

Popis řešení parkovacího senzoru

1 Řešení parkovacího senzoru LoRa

Parkovací senzor LoRa je navržen pro použití v parkovacích systémech a je určen pro zabudování do vozovky. Základní řešení a firmware obsahují tyto základní celky

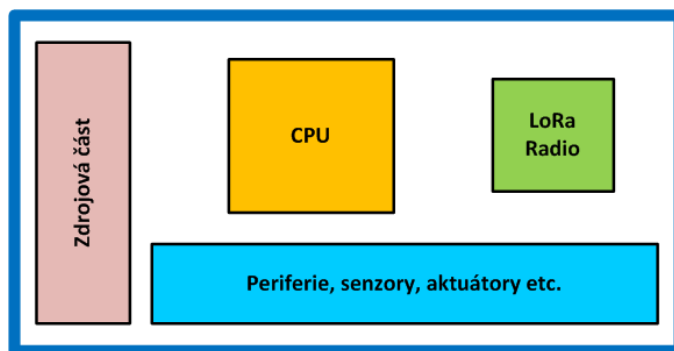
- radiový transceiver navržený pro pásmo ISM 868 MHz
- čipovou keramickou anténu s kulovým vyzařovacím diagramem
- řídicí procesor
- magnetický senzor

Systém LoRa je navržen a podporován otevřenou aliancí „Lora Alliance“, firmware vyhovuje standardu V1.0.2. Celé zařízení pracuje ve třídě A, což znamená, že zařízení si samo vybírá, kdy chce poslouchat, typicky jen krátce poté, co samo něco odešle, aby mohlo přijmout potvrzení či reakci.

Pro přenos je použito frekvenční pásmo ISM 868 MHz a modulace s rozprostřeným spektrem. Kromě komunikace na velkou dálku je výhodou i podpora oboustranné komunikace, např. kvůli potvrzení přijetí zprávy, příkazům na vykonání nějaké činnosti na základě odeslané informace, pro aktualizaci firmwaru nebo pro nastavení vysílacího výkonu klientské jednotky.

Komunikační síť Lora přepíná celkem 8 různých kanálů. Rychlost přenosu může být až 10 kbit/s. Pro zabezpečení komunikace se využívá hned několik technik. Základem je komplexní šifrování pomocí 128bitové šifry, přičemž se využívá asymetrický systém dvou klíčů, kdy jeden má provozovatel sítě a druhý provozovatel služby. Tím se mimo jiné zamezuje i útokům typu „man in the middle“ a je znemožněno přeposílat odposlechnutou komunikaci. Spolehlivost komunikace lze docílit i dalšími cestami -- zprávy se například mohou posílat opakovaně, pokaždé na jiném kanálu, aby se zamezilo případnému vlivu rušení, s možností potvrzení příjmu apod.

Koncová zařízení systému LoRa jsou založena na referenční architektuře podle obrázku *Obr. 1*.



Obr. 1 Architektura koncového zařízení LoRa

Jednotlivé prvky architektury mohou být sdruženy do jednoho integrovaného obvodu, nebo mohou být sestaveny z několika součástí. Nicméně je nutno zajistit, aby architektura obsahovala

- zdrojovou část, která může být buď bateriová, nebo předpokládat připojení vnějšího zdroje;
- mikroprocesor, řídicí všechny funkce koncového zařízení;

- vysokofrekvenční část obsahující transceiver LoRa, přizpůsobovací obvody antény a samotný anténní systém;
- periferní obvody pro měření požadovaných fyzikálních veličin (např. tlak, teplota apod.) nebo pro ovládání připojených zařízení (např. relé, displeje apod.).

Podle požadavků na návrh a lokálních omezení lze definovat několik způsobů výstavby koncového zařízení

- design je založen na čipsetu LoRa
- design je založen na modulu realizujícím potřebné funkce včetně komunikace v síti LoRa,
- design je založen na vysoce integrovaném čipu obsahujícím jak procesor, tak vysokofrekvenční obvody pro komunikaci v systému LoRa;
- design bude využívat LoRa modem;
- bude použito existující zařízení, ke kterému bude připojen LoRa modem.

