

Empfänger

Amateurfunk Lizenzkurs S07 TU-Dresden

Mario Rößler, DH5YM

13.12.2011

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Inhaltsverzeichnis

Definitionen

Grundlagen

Begriffe

etwas dB-Rechnung

Blockschaltbilder

Empfänger Beispiele

Detektor

Beispiel Direktmischer

Beispiel Superheterodynempfänger

Konverter / Transverter

Empfängereffekte / Kennwerte

Empfindlichkeit / Empfängerrauschen

Großsignalfestigkeit / Intermodulationen

Störungsreduzierung bei Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe

etwas dB-Rechnung

Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor

Beispiel Direktmischer

Beispiel Superhetero-
dynempfänger

Konverter /
Transverter

Empfängereffekte

/ Kennwerte

Empfindlichkeit /

Empfängerrauschen

Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei

Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Was ist ein Empfänger ?

- ▶ ein Empfänger ist ein Apparat zum Empfang von Signalen (z.B. elektromagnetische)
- ▶ Radio = Informationsübermittlung mit elektromagnetischen Wellen
- ▶ z.B. Rundfunk, Mobilfunk, Kurzstreckenfunk, Radar, Amateurfunk, ...

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzierung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Funktionen ?

- ▶ Selektion des gewünschten Signales (zum Beispiel Ausfiltern einer Frequenz)
- ▶ Demodulation (Rückgewinnung) der ursprünglichen Information (analoge oder digitale)

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte / Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie- rung bei Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

- ▶ Superheterodynempfänger - Überlagerungsempfängereffekte
- ▶ Empfindlichkeit - minimale sinnvoll auswertbare Signalstärke
- ▶ Spiegelfrequenz - Zweite, bei Frequenzumsetzung entstehende Empfangsfrequenz
- ▶ VFO - variable frequency oscillator (Durchstimmbare)
- ▶ CFO - crystal frequency oscillator (Festfrequenz)
- ▶ BFO - beat frequency oscillator (Hilfsoszillator für Trägerzuführung)

- ▶ AGC - automatic gain control (aut. Regelung der Empfängerverstärkung)
- ▶ LNA - low noise amplifier - Empfängereingangsverstärker
- ▶ Balancemischer - Mischer mit Unterdrückung der Eingangssignale
- ▶ Rauschzahl - Verschlechterungsfaktor gegenüber Eingangssignal
- ▶ Dynamikbereich - Differenz zwischen maximalem und minimalem Eingangspegel

etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

dB Rechnung

- ▶ $dB(P) = 10 * \log_{10}(P1/P2)$
- ▶ 3dB = doppelte Leistung, 6dB = 4-fache Leistung (1 S-Stufe)
- ▶ 10dB = 10-fache Leistung
- ▶ negative dB Werte = $\hat{=}$ weniger
- ▶ dB = relativer Wert
- ▶ wenn auf etwas bezogen, dann Angabe (z.B. dBm = dB von Milliwatt)
- ▶ Beispiele: 0dBm=1mW, 3dBm=2mW, 30dBm=1W, 27dBm=0.5W, -7dBm=0.2mW, ...

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe

etwas dB-Rechnung

Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor

Beispiel Direktmischer

Beispiel Superhetero-
dynempfänger

Konverter /
Transverter

Empfängereffekte

/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen

Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei

Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

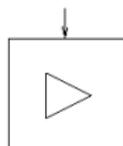
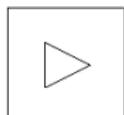
Quellen/Links

Symbole

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Verstaerker

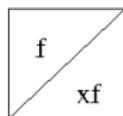
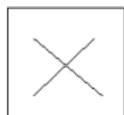


variabel



Lautsprecher

Mischer

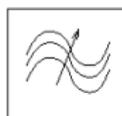


Mult/Div



Antenne

Oszillator

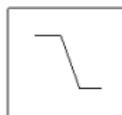


var Osz.

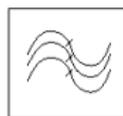


Quarz

Filter



BP/LP/HP



var.

