

## DG16P02M050-3 SYSTÉM MĚŘICÍCH ÚSTŘEDEN

---

### **KONCEPČNÍ NÁVRH**

V současné době pro potřeby monitorování konstrukcí in-situ využívá KÚ komerční měřicí ústřednu dataTaker nebo také vlastní vyvinuté měřicí ústředny postavené na Mikrocontroleru Analog Devices AduC 847 na základě Intel 8051 nebo AduC 7060 na základě ARM7.

Používaná komerční varianta dataTaker je vhodná pro celou řadu čidel, snímačů a je zde integrovaně řešené připojení přes celou řadu rozhraní (včetně internetu). Je ovšem energeticky náročná a v podmínkách bez elektrické sítě potřebuje těžký záložní kapacitní akumulátor. Dostupné měřicí ústředny jsou sice minimálně energeticky náročné, schopné měřit několik měsíců z lithiového akumulátoru 3200 mAh, ale připojení je možné pouze přes RS232-USB rozhraní, a proto jsou omezené možnosti připojení těchto zařízení do intranet/internet sítě.

Navrhované řešení má za cíl sestavit měřicí ústřednu s co nejmenší energetickou náročností, ale i s bezdrátovým přepojením do sítě WiFi nebo budované sítě LoRa pro internet věcí a odstranit tak nevýhody obou předchozích řešení. Cílem měření byly tyto veličiny používané pro monitorování konstrukcí:

- potenciometrické snímače různého provedení,
- tenzometrické můstky fóliové, drátkové a polovodičové v různých provedeních,
- snímače síly,
- teploměry,
- vlhkoměry,
- tlakoměry,
- akcelerometry,
- napěťové vstupy pro rozsahy jednotek až stovek mV s různou rychlostí a rozlišením, případně proudové smyčky,
- různé další snímače fyzikálních veličin, a to z čidel obsahujících další elektronickou komunikaci prostřednictvím sběrnice I2C SPI a jiných metod datové komunikace.

Nízká energetická náročnost a možnost bezdrátové komunikace přináší výhody v případě, kdy nelze využít připojení k elektrické síti, a to v možnosti napájení z méně kapacitních akumulátorů (nebo významně lepší energetickou bilanci při použití solárního panelu). Dalším přínosem je využití bezdrátové komunikace a odstranění dlouhých vedení k jednotlivým sensorům a tedy významné zjednodušení kabeláže.

---

### **POPIS VZORKU**

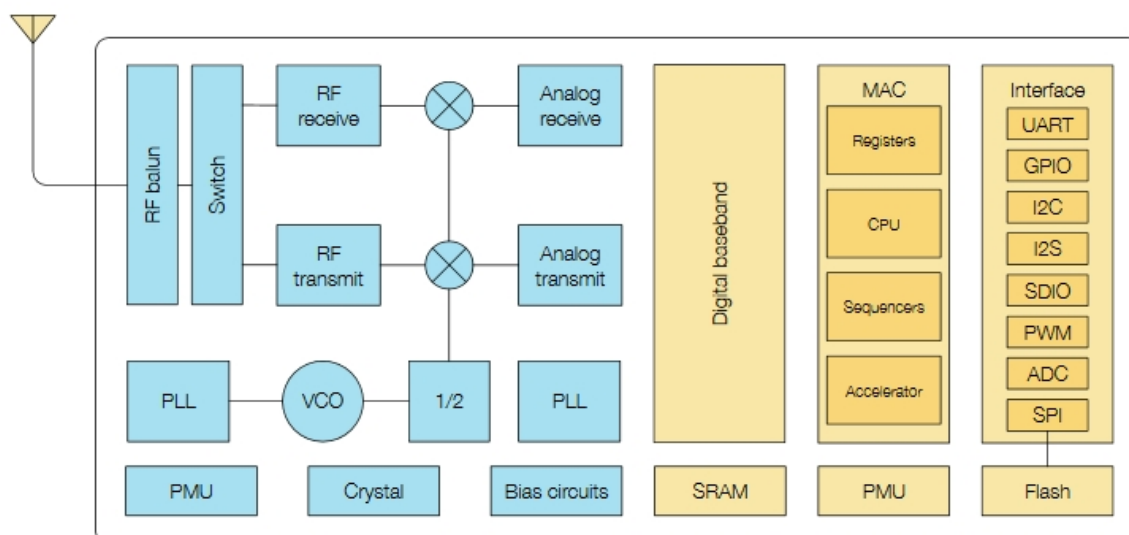
Funkční vzorek systému měřicích ústředí sestává ze sady zařízení, která komunikují primárně bezdrátově pomocí sítě WiFi nebo LoRa. Pro nastavování zařízení je možné dataloger připojit pomocí rozhraní USB/RS 232.

