

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

AfuTUB-Kurs

Technik Klasse A 13: Frequenzaufbereitung

DK0TU
Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018

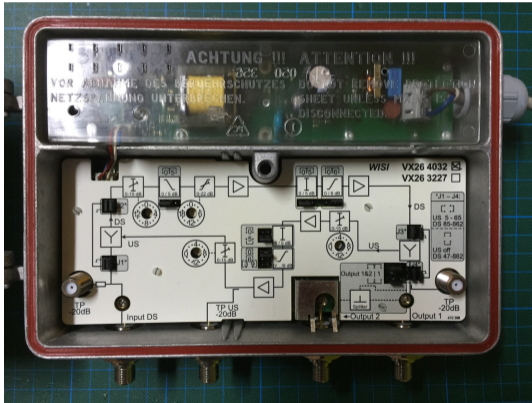


This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Thu Jun 21 13:54:37 2018 +0200

Blockschaltsymbole

In dieser Lektion werden häufig Blockschaltsymbole verwendet. Diese stellen logisch ganze Baugruppen dar.



[3]

Hausanschlussverstärker des Kabelfernsehen mit Blockschaltbildern

Überblick

Sender

- Vervielfacher
- Mischer
 - Einfachmischer
 - Balance-Mischer
 - Mehrfachmischerprinzip
- VCO-PLL
- Mehrfach-Mischer

Empfänger

- Doppelsuper
- Direktüberlagerungs-empfänger
- PLL
- Converter
- Transverter

Referenzen

Überblick

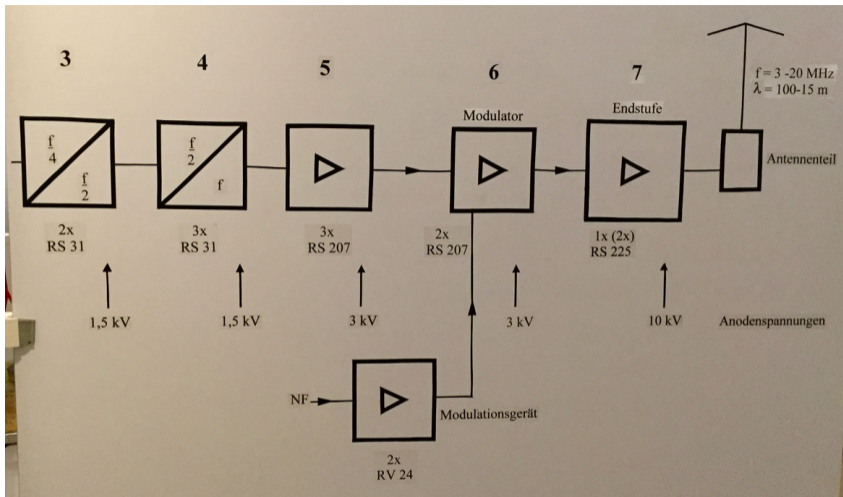
Sender

- Vervielfacher
- Mischer
- Einfachmischer
- Balance-Mischer
- Mehrfachmischerprinzip
- VCO-PLL
- Mehrfach-Mischer

Empfänger

- Doppelsuper
- Direktüberlagerungs-empfänger
- PLL
- Converter
- Transverter

Referenzen



[4]

Blockschaltbild des Weltrundfunksenders Zeesen 1929 im Sender- und Rundfunkmuseum Königs Wusterhausen

Überblick

Bereits bekannt aus Kapitel *E15*:

Signal im Basisband muss für die Übertragung auf einen HF-Träger “aufgeprägt” werden.

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

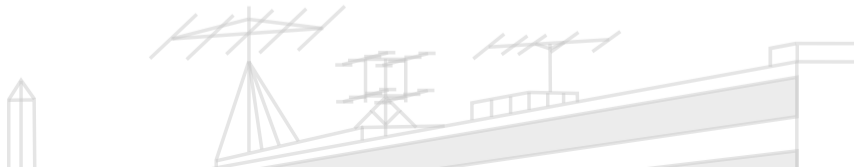
Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen



Überblick

Wozu Frequenzauflbereitung?

