DATA CONCENTRATOR

Petr Dvorský

Master (5), FEEC BUT

E-mail: xdvors11@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Fiedler

E-mail: fiedlerp@feec.vutbr.cz

Abstract: The topic of this paper is the design and realization of a modular Data concentrator for various types of measurements in diverse conditions. The device conception and basic principles are described herein. Also, the lightweight protocol design for radio communication is described. The electrical design of the device as well as the design of the printed circuit board was made using the Eagle Autodesk electronic design automation software (Eagle Autodesk EDA). Control software for a target microcontroller (ESP32-WROOM-32) is based on a FreeRTOS platform and ESP-IDF framework. An IDE for managing this software is Visual Studio Code with PlatformIO extension.

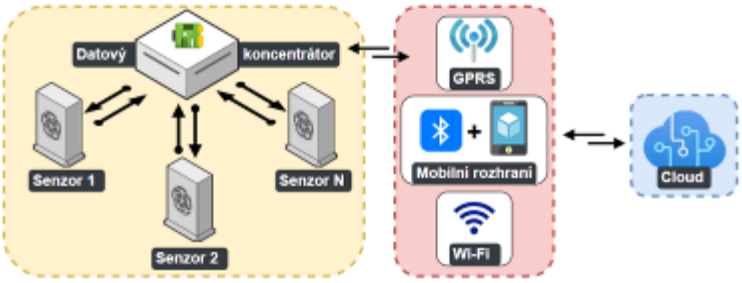
Keywords: data concentrator, eagle autodesk, visual studio code, platformio, cloud

1 ÚVOD

V mé magisterské práci se soustředím na vývoj Datového koncentrátoru pro autonomní sběr dat nejrůznějších fyzikálních veličin z přidružených inteligentních snímačů. Koncentrátor má za úkol komunikovat s jednotlivými připojenými snímači, koncentrovat z nich naměřená data, ty pak vhodně upravit a dále je ukládat ve vhodném formátu na jeho lokální uložiště. Takto získaná data bude koncentrátor exportovat do cloudového prostředí, kde bude docházet k jejich následné kontextualizaci a vizualizaci.

2 KONCEPCE DATOVÉHO KONCENTRÁTORU

Hlavním důvodem pro vytváření dále popisovaného Data koncentrátoru je reakce na ne zcela nový, avšak ne plně vyřešený požadavek vyvstávající v technických, ale i v různých dalších odvětvích, a to mít jednoduchou možnost měřit, ukládat a dále exportovat data v terénních a jiných neobvyklých podmínkách. Za tím účelem je třeba mít k dispozici jednoduché přenosné modulární zařízení, které dokáže data komunikovat s pomocnými senzorickými moduly určenými přímo pro danou měřenou aplikaci přes jednotné komunikační rozhraní a dále měřená data z těchto modulů extrahovat a schraňovat. Koncentrátor by měl takto získaná surová data nejen schraňovat na lokálním úložišti, ale i nahrávat extrahovaný obsah na cloud, kde lze data dále zpracovat, uvést je do širšího kontextu a vdechnout jim tak hlubší smysl. K takto zpracovaným datům by měl následně poskytnout v reálném čase vhodné vizuální vyjádření. Grafická podoba koncepce zařízení se nachází obrázku 1.