#### **1. Hardware**

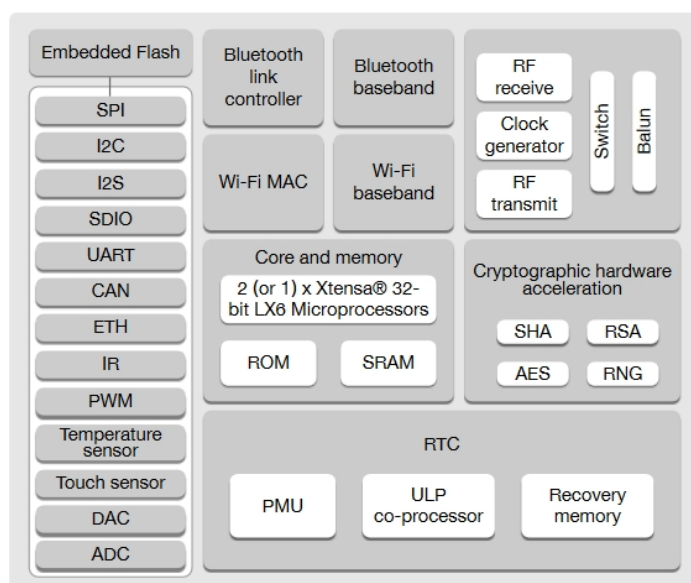
Pro měřicí ústředny byly vykonány různé testy a připraveno několik miniaturních konstrukcí s procesory Tensilica Espressiv ESP8266 a ESP32, které tvoří funkční vzorek měřicího systému. Dostupnost prvních vzorků ESP 8266 byla v roce 2014 a ESP32 v r 2016, takže se jedná o zcela nové komponenty na trhu.

K této volbě nás vedly předpoklady dostatečných možností pro další vývoj i nová moderní architektura a technologie umožňující příznivý poměr spotřeba/výkon, což je třeba pro miniaturní bateriemi napájené aplikace. Mají dostatečnou rychlost i paměť pro programy a data. Existuje řada

zabudovaných periférií (Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i 2.4 GHz ,SPI, I2C, I2S, UART, Ethernet), podpora CAN2, PWM, A/D Převodník SAR, PWM pro motory. Funkční schémata jsou na obr. 1 a obr. 2, viz také [1, 2]. Dále to byla velmi nízká cena. Vývojové nástroje pro programování zařízení jsou z oblasti Open Source, kde není třeba platit licenční poplatky. Intenzivní vývoj v různých oblastech jejich použití naznačuje, že patrně budou úspěšné. Existují detailní popisy i odkazy na vývojové nástroje založených na GNU C, Mingw32, C++, Arduino, případně Lua a Python [3 až 8].



Obr. 1: Funkční diagram Tensilica Espressiv ESP8266

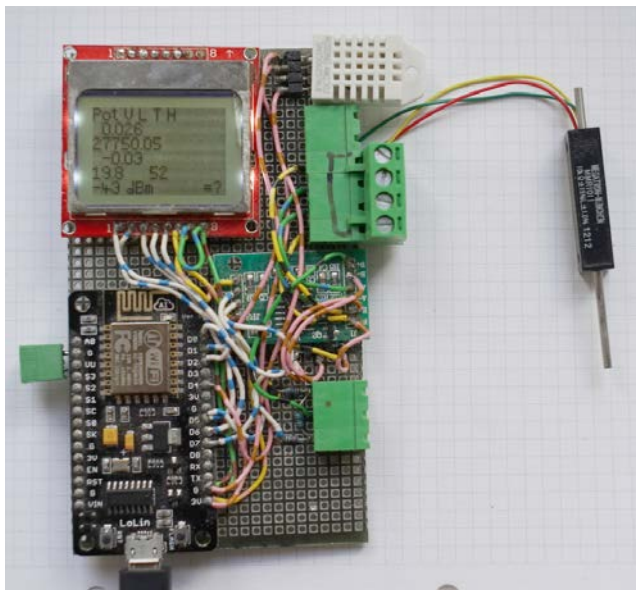


Obr. 2: Funkční diagram Tensilica Espressiv ESP32

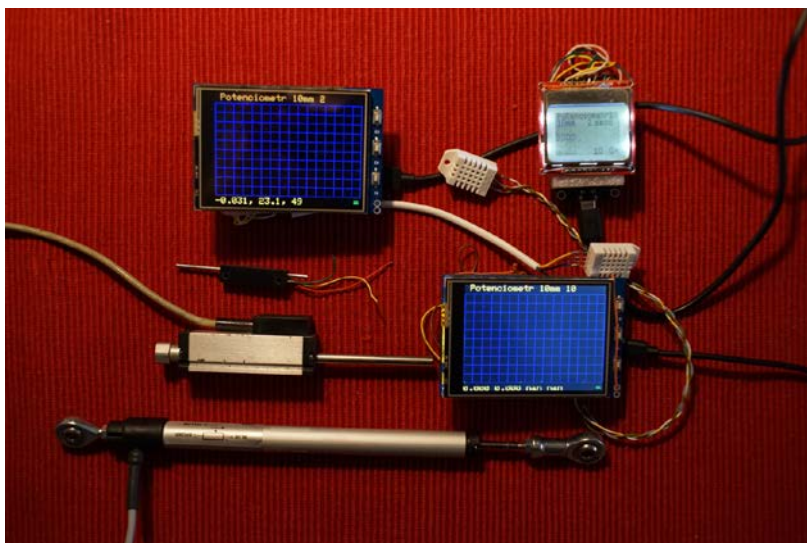
Deska s procesory Tensilica Espressiv ESP8266 a ESP32 je využitelná jako měřicí ústředna při doplnění o další elektronické komponenty. Pro testování využití zařízení jako měřicí ústředny bylo použito několik různých převodníků a zesilovačů a moduly pro různá měření komunikující digitálně, a to většinou pomocí SPI. Lze použít např. převodník HX771 (použití pro tenzometry, potenciometry, obecně napěťové vstupy a proudové smyčky) [9] nebo přímo snímače s datovou komunikací, jako např. DHT22 pro měření teploty a relativní vzduchu [10].

