomová práce

Prototyp IoT komunikačního zařízení k digitalizaci ve zdravotnictví

Studijní program:

N0914P360003 Biomedicínské inženýrství

Autor práce:

Bc. Věra Šramhauserová

Vedoucí práce:

Ing. Jan Koprnický, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Prototyp IoT komunikačního zařízení k digitalizaci ve zdravotnictví

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Věra Šramhauserová
<i>Osobní číslo:</i>	D21000151
<i>Studijní program:</i>	N0914P360003 Biomedicínské inženýrství
<i>Zadávací katedra:</i>	Fakulta zdravotnických studií
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

- Seznamte se s mezinárodními standardy pro přenos dat ve zdravotnictví HL7 a FHIR.
- Navrhněte alternativní způsob zaslání zpráv o poruše zdravotnického prostředku k doplnění IoT komunikačního terminálu.
- Rozšířte komunikační IoT terminál o nové, zejména uživatelské funkce.
- Otestujte IoT komunikační terminál na zdravotnickém prostředku a diskutujte případná zlepšení.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Cíle diplomové práce leží v několika rovinách. Prvním cílem je seznámení s komunikačními a přenosovými standardy v oblasti zdravotnictví, a to HL7 a FHIR. Dalším cílem je rozšířit komunikační IoT terminál o nové funkce k jednoduššímu zaslání zpráv o poruše daného lékařského přístroje. Zároveň vhodně doplnit vylepšený IoT komunikační terminál o alternativní řešení zaslání zprávy o poruše ZP, které bude na zdravotnickém prostředku i na IoT terminálu nezávislé. Technicky vyspělejší IoT komunikační terminál bude testován v laboratorních podmínkách provozu zdravotnického zařízení, a to na zdravotnických prostředcích jednoho druhu. Z testování budou sebrána data, která budou vyhodnocena a učiněny závěry, zda a jakým způsobem může navržené IoT komunikační zařízení přispět k digitalizaci ve zdravotnictví.

Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

- Předpokládá se rozvoj IoT ve zdravotnictví, digitalizace zdravotnictví a implementace nových nástrojů pro komunikaci.
- Data ve zdravotnictví musí být kyberneticky zabezpečena, proto je nezbytné se touto problematikou zabývat.
- Výzkumné otázky souvisí s nezbytností využití komunikačních a přenosových standardů HL7 a FHIR.

Metoda:

Prostudování technických dat k přístrojům, norem, komunikačních protokolů a dalších předpisů. Technické rozšíření a zkvalitnění komunikace pomocí IoT terminálu. Vývoj nové alternativy k hardwarovému produktu. Nasazení do reálného provozu. Testování prototypu. Hodnocení výsledků testování.

Technika práce, vyhodnocení dat:

- Práce s hardwarem, softwarem a programovacími nástroji.
- Studium technických podkladů, komunikačních protokolů, návrh a realizace.
- Testování přístrojů (cca tři kusy) v laboratorních podmínkách.
- Sběr dat a vyhodnocení testování, poznatky k provozu IoT terminálu a k navrženému novému alternativnímu zařízení.

Místo a čas realizace výzkumu:

Laboratoře Technické univerzity v Liberci v akademickém roce 2022/2023

Vzorek:

Bude testován vzorek přístroje na cca 3 ks zařízeních. O testovacím provozu bude zhotoven zápis, sesbíraná data budou vyhodnocena.

Rozsah práce:

Rozsah diplomové práce činí 70–90 stran (tzn. 1/3 teoretická část, 2/3 výzkumná část).

Harmonogram:

- Zimní semestr
 - Studium norem, technických listů, BOZP
 - Studium HL7 a FHIR
 - Vývoj alternativního zaslání zprávy
 - Studium technických dat přístrojů
 - Zpracování rešerše
- Letní semestr:
 - Technické vylepšení zařízení
 - Komunikace a vyřizování záležitostí nutných k testování v reálném provozu
 - Připojení do zkušebního provozu, prověření funkcí, testování
 - Zpracování závěrů a vyhodnocení

Forma zpracování kvalifikační práce:

Tištěná a elektronická.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

Jazyk práce:

tištěná/elektronická

Čeština

Seznam odborné literatury:

1. ŠRAMHAUSEROVÁ, Věra. *Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi obsluhou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby* [online]. 2021-07-22T17:25:42Z [cit. 2022-08-14]. Dostupné z: <https://dSPACE.tul.cz/handle/15240/160268>. Bakalářská práce.
2. ČSN ISO/HL7 27931 (981027). *Norma pro výměnu dat – Zdravotnictví úroveň sedm, verze 2.5 – Aplikační protokol pro elektronickou výměnu dat v prostředí zdravotní péče*. 03/2011. Praha: Berkely Cert, 2011, 20 s.
3. DJENNA, Amir a Diamel EDDINE SAIDOUNI. *Cyber Attacks Classification in IoT-Based-Healthcare Infrastructure*. 2018 *2nd Cyber Security in Networking Conference (CSNet)* [online]. IEEE, 2018, 2018, 1-4 [cit. 2022-08-22]. ISBN 978-1-5386-7045-3. Dostupné z: doi:10.1109/CSNET.2018.8602974
4. ŠINDLER, Jaroslav. *Microsoft Teams: praktická příručka pro týmovou spolupráci*. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-1023-0.
5. MOOSAVI, Sanaz Rahimi, Tuan Nguyen GIA, Amir-Mohammad RAHMANI, Ethiopia NIGUSSIE, Seppo VIRTANEN, Jouni ISOAHO a Hannu TENHUNEN. *SEA: A Secure and Efficient Authentication and Authorization Architecture for IoT-Based Healthcare Using Smart Gateways*. *Procedia Computer Science* [online]. 2015, **52**, 452-459 [cit. 2022-08-22]. ISSN 18770509. Dostupné z: doi:10.1016/j.procs.2015.05.013
6. GUILMETTE, Aaron. *Workflow Automation with Microsoft Power Automate: Achieve digital transformation through business automation with minimal coding*. Birmingham: Packt Publishing, 2020. ISBN 978-1-83921-379-3.
7. BRAUNSTEIN, Mark L. *Health Informatics on FHIR: How HL7's New API is Transforming Healthcare*. 1. Cham: Springer, 2018, 314 s. ISBN 978-3-030-06655-0.
8. BENSON, Tim a Grahame GRIEVE. *Principles of Health Interoperability: FHIR, HL7 and SNOMED CT: Health Information Technology Standards*. 4. Cham: Springer, 2020, 493 s. ISBN 978-3-319-30370-3.
9. BEYAH, Raheem, Bing CHANG, Yingjiu LI a Sencun ZHU. *Security and Privacy in Communication Networks: 14th International Conference, SecureComm 2018, Singapore, Singapore, August 8-10, 2018, Proceedings, Part I*. 1. Cham: Springer, 2018, 607 s. ISBN 978-3-030-01700-2.
10. LACKO, Luboslav. *Mistrovství – Android*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2017. Mistrovství. ISBN 978-80-251-4875-4.
11. KHAN, Shah Nawaz, K. THIRUNAVUKKARASU, Ayman ALDMOUR a Salam Salameh SHREEM. *A step towards society 5.0: research, innovations, and developments in cloud-based computing*. 1. New York: CRC Press, 2021, 212 s. ISBN 978-0367685461.

Vedoucí práce:

Ing. Jan Koprnický, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání práce:

25. října 2022

Předpokládaný termín odevzdání: 5. května 2023

L.S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc.,
MBA
děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Prototyp IoT komunikačního zařízení k digitalizaci ve zdravotnictví

Abstrakt

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi obsluhou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby a zabývá se vylepšením komunikačního IoT terminálu pro hlášení poruchy až osmi zdravotnických přístrojů. Rovněž se zabývá vývojem, na terminálu nezávislé, mobilní aplikace pro hlášení poruchy na zdravotnickém přístroji načtením QR kódu. Nad rámec zadání diplomové práce byl vyvinut prototyp inteligentní zásuvky pro prediktivní údržbu zdravotnických přístrojů. V teoretické části jsou popsány datové standardy ve zdravotnictví. Jedná se o mezinárodní HL7 a v České republice používaný DASTA, dále DICOM, MKN a SNOMED CT. Je představen referenční model OSI/ISO a TCP/IP. Následně se práce věnuje XML, prediktivní údržbě, RPA, bezkódovému programování a s ním spojeným rizikům. Praktická část popisuje návrh, hledání řešení, sestavení a programování všech tří produktů. Všechny tři produkty byly testovány v laboratorních podmínkách a následně byl diskutován další možný rozvoj pro digitalizaci ve zdravotnictví.

Klíčová slova: Codefree, DASTA, Digitalizace ve zdravotnictví, Elektroměr, HARDWARIO CHESTER, HL7, Inteligentní zásuvka, IoT, Microsoft Power Apps, Microsoft Power Automate, Prediktivní údržba, RS-485

Prototype IoT communication device for digitalization in healthcare

Abstract

The Master's thesis is a continuation of the Bachelor's thesis Design of a prototype device to streamline communication between the operator of a medical device and a technically knowledgeable person and focuses on the improvement of an IoT communication terminal for fault reporting of up to eight medical devices. It also focuses on the development of a terminal-independent mobile application for reporting failures on a medical device by reading a QR code. Beyond the scope of the thesis, a prototype of an intelligent power outlet has been developed for the predictive maintenance of medical devices. The theoretical part describes data standards in healthcare. These are the international HL7 and DASTA used in the Czech Republic, as well as DICOM, MKN and SNOMED CT. The OSI/ISO and TCP/IP reference models, XML, predictive maintenance, RPA, codeless programming and related risks are introduced. The practical part describes the design, troubleshooting, building and programming of all three products. All three products were tested under laboratory conditions, and then further developments for healthcare digital transformation were discussed.

Keywords: Codefree, DASTA, Digitalization in Healthcare, Meter, HARDWARIO CHESTER, HL7, Smart Socket, IoT, Microsoft Power Apps, Microsoft Power Automate, Predictive Maintenance, RS-485

Poděkování

Ráda bych zde vyjádřila poděkování Ing. Janovi Koprnickému, Ph.D., za odborné vedení, diskuze nad problematikou a všestrannou pomoc při zpracování diplomové práce. Současně bych chtěla poděkovat technickému řediteli Pavlovi Hübnerovi z firmy HARDWARIO za konzultace vhodného hardwaru, zapůjčení hardwaru a pomoc s průmyslovým standardem RS-485. Rovněž bych ráda poděkovala Štěpánovi Bechynskému z firmy Microsoft za konzultace k vývoji a integraci produktů Power Platform do navržených prototypů, cenné rady a čas, který mi věnoval.

Obsah

Seznam zkratek	9
1 Úvod	16
2 Datové standardy ve zdravotnictví	18
3 Referenční model OSI/ISO a TCP/IP	19
3.1 Vrstvy OSI/ISO	20
3.2 Síťová architektura TCP/IP	21
3.3 Spolehlivost přenosu dat	23
4 Jazyk XML	25
5 Organizace HL7	27
5.1 Profily v HL7	28
5.1.1 Dokument kontinuity péče CCD	29
5.1.2 Strukturované označování výrobků SPL	30
5.1.3 Architektura klinických dokumentů CDA	30
5.2 Referenční kategorie v HL7	31
5.3 Verze standardu HL7	32
5.3.1 HL7 V2	32
5.3.2 HL7 V3	33
5.3.3 HL7 FHIR	33
5.4 Formát zprávy HL7	34
5.4.1 Segmenty a typy zpráv	34
5.4.2 Spouštěcí události, transakce a odeslání zprávy	35
5.5 Rozhraní HL7 a 7 vrstva v modelu OSI	35
6 Systém DICOM	37
7 Mezinárodní klasifikace nemocí	38
8 Standard DASTA	40
9 Terminologie SNOMED CT	41
10 Prediktivní údržba	42

11 Robotická automatizace procesů	45
12 Codefree a grafické programování	47
12.1 Nástroj Node-RED	48
12.2 Použití Node-RED pro monitoraci prostředí	48
12.3 Node-RED na localhost:1880	53
13 Rizika nástrojů pro bezkódové programování	55
14 Komunikační IoT terminál	56
15 Vývoj aplikace k zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku	61
15.1 MIT App Inventor	61
15.2 Aplikace v MIT APP inventoru	62
15.3 Power Apps	65
15.4 Aplikace v Power Apps k zaslání informace o poruše ZP	67
16 Měření proudu	74
16.1 CHESTER Current	75
17 Varianty zásuvek s měřením spotřeby	77
17.1 Zásuvky s měřením spotřeby	78
17.2 NETIO zásuvka	79
18 Vývoj vlastní inteligentní zásuvky	82
18.1 Standard RS-485	83
18.2 Elektroměr	85
18.3 Software	89
19 Závěr	94
Použitá literatura	97
A Přílohy	105
A.1 Obsah vloženého balíku do IS/STAG TUL	105
A.2 Prostředí Node-RED	105
A.3 Komunikační IoT terminál	106
A.4 Vývoj mobilní aplikace	113
A.4.1 MIT App Inventor	113
A.4.2 Power Apps	113
A.5 Varianty zásuvek	117
A.6 Vývoj vlastní inteligentní zásuvky	118
A.6.1 Hardware	118
A.6.2 Softwawre	122
A.6.3 Testování	123

Seznam zkratek

A	Ampér, jednotka pro elektrický proud
AC	Alternating Current, střídavý proud
ACC	Accident, segment HL7
ACR	American College of Radiologists, americká radiodiagnostická asociace
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line, asymetrická digitální linka
ADT-A01	Admit, Discharge and Transfer, segment HL7 pro přijetí pacienta do péče
AI	Artificial Intelligence, umělá inteligence
aj.	A jiné
ANSI	American National Standards Institute, americký národní standardizační institut
API	Application Programming Interface, rozhraní pro programování aplikací
ARPANET	Advanced Research Projects Agency NETWORK, název grantové agentury ministerstva obrany USA, počítačová síť, předchůdce dnešního Internetu
ARRA	The American Recovery & Reinvestment Act, americký zákon o obnově a reinvesticích z února 2009
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, americký standardní kód pro výměnu informací
ASTM	The American Society for Testing and Materials, standard pro výměnu zdravotnických dat a informací
AV Driver	Audio Video Driver, jednotka pevného disku, která je určena speciálně pro audio a video účely
B2B	Business-to-Business, obchodní vztah mezi podniky
Bd	Baud, jednotka modulační rychlosti nebo počtu změn signálu za sekundu
BMI	Biomedical Engineering, biomedicínské inženýrství, biomedicínský inženýr
BMT	Biomedical Technician, biomedicínský technik
CCD	Continuity of Care Document, dokument návaznosti léčby
CCOW	Clinical Context Object Workgroup, standardizační výbor v rámci skupiny HL7
CCR	Continuity of Care Record, záznam o návaznosti péče
CDA	Clinical Document Architecture, standard HL7 pro kategorizaci lékařských záznamů
CDC	Centers for Disease Control and Prevention, organizace pro ochranu zdraví veřejnosti
CDISC	Clinical Data Interchange Standards Consortium, organizace vyvíjející standardy pro informační systémy ve zdravotní péči

CCHIT	Certification Commission for Health Information Technology, certifikační komise pro zdravotnické informační technologie v USA
CMD	Command, příkazový řádek
CO2	Oxid uhličitý
COM	Sériový komunikační port počítače
COVID-19	Koronavirové onemocnění SARS-CoV-2
DASTA	Datový standard pro předávání dat
DC	Direct Current, stejnosměrný proud
DCCT	Zero-flux Direct Current-Current Transformer, transformátor stejnosměrného proudu, převodník proudu na napětí
DFT	The Detail Financial Transaction, zpráva v HL7 o finanční transakci přenášená mezi systémy
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine, standard pro nakládání s obrazovými daty ve zdravotnictví
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V., Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
DIN lišta	Lišta k upevňování elektrických přístrojů v rozvodnicích, rozvaděčích a ovládacích skříních
DMD	Měření v časovém úseku, elektroměr EM111
DNS	Domain Name System, protokol zajišťující překlad názvů domén webových stránek
DOM	Document Object Model, objektový model dokumentu, reprezentace struktury dokumentu
DPH	Daň z přidané hodnoty
DS	DASTA, uvádí se před číselným značením verze
DTD	Definice typu dokumentu
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport, elektronická výměna dat pro státní správu, obchod a dopravu
EHR	Electronic Health Record, elektronický zdravotní záznam
EIA	Electronic Industries Alliance, byla americká normalizační a obchodní organizace, vyvinuli standardy kompatibility zařízení různých výrobců
EKG	Elektrokardiografie
EVN	Event Type, segment HL7 určující typ události
FDA	Food and Drug Administration, úřad pro kontrolu potravin a léčiv v USA
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources, soubor postupů a specifikací pro výměnu elektronických dat ve zdravotnictví
FSN	Fully Specified Name, plně specifikovaný název
FTP	File Transfer Protocol, protokol pro přenos souborů
FZS	Fakulta zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci
GET	Metoda HTTP k vyžádání dat ze zadaného zdroje
GHz	Gigahertz
GND	Ground, země

GUI	Graphic User Interface, grafické uživatelské rozhraní
HA	High Availability, vysoká dostupnost
HAI	Healthcare-Associated Infections, infekce spojené se zdravotní péčí
HIPAA	Health Insurance Portability and Accountability Act, Americký zákon o přenositelnosti a odpovědnosti zdravotního pojištění z roku 1996, národní standard na ochranu citlivých zdravotních informací o pacientech před zveřejněním bez jejich souhlasu nebo vědomí
HIS	Hospital Information System, nemocniční informační systém
HITECH	Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act, součást Amerického zákona ARRA, o podpoře technologického pokroku ve vědě a zdravotnictví
HITSP	Health Information Technology Standards Panel, panel pro standardy zdravotnických informačních technologií, partnerství veřejného a soukromého sektoru
HL7	Health Level Seven, soubor mezinárodních standardů pro přenos klinických a administrativních dat
HTML	Hypertext Markup Language, hypertextový značkovací jazyk
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure, internetový protokol
IANA	Internet Assigned Numbers Authority, autorita pro přidělování čísel na Internetu, dohlíží na přidělování IP adres
IBM	International Business Machines Corporation, americká mezinárodní technologická společnost
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, ekvivalent MKN
ID	Identifikace
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, mezinárodní nezisková profesní organizace, usilující o vzestup technologie související s elektrotechnikou
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, mezinárodní federace klinické chemie a laboratorní medicíny
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise, iniciativa zdravotníků a průmyslu
IKEM	Institut klinické a experimentální medicíny
IMAP	Internet Message Access Protocol, protokol pro vzdálený přístup k e-mailové schránce
IoT	Internet of Things, internet věcí
IP	Internet Protocol, internetový protokol
IP65	Ingress Protection, úplně prachotěsné, odolné vůči tryskající vodě ze všech směrů z trysky 6,3 mm při průtoku 12,5 l/min. po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 m

IP66	Ingress Protection, úplně prachotěsné, odolné vůči intenzivně tryskající vodě/vlnobití ze všech směrů z trysky 12,5 mm při průtoku 100 l/min. po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 m
ISO	International Organization for Standardization, mezinárodní organizace pro normalizaci
ISO/OSI	Referenční model, příklad řešení komunikace v počítačových a telekomunikačních sítích pomocí vrstevnatého modelu
ISP	Internet Service Provider, Poskytovatel internetového připojení
IXP	Internet Exchange Points, internetové výměnné body
JSON	JavaScript Object Notation, JavaScriptový objektový zápis
Kč	Koruna česká
kWh	Kilowatthodina
L	Vodič vedení, fáze, barevné značení hnědá, černá, šedá
LAN	Local Area Network, lokální síť
LCD	Liquid Crystal Display, displej z tekutých krystalů
Li-Ion	Lithium-iontový akumulátor
LIS	Laboratorní informační systém
LOINC	Logical Observation Identifiers Names and Codes, databáze, standard pro identifikaci lékařských laboratorních pozorování
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network, nízkopříkonový bezdrátový síťový protokol
LPWAN	Low Power Wide Area Network, nízkoenergetická síť pro rozsáhlé území
LTE-M	Odnož technologie LTE vytvořená pro komunikaci Machine-to-Machine
M2M	Machine-to-Machine, komunikace mezi stroji
M365	Microsoft 365
mA	Miliampér
Mbit/s	Megabit za sekundu
MID	Evropský standard, elektroměry s osvědčením MID mohou být nasazeny jako fakturační měřidla
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Massachusettský technologický institut
MIT CSAIL	Computer Science & Artificial Intelligence Laboratory, laboratoř pro informatiku a laboratoř umělé inteligence
MKN	Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů
Modbus	Komunikační protokol založený na architektuře master/slave nebo klient/server
MQTT	MQ Telemetry Transport, protokol pro přenos dat
MSH	Message Header, segment HL7
MTBF	Mean Time Between Failures, střední doba mezi poruchami
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
N	Vodič nulový, barevné značení modré
NAP	National Access Points, výměna dat v oblasti mobility v Evropě

NB-IoT	Narrowband IoT, speciální úzkopásmová síť
NČLP	Národní číselník laboratorních položek
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NHSN	National Healthcare Safety Network
NLP	Natural language processing, počítačové zpracování přirozeného jazyka
NPN	Bipolární tranzistor
NRC	Národní release centrum SNOMED CT v ČR
NZIS	Národní zdravotnický informační systém
OASIS	The Organization for the Advancement of Structured Information Standards, organizace pro rozvoj strukturovaných informačních standardů
OAuth	Open Authorization, standardní průmyslový protokol pro autorizaci
OCR	Optical Character Recognition, metoda digitalizace tištěných textů
OS	Operating System, operační systém
OSI	Open System Interconnection, model pro komunikaci počítačových systémů pomocí protokolů
OSI RM	Open System Interconnection Reference Model
OTD	Object Type Definition, knihovna předpřipravených struktur zpráv HL7
OZT	Oddělení zdravotnické techniky
PDF	Portable Document Format, přenosný formát dokumentů
PDU	Power Distribution Unit, jednotka pro distribuci energie
PE	Ochranný vodič, barevné značení zelenožluté
PHR	Personal Health Record, osobní zdravotní záznam
PID	Patient Identification, segment HL7
PLC	Programmable Logic Controller, programovatelný logický automat
PNP	Bipolární tranzistor
POP	Point of Presence, bod přítomnosti
POP3	Post Office Protocol, protokol pro příjem pošty
PPP	Point to Point Protocol
PV1	Patient Visit, segment HL7
QR kód	Quick Response Code, kód rychlé reakce
REST	REpresentational State Transfer, architektura pro rozhraní aplikačního programu
RIM	Reference Information Model, referenční informační model
RPA	Robotic Process Automation, robotická automatizace procesů
RTOS	Real Time Operating System, operační systém pracující v reálném čase
RX	Received, přijaté
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, supervizní řízení a sběr dat

SDO	Standards Developing Organizations, organizace tvořící standardy
SGML	Standard Generalized Markup Language, standardní jazyk pro popis značkovacích programů
SMS	Short Message Service, služba zasílání krátkých zpráv
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol, internetový protokol pro přenos e-mailů
SN	Serial Number, sériové číslo
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNOMED CT	Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms, slovník klinické terminologie
SOP	Service Object Pair, třída definuje funkci, která se skládá z kombinace služby a objektu
SPL	Structured Product Labeling, strukturované značení produktů
SpO₂	Saturace arteriální krve kyslíkem
SQL	Structured Query Language, standardizovaný strukturovaný dotazovací jazyk
SSH	Secure Shell, šifrovaná komunikace mezi dvěma počítači
SSL	Secure Sockets Layer, vrstva bezpečných socketů
Sudo	SuperUser DO, příkaz
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
SVG	Scalable Vector Graphics, škálovatelná vektorová grafika
SW	Software
TCP	Transmission Control Protocol, přepravní protokol
TCP/IP	Sada protokolů pro komunikaci v počítačových sítích
Telnet	Telecommunication Network, protokol pro připojení ke vzdálenému počítači pomocí textového uživatelského rozhraní
TIA	Telecommunications Industry Association a Electronic Industries Alliance, organizace pro tvorbu norem v oblasti telekomunikací
tj.	To je, to jest
TUL	Technická univerzita v Liberci
TX	Transmitted, odeslané
TXT	Text File, textový soubor
tzn.	Tak známo, to znamená
UDP	User Datagram Protocol
URL	Uniform Resource Locator, jednotný lokátor zdroje
USB	Universal Serial Bus, univerzální sériová sběrnice
UV	Ultraviolet, ultrafialové záření
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
V	Volt
VDI	Virtual Desktop Infrastructure, infrastruktura virtuálních klientů
WAN	Wide area network, rozlehlá síť
WHO	Světová zdravotnická organizace
Wi-Fi	Wireless Fidelity, standard bezdrátové komunikace
WSL	Windows Subsystem for Linux, windowsový podsystém pro Linux

WWW	World Wide Web, celosvětová síť
X	Náhrada za číselné označení verze
X12	Interactive Exchange Protocol, standard elektronické výměny dat v USA
XHTML	eXtensible HyperText Markup Language, rozšiřitelný hypertextový značkovací jazyk
XML	Extensible Markup Language, rozšiřitelný značkovací jazyk
ZP	Zdravotnický prostředek
°C	Stupeň Celsia

1 Úvod

Diplomová práce přímo navazuje na, před dvěma lety publikovanou, práci bakalářskou s názvem *Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi obsluhou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby* [1]. Cílem bakalářské práce bylo navržení komunikačního zařízení pro usnadnění a urychlení komunikace mezi zdravotnickými profesemi a biomedicínskými techniky a inženýry. Výsledkem bylo sestavení prototypu komunikačního IoT terminálu, který byl testován a splnil kybernetickou bezpečnost a odolnost pro provoz ve zdravotnickém zařízení. Již tehdy byla použita bezdrátová LPWAN síť pro internet věcí s názvem NB-IoT a hardware v průmyslové kvalitě od firmy HARDWARIO. Software byl řešen běžně dostupnými nástroji v Microsoft 365 a to Power Automate a Microsoft Teams.

Cílem diplomové práce je rozšíření, již v bakalářské práci navrženého, komunikačního IoT terminálu o nové funkce, které usnadní práci s terminálem zdravotním sestram, lékařům či sanitářům. Komunikační IoT terminál lze vylepšit zohledněním a rozvojem některých funkcí, které platforma nabízí. Posun vývoje v digitalizaci zdravotnictví přinesl i výzvu k návrhu alternativního způsobu zasílání zpráv o poruše zdravotnického prostředku k doplnění komunikačního IoT terminálu. Takové řešení by umožnilo nezávislost na hardwarovém provedení a bylo jeho doplněním pro místa či situace, kde není možné komunikační IoT terminál instalovat. Takto navržená řešení je vhodné testovat, diskutovat zjištěná fakta a učinit z nich závěry. Zároveň je žádoucí hlubší seznámení se s mezinárodními komunikačními standardy pro přenos dat ve zdravotnictví jako je HL7 a FHIR. Pochopení mezinárodně uznávaných formátů komunikace přinese odstup a nadhled nutný pro kvalitní zpracování návrhů, prototypů a postupů. Ty mohou být inspirací pro další vývoj a nasazení do běžné praxe jako součást digitalizace.

Ve zdravotnictví se postupně rozvíjí IoT, přichází digitalizace zdravotnictví a s ní i prostor pro vývoj a implementaci nových nástrojů pro preventivní a prediktivní údržbu zdravotnických prostředků. Je nutno hledět na kybernetickou bezpečnost dat ve zdravotnictví, jelikož jakékoli slabší místo může být zneužito jako vstupní bod pro krádež dat či podobnou nežádoucí činnost. Další otázkou, která se otevírá před zdravotnictvím České republiky je řešení komunikace ve zdravotnictví s použitím mezinárodních standardů pro zdravotnictví či jejich částečná integrace do stávajících systémů.

Diplomová práce je rozdělena na dvě oblasti. První částí je teorie, druhou vylepšení komunikačního IoT prototypu a návrh alternativy pro zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku. Teoretická část práce se věnuje především datovým standardům ve zdravotnictví. Následuje seznámení se s referenčním modelem OSI/ISO

a TCP/IP, na nichž stojí základy veškeré počítačové komunikace. S datovými standardy souvisí i teorie k pochopení XML, které dalo vzniknout formalizované struktuře zasílaných dokumentů. Významnou kapitolou je organizace HL7 jakožto jeden ze světově nejrozšířenějších formátů pro přenos dat ve zdravotnictví. Představeny jsou další podstatné standardy a formáty pro komunikaci ve zdravotnictví. Dále je věnována pozornost prediktivní údržbě a robotické automatizaci procesů. Praktická část se věnuje technice programování codefree, grafickému programování a rovněž přináší praktické řešení využití těchto technik pro monitoring prostředí. Samostatné kapitoly jsou věnovány vývoji a řešení vylepšení hardwarového IoT terminálu a jeho alternativě v podobě mobilní aplikace. Prototyp mobilní aplikace a vylepšeného IoT terminálu je otestován a v závěru se vede diskuze možných technických úprav navržené aplikace a vylepšeného komunikačního IoT terminálu pro přispění k digitalizaci ve zdravotnictví.

2 Datové standardy ve zdravotnictví

Standardy vznikaly po celá staletí ve snaze zjednodušit systém nakládání s aktivy všeho druhu. S rozvojem počítačových sítí rostla nutnost nastavit jednotná pravidla pro práci se získanými daty. Kdysi užívané kartotéky byly postupně nahrazeny páskovými knihovnami a následně diskovými úložišti. Množství sbíraných a sdílených informací se s probíhajícím procesem digitalizace stále rozrůstá [2]. Je tomu tak ve všech odvětvích lidské činnosti, přesto si zdravotnictví zachovává specifické procesy a přístupy. Jedním z významných vzorců zdravotnické péče celosvětově je odolnost vůči rychlým změnám. Nové technologie, které lze v prostředí průmyslu integrovat během několika měsíců, trvá nasadit do zdravotnictví mnoho let. Tato kritická infrastruktura je tímto způsobem chráněna před nestabilitou za cenu pomalejšího rozvoje. Přesto již v osmdesátých letech minulého století začaly vznikat první datové standardy pro zdravotní péči.

Zdravotnictví je obor jedinečný a velmi komplikovaný. V jednom státě není složité nalézt dvě různé kliniky, ordinace nebo laboratoře. Pravděpodobně budou mít odlišné standardy pro práci s daty a s pacienty/klienty, rozdílné přístupy k podnikání, strukturu plateb, odborné politice a budou pracovat s konkurenčními softwarovými nástroji. Každé zdravotnické zařízení má své vlastní potřeby a požadavky provozu a jediné, pro všechny závazné, jsou obecné zásady a podmínky deklarované každou jednotlivou zemí. Vývoj softwaru pro zdravotnické společnosti se řídí především poptávanou nejnovější technologií s důrazem na rozmanitost možných integrací k uspokojení odlišných požadavků zdravotnických specializací. Zásadní podmínkou je kvalitní péče o data a bezpečnost citlivých dat.

Pojem datové standardy ve zdravotnictví zahrnuje metody, protokoly, specifikace a terminologie pro shromažďování, výměnu, ukládání a vyhledávání informací souvisejících s aplikacemi zdravotní péče. V praktické rovině se může jednat o radiologické snímky, lékařské záznamy, záznamy o nakládání s léčivými látkami, distribuce léků, platby a úhrady, zdravotnické prostředky, monitorovací systémy i administrativní procesy. Tyto standardy slouží zejména k integraci, výměně, sdílení a vyhledávání elektronických zdravotnických informací, které podporují klinickou praxi a řízení, poskytování a hodnocení zdravotnických služeb.

Datových standardů od osmdesátých let vznikla celá řada, z nichž nejvýznamnější je celosvětově uznávaný standard HL7 a pro Českou republiku významný standard DASTA. Pro pochopení, jakým způsobem probíhá přenos pomocí datových standardů je nutné hlubší pochopení referenčního modelu OSI/ISO a z něho vycházejícího modelu TCP/IP. Zároveň je žádoucí seznámení s XML, který slouží jako základní formát pro zasílaná data i pro zdravotnické datové standardy.

3 Referenční model OSI/ISO a TCP/IP

Datovou sítí je každá síť, která slouží pro přenos dat a pracuje na principu přenosu paketů. Příkladem může být lokální síť LAN, stejně tak i rozlehlá síť WAN. Nejpoužívanější datovou sítí je Internet.

Pro pochopení následujících kapitol je vhodné se seznámit se standardem pro komunikaci v počítačových sítích obecně. Jednou z organizací, která položila základy při vývoji prvních standardů, je mezinárodní organizace pro normalizaci. Běžněji se vyskytuje pod anglickou zkratkou ISO.

Tabulka 3.1: Model TCP/IP a ISO/OSI

Zajišťuje	TCP/IP vrstvy	Číslo vrstvy	ISO/OSI vrstvy	Orientace vrstvy na	Zajišťuje
Jednotné společné základy aplikací	Aplikační	7	Aplikační	Podpora aplikací	Komunikaci s procesem
		6	Prezentační		Prezentaci dat a šifrování
		5	Relační		Koordinuje komunikaci
Jednotné transportní protokoly TCP a UDP	Transportní	4	Transportní	Přizpůsobovací vrstva	Spojení
Jednotný přenosový protokol IP	Síťová (IP vrstva)	3	Síťová	Přenos dat	Určení cesty a logickou adresaci
NEDEFINUJE různé sítě a přenosové technologie	Síťového rozhraní	2	Linková		Fyzickou adresaci
		1	Fyzická		Binární přenos, signál, přenosová média

Mezinárodní organizace pro normalizaci (dále jen ISO) je mezinárodní nevládní organizace založená v roce 1947. Pod její hlavičkou se nachází řada národních standardizačních institucí jako ANSI či DIN. Zabývá se stanovováním postupů pro řešení technických problémů včetně určování globálních standardů pro komunikaci

a výměnu informací. V roce 1977 ISO vytvořilo výbor s označením Open System Interconnection (dále jen OSI). Tento výbor během prvních dvou let své existence stanovil referenční model pro propojení otevřených systémů (OSI RM). Referenční model byl určen nejprve pro sítě označované jako Wide Area Network, následně se uplatnil i v lokálních sítích. OSI se sestává ze sedmi vrstev a stanovuje protokoly pro jednotlivé vrstvy i spolupráci mezi nimi [3, 4, 5].

3.1 Vrstvy OSI/ISO

OSI se skládá ze sedmi vrstev, z nichž je první až třetí vrstva aplikační, čtvrtá přizpůsobovací a vrstvy pět až sedm jsou přenosové. Každá vrstva komunikuje pouze s vrstvou sousední (peers), nikoli mezi vrstvami na různých úrovních. Komunikace mezi vrstvami se označuje jako rozhraní. V rámci uzlu nižší vrstva poskytuje své služby vrstvě vyšší. Komunikaci mezi jednotlivými uzly nastavují protokoly. Vrstvy jsou řazeny od nejnižší po nejvyšší.

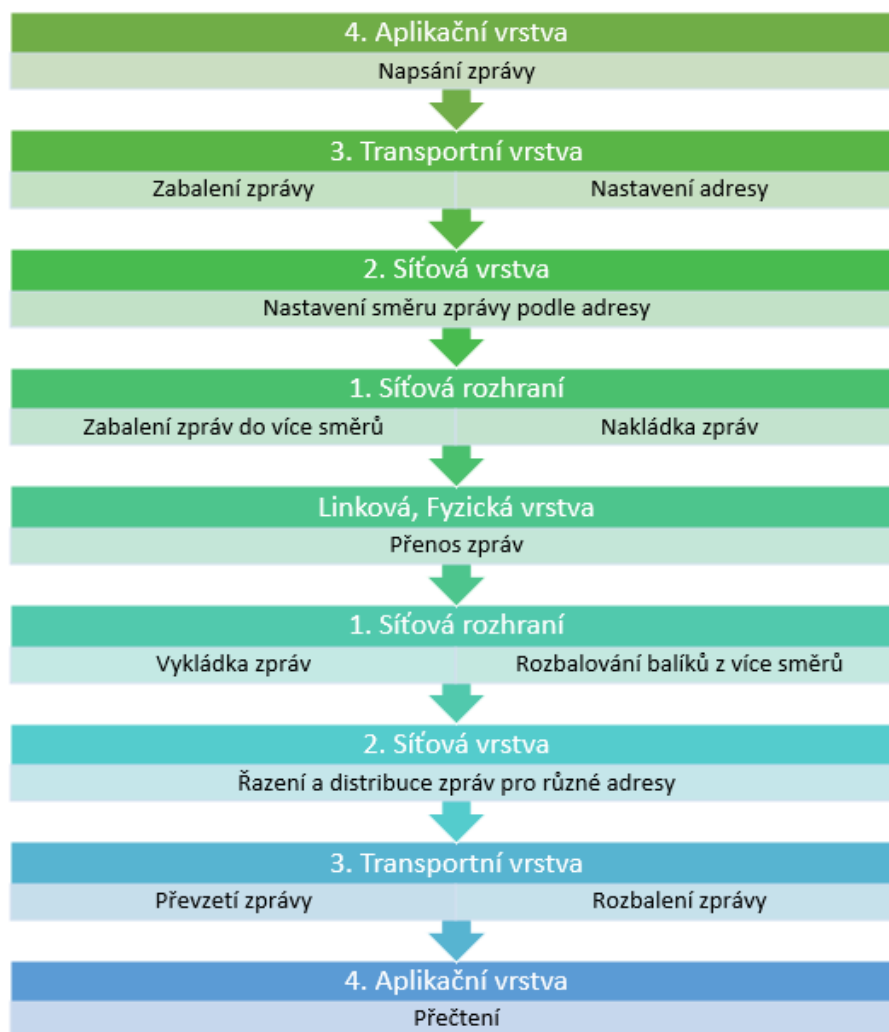
- Fyzická vrstva (Physical Layer) – Spíná, udržuje a vypíná fyzické spoje mezi systémy. Zajišťuje přenos bitů mezi odesílatelem a příjemcem. Definuje fyzické signály, úroveň napětí, reprezentující hodnoty logické jedničky a logické nuly. Dále trvání jednoho bitu, množství kontaktů, tvary konektorů a charakteristiku signálu. V této vrstvě nalezneme například opakováč (Repeater) nebo Hub (aktivní prvek sítě – uzel, střed).
- Linková vrstva (Data Link Layer, vrstva datového spojení) – Vrstva zajišťuje přenos bloků dat, tzv. rámců (Frames) mezi sousedními body. Tato vrstva interpretuje začátek, obsah a konec zaslání balíku bitů. Začátek je definován jako hlavička (Header), obsah je značen jako data (Payload) a zakončení se vyskytuje pod anglickým termínem Trailer. Frames přidávají k zaslání informaci údaje k adresování a zabezpečují přenos dat proti chybám. V linkové vrstvě nalezneme Switch a Bridge.
- Síťová vrstva (Network Layer) – Adresuje a směřuje (Routing) data v síti přes jeden a více meziuzlů od odesílatele k příjemci. Data se přenášejí jako pakety (Packets, balíky). Vrstva pracuje s topologií sítě a vybírá nejvhodnější cestu (Route) pro předávání paketů po mezibodech. Existují dvě varianty tvorby cesty, z nichž první se označuje jako datagramová služba a pracuje nespojově, tj. cesta pro pakety se dynamicky mění, jak jí pakety procházejí po prvcích v síti. Druhou variantou je spojově orientovaná cesta, kdy se nejprve nastaví virtuální cesta a až následně se vysílají pakety. Na druhém principu funguje Router.
- Transportní vrstva (Transport Layer) – Zajišťuje spojení pro přenos dat mezi koncovými uzly. Díky síťové vrstvě koncové body vidí jako přímé spojení a zajišťuje tak tzv. end-to-end komunikaci. Transportní vrstva sestavuje zaslání data do paketů, což jsou nejmenší balíky přenášených dat. Na pakety

rozdělené zprávy mohou mít libovolnou velikost. Data přijímá z relační vrstvy a zabezpečuje doručení celé zprávy, tj. zaslání zprávy může opakovat, pokud dojde k chybě v přenosu.

- Relační vrstva (Session Layer) – Koordinuje komunikaci mezi koncovými body. Navazuje, udržuje spojení a ruší relaci (session) mezi účastnými body. Relační vrstva pro zahájení spojení požádá vrstvu transportní o spojení mezi příjemcem a odesílatelem. Tato vrstva může řídit vysílání, pokud to situace vyžaduje. Zajišťuje rovněž práva, hesla a omezení provozu.
- Prezentační vrstva (Presentation Layer) – Umožňuje konverzi mezi formáty přenášených dat do univerzálního tvaru. V tomto tvaru s daty umí pracovat celá síť, pracují s ním i aplikace. Realizuje se zde i komprese přenášených dat. Proces se obvykle skládá z kódování, komprimace dat, kryptografie a zpětného převodu do univerzální podoby.
- Aplikační vrstva (Application Layer) – Umožňuje aplikacím využít standardizovanou část pro vlastní předávání zpráv v síti. Každá aplikace obsahuje vlastní prostředí a prostředí standardizované, které umí spolupracovat s aplikační vrstvou. Společná část obsahuje obecně použitelné mechanismy, rozhraní. Rozhraní mohou tvořit aplikace FTP, SMTP, Telnet, SNMP. Na aplikační vrstvě nalezneme Gateway [3, 4, 5].

3.2 Síťová architektura TCP/IP

Nejrozšířenější síťová architektura na světě je rodina protokolů TCP/IP. Setkat se lze i s anglickým označením Internet protocol suite. Hlavními protokoly jsou Transmission Control Protocol (TCP) a Internet Protocol (IP). Základním kamenem pro vznik TCP/IP byly požadavky na ARPANET vyvíjený pro vojenské účely. Musel splnit požadavky na decentralizovaný a nespojovaný charakter. Přestože sedmivrstvý model OSI/ISO vznikl jako první, záhy se ukázalo, že je postaven čistě na teoretické rovině a jeho implementace je buďto příliš složitá pro řešení praktických problémů a nebo naopak nedostačující. Následně vznikla rodina protokolů TCP/IP, která předpokládá pouze čtyři vrstvy a na které funguje celý Internet. Čtyři vrstvy se ukázaly jako dostačující. Tak jako OSI/ISO i TCP/IP využívá výhod vícevrstvého modelu, kdy lze jeden velký úkol rozdělit a řešit samostatně ve vybrané vrstvě.



