Kategorie:SDR/Vortrag: Der perfekte HF-Empfänger. Wie würde er aussehen?

Aktuelle Version vom 15. Mai 2022, 19:16 Uhr (Quelltext anzeigen)
Oe1kbc (Diskussion | Beiträge)
(Die Seite wurde neu angelegt: „Kategorie:SDR =Der perfekte HF-Empfänger. Wie würde er heute aussehen?= '''Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Ulrich L. Rohde, Univ. der Bundesweh... “)
Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

(kein Unterschied)

Aktuelle Version vom 15. Mai 2022, 19:16 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Der perfekte HF-Empfänger. Wie würde er heute aussehen? 2
1.1 Ist es „IF-Sampling” oder „Direct Sampling” oder gar etwas anderes? 2
1.2 Schritte der Verbesserungen 2
1.3 Moderne HF-Empfänger müssen 3
1.4 Die drei Goldenen Parameter 3
2 Software Defined Radio - Hauptfunktionsblöcke 4
3 1. Analoge Vorkonditionierung 4
3.1 1.1. Analoge Vorkonditionierung für direktes Sampling 4
3.2 Preselector-Filter 4
3.3 1.2. Analoge Vorkonditionierung für ZF-Abtastung 5
3.4 IF-Sampling-Konzepte 5
3.5 IF-Sampling-Konzepte 6
3.6 2. Was ist das richtige Konzept? 6
3.7 2.1. Was ist das perfekte Konzept? 6
3.8 Literatur 6

Der perfekte HF-Empfänger. Wie würde er heute aussehen?

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Ulrich L. Rohde, Univ. der Bundeswehr München
Dipl.-Ing. Ing. Univ. Thomas Bögl, Rohde & Schwarz München
noch nicht publiziertes Paper 2022

Moderne HF-Empfänger müssen eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen:

- Empfindlichkeit
- Robustheit
- und viele andere.

Haupt-Anforderungen führen oft direkt zu HF-Konzepten und -Architekturen mit ihren spezifischen Vorteilen und Nachteile. Doch wie sähe heute der perfekte HF-Empfänger aus, der alle verfügbaren Technologien in ein modernstes Konzept für einen Software Defined Receiver vereint und verwendet?

Ist es „IF-Sampling" oder „Direct Sampling" oder gar etwas anderes?

Zunächst wurden, vor 120 Jahren, sehr einfache HF-Empfängerkonzepte verwendet und erlaubten bereits eine Transatlantik Kommunikation, wie von Marconi demonstriert. Seit damals wurden viele Verbesserungen im Design eines HF Empfänger durch die Einführung neuer erreichter Technologien und Architekturen Schritt für Schritt eingearbeitet. Jeder technologische Schritt basierte auf der Motivation, bestimmte Verbesserungen zu erreichen, wie z.B. kleinere Größe, höhere Empfindlichkeit oder andere. Im folgenden Absatz sind die wichtigsten Schritte der Verbesserungen zusammengefasst:

Schritte der Verbesserungen

- Schritt 1:
  - **Marconi´s Receiver keine Verstärker, keine Filter aber riesige Antennen.**
  - Motivation für Schritt 1: Elektromagnetische Wellen als neue Medien für die drahtlose Kommunikation zu demonstrieren.
- Schritt 2:
  - **Verwendung von Vakuumröhren für Verstärker und stabile Oszillatoren aufzubauen.**
  - Motivation für Schritt 2: Reichweite und Verfügbarkeit der drahtlosen Kommunikationsausrüstung zu verbessern
- Schritt 3:
  - **Verbesserung beteiligter Komponenten z.B. kleinere Röhren und bessere Filter.**
  - Motivation für Schritt 3: Reduzierung der Größe und des Gewichts, um tragbare Ausrüstung während des Zweiten Weltkriegs zu ermöglichen.
- Schritt 4:
  - **Einführung von Transistoren.**
  - Motivation für Schritt 4: Weitere Reduzierung von Größe, Gewicht und Power (SWaP) und Preis, um eine Massen- Produktion zu ermöglichen.
- Schritt 5:
  - **SDR 1. Generation eingeführt**

  - Motivation zu Schritt 5: Erhöhen der Flexibilität um fest verdrahtete Komponenten durch Software zu ersetzen.
- Schritt 6:
  - **SDR 2. Generation.**
  - Motivation für Schritt 6: SWaP weiter reduzieren, Abtauschen zwischen Leistung und Flexibilität.
- Schritt 7:
  - **Der perfekte HF-Empfänger**
  - Motivation von Schritt 7: Beste Leistung mit Höchstleistung und Flexibilität zugleich.
- Der Schritt 7 wird nun im Folgenden untersucht.
  - Die Architektur eines Empfängers wird direkt vom Key-Anforderungen gesteuert, die erfüllt werden müssen. Die Zahl der Key-Anforderungen können jedoch für ein HF-Receiver-Design recht hoch sein gibt es schließlich doch die folgenden drei Hauptanforderung, die dominieren:

Moderne HF-Empfänger müssen ...