Komunikace PC se zařízením je řešena pomocí sériové linky a USB (využito zejména pro programování), ale také pomocí zabudovaného Wi-Fi, které je využíváno zejména při vlastním měření. Pro síťový zápis dat byla testována platforma `api.thingspeak.com`. Na lokální síti bylo testováno několik aplikací pro soketovou komunikaci, UDP a jiné způsoby komunikace. Aplikace pro ně jsou v jazyce Python 3. Aplikace umožňují zápis dat do souborů většinou v textové podobě, případně ve formátu JSON pro další zpracování. Pro data je používána vnitřní Flash paměť v procesorech a je uvažováno o dalších Flash pamětech jako jsou třeba SD karty apod.

Pro zobrazování dat na přístroji byly testovány LCD černobílé displeje Nokia 5110 84x48 a TFT displeje 320x240 a 480x320 připojené pomocí SPI. Na obr. 3 a 4 je sestavený funkční vzorek na vývojové desce a dále varianty zařízení s oběma zobrazovacími displeji.



Obr. 3: Měřicí zařízení na vývojové desce, procesor Tensilica Espressiv ESP32 (vlevo dole), převodník HX771 (vpravo uprostřed) pro napěťové vstupy, např. potenciometrický snímač (vpravo od vývojové desky), LCD černobílý displej Nokia 5110 84x48 (vlevo nahoře), snímač teploty a relativní vlhkosti vzduchu DHT22 (vpravo nahoře)

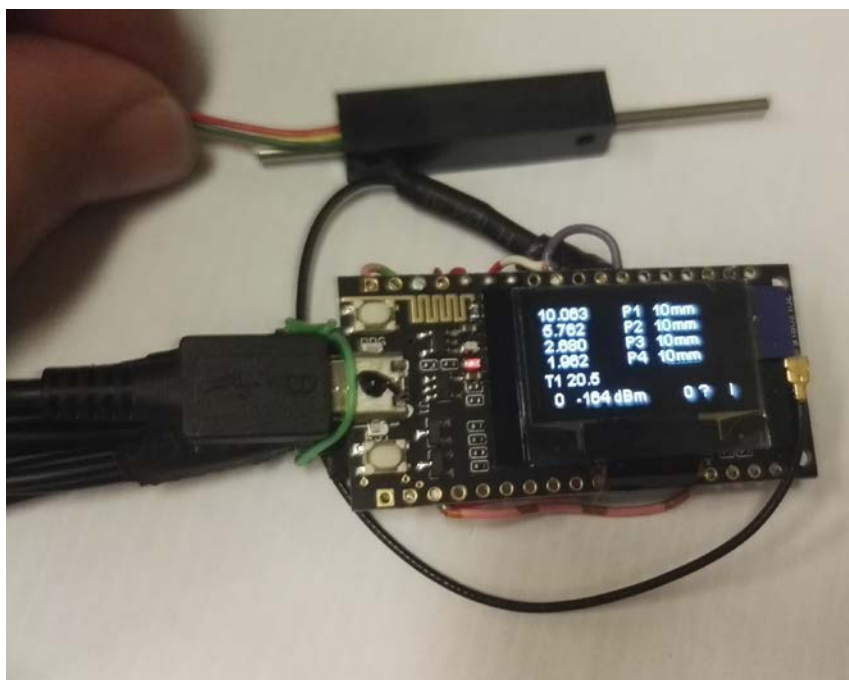


Obr. 4: Sestavené vývojové varianty měřících zařízení s LCD černobílým displejem Nokia 5110 84x48 a TFT displejem 320x240 a 480x320 připojenými pomocí SPI, připojené potenciometrické snímače dráhy a digitální teploměr/vlhkoměr DHT 22.

Pro napájení jsou používány lithiové baterie 3.7 V a malé síťové zdroje 5V. Spotřeba při plném provozu je v průměru asi 100 mA. To umožňuje např. celodenní měření při zatěžovacích zkouškách konstrukcí při rychlém vzorkování a plné využití zařízení. Je zde také možnost několika úsporných režimů, tj. automatické vypínání mezi měřeními při dlouhé periodě vzorkování, což prodlouží využití energie z akumulátoru na několik měsíců.

Pro rozšíření o vzdálenější měřicí body byly vyzkoušeny modemy LoRa (nově budovaná otevřená technologie pro internet věcí), a to Semtech nebo Hope [11, 12].

Velkým zjednodušením bylo uvedení výrobku Wemos TTGO ESP32/LoRa board [13], což je chipset, který v sobě na jedné desce již obsahuje klíčový používaný hardware, tj. zejména procesor ESP32, flash paměť, WiFi a LoRa modem. Měřicí ústředna na této technologii je zobrazena na obr. 5. Tento nový chipset vykazuje v testování zatím ovšem chyby při použití měření digitálním teploměrem a vlhkoměrem DHT11 nebo DHT 22.



