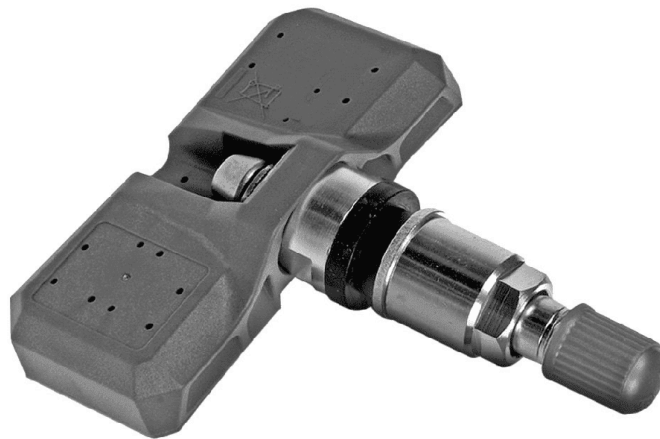


System kontroly tlaku v pneumatikách

System kontroly tlaku v pneumatikách (Tire Pressure Monitoring System - TPMS) je elektronický systém monitorovania tlaku v pneumatikách vozidla, ktorý s využitím senzorov v reálnom čase informuje vodičov o prípadnom poklese tlaku.



TPMS môže byť rozdelený do dvoch rôznych typov:

- Priamy (dTPMS)
- Nepriamy (iTPMS)

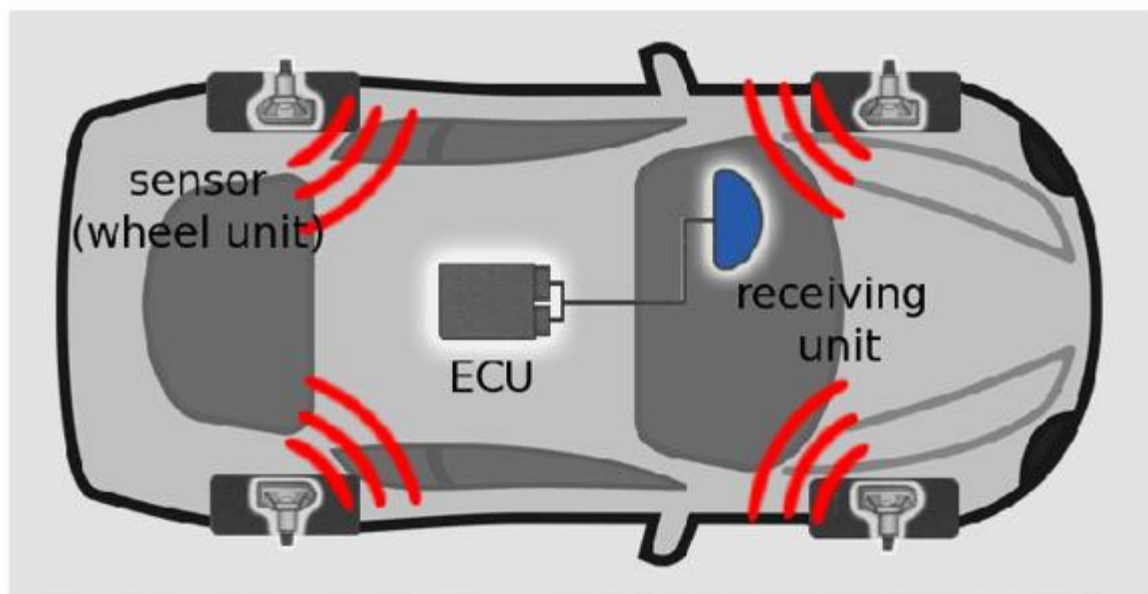
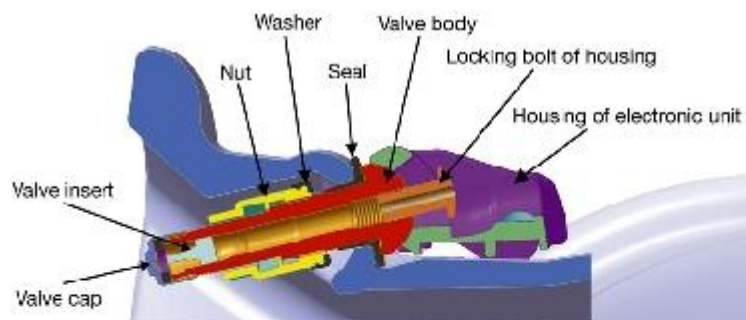
Cieľom TPMS je zníženie počtu dopravných nehôd, zlepšiť palivovú ekonomiku a šetrenie pneumatiky na základe skorého rozpoznania zlého stavu pneumatiky.

