



**Modulární počítač náprav 4.0**  
**FW01010281**

**Funkční vzorek**

**Kompozitní piezoelektrický senzor**  
**přetvoření kolejnice**

**FW01010281-V2**

Autoři:

Filip Kšica

Ondřej Rubeš

Pavel Tofel

Pavel Stachiv

Zdeněk Hadaš

V Brně dne 23.12.2022

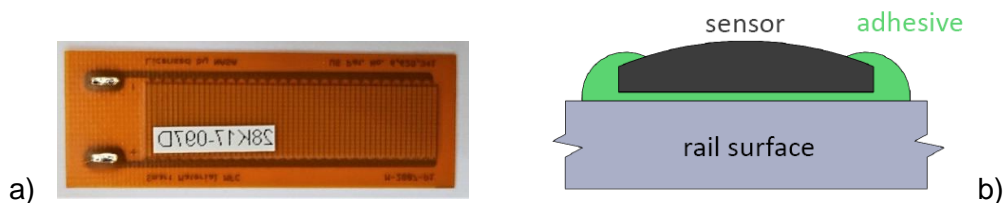
# Úvod

Na základě řešení projektu TAČR v rámci výzvy TREND 1 číslo FW01010281 s názvem Modulární počítač náprav 4.0 byl vyvinut funkční vzorek číslo FW01010281-V2 „Kompozitní piezoelektrický senzor přetvoření kolejnice“.

Tento výstup projektu se vyznačuje integrací piezokeramické kompozitní struktury na mechanickou konstrukci stávající kolejnice. Struktura při projetí kola generuje aktivně elektrický náboj a ten je připojen přes modulární elektroniku na vyhodnocovací HW, který signál převede na informaci o počtu projetých náprav.

## 1. Návrh funkčního vzorku

Návrh funkčního vzorku byl založen na dlouholetých zkušenostech pracovníků na VUT v Brně v oblasti monitorování mechanických konstrukcí pomocí chytrých snímacích prvků. Návrh funkčního vzorku se sestává z několika dílčích částí, především výběr vhodného snímacího prvku a modulární elektroniky pro digitalizaci signálu v dané úloze počítače náprav.



**Obr. 1** Integrace senzorické vrstvy na kolej; a) piezokompozitní MFC SMART MATERIALS, b) mechanické přilepení konstrukce senzoru na kolej.

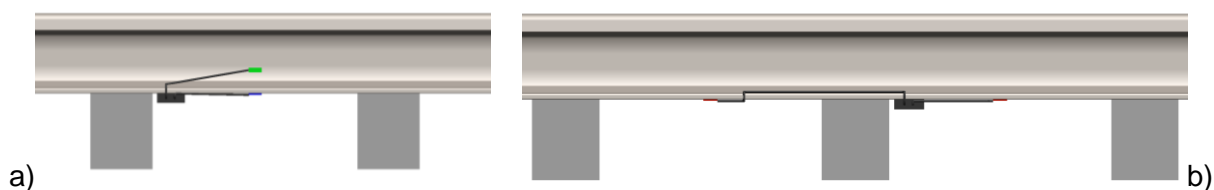
Konstrukce mechanické části kompozitního piezoelektrického senzoru přetvoření kolejnice je založena na MFC kompozitní vrstvě firmy SMART MATERIALS, která je přilepena epoxidovým lepidlem na kolejnici, obr. 1.



**Obr. 2** Integrace mechanické konstrukce železničního senzoru pro snadnou instalaci

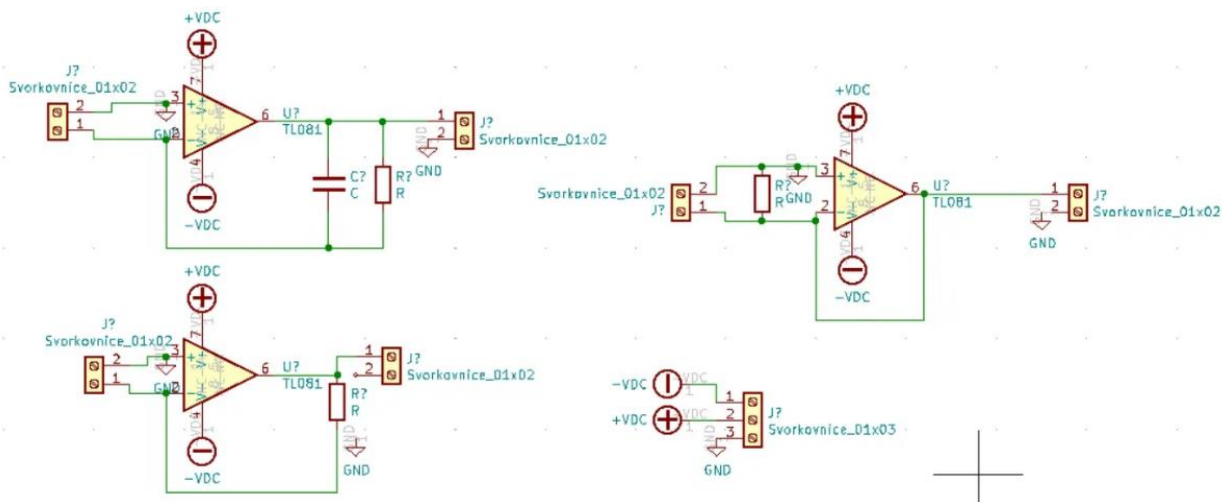
Samotná instalace MFC je z hlediska instalace a používání nepřijatelná jak z mechanického, tak elektrického zapojení. Proto bylo navrženo plastové ochranné pouzdro s ocelovou