Obr. 5: Měřicí ústředna na bázi Wemos TTGO ESP32/LoRa board s potenciometrickým snímačem dráhy používaným pro měření pohybu trhliny v historické stavební konstrukci

## 2. Konfigurace

Každá měřicí ústředna může být konfigurována samostatně pomocí konfiguračního souboru. Software je naprogramován tak, že se měření řídí primárně konfiguračním souborem „par.par“ nebo (pokud na serveru existuje) individuálním souborem ve formátu např. „30aea44bec90.par“, kde název souboru (bez přípony) odpovídá MAC adrese zařízení. Příklad konfiguračního souboru je zobrazen na obr. 6. V konfiguračním souboru je možné volit nezávisle na sobě interval zápisu do paměti zařízení, odeslání do sítě WiFi na server nebo odeslání dat do sítě LoRa. Je možné do konfiguračního souboru zaznamenat individuální konfigurace kanálů a měření včetně konstant, popisu kanálu, jednotek atd. Tento seznam může sloužit jako primitivní databáze, viz také text konfiguračního souboru na obr. 6. To, jaké nastavení se má použít pro daný kanál, určuje řádek č. 2 konfiguračního souboru, který se do zařízení nahrává přes rozhraní USB/RS232 nebo WiFi.

```

30aea44be2f0.par - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
Test1,Pot___,0,0,7,3,30,5,0
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
T,Test,1,0,0,1000
P,10mm,10.056,0,0,1000
P,25mm,24.53.02743,0,0,1000
P,50mm,48.5437,0,0,1000
P,100mm,100,0,0,1000
P,200mm,200,0,0,1000
S,Sila,-10,0,0,1000
S,Sila,1,0,0,1000
S,Sila,1,0,0,1000
S,Tlak,-0.010449,58338.6,0,1000

prvni radka: nazev 1, nazev2, casy[ms]: do spusteni, rychla mereni, pomala mereni, lora, wifi, zapis do flash
pokud je nektery z 1. radky parametru = 0 , operace se neprovadi
druha radka urcuje, ktere z dalsich radek parametru budou pouzity pro jednotlivé kanaly 1..10
treti a dalsi radky jsou parametry 0..9
parametry 0 pro mereni: typ, nazev, K mul, K add, K pom, iterace
parametry 1 pro mereni: typ, nazev, K mul, K add, K pom, iterace
parametry 2 --*--
Vysledna hodnota = mereni*Kmul+Kadd

```

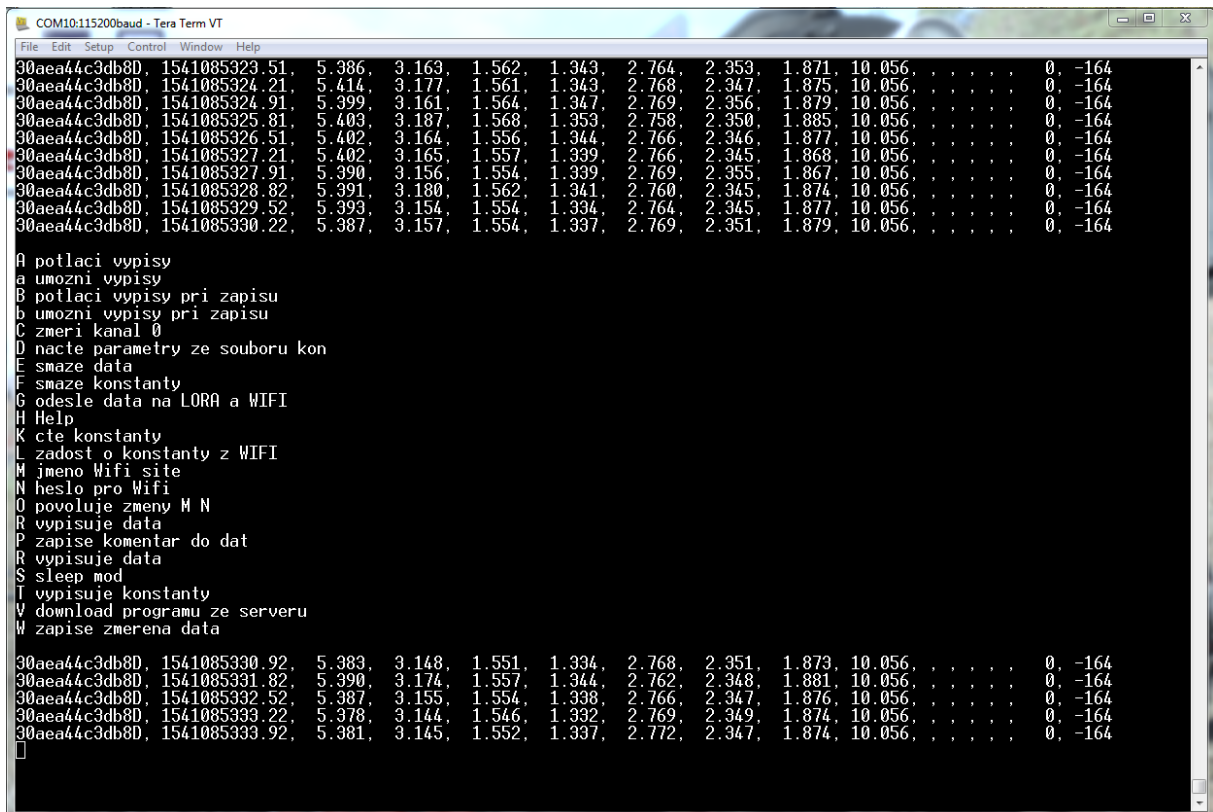
Obr. 6: Příklad konfiguračního souboru

Zařízení je naprogramováno tak, že display (obr. 5) ukazuje aktuální hodnoty na jednotlivých kanálech. Pokud se daný počet kanálů na display nevejde, údaje na displeji rolují. To je důležité např. pro kontrolu rozsahu snímačů při instalaci měření. Display také na posledním řádku ukazuje i sílu signálů WiFi a LoRa, což je důležité při instalaci systému a rozmístění měřicích ústředn po monitorovaném objektu. Pro větší zisk signálu je možné použít i externí anténu.