Obrázek 3.1: Zjednodušený model přenosu zprávy pomocí TCP/IP

Tím, že je možno každou vrstvu implementovat nezávisle a různými způsoby, je dosaženo jednotného způsobu fungování internetu. Nižší vrstvy, které se zabývají přenosem dat mohou existovat ve více variantách a být vybírány podle své vhodnosti pro užívané přenosové médium. Vyšším vrstvám tato bohatost nižších vrstev na funkčnosti neubírá a mohou tedy existovat nezávisle a především jednotně. Praktickým důsledkem je jednotné fungování internetu, přestože si lze vybrat z mnoha různých zdrojů připojení jako je ADSL, připojení přes telefon, kabelovou přípojku nebo bezdrátové připojení. Pro srovnání s OSI/ISO je k dispozici tabulka 3.1.

Architektura TCP/IP se člení do čtyř vrstev a každá vrstva používá své protokoly.

- Vrstva síťového rozhraní, fyzická (Network Interface Access) – Zajištění přístupu k přenosovému médiumu a řízení datového spoje. Přenáší jednotlivé bity. TCP/IP ji nechává volnou a nenastavuje konkrétní protokoly. Očekává se, že řešení budou mimo rámec této architektury. Aplikací může být ovladač síťové karty, Ethernet, sériová linka, optické vlákno, ADSL, PPP či Wi-Fi.

- Síťová vrstva (Network, Internetwork/Internet) – Úkolem této vrstvy je směrování. Hlavním požadavkem při vzniku byla rychlost přenosu dat. Vzniklý protokol IP rychlý přenos umožňuje a snaží se i o bezchybný přenos. Pokud se některé pakety ztratí nebo poškodí, nestará se o nápravu. Spolehlivost, pokud je pro zaslání nutná, je řešena až na vyšší vrstvě. Zástupci jsou například IP (IPv4, IPv6), ICMP, ARP, DHCP, STP nebo IGMP.
- Transportní vrstva (Transport Layer) – Obsahuje dva protokoly, které řeší problematiku spolehlivosti na úkor rychlosti. Dle požadovaného typu aplikace si lze vybrat mezi spolehlivost zajišťujícím TCP a nebo UDP.
- Aplikační vrstva (Application Layer) – Na rozdíl od OSI/ISO se nepočítá s tím, že by aplikace měly společný rámec a je tedy na aplikaci, aby si zajistila potřebné funkce sama. Ze zástupců lze jmenovat Telnet, FTP, DNS, HTTP, POP3, SNMP, SMTP, IMAP, SSH a další [6, 7, 8].

3.3 Spolehlivost přenosu dat

Při přenosu dat se řeší, jakým způsobem má přenosová síť reagovat, pokud dojde k poškození, ztrátě či zahození posílaného paketu. Forma nastavení ovlivňuje kvalitu a spolehlivost služby.

Transportní vrstva přizpůsobuje možnosti a způsob fungování třech nižších vrstev tomu, co očekávají tři nejvyšší vrstvy. Přitom nejnižší tři vrstvy pracují nespolehlivě. To je dáno jednak tím, že nemají povinnost opravovat chyby při přenosu a za druhé pracují nespojovaně, tj. nenavazují spojení mezi komunikujícími body na začátku procesu. Opačně pracují tři nejvyšší vrstvy. Ty vyžadují spolehlivé doručení a chtějí pracovat spojovaně.

Existují dvě varianty, jak zaslání dat nastavit. Pokud situace žádá spolehlivý přenos, pak je nutno napravit chybu v zaslání typicky vyžádáním si opakovaného zaslání poškozeného či ztraceného paketu. Jestliže zvolíme variantu nespolehlivý přenos, pak i přestože nám paket chybí, neřešíme ho a zasíláme pakety následující. Ve vrstvě transportní nalezneme dva významné protokoly. Transmission Control Protocol (dále jen TCP) poskytuje spojovaný a spolehlivý přenos. User Datagram Protocol (dále jen UDP) zajišťuje nespojovaný a nespolehlivý přenos. Na síťové, linkové a fyzické vrstvě se lze setkat s Internet Protocol (dále jen IP), který je nejpoužívanějším protokolem pro komunikaci v počítačových sítích a na celosvětové síti Internetu. IP poskytuje nespolehlivý a nespojovaný přenos.

Spolehlivost lze řešit na různých úrovních, přestože princip je vysvětlen na vrstvě transportní. Spolehlivost mohou zajišťovat až aplikace, které přesně vědí, které informace jsou pro jejich běh kritické a které mohou postrádat. Spolehlivost lze zajišťovat na přenosové části sítě. Přenosová síť se skládá z páteřní sítě NAP nebo alternativní páteřní sítě internetu. Tato část se označuje jako první míle (First Mile). Následuje střední propojovací síť, střední míle (Middle Mile), kde se nachází síť tzv. upstream providerů ISP. Přenosovou část sítě ukončuje tzv. poslední míle (Last Mile), kde se nachází přístupová síť. Zde končí i síť tzv. koncového providera

ISP. Na hranici mezi Middle Mile a Last Mile nalezneme Point of Presence. Bod přítomnosti, PoP, je demarkační bod, přístupový bod nebo fyzické místo, kde dvě a více sítí či komunikačních zařízení sdílí připojení [9].

Zařízení, která jsou nezbytná k provozu mezi sítěmi, se nacházejí v bodech přítomnosti. Jedná se především o směrovače, přepínače a servery. Poskytovatelé internetových služeb disponují obvykle několika body přítomnosti umístěnými v blízkosti velkých internetových výměnných bodů IXP, u kterých mají uzavřené dohody o peeringu, což je činnost, během které dochází k propojení dvou telekomunikačních společností prostřednictvím počítačové sítě z důvodu výměny datového provozu. Výsledkem procesu je celosvětová síť Internet [8, 7].

Blízkost bodů přítomnosti a internetových výměnných bodů je důležitým faktorem ovlivňujícím rychlost provozu internetu. Bod přítomnosti může obsahovat pouze jeden server, ale i kompletní nasazení pokročilé infrastruktury. Body přítomnosti se podobají internetovým výměnným bodům, jsou ale jednodušší. Zařízení v PoP lze rozdělit do pěti kategorií:

- Základnová stanice: Centrální bod připojení s přístupovým bodem a správou šířky pásma pro distribuci rychlosti připojení
- Klientské zařízení: Zákazníci se připojují k centrálnímu místu připojení
- Síťový přepínač: Zajišťuje spojení s Last Mile a používá se k distribuci
- Směrovač: Poskytuje více tras do sítě
- Firewall: Chrání před vnitřními a vnějšími hrozbami

4 Jazyk XML

XML je Extensible Markup Language, neboli rozšiřitelný značkovací jazyk. Jedná se o jednoduchý textový formát, který vznikl za účelem reprezentace strukturovaných informací jako jsou dokumenty, data, transakce, faktury aj. Byl odvozen ze staršího standardního formátu Standard Generalized Markup Language (SGML, ISO 8879) a upraven, aby byl vhodnější pro použití na webu. Formát souborů XML je založen na XML Document Object Model (dále jen DOM), objektovém modelu XML, což je API pro dokumenty HTML a XML. XML DOM definuje standardní metodu pro přístup k prvkům dokumentu XML a manipulaci s nimi. Vytváří formát zobrazení dokumentu XML, po kterém je možno přistupovat ke všem prvkům prostřednictvím stromové struktury DOM. Ve stromové struktuře XML lze upravovat/odstraňovat existující prvky, elementy, a vytvářet nové prvky. Dokumenty XML jsou uloženy jako soubory ASCII a lze je upravovat pomocí libovolného textového editoru.

Tabulka 4.1: Základní srovnání XML a HTML

XML	HTML
k ukládání dat jako strukturovaných informací	k reprezentaci obsahu
pevná pravidla ověřování	volná pravidla ověřování
definuje kódované údaje	definuje formát zobrazení
žádné předdefinované značky ani sémantika	předdefinované značky a sémantika
u značek se rozlišují velká a malá písmena	není case-sensitive
uživatel může přidávat nové značky a elementy	uživatel musí pracovat s definovanými značkami a elementy

XML je univerzální jazyk pro komunikaci dat po síti, zjednodušuje přenos dat bez ohledu na používané systémy. Umožňuje jistou výměnu dat mezi nekompatibilními systémy tím, že ukládá data v prostém textovém formátu. Jazyk HTML je určen pro reprezentaci dat na síti, zatímco XML je určen pro výměnu dat. XML se podobá jazyku HTML, podstatný rozdíl je v používání značek pro definici objektů. Ačkoli jsou oba založeny na SGML, v důležitých ohledech se liší, viz tabulka 4.1.

Celá myšlenka vývoje formátu souborů XML spočívala v ukládání a přenosu dat bez závislosti na softwarových nebo hardwarových nástrojích. Značkovací jazyk se obecně vyznačuje tím, že s vlastními daty se zapisují rovněž informace o tom, co data znamenají. Vlastní data jsou ohraničena značkami, tzv. Tags. Značky se dělí na počáteční a ukončovací a uzavírají vlastní data z obou stran. Značky se vyskytují vždy v páru. Dvojice tagů používané uvnitř XML definují klíčové prvky struktury, které mají být využívány čtecími aplikacemi. Tím, že formát XML obsahuje jak samotná data, tak i značky, která data popisují, není nutné externě, např. v jiném dokumentu, definovat význam dat. Značky v dokumentu tvoří stromovou strukturu, jak lze vidět na obrázku 4.1. Stromová struktura se skládá z tzv. elementů, jeden element obsahuje párovou značku a vlastní data. V elementu se mohou vyskytovat další větvení na (pod)elementy. Větvení není nijak omezeno. Základním kamenem každého XML dokumentu je root element, tedy kořenový, dokumentový, element. XML je významné svou čitelností jak pro člověka, tak pro stroj. Tato čitelnost umožňuje vytvářet společné datové protokoly ve formě objektů, které lze ukládat a sdílet prostřednictvím sítě, jako je World Wide Web. Rozšiřitelnost znamená, že jazyk lze rozšířit na libovolný počet znaků podle požadavku uživatele. Právě pro tyto vlastnosti jej využívá mnoho standardních souborových formátů, např. Microsoft Open XML, LibreOffice OpenDocument, XHTML a SVG [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

```
1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <hospital>
3      <department>
4          <title>Surgery</title>
5          <MD>Crane, Michael</MD>
6      </department>
7      <department>
8          <title>Cardiology</title>
9          <MD>Jones, Mike</MD>
10     </department>
11     <department>
12         <title>Dental</title>
13         <MD>Smith, Carolina</MD>
14     </department>
15 </hospital>
```

Obrázek 4.1: Příklad jednoduchého XML souboru

5 Organizace HL7

HL7 je zkratka pro Health Level 7 a jedná se o soubor klinických standardů a formátů zpráv, které poskytují rámec pro správu, integraci, výměnu a vyhledávání elektronických informací v různých zdravotnických systémech. Zároveň definuje postupy pro výměnu a vývoj elektronických zdravotních záznamů, anglicky EHR [18]. HL7 je mezinárodně uznávaný průmyslový standard pro výměnu dat ve zdravotnictví. Je nezávislý na platformě a technologii. HL7 je označován za nestandardní standard, protože rámec umožňuje určité přizpůsobení, například použití volitelných polí a možnost přidávat segmenty zpráv. Protokol je založen na transakcích, které jsou řízeny událostmi jako je například přijetí pacienta do nemocnice.

Standardy HL7 vyvíjí a udržuje nezisková organizace Health Level Seven International [19], která se zabývá zdravotnickými IT standardy a drží status akreditované organizace pro tvorbu standardů (SDO). Health Level Seven International má členy ve více než 50 zemích světa. Byla založena v roce 1987 a v roce 1994 byla akreditována Americkým národním normalizačním institutem. Nové standardy vznikají prostřednictvím víceletého systému hlasování.

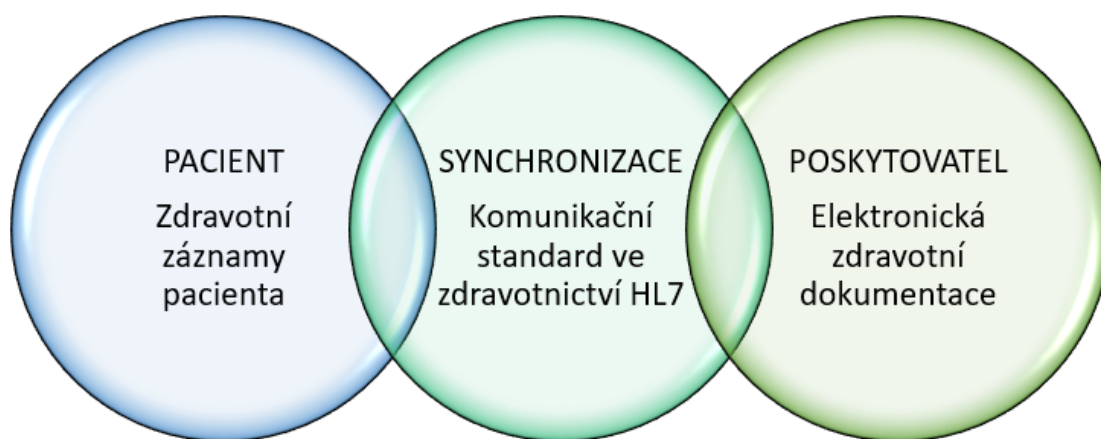
Různé druhy zdravotnických systémů používají různé aplikace, které byly naprogramovány v různých jazycích a které poskytují různé funkce. Například nemocnice používají složité, na míru šité systémy, zatímco praktičtí lékaři obvykle používají hotový software pro řízení praxe. Lékařské výzkumné ústavy mohou používat software, který je součástí větší sítě, například univerzity. Tyto typy institucí si často potřebují vyměňovat údaje o pacientech. HL7 umožňuje vývojářům vytvářet rozhraní pro výměnu dat mezi různými zdravotnickými organizacemi namísto provádění změn v jejich softwaru. HL7 umožňuje sdílení informací z oblasti veřejného zdraví. Má potenciál být využit v době národních zdravotních krizí, jako byla pandemie COVID-19, k podpoře spolupráce mezi vládními institucemi a soukromými zdravotnickými společnostmi a ke sdílení dat z lékařského výzkumu po celém světě.

Cílem HL7 je umožnit zdravotnickým organizacím vytvářet jednotná data, která lze s oprávněním získat a používat ve svých vlastních systémech. Interoperabilita mezi zdravotnickými organizacemi vyžaduje, aby rozhraní mezi různými systémy používala společný protokol, jako je HL7. Zaměřuje se na rozhraní mezi různými HIS vytvořením společného jazyka pro výměnu dat pomocí předem připravených zpráv. Informace zasílané pomocí standardu HL7 se přenášejí jako soubor jedné nebo více zpráv. Každá z nich přenáší jeden záznam nebo položku informace týkající se zdraví. Příkladem zpráv HL7 jsou záznamy o pacientech, laboratorní záznamy a fakturační informace. Standardy HL7 neupravují architekturu systému zdravotní péče, ale poskytují návod, jak by měly být klinické informace strukturovány a sdíleny.

Číslo 7 v názvu odkazuje na 7. vrstvu referenčního modelu OSI, což je poslední, aplikační, vrstva v komunikačním modelu, který pro OSI vyvinula Mezinárodní organizace pro normalizaci.

Původní souborové standardy HL7 i novější protokoly FHIR založené na XML jsou navrženy tak, aby automatizovaly výměnu dat, zlepšily pracovní postupy pro lékařské transakce a události a umožnily pacientům přístup k jejich záznamům z jejich vlastních zařízení.

Standard HL7 používají zdravotnické organizace, jako jsou nemocnice, lékařská zobrazovací centra, lékaři, státní kliniky, laboratoře, pečovatelské domy, lékárny, lékařské výzkumné instituce a dodavatelé lékařského softwaru a hardwaru. HL7 se používá také ve zdravotnických zařízeních, kde se zprávy vyměňují mezi různými interními odděleními, jako je rentgen, lékárna, fyzioterapie, správa pacientů, lidské zdroje a finance. Mezi uživatele HL7 patří vývojáři IT systémů, specialisté na vývoj klinických rozhraní, lékařští výzkumníci a zdravotnické organizace, které potřebují sdílet data s jinými zdravotnickými institucemi a uživateli [20].



Obrázek 5.1: Zjednodušené schéma nastavení přenosu patientských dat pomocí HL7 [21]

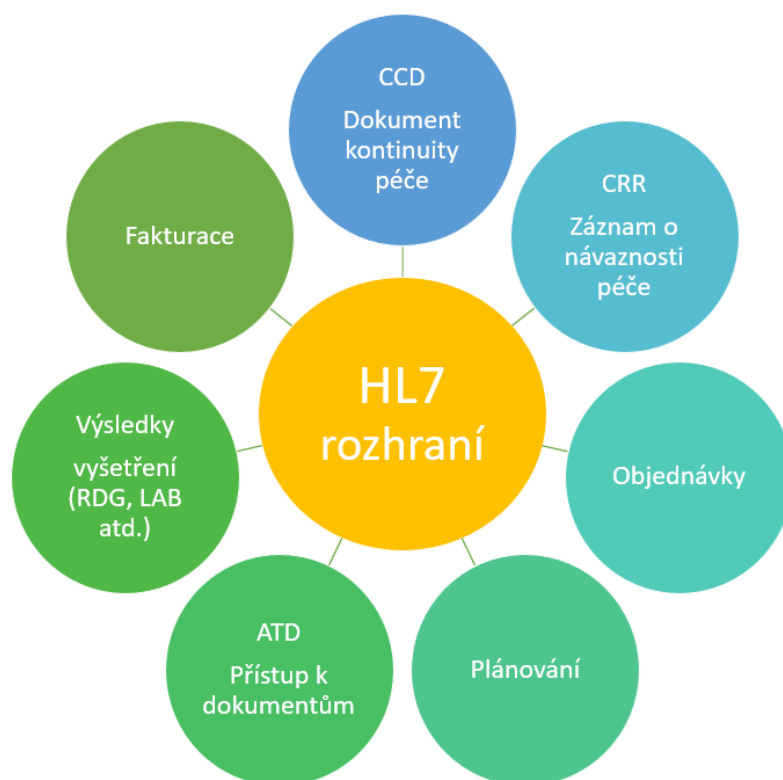
5.1 Profily v HL7

IHE, celým názvem Integrating the Healthcare Enterprise, je iniciativa odborníků ze zdravotnictví a průmyslu, jejímž cílem je zlepšit způsob, jakým počítačové systémy ve zdravotnictví sdílejí informace. IHE podporuje koordinované používání zavedených standardů, jako jsou DICOM a HL7, k řešení specifických klinických potřeb na podporu optimální péče o pacienty. Systémy vyvinuté v souladu s IHE spolu lépe komunikují, snadněji se implementují a umožňují poskytovatelům péče efektivněji využívat informace.

IHE umožňuje zdravotnickým systémům a sítím k poskytování péče přijmout interoperabilní digitální pracovní postupy. Vyvíjí specifikace interoperability založené

na pracovních postupech a poskytuje možnosti testování a ověřování. Tyto specifikace podporují správu ekosystémů zdravotnických IT. Jsou základem pro zdravotnické systémy a sítě pro poskytování péče, ve snaze zlepšit výsledky v oblasti zdraví. IHE v současné době pracuje na rozšíření používání profilů v HL7. Profil HL7 je hotový standard určený pro konkrétní případ použití, jako je například dokument kontinuity péče.

Základním cílem a následnou výhodou implementace HL7, je to, že všechna se sbíraná data jsou konzistentní, aktuální a stejná ve všech používaných systémech. Standardy HL7 umožňují zajistit vysokou přesnost dokumentů, zlepšit služby klientům, ale i pracovní postupy zdravotnické organizace. Níže se nachází několik zásadních standardizovaných profilů HL7, které se běžně používají.



Obrázek 5.2: Rozhraní HL7 dle Technosoft Solutions [22]

5.1.1 Dokument kontinuity péče CCD

Continuity of Care Record zajišťuje možnost zasílat lékařské údaje jiným poskytovatelům, aniž by došlo ke ztrátě významu informací. Specifikace dokumentu kontinuity péče je standard založený na XML, jehož cílem je specifikovat kódování, strukturu a sémantiku klinického dokumentu shrnující údaje pacienta určené k výměně mezi poskytovateli lékařské péče. Pomáhá také získat souhrn konkrétních údajů týkajících se určitého pacienta, jako jsou administrativní, demografické a klinické informace.

Pomocí prvků architektury klinických dokumentů HL7 je vytvořen dokument kontinuity péče. Skládá se z údajů, které jsou definovány normou ASTM Continuity

of Care Record. Slouží ke sdílení souhrnných informací o pacientovi v širším kontextu osobního zdravotního záznamu. Vznikl díky spolupráci mezi organizacemi Health Level 7 a ASTM International jako způsob, jak vyřešit rozdíly mezi těmi, kdo přijali ASTM CCR, a těmi, kdo přijali HL7 CDA.

V červnu 2008 ji schválila Certifikační komise pro zdravotnické informační technologie (CCHIT) jako součást svého elektronického zdravotního záznamu (EHR). Také se předpokládalo, že bude hnací silou používání elektronické výměny klinických dat.

Cíle dokumentu Continuity of Care Document jsou následující:

- K již přijatému rámci CDA aplikovat obsah CCR.
- Nabídnout důležité zdravotní informace pro pokračování péče.
- Snížit počet lékařských chyb.

Navíc s jakýmkoli dokumentem nebo standardem, který používá specifikace založené na RIM, je CCD kompatibilní. Zahrnuje dokonce i nové verze specifikací HL7, IHE, nové typy zpráv o veřejné bezpečnosti, CDISC a specifikace panelu pro standardy zdravotnických informačních technologií (HITSP). CCD lze univerzálně vykreslovat jako HTML nebo PDF, aniž by bylo nutné vyvíjet specializované komunikační úsilí, protože má malou pevnou sadu značek XML. Používá podrobnou sadu omezení, šablon, pro prvky CDA, které nabízejí rámec CCD. Tyto šablony vysvětlují, jak používat prvky CDA pro sdělování klinických údajů, avšak rozsah údajů v rámci šablon je určen souborem údajů CCR [23].

5.1.2 Strukturované označování výrobků SPL

Strukturované označování výrobků, anglicky Structured Product Labeling, je standard pro označování dokumentů schválený organizací HL7 a přijatý FDA jako mechanismus pro výměnu informací o výrobcích a zařízeních [24]. Definuje obsah označení humánních léčivých přípravků na předpis ve formátu XML. Označení léku zahrnuje veškeré výrobcem publikované materiály a informace doprovázející lék, které je ze zákona výrobce povinen předkládat. SPL je nezbytný pro společnosti vyrábějící léky a různá léčiva. Pomáhá poskytovat nejaktuálnější informace o označování výrobků jejich uživatelům. Zlepšuje také přístup k údajům týkajícím se označování přípravků, umožňuje koordinovanější sběr údajů a usnadňuje efektivnější vyhodnocování změn v označování.

5.1.3 Architektura klinických dokumentů CDA

Clinical Document Architecture je standard založený na XML, který poskytuje rámec pro kódování, formátování a sémantiku elektronických klinických dokumentů za účelem výměny dat. Nalézá uplatnění především v USA, západní Evropě, ale i v Koreji. Rozšiřuje se současně s HL7 jako její součást. CDA umožňuje poskytovatelům zdravotní péče vytvářet digitální dokumenty obsahující informace o pacientech. Pacientská data je nutné vyměňovat mezi poskytovateli zdravotní péče,

případně je vyžadují regulační orgány. Národní síť pro bezpečnost zdravotní péče NHSN a centrum pro kontrolu nemocí a prevenci CDC podporují import určitých údajů o infekcích spojených se zdravotní péčí, HAI, pomocí CDA. CDC je přední národní vědecky podložená, daty řízená servisní organizace, která chrání zdraví veřejnosti. CDC je jednou z hlavních provozních složek ministerstva zdravotnictví a sociálních služeb ve Spojených státech amerických [25].

Dokumenty CDA obsahují veškeré informace o anamnéze pacienta, jako jsou alergie, léky, informace o pojištění nebo laboratorní výsledky. Shrnují informace, které by mohly být důležité pro poskytovatele zdravotní péče nebo státní orgány.

Podstatnou výhodou architektury klinických dokumentů je samotný fakt, že CDA vzniklo z XML a jedná se tedy o flexibilní standard, který mohou číst lidé i zpracovávat stroje. Umožňuje zobrazit celou anamnézu pacienta v jednom dokumentu a lze jej opakovaně použít v různých aplikacích. Nastavením se snaží eliminovat různorodost formátů zpráv, která způsobuje nepřesnosti a chyby v HL7.

CDA není zpětně kompatibilní s HL7 V2. Dalším problémem může být velikost souboru a nároky s tím spojené na přenosové kapacity a úložiště. Architektura klinických dokumentů může dosáhnout stovek milionů řádků XML s velikostí souboru až 400 MB. Nesnadná je i validace, kdy poskytovatelé zdravotních služeb své dokumenty budou vyplňovat odlišně od veřejně dostupných metod. Rovněž neúplná sada dat může komplikovat tvorbu platných dokumentů.

Ve velkém měřítku se CDA používá na klinice Mayo (Mayo Clinic). Jedná se o americké lékařské výzkumné a vzdělávací centrum, pod které spadá univerzitní nemocnice v Rochesteru v Minnesotě. Funguje jako nezisková organizace a patří mezi několik nejvýznamnějších nemocnic na světě. Pod Mayo Clinic se sdružují lékařská centra v USA (Arizona, Florida, Minnesota), rovněž mají pobočku v Londýně a Abu Dhabi [26]. Mezi další organizace, které využívají CDA, patří Duke Clinical Research Institute v Severní Karolíně [27] a Columbia-Presbyterian v New Yorku [28].

5.2 Referenční kategorie v HL7

Normy HL7 jsou seskupeny do referenčních kategorií, které se nazývají sekce. První sekce definuje primární specifikace pro shodu, integraci a interoperabilitu.

- Oddíl 1 popisuje doplňkové standardizované profily HL7, jako jsou Clinical Document Architecture (CDA), Electronic Health Records (EHR), Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), Arden Syntax a Clinical Context Management Specification (CCOW).
- Oddíl 2 popisuje standardy dokumentů a protokoly pro zasílání zpráv pro klinické specializace.
- Oddíl 3 obsahuje průvodce implementací a případy použití stávajících standardů.
- Oddíl 4 obsahuje pokyny pro vývoj softwaru a norem, technické specifikace a programové struktury.

Specifikace postupu nebo události může zahrnovat části z různých oddílů HL7. Například běžným postupem ve zdravotnictví je kontinuita péče. Specifikace pro standard kontinuity péče se skládá ze standardu architektury klinického dokumentu (oddíl 1), dokumentu klinických a administrativních domén (oddíl 2) a průvodce implementací standardů (oddíl 3).

5.3 Verze standardu HL7

Standard HL7 je obecně rozdělen do dvou kategorií – verze 2 (V2) a verze 3 (V3). HL7 využívá zprávy, které používají verzi 2.3 nebo 2.3.1 standardu. Novější verze standardu, včetně V3, představují pouze malou část reálného využití. HL7 také pracuje na nově vznikajícím standardu nazvaném HL7 FHIR.

S přijetím zákona ARRA/HITECH byla verze HL7 2.5.1 speciálně vybrána jako standard pro zdravotnictví, který splňuje určité certifikační požadavky. Byla také specifikována konsolidovaná CDA, která je součástí standardu V3 [29].

5.3.1 HL7 V2

Standard HL7 V2 byl vytvořen převážně odborníky na klinická rozhraní a byl navržen tak, aby poskytoval rámec, v němž by bylo možné vyměňovat data mezi různými klinickými systémy.

Standard V2 poskytuje 80 procent rámce rozhraní a navíc možnost vyjednat zbývajících 20 procent potřeb na základě jednotlivých rozhraní. Tohoto cíle norma dosahuje tím, že:

- Definuje pravidla kódování HL7, seskupení, kardinalitu a výchozí znakovou sadu (tj. ASCII).
- Poskytuje podporu pro místní odchylky ve výměně dat povolením volitelných polí, dodatečných zpráv nebo dodatečných částí zpráv.
- Umožňuje vývoj a přizpůsobení se změnám požadovaným v místních implementacích nebo problémům zjištěným při skutečném používání normy.
- Podporuje dávkové zpracování přenosů souborů zpráv.
- Zohledňuje vztah mezi standardním protokolem HL7 a dalšími protokoly, jako jsou protokoly nižších vrstev (tj. zamezuje replikaci funkcí), aplikační protokoly (zejména DICOM a X12 a protokoly zveřejněné ASTM a IEEE) a další proprietární protokoly pro zdravotnictví.

Obecně jsou všechny verze 2.X zpětně kompatibilní s dřívějšími verzemi, protože standard V2 umožňuje aplikacím ignorovat prvky zpráv, které neočekávají. To znamená, že starší aplikace může přijímat a zpracovávat zprávy od novějších aplikací používajících novější verze HL7, tj. zprávy obsahující více segmentů a/nebo polí, aniž by došlo k chybě.

5.3.2 HL7 V3

Standard HL7 V3 byl poprvé vydán koncem roku 2005 a byl více ovlivněn vládou a uživateli lékařských informací než specialisty na klinická rozhraní. Verze V3 není zpětně kompatibilní s verzí standardu V2, takže stávající rozhraní V2 nejsou, bez výrazných úprav, schopna komunikovat s rozhraními používanými V3.

HL7 V3 byla vytvořena s cílem řešit některé specifické problémy identifikované ve standardu HL7 V2, včetně:

- Spíše implicitní než konzistentní datový model.
- Absence formálních metodik s datovým modelem, což způsobuje nekonzistenci a potíže s porozuměním.
- Nedostatek přesně definovaných rolí pro aplikace a zprávy používané v různých klinických funkcích.
- Přílišná flexibilita a nedostatečné úplné řešení.

Verze HL7 3 přidala více funkcí oproti verzi HL7 2.X, včetně nástrojů pro testování shody a plánování implementace. Cílem HL7 V3 bylo zvýšit celosvětové přijetí standardu, definovat konzistentní datový model, vytvořit přesnější standard a kompletně redefinovat původní standard HL7 tak, aby nevznikaly problémy se staršími daty. Rozhodnutí učinit HL7 V3 novým standardem (a nekompatibilním se staršími a rozšířenějšími verzemi V2) znamená, že dosud nebyl široce přijat.

Pro přijetí standardu HL7 V3 by uživatelé museli vytvořit a udržovat rozhraní založená na standardu HL7 V2 s aplikacemi založenými na standardu HL7 V2 a zároveň nasadit nové aplikace založené na standardu V3 a implementovat rozhraní mezi nimi. Z tohoto důvodu byl HL7 V3 přijat především pro použití v aplikacích bez starších požadavků na komunikaci, bez historického použití HL7 V2 v komunikaci nebo v regionech/místech, kde je používání HL7 V3 vynucováno vládou.

5.3.3 HL7 FHIR

Fast Health Interoperable Resources je rámec standardů nové generace, který kombinuje nejlepší vlastnosti standardů HL7 V2, HL7 V3 a HL7 Clinical Document Architecture a zároveň využívá nejnovější technologie webových služeb. Vývoj standardu FHIR byl zahájen v roce 2012 jako reakce na potřeby trhu, který vyžadoval rychlejší, jednodušší a lepší metody pro výměnu rychle rostoucího množství zdravotnických dokumentů. Tento nárůst dostupnosti nových zdravotních údajů spolu s přizpůsobující se ekonomikou vytvořil potřebu, aby lékaři, pacienti a struktury ve zdravotnictví mohli sdílet data v reálném čase s využitím moderních internetových technologií a standardů. Návrh FHIR je založen na webových službách RESTful a vychází z modulárních komponent nazývaných zdroje. FHIR se pohybuje v oblasti webových standardů včetně XML, JSON, HTTP a OAuth. Taktéž respektuje Clinical Document Architecture, což umožňuje jejich koexistenci a vzájemné využití [30].

FHIR je založen na internetových standardech, které se běžně používají i v jiných odvětvích. Jedná se zejména o přístup REST, který popisuje, jak jednotlivé balíčky informací označované jako Resources, zdroje, lze sdílet. Přijetím stávajících zavedených standardů a technologií FHIR výrazně snižuje bariéry pro vstup nových vývojářů softwaru na trh zdravotní péče. Standard FHIR poskytuje vývojářům softwaru mnohé výhody, z nichž lze jmenovat například jednoduchá rozhraní a volné použití bez omezení. Významná je podpora FHIR ze strany velkých společností jako je Apple, Microsoft, Google, Epic a Cerner. Kolem FHIR vznikla globální komunita, která vytvořila bezplatné, online stažitelné nástroje, referenční servery, dostupné příklady, srozumitelné online specifikace a rozsáhlé knihovny. Velký význam se přikládá interoperabilitě out-of-the-box, tzn. základní zdroje lze používat bez úprav, zároveň jsou přizpůsobitelné individuálním požadavkům (proces profilování) [31].

Původní verze standardu HL7 nejsou nastaveny tak, aby dobře fungovaly s mobilními zařízeními. Rozhraní API založené na FHIR umožňuje výměnu zpráv HL7 s neklinickými aplikacemi. FHIR umožňuje zdravotnickému personálu používat mobilní zařízení ke komunikaci s klíčovými zdravotnickými službami na dálku prakticky odkudkoli. Pacientům je umožněno používat mobilní zařízení pro přístup k jejich osobním zdravotním záznamům (PHR) a přímé propojení s některými zdravotnickými systémy, například pro zobrazení výsledků laboratorních testů nebo objednání se na kontrolu, vyšetření [32, 33, 34, 35, 36].

5.4 Formát zprávy HL7

Zprávy, které se vyměňují ve zdravotnických systémech, zahrnují informace o přijetí, propuštění a převozu pacienta, plánování návštěv a vyšetření pacienta, objednávání procedur, výsledky laboratorních testů, konzultace s lékaři, vyúčtování a soupis materiálu, doporučení pacienta a archivaci elektronických zdravotních záznamů.

Rámec HL7 poskytuje knihovnu definic objektových typů (OTD), což je soubor předpřipravených struktur zpráv. Knihovna zpráv HL7 umožňuje poskytovatelům zdravotní péče vytvářet rozhraní se systémy pro zasílání zpráv, které odpovídají standardům HL7. HL7 také umožňuje poskytovatelům zdravotní péče přizpůsobovat zprávy pomocí volitelných polí a přidáváním segmentů do zpráv.

5.4.1 Segmenty a typy zpráv

Zpráva HL7 se skládá ze segmentů v definovaném pořadí. Každý segment má tříznakový identifikátor, který se nazývá ID segmentu. ID segmentu popisuje, jaké informace segment obsahuje, například segment záhlaví zprávy (MSH), informace o pacientovi (PID), typ události (EVN) nebo podrobnosti o návštěvě pacienta (PV1). Segment může mít více částí, například segment nehody (ACC), který obsahuje pole popisující samotnou nehodu, kdo byl účastníkem nehody, zda pacient zemřel a kdy a kde se nehoda stala.

Každá zpráva HL7 musí v záhlaví zprávy obsahovat typ zprávy. Typ zprávy popisuje, jaký druh zprávy je přenášen. Příkladem typu zprávy je DFT neboli po-

drobná finanční transakce. Typy zpráv jsou seskupeny do informačních kategorií, například typ zprávy DFT je v kategorii informací o poplatcích. Každá kategorie informací obsahuje několik spouštěcích kódů, které popisují konkrétní události v dané kategorii, například A01, což je spouštěcí kód pro přijetí pacienta.

5.4.2 Spouštěcí události, transakce a odeslání zprávy

Spouštěcí událost je zpráva popisující událost, která nastala. Typy zpráv se používají společně se spouštěcími kódy k zahájení přenosu zprávy o události, například když je pacient přijat do zdravotnického zařízení. Záhlaví zprávy by pak obsahovalo spouštěcí událost ADT-A01.

Zprávy HL7 jsou seskupeny do transakčních sad, které popisují účel nebo typ zprávy ve skupině. Základní sadou transakcí HL7 je sada řídicích transakcí. Sada řídicích transakcí definuje obecná pravidla, která se vztahují na všechny zprávy. Tato pravidla zahrnují pravidla kódování dat, způsob popisu zpráv a způsob použití potvrzovacích zpráv. Sada transakcí pro správu pacientů spravuje mimo jiné zprávy ADT. Mezi další transakční sady HL7 patří sady pro správu financí, dotazy, objednávky procedur, hlášení pozorování, plánování návštěv, odesílání pacientů, správu zdravotnické dokumentace, péči o pacienty, automatizaci laboratoří, správu aplikací a správu personálu. Transakční sada hlavních souborů je skupina referenčních souborů, která poskytuje informace o stavech pacientů, typech pacientů, definicích laboratorních testů, kódech vyšetření, místech, lékařích atd.

Zprávy HL7 se přenášejí pomocí souborů, které mají příponu .hl7 a lze je otevřít pouze pomocí softwaru, který tento formát podporuje, například 7Edit, QuickViewHL7 nebo prohlížeč Chameleon. HL7 nspecifikuje, jak systémy skutečně ukládají data v rámci aplikace. Standard však specifikuje datový typ pro pole zpráv. Při přenosu jsou pole zpráv kódována a přenášena jako řetězce znaků [37].

5.5 Rozhraní HL7 a 7 vrstva v modelu OSI

Rozhraní HL7 se skládá z koncového bodu pro odesílající aplikaci, koncového bodu pro přijímající aplikaci a metody přenosu dat mezi koncovými body. TCP/IP je nejčastěji používaný transportní protokol pro přenos zpráv HL7 mezi koncovými body.

Rozhraní HL7 se někdy označuje jako engine rozhraní nebo integrační engine, ale tyto termíny popisují poněkud odlišné funkce. Rozhraní bod-bod umožňuje dvěma koncovým bodům komunikovat nezávisle na ostatních koncových bodech v systému. Rozhraní nebo integrační engine fungují jako prostředníci pro všechna rozhraní, která jsou připojena ke koncovým bodům v systému. Ačkoli HL7 neposkytuje standard plug-and-play interface engine, existují komerční a open-source interface engines, které podporují HL7 a které mohou usnadnit přizpůsobení a implementaci rozhraní HL7 pro různé koncové body.

Standardy HL7 se zaměřují na vrstvu 7, aplikační vrstvu, v modelu OSI (Open Systems Interconnection). Model OSI standardizuje komunikační funkce v teleko-

munikačních a počítačových systémech.

Význam vrstvy 7 v modelu HL7 spočívá v tom, že aplikační vrstva je místem, kde uživatelé komunikují s aplikací, a to na rozhraní. Vrstva 7 se zabývá způsobem výměny dat, zabezpečením dat, dostupností dat, řízením přístupu a oznamováním chyb. Prostřednictvím vrstvy 7 se také přistupuje k rozhraním API.

HL7 není plug-and-play řešení a může vyžadovat určité přizpůsobení pro různé datové modely aplikací, například tam, kde neexistuje odpovídající terminologie HL7 pro technologie specifické pro daného dodavatele. K vytvoření a otestování rozhraní kompatibilních s HL7 pro každý koncový bod v systému zdravotní péče může být zapotřebí značných zdrojů. Udržování interoperability systému může vyžadovat časté testovací cykly při přidávání nových koncových bodů. Ačkoli norma HL7 vymezuje nejlepší způsob, jak věci dělat, a je označována za soubor pravidel, neexistuje žádná právní odezva za nedodržení pravidel. To by mohlo vést k tomu, že organizace budou pravidla ohýbat, aby krátkodobě ušetřily čas a peníze, což by v dlouhodobém horizontu bylo na úkor ostatních složek systému zdravotní péče [38, 21, 39, 40, 23].

6 Systém DICOM

Systém DICOM byl vyvinut Americkou radiodiagnostickou asociací ACR a Národní asociací výrobců elektrotechniky NEMA, a to zejména pro manipulaci se zobrazovacími daty. Napomáhá komunikaci mezi různými zobrazovacími modalitami a příslušenstvím navzájem.

Zaměřuje se především na pracovní tok snímků. Poskytuje spolehlivé protokoly pro integraci obrazových dat mezi zobrazovacími, nezobrazovacími modalitami, zařízeními a systémy. Funkční prvky se skládají z protokolů, služeb, objektů, třídy služeb a shody.

Selektivně je skupina operací, které chce uživatel provádět s daty z modality, třídou služeb DICOM. Některé případy tříd služeb jsou Print Management Service Class, která se zabývá tiskem snímků na film nebo papírovou tiskárnu. Flexibilními formáty filmu se zabývá třída Move and Get SOP Classes. Storage Service Class znamená odesílání snímků a Query/Retrieve Service Class se zabývá otázkami vyhledávání.

Pro dotazování na snímky se používá Find (nalezni), zatímco pro zahájení přenosu se používají příkazy Move a Get. Některé další třídy služeb zahrnují ukládání médií, třídu služeb Verification (ověřování), oznamování obsahu studie, správu pacientů, správu tisku, správu výsledků, správu studií, stavy správy kroků modality provedené procedury a strukturované hlášení [41, 37].

7 Mezinárodní klasifikace nemocí

Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů (MKN) je veřejný systém označování a klasifikace lidských onemocnění, poruch a zdravotních problémů. Tento soubor vydává Světová zdravotnická organizace pod názvem International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, zkráceně ICD.

Vznik se datuje k roku 1893 pod názvem Klasifikace příčin úmrtí. Cílem bylo podpořit mezinárodní srovnatelnost při sběru, zpracování, klasifikaci a prezentaci statistik úmrtnosti. Je zaveden formát pro vykazování příčin úmrtí na úmrtním listu. V roce 1948 převzala odpovědnost za klasifikaci nemocí a úmrtí Světová zdravotnická organizace (dále jen WHO). Od šestého vydání v roce 1949, po převzetí WHO, se klasifikace začala rozšiřovat o seznam diagnóz. Prostřednictvím klasifikační struktury se převádějí hlášené stavy na lékařské kódy. Postupně se rozšířil seznam kódů odpovídajících postupům a diagnózám zaznamenaným v souvislosti s nemocniční péčí. MKN se stala všestranným nástrojem pro řízení zdravotní politiky. Tyto kódy mohou být zaneseny do elektronického zdravotního záznamu pacienta a dále používány pro diagnostické účely, vykazování péče zdravotním pojišťovnám a dalším platebním systémům. Související informace uspořádané a kodifikované v systému zahrnují stížnosti pacientů, symptomy, příčiny úrazů a duševní poruchy. MKN bývá aktualizováno každých deset let a označují se číslem uváděným za zkratkou MKN (MKN-9, MKN-10).

