

Nopea tiedonkeruulaitteisto radiokanavamittauksiin

Matti Leppänen (TKK/IRC/Sovellettu elektroniikka)
Kimmo Kalliola (TKK/IRC/Radiolaboratorio)

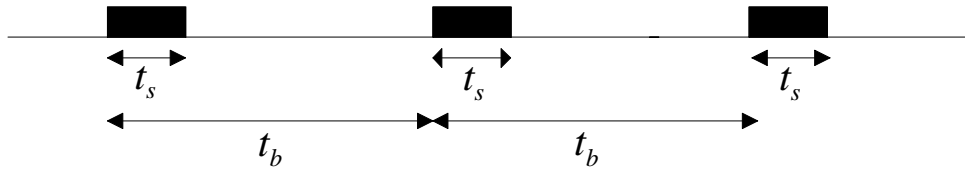
1 Johdanto

Tämän raportin tavoitteena on esitellä lyhyesti dynaamisten laajakaistaisten radiokanavamittausten problematiikkaa sekä muutamia ajatuksia tarkoitukseen soveltuvan mittauslaitteiston toteutuksesta lohkokaaaviotasolla. Tarkoituksena ei ole esittää valmista rakennusohjetta vaan paremminkin esitellä mahdollisia toteutusvaihtoehtoja yleisemmin. Kyseisen laitteiston osat eivät sinänsä ole mitenkään ylivoimaisen vaikeita toteuttaa. Tietyt erityisvaatimukset kuitenkin aiheuttavat sen, että kokonaisuus tulee suunnitella varsin huolella ottaen huomioon kaikki laitteistolta vaadittavat ominaisuudet: muistin tarve, maks. näytteenottonopeus, jne.

2 Kanavamittauksen periaate ja tavoitesuoritusarvot

Radiokanavamittauksessa antennista vastaanotettu signaali näytteistetään ja tallennetaan digitaalisesti jälkikäsitteilyä varten. Laajakaistaaisessa tapauksessa signaali tulee näytteistää riittävän suurella näytteenottonopeudella. Tämä aiheuttaa suuria vaatimuksia näytteiden reaaliaikaiselle tallennukselle. Nykyisessä TKK:n Radiotietoliikenneinstituutin (IRC) mittalaitteessa ongelma on ratkaistu siten, että signaalinäytteet tallennetaan tietokoneen AD-lisäkortilla olevaan nopeaan puskurimuistiin (8 Mbytes), jonka täytyttyä mittaus keskeytetään, ja data siirretään ISA-väylää pitkin kovalevylle. Tämä tekee mittauksesta hitaan. Myös erillisten mittauspätkien liittäminen toisiinsa on hankalaa ja epätarkkaa.

Kuvassa 1 on esitetty radiokanavamittauksen ajoituskuvio. Mittaus on purskemutainen: signaalia näytteistetään aika t_s purskeiden välin ollessa t_b . Aika t_s riippuu lähetyksessä käytetyn koodin pituudesta sekä saman purskeen aikana mitattavien antennielementtien määrästä. Aika t_b taas riippuu kanavan muutosnopeudesta, joka on verrannollinen mitattavan mobiiliantennin liikenopeuteen.



Kuva 1. Kanavamittauksen ajoituskuvio.

Taulukossa 1 on esitetty mittauksen tavoitesuoritusarvot. Arvot on laskettu 127 chipin pituiselle koodille (kooditaajuus 30 MHz) ja 64 antennielementille siten, että kustakin elementistä näytteistetään yhtäjaksoisesti kahden koodin pituinen pätkä 8 bitillä. Mobiilin liikenopeus on 5 m/s, kanavanäytteitä otetaan viisi jokaista aallonpituutta kohti taajuudella 2,154 GHz, ja yhtenäisen mittauspätkän pituus on 100 m. Mittaus on kompleksinen, eli demodulaattorin I- ja Q-haarat näytteistetään erikseen. Tämän vuoksi tarvittavat muistien koot ja datanopeus ovat kaksinkertaisia.

Taulukko 1. Mittauksen tavoitesuoritusarvot (molemmat näytteistysaajat yhteensä).