### 3. Způsob komunikace

Měřicí zařízení může komunikovat v několika režimech. Byly ověřeny tři následující:

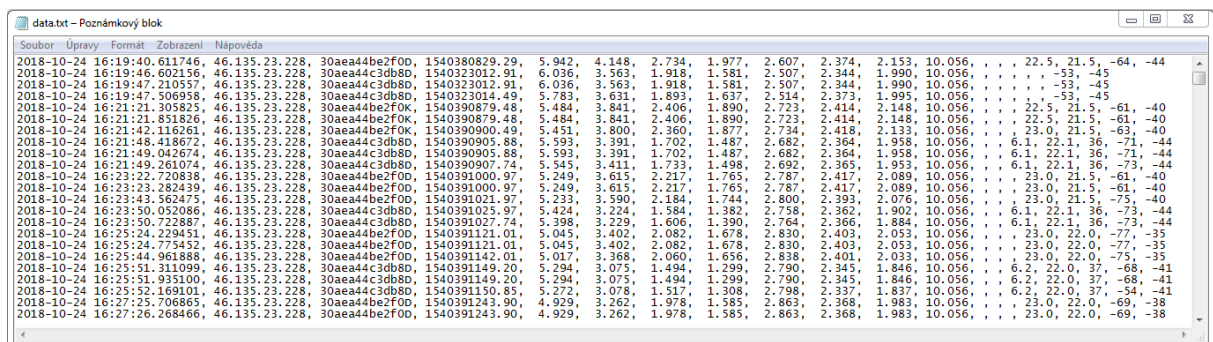
- USB/RS232 – slouží pro připojení přímo na PC, je určeno pro nastavení ústředny i sběr dat. Pomocí tohoto rozhraní lze nastavovat parametry bezdrátových sítí, adresu vzdáleného serveru, kam se odesílají data, intervaly vzorkování, lze nahrávat konfigurační soubor apod. Jednoduchá nápověda (menu) se zobrazí po stisknutí klávesy „h“ v terminálu RS232 (obr. 7).
- WiFi – měřicí ústředna může být připojena pomocí sítě WiFi a odpovídajícího modemu (např. GSM) na Internet. Data jsou potom odesílána pomocí protokolu UDP na server, kde jsou dále zpracovávána. Tento způsob byl použit při monitorování v kostele Sv. Martina ve Zlaté Olešnici.
- LoRa síť – dalším způsobem připojení je síť LoRa, a to vytvořená mezi měřicími ústřednami. Jedno nebo více zařízení je v dosahu WiFi modemu. Ostatní měřicí ústředny se přes toto, resp. tato zařízení připojují pomocí bezdrátového systému LoRa, který má větší dosah a je méně energeticky náročný. Viz také „Ověření dosahu signálů WiFi a LoRa“.



Obr. 7: Příklad komunikace USB/RS232 s daty odeslanými z ústředny (v řádku je uvedena MAC adresa zařízení, UNIXový čas, naměřená data a dvě poslední pozice vyjadřují kvalitu signálu WiFi a LoRa), dále menu zobrazené po stisknutí klávesy „h“ pro jednoduché nastavení zařízení z PC

#### 4. Server pro sběr dat ze vzdálených zařízení

Sběr dat lze provádět ze vzdálených zařízení pomocí serveru, který byl naprogramován v jazyce Python, ver. 3. Adresa serveru je v současné době v měřicích zařízeních naprogramována pevně a lze ji měnit jen nahráním aktualizovaného programu do zařízení s novou IP adresou serveru. Server přijímá data (protokol UDP) ze všech zařízení (obr. 8) a na úrovni serveru třídí data do jednotlivých datových souborů dle MAC adres (obr. 9).



Obr. 8: Data, která přijímá datový server z různých zařízení (systémový čas serveru, IP adresa modemu, MAC adresa měřicího zařízení, UNIXový čas měření, naměřené hodnoty, kvalita signálu WiFi a LoRa)

The screenshot shows a text editor window titled "30aea44be2f0.txt - Poznámkový blok". The content is a large table of data, likely filtered by MAC address. The table consists of approximately 20 columns and many rows. The columns contain various numerical values, some of which are repeated or grouped. The data appears to be organized in a way that might represent different parameters or measurements over time or across different devices. The values range from small integers to larger numbers, and some columns have a consistent pattern of values.