Americký zdravotnický systém upravil mezinárodní standardní seznam šestimístních alfanumerických kódů ICD-9 pro popis diagnóz pod názvem Mezinárodní klasifikace nemocí, devátá revize, klinická modifikace (ICD-9-CM). Její používání zlepšuje konzistenci mezi lékaři při zaznamenávání symptomů a diagnóz pacientů pro účely úhrady nároků plátců i klinického výzkumu.

V České republice je aktuálně platná Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů, zkráceně MKN-10, s účinností od 1. 1. 1993. V platnost vešla v roce 1994. Aktualizované druhé vydání MKN-10 vzniklo v roce 2004, poslední aktualizace proběhla v roce 2016. Česká verze vešla v platnost v roce 2018.



Obrázek 7.1: Základní dělení MKN-11 [42]

Některé z funkcí, které MKN-10 obsahuje, jsou:

- Tabulkové seznamy obsahují názvy a kódy příčin úmrtí (svazek 1).
- Vylučovací a zařazovací termíny pro názvy příčin smrti (svazek 1)
- Pokyny, popis a pravidla kódování (svazek 2)
- Rejstřík (abecední) nemocí a povahy poranění, vnějších příčin poranění, tabulka léků a chemických látek (svazek 3).

V květnu 2019 byla Světovou zdravotnickou organizací schválena 11. revize MKN. Tato verze vstoupila v platnost 1. ledna 2022 s pětiletým přechodným obdobím. V rámci projektu Národního centra pro medicínské nomenklatury a klasifikace pracuje Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky na procesu nasazení MKN-11 do českého systému zdravotní péče. Rovněž byla sestavena Meziřesortní pracovní komise pro přípravu a koordinaci zavedení MKN-11 v ČR, která zohledňuje požadavky jednotlivých institucí, kterých se bude tento přechod z MKN-10 týkat [43, 44, 42].

8 Standard DASTA

V České republice se používá k přenosu zdravotních dat standard, jehož prvopočátek se datuje k roku 1992. První verze vznikla v roce 1994 a byla publikována ve Věstníku MZ ČR, ročník 1994, částka 8-9. Tato verze dala vzniknout obecnému označení DASTA. Aktuálním oficiálním názvem je Datový standard Ministerstva zdravotnictví České republiky. Tento standard, tak jako mezinárodní standard HL7, používá značkovací jazyk XML k výměně dat mezi poskytovateli zdravotní péče. DASTA podporuje přenos textových dokumentů, laboratorních a obrazových dat mezi různými zdravotnickými informačními systémy (ZIS).

Za vznikem stojí několik vývojářů zdravotnických informačních systémů. Ti s rostujícím se počtem rozdílných ZIS po roce 1990 zjistili, že je nutno každou jednotlivou dvojici komunikujících systémů propojovat individuálně, aby byly poskytovatelé zdravotních služeb schopni data sdílet. Tento proces se hned v počátku ukázal neefektivním. Rovněž každý z ZIS různého vývoje musel vyvíjet a aktualizovat vlastní číselníky a protokoly. Iniciativou ministerstva zdravotnictví, lékařských fakult, vývojářů ZIS a Institutu postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví se v roce 1992 začalo hledat systémové řešení. Norma EDIFACT, již existující HL7, SNOMED, nomenklatura IFCC a číselník LOINC byly po prostudování zamítnuty, jelikož jejich nastavení reflektovalo americký systém zdravotní péče. Započal vývoj vlastního datového standardu s orientací na evropské normy, standardy a nomenklatury.

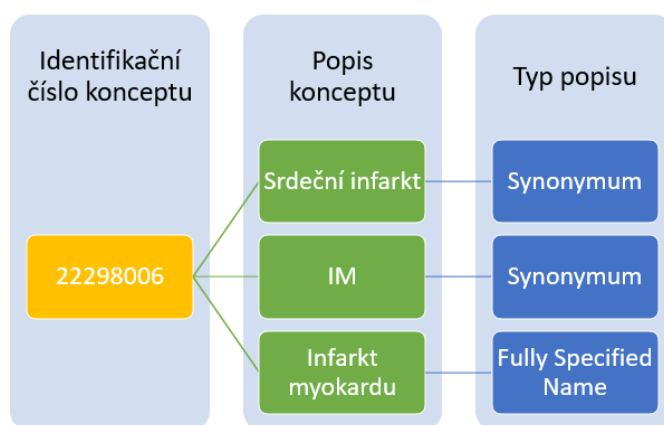
První verze z roku 1994 postavila základní kameny standardu, stavěla na textových TXT souborech, neobsahovala dostatek datových bloků a nezabývala se sekci laboratorních dat. Došlo k rozšíření vývojářů o tým autorů Národního číselníku laboratorních položek (NČLP), který vznikl na základech nomenklatury IFCC. V roce 1997 byla zavedena do praxe verze DS 1.1 a NČLP Věstníkem MZ ČR. Odborným ručitelem DASTA se stala Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací. Významným pokrokem byla verze DS 2.01, kdy došlo k standardizaci obousměrné formalizované komunikace s LIS. Verze DS 3.01 se rozšířila o číselníky NZIS a rozhraní pro komunikaci s ÚZIS. Verze 2 a 3 používají soubory DTD. Současná verze 4 pracuje s XML. Identifikace klinické události a její formalizace přinesla verze DS 4.01. Klinická událost je každá událost týkající se pacienta, kterou je možné naplánovat, objednat, provést a zdokumentovat či vyúčtovat. Příkladem je návštěva pacienta v ordinaci, terapeutický výkon, vyšetření některou ze zobrazovacích metod, chirurgická operace, přijetí pacienta do nemocnice, ale také i žádanka na vyšetření. Nejdůležitější vlastností klinické události je jasně definovaná odpovědnost lékaře [45, 46, 47, 48, 37].

9 Terminologie SNOMED CT

Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms je klinická terminologie, kterou používá více jak osmdesát států světa. SNOMED International je nezisková organizace, která vlastní, spravuje a vyvíjí SNOMED CT. Česká republika se stala členem této organizace v roce 2012. V roce 2019 započaly snahy ÚZIS ČR ve spolupráci s MZ ČR zahájit několik projektů, které by ověřily použitelnost a užitečnost implementace SNOMED CT do klinické praxe v České republice. SNOMED CT je propojen s mezinárodními standardy a klasifikacemi, jako je např. MKN-10. Pro funkční elektronické zdravotnictví je ve většině zemí SNOMED CT integrován. Již byl přeložen do více jazykových verzí, překlad do českého jazyka proveden nebyl.

V červenci 2020 bylo v rámci Národního centra pro medicínské nomenklatury a klasifikace ÚZIS ČR zřízeno Národní release centrum SNOMED CT (NRC). Uživatelé licencí s oprávněním používat SNOMED CT v České republice, přestože jsou licence od SNOMED International pro členy zdarma, se musí registrovat v NRC. NRC má za úkol vzdělávat a rozšiřovat informovanost o klinické terminologii SNOMED CT mezi odbornou veřejností.

Základním pojmem při práci se SNOMED CT je koncept. Koncept zastupuje klinické konstatování a je veden pod jedinečným numerickým identifikátorem. Počátkem roku 2019 byla vydána SNOMED International nová verze mezinárodní edice obsahující 349 548 konceptů. Koncepty se organizují v poly-hierarchických vztazích. Vztah popisuje spojitost mezi dvěma koncepty. Koncept má plně specifikované jméno FSN nebo synonymum [49, 50, 40].



Obrázek 9.1: Koncept SNOMED CT [51]

10 Prediktivní údržba

Prediktivní údržba je forma proaktivní údržby, která je postavena na schopnosti podniku přijmout nové technologické nástroje pro monitorování, automatizaci a řízení. Předpokládá investice do lidských zdrojů, protože její výkonnost závisí na znalostech vysoce kvalifikovaných odborníků.

Na základě matematických a statistických principů lze analyzovat velká data (Big Data) např. továrny. Tato data jsou získána prostřednictvím systémů průmyslové automatizace s cílem identifikovat anomálie provozu. Anomálie fungují jako upozornění na změny, které mohou negativně ovlivnit výkonnost průmyslového závodu. V případě, že jsme schopni včas reagovat na anomálii, lze vyřešit vznikající problém dříve, než způsobí závažnou poruchu. Výrobní zařízení tak mají šanci snížit neplánované prostoje.

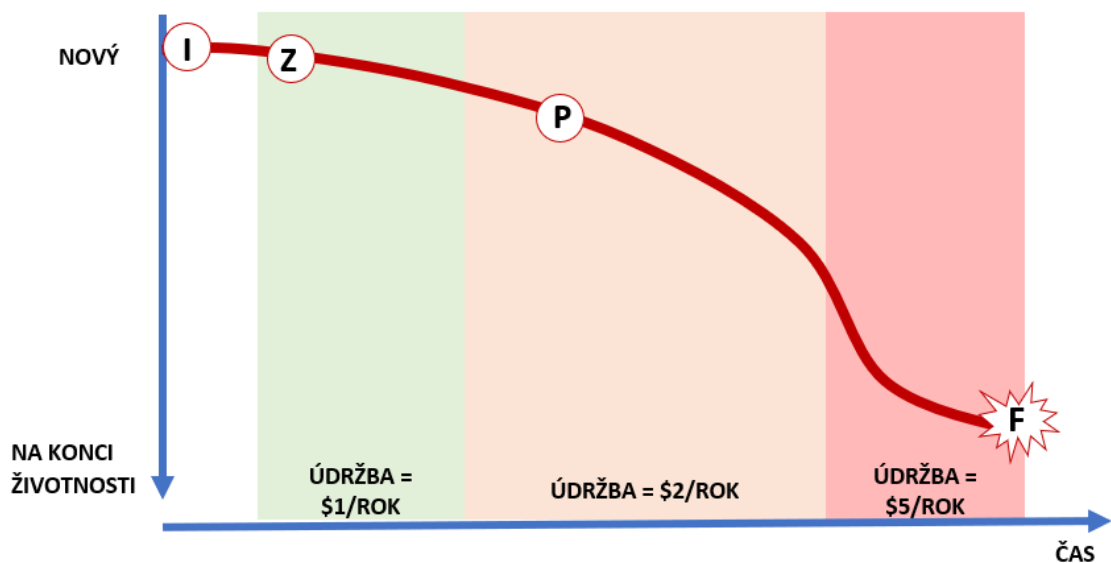


Obrázek 10.1: Schématické zobrazení přínosů prediktivní údržby

Preventivní údržba, která se stále v mnoha odvětvích provádí, zahrnuje kontrolu a údržbu v předem stanovených intervalech, ať už je to nutné, nebo ne. Intervaly údržby jsou obvykle založeny na používání nebo době stanovené na základě průměrného životního cyklu přístroje/součástky. I když se preventivní údržba vyhne

některým nepředvídaným nákladům, které s sebou nese pozastavení výroby nebo vážná závada, není stoprocentně účinná. Především v provozech s vysoce přesnými procesy s využitím strojů s vysokou dostupností HA není možné plánovat odstávky či generální opravy, které by pozastavily provoz. Rovněž není možné vyměnit tento druh zařízení před koncem jeho životnosti pro jeho cenu. V poslední řadě je nutné uvést, že preventivní údržba nesleduje stav strojního zařízení v jiném okamžiku než v okamžiku kontroly. Proto ji nelze aplikovat v těch podnicích, které potřebují ke správnému fungování údaje v reálném čase.

Na rozdíl od preventivní údržby údržba prediktivní zajišťuje důsledné (real time) sledování, což pomáhá definovat plán údržby na míru pro každou komponentu. Tento přístup maximalizuje životnost a zároveň přispívá ke snížení nákladů s údržbou spojených. Využitím senzorů, cloud computingu, umělé inteligence, internetu věcí a především díky přijetí prediktivních modelů je možné v dostupných informacích identifikovat vzorce a závislosti. To umožní sledovat vnější faktory, které ovlivňují výrobní proces. Znalost stavu strojního zařízení a proměnných, které mohou ovlivnit jeho stav, umožňuje prediktivní analýzu jeho vývoje a usnadňuje plánování. Výhodou prediktivní údržby je možnost automaticky odhadnout střední dobu mezi poruchami MTBF. Tato statistika poskytuje způsob, jak určit nákladově nejefektivnější dobu pro výměnu stroje namísto neustálého vynakládání vysokých nákladů na údržbu.



Obrázek 10.2: Křivka P-F [52]

Provádění prediktivní údržby lze popisovat na křivce P-F, která udává, jak se vyvíjí zhoršování stavu jednotlivých komponent. To znamená, že se uvede, kdy byla komponenta instalována (I), stav, kdy se může objevit první porucha (Z), kdy lze počítat s možnými poruchami (P) a kdy dojde k selhání (F). Se vznikem monitorovacích systémů je možné měřit životní funkce stroje v reálném čase a lze je také objektivně vyhodnotit porovnáním s dalšími veličinami, jako je důležitost stroje,

stav dalších zařízení zapojených do procesu, poptávka zákazníků atd.

Kromě těchto nástrojů existuje řada dalších kontrolních technik. Užitečné jsou analýzy vibrací, monitorování tlaku, proudu, termografie, analýzy částečných výbojů, monitorování rázových impulzů, infračervené snímky, ultrazvuk a detekce vlhkosti/plynů/hluku.

Prediktivní údržba snižuje výdaje na údržbu a kontrola zařízení je prováděna mnohem efektivněji a optimálněji, protože je možné zvolit, kdy k ní dojde, s ohledem na faktory, jako je odhadovaná životnost zařízení, poptávka spotřebitelů, doba, kterou si vyžádá jeho oprava, nebo vnější faktory. Vedle snížení prostojů a zvýšení celkové výkonnosti pomáhají prediktivní modely řídit úkoly, zásoby, finanční informace a pracovní postupy, čímž dochází ke zvýšení produktivity. Při zavedení systému prediktivní údržby pomáhá analýza informací o průmyslovém podniku s identifikací neefektivity a také s prevencí rizik vyplývajících z projektů optimalizace a zlepšování. Prediktivní přístup není pozitivní pouze pro stroje, ale je také velmi důležitý pro posílení bezpečnosti pracovníků. Kromě toho zabraňuje lidským chybám, které mohou vést k pracovním úrazům a/nebo k zastavení výroby [53, 54, 55, 56, 57].

11 Robotická automatizace procesů

RPA neboli Robotic Process Automation je technologie, která napodobuje způsob komunikace člověka se softwarem tak, aby mohl provádět velkoobjemové, opakovatelné úkoly. Technologie RPA pracuje se softwarovými programy a roboty. Softwaroví roboti vykonávají opakující se práce, jako je přihlašování do aplikací a systémů, přesouvání souborů a složek, extrakce, kopírování a vkládání dat, vyplňování formulářů, vyplňování rutinních analýz a zpráv. K tomu slouží definované sady instrukcí, které má robot nebo bot provést bez chyb ve velkém objemu a rychle. RPA je o automatizaci některých nejvšednějších a nejopakovanějších počítačových úkolů a procesů na pracovišti. Jedná se o každodenní procesy, které kdysi vyžadovaly lidskou činnost mnohdy prováděnou rutinním a časově náročným způsobem.

Pro použití RPA je vhodné splnit následující body:

- Proces musí být založen na pravidlech.
- Proces se musí opakovat v pravidelných intervalech nebo musí mít předem definovaný spouštěč.
- Proces musí mít definované vstupy a výstupy.
- Úkol by měl mít dostatečný objem.

V kombinaci s umělou inteligencí a strojovým učením dokáže RPA zachytit více souvislostí z obsahu, s nímž pracuje. Novější nástroje RPA využívají umělou inteligenci, strojové vidění a zpracování přirozeného jazyka. Technologie AI, přesněji hluboké neuronové sítě přinášejí do RPA nové nástroje především v oblasti zrakových a jazykových úloh. Umožňují čtení textu nebo rukopisu pomocí optického rozpoznávání znaků (OCR). Rovněž umí extrahovat entity, jako jsou jména, termíny na fakturách nebo adresa pomocí zpracování přirozeného jazyka (NLP) a zachycením více souvislostí z obrázků, například automatickým odhadem škody při nehodě na snímku pojistné události.

Pokročilí roboti mohou provádět kognitivní procesy, jako je interpretace textu, zapojení do chatů a konverzací, porozumění nestrukturovaným datům a použití pokročilých modelů strojového učení k přijímání složitých rozhodnutí. Softwaroví roboti to však dokážou dělat rychleji a důsledněji než lidé. RPA pracuje na fyzickém nebo virtuálním stroji.

RPA je neinvazivní a tedy ideální pro automatizaci pracovních postupů ve starších systémech, které postrádají rozhraní API, virtuální desktopovou infrastrukturu



Obrázek 11.1: Přínosy RPA

(VDI) nebo přístup k databázím. Nasazení nevyžaduje změny základní IT infrastruktury organizace a není nutné se učit používat nové nástroje a postupy.

RPA umožňuje pracovníkům přesunout pozornost na promyšlenější a smysluplnější práci, inovace, spolupráci, tvorbu a interakci se zákazníky. Zároveň pomáhá eliminovat chyby při zadávání dat. Díky RPA je možno snížit náklady, zefektivnit zpracování a zajistit lepší zákaznickou zkušenost [58, 59, 60, 61].

12 Codefree a grafické programování

Bez kódové, codeless, codefree, no-code programování je nový způsob vývoje softwaru, který uživatelům umožňuje vytvářet aplikace bez psaní kódu. Nelze ho považovat za náhradu tradičního kódování, jedná se o jeho doplněk umožňující přístup k programovacímu prostředí širší veřejnosti a usnadňující práci v IT všeobecně. Nástroje pro bez kódové programování pracují s kódem na pozadí a většina z nich umožňuje uživatelům psát vlastní části kódu, pokud je žádoucí rozšířit funkce navrhované aplikace. Tyto nástroje mají určitá omezení, pokud jde o složitost, škálovatelnost a zabezpečení aplikací, které vytvářejí. Proto se tento druh programování nejčastěji uplatňuje v návrhu a vývoji jednoduchých nebo prototypových aplikací, kde není vyžadován vysoký výkon nebo pokročilé funkce.

Nástroje pro bez kódové programování využívají grafická uživatelská rozhraní, možnosti konfigurace, šablony a funkci drag-and-drop, které uživatelům umožňují snadný návrh, vývoj a nasazení aplikací. Bez kódové programování mohou využívat firmy, organizace, freelanceři a zakladatelé startupů, kteří chtějí při vývoji aplikací ušetřit čas, peníze a zdroje. Bez kódové programování může také umožnit neprogramátorům realizovat své nápady a řešit problémy, aniž by se museli spoléhat na tradiční IT oddělení.

Příklady nástrojů pro bez kódové programování jsou Adalo, Appy Pie, Webflow a Zapier. Mezi významné platformy patří Power Apps společnosti Microsoft a Visual Builder společnosti Oracle pro tvorbu mobilních a webových aplikací, Application Express společnosti Oracle pro vývoj podnikových aplikací a Lightning Platform společnosti Salesforce pro aplikace pro správu vztahů se zákazníky. Velice známým zástupcem je programovací jazyk Scratch od MIT Media Lab, který využívá grafické programovací bloky ve výuce programování. Tyto nástroje umožňují uživatelům vytvářet mobilní aplikace, webové aplikace, webové stránky, automatizační pracovní postupy, marketingové kampaně bez kódování a další funkce.

Uživatelé si mohou své aplikace přizpůsobit pomocí různých designových prvků, integrací, funkcí a vlastností. Nástroje pro programování bez kódu také poskytují podporu a poradenství uživatelům, kteří potřebují s tvorbou aplikací pomoci. No-Code Examples je sbírka více než 200 reálných produktů vytvořených bez použití klasického programování. Bez kódové programování je rostoucí trend, který mění prostředí vývoje softwaru a demokratizuje tvorbu aplikací pro každého [62].

12.1 Nástroj Node-RED

Node-RED je programovací nástroj pro vizuální programování, který umožňuje propojovat hardwarová zařízení, rozhraní API a online služby novými a zajímavými způsoby. Původně byl vyvinut společností IBM pro internet věcí týmem IBM Emerging Technology Services. Nyní je součástí nadace OpenJS Foundation.

Programování založené na toku (Flow-based programming) pracuje na principu sestavování aplikace z uzlů. Programování založené na toku vynalezl J. Paul Morrison v 70. letech 20. století. Uzel si lze představit jako černou skříňku. Každý uzel má přesně definovaný účel. Jinak řečeno dostane nějaká data, něco s nimi provede a pak je předá dál. Síť je zodpovědná za tok dat mezi uzly.

Node-RED vznikl na začátku roku 2013 jako vedlejší projekt Nicka O’Learyho a Davea Conway-Jonese ze skupiny IBM Emerging Technology Services. Původním účelem bylo vyvinout proof-of-concept pro vizualizaci a manipulaci s mapováním mezi tématy MQTT. Rychle se stala obecnějším nástrojem, který lze snadno rozšiřovat libovolným směrem. V roce 2013 byl poskytnut pod licencí open-source a v říjnu 2016 se stal jedním ze zakládajících projektů nadace JS Foundation. V roce 2019 se Node.js Foundation sloučila s JS Foundation a vznikla OpenJS Foundation [63].

Jedná se o model, který se velmi dobře hodí k vizuálnímu znázornění a je přístupnější širšímu okruhu uživatelů. Pokud je možno problém rozdělit na diskrétní kroky, lze se podívat na tok a získat představu o tom, co dělá, aniž by bylo nutné porozumět jednotlivým řádkům kódu každého uzlu.

Node-RED poskytuje v prohlížeči editor toků (Flow), který umožňuje snadno vytvářet funkce JavaScriptu pomocí široké škály uzlů v paletě. Toky je možno jedním kliknutím nasadit do běhového prostředí a spustit je na různých platformách, například na místním počítači, Raspberry Pi, kontejneru Docker nebo v cloudu. Node-RED je postaven na Node.js, což znamená, že může využívat jeho událostmi řízený neblokující model a velké množství modulů dostupných v úložišti balíčků uzlů. Na prostředí založené na Node.js se nasměruje webový prohlížeč pro přístup k editoru toku. V prohlížeči se vytvoří uživatelem aplikace přetažením uzlů z palety do pracovního prostoru a propojením. Jedním kliknutím se aplikace nasadí zpět do runtime, kde se spustí.

Paletu uzlů je možno snadno rozšířit instalací nových uzlů vytvořených komunitou a vytvořené toky lze sdílet jako soubory JSON. Node-RED má vestavěnou knihovnu, která umožňuje ukládat a sdílet užitečné funkce, šablony nebo toky s ostatními. Lze také přistupovat k online knihovně toků, která obsahuje toky vytvořené jinými uživateli z celého světa. Node-RED je projekt s otevřeným zdrojovým kódem, který vítá příspěvky od každého, kdo jej chce vylepšit nebo přidat nové funkce.

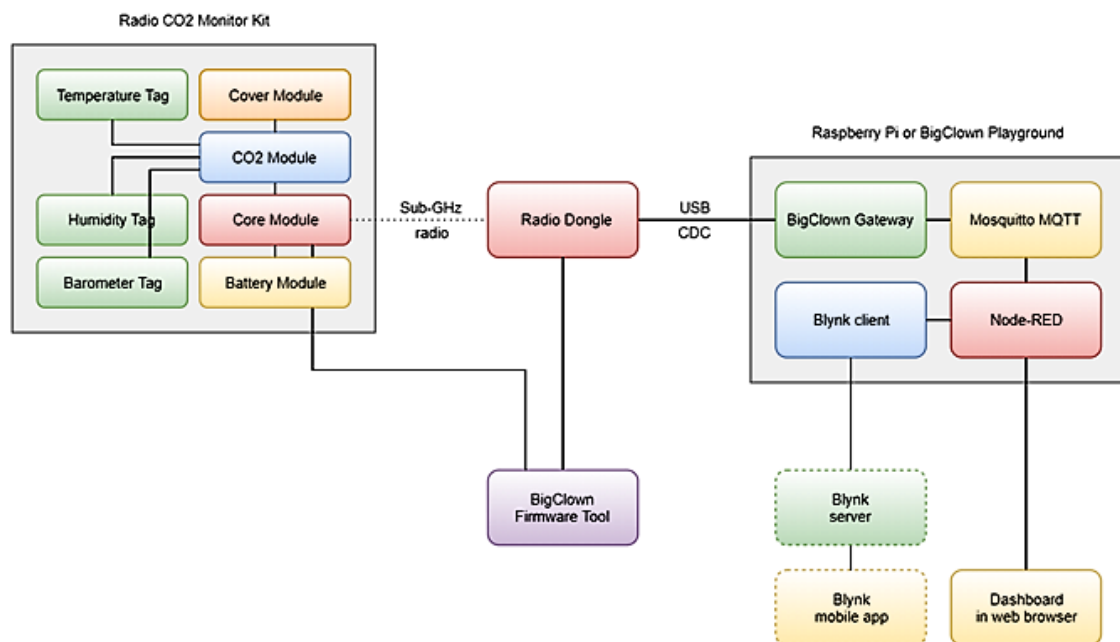
12.2 Použití Node-RED pro monitoraci prostředí

Pro lepší představu, nakolik je Node-RED univerzální a všestranně použitelný se nyní zaměříme na jeho praktické využití v monitoraci prostředí. Dle pokynu Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL) s označením DIS-15 verze 4 věnující se tématu sle-

dování a kontrola teploty při skladování a přepravě léčiv došlo k úpravě povinností a doporučení vzhledem k probíhající digitalizaci ve zdravotnictví [64]. Tento dokument má doporučující charakter a vešel v platnost 22. července 2019. Pátý bod se zabývá sledováním a kontrolou teploty skladování léčiv včetně vedení a uchovávání záznamů. SÚKL stanovuje následující postupy:

1. Podmínky skladování se denně kontrolují a vedou se o tom záznamy.
2. U termolabilních léčiv se pořizují záznamy teplot kontinuálně pomocí vhodného zařízení.
3. U léčiv skladovaných za teplotních podmínek jiných než v mrazicích a chladičích zařízeních je možno pořizovat záznamy teplot i manuálně, minimálně jednou denně, a to v době, kdy je očekáváno, že teplota skladování bude nejméně příznivá.
4. Záznamy teplot na elektronických médiích se zálohují (pokud se zároveň neuchovávají jako výtisk).

Bylo navrženo řešení monitorace teplot pro provozy, v nichž je nutno sledovat stav kontinuálně nebo jen jednou denně, bez nutnosti zaznamenávat hodnoty manuálně a to za využití nástroje Node-RED a průmyslové IoT stavebnice TOWER od české firmy HARDWARIO.



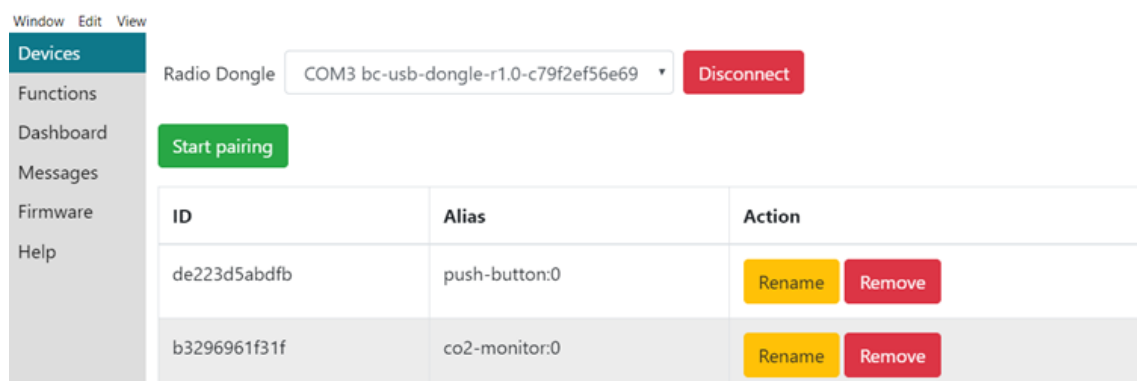
Obrázek 12.1: Blokové schéma použitého hardwaru, jeho komponent a forma komunikace

První část se skládala z přípravy zvoleného hardwaru, tedy Core Module a sady pod názvem CO2, aktuálně již vylepšenou verzi lze nalézt pod označením Clime

XL. Blokové schéma jednotlivých součástí sestavy TOWER pro snímání teploty, barometrického tlaku, nadmořské výšky, vzdušné vlhkosti a CO₂ se nachází na obrázku 12.1. Následovala instalace a spuštění aplikace HARDWARIO Playground, kterou lze bezplatně získat na stránkách HARDWARIO a je postavená na prostředí Node-RED. Aplikace umožňuje párování sestav, nahrávání firmware a programování funkcí IoT stavebnice HARDWARIO TOWER. Podporuje operační systémy Windows, Ubuntu a macOS.

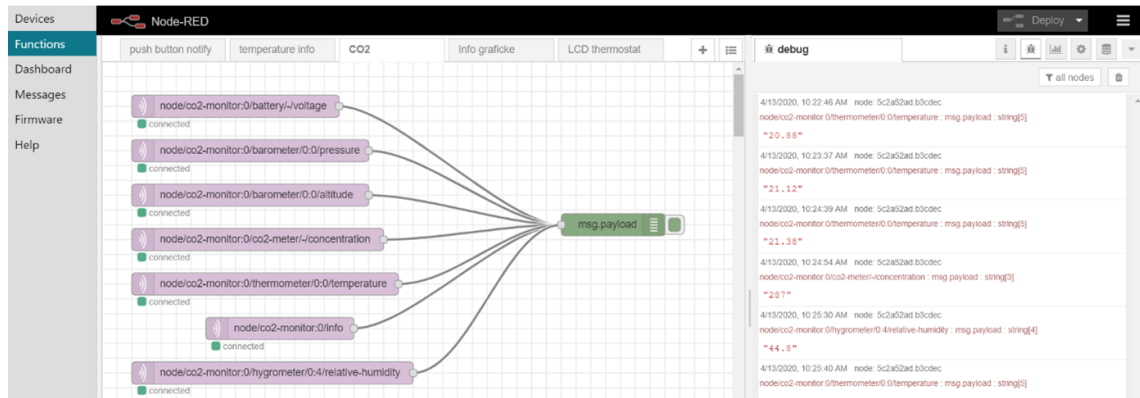
Po sestavení hardwaru byl připojen Core Module k počítači pomocí mikro USB a otevřena aplikace Playground. Vlevo se zobrazila nabídka a byla vybrána záložka Firmware. V horní liště bylo zvoleno *bigclownlabs/bcf-radio-co2-monitor*. Na liště zařízení následně vybrán Core Module. V nabídce zařízení se zobrazil *COM3 bc-usb-dongle* a *COM9 bc-core-module*. Číslo COM není relevantní a závisí na portu USB v počítači. Stiskem červeného tlačítka se spustil Flash firmware. Po úspěšném nahrání firmware se zobrazí zpráva. Poté lze sadu CO₂ odpojit od počítače a pokračovat na kartu Devices (zařízení).

Na kartě Devices nastavíme připojení Dongle (hardwarového klíče) ke Core modulu pomocí rádiové komunikace. Ke spuštění je nutno stisknout zelené tlačítko Connect. Cílem bylo, aby se ve sloupci Alias zobrazil název *co2-monitor;0*. Pro připojení sady CO₂ je nutno otevřít krabičku s hardwarem a vyjmout jednu ze 4 baterií AA. Stiskem zeleného tlačítka Start pairing (spustit párování) na kartě Devices se zahájí proces hledání hardwaru v blízkém okolí. Následné vložení vyjmuté baterie zpět na její místo v hardwaru aktivuje vyslání párovacího signálu k Dongle a umožní propojení. Při správně provedené aktivaci se zobrazí *co2-monitor;0*, jak je vidět na obrázku 12.2. Tímto způsobem je nastaven firmware a rádiová komunikace mezi naší gateway (bránou) a CO₂ Monitor Kit.



Obrázek 12.2: Připojení Radio CO₂ Monitor Kit

Pro vytvoření nového Flow (toku) dojde k přepnutí v levém sloupci na záložku Function (funkce). V levém panelu se nacházejí Nodes (uzly). V tomto případě stačí vědět, že funkce se skládá ze 7 uzlů MQTT a jednoho uzlu Debug, viz obrázek 12.3. Do toku byl vložen kód pomocí Menu a Import. Následné vizuální zobrazení se nachází na záložce Flow.



Obrázek 12.3: Sestavení funkce a výpis MQTT zpráv

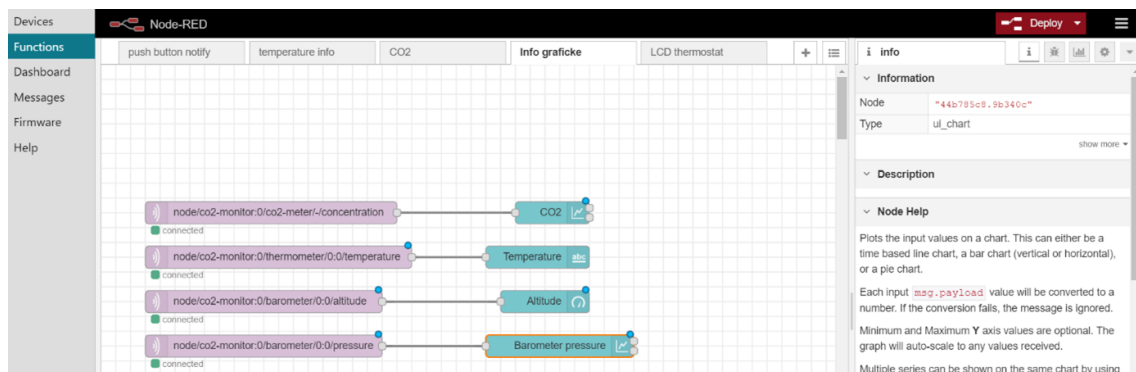
Funkce se spustí stisknutím tlačítka Deploy. Když otevřeme Debug kartu (ladění), budeme moci vidět všechny zprávy MQTT. Jednotlivé zprávy jsou umístěny v pravém sloupci na obrázku 12.3. Zkratka MQTT znamená MQ Telemetry Transport. Jedná se o Publish/Subscribe, jednoduchý a odlehčený protokol pro zaslání zpráv, který je určen pro zařízení s omezenou kapacitou a sítě s malou šířkou pásma, vysokou latencí nebo nespolehlivostí. Zásady návrhu spočívají v minimalizaci šířky pásma sítě a požadavků na zdroje zařízení a zároveň se snaží zajistit spolehlivost a určitý stupeň jistoty doručení. Ukazuje se, že tyto principy také činí protokol ideálním pro vznikající svět připojených zařízení machine-to-machine (M2M) nebo internet věcí a pro mobilní aplikace, kde je šířka pásma a energie baterie na prvním místě. Protokol MQTT vynalezli Dr. Andy Stanford-Clark ze společnosti IBM a Arlen Nipper ze společnosti Arcom (nyní Eurotech) v roce 1999.

MQTT V5.0 a V3.1.1 jsou standardy OASIS. Verze V3.1.1. byla rovněž ratifikována organizací ISO. MQTT podporuje bezpečnostní šifrování. Standardní porty pro použití MQTT:

- Port TCP/IP 1883 je registrován u Internet Assigned Numbers Authority pro použití s MQTT.
- Port TCP/IP 8883 je registrován pro použití MQTT přes SSL.

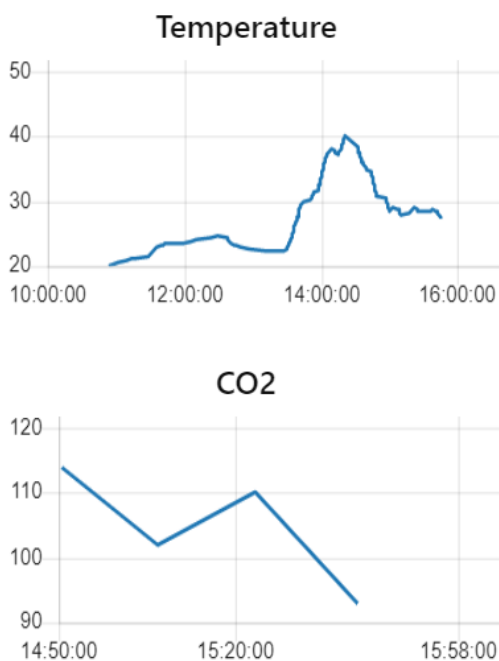
Příprava grafických výstupů pro naměřená data proběhla po otevření další záložky nového Flow stiskem ikony plus na horní liště. Připravily se 4 uzly MQTT a 4 uzly dashboardu, jak je vidět na obrázku 12.4. V nabídce si lze vybrat z různých druhů grafických vizualizací naměřených dat, např. text, měřítko, graf a další.

Kliknutím na první MQTT node se otevře nové okno s nastavením uzlu. Do pole Topic (téma) se vkládá zkopírovaný text z uzlu MQTT z prvního toku nebo lze otevřít kartu Messages (zprávy). Tam se nachází zpráva o koncentraci CO₂. Před zprávou je malá ikona sešitu, po stisku se požadovaný Topic zkopíruje do schránky a je následně vložen do kolonky Topic v otevřeném nastavení MQTT uzlu. Změny se potvrzují tlačítkem Done (hotovo). Stejný postup platí pro přidání 3 uzlů MQTT.



Obrázek 12.4: Nastavení grafických výstupů naměřených dat

Vybrané grafické zobrazení lze upravovat rozkliknutím uzlu, lze nastavit Label (popisek) a nastavit vlastnosti grafu. Posledním krokem je propojení jednotlivých uzlů MQTT s jejich grafickou vizualizací. Grafy a vybrané vizualizace se zobrazí na kartě Dashboard. Dashboard je k prohlédnutí na obrázku 12.5.



Obrázek 12.5: Grafický výstup z monitorace prostředí

12.3 Node-RED na localhost:1880

Pro zobrazení výstupů měření bez použití HARDWARIO Playground je potřeba splnit několik předpokladů. Prvním z nich je nainstalovaný OS Windows. Mnoho vývojářů a hobby programátorů si instaluje takzvaný subsystém Windows pro Linux, zkráceně WSL. Při použití WSL není nutné řešit virtualizaci, vše běží přímo ve Windows a vypadá jako běžné programy a procesy. Přesto se jedná o plnohodnotný systém Linux, který nezasahuje do OS Windows. V tomto případě je třeba pracovat s nástroji:

1. Windows Subsystem for Linux
2. Ubuntu nebo jiná distribuce Linuxu.
3. MQTT Broker
4. Node-RED

Při instalaci WSL je vhodné povolit WSL užitím GUI, grafického uživatelského rozhraní, pro aktivaci funkcí systému Windows. Dále je nutné spustit prostředí PowerShell jako správce a nainstalovat Ubuntu z obchodu Microsoft Store (doporučeno). Spustit terminál Ubuntu na WSL lze prostřednictvím dlaždice aplikací v nabídce Start systému Windows. Následuje instalace balíčků Ubuntu a aktualizace na nejnovější verzi. Instalace Mosquito MQTT Broker vyžaduje Server Ubuntu 18.04 s přístupem root a otevřeným portem TCP:1883 na firewallu. Instalace se provádí pomocí série příkazů, tak jako instalace Node-RED.

Pro aktualizaci nainstalovaných balíčků byl zadán příkaz `sudo apt-get update`. Sudo znamená SuperUser DO. Každý příkaz začínající na sudo vyžaduje zadání hesla. Heslo a jméno bylo vytvořeno během instalace Ubuntu. Proces aktualizace trvá několik sekund a výsledek je vidět na obrázku A.1. Pro rozběh procesu je nutné otevřít HARDWARIO Playground a připojit Dongle k sadě CO2. Následně aplikace běží pouze na pozadí. V Ubuntu byl zadán další příkaz `node-red`. Zobrazená informace v posledním řádku musí hlásit: *Connected to broker a adresa*. Na obrázku 12.6 je vidět, že se v konzoli objevila hlášení: *Connection failed to broker*. To bylo způsobeno tím, že Dongle nebyl připojen pro rádiovou komunikaci. Po otevření prohlížeče byla do adresního řádku zadána adresa <http://localhost:1880>. V prohlížeči se při úspěšném připojení otevře aplikace Node-RED, což lze vidět na obrázku 12.7. V něm se nachází vytvořený Flow. Zde lze vytvářet nové toky a upravovat ty staré. Node-RED není závislý na internetovém prohlížeči. V internetovém prohlížeči funguje Node-RED stejně jako v HARDWARIO Playground. Stisknutím tlačítka Debug se otevře okno s odeslanými zprávami. Zobrazují se hodnoty barometrického tlaku, nadmořské výšky, teploty a CO2. Tímto způsobem lze pracovat v Node-RED ať už v upravené verzi HARDWARIO Playground nebo v prohlížeči, sbírat data ze senzorů a dále je vyhodnocovat.

```
Select kinscem@DESKTOP-JVMP2IA: ~
kinscem@DESKTOP-JVMP2IA:~$ node-red
16 Apr 12:42:54 - [info]

Welcome to Node-RED
=====

16 Apr 12:42:54 - [info] Node-RED version: v1.0.3
16 Apr 12:42:54 - [info] Node.js version: v8.10.0
16 Apr 12:42:54 - [info] Linux 4.4.0-18362-Microsoft x64 LE
16 Apr 12:42:54 - [info] Loading palette nodes
16 Apr 12:42:55 - [info] Settings file : /home/kinscem/.node-red/settings.js
16 Apr 12:42:55 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
16 Apr 12:42:55 - [info] User directory : /home/kinscem/.node-red
16 Apr 12:42:55 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
16 Apr 12:42:55 - [info] Flows file : /home/kinscem/.node-red/flows_DESKTOP-JVMP2IA.json
16 Apr 12:42:55 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
16 Apr 12:42:55 - [warn]

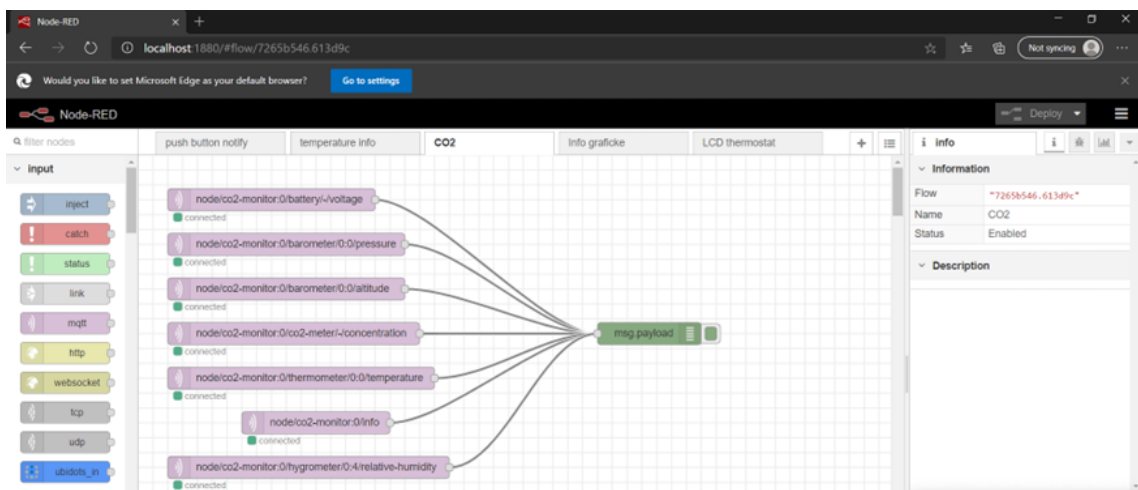
-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
your settings file. Node-RED will then re-encrypt your credentials
file using your chosen key the next time you deploy a change.
-----

16 Apr 12:42:55 - [info] Starting flows
16 Apr 12:42:55 - [info] Started flows
16 Apr 12:42:55 - [info] [mqtt-broker:eba4691d.5c9f58] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:42:55 - [info] [mqtt-broker:cb089523.f84088] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:10 - [info] [mqtt-broker:eba4691d.5c9f58] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:10 - [info] [mqtt-broker:cb089523.f84088] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:25 - [info] [mqtt-broker:eba4691d.5c9f58] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:25 - [info] [mqtt-broker:cb089523.f84088] Connection failed to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:40 - [info] [mqtt-broker:eba4691d.5c9f58] Connected to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
16 Apr 12:43:40 - [info] [mqtt-broker:cb089523.f84088] Connected to broker: mqtt://127.0.0.1:1883
```

Obrázek 12.6: Spuštění Node-RED v příkazové řádce



Obrázek 12.7: Spuštěný Node-RED na <http://localhost:1880>

13 Rizika nástrojů pro bezkódové programování

S ohledem na prostředí nemocničního IT je nutné uvést nejen výhody nástrojů, které demokratizují programování, poskytují efektivní nástroje pro práci s daty a umožňují automatizovat opakující se činnosti, nýbrž i rizika, která s sebou tyto nástroje přináší.