Wo liegen die klassischen Kurzwellenbänder und was fällt dabei auf?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen



Überblick

“Klassische” Amateurfunkbänder:

3,5 – 7 – 14 – 21 – 29 – 145 – 435 MHz (80m, 40m, 20m, 15m, 10m, 2m, 70cm)

Außerdem später hinzu gekommen:

1,8 – 5 – 10 – 18 – 25 – 50 (160m, 60m, 30m, 17m, 12m, 6m)

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Überblick

“Klassische” Amateurfunkbänder:

3,5 – 7 – 14 – 21 – 29 – 145 – 435 MHz (80m, 40m, 20m, 15m, 10m, 2m, 70cm) $3,5 \times 2 \rightarrow 7 \times 2 \rightarrow 14 \times 1,5 \rightarrow 21 \times 1,5 \rightarrow 29 \times 5 \rightarrow 145 \times 3 \rightarrow 435$ MHz

Außerdem später hinzu gekommen:

1,8 – 5 – 10 – 18 – 25 – 50 (160m, 60m, 30m, 17m, 12m, 6m)

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

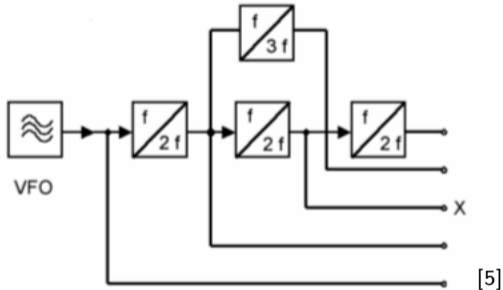
PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Frequenzvervielfacher



- Oberwellen bleiben in Amateurfunkbändern
- Senderaufbau durch Frequenzvervielfacher
- aufbauend auf stabilen 3,5MHz Oszillator

TG103

Überblick

Sender

Vervielfacher
 Mischer
 Einfachmischer
 Balance-Mischer
 Mehrfachmischerprinzip
 VCO-PLL
 Mehrfach-Mischer

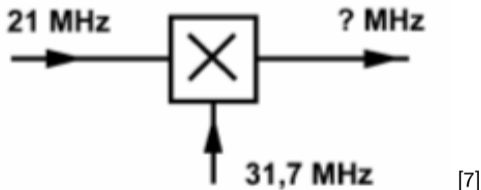
Empfänger

Doppelsuper
 Direktüberlagerungs-
 empfänger
 PLL
 Converter
 Transverter

Referenzen

Einfachmischer

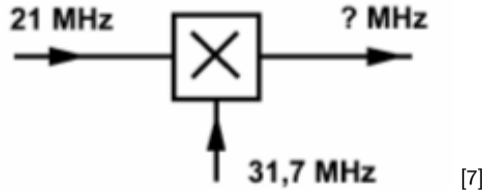
Vervielfachung ist nur bei CW und FM sinnvoll. Hub zeigt, dass Modulation "auseinandergezogen wird" – bei SSB würde das Seitenband auch entsprechend vervielfacht werden und der Abstand zum Träger gerät größer.



TG226

Mischer sind bereits aus der Modulation bekannt. Anwendung hier:
Up-/Downconversion.

Einfachmischer



TG226

- das unerwünschte Mischprodukt muss gut gefiltert werden
- eine Mischfrequenz wird von einem Quarzoszillator **CO** (crystal oscillator) hinzugefügt
- die andere Mischfrequenz wird von einem **VFO** (variable frequency oscillator) hinzugefügt
- damit wird die Ausgangsfrequenz variabel

Mischung

$$CO = 9\text{MHz}$$

$$VFO = 5,0 \cdots 5,5\text{MHz}$$

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

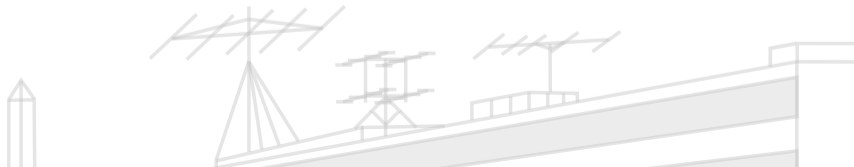
Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen



Mischung

$$CO = 9\text{MHz}$$

$$VFO = 5,0 \dots 5,5\text{MHz}$$

$$f_{H5,0} = 9\text{MHz} + 5,0\text{MHz} = 14,0\text{MHz} \quad f_{H5,5} = 9\text{MHz} + 5,5\text{MHz} = 14,5\text{MHz}$$

$$f_{L5,0} = 9\text{MHz} - 5,0\text{MHz} = 4,0\text{MHz} \quad f_{L5,5} = 9\text{MHz} - 5,5\text{MHz} = 3,5\text{MHz}$$

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Mischung

$$CO = 9\text{MHz}$$

$$VFO = 5,0 \dots 5,5\text{MHz}$$

$$f_{H5,0} = 9\text{MHz} + 5,0\text{MHz} = 14,0\text{MHz} \quad f_{H5,5} = 9\text{MHz} + 5,5\text{MHz} = 14,5\text{MHz}$$

$$f_{L5,0} = 9\text{MHz} - 5,0\text{MHz} = 4,0\text{MHz} \quad f_{L5,5} = 9\text{MHz} - 5,5\text{MHz} = 3,5\text{MHz}$$

Welche Bänder sind das?

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

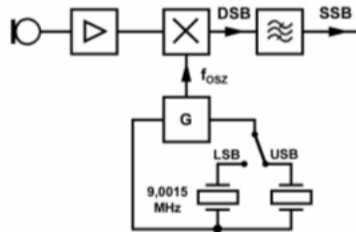
Converter

Transverter

Referenzen

Balance-Mischer

SSB-Aufbereitung mit einem 9-MHz-Quarzfilter (balancierter Ringmischer)



[8]

TG106

CO LSB: 9,0015 MHz; CO USB: 8,9985 MHz

Ein fester Bandpassfilter bei 9 MHz mit $\pm 1,2$ kHz Bandbreite lässt nur eines der beiden Seitenbänder durch.

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

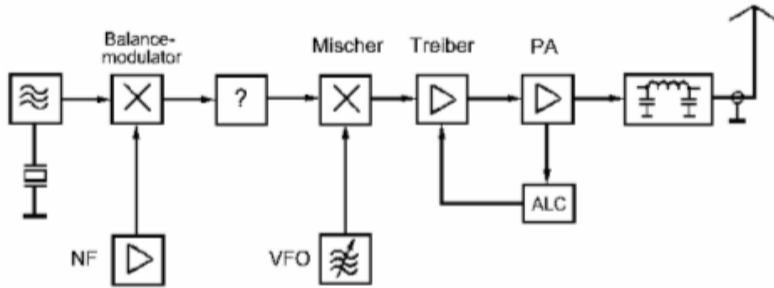
Converter

Transverter

Referenzen

Balance-Mischer

Der gesamte Sendepfad würde so aussehen:



[9]

TG101

Was wird nach der SSB-Mischstufe benötigt?

Überblick

Sender

- Vervielfacher
- Mischer
- Einfachmischer
- Balance-Mischer
- Mehrfachmischerprinzip
- VCO-PLL
- Mehrfach-Mischer

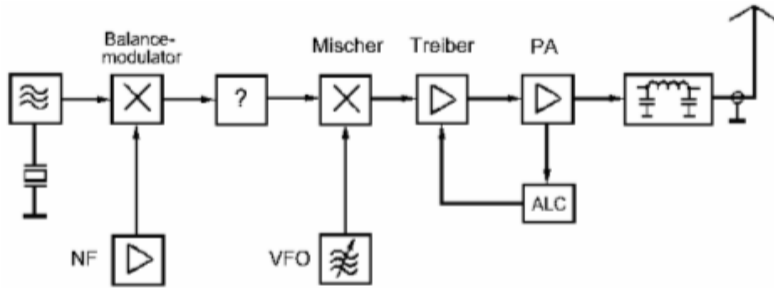
Empfänger

- Doppelsuper
- Direktüberlagerungs-empfänger
- PLL
- Converter
- Transverter

Referenzen

Balance-Mischer

Der gesamte Sendepfad würde so aussehen:



TG101

Was wird nach der SSB-Mischstufe benötigt?

Ein Quarzfilter als Seitenbandsperre.