Obr. 9: Data filtrovaná podle MAC adresy zařízení (systémový čas serveru, IP adresa modemu, MAC adresa měřicího zařízení, UNIXový čas měření, naměřené hodnoty, kvalita signálu WiFi a LoRa)

## 5. Reference

- [1] Esp8266 datasheet, viz [http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)
- [2] Esp32 datasheet, viz [http://espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](http://espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Tensilica>
- [4] <http://espressif.com/>
- [5] <https://github.com/espressif/esp-idf>
- [6] <https://github.com/espressif/arduino-esp32>
- [7] <https://www.htlinux.com/install-esp8266-sdk-toolchain-on-linux-ubuntu-14-10-desktop/>
- [8] <https://esp-idf.readthedocs.io/en/v2.0/windows-setup.html>
- [9] HX711 datasheet, viz [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
- [10] DHT22 datasheet, viz <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [11] Síť LoRa pro internet věcí, viz <http://www.semtech.com/wireless-rf/internet-of-things/what-is-lora/>
- [12] Modem Semtech, viz <http://www.semtech.com/images/datasheet/sx1272.pdf>
- [13] Wemos TTGO ESP32/LoRa board, viz <http://esp32-ttgo.blogspot.com/>

## POPIS DAT A PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ PRO PŘÍPRAVU A OVĚŘENÍ

### 1. Ověření dosahu signálů WiFi a LoRa

Při kontrole instalovaných systémů na povodňovém mostě Libeňského soumostí byl otestován dne 17. 1. 2018 systém měřících ústředen s ohledem na použití bezdrátové komunikace. Jedná se o část mostu, která bude podle všech uvažovaných variant opravy nebo přestavby zachována.

Na modelové konstrukci povodňového mostu v Libni byly ověřeny dosahy signálů WiFi a LoRa v podmínkách in situ (bez externích antén pro větší zisk). Dále byly ověřeny:

- akumulátorová napájení zařízení,
- vytvořené programy pro komunikaci v síti se serverem s využitím protokolu UDP,
- program serveru spuštěného na PC a program zpracování dat odeslaných na server.

Konkrétně byla testována následující měřící zařízení:

- dvě jednotky s ESP32 a transceiverem s modulací LORA SX1276 nalaďeným na 868 MHz (označeno interně pod č. 1 a 2),
- čtyři jednotky s ESP32 a transceiverem s modulací LORA SX1278 nalaďeným na 433 MHz (označeno interně pod č. 3 až 6).
- Jedna jednotka s ESP8266 pouze s modulací WiFi (označeno interně č. 7).

Identifikace čísla zařízení, MAC adresy a typu modulace je uvedena také v tab. 1. Všechny jednotky při měření ležely na zemi ve vzdálenosti 10 až 20 m od routeru ve skupinách podle číselného označení 1+3, 2+4, 5+6, 7. Jednotky č. 1 a 3 byly v průběhu měření přenášeny do vzdálenosti až asi 100 m.

Tab. 1: Tabulka identifikace zařízení při ověření systému

Číslo	Adresa MAC	Frekvenční pásmo
1	30aea44c4880D	LoRa 868 MHz a WiFi 2.4 GHz
2	30aea44c4888D	LoRa 868 MHz a WiFi 2.4 GHz
3	30aea44c2940D	LoRa 433 MHz a WiFi 2.4 GHz
4	30aea44be2f0D	LoRa 433 MHz a WiFi 2.4 GHz
5	30aea44c3db8D	LoRa 433 MHz a WiFi 2.4 GHz
6	30aea44bec90D	LoRa 433 MHz a WiFi 2.4 GHz
7	18fe34e0428aD	WiFi 2.4GHz

Byl použit Router ALCATEL Y850 a Router TP-LINK AC720. Routery i notebook byly na sedadle a později na střeše automobilu umístěného uprostřed oblouku pod mostem. Vše bylo realizováno bez externích antén, které by zajistily větší rozsah. Pro příjem dat byl použit notebook Assuspro připojený k WIFI síti s aplikací pro příjem UDP paketů a jejich třídění a filtraci.

Testovací software v tomto testu v měřících jednotkách vykonával blok měření a změřená data každých deset vteřin vyslal jako UDP paket síti WIFI 2,4GHz . Každých 20 vteřin pak vyslal totéž jako paket LoRa. Zároveň byla data uložena do vnitřní paměti FLASH. Jedna jednotka v pásmu 868 MHz a 3 jednotky v pásmu 433MHz paket LoRa přijaly a následně odeslaly do sítě WIFI 2.4 GHz (obr. 10). Záměrem tohoto testu bylo hlavně zjišťovat četnost různých kolizí vedoucích ke ztrátě dat v tomto režimu.