Velkým pojmem v této oblasti je tzv. shadow IT, v češtině stínové IT. To znamená, že je používán hardware či software v rámci firmy, o němž IT firmy neví a může tedy potenciálně ohrožovat bezpečnost instituce. Primární růst shadow IT započal s rychlým zaváděním cloudových služeb. Uživatelé, zaměstnanci, začali stahovat a používat aplikace a služby z cloudu, které jim pomáhají při práci. Především aplikace s podporou OAuth jsou pohodlné, protože využívají stávající přihlašovací údaje. Zahrnují však také oprávnění k přístupu k informacím v hlavní aplikaci, jako G Suite nebo Microsoft 365. Tato oprávnění zvyšují riziko útoků a mohou být využita k přístupu k citlivým datům z nástrojů pro sdílení souborů a komunikaci. Aplikace s podporou OAuth komunikují mezi cloudy, takže nezasahují do firemní sítě. Pro mnoho organizací představují slepé místo [65, 66].

Dále je zde riziko ztráty procesu s odchodem zaměstnance, autora. Pokud je vytvořen proces jedním zaměstnancem, který má k přístupu a tvorbě procesů pracovní účet je nutné před zrušením účtu a odchodem zaměstnance jím vytvořené procesy převést na jiného zaměstnance. Tím se předejde nevratné ztrátě vytvořeného procesu. Proces se nemusí ztratit, může dokonce běžet po nějakou dobu sám od sebe, bez přístupových práv, která v době nutného zásahu však již nebudou fungovat, činí z dříve užitečného procesu proces nežádoucí.

Rizikem je i nedodržení stanovených regulací, např. nevhodná úložiště, nedostatečné provádění záloh a následně, z toho plynoucí, nežádoucí události.

Se shadow IT i rizikem ztrát procesů s odchodem zaměstnance souvisí především nedostatek nástrojů pro evidenci a centrální kontrolu.

14 Komunikační IoT terminál

Komunikační IoT terminál byl navržen pro usnadnění a urychlení komunikace mezi zdravotnickými profesemi a biomedicínskými techniky i inženýry v rámci bakalářské práce s názvem *Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi osobou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby*. Praktická část bakalářské práce popisovala hardwarové součásti navrhovaného prototypu. Zabývala se podmínkami kladenými na hardware z pohledu kvality a bezpečnosti. Byla vybrána základní deska plošných spojů s označením CHESTER-M, osazená komunikačním modulem pro NB-IoT, a k ní použita druhá deska plošných spojů s označením CHESTER-Z. CHESTER-Z je osazen tlačítky a Li-Ion článkem. Bezdrátová komunikační síť NB-IoT byla vybrána pro své široké pokrytí a vysokou kvalitu signálu. Aplikační část prototypu pracuje na HARDWARIO Cloud. Do cloudového úložiště přicházejí zprávy z desky CHESTER-M. V HARDWARIO Cloud byl vytvořen callback, který se propojil se SW konektorem v Power Automate pomocí protokolu HTTPS metodou GET. Tím byla vytvořena URL cesta pro zasílanou zprávu až do M365. V Power Automate byla vytvořena logika zaslání zprávy, tzn. po stisku kteréhokoli ze 4 tlačítek byla zaslána zpráva o poruše jednoho přístroje do Microsoft Teams do chatu založené skupiny OZT (oddělení zdravotní techniky). Pro účely této práce byla použita licence M365 s administrátorským účtem a dvěma účty, které zastupují fiktivní zaměstnanci fiktivní Nemocnice Horní Dolní Lhota.

Jedním z cílů této práce je rozšířit komunikační IoT terminál o nové, zejména uživatelské funkce. Prototyp komunikačního IoT zařízení navržený během bakalářské práce nevyužil plného potenciálu, který technologie a platforma nabízí. Velmi cennou, však v bakalářské práci opomenutou, možností je využití tlačítek. Ty jsou na navrženém prototypu ve verzi čtyř kusů. Dle verze osazení se lze setkat s jedním až pěti tlačítky. Tlačítko má softwarově přiřazeny dvě funkce, každá z funkcí má jedinečný identifikátor. První funkce je krátký stisk, kdy se tlačítko po stisku podsvítí zeleně a vydá zvukový signál o odeslání zprávy. Druhou funkcí je stisk dlouhý, kdy se tlačítko po pěti vteřinách stisku podsvítí červeně a opět vydá zvukové potvrzení o odeslání zprávy. V navržené verzi prototypu komunikačního zařízení pracujeme s variantou se čtyřmi tlačítky. S tímto sestavením lze odesílat zprávu o poruše až osmi zdravotnických prostředků či jejich periférií. Periferií je myšlena kterákoli nezbytná součást zdravotnického prostředku, která se ovšem prodává samostatně a má jedinečné výrobní číslo. Rovněž se jedná o doplňky, které jsou kompatibilní k více přístrojům a bývají přesouvány. Příkladem z praxe může být ultrazvukový přístroj, který je doplněn o vyšetřovací ultrazvukové sondy. Vyšetřovací sondy jsou naku-povány na oddělení dle zamýšleného účelu použití. Kardiologie si žádá jiný druh

ultrazvukových vyšetřovacích sond než gynekologie či gastroenterologie. Tyto sondy bývají však kompatibilní s ultrazvukovými přístroji téhož výrobce. Mnohdy bývají na jednom ultrazvukovém přístroji lékaři k dispozici více než dvě různé vyšetřovací sondy. Pro účely této práce je např. ultrazvuková sonda zařazena v kategorii periferie zdravotnického přístroje.

Na odděleních, pro která je prototyp komunikačního IoT terminálu navržen, tzn. pro jednotky intenzivní a resuscitační péče, operační sály a oddělení, kde je nezbytný nepřetržitý provoz zdravotnických prostředků, se obvykle u jednoho patientského lůžka nachází několik život podporujících či zachraňujících zdravotnických prostředků. V takovém prostředí je nevhodné instalovat ke každému ze zdravotnických prostředků vlastní komunikační IoT terminál. Mnohem praktičtějším řešením je jeden komunikační IoT terminál pro jedno patientské lůžko a k němu náležící zdravotnické prostředky, případně jeden komunikační IoT terminál pro jeden celý pokoj s několika patientskými lůžky. Tato koncepce umožní hlásit až osm poruch pro osm zdravotnických prostředků z jednoho, pro personál dobře dostupného, místa stiskem tlačítka.

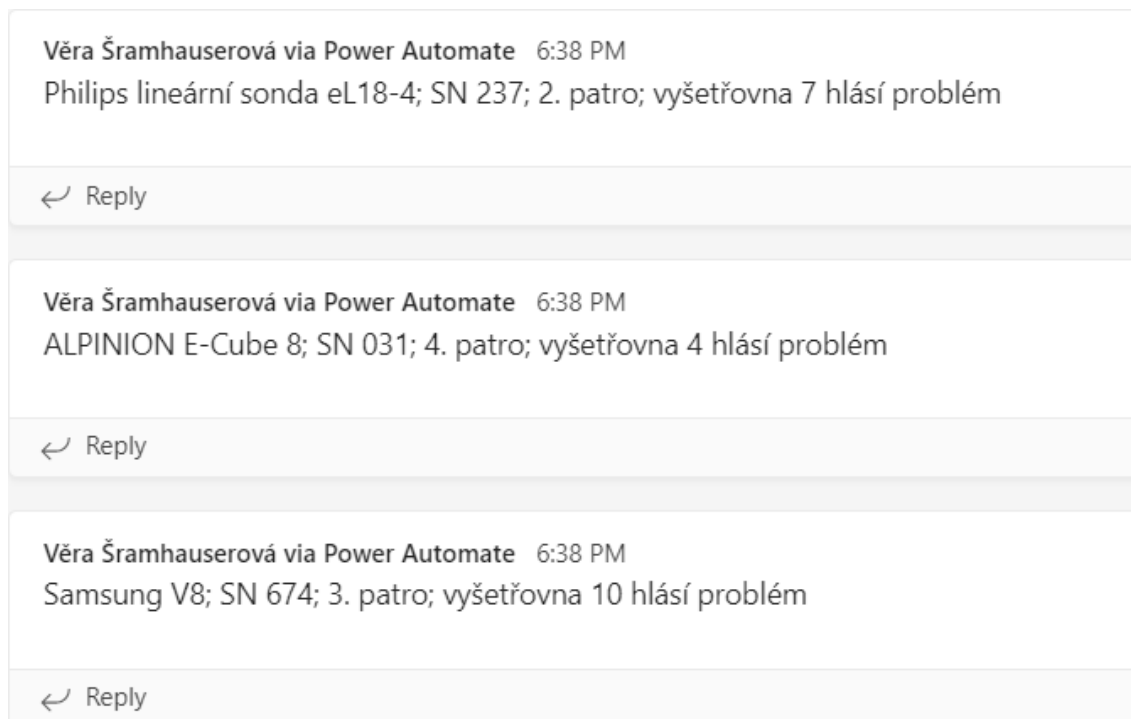


Obrázek 14.1: Vzhled komunikačního IoT zařízení po provedených úpravách

Tento koncept, kdy jeden komunikační IoT terminál bude schopen hlásit poruchu na zdravotnických přístrojích z jednoho patientského pokoje/patientského lůžka

usnadní zdravotníkům hlášení poruch jednotlivých zdravotnických přístrojů a zároveň bude šetřit pořizovací náklady na komunikační IoT zařízení.

Aby bylo možno tento koncept uvést do provozu, bylo nutno vytvořit novou logiku zaslání zprávy o poruše od zdravotní sestry/sanitáře/lékaře do skupiny na Microsoft Teams pro biomedicínské techniky/inženýry.

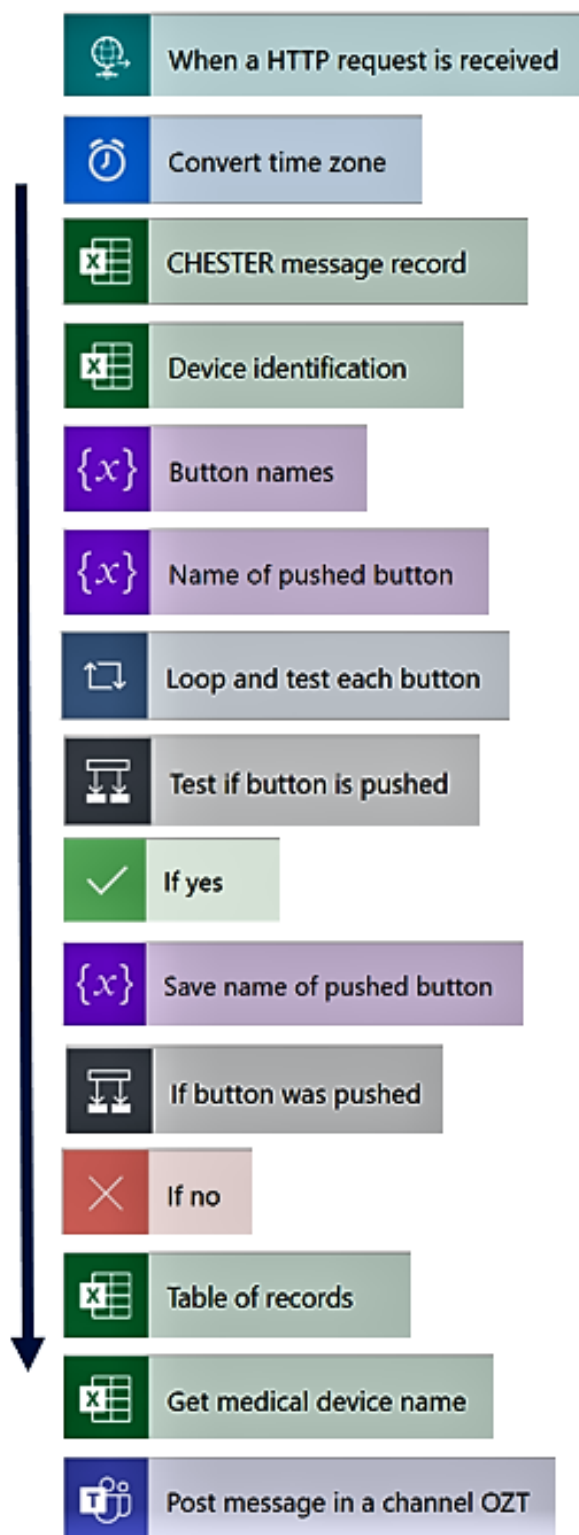


Obrázek 14.2: Zpráva o poruše zasláná do Microsoft Teams

V prostředí účtu M365 byla vybrána aplikace Power Automate. V něm byl založen nový tok (Flow), jehož schéma se nachází na obrázku 14.3. Toto Flow začíná propojením HARDWARIO Cloud callback se softwarovým konektorem pomocí protokolu HTTPS metodou GET. Tento konektor se označuje *When a HTTP request is received*, obrázek A.2. Pomocí tohoto konektoru se vytvořila URL cesta pro zasílanou zprávu až do prostředí Microsoft 365. Dalším konektorem, nikoli nezbytným, ale užitečným, je *Convert time zone*, obrázek A.3. Zde byla nastavena časová zóna pro Českou republiku, která se následně zobrazuje i v záznamu o zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku či jeho periferie. Tento záznam o zaslání zprávy stiskem vybraného tlačítka se ukládá do excelové tabulky a pracuje s ním konektor s názvem *CHESTER message record*, obrázek A.4. V tomto konektoru jsou převzaty stavy všech tlačítek, přesněji jejich identifikační kódy a zaznamenány booleovské hodnoty TRUE při stisku tlačítka a FALSE pro všechna nestisklá tlačítka. Následující konektor s názvem *Device identification* je opět Excelová tabulka, která pracuje s uloženými daty a identifikačním číslem zařízení CHESTER, komunikačního IoT terminálu, obrázek A.5. V následujícím konektoru *Button names* bylo vytvořeno pole (Array) názvů tlačítek pro krátký i dlouhý stisk,

obrázek A.6. Konektor *Name of pushed button* ukládá jako řetězec (String) proměnnou název tlačítka *pushedButton*, které bylo stisknuto, obrázek A.7. Pro testování, které ze čtveřice tlačítek bylo stisknuto, aby mohl být přiřazen soubor informací o zdravotnickém prostředku správnému tlačítku, byl použit konektor pro smyčku *Loop and test each button*, obrázek A.8. Zde se testují názvy tlačítek v poli, zda jejich booleanská hodnota je TRUE. K tomu slouží v konektoru *Test if button is pushed* funkce *triggerBody()?.[item()]*, obrázek A.9. Pokud splní podmínku, *If yes*, je název tlačítka uložen v konektoru inicializace proměnné *Save name of pushed button*, obrázek A.10. Následuje další konektor *Condition*, (podmínka), která se dívá, zda je řetězec *pushedButton* prázdný. Je označen *If button was pushed*, obrázek A.11. Pokud ne, *If no*, uložil se název tlačítka a nahlíží se do excelové tabulky *Table of records*, obrázek A.12. V tabulce *Get medical device name*, obrázek A.13, se z tabulky *nazvy.pristroju.xlsx*, obrázek A.1, vybere odpovídající název zdravotnického přístroje/periferie a v konektoru *Post message in a channel OZT*, obrázek A.14, je tento název zdravotnického prostředku/periferie vypsán do zprávy o poruše pro BMT či BMI.

Zaslaná zpráva do Microsoft Teams chatu OZT obsahuje název daného zdravotnického prostředku, výrobní číslo SN, patro a číslo vyšetřovny, kde se nachází, jak je vidět na obrázku 14.2. Zasílanou informaci lze libovolně rozšiřovat o výrobní číslo, číslo zdravotnického prostředku přiděleného v databázovém prostředí nemocnice při založení prostředku do evidence, jméno zodpovědné osoby, většinou staniční sestry a například i telefonní kontakt na staniční sestru.



Obrázek 14.3: Tok pro zaslání informace o poruše pomocí IoT terminálu

15 Vývoj aplikace k zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku

Jedním z úkolů, kterým se tato práce zabývá, bylo nalezení řešení k vhodnému doplnění vylepšeného hardwarového IoT komunikačního terminálu o alternativní řešení zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku, které bude na ZP i na IoT terminálu nezávislé. Během diskuze na půdě Institutu klinické a experimentální medicíny (IKEM) vznikl nápad vytvořit aplikaci, která bude schopna přečíst QR kód a následně s informací z QR kódu vhodně naložit.

Nápad na vznik aplikace byl rozvinut a to několika směry, z nichž se pro nasazení do zdravotnického zařízení jeví jako vhodný pouze jeden. První cestou byl vývoj aplikace pro OS Android a iOS samostatně v, k tomu určených, prostředích. Tato cesta se již po zevrubné analýze ukázala finančně a časově nerealizovatelná. Samotné studium vývoje aplikací pro mobilní zařízení OS Android i iOS by bylo vhodným adeptem na doktorandské studium či spolupráci s vývojáři aplikací na obchodní úrovni [67]. Vhodnější cestou se ukázala veřejně a bezplatně dostupná aplikace MIT App Inventor, která se používá k prototypování aplikací, výuce programování i k řešení komplexnějších úloh. Následoval vývoj aplikace v nástroji Power Apps od společnosti Microsoft, který lze považovat za profesionální možné řešení i s ohledem na specifické prostředí poskytovatelů zdravotní péče.

15.1 MIT App Inventor

MIT App Inventor je vizuální programovací prostředí, které umožňuje vytvářet aplikace pro telefony a tablety se systémem OS Android. Částečně tento nástroj podporuje i iOS, ovšem samotné nahrání aplikace do telefonu či tabletu s tímto operačním systémem podporováno není. Programovací prostředí je založeno na blocích usnadňujících tvorbu složitějších aplikací za podstatně kratší dobu než tradiční programovací prostředí pro OS Android. Projekt MIT App Inventor usiluje o demokratizaci vývoje softwaru tím, že umožňuje všem lidem, zejména mladým, přejít od konzumace technologií k jejich tvorbě.

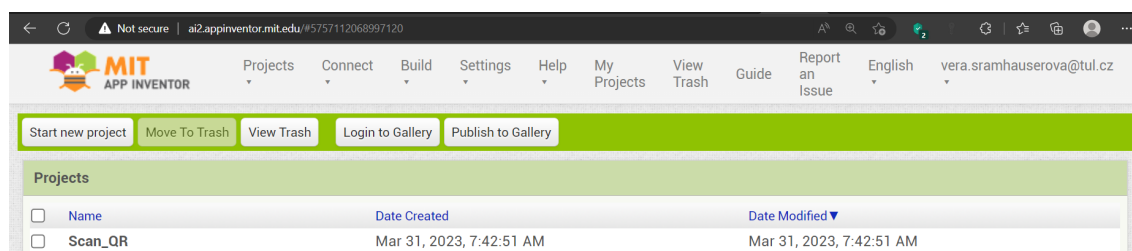
Tým pracovníků a studentů MIT CSAIL pod dohledem profesora Hala Abelsona vede osvětovou činnost v oblasti MIT App Inventor a provádí výzkum jeho dopadů, spravuje bezplatné prostředí pro vývoj aplikací online, které slouží více než 6 milionům registrovaných uživatelů z více jak 195 zemí světa. Vzniklá App Inventor Foundation je nezisková organizace, kterou založili tvůrci App Inventoru z MIT

a Google. Nadace App Inventor Foundation rozšiřuje vzdělávací iniciativy projektu App Inventor o další zdroje pro učitele a studenty po celém světě [68].

15.2 Aplikace v MIT APP inventoru

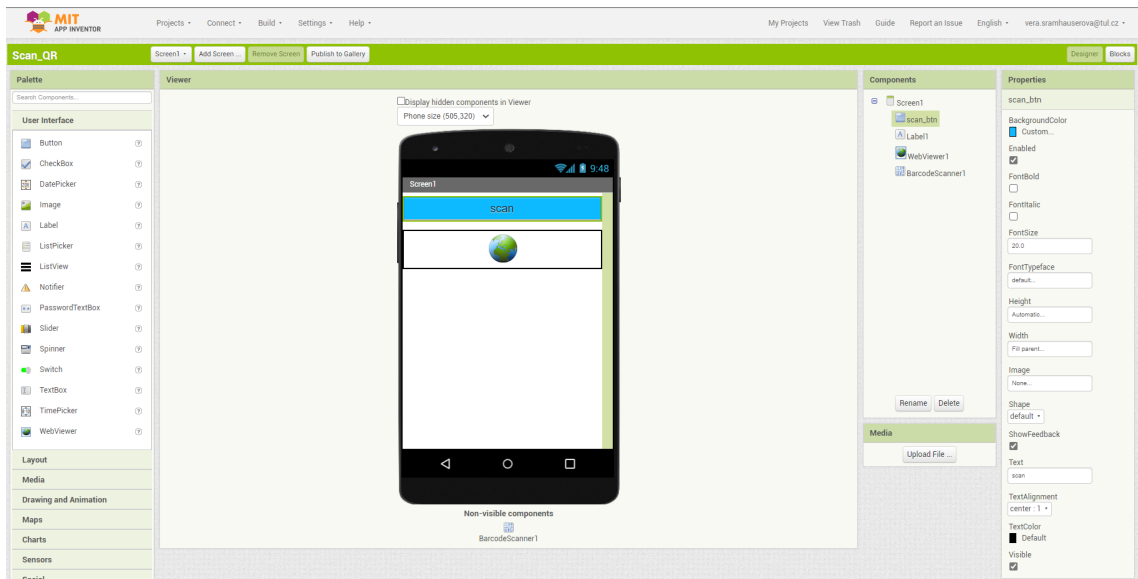
Cílem vývoje aplikace v nástroji MIT App Inventor bylo otestování realizovatelnosti konceptu. Zároveň byla vybrána pro svou dostupnost a jednoduchost.

Po založení účtu na webové stránce <https://appinventor.mit.edu/> a následném přihlášení se zobrazí prostředí s vytvořenými projekty. Jak tato stránka vypadá po zobrazení je možno vidět na obrázku 15.1, kde je samotná aplikace již pojmenovaná *Scan_QR*. Dále se v řádku u projektu zobrazuje datum vývoje a poslední úpravy.



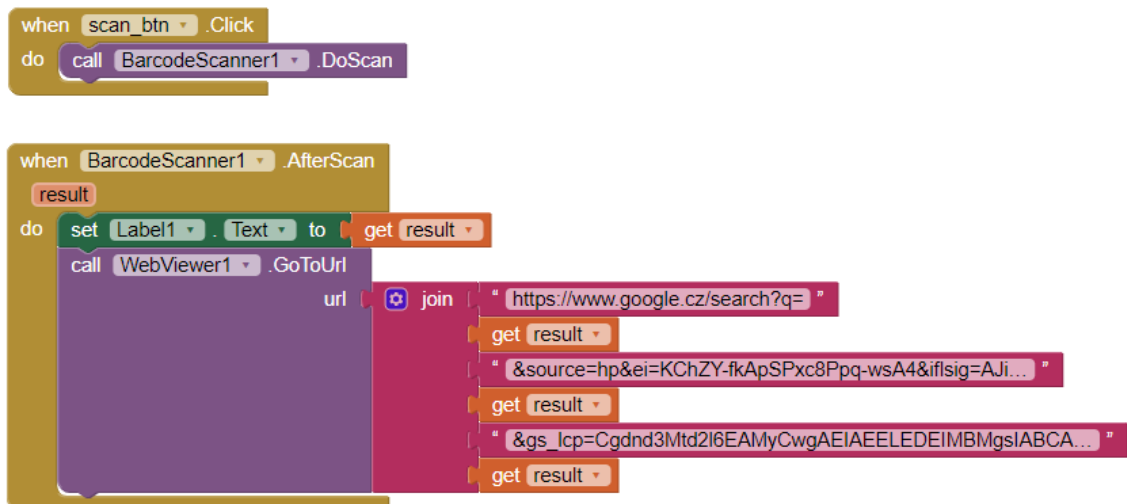
Obrázek 15.1: Stránka s projekty

Po otevření vybraného projektu *Scan_QR* se zobrazí hlavní náhled vzhledu aplikace po stažení, instalaci a otevření v mobilu. Tato záložka se nazývá Designer a je zobrazena na obrázku 15.2. V tomto případě bylo připraveno jedno tlačítko s modrým podbarvením a nápisem *Scan*. O řádek níže je prostor pro vypsání obsahu naskenovaného obsahu QR kódu. Pod ním se nachází příprava pro zobrazení webového prohlížeče.



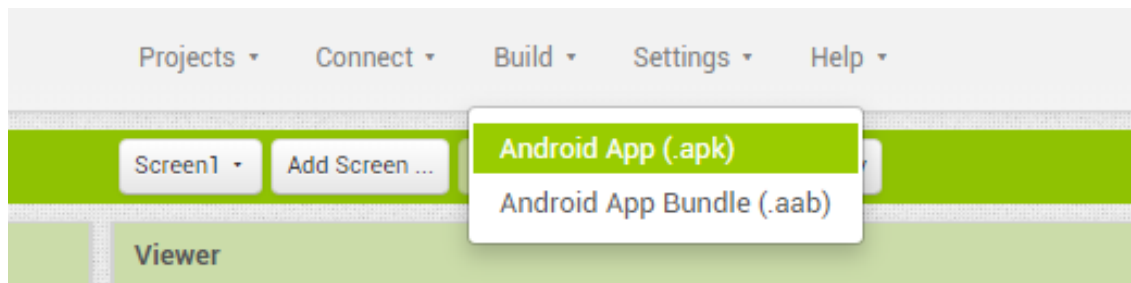
Obrázek 15.2: Okno Designer

Vedle záložky s názvem Designer se nachází záložka Blocks, v níž se pomocí bloků kódu programuje logika a funkce aplikace a její vzhled lze vidět na obrázku 15.3. Pro testovací účely byla naprogramována jednoduchá logika, která po stisku tlačítka *scan* vyvolá funkci *BarcodeScanner1* pro otevření prostředí k načtení QR kódu. Po načtení dat obsažených v QR kódu je požádáno o uložení dat do řádku pro vypsání obsahu s názvem *Label1*. Následně pro ukázkou možnosti zavolat jakoukoli webovou stránku ve webovém prohlížeči byl nastaven odkaz na Google vyhledávání.



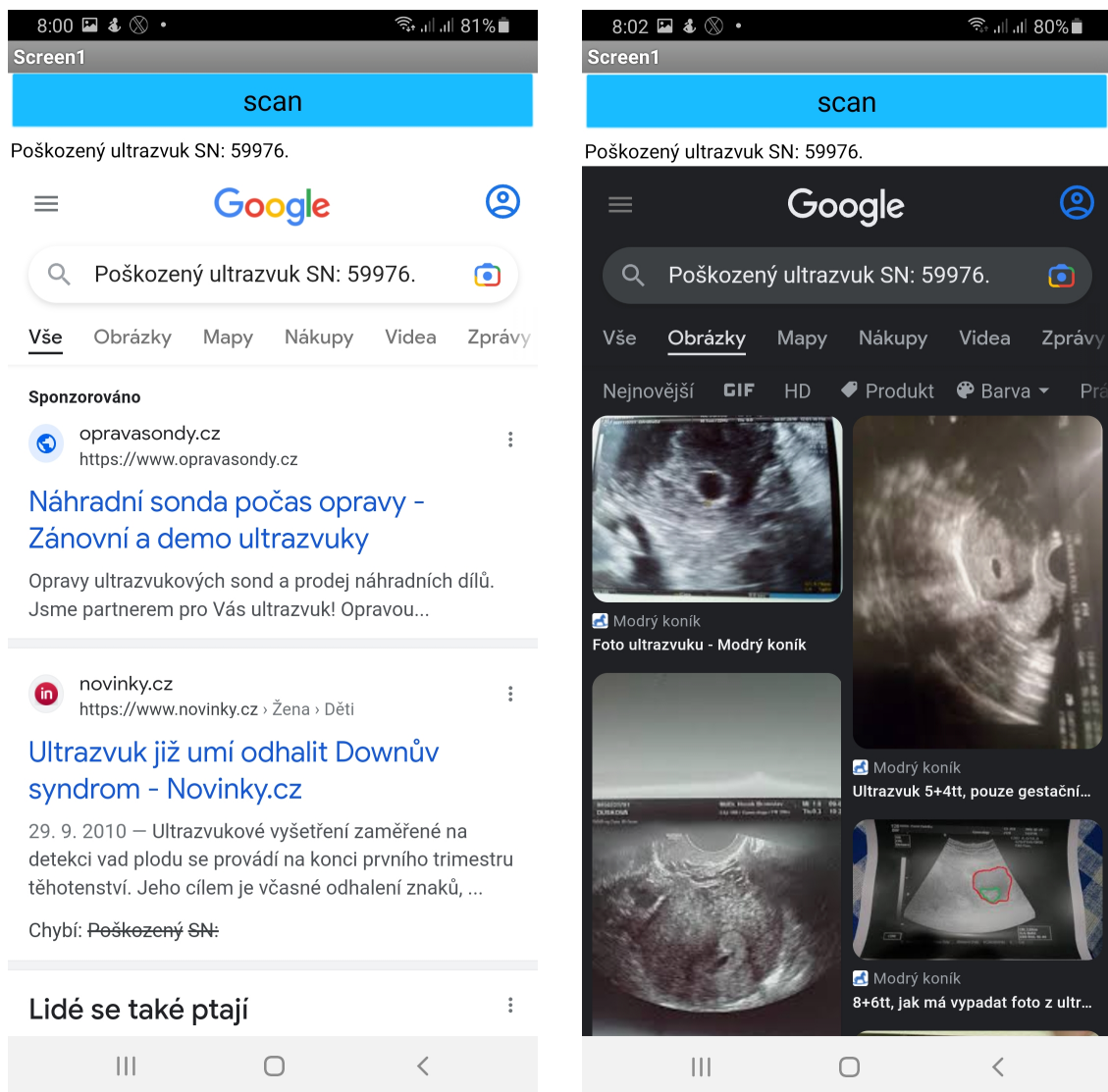
Obrázek 15.3: Kód aplikace v MIT App Inventor

Po kontrole již následoval export vytvořeného scriptu pomocí tlačítka *Build* v horní liště, obrázek 15.4. Zde byla vybrána varianta *Android App (.apk)*. Následovala příprava exportu aplikace a po úspěšném vytvoření se zobrazil QR kód k načtení a varianta ke stažení aplikace do počítače. Vzhled okna si lze prohlédnout na obrázku A.15.



Obrázek 15.4: Sestavení aplikace pro stažení

Pro spuštění stažené verze aplikace je nutné si nainstalovat aplikaci do mobilního zařízení, tabletu, z Obchod Play s názvem *MIT AI2 Companion*. Tato aplikace po otevření nabídne možnost načtení naprogramované aplikace. Tím dojde ke stažení *Scan_QR* do mobilního zařízení. Je nutné povolit instalaci a přístup k fotoaparátu, aby námi vytvořená aplikace pracovala. Po otevření se zobrazí na bílém pozadí modré tlačítko *scan*, které po stisku otevře prostředí pro načtení QR kódu. Následně se vypíše obsah uložený ve skenovaném QR kódu a proběhne vyhledávání obsahu na Google. Výsledky po vypsání a vyhledávání je možno vidět na dvojici obrázků 15.5, kde se vlevo nachází obecné hledání a vpravo vyhledávání obrázků.



Obrázek 15.5: Informace po načtení obsahu QR kódu navrženou aplikací Scan_QR

V prostředí MIT App Inventor proběhlo ověření realizovatelnosti nápadu naprogramovat aplikaci, která je schopna po stisku tlačítka vypsát obsah libovolného QR kódu a následně načtená data zaslat na vybranou URL adresu. V tomto případě pro testovací účely postačilo vyhledávací prostředí Google.

Pro reálné použití je MIT App Inventor omezen nemožností instalace naprogramované aplikace do zařízení s operačním systémem iOS a tudíž jako univerzální nástroj pro naše zadání nepoužitelný. Z téhož důvodu nedošlo k dalším úpravám v kódu pro nastavení zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku.

15.3 Power Apps

Power Apps je prostředí pro vývoj aplikací, soubor služeb a konektorů a datová platforma, která poskytuje prostředí pro tvorbu mobilních, webových aplikací a for-

mulářů. Pomocí Power Apps lze vytvářet vlastní aplikace, které se připojují k datům uloženým buď v základní datové platformě Microsoft Dataverse, nebo v různých online a lokálních zdrojích dat jako je například SharePoint, Microsoft 365, Dynamics 365 a SQL Server.

Power Apps je součástí většího prostředí Microsoft Power Platform. To se skládá z mnoha různých aplikací a nástrojů, ale v současné době jsou nejpoužívanější Power BI, Power Automate, Power Apps a Virtual Agent. Tyto čtyři služby poskytují nástroje pro vedení digitalizujícího se světa, kde je podstatná správa a nakládání s daty a následné nastavování mnoha procesů. Využití služeb Microsoft Power Platform lze rozdělit následovně:

- Power BI se používá pro zobrazení a analýzy dat.
- S daty lze nakládat, upravovat je a tvořit aplikace pomocí Power Apps.
- Automatizovat data je možno pomocí aplikace Power Automate.
- Vytvářet inteligentní virtuální roboty umožňuje nástroj Virtual Agent.
- Práci s webovými stránkami bez klasického programování řeší Power Pages.

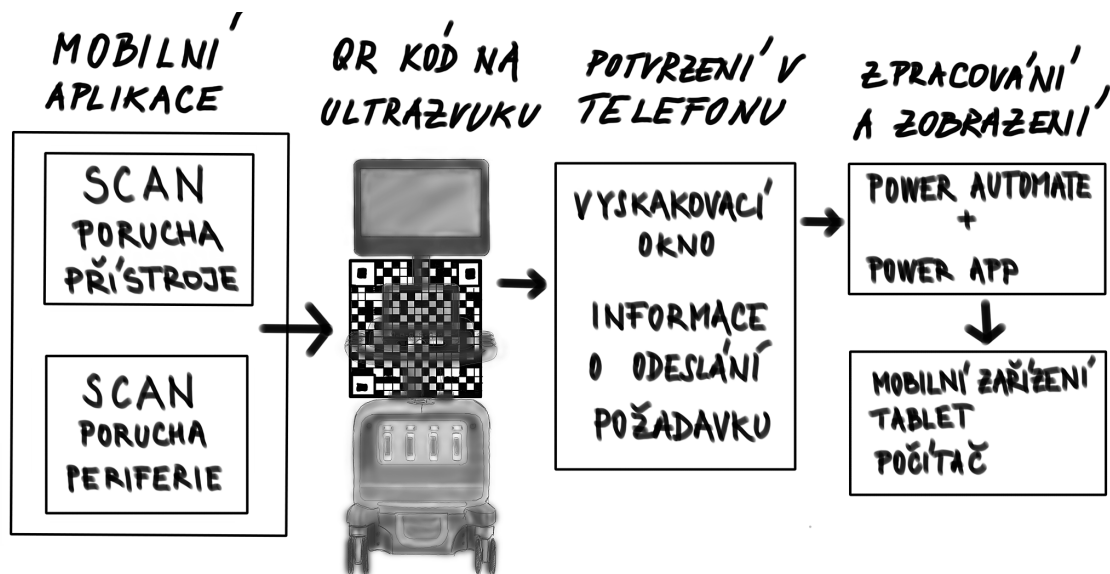
Aplikace vytvořené pomocí Power Apps poskytují rozsáhlé možnosti obchodní logiky a pracovních postupů, které umožňují přeměnit manuální obchodní operace na digitální, automatizované procesy. Aplikace vytvořené pomocí Power Apps mají navíc responzivní design, což znamená, že mohou bezproblémově fungovat v prohlížeči i na mobilních zařízeních, tj. v telefonu nebo tabletu. Power Apps patří do kategorie demokratizace tvorby aplikací tím, že umožňují uživatelům vytvářet funkčně bohaté, vlastní aplikace bez nutnosti psát kód.

Power Apps rovněž poskytují rozšíření, která umožňují profesionálním vývojářům programově pracovat s daty a metadaty, aplikovat obchodní logiku, aplikovat logiku na straně klienta pomocí JavaScriptu, vytvářet vlastní konektory a integrovat s externími daty. Správci Power Apps mohou používat centrum pro správu Power Platform <https://admin.powerplatform.microsoft.com>, kde mohou vytvářet a spravovat prostředí, zobrazovat analýzy Dataverse a v reálném čase získávat doporučení a podporu pro aplikace Power Apps a Power Automate.

Když se Power Apps dostaly na trh, vývojáři je považovali za základní nástroj pro uživatele s různou úrovní technických znalostí. Byla to především platforma pro návrh aplikací zaměřená na to, aby uživatelé mohli vytvářet interaktivní aplikace pro různé obchodní nebo osobní scénáře. Platforma se však ujala a důkazem jejího úspěchu je schopnost poskytnout i profesionálním vývojářům plnohodnotný nástroj k řešení běžných úkolů vytvořením aplikace [69, 70, 71].

15.4 Aplikace v Power Apps k zaslání informace o poruše ZP

V prostředí MIT App Inventor byl vytvořen proof-of-concept aplikace. Následně bylo nutné sestavit výslednou aplikaci v profesionálním nástroji. Schématické znázornění fungování aplikace a přenosu informace o poruše zdravotnického přístroje se nachází na obrázku 15.6. Power Apps bylo vybráno z několika důvodů. Prvním byla snazší implementace s nástroji, které byly použity v bakalářské práci a tím je především myšleno Power Automate, které stojí za logikou a funkcemi aplikace. Dalším neopomenutelným důvodem je zaručená funkčnost nezávisle na operačním systému, ať bude aplikace stažena do mobilního zařízení s OS Android či iOS, bude se jednat o plnohodnotnou verzi. Neméně důležitým důvodem je bezpečnost platformy. Microsoft 365 obsahuje řadu funkcí pro zabezpečení dat a ochranu před hrozbami, mimo jiné splňuje HIPAA. HIPAA znamená Health Insurance Portability and Accountability Act z roku 1996. Jedná se o soubor amerických zdravotnických zákonů, které stanovují požadavky na používání, zveřejňování a ochranu individuálně identifikovatelných zdravotnických dat. Společnost Microsoft dodržuje předpisy HIPAA a HITECH Act, jako obchodní partner dodržuje požadavky bezpečnostních pravidel HIPAA2. Posledním důvodem pro výběr je skutečnost, že tvorba aplikací Power Apps je dostupná zdarma. Ke spuštění aplikací vytvořených pomocí Power Apps je zapotřebí licence, kterou však získá uživatel v rámci M365 [72].



Obrázek 15.6: Schématické zobrazení přenosu informace pomocí aplikace

Pomocí aplikace Power Apps je možno vytvářet tři typy aplikací: plátno (Canvas), modelové aplikace (Model-driven) a portálové aplikace (Portal). Pro vytvoření aplikace je nutné se přihlásit na stránce make.powerapps.com.

Po přihlášení do prostředí Power Apps se zobrazila základní stránka,

obrázek A.16. Zde si může uživatel vybrat, který typ aplikace chce vytvořit, zdali chce použít již některou z často užívaných šablon a na kterém úložišti aplikace bude pracovat. Pod záložkou vytvořit (Create) se v levém sloupci nachází praktická záložka učít se (Learn). Snímek prostředí se nachází v přílohách na obrázku A.17. Pod touto záložkou se nachází mnoho postupů, praktických rad a ukázkových řešení často řešených požadavků. Pod záložkou Learn se nachází podstatná záložka aplikace (Apps). Zde se nachází seřazené všechny vytvořené aplikace, jejich název, poslední datum úpravy, majitel a typ. Na obrázku 15.7 jsou výše vyjmenované sloupce k prohlédnutí.

