

Modularer Funkrufsender mit Raspberry Pi

Dipl.-Ing. Ralf Wilke DH3WR und Christian Jansen DF6EF

Institute of High Frequency Technology, RWTH Aachen University, Melatener Str. 25, 52074 Aachen
wilke@ihf.rwth-aachen.de

Die Abdeckung durch Funkrufsender in Deutschland ist nach einem Aufschwung im letzten Jahrzehnt immer noch stark lückenhaft. Grund dafür ist unter anderem die mangelhafte Verfügbarkeit an Sendern, welche das POCSAG Signal ausstrahlen können. Auf der UKW-Tagung 2012 wurde ein Funkrufsender basierend auf Software Defined Radio vorgestellt [1]. Dieser ermöglichte mittels eines Java-Programms, eines Computers mit Soundkarte und eines Funkgerätes einen Funkrufsender aufzubauen. Von dieser Art der Sender wurden mittlerweile einige an verschiedenen Standorten in der Republik in Betrieb genommen. Dennoch ist weiterhin ein 9k6-fähiges Funkgerät sowie Interface-Kabel von Nöten. Der in diesem Paper beschriebene Funkrufsender beinhaltet bereits den Sender sowie einen Raspberry Pi, mit dessen Hilfe die Einbindung des Senders über Hamnet oder Internet in das Verwaltungsnetz möglich ist. Es wird eine Variante für In-House-Betrieb mit kleiner Leistung sowie eine Funkturm-taugliche Lösung im professionellen 19 Zoll Gehäuse vorgestellt. Diese Entwicklung entstand im Rahmen einer Diplomarbeit von Christian Jansen unter Betreuung von Ralf Wilke am Institut für Hochfrequenztechnik der RWTH Aachen Universität.

Übersicht des Aufbau

Der Funkrufsender besteht aus drei Teilen. Ein Raspberry Pi Computer sorgt für die Kommunikation über TCP/IP mit dem Funkrufmaster. Dieser ist ein zentraler Server, welcher die Benutzereingaben zum Versenden von Funkrufen entgegennimmt, ein Warteschlagensystem betreibt und die Funkrufe an alle weiteren Master des Funkruf-Netzes verteilt. Ebenso versorgt der Funkrufmaster die Sender mit Informationen zu den gewünschten Aussendungen. Die hier vorgestellte Lösung verhält sich auf der Netzwerk-Seite wie die etablierten Funkruf-Sender auf Basis des RPC von Adacom. Damit ist diese Software kompatibel und in der bestehenden Server-Infrastruktur lauffähig. Als Sender wird ein ADF7012 verwendet. Dieser stellt einen frequenzvariablen Sender da, der nur geringe externe Beschaltung zur Funktion benötigt. Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau.



Abbildung 1: Übersicht des Aufbaus

In dieser Variante liefert der Sender ca. 10 mW Ausgangsleistung auf der Funkruf-Frequenz 439,9875 MHz. In Verbindung mit einer kleinen Ansteck-Antenne reicht damit die Ausleuchtung für

den Funkamateure zu Hause im beaufsichtigten Betrieb. Es kann also ein Funkruf-Hotspot mit dieser Konfiguration aufgebaut werden. In der Variante für den Einsatz auf Funktürmen folgt dem Sende-Chip eine Endstufe, welche mit aktiver Kühlung die Ausgangsleistung auf nominell 10 Watt erhöht. Bei Bedarf kann diese noch weiter angehoben werden, etwa um Verluste in den Speiseleitungen der Antenne auszugleichen. Hier ist die behördlich genehmigte EIRP nicht zu überschreiten.

