

Indukční snímače proudu

Předmluva

Proudové senzory lze použít pro mnoho aplikací. Konkrétně jsou vhodné pro detekci kolejových vozidel, ale s podmínkou, že soukolí všech vozidel jsou vybavena rezistory. Dále mohou být použity jako lokální detektory v místech, kde je třeba detekovat pouze lokomotivy nebo vozy (s osvětlením). Při tomto použití nejsou zapotřebí soukolí vybavená rezistory.

Zatímco u analogového řízení je pro detekci stojících lokomotiv zapotřebí pomocné napětí, u digitálních systémů žádná taková potřeba není, protože napětí v kolejích je permanentní. Dále pak vzhledem k neustále se měnící polaritě stačí testovat pouze jednu polaritu. Směr však nelze snadno zjistit.

Digitální systémy jako DCC umožňují používat indukční snímače jako u jakéhokoli jiného zdroje „AC“. AC je uveden v uvozovkách, protože digitální signál není sinusového tvaru, jak je obvyklé, ale signál je ve tvaru obdélníku. To má za následek možný problém, že hrany na parazitních kapacitách způsobují proudové špičky, což vede k falešné detekci obsazení.

Inspiroval jsem se stránkami od [Roba Paisleyho](#). Spolu s dalšími snímači je prezentován [indukční snímač](#).

Výhody indukčních senzorů

Nejběžnější metodou pro detekci proudu je využití úbytku napětí na diodě. Diody se dobře hodí kvůli jejich téměř konstantnímu úbytku napětí v širokém proudovém rozsahu. Tento úbytek napětí však způsobuje rušení, zejména pokud nejsou vybaveny senzory všechny koleje, ale pouze jejich malá část. Zejména pokud je snímán pouze malý úsek, je kompenzace úbytku napětí poměrně obtížná. Schottkyho diody zde moc nepomůžou, protože jejich nízký úbytek napětí je platný pouze pro malé proudy. Pokud jde o úbytek napětí při vysokých proudech, nejsou tak dobré jako standardní křemíkové diody.

Kromě toho diodová metoda automaticky nezajišťuje galvanické oddělení mezi kolejemi a detekčním obvodem. Aby se předešlo problémům způsobeným vstupními proudy do obvodu signalizace nebo nežádoucí zpětnou vazbou senzorů do kolejí, je pro provoz ve společnosti FREMO toto oddělení nutné. Zejména zemní smyčky mohou vést k závažným poruchám. U detektorů založených na diodách je galvanické oddělení realizováno obvykle pomocí optočlenů. Buď jsou v sérii dvě diody, které k napájení LED v optočlenu používají přímo poklesu proudu, což způsobuje ještě větší úbytek napětí, nebo je potřeba zesilovač napájený potřebným napětím z kolejí.

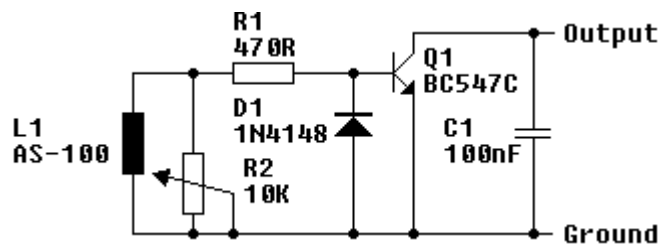
Indukční senzory nabízejí galvanické oddělení v kombinaci s neměřitelnou změnou signálu trakce. I při jízdě lokomotivy přes mezeru mezi detekovaným a nedetekovaným úsekem, kdy je proud veden přes oba obvody, je proud rozdělen a lokomotiva je detekována.