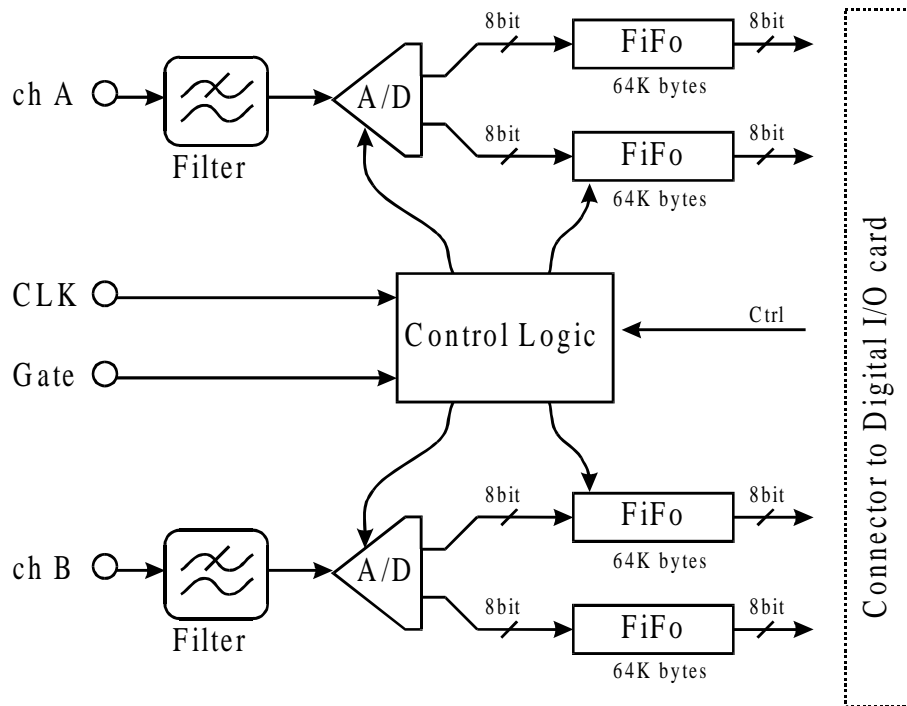
Näytteistysnopeus f_s (max)	120 MHz
Purskeen pituus t_s (max)	542 μ s
Purskeiden väli t_b (min)	5.57 ms
Reaaliaikaisesti talletettavan datan määrä (max)	2×65024 bytes
Jatkuva datankeruunopeus (max)	2×11.1 Mbytes/s
Tarvittava muistikapasiteetti (max)	2×223 MBytes

3 Toteutusvaihtoehtoja

Mittauslaitteistoon liittyy kaksi selkeästi muita suurempaa ongelmaa. Miten muuntaa mitattava signaali riittävän suurella dynamiikalla digitaaliseksi ja toisaalta miten tallentaa useita satoja megatavua dataa riittävällä nopeudella? Itse signaalin näytteistäminen ei ole kovin vaikeaa, ja tarkoitukseen löytyy useita valmiita ratkaisuja jopa suoraan PC:een liitettäväksi. Ongelmana vain on usein aivan liian pieni puskurimuisti, vaikka nopeus riittäisikin. Datan tallentamiseksi tavalliset PC:n kovalevyt olisivat tietysti edullisin ratkaisu mutta niiden tiedonsiirtonopeus ei aivan riitä datan tallentamiseen levyille reaaliajassa. Niinpä ehkä helpoin tapa tallentaa data on kirjoittaa se suoraan PC:n normaaliin keskusmuistiin, jota tällä hetkellä saa uusimmille emolevyille kalustettua ainakin 512 Mtavua. Jos tarvitaan tätä suurempaa kapasiteettia niin kaksi nopeaa SCSI-kovalevyä voisi olla toinen hyvä ratkaisu. Tällöin keskusmuistia voitaisiin käyttää puskurina ja vuorotellen kirjoittaa dataa levyille.

3.1 Lohkokaavio mittauselektronikasta

Kuvassa 2 on esitetty lohkokaavio tarkoitukseen sopivasta elektronikasta.



Kuva 2. Nopean tiedonkeruun mahdollinen toteutus.

Laitteessa on kaksi identtistä analogiakanavaa ch A ja ch B (vastaavat demodulaattorin haaroja I ja Q), ulkoisesti ohjattava näytteistyskello sekä kellon voimassaolosignaali (gate). Molemmat kanavat alipäästösuodatetaan ja ohjataan omille A/D-muuntimilleen. Muuntimet jakavat 8 bitin näytteet kahteen eri puskurimuistiin (FiFo), jolloin datan siirtonopeus saadaan puolitettua. Lisäksi kaksi näytettä molemmista kanavista voidaan pakata yhteen 32 bitin sanaan, joka siirretään PCI-väylään liitettävällä I/O kortilla PC:n muistiin.