Priamy TPMS:

Externé alebo interné senzory sú umiestnené na každej pneumatike. Každý senzor fyzicky meria tlak v pneumatike a dáta prípadne zobrazuje na obrazovke. Niektoré jednotky merajú teplotu pneumatík. Je množstvo vyhotovení týchto senzorov, ale každé čelí problémom, ako je zlé prostredie. Veľké množstvo týchto senzorov je napájaných batériami, čím je obmedzená ich životnosť. Niektoré senzory využívajú bezdrôtový napájací systém, podobný používanému systému v RFID (Radio Frequency Indication), čo vyrieši problém s obmedzenou životnosťou pomocou elektromagnetickej indukcie.

Priame TPMS väčšinou pozostávajú z týchto komponentov:

- Tlakový Senzor
- A/D Prevodník
- Mikrokontrolér
- Systémový kontrolér
- Oscilator
- RF Vysielač
- Nizkofrekvenčný príjmač
- Battery manažment



Väčšina dTPMS má senzory umiestnené na vnútornej strane disku a batérie sa nedajú vymeniť. Ak sa vybije batéria, je nutné vymeniť celý senzor, pričom je potrebné odmontovať celú pneumatiku. Aby sa ušetrila energia a predĺžil život batérie, väčšina dTPMS senzorov nevysiela pri nečinnosti pneumatiky.

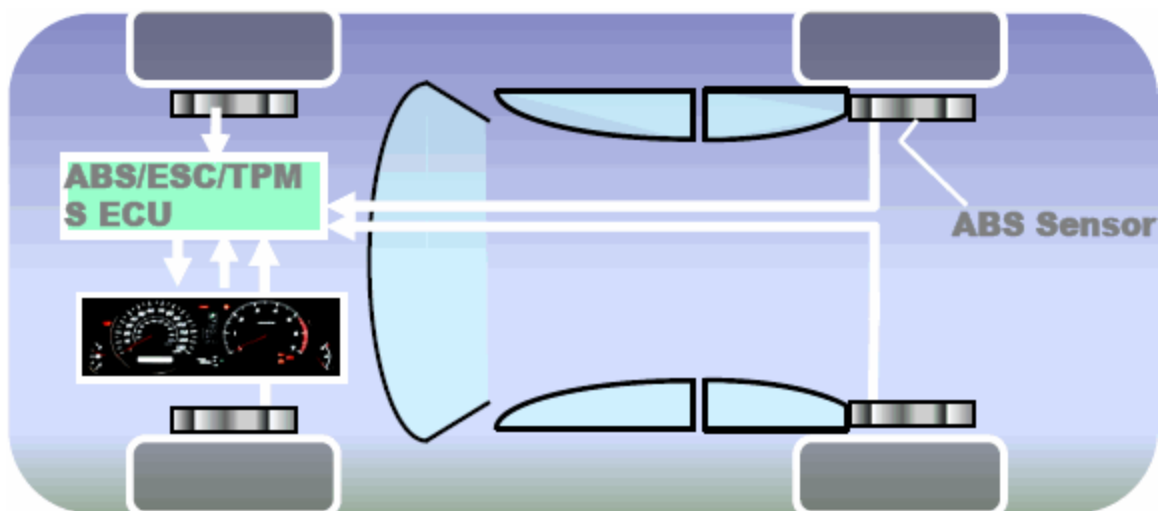
Nepriamy TPMS:

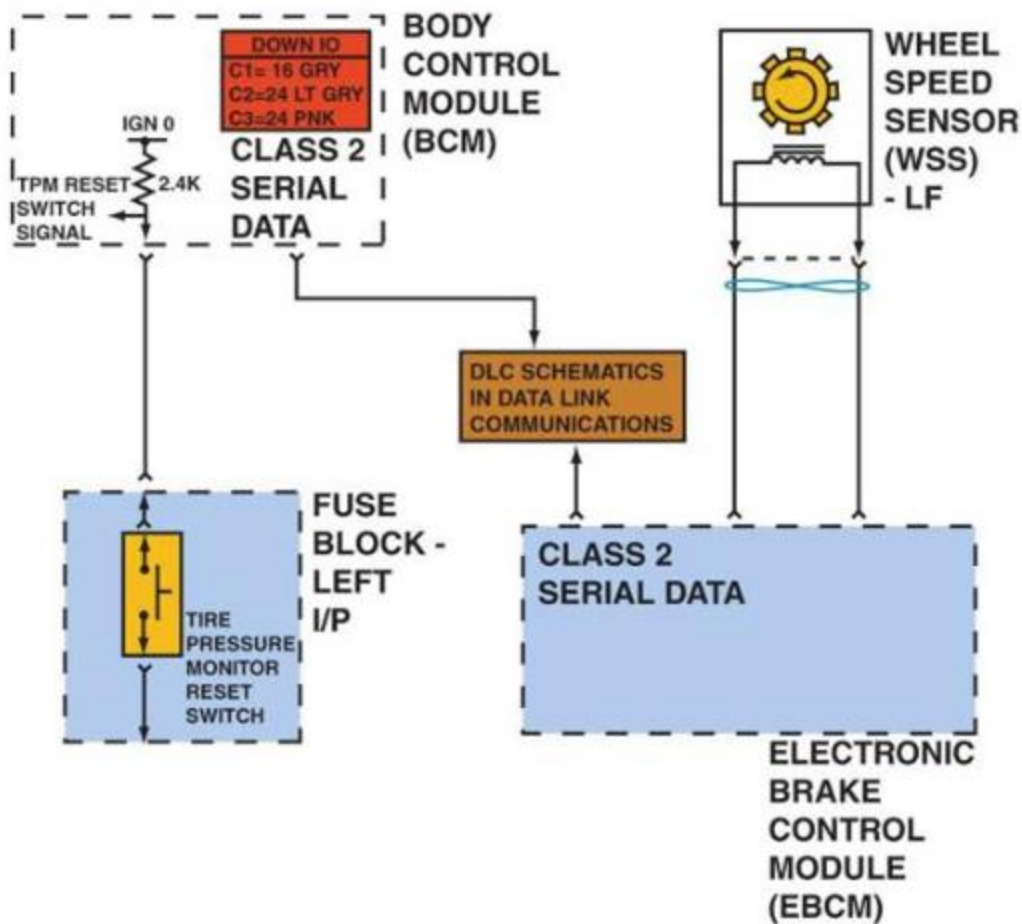
Nepriame TPMS nepoužívajú fyzické senzory tlaku ale merajú tlak pomocou monitorovania individuálnych rýchlostí jednotlivých kolies a iných signálov dostupných mimo pneumatiky. Prvé generácie iTPMS sú založené na princípe, kde pneumatiky s nižším tlakom majú menší priemer, čo znamená aj nižšiu uhlovú rýchlosť ako pneumatika s ideálnym tlakom. Tieto rozdiely je možné merať pomocou senzoroch v systémoch ABS (Anti-lock Braking System) / ESC (Electronic Stability Control).