Abbildung: Symbole für Blockschaltbilder

Definitionen

Grundlagen

Begriffe

etwas dB-Rechnung

Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor

Beispiel Direktmischer

Beispiel Superhetero-
dynamempfänger

Konverter /

Transverter

Empfängereffekte

/ Kennwerte

Empfindlichkeit /

Empfängerrauschen

Großsignalfestigkeit /

Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei

Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Historisches - Detektor

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger
Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynampfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

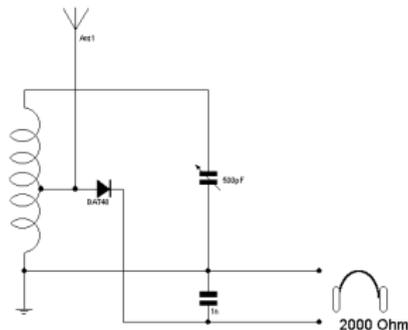
Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links



Detektorempfänger für das 49 mtr. Band
Spule 13Ydg, 0,8 Cuf in der Mitte angezapft auf 26 mm PG Muffe (Bauhaus)

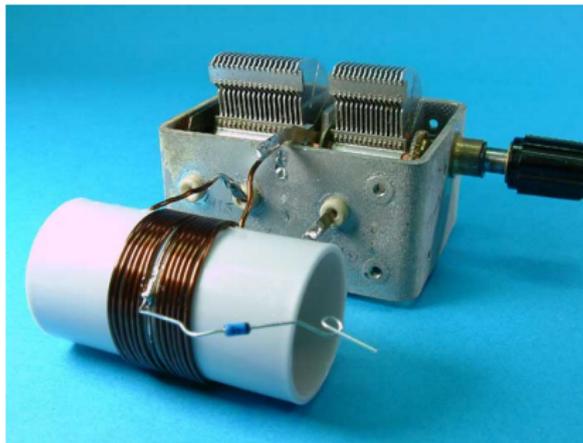


Abbildung: Detektorempfänger, <http://www.jogis-roehrenbude.de/>

Direktmischempfänger (Geradeausempfänger)

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzierung
bei Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

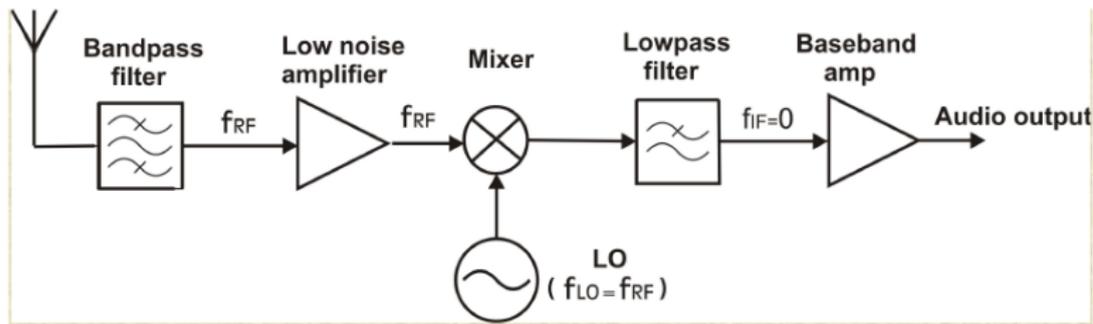


Abbildung: Direktmischempfänger, Heinz Sarrasch, DJ7RC

Direktmischempfänger

- ▶ sehr einfacher Aufbau durch Vermeidung von Stufen
- ▶ wenig Selektion, da nur Filterung im NF Bereich
- ▶ meist abgestimmte Eingangfilter (Präselektor) - wieder aufwendig
- ▶ heutige IQ Frontends basieren auf dem Prinzip (komplex-Direktmischer)

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Superheterodynempfänger (Mischerempfänger)

