

アナログ・デジタル混載 ASIC によるワンチッププラズマ波動スペクトル受信器の開発

頭師 孝拓 [1]; 小嶋 浩嗣 [1]; 笠原 禎也 [2]; 濱野 拓也 [3]; 尾崎 光紀 [2]; 八木谷 聡 [2]; 徳永 祐也 [2]; 鎌田 俊介 [4]
[1] 京大・生存圏; [2] 金沢大; [3] 金沢大学; [4] 京大・生存圏

Development of one-chip spectrum type plasma wave receiver using analog digital mixed-signal ASIC

Takahiro Zushi[1]; Hirotsugu Kojima[1]; Yoshiya Kasahara[2]; Takuya Hamano[3]; Mitsunori Ozaki[2]; Satoshi Yagitani[2]; Yuya Tokunaga[2]; Shunsuke Kamata[4]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ

Plasma waves are an essential target for understanding electromagnetic environments in space. Thus, plasma wave observations by scientific satellites have been carried out. The plasma wave instrument is composed of electromagnetic sensors, pre-amplifiers, and plasma wave receivers. Plasma wave receivers are categorized into two types based on its data format: one is waveform receivers and other is spectrum receivers.

Plasma wave receivers require high-quality analog circuits to process weak signals, and it leads to an increase in the area of the receiver; however, demand for miniaturizing spaceborne instruments is increasing. We have been developed miniaturized plasma wave receivers using application-specific integrated circuits (ASICs). We realized greatly miniaturization by developing the ASIC for analog circuits which occupied the especially large area in the conventional receivers. However, the onboard digital processing is important in the recent plasma wave receivers, and the digital part of the receiver also occupies the large area. For further miniaturization, we develop a mixed-signal ASIC that includes all of the components of the plasma wave receiver.

Currently, we are developing an ASIC for the spectrum type receiver. The receiver is composed of three components: the analog part, the analog to digital converter (ADC), and the digital part. The observation frequency range of the receiver is from 10 Hz to 100 kHz. The main role of the analog part is amplifying and bandlimiting signals picked up by sensors. In addition, the analog part can be switched its observation frequency range because the receiver measures the observation frequency band by dividing it into three frequency bands: 10 Hz – 1 kHz, 1 kHz – 10 kHz, and 10 kHz – 100 kHz. The digital part includes the fast Fourier-transform (FFT) module and the controller. The FFT module calculates the frequency spectrum from the observed waveform. The controller controls all components in the receiver. To measure three observation bands in turn, the controller sends control signals to the analog part, the ADC, and the FFT module.

We successfully developed the analog part and the ADC by the ASICs. The size of the developed analog part is 4.3 mm x 1.2 mm, and the power consumption is 36 mW. The developed ADC has a 14-bits resolution and 33 MHz max sampling frequency, and its circuit size is 3.2 mm x 0.8 mm. We verified the function of the digital part by implementing on an FPGA. In addition, we developed and verified the receiver using the ASIC for the analog part and the ADC, and the FPGA for the digital part. In the presentation, we will present the detailed design and performance of the developed receiver and each component.

プラズマ波動は宇宙電磁環境の理解に不可欠な観測対象であり、そのため理学衛星にはプラズマ波動観測器が搭載されプラズマ波動の観測が行われてきた。プラズマ波動観測器は電磁界センサーとプリアンプ、受信器からなり、受信器は得られるデータの種類の、波形捕捉受信器とスペクトル受信器に分けられる。

プラズマ波動受信器は微弱な信号を処理するための高性能なアナログ回路やオンボードデジタル信号処理のためのデジタル回路が必要であり、大型になりやすい。その一方で、衛星搭載観測器は小型化が強く求められている。そのため、我々は特定用途向け集積回路 (ASIC) を利用し、プラズマ波動受信器の小型化を行ってきた。これまでに、従来の受信器で特に大きな面積を占めていたアナログ回路を ASIC で実装することにより、大幅な小型化を実現している。しかし、近年のプラズマ波動受信器においてはデジタル部も大きな面積を占めるようになってきている。そこで我々は受信器のさらなる小型化のため、受信器を構成するすべての回路を 1 つのアナログ・デジタル混載 ASIC チップに搭載することを目標とした、ワンチッププラズマ波動受信器を開発している。

現在開発している受信器はスペクトル型受信器であり、主にアナログ部・A/D コンバーター・デジタル部の 3 つの要素から構成される。受信器の観測帯域は 10 Hz - 100 kHz である。アナログ部はセンサーでピックアップされた信号を増幅・および帯域制限することが主な役割である。また、新型受信器は観測帯域を 10 Hz – 1 kHz, 1 kHz – 10 kHz, 10 kHz – 100 kHz の 3 つの帯域に分けて測定するため、外部からの制御信号によってアナログ部の観測帯域を切り替えられるよう設計されている。デジタル部には主にスペクトル計算を行うための FFT モジュールと受信器の制御を行うコントローラーが含まれている。コントローラーは 3 つの観測帯域を順に測定するために、アナログ部・A/D コンバーター・FFT モジュールのそれぞれに制御信号を送る。これにより、受信器は自律して観測帯域の切り替えを行いながら測定をすることができる。

これまでに、受信器のアナログ部および A/D コンバーターを ASIC で開発することに成功している。開発したアナログ部の面積は 4.3 mm x 1.2 mm、消費電力は 36 mW であった。A/D コンバーターは分解能 14 bit、最大サンプリング周波数 33 MHz であり、面積は 3.2 mm x 0.8 mm であった。また、ASIC として開発を行っているデジタル部について、

その動作確認のために FPGA を用いた検証を行った。さらに、ASIC で実現したアナログ部・A/D コンバーターと FPGA のデジタル部を組み合わせることで実際に受信器を構成し、その性能確認を行った。発表では、開発したスペクトル受信器の詳細な設計および、測定した各コンポーネントの性能について紹介する予定である。