Druhé generácie iTPMS môžu taktiež detekovať podtlak vo všetkých 4 pneumatikách naraz, použitím spektrálnych analyzátorov.

iTPMS nemôžu merať ani zobrazovať absolútne hodnoty tlaku. Po každej zmene tlaku alebo výmene pneumatiky musia byť vynulované. Reset je väčšinou realizovaný pomocou tlačítka alebo v menu na palubnom počítači.

Nepriamy TPMS sú náchylnejšie voči vonkajším vplyvom ako povrch vozovky alebo jazdnej rýchlosti. Nepriame TPMS taktiež nezahŕňajú žiaden doplňujúci hardvér, náhradné časti ani servis (okrem regulérneho resetu), čím sú považované ako "customer friendly".





Od 1. novembra 2014 sú výrobcovia áut povinný vybaviť všetky vozidla týmto systémom.

Medzi priame TPMS patrí aj napríklad Snímač tlaku v pneu (TPMS) CUB - kovový ventil. Cena za jeden kus sa pohybuje okolo 44 eur.

Tento snímač tlaku sa uchyťáva maticou.

Uťahovací moment snímača: 2 Nm

Uťahovací moment ventila: 4 Nm

Tlakovanie: Vzduch alebo dusík

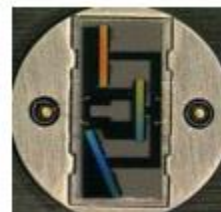
Maximálna rýchlosť: 350 km/h

Snímací element SAW senzora:

1. Senzor

Senzor sa skladá z troch jednoportových SAW (surface acoustic wave) rezonátorov. PSAW v strede, T1SAW (paralelný ku PSAW) a T2SAW.

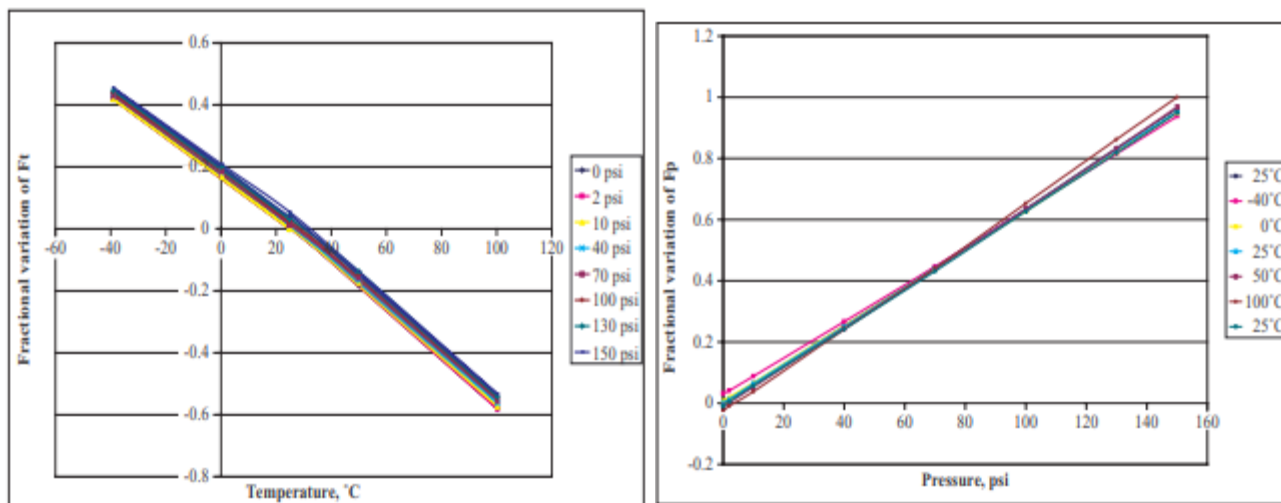
SAW zariadenia majú 3 rôzne rezonančné frekvencie. Rezonančné frekvencie sú obsiahnuté v ISM pásme, aspoň 200kHz od seba.



