

# CONVERTER FOR WIRELESS TEMPERATURE SENSING

Tomáš Řezucha

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xrezuc00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zdeněk Kolka

E-mail: kolka@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This thesis focuses on design of wireless power transfer module, which will be used as a power supply for wireless temperature sensor and/or other sensors. The device is suitable for industrial environment, where it can monitor required parameters of moving parts.

**Keywords:** Wireless power transfer, electromagnetic resonance coupling, loosely coupled inductors, optical data transfer, temperature sensing.

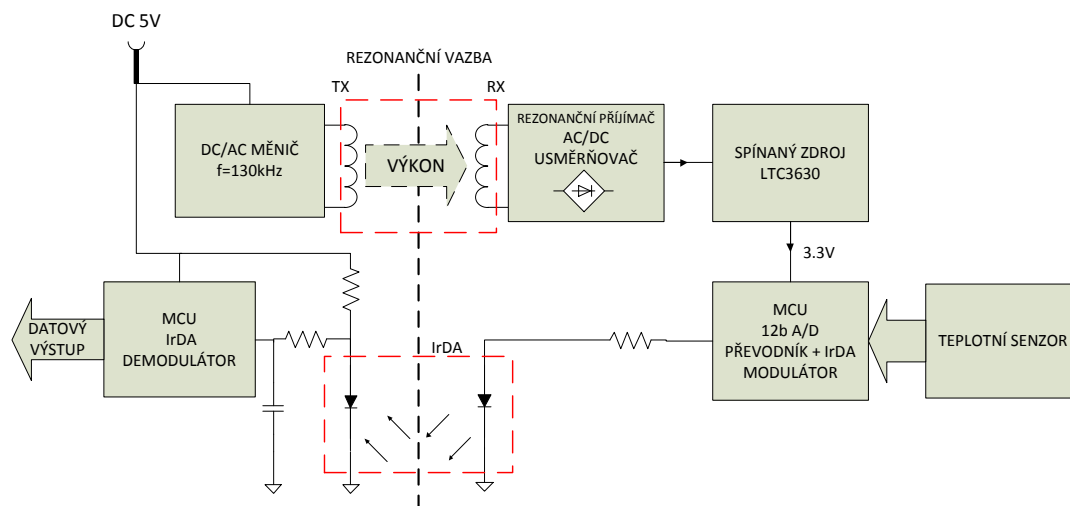
## 1. ÚVOD

Elektrické snímače a senzory se musí často umístit na místa, která jsou v neustálém pohybu a kde jen velmi obtížně, nebo vůbec nelze jednoduchým způsobem přivést napájecí a datové kabely. Bezdrátové napájení umožňuje používat senzory a snímače na místech, kde by to jinak nebylo možné, např. na rotujících částech strojů.

Bezdrátový přenos energie se dá realizovat více způsoby, z kterých je nejrozšířenější indukční vazba dvou cívek. Cílem práce je navrhnout koncepci řešení celého vícekanálového převodníku pro snímání teploty a dalších veličin.

## 2. PŘEVODNÍK PRO BEZDRÁTOVÉ SNÍMÁNÍ TEPLoty

V rámci projektu je požadováno navržení indukčně napájeného modulu, který bude schopen měřit teplotu a případně i další fyzikální veličiny, které zpracuje a bezdrátově odešle do budícího modulu. Základní blokové koncepci řešení je uvedena na obr. 1.



Obrázek 1: Blokové schéma bezdrátového převodníku

Strana vysílače obsahuje budič vysílací cívky a mikrokontrolér pro příjem dat pomocí fotodiody, resp. fototranzistoru a pro jejich následnou demodulaci a zpracování. Vysílač také na základě informací přijatých z měřicího modulu nastavuje výkon do vysílací cívky tak, aby nebyl zbytečně velký a aby vytvořené elektro-magnetické pole nerušilo okolní obvody. Výstup modulu je realizován pomocí rozhraní USB do počítače, kde se naměřená zobrazují a ukládají pro tvorbu statistiky.