Beschreibung des Senders

Ursprünglich war angedacht, den ADF7012 direkt mit der GPIO-Leiste des Raspberry Pi zu verbinden. Über diese Schnittstelle würde sowohl die Konfiguration des Sende-Chips, als auch die zu sendenden Daten übertragen werden. Bei der Entwicklung hat sich allerdings herausgestellt, dass der Raspberry Pi nicht dazu in der Lage ist, die Sendedaten in einem konstanten Takt über einen GPIO-Anschluss auszugeben. Das Betriebssystem belegt in unvorhersehbaren Abständen die CPU und erzeugt dadurch Aussetzer im Takt der zu sendenden Daten. Zur Lösung wurde ein ATmega-8 Mikrocontroller zwischen Raspberry Pi und ADF7012 implementiert, welcher als Buffer nach dem FIFO Prinzip arbeitet. Er nimmt die Sendedaten vom Raspberry Pi asynchron entgegen und schreibt sie in einen Ringbuffer. Mittels seines eigenen Taktgenerators werden die Daten dann mit einer konstanten Rate an den ADF7012 geschickt und ausgesendet. Abbildung 2 zeigt den Aufbau grafisch.

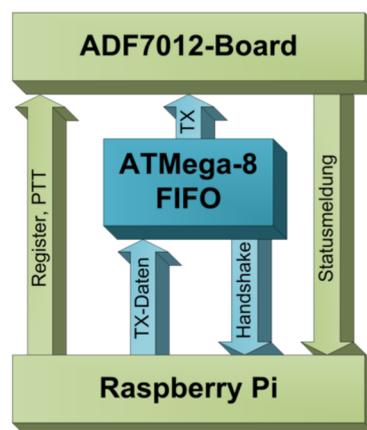


Abbildung 2 Blockschaltbild des RasPagers

Schaltung des Senders RasPager

Die äußere Beschaltung des ADF7012 ist recht einfach. Im Wesentlichen muss das PLL-Filter und das Ausgangsfilter des Senders dimensioniert und bestückt werden. Das Datenblatt des Chips gibt bereits Bauteilwerte für 433 MHz vor, welche an die Sendefrequenz von 439,9875 MHz angepasst wurden. Mittels einer Software des Chip-Herstellers kann das PLL-Filter entsprechen den Anforderungen des POCSAG Protokolls ausgelegt werden. Das Ausgangsfilter dient zur Unterdrückung von Oberwellen und zur Anpassung des Ausgangswiderstandes des Senders an die 50 Ohm Koplanaar-Leitung. Diese endet auf einem SMA Stecker, an den eine Aufsteckantenne oder die optionale Endstufe angeschlossen werden kann.

Die Platine wurde als Aufsteck-Variante für den Raspberry Pi entworfen. Alle Datenleitungen und die Stromversorgung werden über die GPIO-Leiste des Computers im Scheckkartenformat realisiert. Bei

Verwendung eines Gehäuses ist eine Öffnung für die SMA Buchse zu schaffen. Abbildung 3 zeigt ein Foto der bestückten Platine und Abbildung 4 das Fertiggerät RasPager.

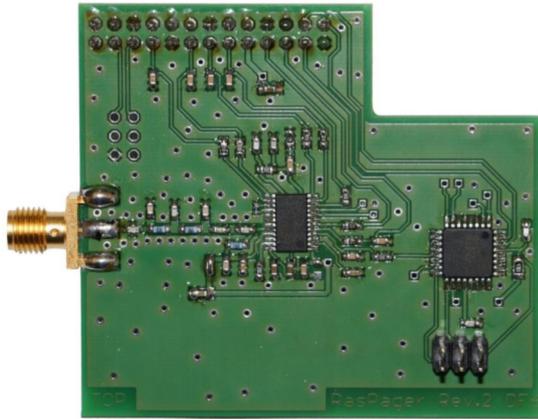


Abbildung 3: Foto der bestückten Platine



Abbildung 4: Fertiggerät RasPager

Beschreibung der Software

Für die Erstellung der Software konnte auf das Java-Programm der Soundkarten-Lösung unter [1] zurückgegriffen werden. Die Kommunikation des Raspberry Pi über Netzwerk wurde bereits 2012 entwickelt und hat sich als Zuverlässig herausgestellt. Der ADF7012 wird mit einer Bibliothek für die Ansteuerung der GPIO-Leiste beschrieben. Die Verbindung zwischen beiden Programm-Teilen stellt ein JNA Adapter dar. Durch diese Art des Software-Entwurfes konnte ein Großteil bereits zur Verfügung stehender Programmblöcke verwendet werden. Abbildung 5 zeigt den schematischen Aufbau der Software. Diese bringt wie auch die Variante für das Software Defined Radio [1] eine grafische Benutzeroberfläche zur einfachen Konfiguration mit.