Princip

Cívka použitá v indukčním senzoru pracuje jako transformátor. Vodič procházející cívkou působí jako primární vinutí a může být veden skrz cívku několikanásobně, aby se zvýšil počet závitů primárního vinutí. Netransformuje však napětí, ale proud. Vysoký proud se transformuje na nižší. Současně vzniká vyšší napětí umožňující řízení tranzistoru. Použitím traťového napájecího vodiče procházejícím cívkou s 50 závity, je proud snížen faktorem 50. To vysvětluje, proč nižší počet závitů na cívce způsobuje vyšší citlivost snímače a více závitů citlivost snižuje. Na druhé straně protažení vodiče trakce cívkou více než jedenkrát, tj. zvýšení počtu primárních závitů, citlivost zvyšuje.

Při 15 V v kolejích a poměru vinutí 1:50 se proud 1,5 mA protékající soukolím s odporem 10 kOhm přemění na 30 μ A; což stačí na ovládání tranzistoru. Při zkratovém proudu 5 A je do báze tranzistoru přivedeno 100 mA. Standardní tranzistor však snese proud do báze až 500 mA.

Zapojení



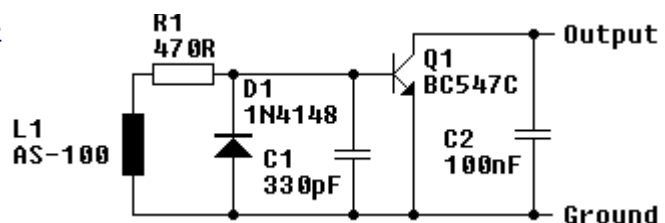
Obrázek 1: Obvod snímače

Zapojení obvodu je docela jednoduché: Transformátor na obrázku je pouze cívka, protože primární vinutí tvoří pouze vodič procházející cívkou. Tranzistor je řízen přes rezistor. Pomocí potenciometru lze nastavit citlivost. Obvod je zakončen běžnou diodou a kondenzátorem, který prodlužuje pulsy.

Odpor tlumí veškeré možné oscilace; dioda zabraňuje vysokému napětí na přechodu mezi bází a emitorem tranzistoru ze záporného napětí z cívky. Kondenzátor je potřebný, protože tranzistor se otevírá s malou zátěží pouze na hranách signálu a vzorkování mikrokontroléru nemusí tyto krátké impulzy zachytit. Kondenzátor s větší kapacitou může být také implementován pro zpoždění vypnutí u aplikací bez použití mikroprocesoru. Tranzistor může být jakéhokoli typu. Pro vysokou citlivost senzoru se však musí kondenzátor rychle vybit. Proto jsem použil BC547 typ C. BC337-40 reaguje s malou zátěží pomaleji, ale může odebírat vyšší proud. Při použití vyšší kapacity kondenzátoru se proto zvýší citlivost.

1. Klíčovou součástí je cívka. Po dlouhé diskusi s Helmutem Schäferem, kterému bych chtěl v tomto bodě poděkovat, jsem se rozhodl pro typ s 50-ti závity, aby se snímač stal relativně citlivým. Existuje komerční senzor od NCE používající typ s 200 závity, navržený pro proudy do 20 A. Protože se v rámci FREMO nepoužívají žádné zesilovače, které dodávají více než 5 A, je 50 závitů vhodná hodnota, kdy tranzistor nebude poškozen a to dokonce ani při 10 A. Cívky s méně než 50 závity také nejsou příliš běžné.

Nechtělo se mi při použití - [přepínače trakce](#) - nastavovat snímač pokaždé, když se použil, ale senzor nemusí být moc citlivý. Proto jsem se pokusil zbavit potenciometru. Test na skutečném modelu však ukázal problémy s některými moduly a detekoval obsazenost i na prázdné trati. Kapacitní odpor párových vodičů vede alespoň na