Moderne HF-Empfänger müssen schwache Nutzsignale aufnehmen können

- zur selben Zeit wo sehr starke Störer
- welche innerhalb eines gegebenen Frequenz-Offsets vorhanden sind
- Innerhalb dieser Top-Anforderungen haben wir einige versteckte Notwendigkeiten, die im Detail bekannt sein müssen
  - die erforderliche Empfindlichkeit
  - der maximale Pegel für Störer und auch
  - Frequenzoffsets zwischen erwünschten Signalen und Störer.

Diese **drei – goldenen – Parameter** können und müssen aus dem Betriebs-Szenario, in dem der Empfänger verwendet werden soll, extrahiert werden. In Kombination mit den Fähigkeiten typischer Bausteine wie z.B. Analog-Digital-Wandler (ADC), bestimmen diese drei Top-Parameter die am besten geeignete Architektur für den Empfänger. Alle weiteren Parameter im Datenblatt eines auf dieser Architektur basierenden Empfängers sind nun eine direkte Folge der Qualität der gewählten Bausteine, z.B.: Phasenrauschen von Oszillatoren als Grundlage für die Desensibilisierung.

Die drei Goldenen Parameter

Wir beginnen jetzt, die drei Goldenen Parameter zu bewerten und entwerfen dann die „perfekte Architektur” um sie erfüllen zu können.

Am Anfang verwenden wir ein allgemeines und auch ein sehr vereinfachtes Blockschaltbild eines digitalen Receivers, zum Identifizieren wie unsere drei goldenen Parameter der Beeinflussung des Designs wichtiger Bausteine folgt.

Das Blockschaltbild jedes digitalen Empfängers kann mit drei Hauptfunktionsblöcke gebaut werden:

- Analoge Vorkonditionierung
- Analog-zu-Digital-Konverter
- Digitale Signalverarbeitung

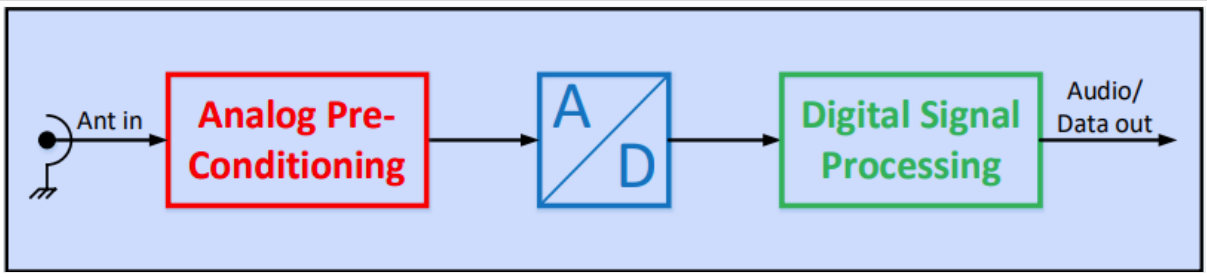


Abb 1: Allgemeine und vereinfachte SDR-Architektur (Quelle: Prof. Rohde)

Software Defined Radio - Hauptfunktionsblöcke

1. Analoge Vorkonditionierung

1.1. Analoge Vorkonditionierung für direktes Sampling

Direct-Sampling-Konzepte erfordern zunächst eine sorgfältige Prüfung im Entwurf der Verstärkungseinstellung zwischen Antenneneingang und ADC. Dies wird durch die Verwendung eines Verstärkers mit einem gut gewählten Verstärkungs- und Rauschfaktor erreicht, um die erforderliche Empfindlichkeit des Empfängers zu erreichen.

Zusätzlich einen verstellbarer Abschwächer vor dem Verstärker das ermöglicht die Einsatzbreite des kompletten Empfängers nach oben oder unten in Abhängigkeit des momentanen Spektrums an der Antenne zu verschieben.