Suodatus (Filter)

Ennen A/D-muunnosta tulee tehdä alipäästösuodatus jotta haluttua kaistaa suurempi-taajuiset signaalikomponentit eivät laskostuisi käytetylle mittaускаistalle. Suotimen jyrkkyys ja kaista tulee sovittaa käytettyyn näytteistysnopeuteen.

Analogia-digitaalinen muunnos (A/D)

Analogiasignaalin muuntaminen digitaaliseksi on ehdottomasti laitteiston kriittisin osa. Jos kuitenkin vaadittava signaali-kohina-suhde (SNR) ei ole kovin suuri, ja 8 bitin tarkkuus on riittävä niin ainakin Analog Devices tarjoaa tarkoitukseen kohtuullisen hyvin

soveltuvia muuntimia. Helppointa olisi käyttää yksipuolisella käyttöjännitteellä toimivia piirejä, jotka ovat TTL-yhteensovia ja siten liitettävissä suoraan FiFo-piireihin. Lisäksi: mikäli piiri tukee kahta ulostulevan dataväylän lomittelua niin tällä saadaan pienennettyä digitaalidatan maksimisiirtonopeuden tarve puoleen. Tämä taas pienentää virrakulutusta muistipiireissä ja sitten myös häiriöitä.

Puskurimuisti (FiFo)

Nopeilla puskurimuistella tasoitetaan purkemuotoinen näytteenotto jatkuvaksi datavirraksi. Näin saadaan myös huomattavasti laskettua suurinta tarvittavaa tiedonsiirtonopeutta PC:lle. A/D-muuntimen perässä voidaan käyttää kahta rinnakkaista puskuria, joille muunnin vuorotellen jakaa otettuja näytteitä. Tällöin riittää, että puskurit pystyvät ottamaan dataa vastaan nopeudella, joka vastaa puolta näytteenottonopeudesta. Puskurit voidaan toteuttaa käyttämällä valmiita FiFo-piirejä, joskin riittävän isojen löytäminen saattaa olla hankalaa näin nopeaan tallennukseen. Niinpä helpoin tapa toteuttaa riittävän iso ja nopea puskuri on käyttää nopeita SRAM-piirejä ja tehdä niille oma erillinen ohjauslogiikka FPGA-piirillä.

Ohjauslogiikka (Control Logic)

Ohjauslogiikan tehtäviä on jakaa kellosignaalia A/D-muuntimille 'gate'-pulssin tahdissa, kellottaa vuorotellen näytteitä kahdelle puskuripiirille, antaa puskureista dataa edelleen I/O-kortille tämän tarjoamien ohjausten tahdissa sekä varoittaa käyttäjää mahdollista virhetilanteista (tässä tapauksessa lähinnä puskurien ylivuotaminen). Ohjauslogiikka on hyvä toteuttaa nopealla FPGA-piirillä. Samalla piirillä voidaan tietysti toteuttaa myös integroidusti FiFo-piirien laskurit sekä ohjaus, mikäli I/O-nastoja on riittävästi.

Digitaalinen I/O-kortti

Yksinkertaisin tapa toteuttaa nopea datankeruu PC:lle on hankkia valmis digitaalinen I/O-kortti PCI-väylään. Liitäntä PC:n PCI väylällä olevalle digitaalille I/O-kortille on TTL-tasoinen 32 bittinen rinnakkaisväylä. Väylällä on muutama ohjaussignaali, joilla kortti lukee haluamassaan tahdissa dataa ulkoiselta laitteelta.

Piirilevysuunnitelu

Näytteenottokortti tulee tehdä nelikerrostekniikalla, jotta voidaan taata riittävä häiriöetäisyys analogiaosille. Analogiaosat on lisäksi hyvä suojata erillisillä metallikoteloilla, jotta välttyttäisiin digitaalielektroniikan aiheuttamilta häiriöiltä.

3.2 Esimerkkejä käyttökelpoisista komponenteista

Toiminto	Malli	Valmistaja
Nopea 8bit A/D-muunnin	AD9054	Analog Devices
Puskurimuisti FiFo	IDT7203L12	Integrated Device Tech. Inc
100MHz 128K x 8 SRAM	IDT71V508	Integrated Device Tech. Inc
Ohjelmoitava logiikka	EPM7128S	Altera