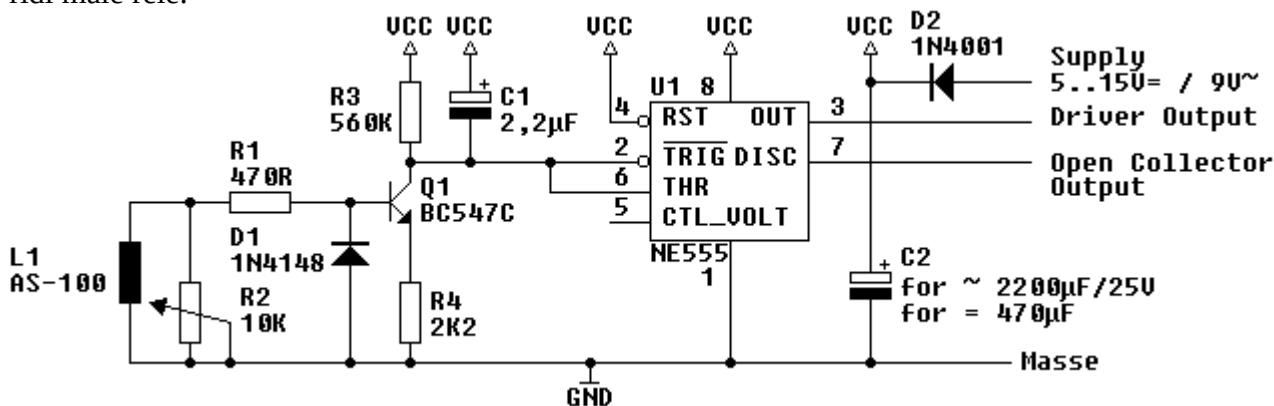


Obrázek 2: Obvod snímače výkonového spínače koleje

hranách signálu DCC k dostatečnému proudu.

Díky softwarovému zpoždění je snímač na tento efekt ještě citlivější. Kondenzátor v bázi tranzistoru problém vyřešil. Žádný z 28 senzorů použitých na setkání v Alsfeldu neprokázal falešnou detekci. I s kondenzátorem je snímač dostatečně citlivý pro toto použití.

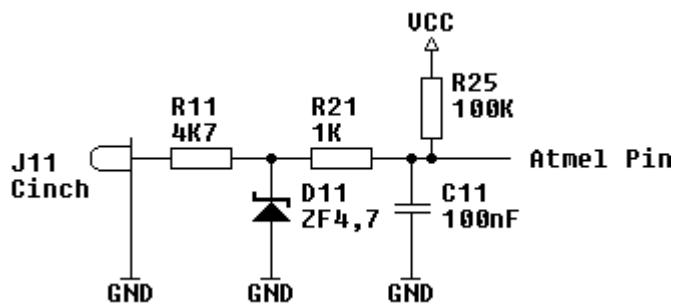
Kromě tohoto jednoduchého základního obvodu existuje mnoho rozšíření a variací. Helmut Schäfer vyvinul některé obvody, včetně jednoho s NE555, který generuje impuls s definovanou délkou a přímo řídí malé relé.



Obrázek 3: Obvod senzoru s NE555 © 2005 Helmut Schäfer

Vstupní obvod

1. U přepínače trakce jsem použil stejný vstupní obvod jako u blokového systému (viz obrázek 4). Zejména při tažení vodičů okolo modulů ostatních lidí, nebo pokud necháte tahat kabel někoho jiného, tak si nikdy nebudete jistí, k čemu bude kabel připojen. Při použití snímače ve vaší vlastní stanici, může být v nejjednodušším případě snímač připojen přímo k portu mikrokontroléru. Externí pull-up rezistor je nutný, pokud není přijatelná velká tolerance vnitřního pull-up rezistoru. Z obavy před externím napětím jsem použil sériový odpor a přidal Zenerovu diodu. Kondenzátor ve vstupním obvodu není opravdu nutný s „debounce“ softwarem v Atmelu a kondenzátorem na snímači.



Obrázek 4: Vstupní obvod spínače napájení koleje

Kde získat cívku

Cívky pro měření proudu vyrábí několik výrobců, ale u většiny elektronických prodejců sloužících soukromým potřebám nejsou k sehnání. Proto pro odpovídajícího výrobce musíte najít distributora, který je připraven dodat tyto cívky v malém množství.

