

Embedded systems: Autoprojekti dokumentaatio

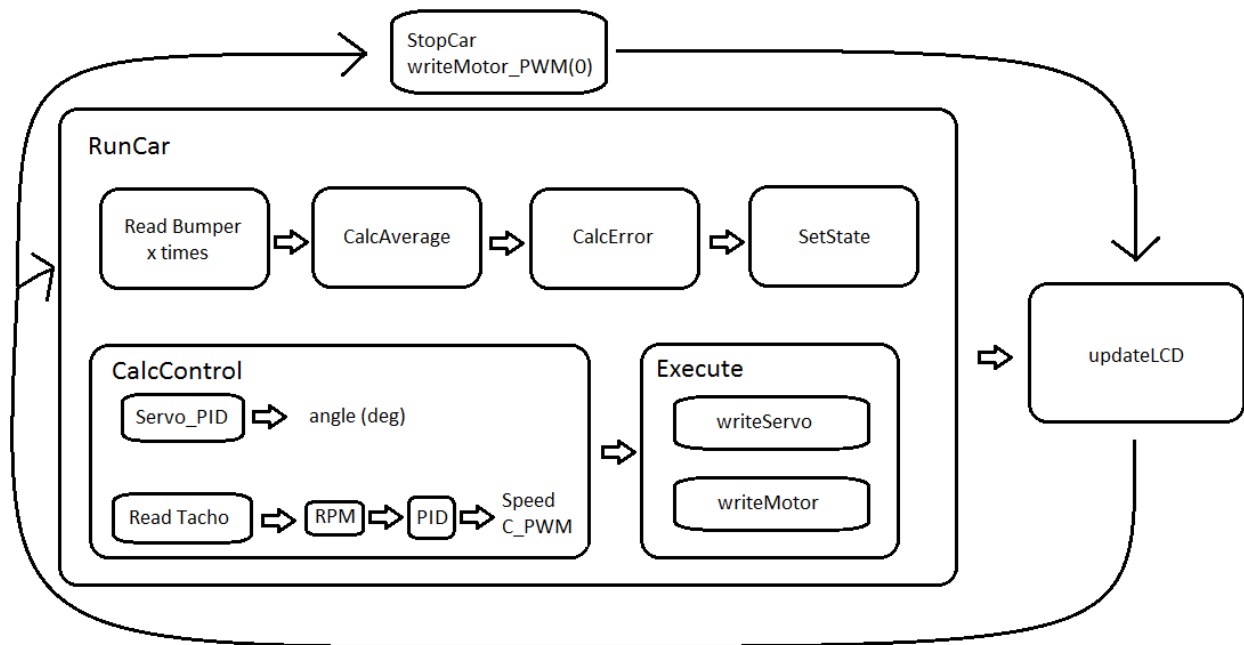
Olli Törmänen

Markus Peltola

Janne Suomalainen

02.04.2014

Projektissa käytetyn auton toimintalogiikka on rakennettu sulautetuille järjestelmille tyypilliseen malliin: ensin alustetaan tarvittavat komponentit ja rekisterit ja sen jälkeen auto siirtyy odottamaan käynnistystä ajotilaan (näppäinpainike). Ajotilassa auto siirtyy suorittamaan "loputonta" ohjaussilmukkaa, jossa suoritetaan kuvan 1 kaavion mukaisia operaatioita nopeaan tahtiin.



Kuva 1. Lohkokaavio auton toiminnasta.

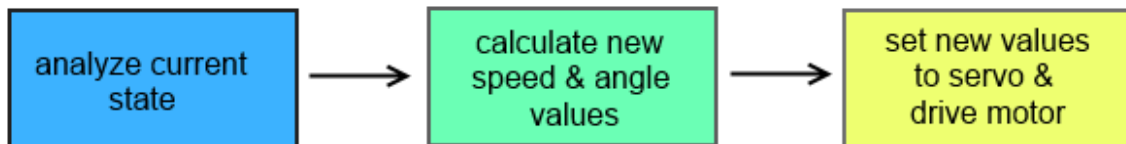
Ohjaussilmukka

Ohjaussilmukka rakentuu kahdesta osasta, joista ensimmäisessä osassa luetaan etusensorien arvoja puskurin ja lasketaan biteille keskiarvot. Keskiarvon laskenta on toteutettu siten, että jokaiselle bitille lasketaan summa siitä, kuinka monta kertaa se on ollut päällä jokaisella puskurissa olevassa lukuarvossa. Jos yksittäinen bitti on ollut päällä suurimmassa osassa luetuista arvoista, se tulkitaan ykköseksi, muutoin arvoksi valitaan nolla. Kun suodatetut arvot on laskettu kaikille etusensorien arvoille, tulosarvo sijoitetaan globaaliin muuttujaan ("gBumperValue"), jota hyödynnetään ohjauksen kontrolliarvojen laskentaan.

Toisessa ohjaussilmukan osassa tarkistetaan ollaanko odottavassa vai ajavassa tilassa. Odottavassa tilassa auton moottoreiden PWM-ohjaimelle kirjoitetaan arvo "0", jolloin moottorille tarjottava signaali on tasaista nollaa. Tällöin moottoriohjain asettaa moottorin molemmat navat maahan ja auto pysähtyy.

Ajotila

Ajotilassa suoritetaan seuraavanlainen ohjauksen kuvan 2 mukaiset toimenpiteet.



Kuva 2. Moottorien ohjaus ja kontrollointi.