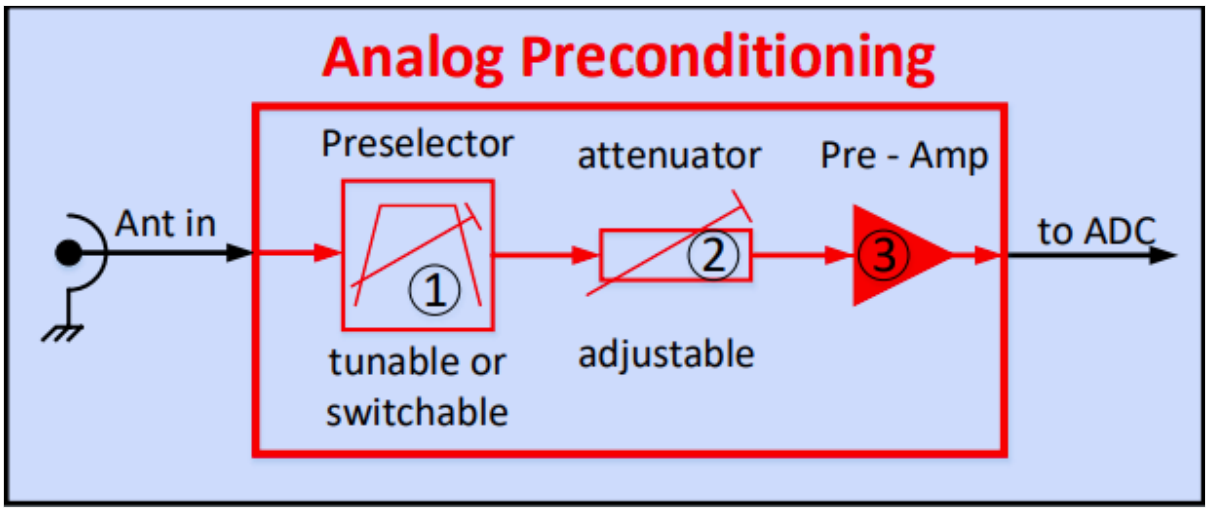


Abb 2: Analoge Vorkonditionierung für direktes Sampling (Quelle: Prof. Rohde)

Preselector-Filter

- idealerweise direkt am Antennenanschluss platziert stellt ein erforderliches Minimum an Selektivität zum Schutz des ADC bereit, und schützt den Vorverstärker von starken Störern.

- Beide Teile – Verstärkungseinstellung und Selektivität – verschieben die Eingangsspektrum an der Antenne in das Betriebs-Fenster am ADC-Eingang welches durch die Fähigkeiten vom ADC definiert ist.

1.2. Analoge Vorkonditionierung für ZF-Abtastung

ZF-Abtastkonzepte übertragen das Spektrum vom gewünschten Signal auf eine andere Frequenz als an der Antenne vorhanden. Es gibt zwei Hauptgründe die ein IF-Sampling-Konzept sogar attraktiv machen obwohl der Aufwand höher ist als bei einem direkten Sampling-Konzept. Ein Grund ist das Einfügen einer deutlich höheren Selektivität zwischen der Antenne und dem ADC und der zweite Grund dient dazu den ADC selbst mit einer höheren Qualität, durch z.B. das richtige auswählen der Abtastrate um eine bessere Leistung zu erreichen, zu betreiben. Die analoge Vorkonditionierung fügt vor der ZF-Abtastung zwei weitere Komponenten, im Vergleich zu einem für Direct-Sampler, hinzu:

- HF-Synthesizer
- ZF-Filter

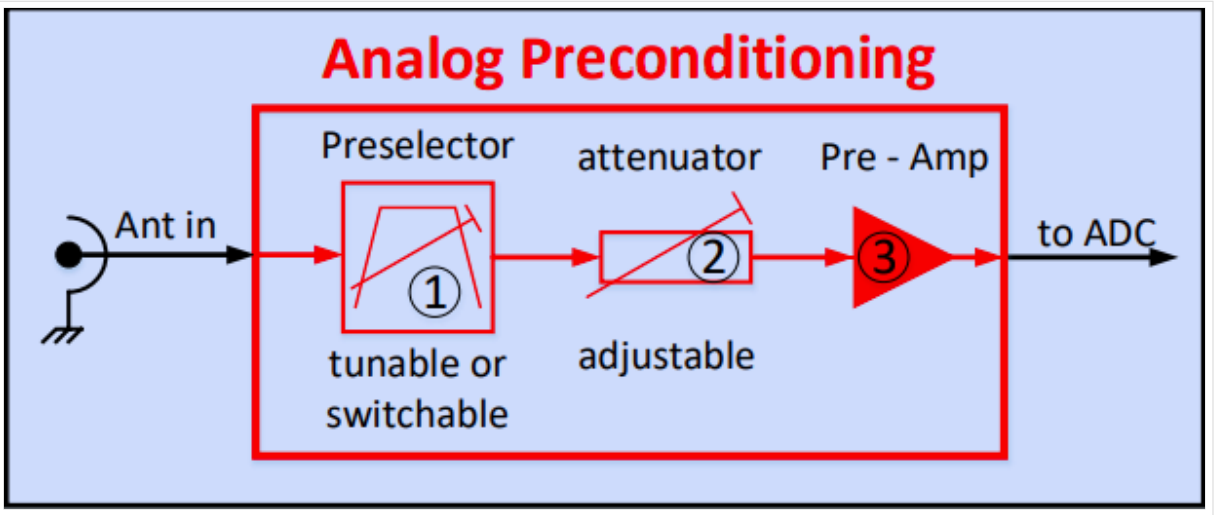


Abb 3: Analoge Vorkonditionierung für die ZF-Abtastung (Quelle: Prof. Rohde)

IF-Sampling-Konzepte

IF-Sampling-Konzepte können im Vergleich zu Direct-Sampling in den Fällen die bessere Wahl sein, in denen starke Störer sehr nah an der gewünschten Frequenz sind.

- In diesem Fall ist der Vorauswahlfilter möglicherweise nicht in der Lage eine ausreichende Selektivität zur Unterdrückung des Störers zu bieten, damit das komplette Spektrum am Eingang des ADC innerhalb des Betriebsfensters des ADC liegt.
- Das Übertragen des Eingangssignals zu einer Zwischen-Frequenz ermöglicht den Einsatz von hochselektiven Filtern mit Formfaktoren weit über der erreichbaren Qualität von einem Pre-Selector an der Antenne.
- Der für diesen Vorteil eines ZF-Abtastkonzepts zu zahlende Preis besteht jedoch darin, dass der Mischprozess einige erhebliche Nachteile in der Störleistung des gesamten Empfängers mit sich bringen kann.

IF-Sampling-Konzepte

- Dieser Nachteil wird durch die Tatsache verursacht, dass der Mischvorgang selbst empfindlich auf mehrere Effekte reagiert, z.B. Das Mischen aller am Mischer vorhandenen Oberwellen
- Infolgedessen kann aber der ADC innerhalb eines attraktiven Betriebsfensters betrieben werden, das den besten Dynamikbereich für dieses Gerät ermöglicht, aber der gesamte Empfänger kann eine ziemlich schlechte Intermodulationsleistung zeigen.
- Dies führt dazu, dass die Gesamtleistung eines HF-Empfangskonzepts – entweder mit direkter Abtastung oder mit ZF-Abtastung – immer ein Kompromiss zwischen den einzelnen Leistungen der verwendeten Bausteine ist.
- Mit anderen Worten
  - ein ZF-Abtastkonzept mit einer leistungsstarken analogen Vorkonditionierung kann selbst bei Verwendung eines schlechten ADC hervorragende Daten liefern, oder
  - ein Direktabtastkonzept mit einem leistungsstarken ADC kann möglicherweise keine guten Daten liefern, wenn die analoge Vorkonditionierung nicht richtig definiert ist.

2. Was ist das richtige Konzept?

Das richtige Konzept für einen softwaredefinierten HF-Empfänger ist immer abhängig vom Anwendungsfall und der Qualität der Funktionsblöcke, die verwendet werden sollen oder können.

Die Qualität der ausgewählten Bausteine wird dann sehr oft durch die damit verbundenen Kosten beeinflusst.

Folglich stellen die meisten auf dem Markt erhältlichen HF-Empfänger einen Kompromiss zwischen verfügbarer Technologie und vertretbaren Kosten dar, stellen aber normalerweise nicht das dar, was technisch möglich ist, wenn die Kosten nicht berücksichtigt würden.

2.1. Was ist das perfekte Konzept?

Herr Prof. Rohde versucht in seinem weiteren Vortrag das perfekte Konzept zu erarbeiten: **“das perfekte State-of-the-Art-Konzept um einen softwaredefinierten HF-Empfänger aufzubauen, entsteht indem wir die beste verfügbare Technologie für jeden der erforderlichen Bausteine kombinieren. Wir beginnen unsere Designarbeit mit einer Analyse der verfügbaren ADCs und der Leistung, die sie bieten können. ….”**

Literatur

The perfect HF Receiver. How would it look like today? Prof. Dr. Ing. habil. Dr. h. c. mult. Ulrich L. Rohde, Univ. of Armed Forces Munich Dipl. Ing. Univ. Thomas Boegl, Rohde & Schwarz Munich (2022)

Diese Kategorie enthält zurzeit keine Seiten oder Medien.