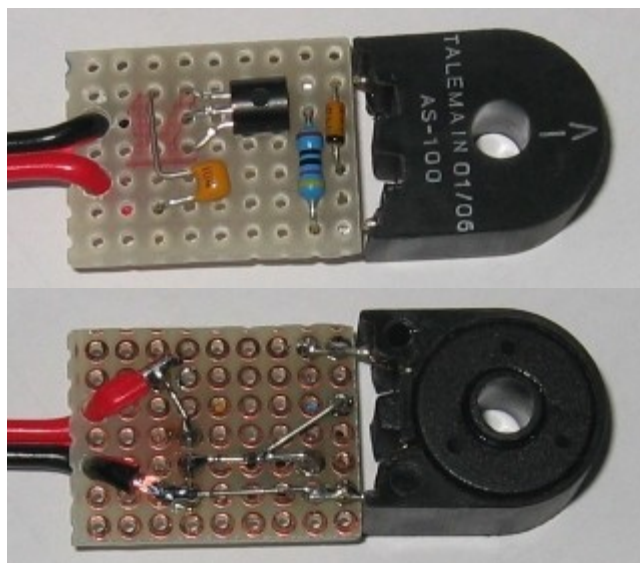
Výrobce[Nuvotem Talema](#)[Rhombus](#)[Pulse](#)[Coilcraft](#)**Cívka s 50 závitů**[AS-100](#)[L-11001](#)[PE-51686 / FIS-101](#)[D1869 / CS1050](#)**Distributor**[Rutronik](#) / [RS](#) (400-8575)[CompoTEK](#)[Spoerle](#)[Avnet Memec](#)

Koupil jsem si AS-100 od Nuvotem-Talema v Rutroniku. V rámci FREMO bylo distribuováno celkem asi 1000 kusů.

Konstrukce

Zpočátku jsem měl v úmyslu objednat malé desky plošných spojů a osadit je součástkami SMD. Ale pak jsem si všiml, že je stejně snadné postavit snímač na kousku prototypové PCB. Vývody cívky byly připájeny naplocho na desku a tranzistor byl také umístěn naplocho na desce, aby bylo možné vše vtáhnout do smršťovací bužírky. Pro odlehčení pnutí jsou připojovací vodiče vedeny skrz otvory.

Vodič snímače je poměrně krátký a je zakončen Cinch konektorem. Na něj lze napojit kabely s délkou závislou na použití. Cívkou jsem protáhl krátký kabel a přidal jsem zástrčku a zásuvku pro snadné připojení snímače mezi moduly bez rozebírání konektorů.



Obr. 5: Vrchní a spodní část prvního prototypu

Zkušenosti

Tato sekce se časem rozroste. Dosud mám pouze první zkušenost s testem spínače napájení kolejí.