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

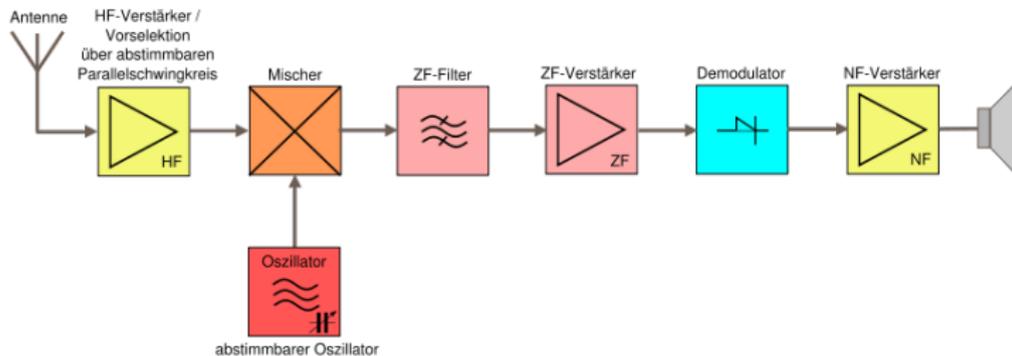


Abbildung: Überlagerungsempfänger, Wikipedia

Superheterodynempfänger

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

TF203 Folgende Schaltung stellt einen Doppelsuper dar. Welche Funktion haben die drei mit X, Y und Z gekennzeichneten Blöcke?

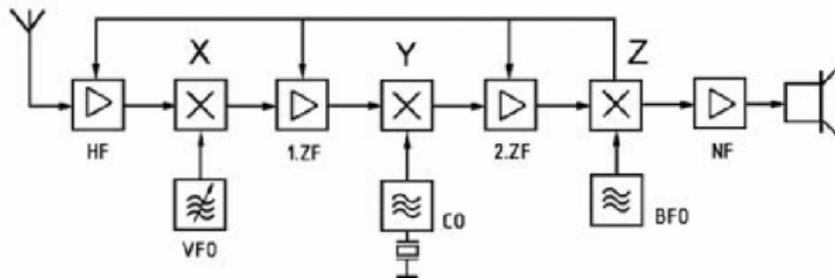


Abbildung: Doppelsuper

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzierung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