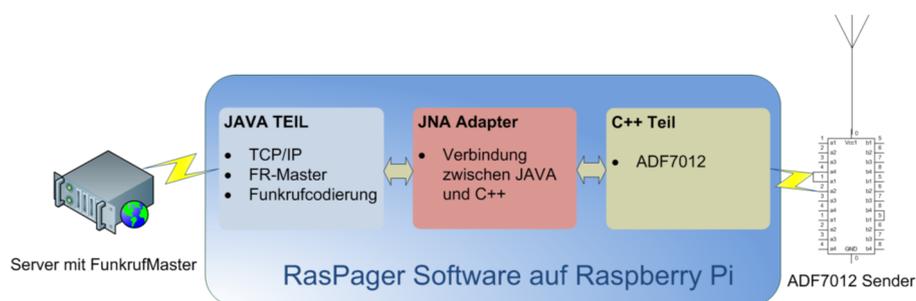


Abbildung 5: Aufbau der Software auf dem RasPager

Variante für den Einsatz am Funkturm

Für den Einsatz als automatisch arbeitende Amateurfunkstelle werden meist Ausgangsleistungen im Bereich von 10 Watt benötigt. Daher wurde ebenfalls die Variante RasPager *Digi* entwickelt. Hierbei handelt es sich um einen professionellen 19 Zoll Einschub mit 1 Höheneinheit. Hier ist neben dem RasPager ein Leistungsverstärker-Modul eingebaut, welches die Ausgangsleistung des RasPagers anhebt. Die Kühlung des Moduls erfolgt aktiv über zwei Lüfter. Diese blasen einen Luftstrom von vorne nach hinten durch das Gehäuse an den Kühlrippen vorbei. Dadurch wird auch bei Dauerbetrieb und hohen Temperaturen in einem Geräteschrank die Betriebssicherheit nicht gefährdet. Abbildung 6 zeigt ein Foto des geöffneten Gehäuses. Die nominelle Betriebsspannung ist 12 Volt.

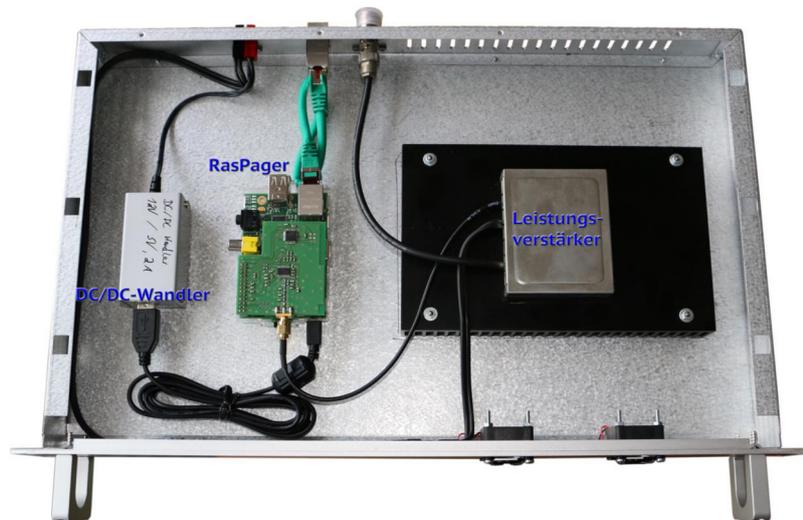


Abbildung 6: Fotos des RasPager Digi in 19 Zoll Technik

Evaluierung

Beim Betrieb von Sendern müssen die gesetzlichen Bestimmungen und Grenzwerte eingehalten werden. Daher wurde das Ausgangsspektrum sowohl des Tischsenders RasPager als auch der Variante für den Einsatz als Basisstation vermessen. Abbildung 7 und 8 zeigen die gemessenen Ausgangsspektren, welche Anforderungen erfüllen.