Volba vhodného přístupu k návrhu cílové architektury by měla být založena na očekávaném vyráběném množství, dostupných vývojových kapacitách a času, kdy by měl být produkt uveden na trh.

2 Obvodový návrh

Obvodový návrh vychází z potřeby

- malé spotřeby,
- relativně malého a snadno zabudovatelného senzoru,
- předpokladu komunikace s gateway do vzdálenosti cca 500 m,
- použití šifrované komunikace s gateway,
- respektování poměru mezi vysláním a odmlkou podle použitého subkanálu a lokálních předpisů,
- použití zejména pro osobní vozidla.

Dále se pak předpokládá, že koncové zařízení bude měnit kanály pseudonáhodně pro každý vyžadovaný přenos, což činí systém odolnějším proti interferencím. V tomto bodě je nutno navrhnout obvodové řešení tak, aby tento postup umožňovalo.

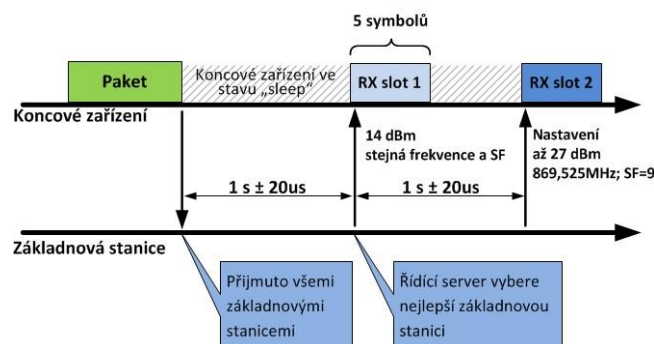
2.1 Řídící procesor

Použitý řídicí procesor patří do řady procesorů s extrémně nízkou spotřebou a současně obsahuje potřebný hardware pro šifrování ve třídě 3DES. Odběry procesoru v pracovních podmínkách závisí na hodinovém kmitočtu. Běžné pracovní podmínky procesoru se liší od pracovních podmínek ve stavu, kdy je procesor uspán. Ze stavu Deep Sleep se procesor dostává prostřednictvím externího přerušení nebo časového přerušení a doba zotavení je cca

200 us. Vnější přerušení je přitom generováno magnetometrem, tedy procesor se vždy „probudí“, když dojde ke změně magnetického pole, která je zaznamenána magnetometrem. Následovně zpracuje informaci z magnetometru, odešle zprávu a přechází opět do stavu „Deep Sleep“.

2.2 Transceiver

Použitý transceiver pro práci v systému LoRa je nastaven pro práci v pásmu ISM 868 MHz. Celý systém senzoru pracuje pak ve třídě A, která je k dispozici od prvního standardu LoRaWAN V1.0. Obrázek Obr. 2 ilustruje chování komunikačního profilu zařízení LoRaWAN ve třídě A pro SF=12.



Obr. 2 Základní komunikační profil pro třídu A

Zařízení třídy A umožňuje obousměrnou komunikaci kde každý přenos směrem k bráně je následován dvěma krátkými časovými okny ve kterých je zařízení schopno přijmout zprávu odeslanou bránou. Vysílací slot je rozvržen podle vlastní potřeby koncového zařízení – senzoru, s drobnými variacemi danými povinnou náhodnou odchylkou. Tato třída se vyznačuje nejmenší spotřebou a je vhodná pro zařízení, které potřebují pouze případnou odezvu následující okamžitě po přenosu směrem k bráně. Jakýkoli požadavek na přenos od brány (serveru), který přijde mimo tento vymezený čas, musí vyčkat na následující relaci iniciovanou koncovým zařízením. Zařízení pracující ve třídě A reprezentují většinu případů použití sítě LoRaWAN a jsou energeticky nejefektivnější třídou zařízení systému LoRa.