ZF und Lokoszillator

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer

Beispiel Superhetero-
dynempfänger

Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

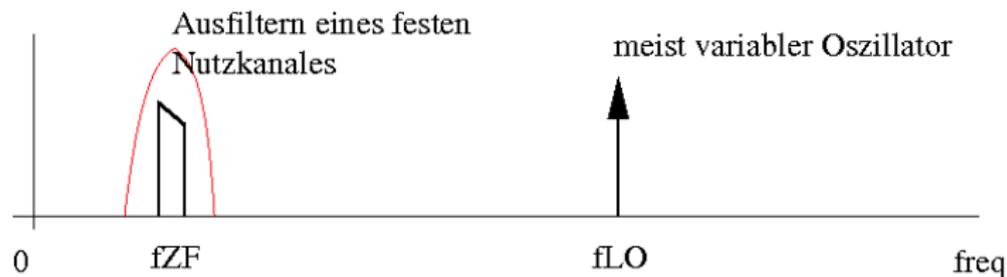


Abbildung: Zwischenfrequenz und Lokoszillator

Empfangsfrequenz und Spiegelfrequenz

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer

**Beispiel Superhetero-
dynempfänger**

Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

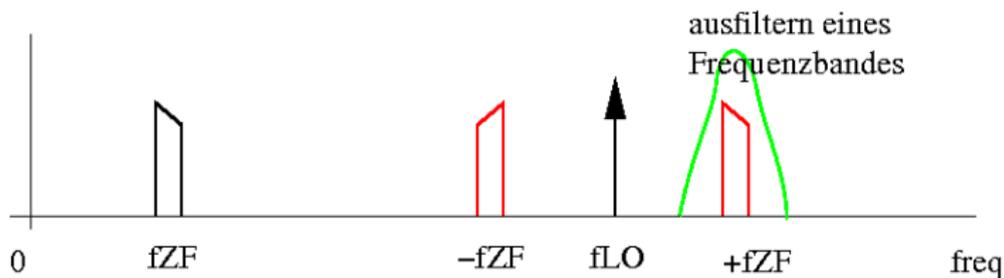


Abbildung: Empfangsfrequenz und Spiegelfrequenz

Superheterodynempfänger

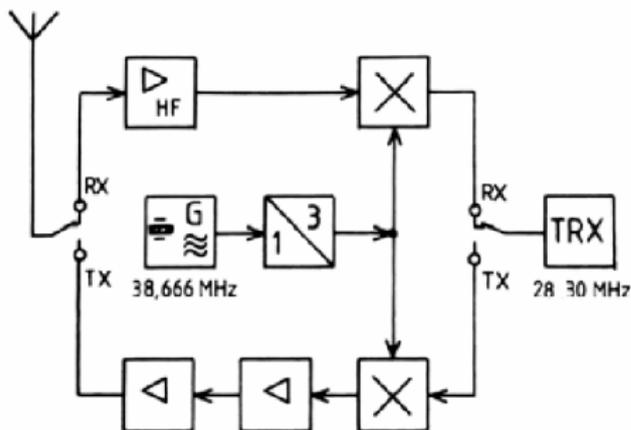
- ▶ komplexerer Aufbau
- ▶ dafür bessere Selektion durch möglichst hohe erste ZF Frequenz
- ▶ kein abgestimmter Eingangskreis notwendig, nur Spiegelfrequenzfilter
- ▶ Ausfiltern des Kanal auf niedriger 2. ZF - sehr steilflankige Filter, aber nicht verstimmbar
- ▶ Beispielsweise Quarzfilter (sehr geringe Bandbreite möglich) - bessere Trennschärfe
- ▶ heute meist 1.ZF oberhalb doppelter maximaler Empfangsfrequenz (für KW Empf.)
- ▶ häufig Regelung der Verstärker zur Vermeidung von Übersteuerung (automatisch oder manuell)

Transverter

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

TF212



Diese Blockschaltung stellt

A einen Transverter für das 2-m-Band dar.

Abbildung: Transverter

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger

Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Transverter

- ▶ Frequenzerweiterung durch zusätzliche Mischstufe zur Frequenzumsetzung
- ▶ meist für Mikrowellenfunk genutzt
- ▶ auch für RX-only (Konverter)
- ▶ üblicherweise keine Einbeziehung in Regelstrecke

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger

**Konverter /
Transverter**

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Empfindlichkeit

- ▶ Fragestellung: welches ist das niedrigste sinnvoll detektierbare Signal ?
- ▶ Antwort: Abhängig von der Bandbreite des Signals und des benötigten Signal-Rausch Abstandes
- ▶ Hintergrundrauschen -173dBm/Hz
- ▶ Regel: 10fache Bandbreite - 10fache Rauschleistung
- ▶ Beispiel: $-174\text{dBm/Hz} + 36\text{dB} = -138\text{dBm}$ Rauschen bei 3kHz Bandbreite
- ▶ Bei 10dB benötigtem SNR ist kleinstes Signal also -128dBm (ideal)
- ▶ deshalb: Filterwahl nach Möglichkeit entsprechend der benötigten Bandbreite

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Empfängerrauschen

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

- ▶ Indirekte Bestimmung: Wenn ein Testsignal am Empfängereingang den Pegel des Grundrauschens um 3dB erhöht, dann ist es so stark wie das Rauschen selbst.
- ▶ Führt zum Rauschmaß eines Empfängers (in dB, Rauschzahl ist das Verhältnis als linearer Wert)
- ▶ auf Kurzwelle wegen des hohen Hintergrundrauschens (atmosphärisch) zumindest bis 14MHz nicht relevant
- ▶ auf UKW möglichst geringes Rauschmaß angestrebt (kleiner 1dB?)
- ▶ wichtig: Erste Baugruppe bestimmt das Rauschmaß essentiell. Das ist meist das Antennenkabel (Dämpfung geht direkt ein) ! Lässt sich nicht wieder herzaubern

Definitionen

Grundlagen

Begriffe

etwas dB-Rechnung

Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor

Beispiel Direktmischer

Beispiel Superhetero-
dynempfänger

Konverter /

Transverter

Empfängereffekte

/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen

Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei

Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Großsignalfestigkeit

- ▶ maximales Eingangssignal wird bestimmt durch die erste Stufe, die nichtlinear wird
- ▶ meist ist das der LNA, kann auch Mischer oder anderer Verstärker sein (aber auch Schalter o. anderes Bauteil)
- ▶ starke Signale führen zur Übersteuerung, das hat Nichtlinearitäten zur Folge (Verzerrung, Mischung)
- ▶ Begriffe: IP_3 , IP_5 ..., max Input Power