Überblick

Sender

- Vervielfacher
- Mischer
- Einfachmischer
- Balance-Mischer
- Mehrfachmischerprinzip
- VCO-PLL
- Mehrfach-Mischer

Empfänger

- Doppelsuper
- Direktüberlagerungs-empfänger
- PLL
- Converter
- Transverter

Referenzen

Mehrfachmischerprinzip

- es gibt einen nicht umschaltbaren VFO
- Mischung mit der erzeugten SSB-Filterfrequenz
- erzeugt eine Zwischenfrequenz (ZF)
- die ZF wird durch Mischung zur Endfrequenz für die Antenne gebracht

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

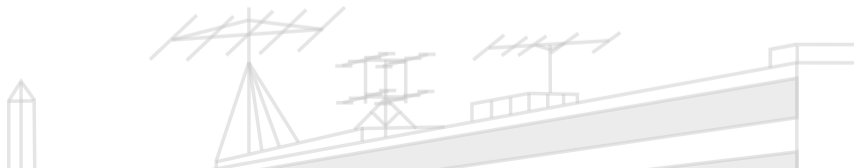
Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen



Phasenregelung

Phasenregelschleifen dienen zum Angleichen zweier Phasen.

Hier: **VCO-PLL** (voltage controlled oscillator phase locked loop)

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

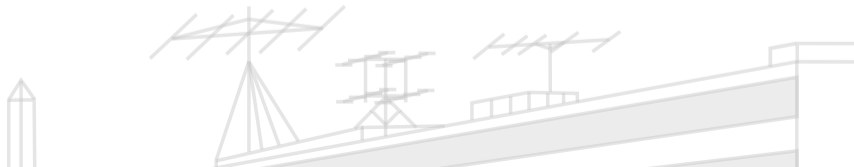
Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

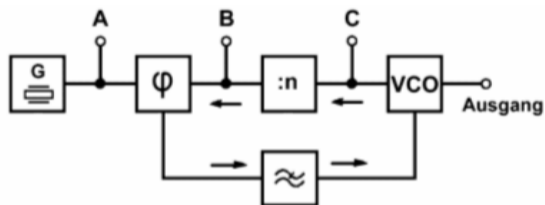
Converter

Transverter

Referenzen



VCO-PLL



[10]

TD701

- VCO (voltage-controlled oscillator) ist das Herzstück
- Quarzgenerator erzeugt Referenzfrequenz
- Mikroprozessor steuert Teilerfunktion "n" für die Ausgangsfrequenz
- Phasenkomparator φ
- stabiler Zustand: Die Frequenzen an A und B sind gleich
- der Tiefpass erzeugt eine Gleichspannung vom Mittelwert des Pulses an C

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

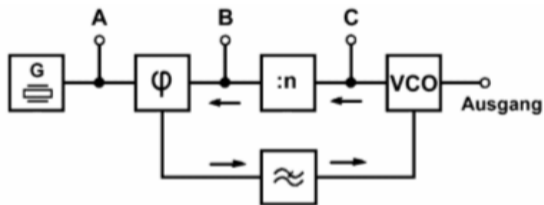
PLL

Converter

Transverter

Referenzen

VCO-PLL



[10]

TD701

- bei Phasenverschiebung der Frequenzen ergibt sich im Komparator ein Signal mit kürzeren oder längeren Pausen zwischen den Impulsen
- dadurch verschiebt sich die Spannung über den Tiefpass
- der VCO erhält eine andere Spannung und regelt nach

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

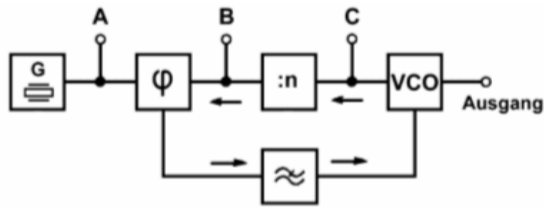
PLL

Converter

Transverter

Referenzen

VCO-PLL



[10]

TD701

- die VCO-PLL “lockt” auf ein Vielfaches der Quarzoszillatorfrequenz ein
- der Teiler bestimmt die gröÙe der Ausgangsfrequenz