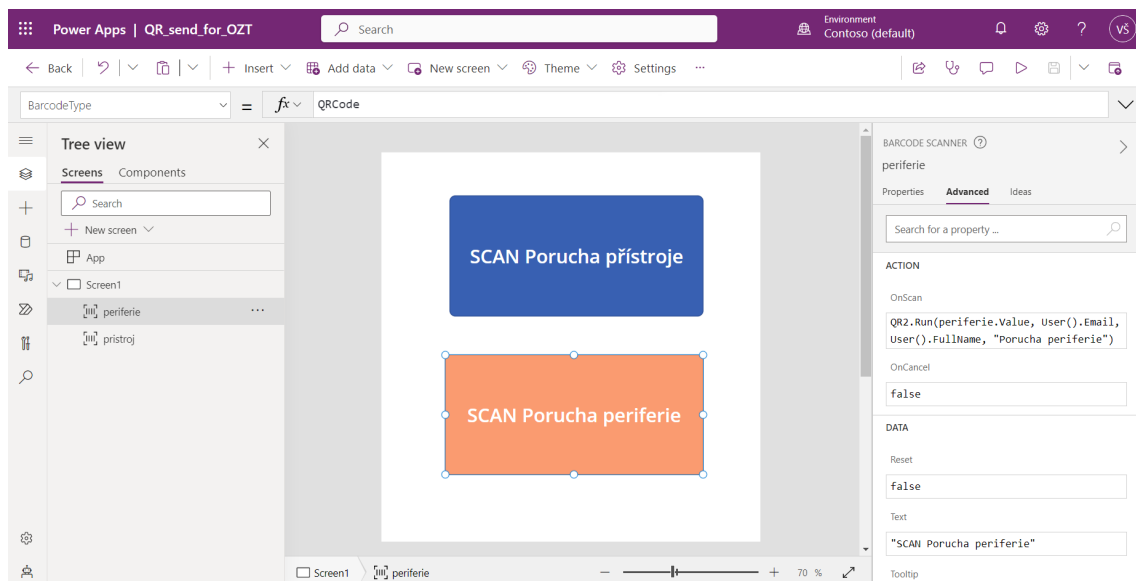
Name	Modified	Owner	Type
QR_send_for_OZT	1 mo ago	Věra Šramhauserová	Canvas
QR1	11 mo ago	Věra Šramhauserová	Canvas
Solution Health Hub	11 mo. ago	SYSTEM	Model-driven

Obrázek 15.7: Seznam vytvořených aplikací v prostředí Power Apps

Na prvním řádku se nachází aplikace s označením *QR_send_for_OZT*. Tato aplikace je výstupem celého návrhu řešení k vhodnému doplnění vylepšeného hardwarového IoT komunikačního terminálu o alternativní způsob zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku, které bude na ZP i na IoT terminálu nezávislé.

Po otevření aplikace se dostanete do prostředí pro vývoj a editaci aplikace, viz obrázek 15.8. Vyvinutá aplikace vznikla pomocí tlačítka Create a následně výběrem prázdná aplikace (Blank app). Aplikace je typu Canvas o jedné obrazovce. V levém sloupci v editoru je vidět stromová struktura (Tree view). V Tree view lze přidávat obrazovky, na *Screen1* jsou vloženy dva obdélníky. Každý z obdélníků představuje jedno virtuální tlačítko pro hlášení poruchy. Vzhledem k častému výskytu poruch nikoli přístrojů, ale jejich periférií, jako jsou sondy, obrazovky, podložky či dobíjecí baterie, bylo přidáno samostatné tlačítko pro tyto případy. První, modře podbarvené tlačítko je označeno *SCAN Porucha přístroje*, druhé, oranžově podbarvené nese označení *SCAN Porucha periferie*. Při výběru virtuálního tlačítka se v pravém sloupci otevřou možnosti úprav. První záložka umožňuje nastavení vlastností (Properties). Zde se volí základní nastavení jako je barva a velikost textu, barva pozadí, text samotný a pozice jednotlivých obrazců. Vedle Properties se nachází další, podstatná, záložka pokročilé nastavení (Advanced). V poli akce (Actions) je nastaveno, co má aplikace provést po načtení obsahu QR kódu. Pro zjednodušení lze říci, že se jedná o odkaz na Power Automate, kde následně probíhají další činnosti k přenosu informace až k biomedicínskému technikovi/inženýrovi.

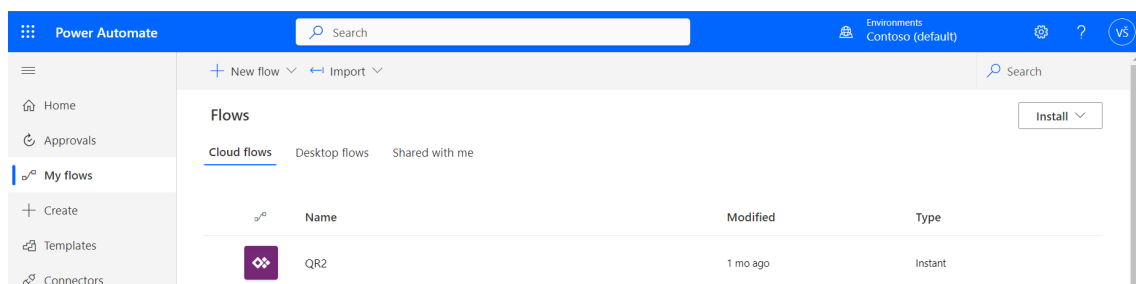
Nad Tree view se nachází rozbalovací menu, kde je možno přiřazovat funkci. V tomto případě byla oběma obdélníkům přiřazena funkce *BarcodeType = QRCode*. V rámci Power Apps je možno zvolit si z několika formátů QR kódu. V posledním kroku došlo k uložení finálního nastavení a následoval vývoj struktury přenosu informace v Power Automate.



Obrázek 15.8: Prostředí pro vývoj aplikace s finálním vzhledem uživatelských tlačítek

V Power Apps byl nastaven vzhled, uživatelské prostředí, cesta pro přenos dat od načtení QR kódu až k odkazu na tok *QR2* v Power Automate.

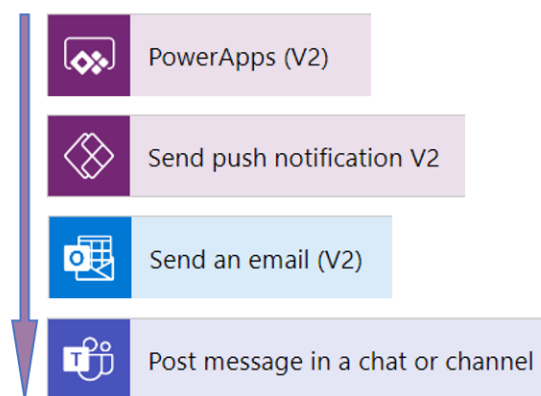
Pro vytvoření toku pro přenos načtené informace byla zvoleno prostředí Power Automate. Ze základní plochy (Home) se přešlo v levém sloupci do záložky mé toky (My flows). Zde se v horní liště vybrala možnost přidat nový tok (New flow). Nový tok je označen *QR2* na obrázku 15.9. Po otevření nového Flow byla vytvořena struktura toku informace o poruše. K tomu byly vybrány čtyři komponenty. Celé schéma toku se nachází na obrázku 15.10. První z nich je komponenta s názvem *PowerApps (V2)*. Tato komponenta umožňuje propojení vzniklé aplikace v Power Apps s tokem *QR2* (obrázek A.18). Zároveň se zde nastavily vstupní (Input) kategorie. V tomto případě se pracovalo s informací načtenou z QR kódu, emailovou adresou, jménem osoby, která poruchu nahlásí a samotným textem o poruše.



Obrázek 15.9: Prostředí Power Automate s tokem pro aplikaci

Na hardwarovém IoT prototypu zařízení je nastavena audiovizuální zpětná vazba pro osobu, která nahlašuje poruchu. Po stisku tlačítka proběhne odeslání informace o poruše, podsvítí se stisklé tlačítko zelenou barvou po dobu jedné sekundy a ozve se zvukové potvrzení stisku. V aplikaci bylo rovněž vhodné nastavit funkci zpětné vazby pro uživatele. Po otevření aplikace a načtení QR kódu se zpráva o poruše odesílá, ale bez informace o úspěšném běhu aplikace nemá uživatel způsob, jak se o odeslání přesvědčit.

Pro nastavení zpětné vazby byla v toku vybrána komponenta zašli push notifikaci, v originále *Send push notification V2*. Push notifikace je druh upozornění, které aplikace vygeneruje, aby uživatele informovala o nové zprávě, příspěvku na sociální síti nebo aktualizaci. Nejčastěji se jedná o vyskakovací okno, jak je zakresleno na obrázku 15.11 vpravo. Pro svou rychlost a návaznost na aplikaci bývá upřednostňována před emailem či jinou formou upozornění. Push notifikace pomáhají navázat kontakt s uživatelem a doručují důležité a časově citlivé zprávy přímo do mobilního zařízení. Push notifikace by měla být jako poslední konektor toku informace, pokud by bylo žádoucí oznámit odesílateli, že se již zasláná zpráva o poruše zobrazila na oddělení zdravotnické techniky. Způsob, kterým je push notifikace nastavena nyní potvrzuje, že načtený QR kód zdravotnického přístroje byl technikům odeslán.



Obrázek 15.10: Grafické znázornění toku pro aplikaci

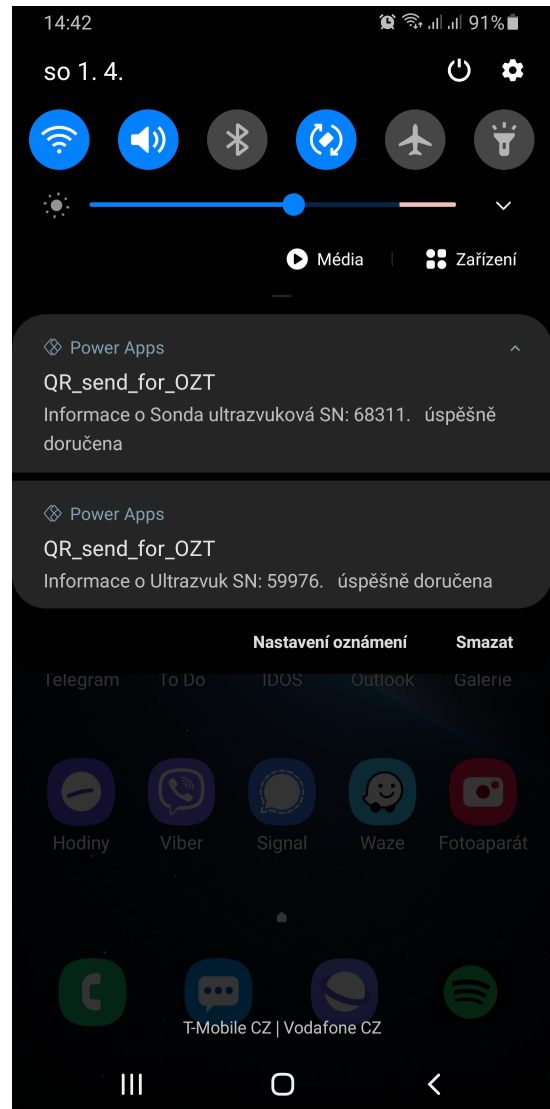
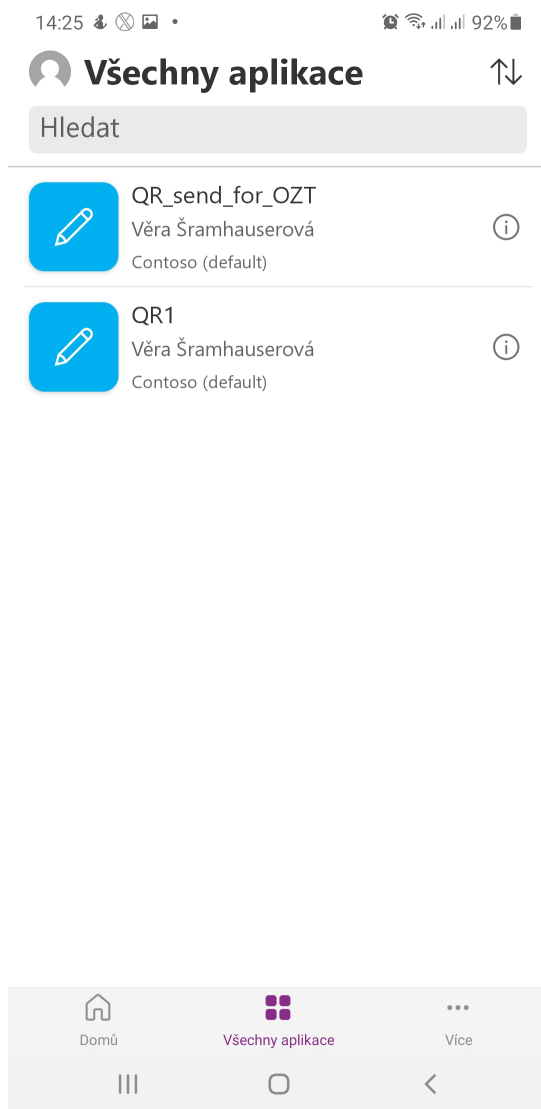
V komponentě *Send push notification V2*, obrázek A.21, se nastavuje druh mobilní aplikace, která má toto vyskakovací okno vygenerovat. V našem případě se jedná o aplikaci Power Apps. Dále je nutné specifikovat název aplikace a tím je *QR_send_for_OZT*. Nastavení adresáta (Recipients Item) bylo zvoleno formou emailu. Email je vhodný, jelikož pro používání aplikace musí být uživatel přihlášen svým pracovním účtem, ke kterému náleží i emailová adresa. Další povinnou součástí je samotný text push notifikace. Cílem je poskytnout uživateli zpětnou vazbu o tom, že poruchu úspěšně nahlásil. Po odeslání zprávy se tedy ve vyskakovacím okně v horní liště mobilního zařízení zobrazí zpráva „*Informace o (obsah načteného QR kódu) úspěšně doručena.*“. V této komponentě lze nastavit i častou funkci push notifikací a to, že po kliku na notifikaci se aplikace otevře. Pro navržené řešení je tato možnost deaktivována. Důležitá je samotná informace o odeslání v liště.

Dalším bodem v toku informace o poruše je zaslání emailu na oddělení zdravotnické techniky biomedicínským technikům a inženýrům, obrázek A.19. K tomu byl v toku vybrán konektor *Send an email (V2)*. V tomto konektoru se nastaví adresát. Adresátem je fiktivní zaměstnanec fiktivní nemocnice vera.sramhauserova@nemocnicehornidolnihota.onmicrosoft.com. Předmět emailu je porucha a tělo emailu je tvořeno zprávou „*Stav (druh poruchy) byl nahlášen na zařízení (informace načtená z QR kódu ZP) zaměstnancem (jméno zaměstnance).*“.

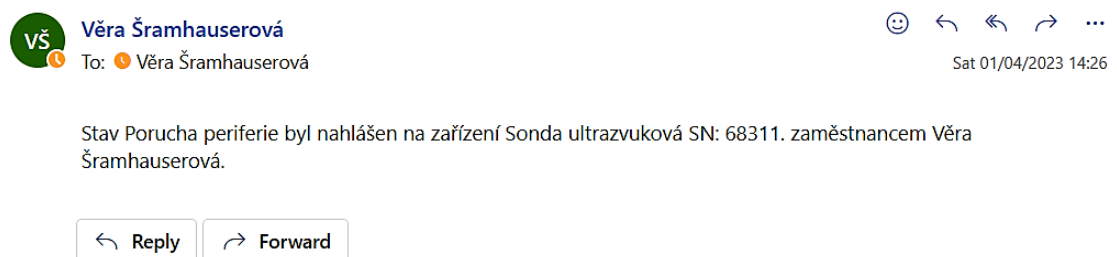
Poslední konektor nese označení *Post message in a chat or channel*, což lze přeložit jako zašli zprávu do konverzace nebo kanálu v Microsoft Teams, obrázek A.20 [73]. V tomto konektoru se nastavuje, kdo (Post as) bude zprávu v Teams publikovat. Byla zvolena varianta Flow bot. Bot, robot, je software, který se užívá k automatizaci úloh. Používají se k autonomnímu spouštění scriptů, lze se setkat s tzv. chatboty, kteří se snaží napodobit lidskou komunikaci či aktivity na internetu. Tento bot má za úkol pouze předat informaci do Microsoft Teams. Další kolonka nutná pro zobrazení zprávy v Microsoft Teams je nastavení, do kterého kanálu (Channel) se má zpráva zaslát. Byl vybrán obecný kanál týmu OZT (General OZT). Formát zprávy zní „*Přes aplikaci QR_send_for_OZT Vám byla zaslána žádost o řešení (druh poruchy) na (informace načtená z QR kódu ZP) zaměstnancem (jméno zaměstnance).*“.

Po nastavení toku bylo nutné nainstalovat aplikaci do mobilního zařízení, tabletu, z Obchod Play s názvem Power Apps. Do této aplikace je nutné se přihlásit. Po přihlášení se zobrazí všechny aplikace, k nimž byla udělena práva pro používání, obrázek 15.11. Je třeba povolit přístup aplikace k fotoaparátu. Pro použití aplikace pak již stačí otevřít příslušnou aplikaci, načíst QR kód a do několika sekund proběhne zaslání zprávy o poruše zdravotnického prostředku či jeho periferie do emailu, do skupiny OZT v Microsoft Teams a uživatelé aplikace se zobrazí informace o úspěšném předání zprávy 15.11.

Na obrázcích 15.12 a 15.13 se nachází finální vzhled emailových zpráv pro oddělení zdravotnické techniky o vzniklé poruše. Jeden email obsahuje zprávu o poruše periferie, což lze přečíst i v textu emailové zprávy o poškozené ultrazvukové sondě. Druhý email informuje oddělení zdravotnické techniky o vzniklé poruše na zdravotnickém prostředku. Celkový pohled na emailovou schránku je k dispozici v přílohách na obrázku A.22.



Obrázek 15.11: Vzhled aplikací v mobilním zařízení a potvrzení o doručení zprávy



Obrázek 15.12: Email s informací o poruše periferie ZP

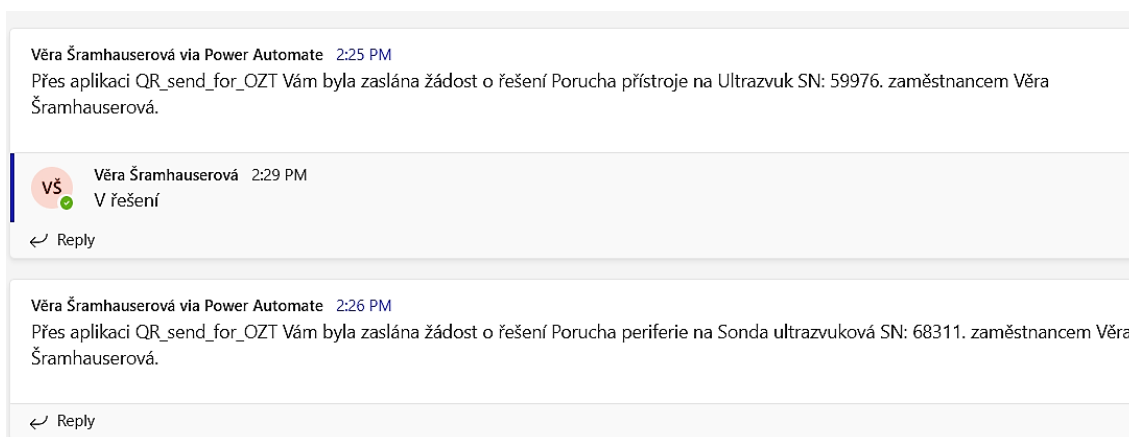


Stav Porucha přístroje byl nahlášen na zařízení Ultrazvuk SN: 59976. zaměstnancem Věra Šramhauserová.



Obrázek 15.13: Email s informací o poruše zdravotnického přístroje

Doručené zprávy o poruše v prostředí Microsoft Teams přes Power Automate jsou na obrázku 15.14. V Microsoft Teams je možné snadno komunikovat s ostatními členy týmu stiskem tlačítka odpovědět (Reply) a rozdělit si tak více úkolů efektivně. Do zprávy lze přidat tlačítko pro BMT/BMI, kterým potvrdí přijetí a přečtení zprávy. Toto tlačítko je schopno spustit další Flow a identifikovat technika či inženýra, který se zavázal ke kontrole přístroje na oddělení. Jedná se o tzv. Teams Card.



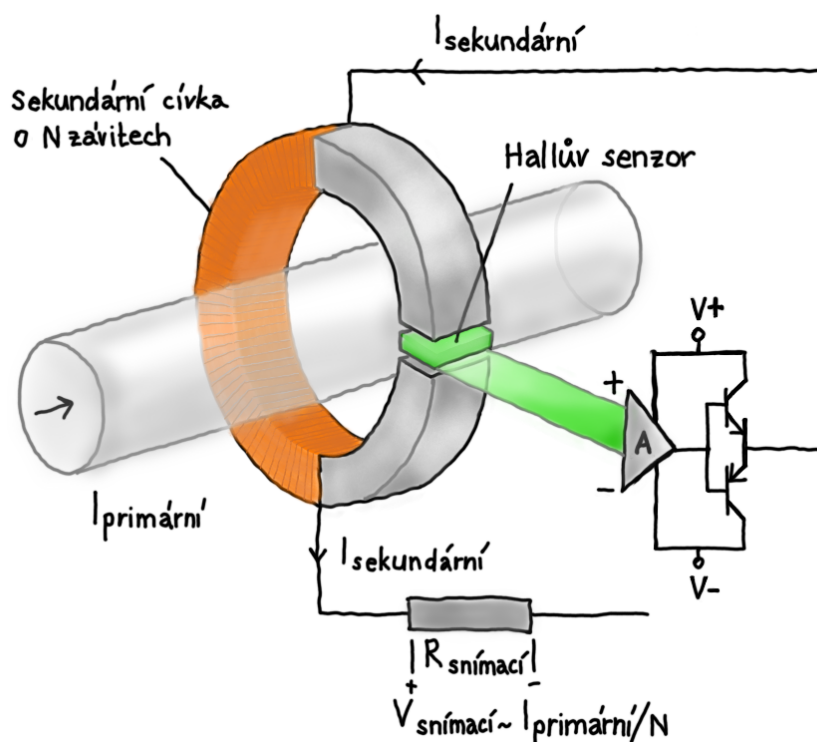
Obrázek 15.14: Zpráva o poruše ve skupině v Microsoft Teams

S využitím nástrojů Power Apps a následně Power Automate [74] byla vytvořena aplikace, která splňuje nároky na kvalitu, bezpečnost a robustnost alternativního řešení zaslání informace o poruše ZP či poruše periferie ZP k hardwarovému IoT prototypu zařízení. Do budoucna lze předpokládat rostoucí trend vývoje aplikací, jelikož bude nutné hledat způsoby, jak zefektivnit procesy, identifikovat nové způsoby snižování nákladů a zvyšovat produktivitu a efektivitu zaměstnanců.

Náklady na provoz některých řešení však mohou být problematické, protože vybrané pokročilé služby Power Apps jsou zpoplatněny měsíčními poplatky. Power Apps je licencovaný produkt, a přestože většina plánů Microsoft 365 Enterprise jej zahrnuje, platforma stále vyžaduje placené předplatné pro využívání pokročilých datových konektorů. V případě navrženého řešení byly použity základní konektory, které umožní snazší hlášení poruch bez vícenákladů na provoz.

16 Měření proudu

Navržený vylepšený komunikační IoT terminál pro zasílání zprávy o poruše zdravotnického přístroje pomáhá rychlejší opravě vzniklé poruchy. Navržená aplikace je softwarovou obdobou hardwarového komunikačního IoT terminálu. V úvahu pro další vývoj tedy přichází návrh řešení, které bude nikoli řešit problém, až vznikne, ale bude hledat první náznaky vznikajícího problému. A to tak, aby bylo možné když ne problému předejít úplně, pak alespoň včas reagovat a nečekat na úplné selhání funkce zdravotnického přístroje.



Obrázek 16.1: Close loop [75]

Jednou z metod prediktivní údržby je měření proudu, které přístroj potřebuje ke svému provozu. Pro měření proudu se v průběhu let vyvinuly různé metody. Nejstarší metoda pracuje s odporovým převodníkem, známým pod označením bočník. Jedná se o jednoduché zapojení, ale velmi komplikované pro běžný provoz. Rezistor, bočník, je velice přesný a snímá podle protékajícího proudu napětí. Přesnost rezistoru bývá však rušena okolními vlivy a celé zapojení je tedy velice citlivé na pečlivé

zapojení a stínění. Varianta s transformátorem je praktičtější z několika důvodů, tím nejpodstatnějším je nízké zatížení měřených obvodů. Další výhodou je galvanické oddělení měřicího od měřeného obvodu. Z této metody vznikla technika měření proudu s využitím Hallovy sondy. Propojil se transformátor s Hallovým generátorem a vznikla metoda měření AC i DC proudu.

S použitím Hallova senzoru při měření dlouhého pulzu neklesá temeno přenášeného impulsu. Proudové senzory snímají odebraný výkon přístrojů a v automatizovaném prostředí po softwarovém zpracování poskytují real time informace o průtoku proudu. Použití Hallova jevu v senzorech je pro provoz praktické, jelikož elektronika senzoru je necitlivá vůči elektrickému rušivému poli. S růstem miniaturizace dochází i k přiblížení vodičů k sobě a tak narůstá riziko rušivých efektů. Proto bývají Hallovy sondy uloženy hlouběji v prstenci senzoru. Proudový senzor s použitím Hallova jevu se uplatňuje k záznamu vysokých proudů v průmyslu. Existují dva druhy senzorů. Tím prvním je přímé zobrazení a anglicky se označuje Open Loop. Pracuje tak, že magnetické pole primárního proudu se hromadí v jádře prstence, které obklopuje vodič. V jádře se nachází Hallova sonda v místě vzduchové mezery a vyrábí napětí úměrné průtoku proudu. Je dán zobrazovací poměr a z něho lze určovat primární proud s přesností $\pm 0,5\%$. Přesnější metodou je tzv. Close Loop, obrázek 16.1, které neměří Hallovo napětí přímo, nýbrž omezuje proud v sekundárním vinutí obvodu. Hallova sonda z tomto zapojení nastavuje sekundární průtok proudu a generuje výstupní signál a to tak, aby se magnetická pole primárního proudu a proudu sekundárního vyrovnala. Z Hallovy sondy se změnou magnetického pole vytváří proud, který zesiluje operační zesilovač a tranzistory NPN a PNP. Tento druh zapojení má vysokou odolnost proti změnám teplot a to v rozmezí $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ [76, 77, 78].

16.1 CHESTER Current

Jednou z variant pro měření proudu je produkt společnosti HARDWARIO s názvem CHESTER Current. Jedná se o stejnou formu, jaká je použita pro zaslání zprávy o poruše zdravotnického přístroje pomocí hardwarového řešení. Rozdíl spočívá v novější verzi konfigurovatelné IoT brány CHESTER. Dále pak v uzpůsobení pro snímání proudu. Jedná se o neinvazivní měření AC a DC proudu provozované z baterie a nebo ze sítě. Obsahuje čtyři vstupní kanály pro připojení až čtyř sond pro nepřímé měření AC a DC proudu, obrázek 16.2. Hlavní využití se nalézá v neinvazivním měření proudu pomocí tzv. stejnosměrného proudového transformátoru DCCT. Kolem vodiče jsou umístěny proudové sondy převádějící magnetický tok, úměrný elektrickému proudu, na diferenciální výstupní napětí. Proudové sondy lze volit s ohledem na projekt s maximálním rozsahem proudu v rozmezích 0–10 A, 0–100 A, 0–500 A, 0–1000 A nebo 0–1500 A. Proudový rozsah je uváděn pro stejnosměrný proud. Pro střídavý proud je nutno vynásobit maximální očekávaný střídavý proud koeficientem 1,42 (odmocnina ze dvou), aby bylo ověřeno, zda se proudová sonda vejde do limitu. Celý koncept pracuje s bezdrátovým připojením a šetrností ke spotřebě, tzv. low power architektura. Specifikace CHESTER Current hovoří o spotřebě energie při volnoběhu nižší než 180 mikroampér, špičková spo-

třeba energie je udávána nižší než 250 mA a rozsah pracovních teplot se nachází v rozmezí -30 až $+70$ °C. Data jsou přenášena prostřednictvím mobilních sítí, jako NB-IoT a LTE-M, nebo veřejných/soukromých sítí LoRaWAN. Provoz je, díky low power, možný z lithiové baterie, nebo s adaptérem a záložní dobíjecí baterií. Poměrně nedávno vznikla podpora pro uživatele ve formě aplikace HARDWARIO Manager dostupné pro OS Andoid i iOS. V aplikaci lze nastavovat zařízení a slučovat data z HARDWARIO Cloud.



Obrázek 16.2: Nákres měřicí sestavy CHESTER Current s proudovou sondou

Analogové údaje jsou periodicky vzorkovány (parametr *channel-interval-sample*). Tyto údaje se ukládají jako vyrovnávací paměť vzorků. Shromážděné vzorky jsou periodicky slučovány (parametr *channel-interval-aggreg*) a následně se z nich vypočítají minimální, maximální, průměrné a mediánové agregace. Tyto výsledky se označují jako měření a je k nim přiřazeno časové razítko. Měření z vyrovnávací paměti jsou pravidelně přenášena jako data časových řad (parametr *interval-report*). Při změně stejnosměrného napájecího vstupu se ukládá časová značka události změny společně se stavem připojeno/odpojeno do vyrovnávací paměti a vyrovnávací paměť událostí se odesílá s pravidelným hlášením (parametr *interval-report*). Volitelně lze změny stejnosměrného napájecího vstupu do stavu připojeno (parametr *backup-report-connected*) nebo odpojeno (parametr *backup-report-disconnected*) hlásit okamžitě nebo s nastavitelným zpožděním (parametr *event-report-delay*), aby bylo možné zachytit více následných změn vstupu. Maximální počet hlášení za hodinu je nastavitelný (parametr *event-report-rate*), ovšem omezení hlášení zužuje šířku komunikačního pásma a zachovává životnost baterie. Interval příštího hlášení se vypočítá na začátku přenosového cyklu jako parametr *interval-report*, zadaný v sekundách, s rozpětím ± 20 %. Toto rozpětí je záměrně náhodné, aby se zabránilo zkreslení přenosu u více zařízení pracujících na stejném místě. Pokud by takové rozpětí nebylo zavedeno, přenosy zařízení by se mohly synchronně překrývat [79, 80].

Pokud požadují přesné měření příkonu a nikoli jen proudu, potom CHESTER Current nemusí zasílat vypovídající data. Přesnost se odvíjí od charakteru zátěže. V případě, že by byl CHESTER Current použit, pak by pro měření napětí bylo napětí přepočítáváno v každém bodě s proudem a tudíž by byl vyvíjen elektroměr, nikoli řešení pro prediktivní údržbu zdravotnických prostředků.

17 Varianty zásuvek s měřením spotřeby

Variantou prediktivní údržby je rovněž sledování spotřeby elektřiny. Tato informace je v mnoha ohledech univerzálnější než sledování odběru proudu. To našlo uplatnění především v prediktivní údržbě průmyslových provozů. Měření spotřeby elektřiny nalézá, pokud vynecháme distributory elektrické energie, čím dál větší uplatnění v domácí automatizaci, predikci a optimalizaci. Možností využití je ovšem mnohem více, než jen tzv. chytrá domácnost (Smart home). Vzhledem k široké uplatnitelnosti tohoto druhu dat neexistuje žádný univerzální přístup ke sledování spotřeby energie. Výběr vhodného zařízení závisí na parametrech plánovaného použití. Jiné zařízení bude vhodné pro monitoring lednice, měření spotřeby v bytě nebo pro sledování spotřeby elektrické energie karavanu. Souhrnně lze říci, že existují tři hlavní řešení:

- Měřiče spotřeby – pro spotřebiče zapojené do zásuvky.
- Monitory energie – pro celý objekt.
- Dílčí elektroměry – pro konkrétní pevně připojené obvody.

Většina dostupných elektrických přístrojů má standardizovaný, v rámci vybrané země, zástrčkový konektor. Pomocí zásuvkového elektroměru je možno měřit vše, co se do této zásuvky připojí. Zásuvkové elektroměry opomíjejí některé klíčové spotřebiče energie, které jsou pevně zapojené nebo nepřístupné. Mezi tyto položky patří osvětlení, střídavý proud s reverzním cyklem, stropní ventilátory, solární panely, venkovní lázně a elektrické systémy pro ohřev vody. Pro sledování spotřeby elektřiny těchto položek se instalují monitory spotřeby elektřiny. Ty v reálném čase zobrazí celkovou spotřebu energie [81, 82, 83].

U prostor, které mají vlastní elektrický okruh je nejlepším řešením elektroměr s podružným měřením. Elektrický podružný elektroměr umožňuje měřit obvod nebo skupinu obvodů pro účely vyúčtování, což je používáno velkými distributory elektrické energie, či jen pro lepší informovanost. Distributory elektrické energie v České republice a k tomu náležitými elektroměry sloužícími k záznamu odebrané elektřiny a následné vyúčtování se tato práce nezabývá.

Sledování spotřeby energie ať v průmyslu či domácnosti je prvním krokem ke snížení nemandatovaných výdajů na elektřinu nebo omezení nadměrné spotřeby. Pomocí monitorů spotřeby energie lze sledovat, kolik energie spotřebovává daný spotřebič a následně nastavit optimalizace procesů.

17.1 Zásuvky s měřením spotřeby

Nejjednodušší metodou měření spotřeby elektrické energie je měření pomocí zásuvek. Tyto zásuvky se často označují jako chytré a bývají prezentovány jako součást smart home (inteligentní domácnost) nebo inteligentní elektroinstalace. Do odvětví domácí monitorace však tato měření našla cestu až poté, co byla mnoho let úspěšně užívána v průmyslovém prostředí. Pro analýzy a monitoring v průmyslovém prostředí nebylo nutno vytvářet uživatelsky přívětivé a estetické produkty, jako je tomu nyní, po rozšíření základny potenciálních zákazníků. Na trhu jsou dostupné zásuvky mnoha výrobců. Tyto zásuvky se od sebe liší jednak vzhledem, zároveň však i svými funkcemi a kvalitou provedení. Zásuvky pro měření spotřeby elektrické energie lze dělit podle technologie, kterou používají k přenosu naměřených dat. Dále se dají dělit podle konektivity a kompatibility s dalšími domácími chytrými technologiemi.



Obrázek 17.1: Ukázky technicky jednodušších modelů zásuvek

V technologii připojení zásuvek nacházejí uplatnění bezdrátové sítě. Majorita se připojuje pomocí technologie Wi-Fi 2,4 GHz. Přes síť Wi-Fi lze se zásuvkou komunikovat a nechat si vypisovat měřené údaje. Je ovšem nutné vybavit se v dosahu zásuvek Wi-Fi routerem, ten však ve většině měřených prostor bývá. Významně menší zastoupení zásuvek pro měření spotřeby používá technologii Bluetooth, Rádiové vlny nebo ZigBee. Velmi vzácně se lze setkat i s technologií Z-wave. Více o těchto technologiích bylo již napsáno v rámci bakalářské práce.

Část zásuvek bezdrátovou konektivitu nemá. Základní modely zásuvek umožňují vypnout a zapnout zásuvku například dálkovým ovladačem, tak jak je vidět na obrázku 17.1 vlevo. O úroveň pokročilejší zásuvka se nachází na témže obrázku

vpravo. Tato zásuvka vypisuje po připojení zátěže velikost odběru elektrické energie na integrovaném displeji. Tlačítka lze měnit mezi několika funkcemi zobrazování a upravovat parametry.

Převážná většina těchto zásuvek podporuje operační systémy mobilních telefonů. Jedná se tedy především o OS Android a iOS. Kompatibilita s domácími asistenty je opět v převážné většině zaručena. Nejčastěji se lze setkat se systémy Google Assistant a Amazon Alexa. S větším odstupem lze nalézt podporu pro systém Tuya, Apple a pro zajímavost i Lidl Home. Výjimečně je uveden certifikovaný stupeň krytí IP, jedná se pouze o několik kusů z celkových nižších stovek zásuvek, co se na trhu nacházejí.

Zásadním problémem z hlediska používání je kybernetická bezpečnost zásuvek, které jsou připojené do internetové sítě. Tyto zásuvky sice významně usnadňují používání a nabízí příjemné uživatelské rozhraní, málokterý uživatel si však pro sestavu těchto pomocníků vytvoří oddělenou internetovou síť. Běžnou praxí je opomíjení aktualizací na Wi-Fi routerech, přitom se jedná o malý domácí počítač. U, do internetu připojených, zásuvek není praxe lepší. Osvěta postoupila a lze konstatovat, že každý vlastník počítače si uvědomuje možnou hrozbu napadení svého zařízení po připojení k internetu. Mnozí si instalují různé formy zabezpečení do počítačů, přehlíží však ostatní malé počítače ve svých domácnostech či na svých pracovištích. Takové malé zařízení jako je tzv. chytrá zásuvka s hardwarem a softwarem z neznámého, celosvětového, zdroje je nutno vnímat jako potenciální narušení kybernetické bezpečnosti lokální internetové sítě. Nejsnazším řešením se jeví vybudování oddělené internetové sítě pouze pro toto zařízení. Tento postup je vhodný například pro domácí automatizaci a smart home, používá se však i v průmyslu. Z pohledu kybernetické bezpečnosti lze označit takové produkty pro nasazení do provozu nemocnice jako nevhodné [84, 85, 86, 87, 88].

17.2 NETIO zásuvka

Technicky a z bezpečnostního hlediska vyspělé řešení je chytrá napájecí zásuvka NETIO od firmy Netio products a.s. Tato zásuvka umožňuje dálkové ovládání napájení, je vyrobená v průmyslové kvalitě a rozhraní je Open API. Zásuvky jsou určeny především firmám, tzv. B2B.

Tyto zásuvky nacházejí uplatnění při řešení v M2M a IoT aplikacích. Zásuvky jsou vybaveny podporou od výrobce, stabilitou a kompatibilitou. Existuje široké množství variant sestavení s různými typy zásuvek pro různé aplikace. Existují verze na DIN lištu pro chytrou domácnost či elektromobilitu, provedení kabelu pro kompaktní řešení či PDU jednotky pro použití v rackových rozvaděčích. Všechny zásuvky NETIO umožňují ovládání zásuvek napájecího napětí 230V přímo z daného zařízení, softwarově z počítače, v cloudovém prostředí nebo v mobilní aplikaci.

Výhody použití tohoto řešení tkví především v několika bodech. Jsou používány stabilní M2M API protokoly, sestavení je v průmyslové kvalitě. Jsou měřeny elektrické veličiny a IP komunikace je zabezpečená. Pokud je žádoucí použít cloudové prostředí, opět se jedná o zabezpečenou službu. Pro snazší práci se zařízením lze

použít AV Drivery.

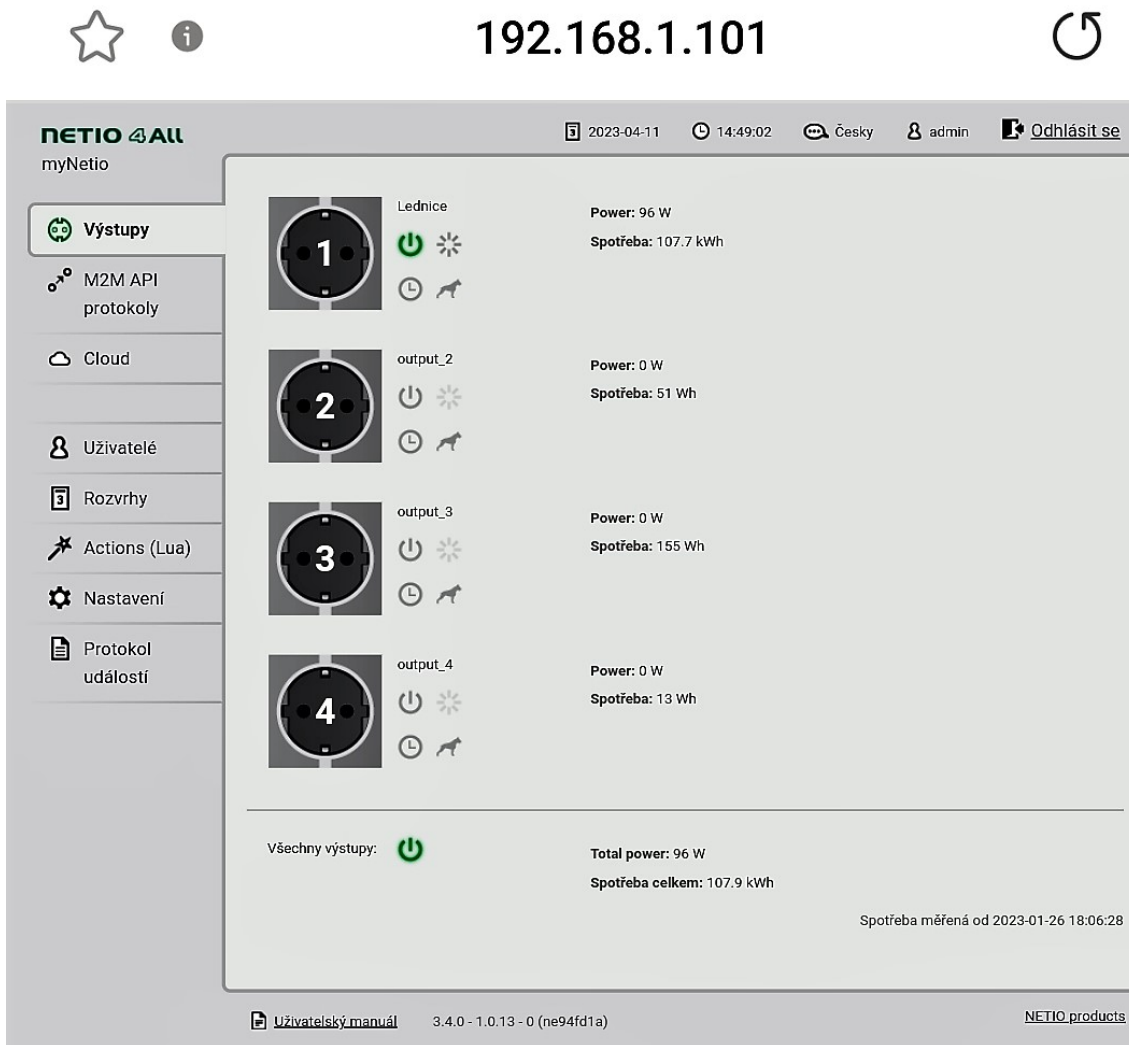
Tím, že zásuvky jsou vyrobeny v průmyslové kvalitě, nachází se jejich primární využití v průmyslu, ve výrobě a v tzv. Industry 4.0. Své místo má jako systémový integrátor mezi IT odděleními, telekomunikační sítí na území České republiky (např. Telco) a samotným provozem. Také je lze nalézt v chytrých budovách, datových centrech a jako součásti IT struktur. Rovněž se vzácně objevují na univerzitách jako podpora k řešení IoT projektů či ve výuce [89].