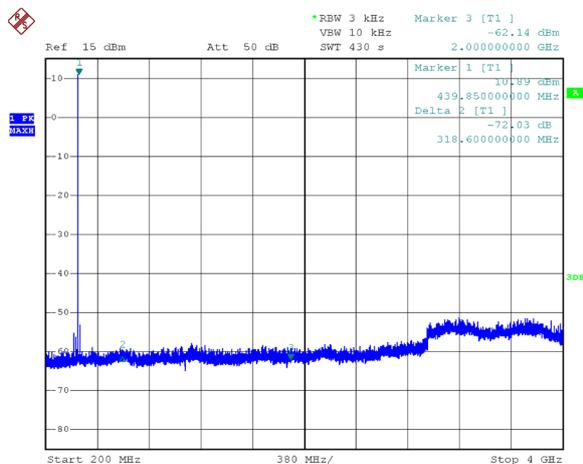


Abbildung 7: Ausgangsspektrum RasPager

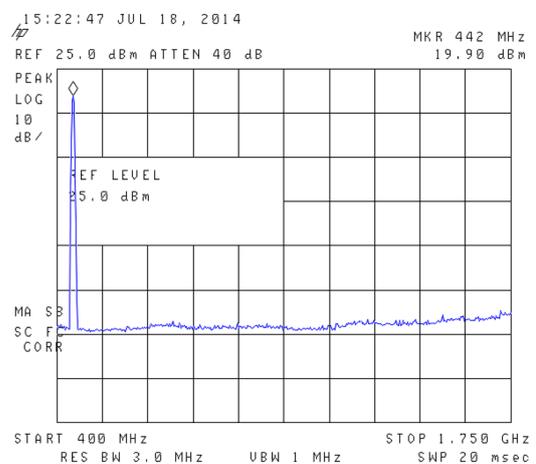


Abbildung 8: Ausgangsspektrum RasPager Digi

Die thermische Untersuchung zeigt, dass das Gerät für den unbeaufsichtigten Betrieb geeignet ist. Nach 60 Minuten Dauersendung mit Nennleistung 10 Watt hat sich der Kühlkörper bei 25 °C Raumtemperatur auf nur ca. 38 °C erwärmt, wie die Wärmebildkamera in zeigt.