konstrukcí, na kterou je MFC přilepeno a celé pouzdro je zalito epoxidem. Ocelová vrstva slouží k přilepení senzoru ke kolejnici a tím snadné instalaci a další vrstva ocelového pouzdra souží jako ochrana před elektromagnetickým rušením, které způsobuje šum na elektrodách piezokompozitu. Zapojení a mechanická konstrukce včetně uzemněné kabeláže je zobrazena na obr. 2. Z hlediska redundance signálů je funkční vzorek složen vždy z 2 sensorických kapslí. Z hlediska mechanického zapojení v případě poškození jednoho ze 2 senzorů bude umístění nejčastěji na boku a zespodu kolejnice, obr. 3 a). Tato varianta umístění počítá se zapojením na řídicí PLC. Další možností je umístění sensorické dvojice, viz obr. 3 b) mezi pražce, slouží taktéž k redundanci signálů a navíc v mikroprocesoru bezdrátového modulu LoRa lze kromě počtu náprav snímat i směr jízdy a rychlost vlaku.

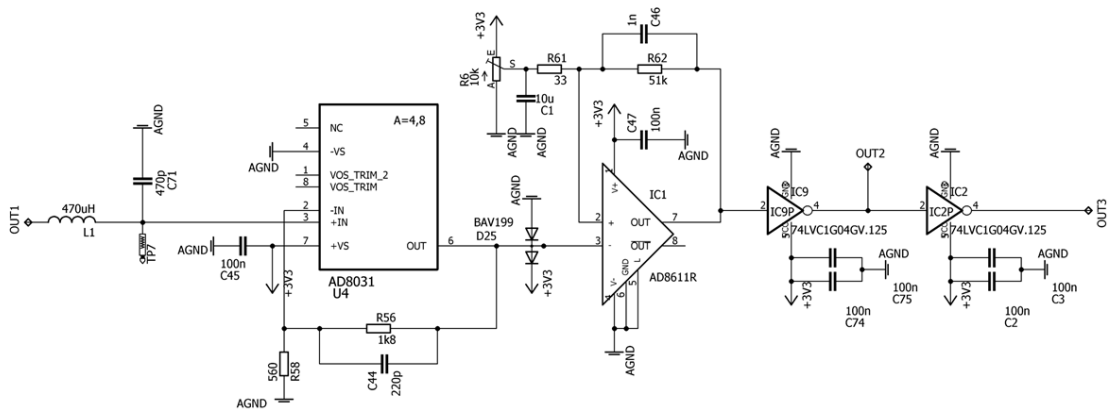


**Obr. 3** Redundance sensorických signálů funkčního vzorku – podle modulárního zapojení.

Z hlediska elektrického zapojení piezokompozitního senzoru mohou být modulárně využity varianty elektroniky zpracující generovaný signál s operačními zesilovači, obr. 4 – nábojový zesilovač, sledovač a převodník proudu na napětí. Zapojení s nábojovým zesilovačem je v této aplikaci nejvhodnější, protože kvantitativně vyhodnotí deformaci kolejnice a signál může být pomocí tvarovacího modulu, obr. 5, převeden na logický vstup pro řídicí PLC. Pro specifické případy by však mohlo být zapojení snadno modifikováno a použitím jiných variant z obr. 4 by tak mohlo být dosaženo synergického efektu pro danou úlohu.



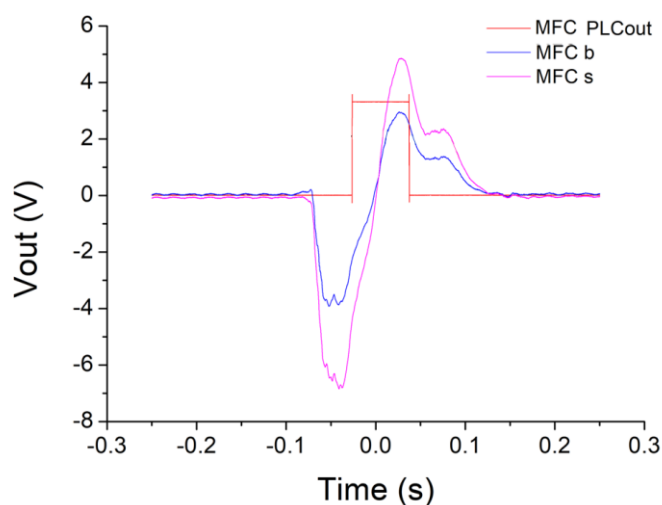
**Obr. 4** Elektronické schéma zesilovačů podle modulárního zapojení.



Obr. 5 Elektronické schéma tvarovacího obvodu s logickým výstupem pro PLC.

## 2. Funkcionalita funkčního vzorku piezoelektrického senzoru přetvoření kolejnice

Takto sestavená konstrukce funkčního vzorku s elektronikou byla testována pro zapojení s nábojovým zesilovačem a tvarovacím obvodem, který vyhodnotí logický puls pro modulární zapojení s řídicím PLC. Na obrázku 6 je tento pul zachycen dle napětového signálů instalovaných senzorů v pozici obr. 3 a) na boční a spodní straně kolejnice.



Obr. 6 Elektronické schéma nábojového zesilovače.

## 3. Závěr

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že ověření vlastností funkčního vzorku „Kompozitní piezoelektrický senzor přetvoření kolejnice“ bylo úspěšně dosaženo a výsledkem je senzor, který lze modulárně zapojit s řídicím PLC. S využitím modifikovaného zapojení vstupního zesilovače a vynecháním tvarovače lze použít tento funkční vzorek pro měření a vyhodnocení s komunikačním LoRa modulem. Lze vyhodnotit i směr jízdy vlaku a jeho rychlost, ale toto je už funkce připojeného HW modulu.