Senzor je spravený tak, že pri kolísaní tlaku v pneumatike bude pôsobiť namáhanie v blízkosti PSAW, čo spôsobí zvýšenie rezonančnej frekvencie PSAW (f_3), zatiaľ čo frekvencia T1SAW (f_2) zostáva prakticky nezmenená. Rozdiel ($F_p = f_3 - f_2$) medzi týmito dvoma frekvenciami je ekvivalentná ku zmene tlaku medzi pneumatikou a referenčnou komorou, a takmer nezávislá od teploty.

Teplota je vyhodnotená meraním rozdielu frekvencií T1SAW a T2SAW ($F_t = f_2 - f_1$). Keďže smer T2SAW sa líši od T1SAW, ich teplotné charakteristiky sú rozdielne, čo spôsobuje, že F_t sa mení takmer lineárne s teplotou.

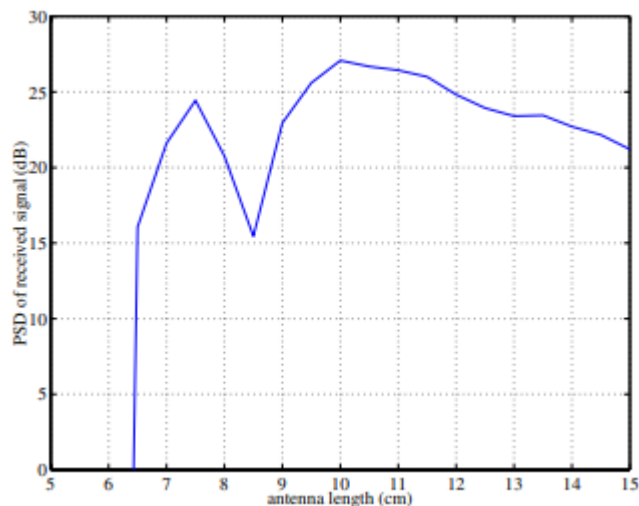
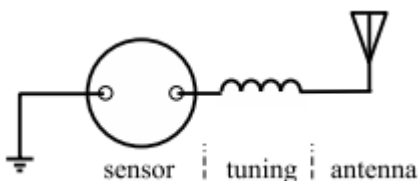
Zmeny F_p s tlakom (pre rozsah teplôt) a taktiež zmena F_t s teplotou (ukázaná pre rozsah tlakov od 0 do 150 psi) sú zobrazené na grafoch:



2. Anténa senzoru – ladenie a parovanie

Sila prijmaného signálu je závislá na anténe senzora. Avšak, dlhý upadajúci signál je najlepší na meranie frekvencie prijmaného signálu. Na obrázku je vidieť závislosť sily prijmaného signálu ku veľkosti antény.

Toto je určené pre konfiguráciu senzora ukaázaného na obrázku nižšie, kde je jedna strana rezonátora uzemnená a druhá je pripojená k anténne cez cievku.

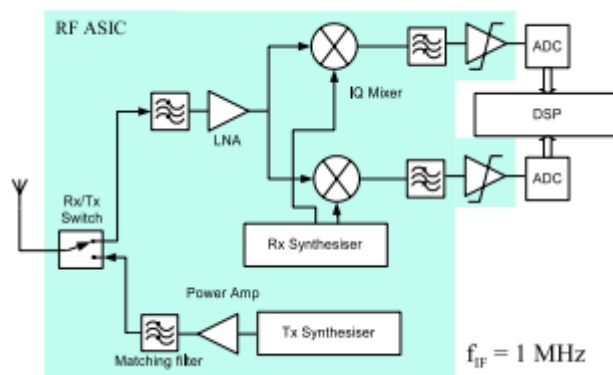


3. Bezdrôtové “počúvanie” SAW senzora

Výsluch SAW senzora je uskutočnený pomocou krátkych rádiových pulzov. Na obrázku nižšie môžeme vidieť architektúru elektrického obvodu, ktorý slúži na počúvanie.