Obrázek 1: Grafické vyjádření koncepce Datového koncentrátoru

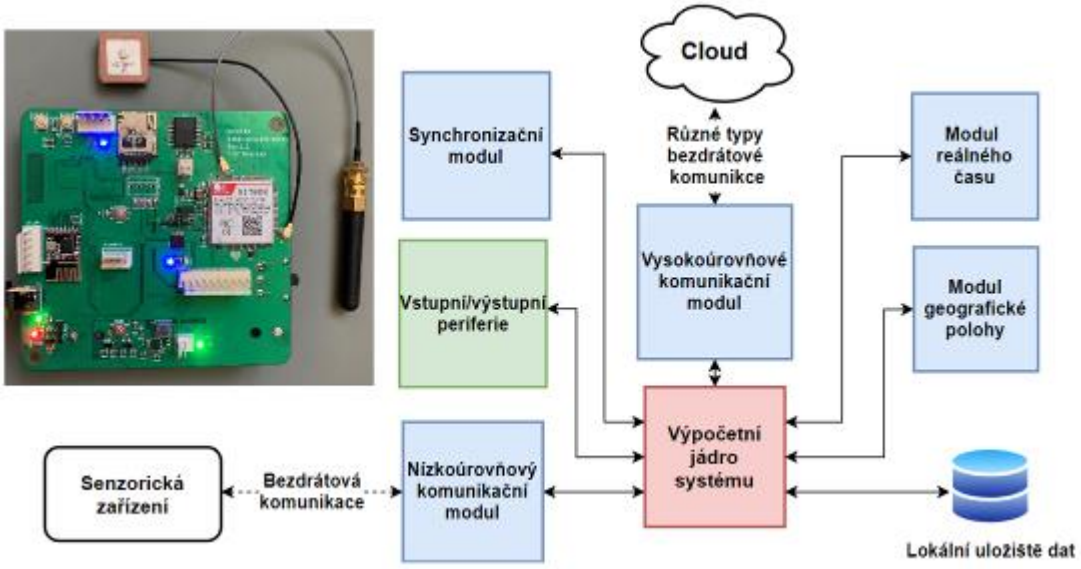
3 OBECNÝ PRINCIP ZAŘÍZENÍ

Princip zařízení je graficky vyjádřen níže na obrázku 2. Celé takovéto zařízení je tvořeno níže vyobrazenými moduly, které budou dále tvořeny vhodnou kombinací jednotlivých nižších hardwarových a softwarových modulů.

Zařízení se skládá ze základního výpočetního jádra, které vhodně komunikuje s jednotlivými podřízenými periferními moduly zařízení a vhodně ovládá jejich funkce. Jako konkrétní jádro koncentrátoru byl zvolen dobře známý MCU modul ESP32-WROOM-32, který obsahuje dvoujádrový 32-bitový procesor Xtensa LX6, se zabudovanou 4 MB SPI flash pamětí a nabízí širokou řadu diverzitních komunikačních periferií, které jsou využity pro komunikaci s níže zmíněnými moduly. Další výhodou tohoto výpočetního modulu je nativně podpora komunikace v rámci Wifi a Bluetooth. [1]

Jedním z prvních, k jádru přidružených, periferních modulů je nízkoúrovňový komunikační modul, který má za úkol komunikovat s jednotlivými senzorickými jednotkami a vyměňovat s nimi základní surová data z jejich měření. Pro takovouto komunikaci byl taktéž navržen níže diskutovaný lightweight protokol. Tento nízkoúrovňový komunikační modul je v tomto případě zastoupen rádiovým vysílačem nRF24L01+, který komunikuje se senzory v rámci ISM pásma frekvencích v možném rozmezí od 2,4 GHz a do 2,525 GHz.

Dalším, pro takovýto koncentrátor naprosto nepostradatelným modulem, je modul lokálního uložiště dat. V tomto případě je v rámci zařízení lokální uložiště zajištěno pomocí SD karty ve formátu FAT32 s možností připojení k výpočetnímu jádru jak přes sběrnici SPI, tak přes nativní rozhraní SD/SDIO/MMC. Toto uložiště je důležité nejen z hlediska průběžného a konečného ukládání naměřených dat ve standartizovaném XML formátu v rámci každého probíhajícího měření koncentrátoru, avšak taktéž obsahuje konfigurační soubor se základními nastaveními a informacemi pro takováto měření Datového koncentrátoru.



Obrázek 2: Principiální blokové schéma Data koncentrátoru a jeho reálná podoba

Následně je taktéž nutné zmínit se jak o modulu vysokoúrovňové komunikace, tak o modulu geografické polohy. Oba tyto moduly v sobě integruje pro tento účel vybraná komponenta SIM808. Pro možnost komunikace dat do cloudového prostředí SIM808 zajišťuje přístup k internetu pomocí na koncentrátoru přítomné SIM karty a standartu GPRS. V rámci něj je umožněno naměřená data komunikovat pomocí HTTP protokolu.