Strana přijímače je tvořena sériovým rezonančním obvodem [1]. Napětí indukované na rezonančním obvodu je měřeno pomocí MCU, které mezi velikost bezdrátově přeneseného výkonu v případě, že cívky budou silně vázány (malá mezera, přesné zarovnání) a obvod bude málo zatížen.

Příkon potřebný pro korektní funkci rotující části je tvořen třemi složkami:

1. příkonem MCU; s dostatečnou rezervou  $P_{MCU}=150 \text{ mW}$  ( $45\text{mA}@3,3\text{V}$ ),
2. příkonem IrDA vysílacích obvodů  $P_{IrDA}=160 \text{ mW}$  ( $50\text{mA}@3,3\text{V}$ ),
3. příkonem teplotních senzorů, řádově jednotky mW.

Pokud do potřebného příkonu započítáme i ztráty v přijímacím rezonančním obvodu, usměrňovači a v spínaném zdroji, je nutné bezdrátově dodat výkon minimálně  $350 \text{ mW}$  na pracovní vzdálenost  $d = 2 \text{ cm}$ .

## 2.1. DATOVÝ PŘENOS

Z velkého množství způsobů bezdrátového datového přenosu byl vybrán IR (Infra Red, infračervený) optický přenos. Je jednoduchý, rychlostně dostačující a má velmi nízké BER (Bit Error Rate, bitová chybovost). Nevýhodou je však nutná přímá viditelnost. Pro navrhovanou vzdálenost do  $2 \text{ cm}$  a požadavek na jednosměrný přenos to však nepředstavuje závažný problém. Dalším zjednodušujícím faktorem je možnost umístění modulu na rotujícím objektu tak, že se IR dioda a přijímací fotodioda umístí do osy otáčení.

Zvolený mikrokontrolér obsahuje modulátor i demodulátor pro datový přenos IrDA, jeho implementace je proto velmi jednoduchá.

## 2.2. STÍNĚNÍ

Stínění pod vysílací a nad přijímací cívku je další důležitou nutností pro zabezpečení koexistence bezdrátového napájení a elektronických obvodů. Bez použitého stínění mohou vzniknout tyto komplikace [2]:

1. rušení obvodů datové části,
2. zahřívání aktivních komponent,
3. vířivé proudy ve vodivých materiálech.

Základním principem stínění je koncentrace magnetického pole v prostoru mezi cívkami pomocí materiálu s vysokou permeabilitou [3]. Cívky určené pro bezdrátové napájení jsou od výroby vybaveny feritovým stíněním. Ke zvýšení účinnosti je použito elektrické stínění, kdy jsou všechny vodivé cesty na DPS umístěny mezi dvě zemní měděné vrstvy.