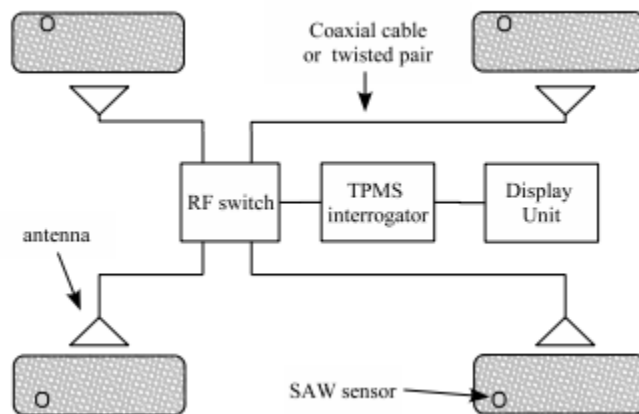
Vysielač obsahujúci syntetizér, zosilňovač, a tvarovač impulzov je použitý na vyvolanie prirodzených oscilácií SAW rezonátora s rádiovým impulzom o šírke 10 mikrosek.

RF prepínač je použitý na presmerovanie signálu vráteného z SAW rezonátora do prijímača, kde je signál prekonvertovaný na 1 MHz IF kvôli vzorkovaniu a spracovaniu DSP blokom, ktorý vykoná finálne meranie frekvencie. Obvod má separátne oddelene vysielač a prijímač syntetizér, aby mohli byť obidva naraz zapojené. Toto dovoľuje rýchle prepínanie medzi prijímaním a vysielačím (<1 mikrosekunda), čo znamená maximálne množstvo zachytenia prijímačom.



4. Inštalácia

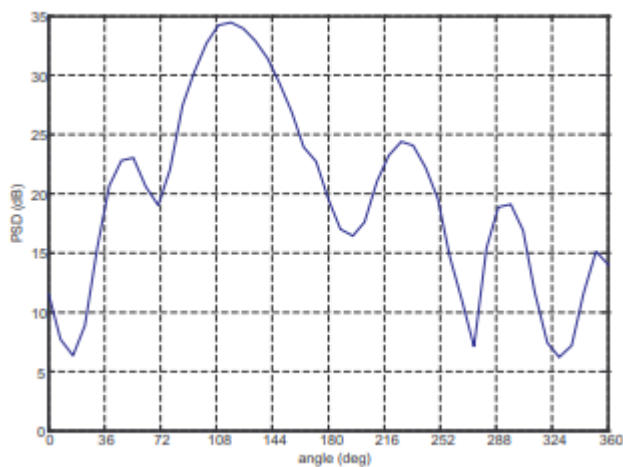
Inštalácia pozostáva z dipólovej antény v každom kolese, napojená na počúvací obvod (bod 3) cez koaxiálny kábel alebo skrútený pár a zmultiplexovaný cez RF prepínač. Zmeraný tlak a teplota sa následne zobrazí na displayi.



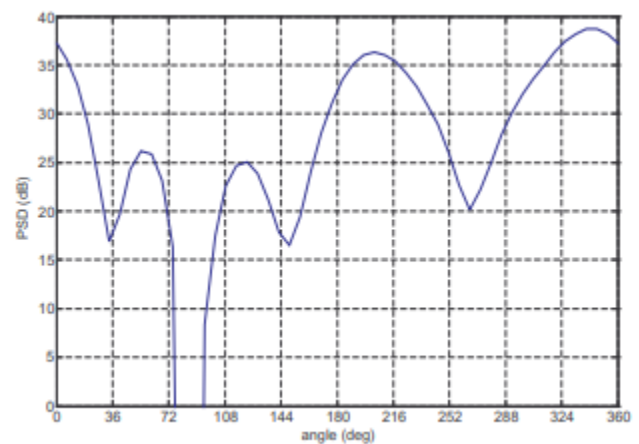
5. Uhol pokrytia

Na nasledujúcich grafoch je vidieť, ako sa sila signálu líši pri rôznych uhloch natočenia kola.