Obrázek 17.2: Zásuvka NETIO 4 All

V případě, že dojde k poruše, je možné restartovat připojený spotřebič vzdáleně přes NETIO Cloud. Také lze zásuvku použít k odpojení napájení pro spotřebiče, které nejsou v provozu a ve stand-by režimu neefektivně odebírají energii. Cílem je snazší dynamické ovládání připojených spotřebičů bez nutnosti je manuálně zapojovat/vypojovat. Funkce IP WatchDog se používá pro automatický reset napájení pro switch, router nebo mikrovlnný spoj. To se s výhodou používá např. po výpadku funkce počítače a funkce Wi-Fi připojení do internetu a podobných výchytkách od běžného provozu, na které jsou ovšem některé systémy citlivé. Chytré zásuvky NETIO je možné nastavovat dle využití, např. pro noční nebo víkendový režim díky funkci Scheduler (plánovač).

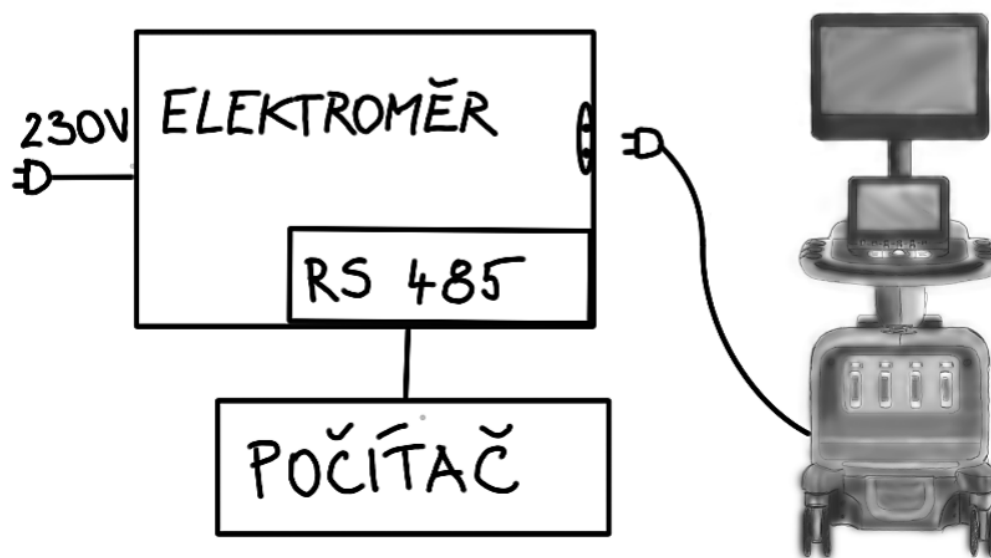
Pro nastavení NETIO 4 All, které je vidět na obrázku 17.2 jako jedno z viditelných zařízení domácí internetové sítě, byl nakonfigurován samotný hardwarový kus zásuvky pro toto řešení. Následně liště o čtyřech zásuvkách byla přidělena IP adresa v rámci domácí sítě, obrázek A.23. Pro ovládání přes webové prostředí je nutno se přihlásit do aplikace NETIO. Přihlašovací prostředí se nachází na obrázku A.24. Po přihlášení se zobrazí záložka výstupy se čtveřicí zásuvek. Webové prostředí je vidět na obrázku 17.3. Pro testování tohoto produktu byla dlouhodobě v provozu první zásuvka, pojmenovaná *lednice* s celkovou naměřenou spotřebou 107,7 kWh za období provozu od 26. ledna do 11. dubna 2023. Ostatní zásuvky byly používány náhodně pro nabíjení domácí elektroniky. Uvést do provozu zásuvku lze buďto pomocí mechanického tlačítka přímo na hardwaru nebo softwarově stiskem ikony pro spuštění. Plánování (Scheduler) ani funkce IP WatchDog nebyla aktivována. Bylo vyzkoušeno cloudové prostředí, jedná se však o placenou službu a tedy pro testování nebyla zakoupena.



Obrázek 17.3: Vzhled webového prostředí NETIO 4 All

18 Vývoj vlastní inteligentní zásuvky

Během hledání vhodných řešení, která by usnadnila prediktivní údržbu postavenou na měření odběru elektrické energie zdravotnického prostředku nezávisle na výrobci byly postupně zavrženy běžně dostupné, tzv. chytré, zásuvky. U nich nelze dohledat výrobce jednotlivých komponent, softwaru, ve většině případů nemají krytí IP a především nesplňují kybernetickou bezpečnost. Opačným pólem jsou produkty od výrobců zdravotnických zařízení. Tato velice sofistikovaná řešení jsou dostupná pouze pro některé přístroje. Software, který je schopen poskytovat měřená data, informaci o odběru elektrické energie ze sítě, bývá nadstandardní službou. Ve většině případů však tato data slouží pouze pro interní účely výrobce daného zdravotnického prostředku. Jedná se o drahou technologii a navíc jednoúčelovou.



Obrázek 18.1: Schéma fungování navrženého prototypu chytré zásuvky

Pokud je hledáno řešení univerzální, přichází v úvahu již ověřená technologie průmyslová. Zástupcem je například NETIO zásuvka, které byla věnována jedna podkapitola. Jedná se však o hotové řešení, nabízející jistou volnost pro inicializaci vlastních postupů a nasazení. Pokud bychom však žádali technologii v průmyslové kvalitě komunikující například po NB-IoT či LoRaWAN, ukáže se, že na trhu takový produkt neexistuje. Proto se tato práce věnuje vývoji vlastního prototypu chytré

zásuvky, malého rozvaděče s elektroměrem, který umožní na zdravotnickém přístroji nezávislé fungování, řešení univerzální, jednoduché, bezpečné a zohledňující nové IoT technologie.

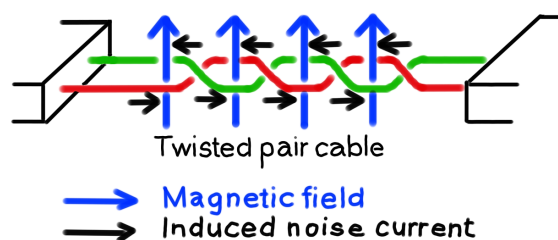
Vývoj prototypu pro měření odběru elektrické energie započal schematickým návrhem. Tento návrh si lze prohlédnout na obrázku 18.1. Bylo nalezeno řešení formou mezikusy, který sám bude připojen do elektrické sítě mezi spotřebič a elektrickou síť. Navrhované řešení mělo ukázat směr, kterým se vydat, proto od začátku bylo počítáno s řešením na měření jedné fáze. V rozvaděčové krabici se dle plánu měl nacházet jeden elektroměr s podporou komunikace po RS-485. Do tohoto rozvaděče se následně připojí zástrčka zdravotnického prostředku. Pro demonstrační účely byl vybrán, a na obrázku 18.1 se nachází, ultrazvukový přístroj. Takto zapojený přístroj je napájen a zároveň měřen. V návrhu se počítalo s komunikací po RS-485 přímo do počítače, kde budou vypisovány naměřené hodnoty.

18.1 Standard RS-485

RS-485 je standard definující elektrické vlastnosti sériových linek, jedná se o formu sériové komunikace. Sériová komunikace je způsob odesílání dat. Podobá se univerzální sériové sběrnici, USB, nebo ethernetu. V porovnání se sériovou komunikací jsou ovšem USB a ethernet podstatně složitější a dražší. Sériová komunikace má také deterministické chování, které zabraňuje kolizím datových paketů, takže je spolehlivější pro systém propojení s mnoha zařízeními. V konečném důsledku lze uvažovat tak, že sériová komunikace je významně lepší volbou pro průmysl ve srovnání s běžným USB a ethernetem.

Standardů sériové komunikace existuje větší množství, například RS-232, RS-422 a RS-485. Nejpoužívanějším komunikačním standardem je RS-232. Hlavní rozdíl mezi nimi spočívá v hardwaru. V našem případě se budeme zabývat pouze RS-485.

RS-485 je známý také jako TIA-485 (-A) či EIA-485. Tento standard je výsledkem spolupráce asociací Telecommunications Industry Association a Electronic Industries Alliance (TIA/EIA). Standard RS-485 je znám pro svůj dosah a odolnost vůči rušení, kdy jej lze efektivně používat na velké vzdálenosti a v elektricky rušeném prostředí. Lze pracovat až s 1200 m dlouhým kabelem. Ve standardu RS-485 se data přenášejí prostřednictvím kroucené dvojlinky, tzn. dvou vodičů stočených dohromady. Pokud by se nestáčely, vznikne anténa.



Obrázek 18.2: Princip kroucené dvojlinky [90]

Kroucený pár v RS-485 poskytuje odolnost proti elektrickému šumu. Pro schopnost přenášet data na velké vzdálenosti se RS-485 běžně používá jako protokol pro pokladny, průmyslové a telekomunikační systémy a automatizační systémy. RS-485 se také používá v počítačích, PLC, mikrokontrolérech, v odvětví robotiky, pro základnové stanice, motorové pohony, video dohled, pro přenos dat mezi řadičem a diskovou jednotkou a v inteligentních senzorech ve vědeckých a technických aplikacích. Převážně se však nachází v průmyslu, kde se propojuje mnoho zařízení do jednoho systému, v programovatelných logických automatech a ve výrobních halách, kde je velké množství elektrického šumu. RS-485 se používá jako fyzická vrstva pro mnoho standardů a proprietárních automatizačních protokolů pro implementaci řídicích systémů, nejčastěji Modbus.

Modbus je automatizační protokol, který byl vyvinut společností Modicon a umožňuje integrovat do hlavního systému různá zařízení od různých výrobců. Většina implementací Modbusu používá RS-485 z důvodu dosažení delších vzdáleností, vyšších rychlostí a zapojení více zařízení do jedné sítě. Zařízení Modbus komunikuje technikou Master-Slave, kdy pouze jedno vedoucí zařízení (Master) může iniciovat transakce, jinak řečeno dotazy. Ostatní podřízené jednotky (Slave) reagují předáním požadovaných dat zařízení Master nebo provedením akce požadované v dotazu. Celý tento systém umožňuje průmyslovým logikám ovládat svá zařízení na dálku a také nastavit automatizaci. Další velká výhoda spočívá v možnosti spojení více než jedné podřízené jednotky. V systému může být připojeno až 32 podřízených zařízení. Celkový maximální počet ovladačů a přijímačů na jedné lince činí 32 ovladačů a 32 přijímačů, přitom pouze jeden ovladač je aktivní v daném okamžiku. Těto schopnosti RS-485 využívají systémy SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), což je většinou software, který hlídá skupinu strojů, technických prostředků a zároveň jsou přes SCADA ovládány [91]. Data lze navíc přenášet rychlostí až 10 MBit/s, což je vyšší rychlost než u většiny standardů.

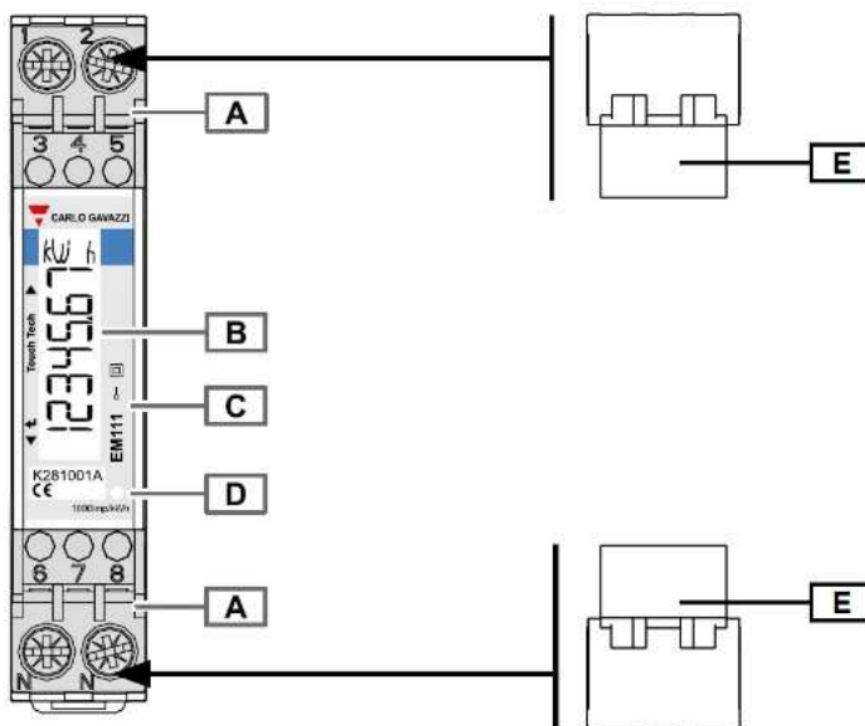
RS-485 se dvěma vodiči umožňuje poloduplexní přenos dat. To znamená, že data mohou být přenášena oběma směry do zařízení, zpět vždy jedním směrem. TX a RX se označuje vysílaný a přijímaný signál. V tomto uspořádání sdílejí TX i RX jeden pár vodičů, proto zde hovoříme o poloduplexním přenosu dat, data nemohou být přenášena současně do a z každého zařízení.

Přidáním dalších 2 vodičů vznikne 4vodičový systém. Ten umožňuje přenos dat oběma směry k zařízením současně, což je také známé jako plný duplex. V plně duplexním uspořádání je omezena komunikace mezi nadřízeným a podřízeným zařízením, kdy podřízená zařízení nemohou komunikovat mezi sebou [90].

RS-485 bylo pro tento projekt vybráno pro výše uvedené výhody, jako je odolnost vůči šumu, schopnost přenosu dat na velké vzdálenosti, vysokou rychlost přenosu dat a v průmyslu ozkoušenou kvalitu.

18.2 Elektroměr

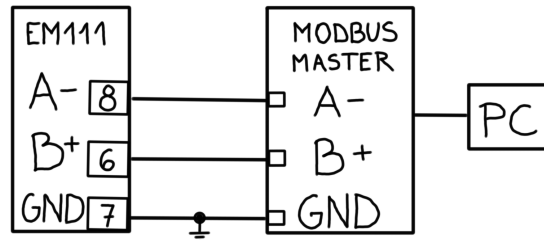
Elektroměrů na trhu existuje celá řada, pro tuto práci nejsou vhodné elektroměry, které užívají velcí distributoři elektrické energie v České republice k záznamu odebraného množství elektrické energie a následná vyúčtování. Vzhledem k tomu, že byl již vybrán způsob, jakým bude mezi sebou komunikovat zobrazovací systém dat, tedy počítač a samotný elektroměr, tedy standardem RS-485, nabídka se zúžila. K dalšímu zúžení nabídky přispěl požadavek na možnost instalovat daný elektroměr na DIN lištu rozvaděče. Jak již bylo jednou specifikováno, byl hledán elektroměr jednofázový. Z nabídky byl vybrán cenově dostupný model s označením EM111DIN-AV81X-S1PFB. Jedná se o jednofázový dvoutarifní elektroměr 32 A od výrobce Carlo Gavazzi. Výstup je řešen přes RS-485 Modbus. Vlastnosti tohoto elektroměru jsou čtyřkvadrantní měření, kompatibilita s Navisys, umožňuje měřit v časovém úseku (DMD) a je navíc ověřen pro fakturaci MID. Jedná se o kategorii tarifních počítadel kWh. Je osazen displejem, který se podsvěcuje. Měření proudu a napětí je přímé, osazuje se na DIN lištu. Měřicí rozsah napětí střídavého proudu činí 230 V, maximální přímý proud může být až 32 A. Cena pořízeného elektroměru činí 2610 Kč bez DPH [92, 93].



Obrázek 18.3: Součásti elektroměru EM111DIN-AV81X-S1PFB [94]

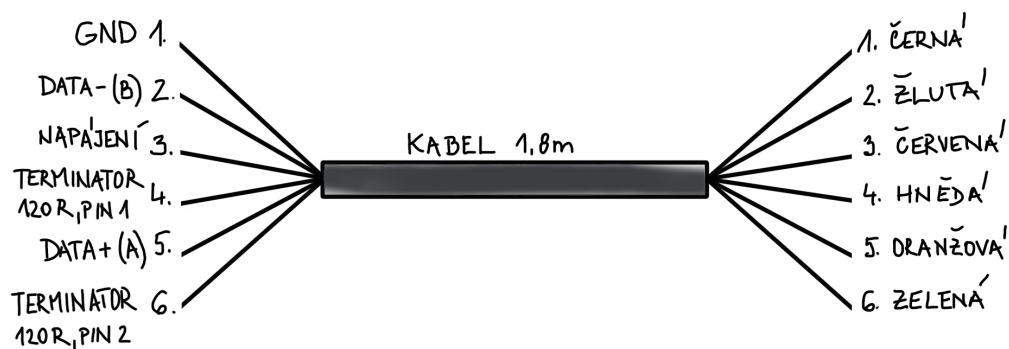
Na obrázku převzatého z datasheetu 18.3 se nachází pod písmenem A svorky pro připojení měřených okruhů a komunikace. Písmeno B označuje podsvícený LCD displej s dotykovými plochami. Model, vlastnosti a sériové číslo se nachází na místě C. Písmeno D značí LED kontrolku. Ta má dvě funkce, první funkce LED blikající

červená znamená 1 pulz = 1 Wh. Druhá funkce oranžově svítící LED sděluje, že je elektroměr zapojen v opačném směru. Tato indikace funguje pouze tehdy, když je povoleno oddělené měření odebrané a dodané energie. Písmeno E označuje plombovatelné kryty svorek [94].



Obrázek 18.4: Zapojení komunikace RS-485 Modbus [95]

Následně bylo v návodu přiloženém k elektroměru dohledán správný postup zapojení komunikace RS-485 Modbus. Schéma správného propojení se nachází na obrázku 18.4. EM111 je elektroměr a na něm se nachází číselná pole označující svorky pro připojení vodičů. Pro propojení mezi RS-485 a počítačem byl zvolen převodník USB/RS-485. Jedná se o produkt firmy Future Technology Devices International Ltd. s označením USB to RS-485 Serial Converter Cable. Podle datasheetu následující obrázek 18.5 ukazuje signály kabelu a barvy vodičů pro signály na USB-RS485-WE.

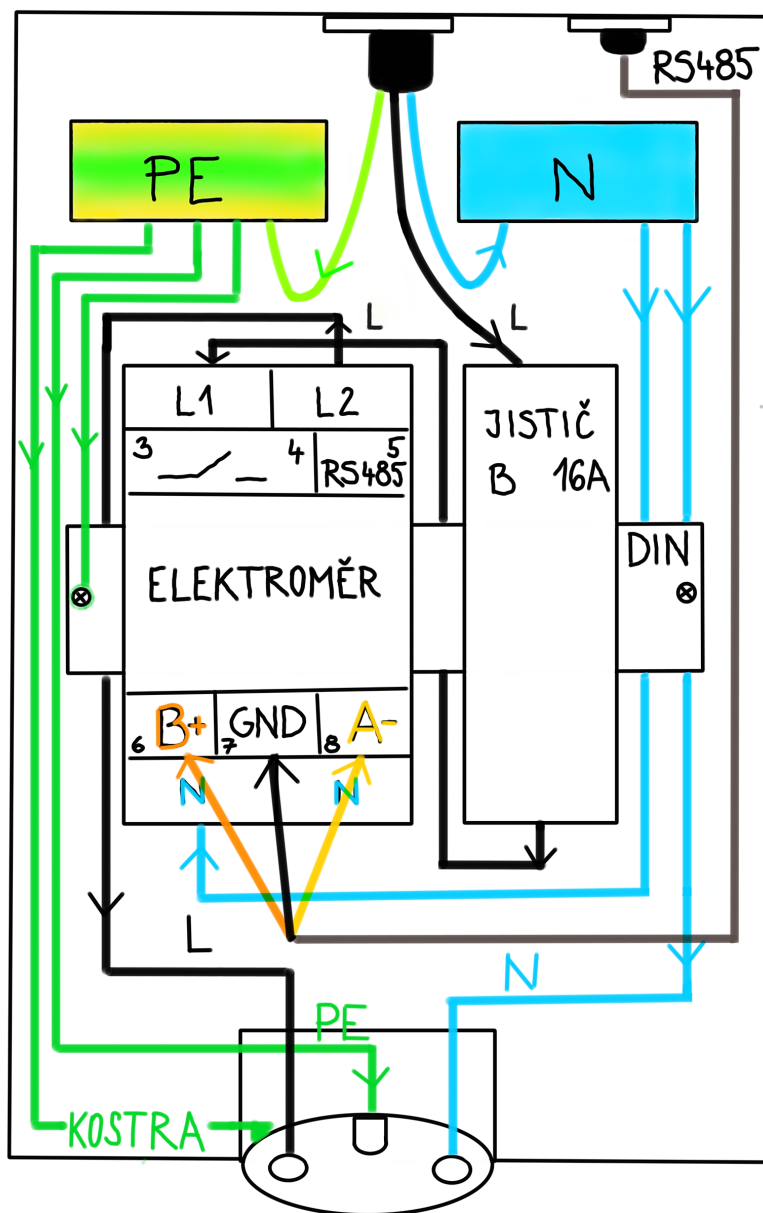


Obrázek 18.5: Připojení a mechanické detaily USB-RS485-WE [96]

Pokud se nyní vrátíme k obrázku 18.3, najdeme si svorky označené čísly dle obrázku 18.4 a připojíme převodník USB-RS485-WE podle obrázku 18.5, získáme funkční cestu z elektroměru EM111 do počítače. Tedy žlutý vodič na A-, oranžový na B+ a černý vodič na GND.

Dalším krokem, po propojení elektroměru a převodníku, byl výběr vhodného jističe. Jističe jsou opakovaně použitelné, vratné, prvky nadproudové ochrany. Jistič přeruší elektrický obvod v důsledku zkratu nebo nadproudu. Po odstranění příčiny zkratu jej lze znovu manuálně zapnout. Pro navrhovaný rozvaděč byl vybrán jistič od firmy F&G B 16 A, tedy jednofázový jistič na 16 A. Charakteristika jističe je

v kategorii B. Z toho plyne, že se přeruší obvod cca při 3 – 5,5násobku jmenovitého proudu. Používá se jako ochrana elektrického vedení, pro zásuvkové a světelné obvody v domácnosti.



Obrázek 18.6: Schéma zapojení rozvaděče

Elektroměr a jistič byl usazen do rozvaděče na DIN lištu. Jako vhodný rozvaděč byla vybrána mini rozvodnice na omítku Schneider Electric Kaedra 6M. Jedná se o IP65 rozvodnici s průhlednými dveřmi. Mini Kaedra je pro modulární přístroje s 6 místy , moduly. Obsahuje 2 svorkovnice s 4 otvory pro PE a N. Rozvodnice Kaedra jsou vysoce odolné proti chemickým a atmosférickým látkám a odolávají proti UV záření [97]. Používají se pro koncové instalace do náročných prostředí,

např. garáže, dílny, k bazénu, do průmyslové haly. Lze je použít jako doplňky pro stavební rozvaděče.

K rozvodnici byly dokoupeny dvě kabelové vývodky s maticí, obrázek A.28. Vývodka je odolná proti UV záření a má stupeň krytí IP66. Poslední komponentou byla zásuvka pro připojení měřeného zdravotnického přístroje, obrázek A.27. Ta byla zvolena s menším plastovým krytem, který odpovídal rozměrům mini rozvodnice. Samotná kostra zásuvky musela být zbroušena, aby se v mini rozvodnici dobře usadila.



Obrázek 18.7: Celkový pohled na finální řešení

Posledním krokem bylo sestavení elektroměru s propojeným převodníkem, jističe, zásuvky, přívodního kabelu do jednoho funkčního celku. Toto propojení bylo vytvořeno použitím měděných vodičů průměru 2,5 mm. Část z vodičů je jednožilový měděný drát se slaněným jádrem (ohebný), část z plného měděného drátu. Schématický

nákres zapojení rozvodnice se nachází na obrázku 18.6. Zde je dodržena konvence barevného značení vodičů, včetně značení písmeny pro lepší přehlednost. Rovněž se zde nachází schematické značení podstatných svorek na elektroměru EM111.

Na obrázku 18.7 se nachází již dokončený finální vzhled rozvodnice osazené elektroměrem a jističem. Osazené moduly jsou kryty víkem pro případ náročných provozních podmínek. Po odklopení víka, viz obrázek A.25 je možno ovládat elektroměr a jistič. V případě potřeby je možno povolit čtyři šrouby a nahlédnout do zapojení. Jak vypadá rozvodnice po sestavení je vidět na obrázku A.26.

18.3 Software

V zapojení, které bylo sestaveno do mini rozvodnice, již lze měřit odběr v kWh a to pomocí odečtu hodnot zobrazovaných na displeji elektroměru EM111. Záznam na displeji, přesněji hodnota 0,05 kWh, je vidět na obrázku 18.8. Zde si lze všimnout i červeně podsvícené, v reálu blikající, LED, kdy rozsvícení znamená načtenou 1 Wh. Vedle elektroměru je osazen jistič, pro měření se nachází ve stavu zapnutém.



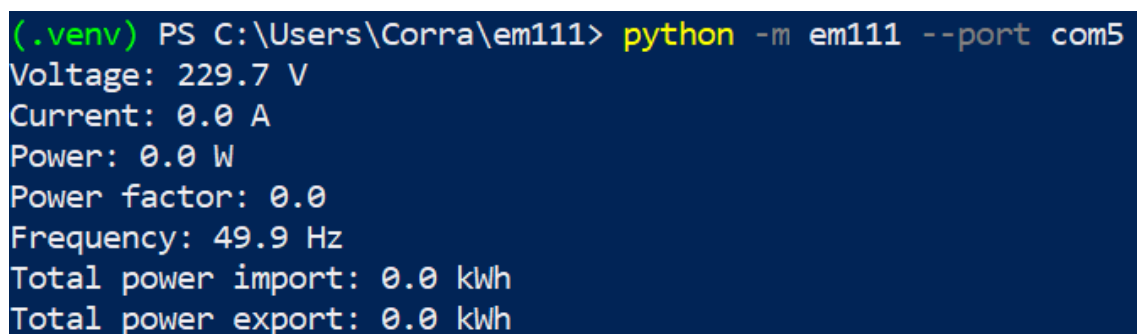
Obrázek 18.8: Odečet hodnot zobrazovaných na displeji EM111

Dalším krokem bylo vytvoření programu, který umožní využít potenciál elektroměru a zasílat naměřená data po převodníku USB/RS-485 do počítače. Tento program vznikl během konzultace s Pavlem Hübnerem, technickým ředitelem společnosti HARDWARIO, v programovacím jazyce Python. Na GitHubu byl založen veřejný (Public) repozitář obsahující nástroje v jazyce Python pro čtení registrů

Modbus z elektroměru Carlo Gavazzi EM111 [98]. Repozitář je dostupný na adrese <https://github.com/hubpav/em111>. Kód se nachází i v přílohách této práce na obrázku A.29. V kódu jsou nejprve importovány knihovny umožňující efektivnější psaní příkazů. Následuje definice formátů přenášených dat pro integer 16 bit a 32 bit, což vychází z nastavení formátu zasílaných dat z elektroměru. V dalším kroku jsou nastaveny parametry komunikace po RS-485 Modbus, tedy název portu, velikost byte, rychlost baud, parita a stopbit. Baud je jednotka modulační rychlosti (baud rate), která definuje počet změn stavu přenosového média za jednu sekundu. V tomto případě byl nastaven baud rate na 9600 Bd. Vnitřní průměrování naměřeného výkonu se počítá z dat za jednu minutu. Následuje přiřazení zasílaných hodnot do proměnných a v poslední části vypsání proměnných do konzole. Pro spuštění programu je propojena mini rozvodnice s počítačem přes USB/RS-485 převodník. Dále je nutné připojit rozvodnici do elektrické sítě pomocí zástrčky a měřený spotřebič zapojit do zásuvky v rozvodnici. Posledním bodem je přepnutí jističe do polohy zapojeno, což lze vidět na obrázku 18.8.

Následuje několik kroků, které se provedou na počítači. Zde je potřeba spustit příkazovou řádku, bývá označována jako CMD. Případně použít Windows PowerShell. V něm se po otevření okna naklonuje repozitář z GitHubu příkazem `git clone https://github.com/hubpav/em111.git`. Přejít do repozitáře je možné po zadání příkazu `cd em111`. Následně se vytvoří virtuální prostředí pro Python a to příkazem `python -m venv .venv`. Spuštění vytvořeného virtuálního prostředí proběhne po zadání příkazu `.venv\Scripts\Activate.ps1`. Příkazem `pip install -r requirements.txt` je žádoucí provést aktualizace a stažení všech nových verzí, které jsou nabídnuty.