2.3 Energetická bilance spotřeby senzoru – životnost senzoru

Energetická bilance spotřeby senzoru závisí opět na celé řadě parametrů, zejména pak na spotřebě jednotlivých součástí a doby jejich využití když budeme předpokládat, že mimo aktivní dobu spotřebovávají pouze nepatrný proud. Výrazný vliv na spotřebu a tedy i na životnost senzoru má nastavení parametrů radiového kanálu. Např. pokud změním faktor rozmitání signálu z 9 na 12, pak životnost senzoru se zkrátí téměř na desetinu předchozí hodnoty. Druhým parametrem je spotřeba řídicího procesoru a vlastního senzoru. Ta je ovlivněna časováním senzoru, tedy intervaly, kdy procesor nebo senzor pracují a kdy jsou v režimu „standby“.

2.3.1 Energetická bilance radiové části

Energetická bilance radiové části bude významným způsobem ovlivněna zejména návrhem sítě, tedy způsobem jak bude senzor komunikovat se základnovou stanicí (gateway). To ovlivní i zařazení senzoru do jedné z energetických tříd. Energie spotřebovávaná senzorem je minimalizována tak, že senzor stráví největší díl pracovního cyklu ve stavu s minimální spotřebou energie (sleep). Jednosměrná komunikace tedy vyžaduje periodický příjem/vysílání v předem daných intervalech.

2.3.2 Periodické pracovní cykly přijímače

Jak bylo uvedeno výše, s ohledem na omezení spotřeby senzoru je jeho činnost spouštěna v pravidelných pracovních cyklech. Přijímač se probouzí periodicky s periodou definovanou délkou preamble vysílaného bázovou stanicí. Pokud senzor zjistí přítomnost preamble a detekuje, že skutečně se jedná o preamble a nikoliv o rušení, přejde senzor do přijímacího modu a zpracuje přijatou informaci. Jak lze očekávat, takový případ, kdy by senzor přijímal informaci budou vzhledem k celkovému cyklu systému pouze ojedinělé a senzor stráví většinu času přechodem mezi stavem „sleep“ a stavem ve kterém detekuje preamble. Přitom bude žádoucí, aby se do stavu „sleep“ dostal co nejdříve.

2.4 Magnetometr

Pro návrh senzoru byl použit magnetometr, který je spojen s procesorem pomocí rozhraní I2C

kde probíhá základní komunikace s magnetometrem. Adresa magnetometru je nastavena na 39H pro čtení a 38H pro zápis. V základním uspořádání je magnetometr jediným zařízením, které je v provozu stále, přičemž je zvolena minimální frekvence opakování měření 0,625 Hz. Během měření je odebírán proud cca

6 uA, v periodě mezi měřeními cca 1 uA. Proudový odběr bude tak dán poměrem doby potřebné pro měření a doby, kdy magnetometr zůstává ve stavu „idle“, kdy odebírá cca 1uA.

Výsledek každého měření je porovnáván s nastaveným limitem, a pokud je hodnota překročena, pak magnetometr generuje přerušení, které je použito pro probuzení procesoru. Ten přečte hodnoty z příslušných registrů a popř. je odešle na gateway. Hodnoty, které se čtou z registrů, zahrnují intenzity magnetického pole ve všech třech osách a teplotu magnetometru, která odpovídá teplotě jeho okolí.

2.5 Zdrojová část

Zdrojová část reprezentuje vlastní bateriové články spojené paralelně a zapínací obvod, který je zvnějšku ovládán magnetem. Po přiložení magnetu na vrchní část senzoru se kontakt a napětí baterie trvale přivedeno do zbývajících obvodů bez ohledu na to zda magnet zůstane či nezůstane přiložen na vrchní část senzoru. Tento proces je nevratný, jediné přerušení napájení po jeho zapnutí je možné odpojením baterií.