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

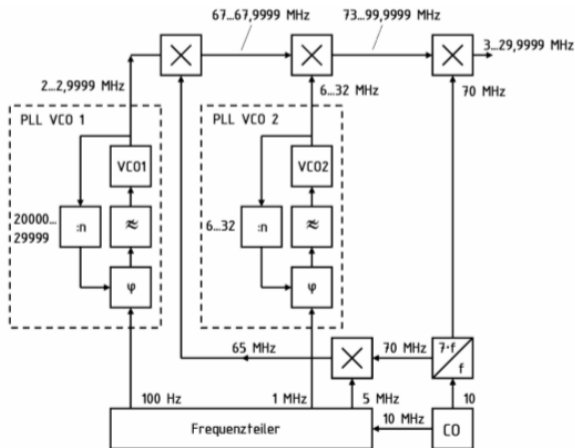
PLL

Converter

Transverter

Referenzen

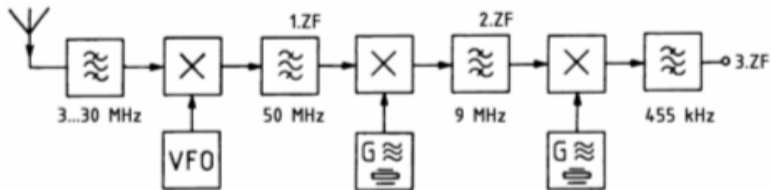
Mehrfach-Mischer



- Nur ein CO
- zwei PLL-Schleifen
- Aufmischung zwischen $3 \dots 30 \text{ MHz}$ möglich

[11]

Doppelsuper



[12]

TF209b

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Empfängerprinzipien

Doppelsuper: Niedrige zweite Zwischenfrequenz (ZF) für gute Trennschärfe.

Bei heutigen TRX: Die 1. ZF liegt höher als das Doppelte der maximalen Empfangsfrequenz
Spiegelfrequenz außerhalb des Empfangsbereichs.

Nach der Filterung im Roofing-Filter (1. ZF) wird auf die 2. ZF im Bereich um 9 bis 10 MHz heruntergemischt.

Erste ZF-Filterbandbreite mind. so groß wie höchste benötigte Bandbreite.

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Spiegelfrequenz

Unerwünschte Frequenz beim Runtermischen auf die Zwischenfrequenz

$$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF} \text{ für } f_{OSZ} > f_E$$

$$f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF} \text{ für } f_{OSZ} < f_E$$

Unterdrückung möglich durch

- geringe Bandbreite (Bandpassfilter am Eingang)
- Phasenverfahren (Mischung mit der phasengedrehten Spiegelfrequenz)
- Spiegelfrequenz weit außerhalb des Empfangsbereichs erzeugen (oder sogar unter 0Hz)

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

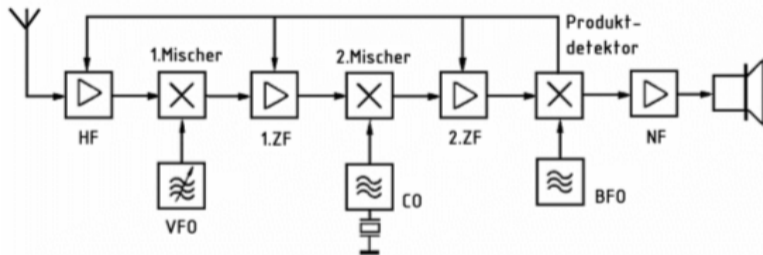
PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Doppelsuper



[13]

TF205b

- 1. ZF relativ hoch (oft um 10,8 MHz) → gute Spiegelfrequenzunterdrückung
- 2. ZF niedrig (oft bei 450 bis 470 kHz) → hohe Trennschärfe

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Direktüberlagerungsempfänger

Prinzip wie der Einfachmischer beim TX. Eine Mischstufe mit VFO in nächster Nähe zur Empfangsfrequenz (Zuführung des Trägers).
Produkt-detektor zur Demodulation

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

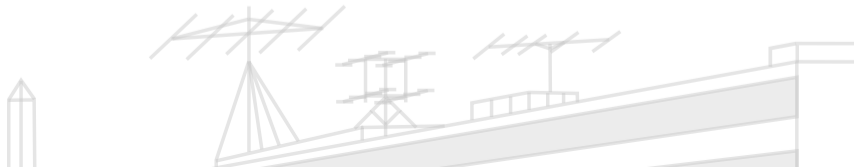
Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