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzierung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

- ▶ Problem: Oberwellen des Eingangssignals mischen mit dem Eingangssignal selbst
- ▶ Deutlich, bei aus vielen Komponenten zusammengesetzten Signalen
- ▶ Mischprodukte fallen in die Nähe des Eingangssignals, was Störungen verursacht ($2 \cdot f_1 - f_2$, $2 \cdot f_2 - f_1$) - Phantomsignale
- ▶ Erkennung: Störungen verschwinden bei Dämpfung des Eingangssignals, Problem dabei: schwache Eingangssignale nicht hörbar
- ▶ bei IP3: Intermodulationsprodukte wachsen 3x so schnell wie das Eingangssignal
- ▶ verbunden mit Zustopfen (Empfindlichkeitsverringering) und unruhigem Empfänger

Intermodulation

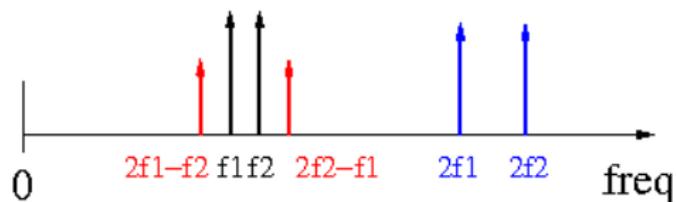


Abbildung: Intermodulation 3. Ordnung

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynamempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
**Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen**

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Intermodulation

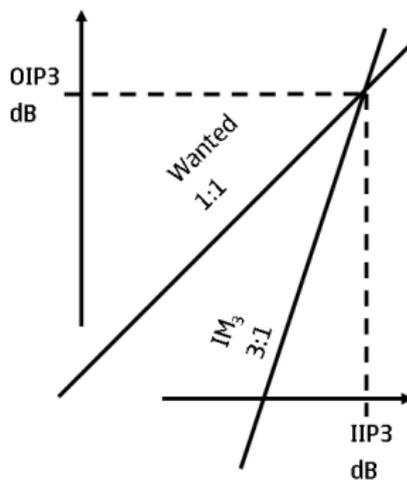


Abbildung: Intermodulation 3. Ordnung - Definition,
Quelle:Wikipedia

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Störungsreduzierung bei Empfang

- ▶ bei Intermodulation: Vorverstärker aus (zum Beispiel Abends im 40m Band)
- ▶ Notchfilter (Kerbfilter), zum Ausblenden von schmalbandigen Störsignalen im Empfangssignal (Pfeifstellen)
- ▶ Noise Blanker zur Reduzierung von Impulsstörungen

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte

/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

- ▶ spezielle FM Demodulatoren (PLL) oder Überführung in AM durch Diskriminatorfilter
- ▶ Begrenzung des Ausgangssignals ab bestimmtem Eingangspegel mittels Begrenzerverstärker möglich
- ▶ Üblicherweise ZF o. NF Pegelgesteuerte Stummschaltung (Rauschperre, Squelch)

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superheterodynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

Beispielfragen

Siehe Fragenkatalog E und A !
(ab TF101)

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links

- ▶ <http://dh5ym.ath.cx/Ausb/Empf.zip>

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynempfänger
Konverter /
Transverter

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Danke !

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !
Bitte Fragen !

Empfänger

Mario Rößler,
DH5YM

Definitionen

Grundlagen

Begriffe
etwas dB-Rechnung
Blockschaltbilder

Empfänger

Beispiele

Detektor
Beispiel Direktmischer
Beispiel Superhetero-
dynamempfänger
Konverter /
Transverter

Empfängereffekte
/ Kennwerte

Empfindlichkeit /
Empfängerrauschen
Großsignalfestigkeit /
Intermodulationen

Störungsreduzie-
rung bei
Empfang

Frequenzmodulation

Beispielfragen

Quellen/Links