Spuštění proběhne při každém zavolání příkazu `python -m em111 --port COM5`. Po připojení převodníku do počítače je potřeba v Device Manager záložce porty zkontrolovat přiřazené číslo portu COM. To se s každým novým připojením převodníku mění. Pokud přiřazené číslo nebude odpovídat portu vypsánému v příkazu, komunikace mezi elektroměrem a počítačem nebude funkční.



```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 229.7 V
Current: 0.0 A
Power: 0.0 W
Power factor: 0.0
Frequency: 49.9 Hz
Total power import: 0.0 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek 18.9: Bez připojení měřeného přístroje

Zavoláním příkazu se do konzole vypíše názvy proměnných a k nim naměřené hodnoty. Na obrázku 18.9 je vidět chování elektroměru při nezapojené zátěži, tzn. bez připojeného přístroje. V takové situaci se vypíše pouze informace o elektrické síti. Pro Českou republiku se tedy na jedné fázi jedná o 230 V a frekvence je 50 Hz.

Hodnoty oscilují, což je důvod, proč jsou na záznamech rozdílné. Na obrázku A.32 se nachází data měřená při připojení počítače do sítě k nabíjení. Napětí (Voltage) je síťové, frekvence (Frequency) je rovněž dána. Elektroměr měří dále proud (Current) v ampérech, výkon (Power) ve wattech a účinník (Power factor). Elektroměr rovněž sčítá kumulovanou spotřebu (Total power import) v kWh a pro případ exportovaného výkonu měří i ten (Total power export). V rámci testování funkčnosti navrženého prototypu byly k elektroměru připojovány různé domácí spotřebiče. Naměřená data se nachází v přílohách a to na obrázku A.33, kde jsou vidět hodnoty připojeného telefonu do nabíječky. Dále byla měřena stolní lampa, obrázek A.34, rychlovarná konvice má hodnoty zobrazené na obrázku A.35. Ta dosáhla výkonu přes 2000 W. Testovanou položkou byla mikrovlnná trouba s výkonem 1210,7 W, jak je vidět na obrázku A.36. Tak, jak byly spotřebiče připojovány, postupně narůstala kumulovaná spotřeba. Proto si lze všimnout, že u rychlovarné konvice hodnota Total power import vzrostla z 0 kWh na 0,1 kWh a jelikož byla následně připojena i mikrovlnná trouba, celkový Total power import dosáhl na konci testovacího provozu již hodnoty 0,2 kWh.

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 228.1 V
Current: 1.248 A
Power: 271.7 W
Power factor: 0.979
Frequency: 49.9 Hz
Total power import: 0.2 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek 18.10: Data z ultrazvuku Philips Affiniti 50G

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 230.4 V
Current: 0.284 A
Power: 42.6 W
Power factor: 0.647
Frequency: 50.0 Hz
Total power import: 0.2 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

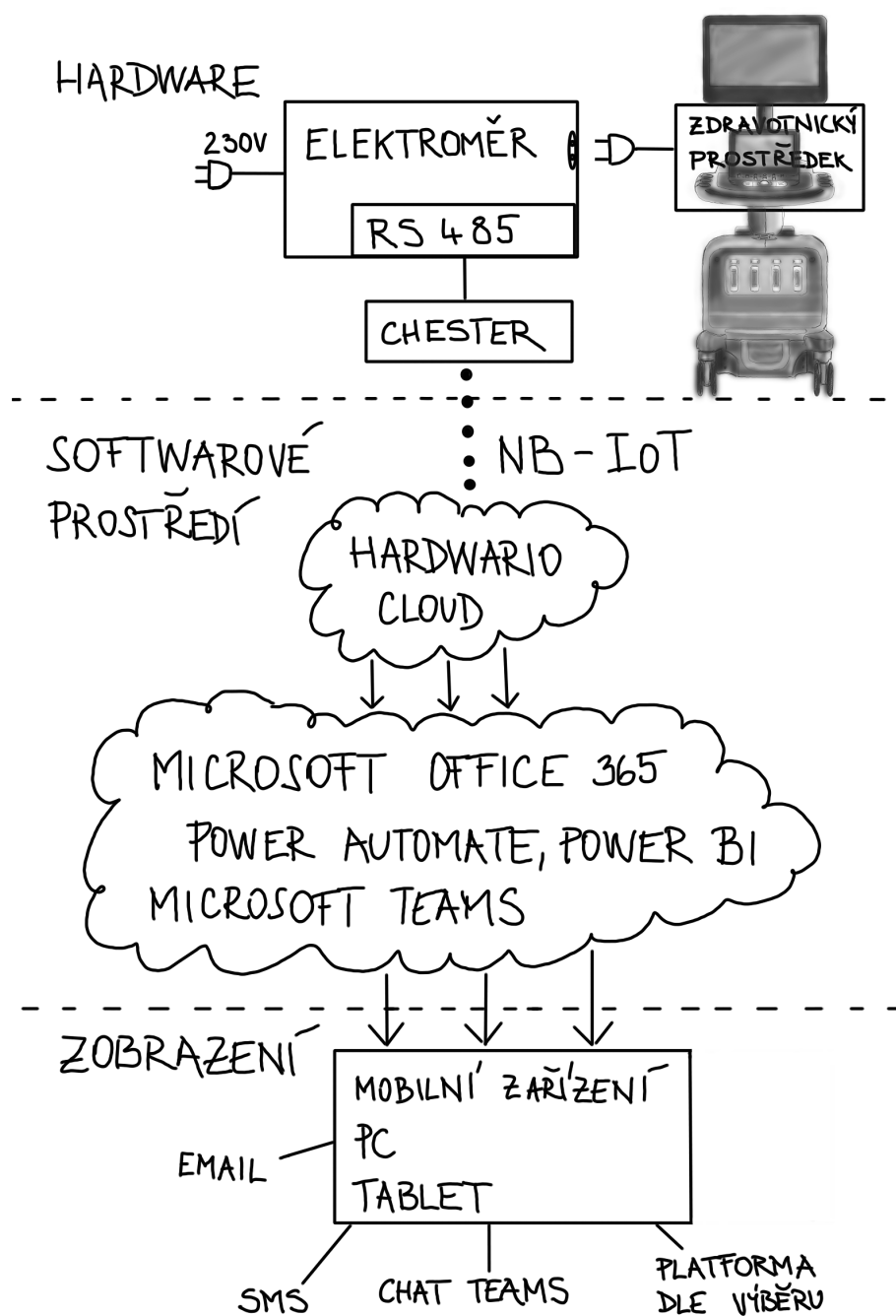
Obrázek 18.11: Data z přístroje INTELLiVue X3 pro měření EKG, respirace a SpO2

Po provedení prvních testovacích měření na domácích spotřebičích, kde se ověřila funkčnost navrženého prototypu inteligentní zásuvky, bylo přistoupeno na druhou fázi testování. To proběhlo v laboratoři funkční diagnostiky na FZS TUL. Prvním zdravotnickým prostředkem, na němž byl prototyp inteligentní zásuvky testován,

byl ultrazvukový přístroj Philips Affiniti 50G s výrobním číslem US518D1092. Nejprve byl zapojen prototyp inteligentní zásuvky do elektrické sítě. Následně byl do zásuvky na mini rozvodnici připojen síťový kabel ultrazvukového přístroje. V dalším kroku byl přepnut jistič do stavu zapnuto. Tím získal ultrazvukový přístroj napájení a následně byl zapnut. Po ustálení ve vyšetřovacím módu proběhlo testovací měření. Během testování byla pořízena fotografie zapojení, která se nachází na obrázku [A.30](#). Zde je vidět napájecí kabel ultrazvuku připojený do mini rozvodnice a mini rozvodnice propojená s počítačem, který slouží pro výpis naměřených hodnot. Data o odběru elektrické energie ultrazvukového přístroje se nacházejí na obrázku [18.10](#). Zde si lze povšimnout, že přestože se jedná o velký ZP, jeho okamžitá spotřeba je 271,7 W a proud činí pouze 1,248 A. Po provedení měření byl ultrazvukový přístroj vypnut a následně odpojen od inteligentní zásuvky. Druhým testovaným ZP byl INTELLiVue X3 pro měření EKG, respirace a SpO2. Výrobní číslo tohoto zdravotnického prostředku je DE61121884. K přístroji náleží monitor Philips s výrobním číslem DE50872116 a jednotka s výrobním číslem DE123720082. Metodika připojení a provedení měření byla totožná s ultrazvukovým přístrojem. Z testovacího provozu byl opět pořízen snímek, který se nachází v přílohách na obrázku [A.31](#). Naměřená data se nacházejí na obrázku [18.11](#). Zde je zajímavé porovnání, kdy INTELLiVue X3 má aktuální výkon 42,6 W a proud pouze 0,284 A, což je téměř čtyřikrát nižší proud než byl naměřen u ultrazvukového přístroje. Již z těchto testovacích dat je patrný rozdíl mezi ZP. Tento rozdíl lze pak následně použít pro další sběr dat, analýzy a prediktivní údržbu. Pro testovací provoz navržené rozvodnice bylo použito prostředí Windows PowerShell.

Navržený prototyp mini rozvodnice pro měření napětí, proudu, výkonu, účinníku, frekvence a celkové kumulované spotřeby se povedlo sestavit a otestovat. Testy proběhly úspěšně. Základní kámen pro navržení řešení prediktivní analýzy, potažmo prediktivní údržby zdravotnických prostředků byl položen.

Vize rozvoje tohoto prototypu je znázorněna na obrázku [18.12](#). Elektroměr s RS-485 je již vyroben. Zařízením jsou myšleny všechny zdravotnické prostředky, které je vhodné monitorovat, včas řešit anomálie provozu tak, aby nedošlo k náhlé poruše a tedy neplánovanému odstavení zdravotnického prostředku z provozu po dobu opravy. Vize počítá s tím, že místo počítače by obsadila konfigurovatelná IoT gateway CHESTER od firmy HARDWARIO. Ta by pomocí ZEPHYR RTOS a LPWAN konektivity komunikovala s HARDWARIO Cloudem. Pro nemocnice by byla optimální LPWAN s označením NB-IoT. S již vlastněným účtem Microsoft 365 a s jeho doplňkovými komponenty, jako je Power Automate a Microsoft Teams by bylo možné pomocí callbacku HTTPS propojit tato prostředí s HARDWARIO Cloud. Zobrazovat data by bylo možné v mobilním zařízení, počítači nebo tabletu. S daty by bylo možné dále pracovat, ať již formou tabulek pro záznamy, vyhodnocovacích tabulek, zasílání zpráv emailem, SMS zprávami a nebo zasíláním zpráv do chatu v Microsoft Teams. S větším množstvím sesbíraných dat lze začít uvažovat o Microsoft Azure, provádět analýzy v Power BI, hledat vzorce chování v datech zdravotnických přístrojů a následně aplikovat prediktivní údržbu. Od jistého množství dat je možné učit umělou inteligenci, nacvičit jí na dodaných souborech tak, aby byla schopna vyhodnocovat budoucí poruchy dříve, než reálně nastanou.



Obrázek 18.12: Vize elektroměru zasílajícího informace o spotřebě pomocí NB-IoT

19 Závěr

Diplomová práce navázala na práci bakalářskou s názvem *Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi obsluhou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby*. Během bakalářské práce bylo navrženo IoT zařízení pro usnadnění a urychlení komunikace mezi zdravotnickými profesemi a biomedicínskými technikami a inženýry. Sestavený prototyp komunikačního IoT terminálu byl testován, splnil kybernetickou bezpečnost a odolnost pro provoz ve zdravotnickém zařízení. Byla použita bezdrátová LPWAN síť pro internet věcí s názvem NB-IoT a hardware, IoT gateway, v průmyslové kvalitě od firmy HARDWARIO. Software byl postaven na běžně dostupných nástrojích Microsoft 365 a to pomocí Power Automate a Microsoft Teams.

V rámci diplomové práce byl vylepšen software prototypu komunikačního IoT terminálu, navržena mobilní aplikace doplňující hardwarový komunikační IoT terminál a nad rámec zadání sestaven prototyp chytré zásuvky v mini rozvodnici pro prediktivní údržbu zdravotnických prostředků prostřednictvím sběru dat o odběru elektrické energie ze sítě.

Teoretická část práce se zabývala referenčním modelem OSI/ISO a TCP/IP. Jedná se o standardy pro komunikaci v počítačových sítích, na nichž pracují architektury přenosu dat výpočetních systémů. Byly popsány vrstvy obou modelů a následně řešena spolehlivost přenosu dat. Jedna kapitola byla věnována Extensible Markup Language, na kterém stojí formalizované struktury přenášených dokumentů nejen ve zdravotnictví. Významný podíl teoretické části byl věnován datovým standardům ve zdravotnictví. Jmenovitě organizaci HL7, světově nejvýznamnějšímu formátu pro přenos dat ve zdravotnictví, dokumentu kontinuity péče, strukturovanému označování výrobků a Clinical Document Architecture, jakožto součásti HL7. Dále se práce zabývala referenčními kategoriemi HL7 a verzemi standardu, z nichž nejnovější je HL7 FHIR. Následně byl popsán formát zpráv a rozhraní HL7. Významné standardy DICOM, SNOMED-CT, mezinárodní klasifikace nemocí a pro Českou republiku zásadní standard DASTA se v teoretické části nacházejí rovněž. Pozornost byla věnována prediktivní údržbě a robotické automatizaci procesů a s tím souvisejícím rizikům.

Praktická část diplomové práce navazuje na popsané techniky codefree a demonstruje praktické využití nástroje Node-RED dle platného doporučení Státního ústavu pro kontrolu léčiv s označením DIS-15 verze 4. Je prezentováno funkční řešení pro sledování a kontrolu teploty při skladování a přepravě léčiv pomocí prototypovacího hardwaru HARDWARIO TOWER a softwarové řešení v Node-RED. Kapitola Komunikační IoT terminál shrnuje softwarové změny provedené k usnadnění dostupnosti terminálu a jeho používání zdravotními sestrami, lékaři či sanitáři. Byl

využit potenciál, který tato IoT gateway nabízí v sestavě čtyř průmyslových tlačítek. Každému tlačítku byly přiřazeny dva zdravotnické přístroje, rozlišení probíhá krátkým či dlouhým stiskem. To znamená, že z, v bakalářské práci navržené možnosti zaslat stiskem informaci o jednom zdravotnickém prostředku, je po softwarových změnách zařízení, které umožňuje hlášení poruchy na osmi zdravotnických prostředcích. Přístroje vybrané pro tento druh rychlého hlášení lze libovolně měnit v tabulce s názvem *nazvy.pristroju.xlsx* s ohledem na měnící se podmínky provozu a s ohledem na snadné přizpůsobení. Softwarové změny v logice byly provedeny v nástroji Power Automate a zpráva o poruše se zasílá do skupiny v Microsoft Teams. Dále je popsán celý proces vývoje mobilní aplikace, jakožto stejně kvalitního a nezávislého řešení pro doplnění hardwarového IoT terminálu. Mobilní aplikace přináší nezávislost na hardwarovém provedení a doplňuje jej v místech a situacích, kde není možno komunikační IoT terminál instalovat. Je popisován proces od počáteční ideje, přes proof-of-concept v nástroji MIT App Inventor při hledání vhodné platformy až po finální, bezpečný a spolehlivý nástroj Power Apps. Zaslání zprávy o poruše probíhá po otevření aplikace a načtení QR kódu s daty o zdravotnickém přístroji na něm nalepeném. Logické operace jsou softwarově řešeny pomocí konektorů v Power Automate a zprávy o poruše se zasílají do emailu a do skupiny v Microsoft Teams s názvem OZT. V obou řešeních je zachována jednotná logika, princip, používání. Pro zdravotníky je nastavena zpětná vazba hlásící úspěšné odeslání zprávy o poruše ZP. Bez rozdílu, zda zdravotník použije mobilní aplikaci nebo jen stiskne tlačítko, dojde k nahlášení poruchy zdravotnického prostředku biomedicínským technikům či inženýrům do pracovního emailu a do skupiny v Microsoft Teams.

Zohledněním rozvíjejícího se IoT, digitalizace ve zdravotnictví a především s prostorem pro vývoj a nasazení nových řešení pro preventivní a prediktivní údržbu zdravotnických prostředků vzniklo nad rámec zadání diplomové práce vlastní řešení inteligentní zásuvky. Tomu předcházelo hledání vhodných variant, které by vývoj řešení usnadnily. Měření proudu se v průmyslu běžně používá, pro prediktivní analýzu na zdravotnických prostředcích není řešení pomocí HARDWARIO Current dostačující, samotná hodnota proudu dobře poslouží u motorů, u odladěných zdravotnických prostředků mnoho informací neposkytne. HARDWARIO Current by bylo vhodným řešením pro vývoj elektroměru, což nebylo předmětem vývoje zařízení pro prediktivní analýzu. Byl prozkoumán trh s tzv. chytrými zásuvkami. Ty běžně dostupné byly zavrženy pro nedoložitelnou historii součástek a softwaru, což je jednoznačně nesplněné kritérium kybernetické bezpečnosti. Významně lepším řešením je NETIO 4 All zásuvka, která tak, jako CHESTER Current je v průmyslové kvalitě. Produkty NETIO nedisponují podporou LPWAN a protože byl hledán produkt pro internet věcí s LPWAN sítí, například NB-IoT, bylo nutné prototyp vyvinout. Vývoj prototypu započal stanovením návrhu. Pro samotné měření byl vybrán elektroměr EM111DIN-AV81X-S1PFB s podporou komunikace RS-485. S odkazem k průmyslové kvalitě byl zvolen standard sériové komunikace RS-485, který pomocí USB/RS-485 převodníku komunikuje s počítačem, na němž se zobrazují změřená data. Měření je navrženo pro jednofázové pevně nepřipojené přístroje, kterých je ve zdravotnictví většina. Prototyp byl složen do mini rozvodnice Schneider Electric Kaedra 6M s DIN lištou. Vedle elektroměru byl osazen jistič

firmy F&G B 16 A. Hardwarové řešení splňuje krytí IP 65. Softwarové řešení komunikace mezi elektroměrem a počítačem bylo navrženo v jazyce Python. V počítači jsou pomocí příkazové řádky vypisována naměřená data připojeného zařízení. Testování navržené inteligentní zásuvky proběhlo na domácích spotřebičích pro ověření bezpečnosti a spolehlivosti přenosu, což bylo splněno. Následovalo laboratorní testování na ultrazvukovém přístroji Philips Affiniti 50G s výrobním číslem US518D1092 a na INTELLiVue X3 pro měření EKG, respirace a SpO2. Oba zdravotnické přístroje se nacházejí v laboratoři funkční diagnostiky FZS TUL. Dále byla navržena vize propojení s IoT gatewayí HARDWARIO CHESTER pro zaslání naměřených dat po LPWAN síti do HARDWARIO Cloudu a následné propojení se softwarem Microsoft 365 pro další zpracování logiky, zobrazování dat, analýzu dat a následnou prediktivní údržbu s pomocí umělé inteligence. Složitým krokem pro uskutečnění této vize je propojení mini rozvodnice po RS-485 a IoT gatewaye CHESTER. Pro komunikaci těchto dvou hardwarových součástí by bylo nutno použít ZEPHYR RTOS. Jedná se o operační systém pracující v reálném čase pro low power zařízení postavený na linuxové licenci. Tento operační systém a integrace navržené inteligentní zásuvky je svou komplexností a složitostí tématem vhodným pro doktorandskou práci.

Diplomová práce přinesla vylepšený komunikační IoT terminál, umožňující hlásit poruchy až osmi zdravotnických prostředků. Rovněž byla vyvinuta plně funkční, na terminálu nezávislá, mobilní aplikace se stejnou funkcí hlášení poruchy na zdravotnickém prostředku. Nad rámec zadání diplomové práce vznikl plně funkční prototyp inteligentní zásuvky pro prediktivní údržbu zdravotnických prostředků. Vylepšený IoT terminál, mobilní aplikace a prototyp inteligentní zásuvky byly sestaveny s ohledem na náročný provoz ve zdravotnických zařízeních. S ohledem na kybernetickou bezpečnost byly zvoleny pouze technologie, které odolnost a bezpečnost splňují. Všechny tři produkty byly testovány v laboratorních podmínkách a svou funkci a spolehlivost potvrdily. Mohou být inspirací pro další vývoj a nasazení do běžné praxe ve jménu digitalizace ve zdravotnictví.

Použitá literatura

- [1] ŠRAMHAUSEROVÁ, Věra. *Návrh prototypu přístroje k zefektivnění komunikace mezi obsluhou zdravotnického přístroje a technicky znalé osoby*. Liberec, 2021. Dostupné také z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/160268>. Bak. pr. Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií. Vedoucí práce Jan KOPRNICKÝ.
- [2] KHAN, Shahnawaz et al. *A step towards society 5.0: research, innovations, and developments in cloud-based computing*. 1. vyd. New York: CRC Press, 2021. ISBN 978-0367685461.
- [3] *Referenční model ISO/OSI - sedm vrstev*. Jiří Peterka, 2015. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a213c110.php3>.
- [4] *2. Model ISO/OSI , TCP/IP*. San Francisco: GitHub, Inc., 2023. Dostupné také z: https://michaelkuty.github.io/ssz-ai-hk-3/_downloads/iso_osi_tcp_ip.pdf.
- [5] *3. Model ISO/OSI – vrstvy*. Brno: SŠTE Brno, 2023. Dostupné také z: <https://matureplus.4fan.cz/pos/3-model-isoosi-vrstvy/>.
- [6] *Síťový model TCP/IP*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2023. Dostupné také z: <https://ct.upce.cz/machalik/puitk-stare/site/treti.htm>.
- [7] *Komunikační model vrstvy TCP/IP I*. Olomouc: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická Olomouc, [b.r.]. Dostupné také z: https://mamut.spseol.cz/nozka/psk/134-tcpip_I/.
- [8] *TCP/IP - model, encapsulace, paket vs. rámeček*. Praha: Petr Bouška, 2005. Dostupné také z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/tcpip-model-encapsulace-paketu-vs-ramecek/>.
- [9] *What is a Point of Presence (PoP)?* Dallas: StackPath, LLC, 2015. Dostupné také z: <https://www.stackpath.com/edge-academy/what-is-a-point-of-presence-pop/>.
- [10] *Bridging the Gap: Medical Device Communication with XML*. Santa Monica: Informa Markets, 2023. Dostupné také z: <https://www.mddionline.com/news/bridging-gap-medical-device-communication-xml>.
- [11] *XML in Healthcare and eCommerce*. Harrogate: Think a Knowledge Tank, [b.r.]. Dostupné také z: <https://thinkandknowledgetank.home.blog/2019/07/24/xml-in-healthcare-and-ecommerce/>.

- [12] *XML Technology in HL7's Patient Medical Record Information Exchanges: XML Technology in HL7's Patient Medical Record Information Exchanges** National Committee on Vital and Health Statistics March 29, 1999. Hyattsville: National Committee on Vital and Health Statistics, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.ncvhs.hhs.gov/wp-content/uploads/2014/05/990329tc.pdf>.
- [13] *Service Architecture: Healthcare XML*. Edina: Barry & Associates, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://www.service-architecture.com/articles/xml/healthcare-xml.html>.
- [14] *XML (Extensible Markup Language)*. Newton: TechTarget, 2023. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/XML-Extensible-Markup-Language>.
- [15] *What is an XML file?* Nový Jižní Wales: Aspose Pty Ltd., 2023. Dostupné také z: <https://docs.fileformat.com/web/xml/>.
- [16] *Co je XML?* Brno: ZONER, a.s., 2022. Dostupné také z: <https://www.interval.cz/clanky/co-je-xml/>.
- [17] *XML Essentials*. Cambridge: W3C, 2015. Dostupné také z: <https://www.w3.org/standards/xml/core>.
- [18] *Rozdíly mezi elektronickými lékařskými záznamy (EMR) a elektronickými zdravotními záznamy (EHR)*. Vancouver: Pro Health Ware, [b.r.]. Dostupné také z: <https://prohealthware.com/cs/differences-between-electronic-medical-records-emr-and-electronic-health-records-ehr/>.
- [19] *Health Level Seven International*. Ann Arbor: Health Level Seven International, 2007. Dostupné také z: <https://www.hl7.org/index.cfm>.
- [20] *Norma pro výměnu dat - Zdravotnictví úroveň sedm, verze 2.5 - Aplikační protokol pro elektronickou výměnu dat v prostředí zdravotní péče*. 03/2011. Praha: Berkely Cert s.r.o., 2011.
- [21] *What are the HL7 standards and how to implement them?* Austin: Altamira.ai, 2023. Dostupné také z: <https://www.altamira.ai/blog/hl7-standard-for-healthcare/>.
- [22] *HL7 Interface design and development*. Lahore: Technosoft Solutions, 2020. Dostupné také z: <https://welldoneby.com/user/TechnosoftSolutions/portfolio/2542-hl7-interface-design-and-development.html>.
- [23] Implementation of Medical Information Exchange System Based on EHR Standard. *HIR, Healthcare Informatics Research*. 2023, roč. 16, č. 4, s. 281–289. Dostupné z DOI: [10.4258/hir.2010.16.4.281](https://doi.org/10.4258/hir.2010.16.4.281).
- [24] *Structured Product Labeling Resources*. New Hampshire Ave Silver Spring, MD: United States government, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.fda.gov/industry/fda-data-standards-advisory-board/structured-product-labeling-resources>.

- [25] *Clinical Document Architecture (CDA): An Overview*. Toronto: INTERFACEWARE Inc., 2023. Dostupné také z: <https://blog.interfaceware.com/clinical-document-architecture-cda-overview/>.
- [26] *Mayo Clinic*. Rochester: Mayo Foundation for Medical Education a Research (MFMER), 2023. Dostupné také z: <https://www.mayoclinic.org/>.
- [27] *The Duke Clinical Research Institute*. Durham: Duke University a Duke University Health System, 2023. Dostupné také z: <https://dcri.org/>.
- [28] *NewYork-Presbyterian Hospital*. NewYork: NewYork-Presbyterian Hospital, 2023. Dostupné také z: <https://www.nyp.org/>.
- [29] *Versions of the HL7 Standard: HL7 resources*. Boston: Lyniate, 2023. Dostupné také z: <https://lyniate.com/resources/hl7-standard-versions/>.
- [30] *RESTful API*. Ann Arbor: Health Level Seven International, 2007. Dostupné také z: <https://www.hl7.org/fhir/http.html%5C#history>.
- [31] *Introduction to InterSystems FHIR Server*. Cambridge: InterSystems Corporation, 2023. Dostupné také z: https://docs.intersystems.com/services/csp/docbook/DocBook.UI.Page.cls?KEY=FAS_intro%5C#FAS_auth.
- [32] *Welcome to FHIR*. Ann Arbor: Health Level Seven International, 2011. Dostupné také z: <https://hl7.org/fhir/index.html>.
- [33] *About the HL7 FHIR Foundation*. Ann Arbor: Health Level Seven International, 2007. Dostupné také z: <https://fhir.org/about.html>.
- [34] *Patient Generated Health Data on FHIR – New Continua Design Guidelines to be Presented at HIMSS18*. Arlington: Personal Connected Health Alliance, 2017. Dostupné také z: <https://www.pchalliance.org/news/patient-generated-health-data-fhir-%5C%E2%5C%80%5C%93-new-continua-design-guidelines-be-presented-himss18>.
- [35] *What Is FHIR®?* Washington, DC: Office of the National Coordinator for Health Information Technology, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.healthit.gov/sites/default/files/2019-08/ONCFHIRFSWhatIsFHIR.pdf>.
- [36] BRAUNSTEIN, Mark L. *Health Informatics on FHIR: How HL7's New API is Transforming Healthcare*. 1. vyd. Cham: Springer, 2018. ISBN 978-3-030-06655-0.
- [37] HUPTYCH, Michal. *Komunikační standardy ve zdravotnictví: Lekařská informatika*. Praha: Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT, 2018. Dostupné také z: https://cw.fel.cvut.cz/b181/_media/courses/a6m33li/standardykomunikace.pdf.
- [38] *Healthcare Standards Overview: HL7, FHIR, DICOM, CCD, ICD-9, ICD-10*. Dallas: Covetus LLC, 2023. Dostupné také z: <https://www.covetus.com/blog/healthcare-standards-overview-hl7-fhir-dicom-ccd-icd-9-icd-10>.
- [39] *IT Explained: HL7*. Nuremberg: Paessler AG, 2023. Dostupné také z: <https://www.paessler.com/it-explained/hl7>.

- [40] BENSON, Tim a Grahame GRIEVE. *Principles of Health Interoperability: FHIR, HL7 and SNOMED CT: Health Information Technology Standards*. 4. vyd. Cham: Springer, 2020. ISBN 978-3-319-30370-3.
- [41] DICOM. Arlington: The Medical Imaging Technology Association (MITA), [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.dicomstandard.org/>.
- [42] *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD)*. Geneva: WHO Headquarters in Geneva, 2023. Dostupné také z: <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>.
- [43] *10. revize Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10)*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=registry-sber-dat--klasifikace--mezinarodni-klasifikace-nemoci-mkn-10>.
- [44] *11. revize Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-11)*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=registry-sber-dat--klasifikace--mezinarodni-klasifikace-nemoci-mkn-11>.
- [45] *Fakta a DASTA*. Ústí nad Labem: Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací, 2020. Dostupné také z: <https://dastacr.cz/fakta.html>.
- [46] *Datový standard MZ ČR - verze 4: Webové služby pro distribuci číselníků datového standardu, DTD a schemat*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, [b.r.]. Dostupné také z: <https://ciselniky.dasta.mzcr.cz/>.
- [47] *Co dnes umožňuje DASTA*. Ústí nad Labem: Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací, 2020. Dostupné také z: <https://dastacr.cz/info-4.html>.
- [48] *Klinické události - základní informace*. Ústí nad Labem: Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací, 2020. Dostupné také z: <https://www.dastacr.cz/dasta/hypertext/MZAYL.htm>.
- [49] *SNOMED CT*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=registry-sber-dat--klasifikace--snomed-ct%5C#o-klasifikaci>.
- [50] *SNOMED International*. London: SNOMED International, 2023. Dostupné také z: <https://www.snomed.org/>.
- [51] *SNOMED CT: O klasifikaci*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2023. Dostupné také z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=registry-sber-dat--klasifikace--snomed-ct>.
- [52] *P-F Curve Explained: Definition and Use Cases in Maintenance*. North Carolina: Brightly Software, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://www.brightlysoftware.com/blog/pf-curve-explained>.
- [53] *What is Predictive Maintenance? Benefits and Tips*. Gebze: Artesis, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.artesis.com/predictive-maintenance/>.

- [54] *Powering Predictive Maintenance with the Snowflake Data Cloud*. Bozeman: Snowflake Inc., 2023. Dostupné také z: <https://www.snowflake.com/trending/how-predictive-maintenance-improving-manufacturing>.
- [55] *Industry 4.0 predictive maintenance plan*. BERGONDO: GRADHOC SMART, S.L., [b.r.]. Dostupné také z: <https://gradhoc.com/Art%5C%C3%5C%ADculo/industry-4-0-predictive-maintenance-plan/>.
- [56] *Applying Power Quality Measurements to Predictive Maintenance*. Fort Myers: Reliabilityweb.com, 2023. Dostupné také z: https://reliabilityweb.com/articles/entry/applying_power_quality_measurements_to_predictive_maintenance.
- [57] *Predictive Maintenance: Defect Analysis Using Electrical Current: Technical Article*. EETech Media, [b.r.]. Dostupné také z: <https://control.com/technical-articles/predictive-maintenance-defect-analysis-using-electrical-current/>.
- [58] *Robotic Process Automation (RPA)*. New York: UiPath, 2023. Dostupné také z: <https://www.uipath.com/rpa/robotic-process-automation>.
- [59] *Robotic process automation (RPA): Definition*. Newton: TechTarget, 2023. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/RPA>.
- [60] *How to explain Robotic Process Automation (RPA) in plain English*. Raleigh: Red Hat, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://enterpriseproject.com/article/2019/5/rpa-robotic-process-automation-how-explain>.
- [61] *Robotic Process Automation (RPA)*. Hong Kong: Intelligencia, 2023. Dostupné také z: <https://intelligencia.co/expertise/analytics/rpa.html>.
- [62] *DEFINITION low-code and no-code development platforms*. Newton: TechTarget, 2023. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/low-code-no-code-development-platform>.
- [63] *Node-RED: Low-code programming for event-driven applications*. San Francisco: OpenJS Foundation, 2023. Dostupné také z: <https://nodered.org/>.
- [64] *DIS-15 verze 4*. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.sukl.cz/leciva/dis-15-verze-4>.
- [65] *What is shadow IT?* Armonk: International Business Machines, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.ibm.com/topics/shadow-it>.
- [66] *What Is Shadow IT?* San Francisco: Cisco Systems, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/what-is-shadow-it.html%5C#~how-shadow-it-works>.
- [67] LACKO, Luboslav. *Mistrovství - Android*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4875-4.
- [68] *MIT App Inventor*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2022. Dostupné také z: <https://appinventor.mit.edu/>.
- [69] *What is Power Apps?* Redmond: Microsoft Corporation, 2023. Dostupné také z: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-apps/powerapps-overview>.

- [70] *Build the right app for the job*. Redmond: Microsoft Corporation, 2023. Dostupné také z: <https://powerapps.microsoft.com/en-us/build-powerapps/>.
- [71] *A Beginner's Guide to Microsoft Power Apps*. New Jersey: AvePoint, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://www.avepoint.com/blog/office-365/microsoft-powerapps>.
- [72] *Healthcare: HIPAA to XML pattern*. Armonk: International Business Machines, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.ibm.com/docs/en/app-connect/11.0.0?topic=healthcare-hipaa-xml-pattern>.
- [73] ŠINDLER, Jaroslav. *Microsoft Teams: praktická příručka pro týmovou spolupráci*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-1023-0.
- [74] GUILMETTE, Aaron. *Workflow Automation with Microsoft Power Automate: Achieve digital transformation through business automation with minimal coding*. Birmingham: Packt Publishing, 2020. ISBN 978-1-83921-379-3.
- [75] *Proudové senzory využívající Hallův jev*. Hajany: Časopis ElektroPrůmysl.cz, 2023. Dostupné také z: <https://www.elektroprumysl.cz/merici-technika/proudove-senzory-vyuzivajici-halluv-jev>.
- [76] *Měření s napěťovou sondou*. Olomouc: ČR - Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy., 2020. Dostupné také z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1033>.
- [77] VLČEK, Lukáš. *Aktivní osciloskopická sonda*. Plzeň, 2018. Dostupné také z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/31531/1/Lukas%5C%20Vlcek_DP.pdf. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Aleš VOBORNÍK.
- [78] *Using Current Monitoring for Predictive Maintenance*. San Jose: NK TECHNOLOGIES, 2023. Dostupné také z: <https://www.nktechnologies.com/engineering-resources/using-current-monitoring-for-predictive-maintenance/>.
- [79] *CHESTER Current*. Liberec: HARDWARIO a.s., 2023. Dostupné také z: <https://shop.hardwario.com/chester-current/>.
- [80] *CHESTER Current*. Liberec: HARDWARIO a.s., 2023. Dostupné také z: <https://www.hardwario.com/cs/chester/current/>.
- [81] *Take Control of Your Electric Bill: How to Measure Home Power Usage*. New York: Ziff Davis, LLC., 2023. Dostupné také z: <https://www.pcmag.com/how-to/how-to-measure-home-power-usage>.
- [82] *How To Check & Measure Your Electricity Usage*. Sydney: Reduction Revolution Pty Ltd, 2023. Dostupné také z: <https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/check-measure-electricity-usage>.
- [83] *How To Track Energy Usage?* North Richland Hills: Electric Rate, 2021. Dostupné také z: <https://www.electricrate.com/data-center/monitor-electricity-usage/>.

- [84] *Kybernetickou bezpečnost ve zdravotnictví lze zajistit pouze se znalostí vlastního prostředí.* Brno: SystemOnLine, 2023. Dostupné také z: <https://www.systemonline.cz/it-security/kyberneticka-bezpecnost-ve-zdravotnictvi.htm>.
- [85] *Zdravotnictví je třetí nejčastěji napadáný sektor ransomwarem – pacienti se stávají rukojmími.* Brno: SystemOnLine, 2023. Dostupné také z: <https://www.systemonline.cz/zpravy/zdravotnictvi-je-treti-nejcasteji-napadany-sektor-ransomwarem-pacienti-se-stavaji-rukojmimi-z.htm>.
- [86] BEYAH, Raheem et al. *Security and Privacy in Communication Networks: 14th International Conference, SecureComm 2018, Singapore, Singapore, August 8-10, 2018, Proceedings, Part I.* 1. vyd. Cham: Springer, 2018. ISBN 978-3-030-01700-2.
- [87] DJENNA, Amir a Diamel Eddine SAIDOUNI. Cyber Attacks Classification in IoT-Based-Healthcare Infrastructure. *2018 2nd Cyber Security in Networking Conference (CSNet)*. 2018, s. 1–4. ISBN 978-1-5386-7045-3. Dostupné z DOI: [10.1109/CSNET.2018.8602974](https://doi.org/10.1109/CSNET.2018.8602974).
- [88] MOOSAVI, Sanaz Rahimi et al. SEA: A Secure and Efficient Authentication and Authorization Architecture for IoT-Based Healthcare Using Smart Gateways. *Procedia Computer Science*. 2015, roč. 52, s. 452–459. ISSN 18770509. Dostupné z DOI: [10.1016/j.procs.2015.05.013](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.013).
- [89] *NETIO*. Praha: NETIO Products a.s., 2023. Dostupné také z: <https://www.netio-products.com/cs>.
- [90] *All about RS485 – How RS485 Works and How to Implement RS485 into Industrial Control Systems?* Taipei: Seeed Studio, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.seeedstudio.com/blog/2021/03/18/how-rs485-works-and-how-to-implement-rs485-into-industrial-control-systems/>.
- [91] *Co je to SCADA?* Ostrava: MICROSYS, spol. s r.o., 1991. Dostupné také z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>.
- [92] *EM111: Installation and use instructions.* Steinhausen: CARLO GAVAZZI HOLDING AG, 2014. Dostupné také z: https://www.enika.cz/data/files/produkty/energy%5C%20m/ELMac1F/em111_im.pdf.
- [93] *EM100 Series and ET100 Series: Communication protocol.* Steinhausen: CARLO GAVAZZI HOLDING AG, [b.r.]. Dostupné také z: <https://www.enika.cz/data/files/produkty/energy%5C%20m/CP/EM100%5C%20and%5C%20ET100%5C%20series%5C%20-%5C%20Modbus%5C%20serial%5C%20protocol%5C%20-%5C%20rev.2.6%5C%20-%5C%20141114.pdf>.
- [94] *EM111 NÁVOD CZ.* Nová Paka: ENIKA.CZ s.r.o., 2019. Dostupné také z: <https://www.enika.cz/data/files/produkty/energy%5C%20m/ELMac1F/EM111%5C%20n%5C%20C3%5C%A1vod%5C%20CZ.pdf>.
- [95] *EM111DIN-AV81X-S1PFB: Jednofázový dvojtarifní elektroměr 32A.* Nová Paka: Enika.cz s.r.o, 2023. Dostupné také z: https://www.enika.cz/em111din-av81x-s1pfb_z23894/.

- [96] *USB to RS485 Serial Converter Cable: Datasheet*. Glasgow: Future Technology Devices International Ltd, 2010. Dostupné také z: https://ftdichip.com/wp-content/uploads/2020/07/DS_USB_RS485_CABLES.pdf.
- [97] *Rozvodnice na omítku Schneider Electric Kaedra 6M IP65 průhledné dveře 13442*. Praha: K&V ELEKTRO a.s., 2023. Dostupné také z: <https://www.kvelektro.cz/rozvodnice-na-omitku-schneider-electric-kaedra-6m-ip65-pruhledne-dvere-13442-p1184887>.
- [98] *Em111*. San Francisco: GitHub, Inc., 2023. Dostupné také z: <https://github.com/hubpav/em111>.
- [99] *Ultrasound System*. Seoul: Samsung Healthcare, 2023. Dostupné také z: https://www.samsunghealthcare.com/en/products/UltrasoundSystem/General_Imaging.

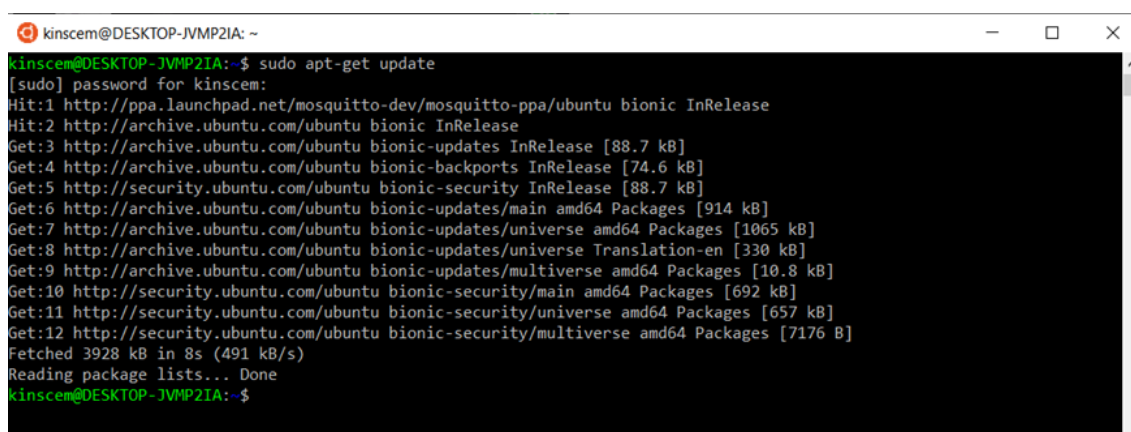
A Přílohy

Přílohy obsahují výpis položek vloženého balíku do IS/STAG TUL. První část obrázkové dokumentace se vztahuje ke kapitole grafického programování a nástroje Node-RED. Následují snímky nastavení podstatných částí upraveného IoT komunikačního terminálu v Power Automate a Excelu. Dále se nacházejí snímky dokumentující vývoj mobilní aplikace. Rovněž je přiložen snímek odkazující na kapitolu o variantách zásuvek. Poslední část obsahuje snímky z vývoje prototypu inteligentní zásuvky a rovněž se zde nachází záznam programu pro vyčítání dat z EM111.

A.1 Obsah vloženého balíku do IS/STAG TUL

- Text práce

A.2 Prostředí Node-RED



```
kinscem@DESKTOP-JVMP2IA: ~  
kinscem@DESKTOP-JVMP2IA:~$ sudo apt-get update  
[sudo] password for kinscem:  
Hit:1 http://ppa.launchpad.net/mosquitto-dev/mosquitto-ppa/ubuntu bionic InRelease  
Hit:2 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic InRelease  
Get:3 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates InRelease [88.7 kB]  
Get:4 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-backports InRelease [74.6 kB]  
Get:5 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security InRelease [88.7 kB]  
Get:6 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/main amd64 Packages [914 kB]  
Get:7 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/universe amd64 Packages [1065 kB]  
Get:8 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/universe Translation-en [330 kB]  
Get:9 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/multiverse amd64 Packages [10.8 kB]  
Get:10 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security/main amd64 Packages [692 kB]  
Get:11 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security/universe amd64 Packages [657 kB]  
Get:12 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security/multiverse amd64 Packages [7176 B]  
Fetched 3928 kB in 8s (491 kB/s)  
Reading package lists... Done  
kinscem@DESKTOP-JVMP2IA:~$
```

Obrázek A.1: Aktualizace nainstalovaných balíčků v CMD

A.3 Komunikační IoT terminál

When a HTTP request is received

HTTP POST URL `https://prod-196.westeurope.logic.azure.com:443/workflows/c331ecdf...`

Request Body JSON Schema

```
{
  "type": "object",
  "properties": {
    "baterie": {
      "type": "integer"
    },
    "id_device": {
      "type": "string"
    }
  }
}
```

[Use sample payload to generate schema](#)

[Show advanced options](#) ▾

Obrázek A.2: Konektor pro nastavení protokolu HTTPS

Convert time zone

* Base time `utcNow()`

Format string `Sortable date/time pattern - 2009-06-15T13:45:30 [s]`

* Source time zone `(UTC) Coordinated Universal Time`

* Destination time zone `(UTC+01:00) Belgrade, Bratislava, Budapest, Ljubljana, Prague`

Obrázek A.3: Nastavení časové zóny

CHESTER message record

* Location	OneDrive for Business
* Document Library	OneDrive
* File	/podminka_stisk_BP.xlsx
* Table	podminka_stisk_tl
but0c	but0c ×
but0h	but0h ×
but1c	but1c ×
but1h	but1h ×
but2c	but2c ×
but2h	but2h ×
but3c	but3c ×
but3h	but3h ×
but4c	but4c ×
but4h	but4h ×
casova_zn	Converted time ×

Show advanced options

Obrázek A.4: Záznam zaslaných hodnot z HARDWARIO Cloud

Device identification

* Location: OneDrive for Business

* Document Library: OneDrive

* File: /nizke_napeti_BP.xlsx

* Table: napeti_ID_odd_zdr

* Key Column: ID_zarizeni_CHESTER

* Key Value: id_device x

Show advanced options

Obrázek A.5: Identifikace komunikačního IoT terminálu CHESTER

Button names

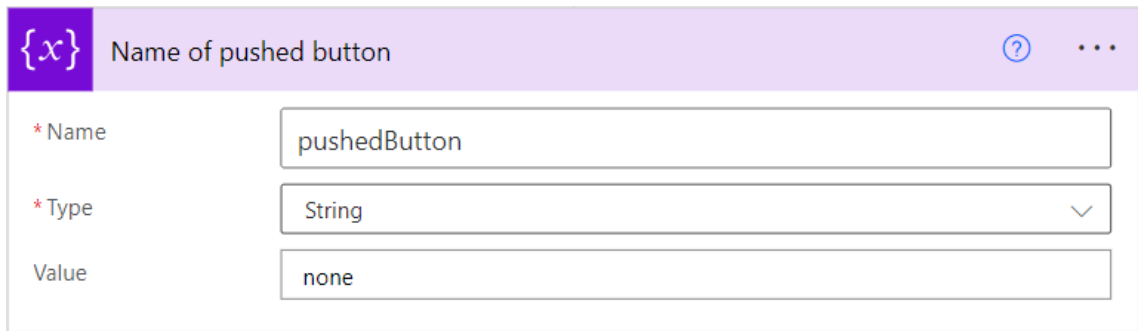
* Name: buttons

* Type: Array

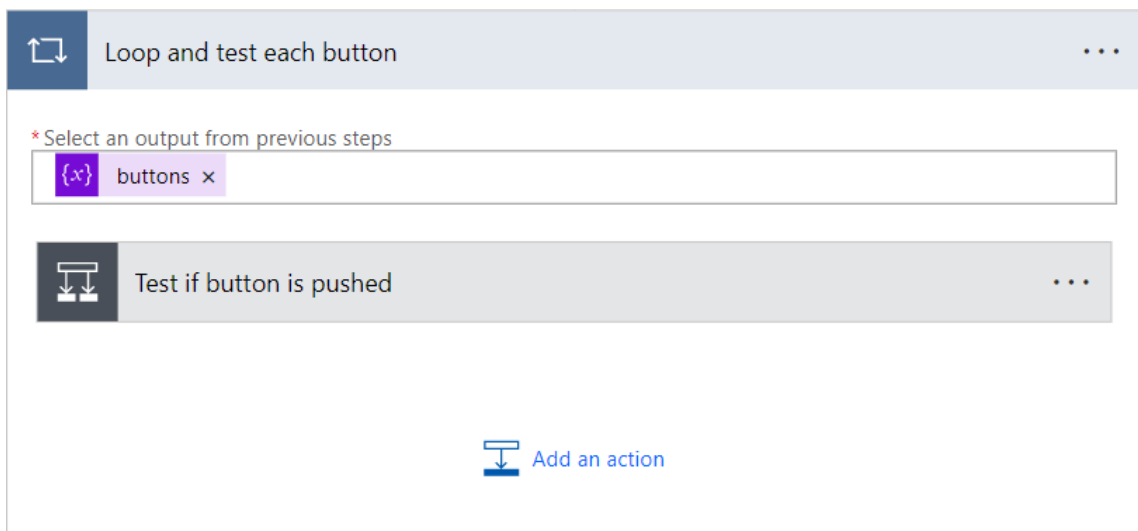
Value:

```
[
  "but0c",
  "but1c",
  "but2c",
  "but3c",
  "but4c",
  "but0h",
  "but1h",
  "but2h",
  "but3h",
  "but4h"
]
```

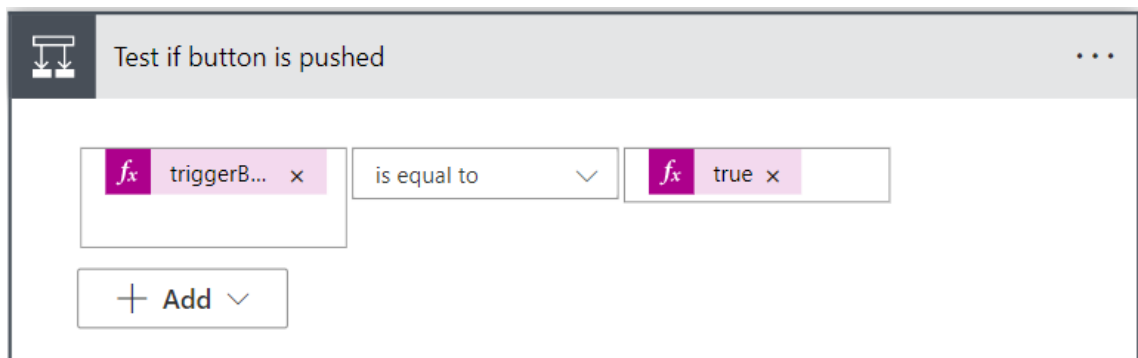
Obrázek A.6: Pole tlačítek



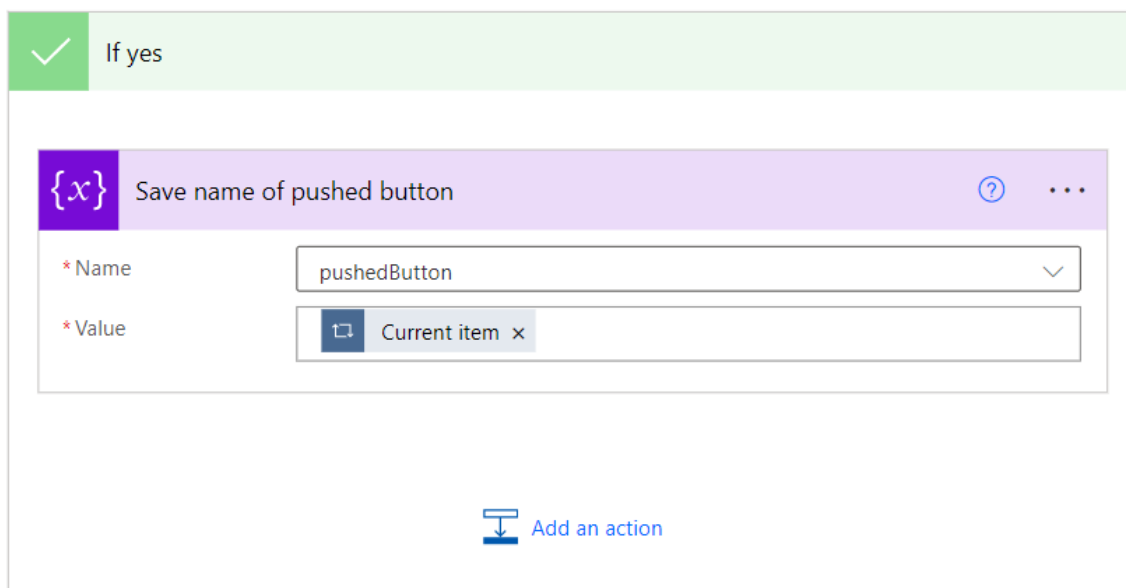
Obrázek A.7: Uložení názvu tlačítka jako řetězec



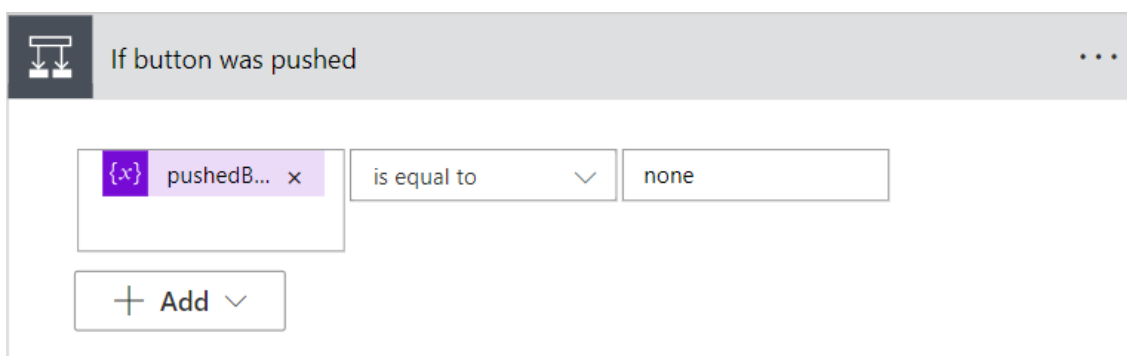
Obrázek A.8: Smyčka pro procházení pole tlačítek



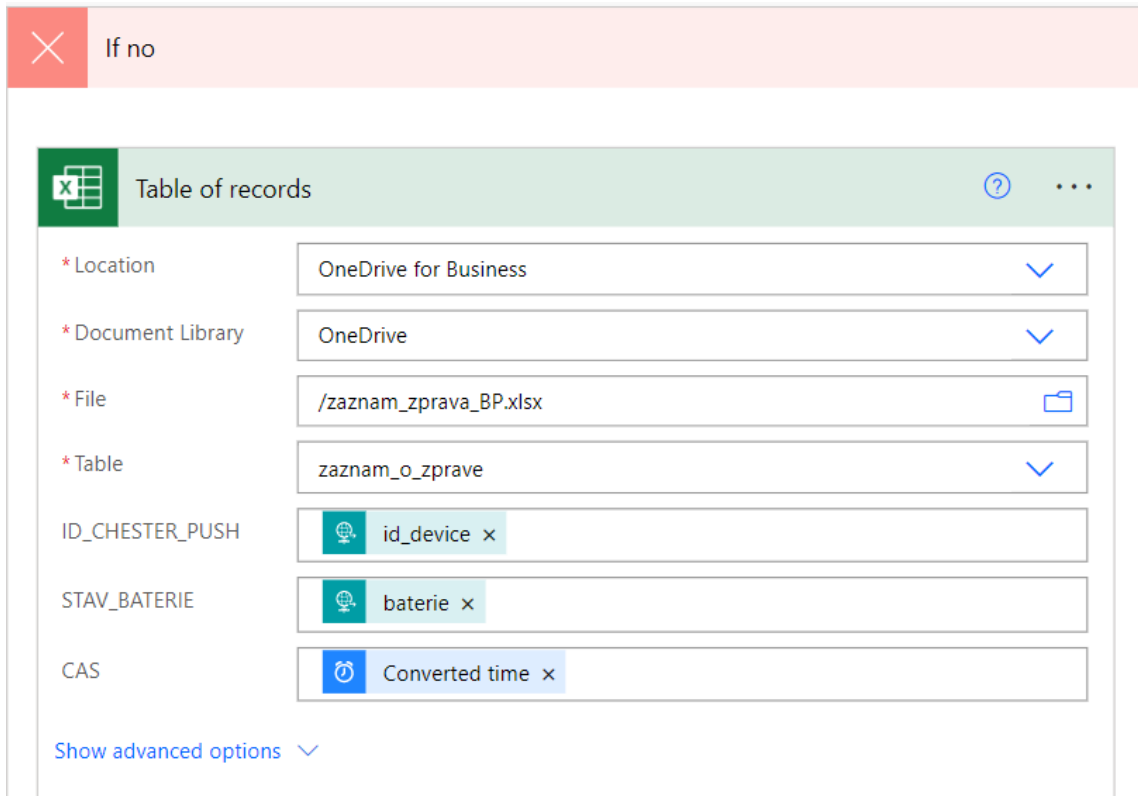
Obrázek A.9: Testování, zda tlačítka mají hodnotu TRUE



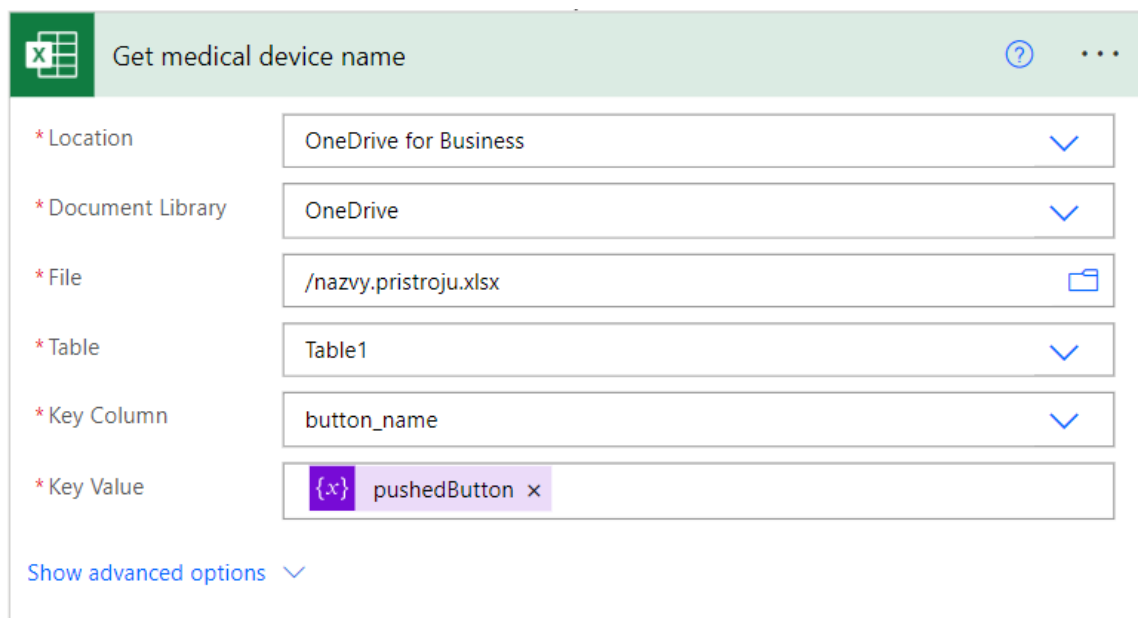
Obrázek A.10: Uložení názvu stisklého tlačítka



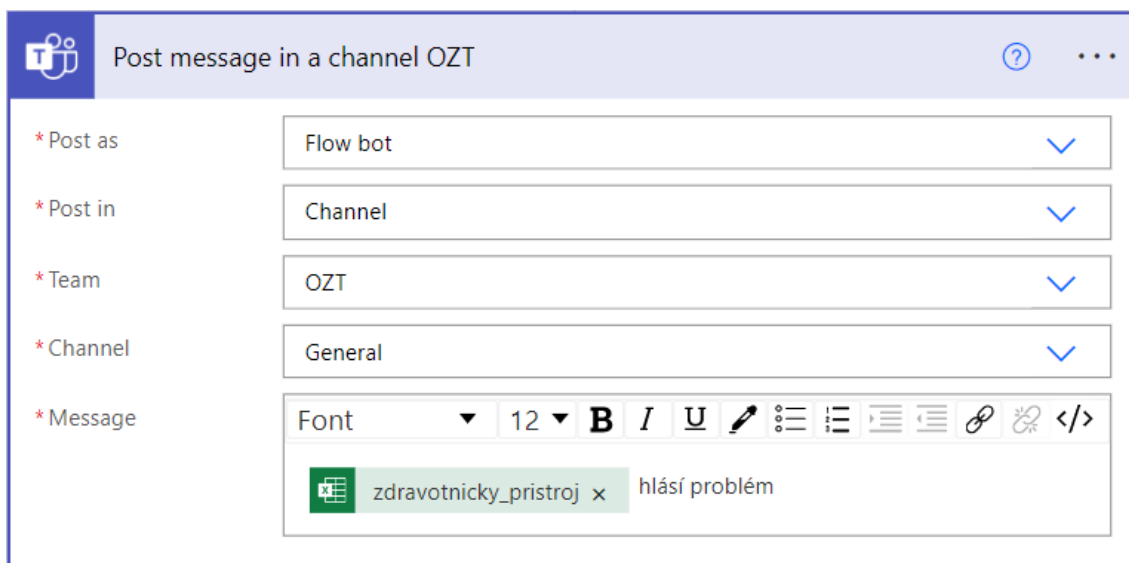
Obrázek A.11: Podmínka, zda proměnná obsahuje uloženou hodnotu



Obrázek A.12: Tabulka se zaslánými daty



Obrázek A.13: Tabulka pro získání názvu přístroje/periferie [99]



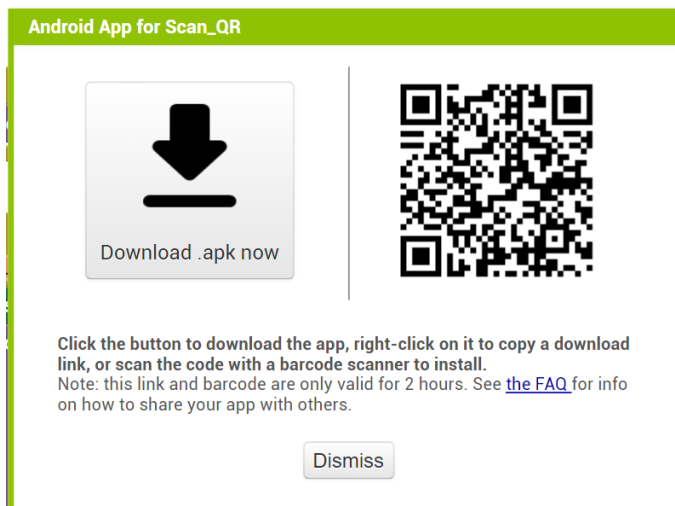
Obrázek A.14: Konektor pro zaslání zprávy do chatu OZT

Tabulka A.1: Tabulka v Excelu s názvy přístrojů, které jsou namapovány na tlačítka IoT terminálu k rychlému hlášení poruchy

zdravotnický_pristroj	button_name	stav
Samsung HERA W10; SN 983; 1. patro; vyšetřovna 3	but0c	
ALPINION konvexní sonda C1-6T; SN 635; 1. patro; vyšetřovna 9	but1c	
Philips EPIQ Elite 7; SN 283; 1. patro; vyšetřovna 1	but2c	
Philips lineární sonda eL18-4; SN 811; 1. patro; vyšetřovna 2	but3c	
ALPINION E-Cube 8; SN 031; 4. patro; vyšetřovna 4	but4c	
Samsung V7; SN 447; 2. patro; vyšetřovna 8	but0h	
Samsung HS60; SN 921; 2. patro; vyšetřovna 5	but1h	
Philips EPIQ Elite 7; SN 577 2. patro; vyšetřovna 6	but2h	
Philips lineární sonda eL18-4; SN 237; 2. patro; vyšetřovna 7	but3h	
Samsung V8; SN 674; 3. patro; vyšetřovna 10	but4h	

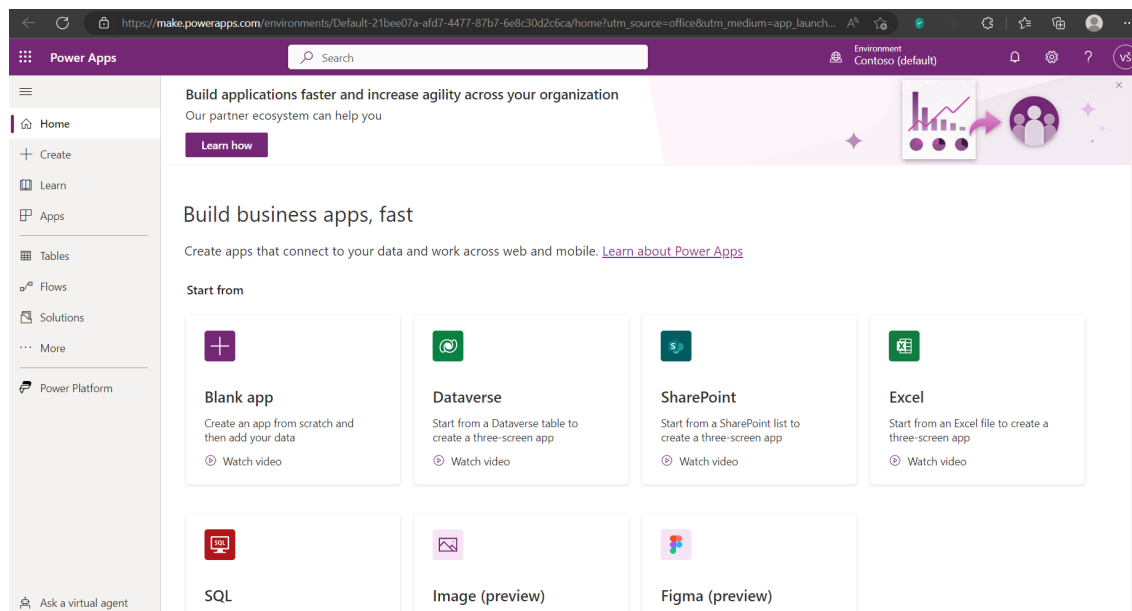
A.4 Vývoj mobilní aplikace

A.4.1 MIT App Inventor

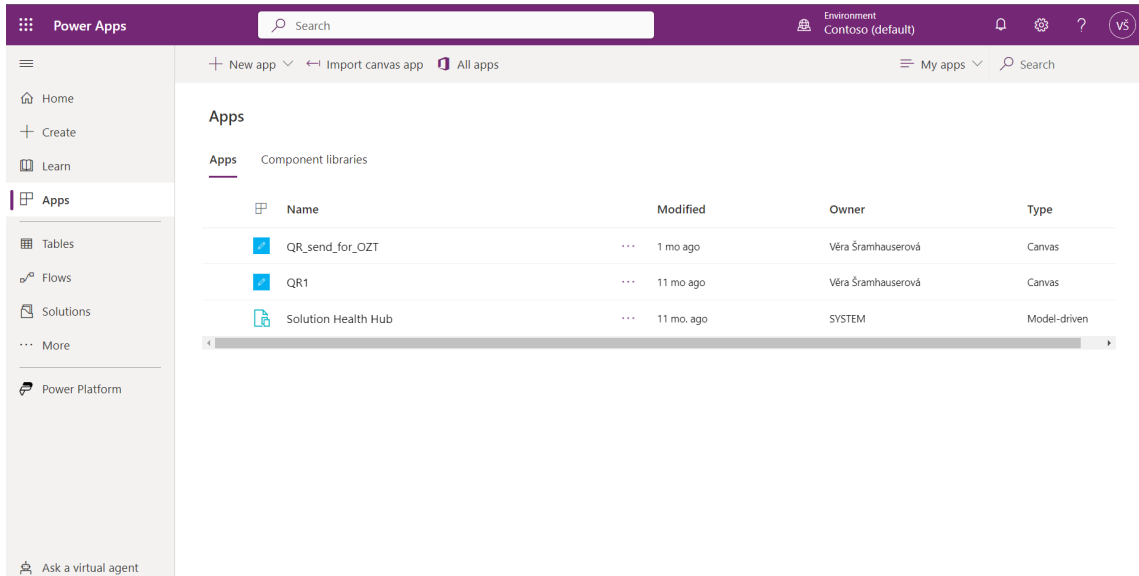


Obrázek A.15: Možnosti instalace naprogramované aplikace v MIT App Inventoru

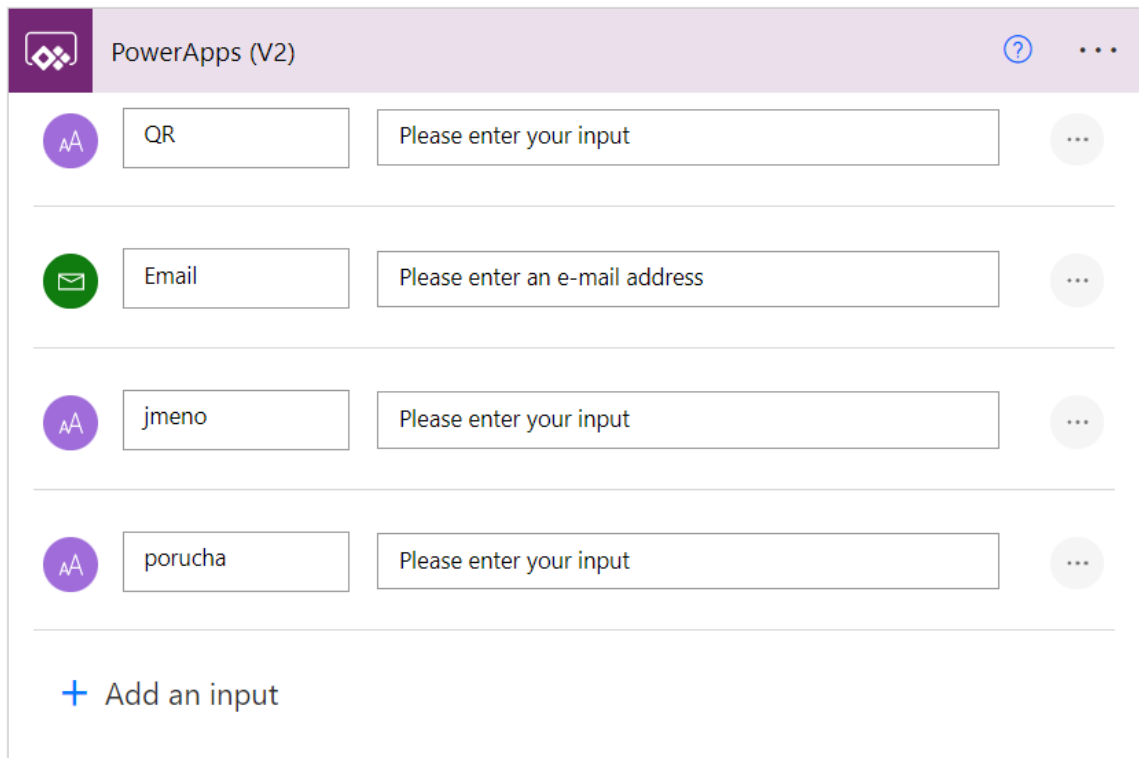
A.4.2 Power Apps



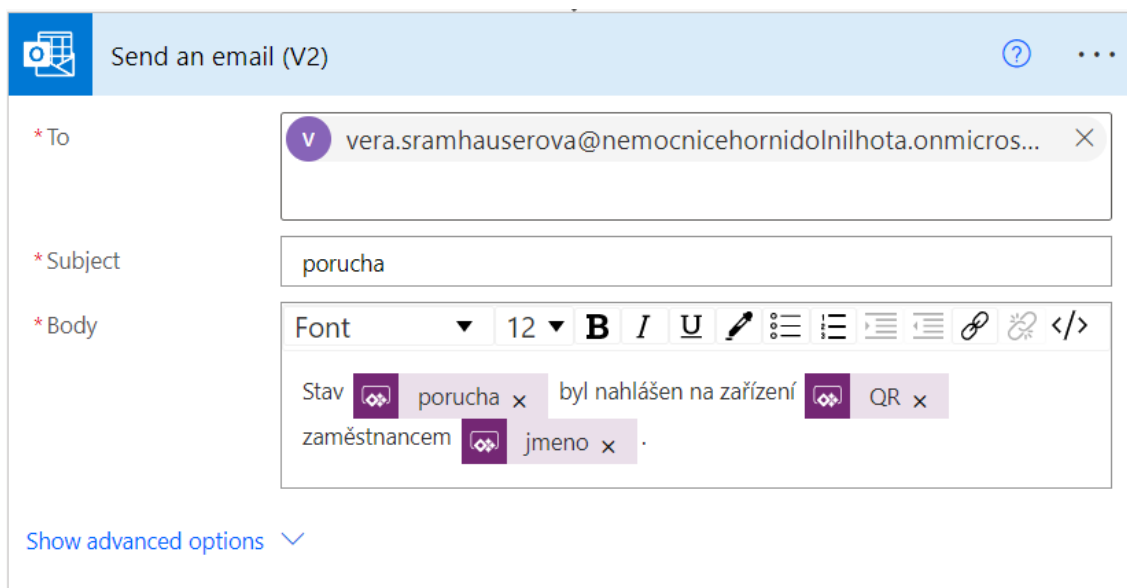
Obrázek A.16: Výchozí stránka Power Apps



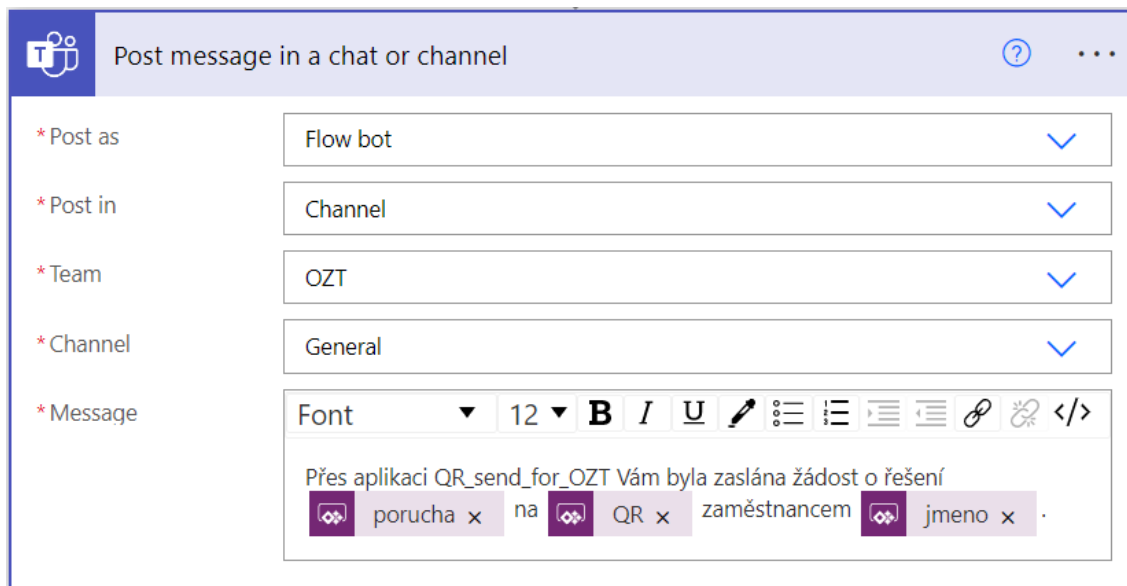
Obrázek A.17: Zálložka Apps a jednotlivé aplikace uživatele



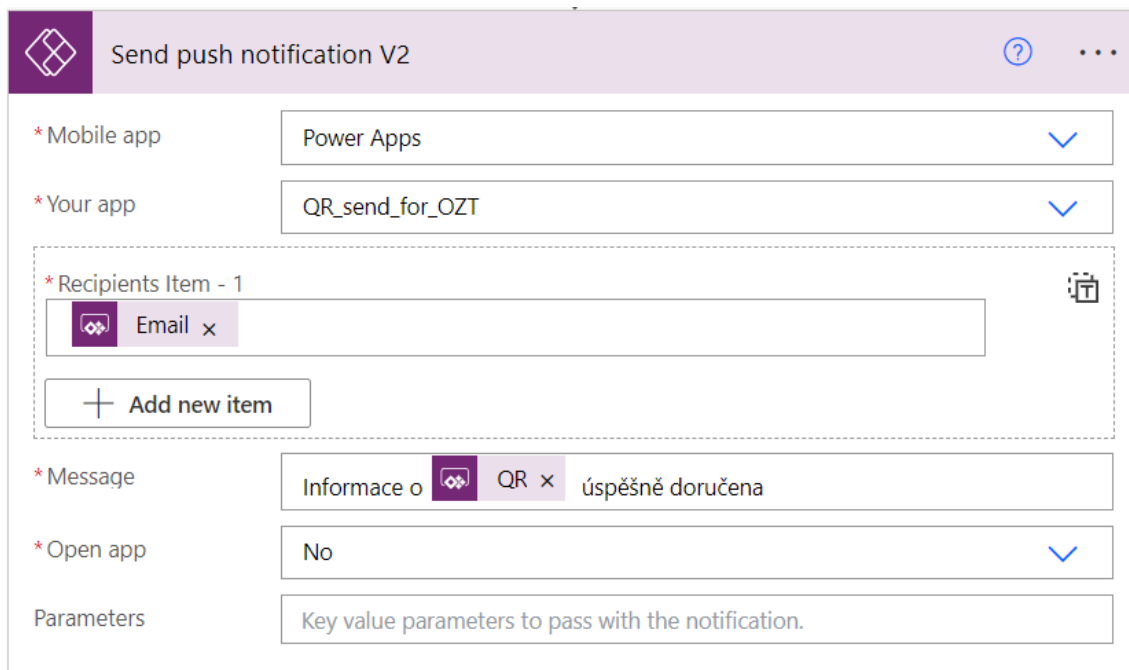
Obrázek A.18: Komponenta PowerApps (V2)



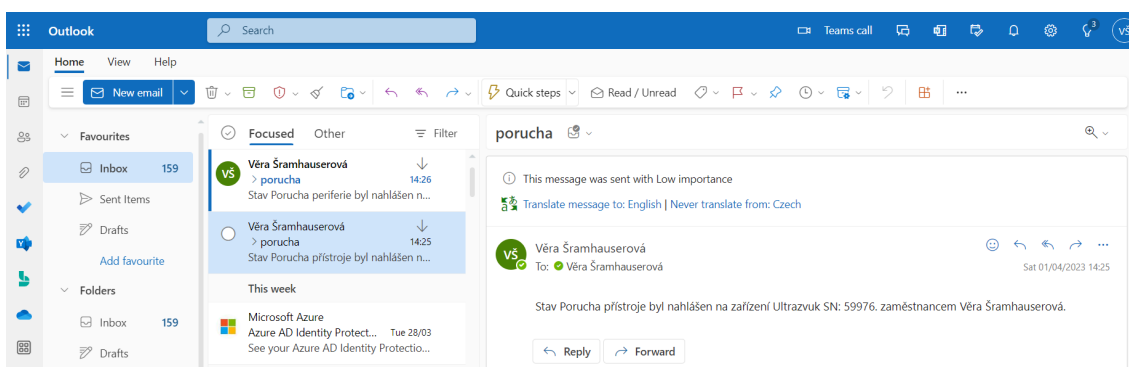
Obrázek A.19: Komponenta pošle email o poruše ZP při použití aplikace



Obrázek A.20: Komponenta zašle zprávu do konverzace nebo kanálu v Microsoft Teams

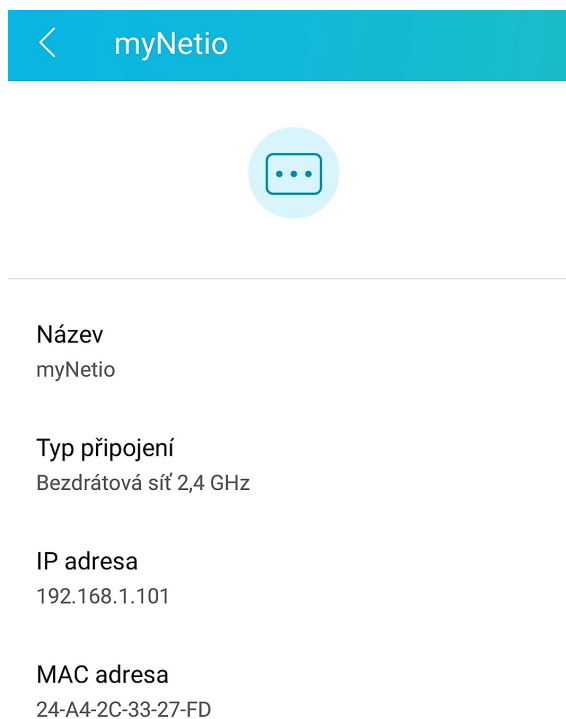


Obrázek A.21: Komponenta pro zaslání zpětné vazby uživateli aplikace o odeslání požadavku

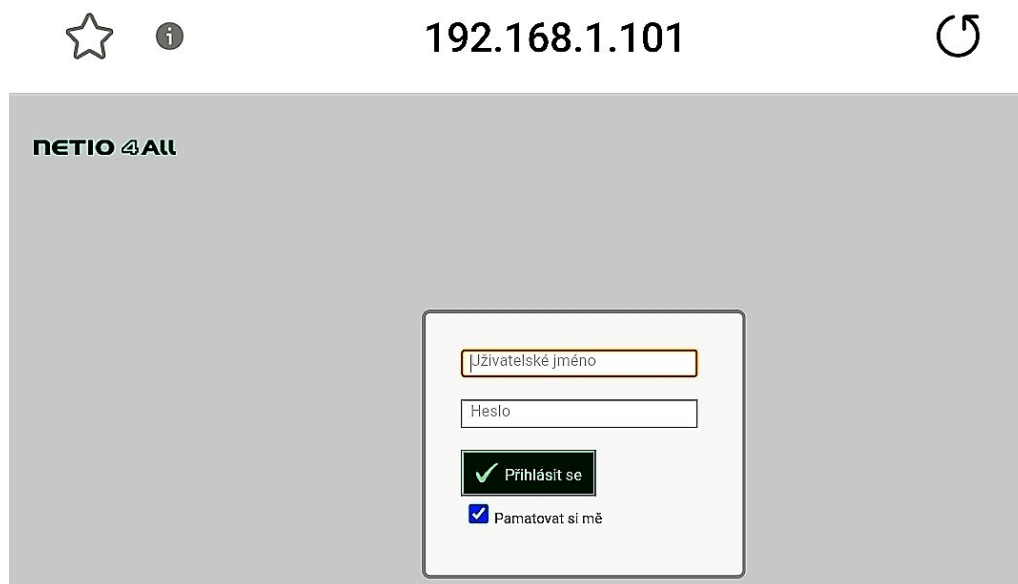


Obrázek A.22: Prostředí emailu s novou zprávou o vzniklé poruše

A.5 Varianty zásuvek



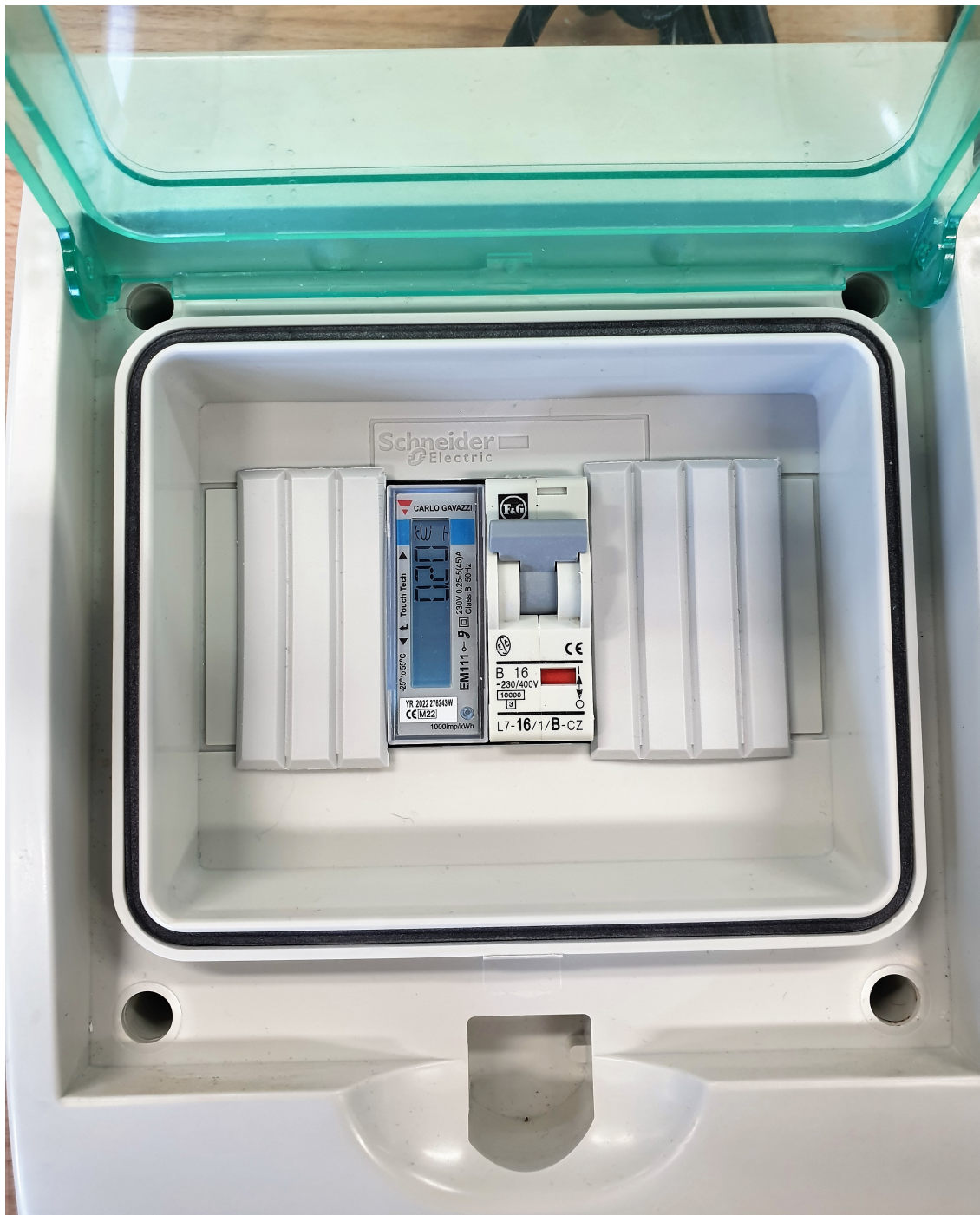
Obrázek A.23: Přiřazení IP adresy v domácí síti pro NETIO 4 All



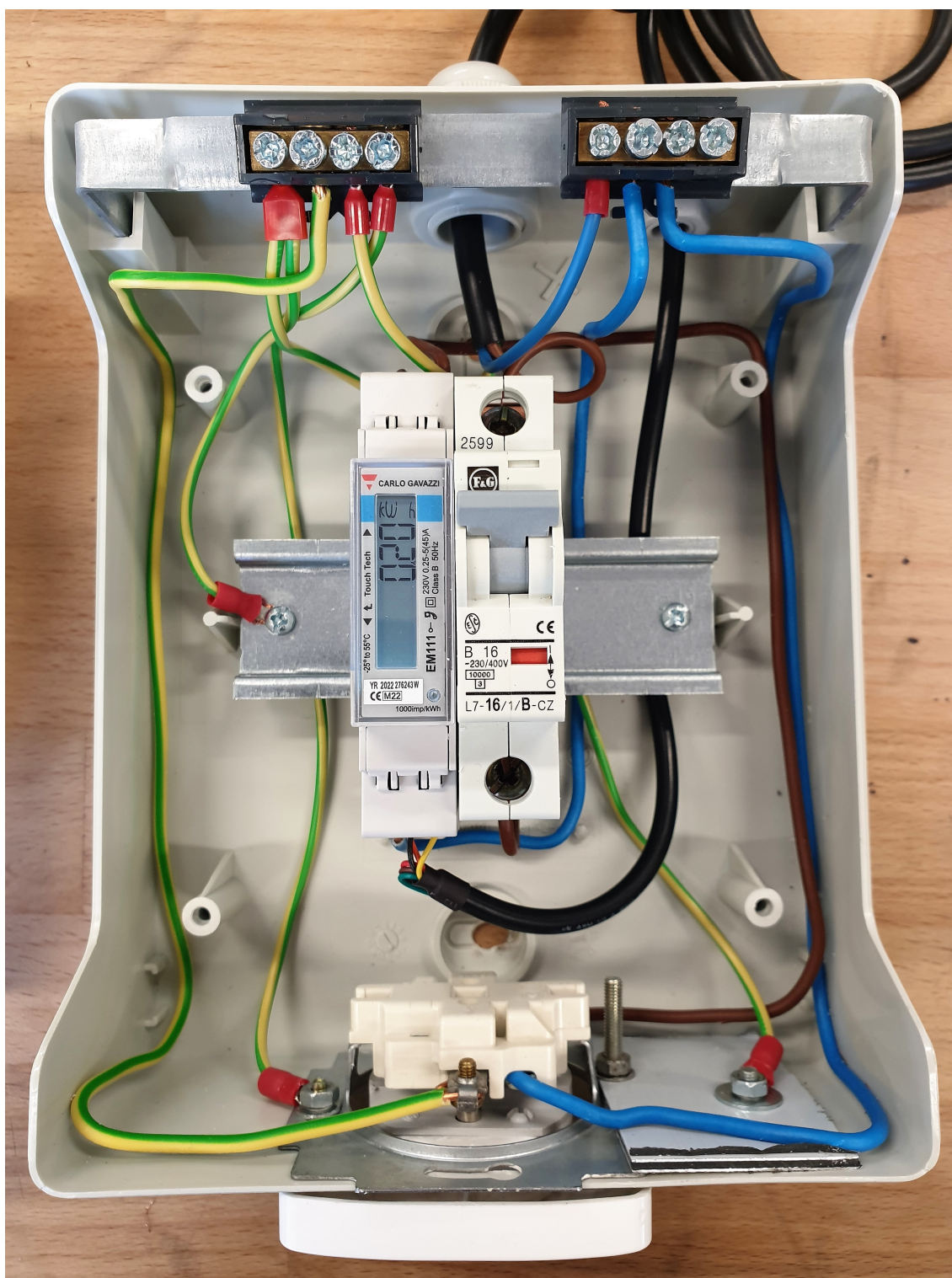
Obrázek A.24: Webové prostředí pro přihlášení se do aplikace NETIO

A.6 Vývoj vlastní inteligentní zásuvky

A.6.1 Hardware



Obrázek A.25: Vzhled mini rozvodnice po kompletaci v provozu



Obrázek A.26: Pohled na zapojení uvnitř rozvodnice



Obrázek A.27: Zásuvka pro připojení přístroje



Obrázek A.28: Vstupy do rozvodnice přes průchodky IP66, vlevo vodič převodníku USB/RS-485 a vpravo síťový vodič

A.6.2 Software

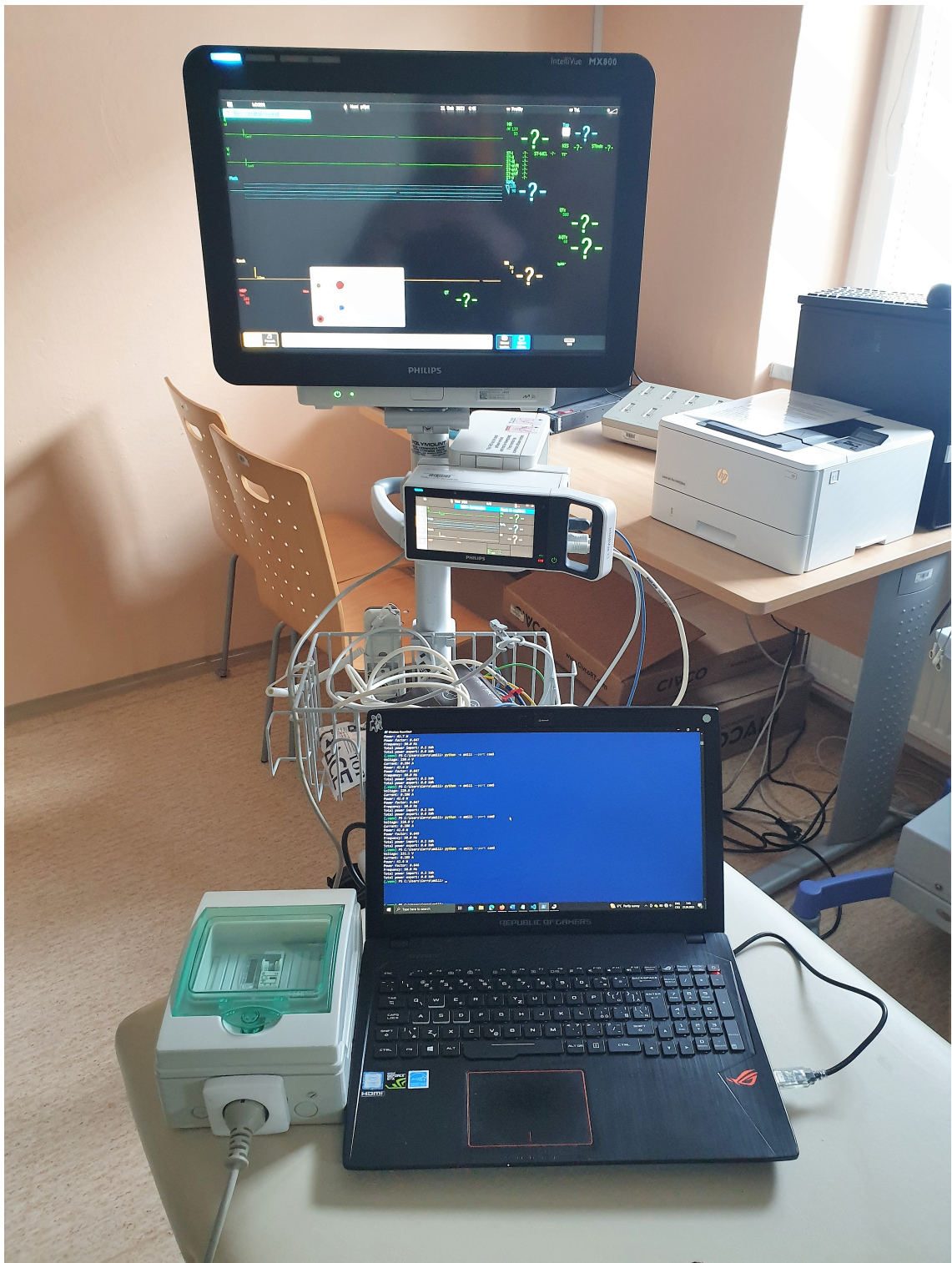
```
1 import click
2 from pymodbus.client import ModbusSerialClient
3 from pymodbus.constants import Endian
4 from pymodbus.payload import BinaryPayloadDecoder
5
6
7 def read_int16(mb, address):
8     result = mb.read_input_registers(address=address, count=1, slave=1)
9     decoder = BinaryPayloadDecoder.fromRegisters(result.registers, byteorder=Endian.Big, wordorder=Endian.Little)
10    return decoder.decode_16bit_int()
11
12 def read_int32(mb: ModbusSerialClient, address):
13    result = mb.read_input_registers(address=address, count=2, slave=1)
14    decoder = BinaryPayloadDecoder.fromRegisters(result.registers, byteorder=Endian.Big, wordorder=Endian.Little)
15    return decoder.decode_32bit_int()
16
17 @click.command()
18 @click.option('--port', required=True, prompt='PORT', help='Serial port.')
19 def main(port):
20    mb = ModbusSerialClient(port=port, baudrate=9600, bytesize=8, parity='N', stopbits=1)
21    mb.connect()
22
23    voltage = read_int32(mb, 0x0) / 10
24    current = read_int32(mb, 0x2) / 1000
25    power = read_int32(mb, 0x4) / 10
26    power_factor = read_int16(mb, 0xe) / 1000
27    frequency = read_int16(mb, 0xf) / 10
28    total_power_import = read_int32(mb, 0x10) / 10
29    total_power_export = read_int32(mb, 0x20) / 10
30
31    print('Voltage:', voltage, 'V')
32    print('Current:', current, 'A')
33    print('Power:', power, 'W')
34    print('Power factor:', power_factor)
35    print('Frequency:', frequency, 'Hz')
36    print('Total power import:', total_power_import, 'kWh')
37    print('Total power export:', total_power_export, 'kWh')
```

Obrázek A.29: Program pro vyčítání dat z EM111

A.6.3 Testování



Obrázek A.30: Testování prototypu inteligentní zásuvky na ultrazvuku Philips Affiniti 50G



Obrázek A.31: Testování prototypu inteligentní zásuvky na EKG, Respiraci, SpO2

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 229.5 V
Current: 0.068 A
Power: 13.9 W
Power factor: 0.885
Frequency: 49.9 Hz
Total power import: 0.0 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek A.32: Počítač

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 229.4 V
Current: 0.086 A
Power: 18.6 W
Power factor: 0.939
Frequency: 50.0 Hz
Total power import: 0.0 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek A.33: Telefon na nabíjecím kabelu

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 229.8 V
Current: 0.127 A
Power: 12.8 W
Power factor: 0.435
Frequency: 50.0 Hz
Total power import: 0.0 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek A.34: Stolní lampa

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 223.9 V
Current: 9.001 A
Power: 2016.5 W
Power factor: 1.0
Frequency: 50.0 Hz
Total power import: 0.1 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek A.35: Rychlovarná konvice

```
(.venv) PS C:\Users\Corra\em111> python -m em111 --port com5
Voltage: 226.5 V
Current: 5.59 A
Power: 1210.7 W
Power factor: 0.996
Frequency: 49.9 Hz
Total power import: 0.2 kWh
Total power export: 0.0 kWh
```

Obrázek A.36: Mikrovlnná trouba