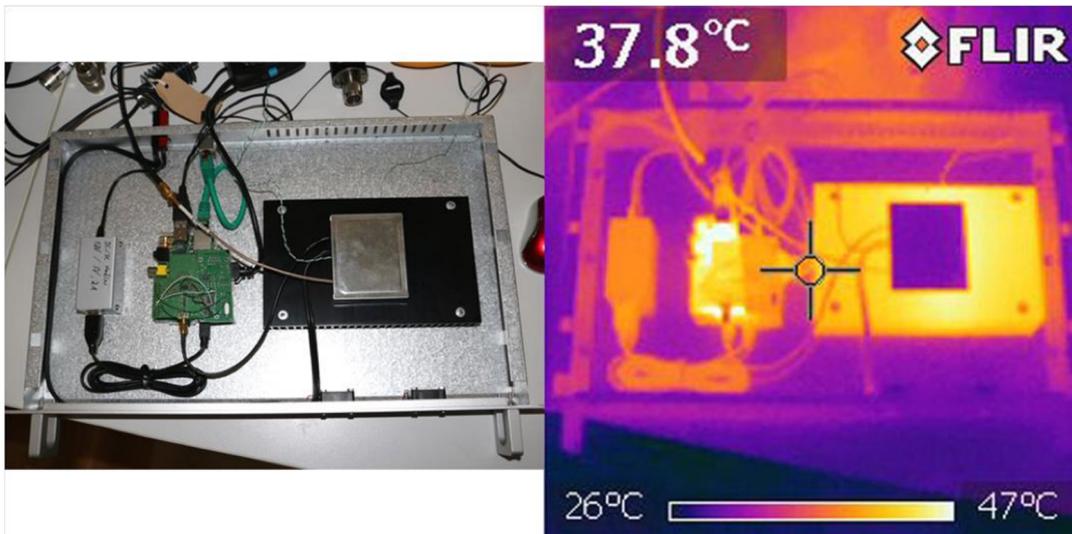


Abbildung 9: Temperaturverteilung auf dem Endstufenmodul nach 60 Minuten Dauersendung

Zusammenfassung

Als verfügbarer Ersatz für die umgebauten kommerziellen Funkrufsender wurde ein Komplettgerät neu entworfen. Auf Basis eines Sender-ICs und eines Kleincomputers vom Typ Raspberry Pi wurde ein Tischsender mit 10 mW Ausgangsleistung vorgestellt. Die Stromversorgung des Senders erfolgt über den Raspberry Pi, ebenso die Konfiguration und die Datenübermittlung. Zur Anbindung an das bestehende Netz von Funkrufmastern ist eine zur aktuellen Programmversion *Funkrufmaster 1.16* kompatible Software erstellt worden, die über TCP/IP die zu sendenden Daten erhält. Es ist sowohl der Betrieb innerhalb des Hamnets als auch über einen Internet-Anschluss (zum Beispiel DSL) möglich.

Für den Betrieb als automatisch arbeitende Station mit großer Reichweite wurde eine Variante mit nominell 10 Watt Ausgangsleistung vorgestellt, die in einem 19 Zoll Gehäuse mit 1 HE ihren Platz findet. Eine Zwangskühlung sorgt für Betriebssicherheit.

Ausblick und Bezug

Dieses Paper beschreibt den Zustand des Projekts, wie er innerhalb der Diplomarbeit [2] erstellt wurde. Als weitere Ergänzungen vor einer Veröffentlichung der baulichen Details oder Bausätzen sind angedacht:

- Einführung eines Richtkopplers hinter dem Endverstärker, um die hin- und rücklaufende Leistung messen zu können. Automatische Reduktion der Treiberleistung des ADF7012 bei schlechtem SWR zum Schutz des Endverstärkers. Regelung der Ausgangsleistung, um Alterung oder Temperaturabhängigkeiten entgegen zu wirken. Die Leistungen werden digital gemessen und stehen ebenfalls in einem Status-Interface des Raspberry Pi zur Verfügung.
- Einbau eines 2-zeiligen LCD in die Vorderfront des 19 Zoll Gehäuses zur Anzeige von Statusinformationen oder Fehlermeldungen.
- Gewisser Schutz vor Überspannungen am Antennen- und Versorgungsspannungseingang, Verpolungsschutz der Stromversorgung

- Verifikation der Temperaturbeständigkeit unter Vollast in einem Klimaschrank
- Erstellung eines Paketes für Raspian zum einfach Verteilen von Updates sowie eines ISO-Images einer SD-Karte mit vorinstallierter Software
- Festlegung der Art, wie das Gerät in mittleren Stückzahlen als Bausatz hergestellt werden kann.

Die Autoren hoffen, dass mit diesem Gerät die Funkruf-Abdeckung in Mitteleuropa weiter ausgebaut wird.

Literatur und Quellen

- [1] Ralf Wilke und Michael Delissen, „Funkruf-Sender basierend auf Software Defined Radio“, 57. Weinheimer UKW Tagung, Weinheim, 14.-16.9.2012
- [2] Christian Jansen, „Modularer Funkruf-Sender basierend auf Raspberry Pi“, Diplomarbeit am Institut für Hochfrequenztechnik der RWTH Aachen, 4.8.2014
- [3] Amateurfunkgruppe der RWTH Aachen, Homepage <https://www.afu.rwth-aachen.de>, im Hamnet <http://db0sda.ampr.org>