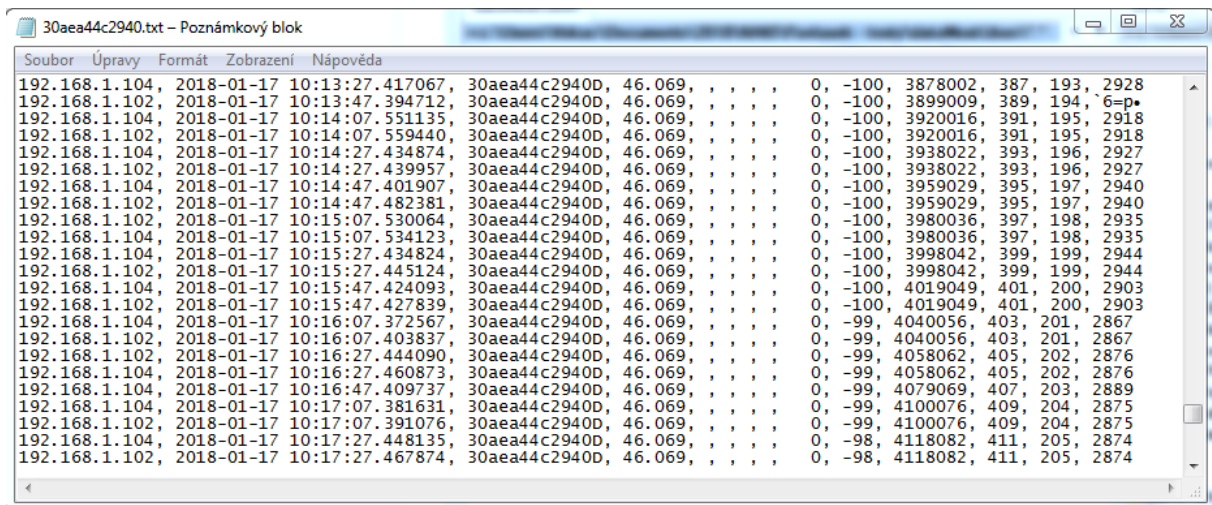
UDP pakety byly následně přenášeny v první části měření s routerem Alcatel a v druhé s routerem TP-LINK do notebooku, kde byly roztříděny podle MAC adres do textových souborů. IP adresa zařízení je přidělována routerem službou DHCP a nemusí být pevná, navíc se může jednotka připojit pomocí sítě LoRa prostřednictvím jiné jednotky, a proto je pro filtrování UDP paketů používána MAC adresa zařízení (obr. 11). Data v souborech nebyla nijak dále zpracována a sloužila jen k analýze chybovosti datových přenosů. Podle očekávání byly přenosy dat použitelné u 2.4 GHz na vzdálenost 20 až 30 m, která může být výrazně prodloužena při použití přídavných směrových antén. LoRa pakety byly přijímány bez výrazných chyb na vzdálenost 100 m. Jsou použitelné na vzdálenosti výrazně vyšší. Pásmo 433 MHz má v zastavěných prostorech nejlepší vlastnosti. Doporučení CEPT/ERC/REC 70-03, 2009/381/ES preferuje spíše pásmo 868 MHz. Navíc jsou limitovány také objemy dat. Takže pro rychlejší měření je LoRa nevhodná, WiFi 2.4 GHz zase hůře funguje ve větších či uzavřených prostorech.

Pakety jsou v textových souborech zapsány jako řádky, kde jsou jednotlivé položky odděleny čárkami. Formát UDP paketu nebyl ještě v době ověřování ustálený. Řádek obsahuje data ve formátu „IP adresa zařízení připojovaného k WiFi, systémový čas serveru, MAC adresa zařízení posílající data, 5 hodnot dat, kvalita signálu WiFi a LoRa, čas od zapnutí jednotky v ms, pořadí paketu WiFi a LoRa, kontrolní součet (u zařízení pod č. 7 chybí informace o LoRa síti).

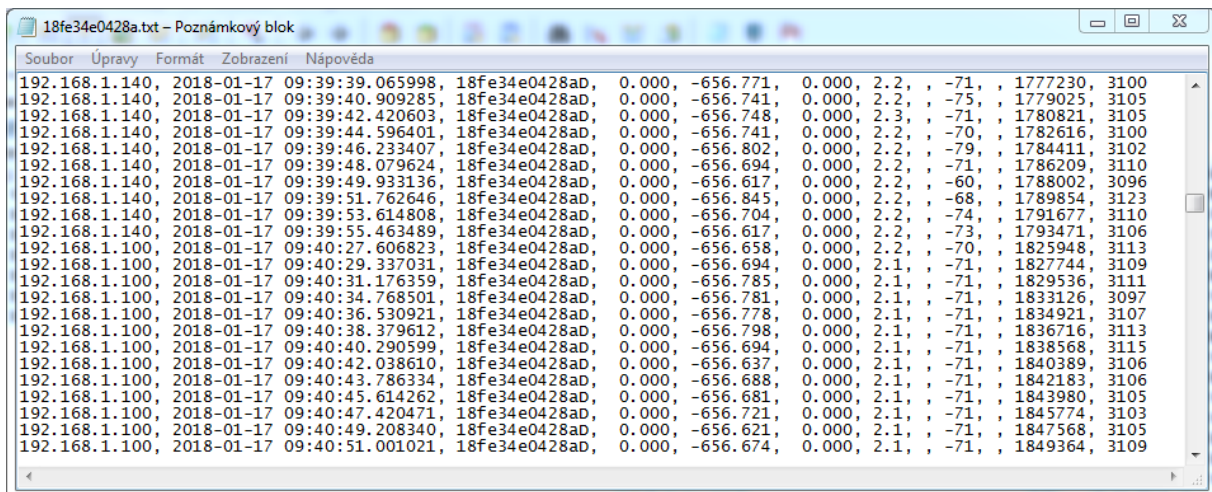
V tomto testu moduly 1 až 6 s ESP32 nic neměřily. Pouze modul č 7 s ESP8266 měřil teplotu čidlem DALAS DS18B20.



Byly odhaleny kolize paketů, chyby v nich a která jednotka a přes které další je vysílá. Analýza kolizí paketů byla použita dále k volbě optimálního algoritmu pro datové přenosy kombinující různá kmitočtová pásma za účelem optimálního přenosu dat připravovaných měřících komponentů.



