

Amateurradioastronomie

Lucas Böttcher

26. Februar 2012

1 Detektor und Interface

Grundlage der gesamten Empfangseinheit ist der unter 2.1 beschriebene Antennenfeed. Die Anpassung an die Feinstrukturübergangsfrequenz des neutralen Wasserstoffs von 1420 MHz ermöglicht den Empfang in diesem für die Radioastronomie geschützten Frequenzbereich. Im Prinzip besteht der auf dem Antennenfeed angebrachte Detektor aus einem HF RMS-Power Empfänger, einem präzisen, programmierbaren ADC (bis zu 24 Bit / 64 ksps), einem Controller und Versorgungs- und OPV-Komponenten. Beginnend am Signaleingang, wird für die Kalibrierung gegenüber der Temperatur neben dem HF-Signal (HF_IN J1) ein Referenzsignal (REF_IN J2) eingekoppelt. Die Referenz wird über das thermische Rauschen, unter Verwendung eines 50 Ohm Abschlusswiderstandes gemessen (d.h. in einem sekundären RMS Empfänger, U3 verarbeitet und später herausgerechnet). Für spätere Signalabgriffe werden die Signale wiederum über Micro-SMA Steckverbinder (J2 und J3) nach außen geführt. Die eingekoppelten Signale werden in den HF- und Referenzdetektor (ADL5511 U1, U3) geführt. Die Impedanz der Eingänge wurde nachträglich über die anliegenden RC-Glieder auf 50Ω angepasst. Bei der HF gerechten Anpassung des koplaren Wellenleiters (1 mm Leiterbreite bei 0,11 mm Abstand zu GND, 1,55 mm Leiterplattenhöhe) bei 1420 MHz, sind Knicke und zu lange Leiterbahnen zu vermeiden (s. VEJSILOVIC 1999). An den Ausgängen des Detektors wird einerseits ein RMS Leistungssignal (Max.: 1,4 V) und ein auf einen Referenzpin (REF_EREFF) bezogenes Amplitudensignal (Max.: 1,1 V) ausgegeben. In einem differentiellen OPV (U13) werden diese auf den Referenzpin bezogenen Signale auf GND Potenzial gebracht. Die zwei Leistungs- und zwei Amplitudensignale werden in rauscharmen OPVs (U8-U11) zu differentiellen Signalen gewandelt (sollten so nah wie möglich an U1 und U2 liegen). Der Störanfälligkeit, gegenüber elektromagnetischen Einkopplungen im HF-Detektor wird damit entgegengewirkt. Die nun differentiellen Signale werden in den ADC (U2, MAX11040) geführt. Es handelt sich um einen Sigma-Delta ADC, der in verwendeter Beschaltung an den Eingängen bis ± 3 V betrieben werden (rund 3 V Input bei 20 dBm). Im Betriebszustand sind die Eingänge bis ± 6 V geschützt ($\pm 3,5$ V wenn ausgeschaltet). Zu beachten ist die Verzögerung bei Überspannung (außerdem Samplerates größer 32 ksps beachten). Ein interner Tiefpass sorgt für eine Mittelung. Die Samplingrate kann zwischen 0,5 und 64 ksps angepasst werden.

Je nach Verwendung der Register kann eine Auflösung von 19 oder 24 bit Gebrauch finden. Die Kommunikation mit dem Mikrocontroller (U5, UC3B1128) erfolgt über die SPI Schnittstelle. Der Registerzugang läuft über 7 Kommandobytes (R/W: 0/1 und Registerkennung 100000, 101000, 110000, 111000). In den Kommunikationskanälen erfolgt die Übertragung des MSB zuerst.

Tabelle 1: Register Max11040

Register	Beschreibung
Sampling Instant Control	Verzögerung einzelner Kanäle (0 bis 333 μ s in 1,33 μ s Schritten)
Data Rate	Output Periode (Teiler 24,576 MHz)
Configuration	Shutdown, Reset, 24 bit mode, Ext.-/Int. Oszillator, Fault dissable
Data	Datenregister 19 bzw. 24 bit

Tabelle 2: Kommunikation AVR-Max11040

Kanal	Beschreibung
CS	Low: Datentransfer; High: Interface abschalten
SCLK	Serial Clock Input μ s in 1,33 μ s Schritten)
DIN (MISO)	Fallende Flanke: Daten Input über DIN
DOUT (MOSI)	Fallende Flanke: Datenwechsel; steigende Flanke: Datenausgabe
CASCIN	DGND (Kein Kaskadenbetrieb)
CASCOUT	-
DRDYIN	DGND (Kein Kaskadenbetrieb)
DRDYOUT	Fallende Flanke: Daten bereit im 96 bit Datenregister

Die ausgelesenen ADC Werte werden wiederum im Controller einem gleitenden Mittel (Ringbuffer) unterzogen. Über die interne USB Host Schnittstelle können diese Werte ausgegeben werden. Es handelt sich der Anbindung um ein self-powered USB device, welches softwaretechnisch durch die Application Note AVR32807 beschrieben wird. Gleichzeitig wird über den Controller mithilfe eines Thermoelements die aktuelle Temperatur ermittelt. Da die verschiedenen ICs über den Controller ein- und ausgeschaltet werden können, werden verschiedene LEDs an den Bauteilen angebracht (rot/grün), welche den jeweiligen Betriebszustand anzeigen. Die 1N418 Dioden schützen die LEDs vor Potenzialunterschieden. Die Stromversorgung erfolgt in erster Linie über ± 12 VDC (auf GND). Drei Spannungswandler (+5 V/-5 V/+3,3 V) versorgen die jeweiligen Elemente.

1.1 Aufbau und Hinweise

Die genaue Aufteilung auf die verschiedenen LVRs entstammen folgenden Tabellen (Stromstärke immer in Bezug auf Elementanzahl).

Tabelle 3: Detektor ICs

Komponente	Bezeichnung	V_N	I_N
Analoger Teil			
ADL5511ACPZ-R7	U1/U3	5 V	43 mA
AD8494ARMZ	U4	5 V	250 μ A
KPHCM-2012CGCK	D3/D9/D15/ D21/D27/D33	5 V	120 mA
KPHCM-2012EC-T	D4/D10/D16/ D22/D28/D34	5 V	120 mA
AD8620ARZ	U13	± 5 V	3 mA
ADA4941-1YRZ	U8/U9/U10/U11	± 5 V	8,8 mA
(Semi)-Digitaler Teil			
MAX11040	U2	3,3 V	25 mA
UC3B1128	U5	3,3 V	200 mA

Tabelle 4: Versorgungskomponenten

Komponente	Bezeichnung	V_N	I_M
L78L05ABD	U6	5 V	100 mA
L79L05ACD	U12	-5 V	100 mA
KF33BD	U7	3,3 V	500 mA

Beim Routing sind folgende Punkte zu beachten:

- *Rauschminimierung* durch Verminderung der effektiven Induktivität (eine Massefläche)
- *Zweiseitige Platine* (1L Signal Versorgung, 2L GND)
- *Räumliche Trennung* AGND (rel. rauscharm) und DGND (rauschbehaftet)
- Quarz erhält *Masseinsel*, um Einkopplung entgegenzuwirken, Gehäuse erden
- Verbindung AGND/ DGND am ADC
- Digitalanbindung nicht neben Analog führen
- FR4 1,55 mm; 35 μ m Cu; ϵ_r 4,7; 0,3 mm Leiterbreite
- HF-Microstrip Waveguide (2,76 mm)¹

¹Transmission Line Design Handbook, Brian C Wadell, Artech House 1991, Seite 79