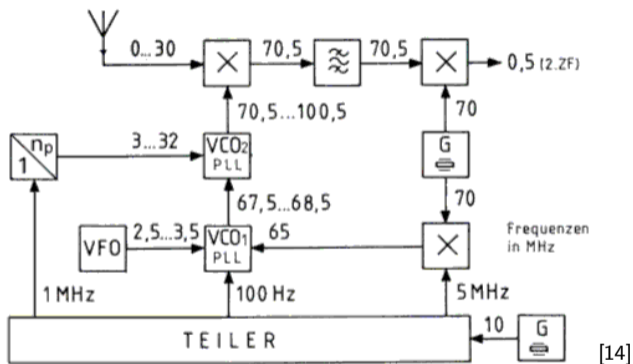
Converter

Transverter

Referenzen



PLL



Prinzip wie beim Sender

TF213

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

Converter

Überblick

Sender

- Vervielfacher

- Mischer

- Einfachmischer

- Balance-Mischer

- Mehrfachmischerprinzip

- VCO-PLL

- Mehrfach-Mischer

Empfänger

- Doppelsuper

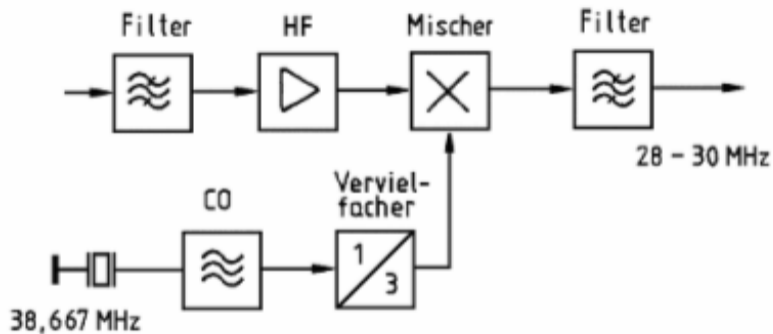
- Direktüberlagerungs-empfänger

- PLL

- Converter

- Transverter

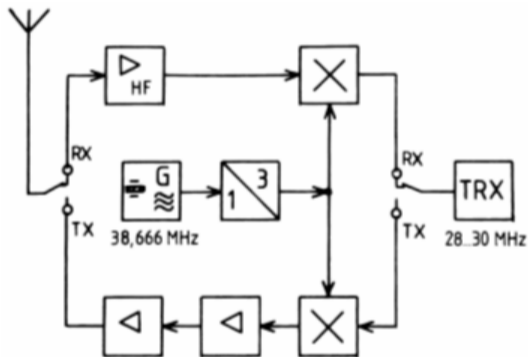
Referenzen



TF204

2-m-Konverter für einen KW-Empfänger

Transverter (Transceiver-Konverter)



TF209

Transverter für das 2-m-Band

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

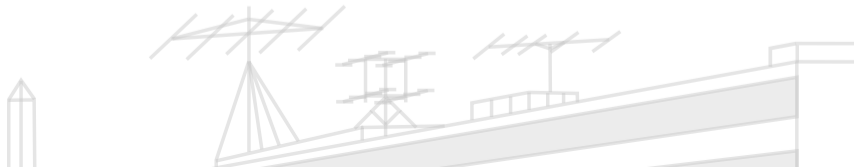
Referenzen

Referenzen/Links

- [1] DARC Online-Lehrgang Lektion A13:
<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a13/>
- [2] Fragenkatalog Bundesnetzagentur Technik Klasse A:
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Amateurfunk/Fragenkatalog/TechnikFragenkatalogKlasseAf252rId9014pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Abbildungen:

- [3] Hausanschluss:
<http://dc4lw.de>
- [4] Blockschaltbild:
<http://dc4lw.de>
- [5] TG103:
- [6] TG102:
- [7] TG226:
- [8] TG106:



Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

[9] TG101:

[10] TD701:

[11] TG110:

[12] TF209b:

[13] TF205b:

[14] TF213:

[15] TF204:

[16] TF209:

alle <https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>

Überblick

Sender

Vervielfacher

Mischer

Einfachmischer

Balance-Mischer

Mehrfachmischerprinzip

VCO-PLL

Mehrfach-Mischer

Empfänger

Doppelsuper

Direktüberlagerungs-
empfänger

PLL

Converter

Transverter

Referenzen