Obr. 10: Zařízení s MAC adresou 30aea44c2940 (označeno č. 3) bylo v dosahu pouze sítě LoRa a připojovalo se na WiFi prostřednictvím jiného zařízení s IP 192.168.1.102 nebo 104.



Obr. 11: V čase cca 9:40 došlo při testování k výměně routeru a tudíž ke změně IP adresy zařízení. Adresa IP nemusí být pevná, proto je jednoznačným identifikátorem zařízení jeho MAC adresa. V tomto případě se jedná o MAC adresu 18fe34e0428ad, tj. zařízení pod označením č. 7.

## 2. Měřicí systém při monitorování kostela Sv. Martina ve Zlaté Olešnici

Kostel Sv. Martina byl postaven v letech 1780–1784 v pozdně barokním slohu. Jedná se o jednodílnou stavbu se segmentově uzavřeným presbytářem. Na jižní straně se nachází sakristie a v západním průčelí má kostel hranolovou věž s věžními hodinami. Uvnitř má kostel plochý dřevěný strop (obr. 12).

Před plánovanými opravami kostela byl měřicí systém nasazen k monitorování pohybů trhlin ve zdivu, doplněný o měření teploty. Byly použity potenciometrické snímače MMR10 a teploměry DALAS DS18B20. Celkem jsou monitorovány 4 posuny v trhlinách, 1 posun přes kompaktní zdivo (teplotní kompenzace) a 3 teploty. V tomto případě byla použita již výhradně zařízení na bázi Wemos TTGO ESP32/LoRa board (obr. 5).

Bylo nainstalováno jedno měřicí zařízení na kůru (4x posuny, 1x teplota – obr. 13 až 15) a jedno zařízení v sakristii (1x trhlina a 2x teplota – obr. 16 a 17). Z důvodu dosahu signálu na obě tyto měřicí ústředny bylo zvoleno umístění WiFi/GSM modemu v prostoru pod kazatelnou. Na těchto místech byly k dispozici i zásuvky pro dlouhodobé napájení bez údržby akumulátorů. Systém je provozován bez vnějších antén lepší signál. Instalace proběhla dne 2. 11. 2018.

Měřicí systém dálkově odesílá data na server umístěný v Kloknerově ústavu, viz ukázka datových souborů na obr. 18.



Obr. 12: Interiér kostela Sv. Martina ve Zlaté Olešnici, vlevo pod kazatelnou je umístěn GSM modem, naproti v sakristii je jedno z měřicích zařízení a druhé je umístěno na kůru.



Obr. 13: Snímač pro měření pohybu v trhlině umístěný na severní obvodové zdi kostela



Obr. 14: Snímač pro měření pohybu v trhlině umístěný na jižní obvodové zdi kostela (nahore) a snímač na kompaktním zdivu pro teplotní kompenzaci (dole)

Obr. 15: Měřicí zařízení umístěné na kůru (měří 4 posuny a 1 teplotu)

Obr. 16: Měření pohybu v trhlině v sakristii nad vstupními dveřmi



Obr. 17: Umístění měřicího zařízení v sakristii na skříni (měří 1 posun a 2 teploty)

The image shows two screenshots of data files. The top screenshot is titled '30aea44be2f0.txt - Poznámkový blok' and contains a table with columns: Soubor, Úpravy, Formát, Zobrazení, Návoděna, and a large grid of numerical data. The bottom screenshot is titled '30aea44bec90.txt - Poznámkový blok' and contains a similar table with a different set of numerical data. Both tables have multiple columns of data, likely representing sensor readings over time.

Obr. 18: Ukázka datových souborů z kostela Sv. Martina ve Zlaté Olešnici

## ODŮVODNĚNÍ JEDINEČNOSTI ŘEŠENÍ A VZTAH K PAMÁTKOVÝM STAVBÁM

Měřicí systém je postavený na bázi zcela nových procesorů Tensilica Espressiv ESP8266 a ESP32, které vzhledem k rozvoji a miniaturizaci elektroniky přinášejí značné výhody v energetické nenáročnosti zařízení a díky vysokému výkonu umožňují bezdrátový přenos dat. Tato technologie je potom vhodná pro provoz z malých akumulátorových zdrojů a mobilní aplikace.

Mezi podporované bezdrátové přenosy patří nejen WiFi, ale zejména méně energeticky náročný systém LoRa (Long Range), který se využívá i pro internet věcí (IoT), jeden z pilířů průmyslové revoluce 4.0. Síť LoRa má také větší dosah než WiFi.

Největší výhodou ve vztahu k památkovým objektům je minimalizace drátové infrastruktury (elektrické napájení i kabely ke snímačům) a tím minimalizace zásahu do konstrukce památkového objektu, který je monitorován.

Celé zařízení v případě využití Wemos TTGO ESP32/LoRa board má přitom rozměry pouhých 55 x 30 x 20 mm. Pořizovací náklady na zařízení jsou nízké, proto je ekonomicky únosné ke každému jednotlivému čidlu osadit samostatnou elektroniku. K jednomu zařízení lze přitom připojit větší množství čidel a snímačů, a to až 12 ks podle použitých typů snímačů (DC, proudové smyčky nebo podporované digitální sběrnice). Lze připojit celou řadu typů snímačů od tenzometrických, potenciometrických, proudových smyček, teploměrů, vlhkoměrů atd.