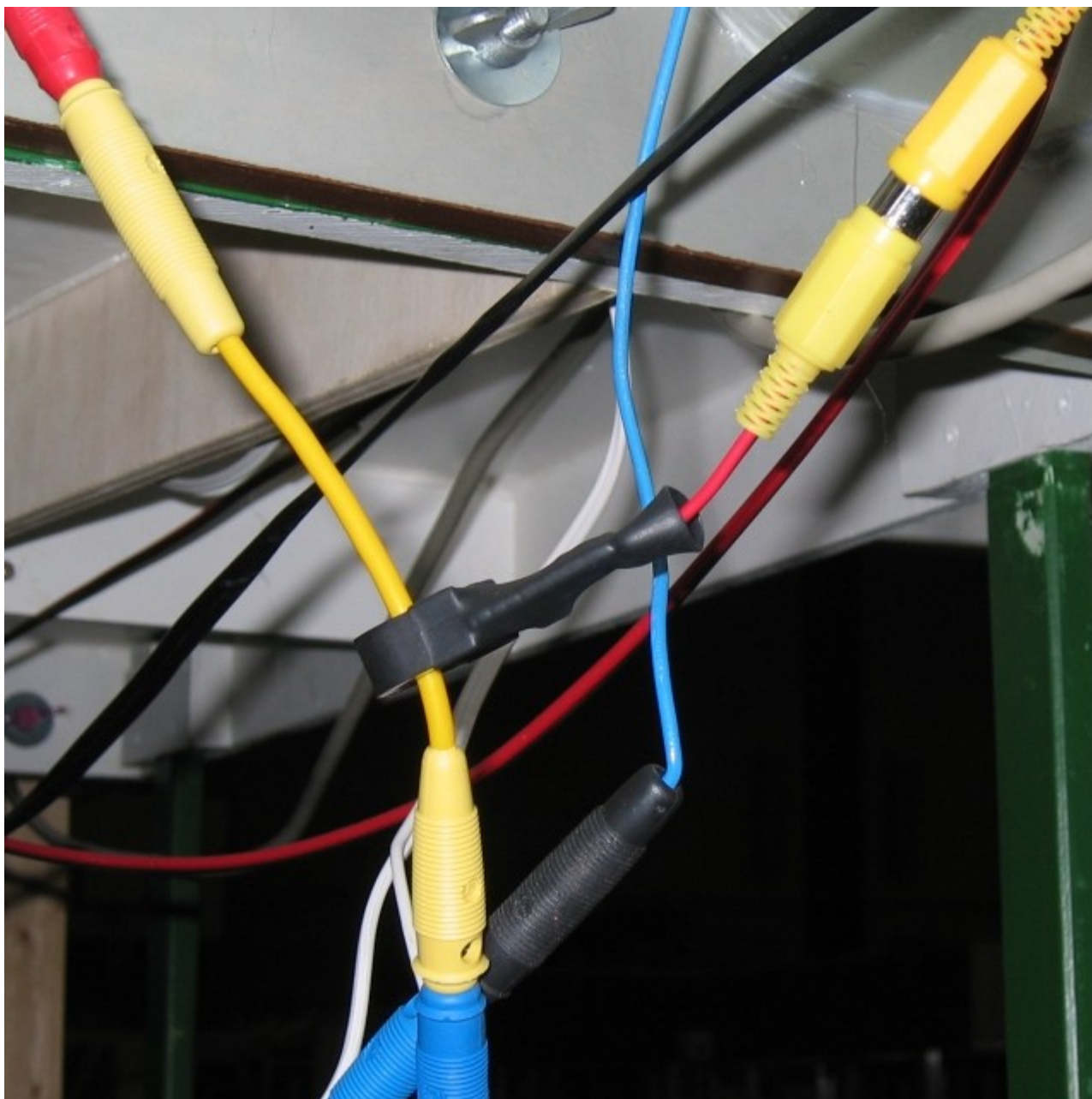
Braunlage 2006:

Před setkáním jsem deaktivoval interní pull-up mikroprocesoru a použil jsem pouze externí pull-up 100 kΩ. S aktivovanými interními pull-upy, nebylo i při proudu 3 mA (5 kΩ jako zátěž) detekováno žádné obsazení. Tranzistor nebyl schopen dostatečně rychle vybit kondenzátor. Bez interního pull-upu byly 3 mA spolehlivě detekovány. Aby bylo možné detekovat zatížení 10 kΩ, musel by být vodič napájení tratě protažen cívkou dvakrát. Při použití spínače napájení trakce to není nutné.

Během nastavování vykazovaly obsazenost dva ze čtyř modulů vybavených senzory, i když na trati nic nebylo. To lze vysvětlit kapacitní zátěží. Protože jsem zpočátku chtěl mít snímače citlivější, nepřipojil jsem potenciometr pro nastavení citlivosti. Po povolení interních pull-up Atmelu se chybná detekce ztratila. To ukazuje, že do modulu nemusíte přidávat citlivé senzory. Aby bylo možné detekovat sestavu soukolí s odporem 10 kΩ, musí být snímač k modulu kalibrován. Provedu několik testů, zda je možné rozlišit kapacitní a odporové zátěže, abychom se této kalibraci vyhnuli.