Meranie signálu pri 360° otočení predného kola



Rovnaké meranie ale pre zadné koleso



6. Presnosť systému

Systém bol vyhodnotený na mnohých autách od rodinných až po SUV a off road a vykazuje výborné výsledky.

Nasledujúce grafy ukazujú tlak a teplotu všetkých štyroch kolies zaznamenaných TPMS systémom na typickej ceste.

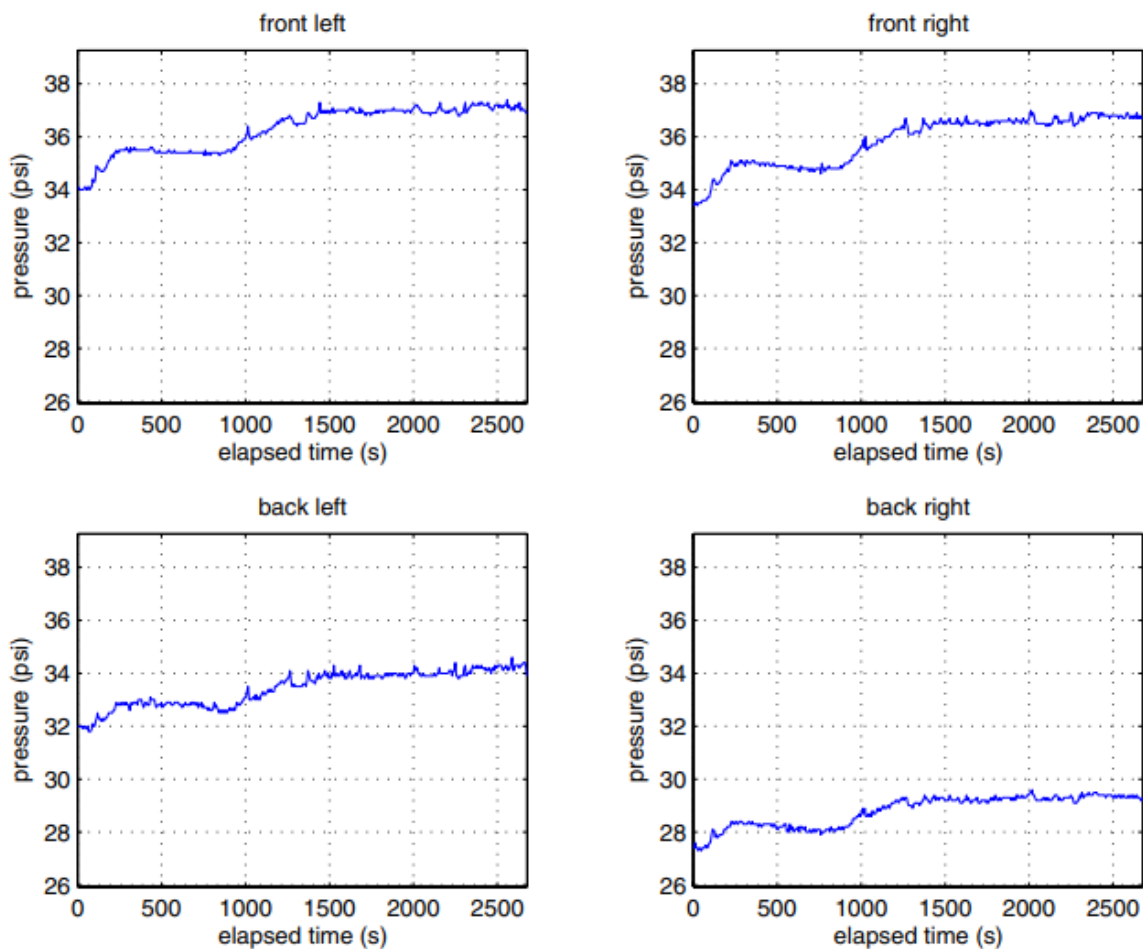


Figure 15. Pressure readings from all four tires, logged by the TPMS system on a typical journey (mixture of urban and motorway driving)