Nykytilan määrittäminen

Etusensoreilta suodatetusta arvosta ("gBumperValue") lasketaan auton tämänhetkinen tila analyysifunktiolla ("control_calcPositionError"). Laskenta aloitetaan käymällä läpi ensin uloimpien etusensorien arvot. Niiden avulla voidaan määrittää onko havaittu maalilinja vai viiva. Kirjaa pidetään myös edellisestä havainnosta, jotta ajoradan kadotessa tiedettäisiin, mistä suunnasta sitä tulee lähteä etsimään.

Auton sijainti rataviivaan nähden määritetään virhearvolla, joka on sitä suurempi, mitä kauempana auton tiedetään olevan rataviivasta. Jos havaitaan, että auto on maalilinjalla, asetetaan virheen suuruudeksi arvo "0"; muutoin asetetaan rataviivan näkevää etusensoria vastaava lukuarvo, joka vaihtelee asteikolla $[-7, 7]$. Jälkimmäisessä tapauksessa päivitetään myös muuttujaa, joka pitää kirjaa edellisestä arvosta.

Mikäli mikään etusensoreista ei ole nähnyt rataviivaa, pidetään virhe samana kuin edellisessä havainnossa, paitsi siinä poikkeustilanteessa, että viimeisin havainto on tehty reunimmaisilla etusensoreilla. tällöin asetetaan tilaksi "CONTROL_NO_REF_POINT" mikä ilmaisee, että auto on kadottanut radan.

Ohjauksen korjausarvojen laskenta

Kun sijaintivirheen suuruus on tiedossa, annetaan se korjaustoimenpiteitä laskevalle funktiolle ("control_calcParameters"), joka määrittää sopivat uudet arvot syötettäväksi moottorin ja servon ohjaukselle. Jos virhe on ensimmäisen kerran CONTROL_NO_REF_POINT, asetetaan ajastin päälle. Ajastin asettaa auton pysäytettyyn tilaan, jos auto ei tiettyyn aikamääreeseen mennessä onnistu näkemään viivaa uudestaan. Tässä tilassa auto ohjaa samalla tapaan kuin havaitessaan viivan uloimmalla sensorilla. Jos virhe on taas GOAL_POINT, käsitellään tilannetta samaan tapaan kuin virhe olisi nolla. Muutoin virhe annetaan suoraan ohjauksen laskeville funktioille (mikä servon tapauksessa on ainoastaan PID-säädin). Moottorille kutsutaan taas funktiota motor_calcSpeed(), mikä toimii P-säätimen tapaan hidastaen auton nopeutta kun virhe kasvaa.

Uusien arvojen välittäminen moottoreille

Uudet ohjausparametrin laskevan funktion suorituksen jälkeen annetaan korjattu ohjauskulma ja haluttu nopeus muutokset toimeenpanevalle funktiolle ("control_execute"). Se asettaa ensin servon uuteen asentoon ("servo_writeControl" funktio), mikä muuttaa asteissa määritetyn virhelukeman sopivaksi PWM-arvoksi ja asettaa sen uudeksi ohjauskulmaksi servomoottorille. Tämän jälkeen asetetaan moottorin nopeus ("motor_setSpeed"-funktio).

Moottorin ohjausfunktio lukee takometrin antaman arvon, muuttaa sen rpm-perusteiseksi, jonka jälkeen arvo syötetään moottorin ohjauksen PID-kontrollerin läpi. Lopputuloksena saatu arvo välitetään moottorin nopeudesta vastaavalle PWM-ohjaimelle. Mikäli laskettu arvo on "0", alkaa moottori jarruttaa.

Takometrin toiminta

Takometri antaa palautteen ajomoottorin toiminnasta (tachometer_read-funktio). Takometrin tuottamia arvoja tallennetaan yksi per ohjaussilmukakierros. Yksittäinen lukema tarkoittaa sykäysten lukumäärä edellisen luentakerran jälkeen.

Saatu arvo tallennetaan sopivankokoiseen (rengas)puskuriin. Puskurin kokoa muuttamalla voidaan määrittää, miltä ajanjaksolta lukemia tuotetaan. Lisäksi puskurin vähentää nopeiden hetkellisten muutoksien vaikutusta, kun palautusarvona tuotetaan summa aiemmin lasketuista arvoista sen sijaan, että aina palautettaisiin vain tuorein arvo.

PID-kontrollerit

Ajo- ja servomoottorien toimintaa kontrolloidaan PID-kontrollereita hyödyntäen. Sopivia kontrollereita pyrittiin ensin toteuttamaan itse, mutta sittemmin päädyttiin käyttämään Atmelin tarjoamaa PID-säädintä ("kirjasto"), joka muokattiin tarkoitukseen sopivaksi. Toteutukseen lisättiin muun muassa oma integraali-arvon anti-windup -toiminnallisuus. Molemmilla moottoreilla on omat pid-tietorakenteensa ("gPidStMotor" ja "gPidStServo"), joissa välitetään tarkoitukseen sopivat parameterin molemmille kontrollereille. Sopivat PID-arvot lasketaan jokaisella ohjaussilmukkakierroksella kirjaston funktiota ("pid_Controller") hyödyntäen.

Ajon lopettaminen

Turvallisuuden vuoksi auto lopettaa ajotoimintansa kahdessa tapauksessa: mikäli ajotilassa painetaan näppäinpainiketta kerran tai jos auto on kadottanut radan, eikä löydä sitä uudelleen kolmen sekunnin kuluessa. Koska normaalitilassa auton ajaessa keskellä teippiä, sen etusensorit eivät saa lukemia, katsotaan rata kadonneeksi vain, mikäli viimeinen havainto radasta on ollut reunimmaisilla etusensoreilla. Auton pysähtyessä LCD-näytölle tulostetaan teksti "Stopped".