Modul SIM808 taktéž disponuje i GPS modulem s obnovovací frekvencí 5 Hz a přesností 2,5 m CEP - 50 % (Circular error probable – Pravděpodobná kruhová chyba) pro potřeby zaznamenávání aktuální polohy koncentrátoru v případě mobilního venkovního měření. [2]

V neposlední řadě je nutné zmínit modul reálného času a synchronizační modul. Tyto moduly mají za úkol držet v rámci zařízení co nejpřesnější čas a ten vhodně distribuovat k jednotlivým senzorickým jednotkám. V rámci desky koncentrátoru jsou moduly tvořeny integrovaným obvodem DS3231SN v kombinaci s časovačem uvnitř výpočetního jádra, s korekcí na aktuální čas k dané geografické poloze pomocí modulu SIM808 a vstupně-výstupními piny.

Vstupně-výstupní periferie nemusíme nutně uvažovat jako nějaký modul, avšak jsou v podobě LED diody, tlačítka a vstupně-výstupních pinů přítomny pro základní ovládání a nastavení takovéhoto koncentrátoru.

4 LIGHTWEIGHT KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL

V rámci nízkoúrovňové komunikace mezi jednotlivými senzorickými jednotkami a koncentrátorem je v rámci rádiového modulu nRF24L01+ již nativně implementován komunikační protokol Enhanced ShockBurst (ESB) pro výměnu dat mezi jednotlivými rádiovými moduly, včetně arbitrážní preambule, dynamické velikosti přenášených dat, či kontrolního součtu apod. Navržený lightweight protokol je však nadstavbou nad tímto zmíněným protokolem a definuje jak jednotnou strukturu přenášených surových dat, tak i celistvý průběh komunikace. [3]

Lightweight protocol - Datový rámec									
HEAD - Hlavička			Payload - Vlastní přenášená data						
Délka	ID	CMD	Ser. č.	Protokol Ver.	Datový typ	Multiplikátor	Fyz. jednotka	Měř. hodnota	Čas. značka
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	4 Bytes	8 Bytes

Obrázek 3: Lightweight protocol – Datový rámec

Protokol je založen na komunikačním modelu Leader/Follower (dříve Master/Slave), kdy v roli Leadera – Vůdce je výše zmíněný datový koncentrátor a v roli Followerů – Následovníků jsou jednotlivé senzorické jednotky. Dále je v rámci protokolu definováno několik konfiguračních rámců pro možnost arbitráže v rámci komunikace a jeden datový rámec pro komunikaci již konkrétních měřených hodnot ze senzorických jednotek směrem k Datovému koncentrátoru.

Komunikaci vždy zahajuje vůdce, který nejdříve zjišťuje dostupnost jednotlivých následovníků na předem definovaných adresách. Pokud je daný následovník aktivní, odpoví definovaným potvrzovacím rámcem. S aktivními následovníky lze následně zahájit měření speciálním startovacím rámcem, který mimo hlavičku a další parametry obsahuje i přesný aktuální čas a čas, kdy bylo samotné měření zahájeno. Následovníci tento rámec standartně potvrdí a v rámci aktivního měření již komunikují směrem k vůdci pouze svá naměřená data zapouzdřená ve standartním datovém rámci. Vůdce přijetí těchto datových rámců již potvrzuje pouze v rámci výše zmíněné nižší komunikační vrstvy ESB. Ukončení celého měření a komunikace opět inicijuje vůdce definovaným ukončovacím rámcem, na který následovníci standartně odpovídají potvrzovacím rámcem.