## 2.3. MCU

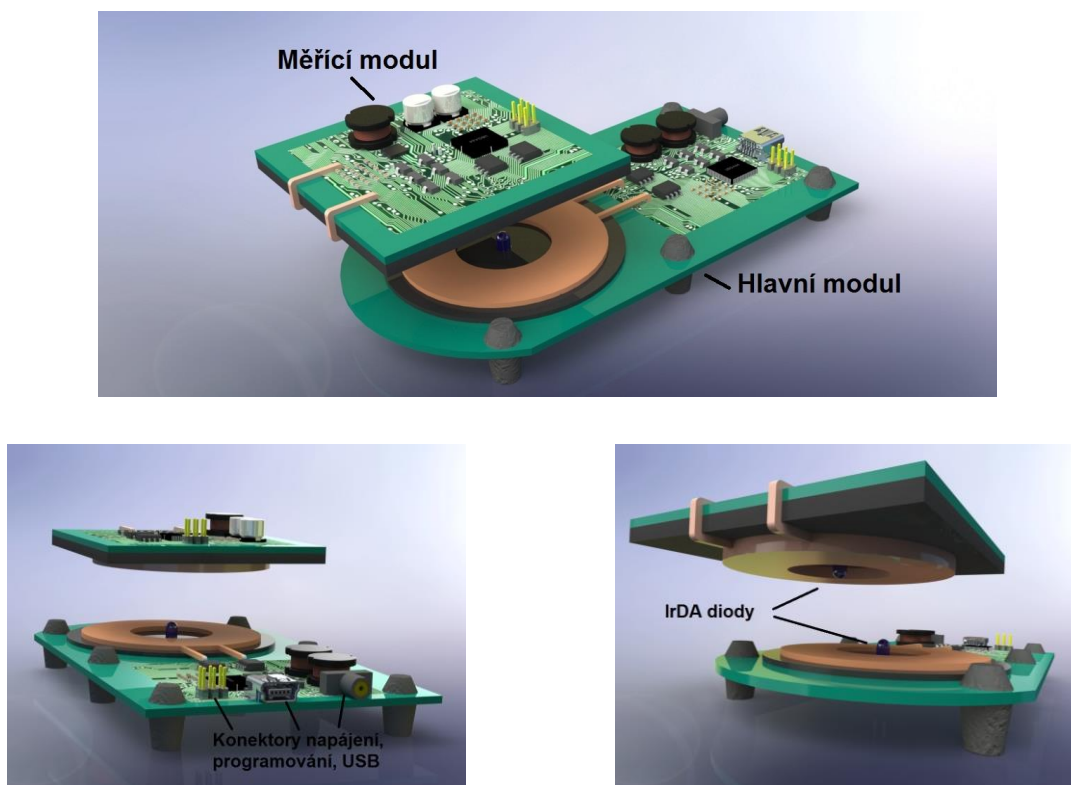
Z důvodu větší jednoduchosti byl pro oba moduly (řídící i měřicí) zvolen stejný mikrokontrolér STMicroelectronics STM32F102C8. Ten v 48 pinovém pouzdru obsahuje vše potřebné, konkrétně: 12 bitový A/D převodník s možností měření až 16 kanálů, UART s podporou modulace IrDA, sériového rozhraní I2C a SPI a USB ovladač. Díky těmto periferiím lze zaznamenávat data z prakticky neomezeného počtu senzorů a data odesílat do PC.

## 2.4. TEPLOTNÍ SENZOR

Pro ilustraci možností navrženého systému byl měřicí model osazen teplotním senzorem TSIC301 firmy Innovative Sensor Technology. Má dostatečnou přesnost  $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  v rozsahu  $10\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , obsahuje také vlastní napěťovou referenci a je velmi odolný vůči rušení vnějším elektromagnetickým polem, což je nutný požadavek kvůli elektromagnetické vazbě napájecích cívek.

## 2.5. VIZUALIZACE

V 3D CAD softwaru SolidWorks 2013 byl vytvořen model celého systému. Na obrázku 2 jsou uvedeny výsledky renderingu, doplněny popisky.



Obrázek 2: Grafické vizualizace navrženého systému

## 3. ZÁVĚR

V této práci byl navržen bezdrátový systém pro měření teploty a dalších fyzikálních veličin. Systém se skládá ze dvou modulů, mezi kterými je vazba pro bezdrátové napájení a pro optickou komunikaci. Využití nalezne všude tam, kde nelze běžným způsobem přivést napájecí a datové kabely. Systém komunikuje s PC pomocí USB sběrnice a zobrazuje v PC všechny naměřené hodnoty. Díky velkému počtu analogových vstupů A/D převodníku a podpoře komunikačních protokolů I2C a SPI je počet obsluhovaných senzorů prakticky neomezený.

## REFERENCE

- [1] BARCELO, T. Wireless Power User Guide. Linear Technology: Application Note 138, October 2013.
- [2] JOEHREN M., BRINK K., DUMONT R., and BRUNO M. NXP SEMICONDUCTORS. Development of an optimized wireless charging application solution. June 2013.
- [3] E. WAFFENSCHMIDT and T. STARING. PHILIPS RES., Aachen, Germany. Limitation of inductive power transfer for consumer applications. December 2009. ISBN 978-1-4244-4432-8