Použití

Primárně jsem snímač vyvinul pro [spínač napájení koleje](#), s použitím libovolných kolejových modulů s přidanými senzory pro detekci vlaků. Není potřeba žádná úprava modulů. Senzor může být také umístěn v kterémkoli z obou přírodních vodičů. Pokud se profily kolejí na jedné straně dotýkají a znemožňuje to jakékoli elektrické přerušení na této straně, může být senzor umístěn do druhého přírodního vodiče.



Obrázek 6: Snímač umístěný pod modulem při testu v Braunlage 2006

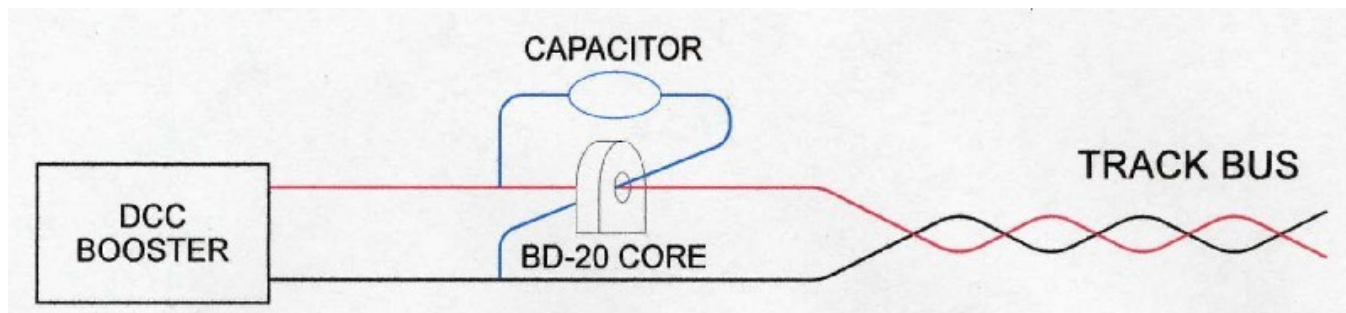
Pro spínač napájení koleje jsou zapotřebí 4 snímače. Na každé ze dvou mezer dva snímače, které detekují přiblížení vlaku z obou stran (zevnitř a zvenku přepínané části). V tomto případě nejsou na druhé straně připojeny moduly použité pro detekci. Pokud je pro detekci použit modul v části

zesilovače, musí být moduly za snímaným modulem napájeny samostatným vodičem, aby se zabránilo průtoku proudu snímačem.

Kromě spínače kolejového napájení existuje mnoho dalších možností použití:

- Kolejový kontakt [absolutního bloku](#).
- Spínání kontaktů pro výstražníky a závory na úrovních přejezdech.

Pokud se nám ve FREMO podaří vybavit všechny soukolí odpory - čistá detekce obsazení ve stanicích a přesuvnách.



Kapacitní vazby jsou kritické. Pro vysvětlení je na tomto obrázku vodič sběrnice, který prochází jádrem BD-20 zbarven červeně a druhý je zbarven černě. Proved'te připojení z červeného vodiče sběrnice na jeden pól kondenzátoru. Toto spojení musí být na stejné straně jádra jako zesilovač, jak je znázorněno na obrázku. Proud přes toto spojení s kondenzátorem nesmí projít jádrem jako první. Připojte vodič k druhému pólu kondenzátoru, protáhněte jej jádrem v opačném směru k červenému vodiči sběrnice a připojte jej k černému vodiči (kdekoli v blízkosti).

Hodnota kondenzátoru není kritická. Pro 21-kolejovou sběrnici s kroucenými vodiči 16 AWG (1,3mm²) byly účinné kompenzační kondenzátory v rozsahu od 62 pF do 1000 pF. Bylo vybráno 390 pF. Kondenzátor použijte nepolarizovaný!