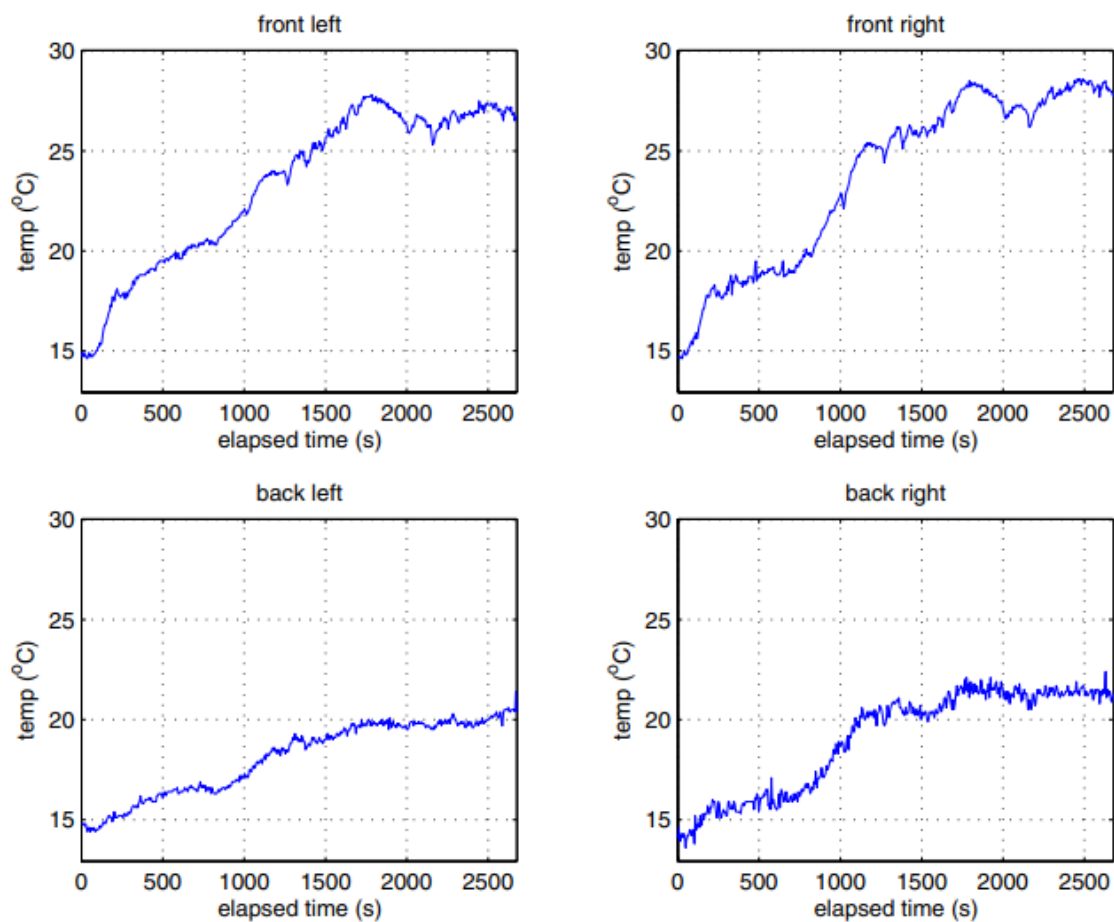


Figure 16. Temperature readings from all four tires, logged by the TPMS system on a typical journey (mixture of urban and motorway driving)