Vzhledem ke skutečnosti, že se v našem případě v rámci komunikovaných dat jedná o měření nejrůznějších fyzikálních veličin, je třeba se samotnou změřenou číselnou hodnotou taktéž přenášet její fyzikální jednotku a její multiplikátor. Dále je taktéž nutné definovat datový typ přenášené číselné hodnoty pro její korektní uložení a zpracování a v neposlední řadě je taktéž nutné definovat časovou značku této hodnoty pro její evidenci vzhledem k časové oblasti. K tomu slouží datový rámec uvedený výše na obrázku 3.

Takto postavený protokol tedy pevně definuje strukturu a průběh komunikace a dále zajišťuje, že přenášená data budou vždy bezezbytku kompletně popsána a nemůže tak dojít k jejich dezinterpretaci a nevhodnému zpracování.

5 VÝVOJ A REALIZACE DATOVÉHO KONCENTRÁTORU

Prozatímní vývoj Datového koncentrátoru obsahoval vhodný výběr komponent pro zařízení, na základě takto vybraných komponent vytvoření návrhu elektrického schéma a následně návrhu výsledné desky plošných spojů ve EDA softwaru, kterým v tomto případě byl zvolen Eagle Autodesk.

Deska plošných spojů byla na zakázku realizována u externího výrobce JLCPCB a při dodání byla ručně osazena vybranými komponenty. V neposlední řadě bylo třeba takovéto zařízení oživit, ověřit jeho požadované chování a elektrické vlastnosti. Takto oživené a zprovozněné zařízení lze vidět na obrázku 2.

Řídicí software pro datový koncentrátor je spravován v prostředí Visual Studio Code v rámci doplňku PlatformIO, které je určeno právě pro vývoj takovýchto vestavěných zařízení. Samotný software je realizován v rámci frameworku ESP-IDF, což je nativní framework platforma pro výše vybraný MCU modul ESP32-WROOM-32 a využívá operační systém reálného času FreeRTOS.[4][5]

6 ZÁVĚR

V tomto článku jsme byli nejdříve seznámeni se samotnou koncepcí Datového koncentrátoru a důvody, které vedly k tvorbě, vývoji a realizaci takovéhoto zařízení.

Následně zde byl v rámci obrázku 2 vyobrazen obecný princip zařízení a dále podrobněji popsána funkčnost a výběr jednotlivých komponent, ze kterých se Datový koncentrátor skládá.

V neposlední řadě byl detailněji vysvětlen navržený lightweigth protokol pro komunikaci koncentrátoru s jednotlivými senzorickými členy a byl vysvětlen důvod vzniku takovéhoto protokolu, jeho princip a použití. Pro ukázku byl na obrázku 3 taktéž vyobrazen datový rámec tohoto protokolu.

Jako poslední byl v krátkosti zmíněn průběh samotného vývoje a realizace Datového koncentrátoru vzhledem k návrhu hardwaru a programového vybavení. Reálná podoba Datového koncentrátoru je taktéž uvedena na obrázku 2.

V budoucnu bude Datový koncentrátor rozšířen o ucelené programové vybavení, výběr a nastavení vhodné cloudové prostředí a vyzkoušení funkčnosti zařízení jako celku.

REFERENCE

[1] ESP32-WROOM-32: Datasheet Version 3.0. Espressif.com [online]. Shanghai: Espressif Systems Co., 2021 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf

[2] SIM808 Hardware Design V1.03 [online]. Shanghai SIMCom Wireless Solutions, 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z URL:

https://simcom.ee/documents/SIM808/SIM808_Hardware%20Design_V1.03.pdf

[3] NRF24L01+ - Single chip 2.4Ghz Transceiver: Preliminary product specification v1.0 [online]. NORDIC Semiconductors [cit. 2021-03-12]. Dostupné z URL:

https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Pluss_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf

[4] ESP-IDF Programming Guide: Documentation for Espressif IoT Development Framework. Espressif.com [online]. Shanghai: Espressif Systems Co., 2021 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z URL:

https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/

[5] BARRY, Richard. Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel: A Hands-On Tutorial Guide. Freertos.org [online]. Real Time Engineers, 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z URL:

https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf