

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

AfuTUB-Kurs

Technik Klasse A 11: Signale

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: Wed Jun 6 15:40:58 2018 +0200

Einleitung

Generell: Was sind Signale?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

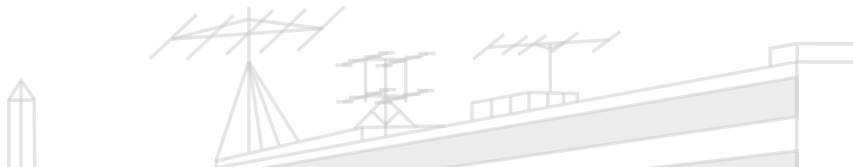
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

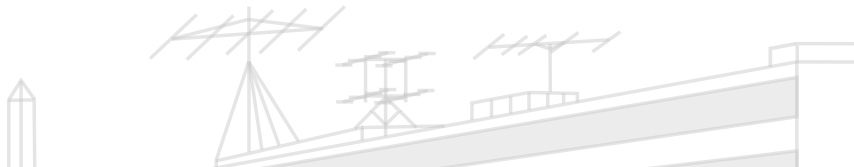


Signale

„Auf dem Weg von der Quelle zum Ziel [...] ist die Information an einen physikalischen Träger gebunden. [...] Diese Kombination aus Träger und Getragendem bezeichnet man als Signal.“

[Hoffmann, R.: Signalanalyse und -erkennung]

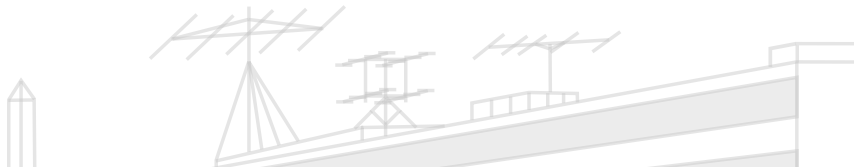
Dazu ein wenig Theorie für den Bereich der elektrischen Nachrichtenübertragung...



Signale

Nachrichtentechnik: Grundsätzliche Unterscheidung zwischen **periodischen** und **nicht-periodischen** Signalen.

Welche periodischen Signale kennt ihr?



Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

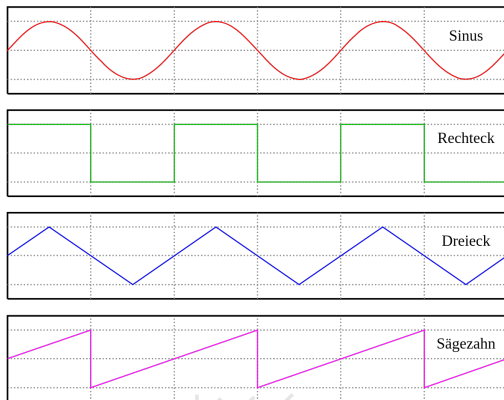
FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Periodische Signale



[3]

Verschiedene periodische Wellenformen

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

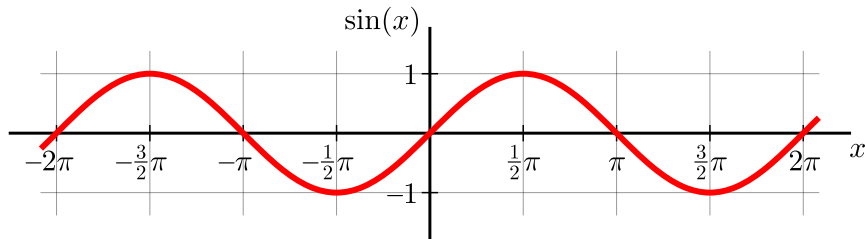
PM

Hilfsträger

Referenzen

Sinusförmige Signale

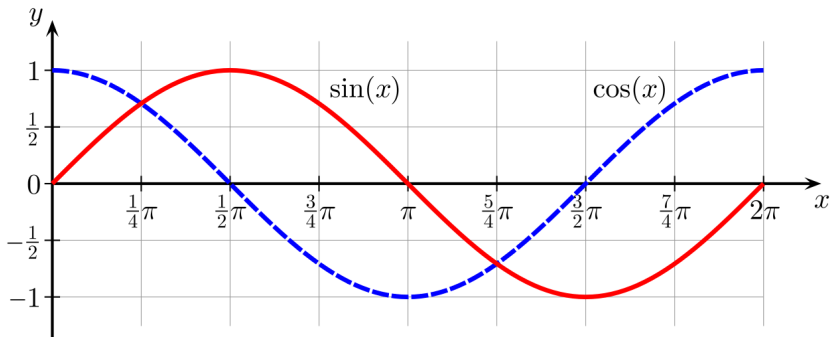
Fundamental: Schallwellen und elektromagnetische Wellen lassen sich als zusammengesetzte Sinus- und Cosinuswellen beschreiben



Sinsuskurve

Entstehung von Sinus und Cosinus am Einheitskreis, z.B. durch einen Generator
([↗](#) Animierte Grafik)

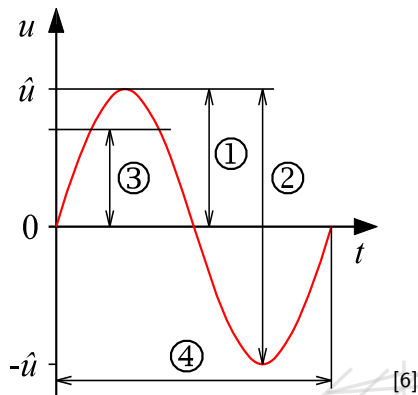
Sinusförmige Signale



SINUS und COSINUS-Graph der Funktionen $\sin(x)$ und $\cos(x)$. Eine Periode von 0 bis 2π ist dargestellt. Die x -Achse ist in π -Anteilen skaliert entsprechend 0 bis 2π bzw. 0° bis 360°

Was sind Amplitude, Scheitelwert, Spitze-Spitze-Wert, Periodendauer, Frequenz, Effektivwert?

Kenngrößen



Begriffe

- 1 Scheitelwert, Spitzenwert \hat{U}
- 2 Spitze-Spitze-Wert $U_{SS} = 2 \cdot \hat{U}$
- 3 Effektivwert $U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \approx 0,7 \cdot \hat{U}$
- 4 Periodendauer $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$
mit Kreisfrequenz $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Kenngrößen an sinusförmiger
Wechselspannung

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Sinus

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische
Signale

Modulierte Signale

AM

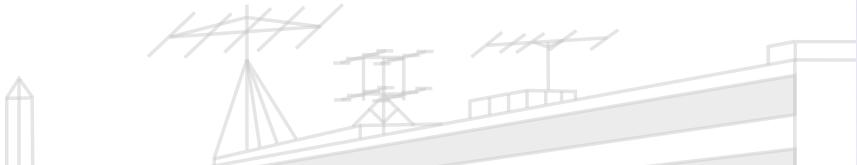
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen



Sinus

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

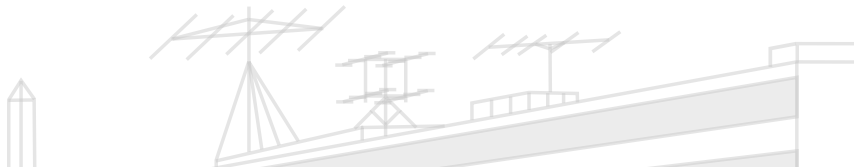
PM

Hilfsträger

Referenzen

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50\text{Hz}} \approx 20\text{ms}$$



Kurze Wiederholung Messtechnik: Oszilloskop

Wie hoch sind Spitze-Spitze-Spannung und Frequenz?

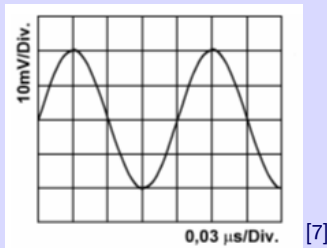


Abb. 5: TB605

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Kurze Wiederholung Messtechnik: Oszilloskop

Wie hoch sind Spitze-Spitze-Spannung und Frequenz?

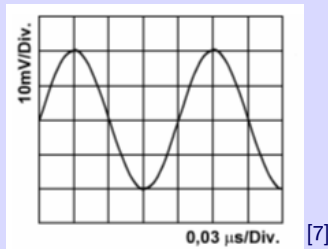
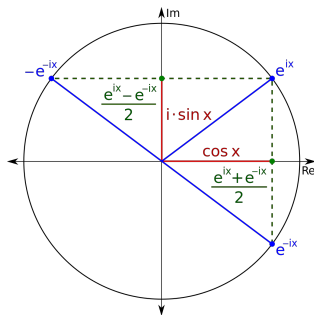


Abb. 5: TB605

$$U_{SS} = 40mV$$

$$f = \frac{1}{4 \cdot 0,03 \cdot 10^{-6}s}} \approx 8,33 \cdot 10^6 Hz = 8,33 MHz$$

Zeigerdarstellung



[8]

Beziehung zwischen Sinus, Kosinus und Exponentialfunktion

Trigonometrische Zusammenhänge im Einheitskreis.

Animationen: [Wikimedia](#) und von [H. Krauß](#) (braucht Flash).

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

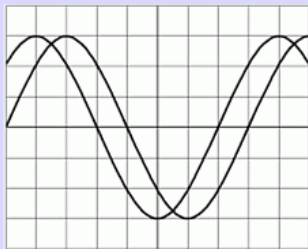
PM

Hilfsträger

Referenzen

Phasenwinkel

Wie groß ist folgende Phasenverschiebung?



[9]

Abb. 7: TB612

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

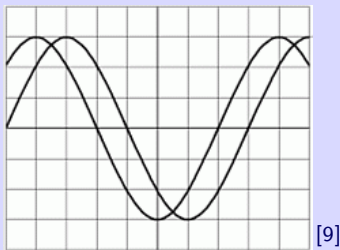
PM

Hilfsträger

Referenzen

Phasenwinkel

Wie groß ist folgende Phasenverschiebung?



[9]

Abb. 7: TB612

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$$

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Ableitung weiterer Signale

Definition

Hat ein Signal nur eine einzige Frequenz, ist es ein sinusförmiges Signal. Alle anderen Signale bestehen aus einem Frequenzgemisch.

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

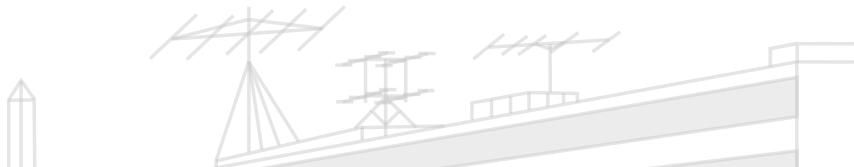
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

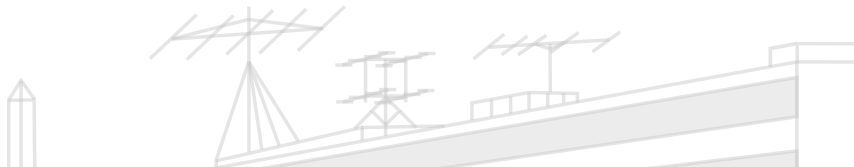


Ableitung weiterer Signale

Bedeutet alle möglichen periodischen Signale lassen sich aus Überlagerung von Sinussignalen ableiten:

- **Grundfrequenz**
- beliebige **ganzzahlige Vielfache** der Grundfrequenz (Oberwellen bzw. Harmonische)

Bereits vorgestellte Beispiele: Rechteck, Dreieck, Sägezahn



Harmonische und Oberwellen

Welche Frequenz hat die erste Harmonische von 430.200MHz ?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische
Signale

Modulierte Signale

AM

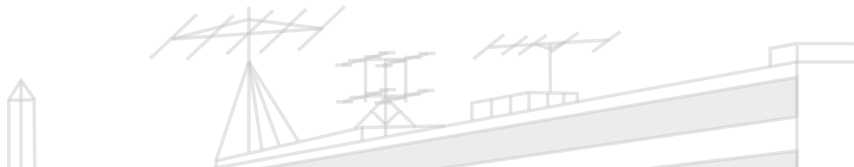
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen



Harmonische und Oberwellen

Welche Frequenz hat die erste Harmonische von 430.200MHz ?

Die erste Harmonische ist die Frequenz selbst.

Die erste Oberwelle bzw. zweite Harmonische liegt bei 860.4MHz

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

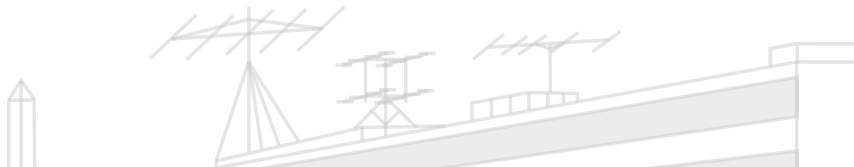
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen



Harmonische und Oberwellen

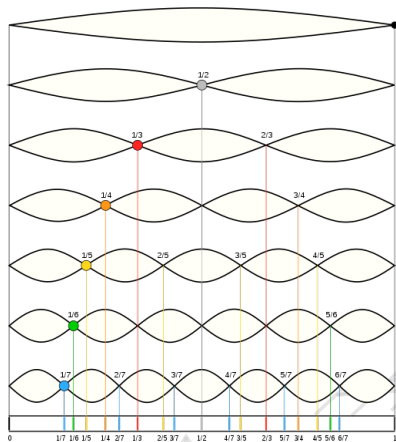
Welche Frequenz hat die erste Harmonische von 430.200MHz ?

Die erste Harmonische ist die Frequenz selbst.

Die erste Oberwelle bzw. zweite Harmonische liegt bei 860.4MHz

Merke: n -te Oberwelle = $n + 1$ -te Harmonische

Harmonische und Oberwellen – Beispiel: Instrumentensaite



[10]

Harmonische

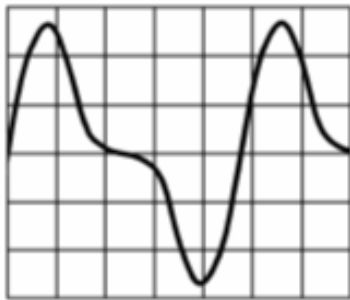
- 1. Harmonische = Grundfrequenz
- 2. Harmonische = Doppelte Grundfrequenz
- 3. Harmonische = Dreifache Grundfrequenz
- ...

Oberwelle

- 1. Oberwelle = Doppelte Grundfrequenz
- 2. Oberwelle = Dreifache Grundfrequenz
- ...

Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:



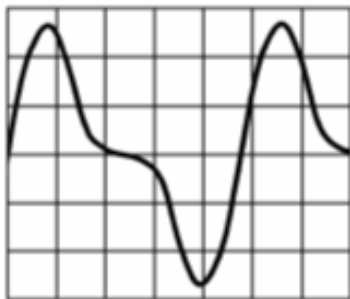
- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische, $\frac{1}{2}$ Amplitude (Bsp. ?)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude
- ...

[11]

TB705

Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:

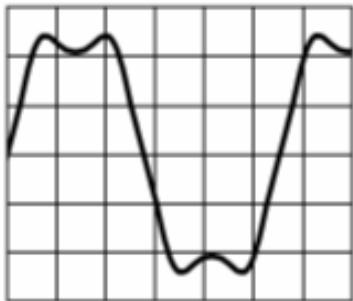


- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische, $\frac{1}{2}$ Amplitude (Bsp. 4kHz)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude
- ...

TB705

Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:



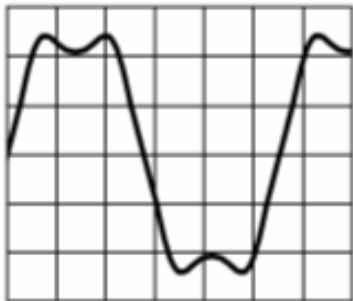
- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude (Bsp. ?)
- 5. Harmonische, $\frac{1}{5}$ Amplitude
- ...

[12]

TB706

Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:



- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude (Bsp. 6kHz)
- 5. Harmonische, $\frac{1}{5}$ Amplitude
- ...

[12]

TB706

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

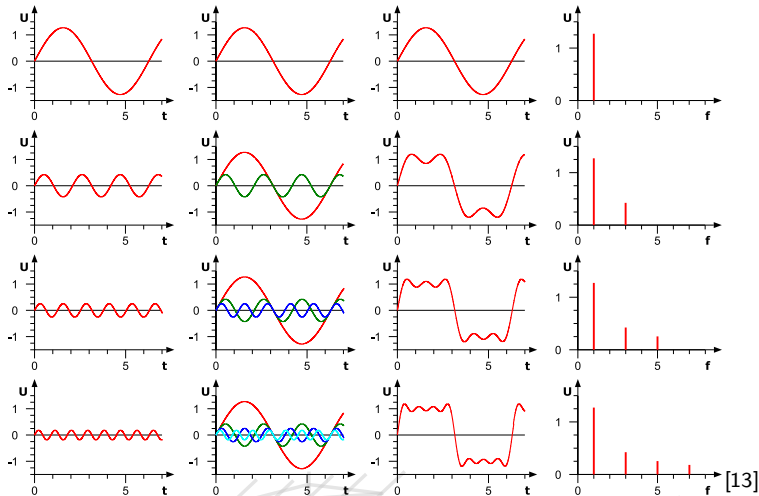
SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen



Fourieranalyse eines Rechtecksignals

Einleitung

Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

Nicht-periodische Signale

Definition

Signale, die sich nicht regelmäßig wiederholen werden nicht-periodische Signale genannt.

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

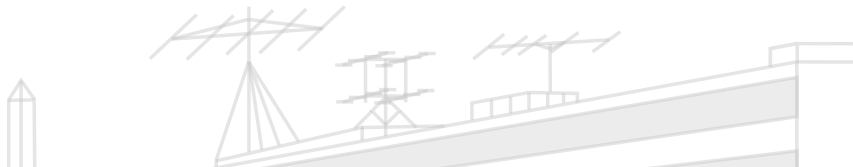
SSB

FM

PM

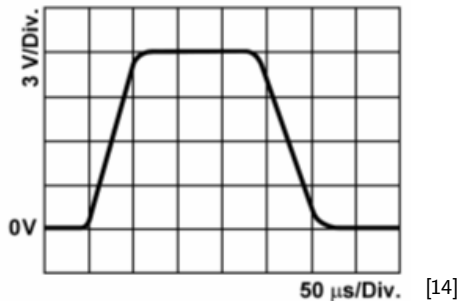
Hilfsträger

Referenzen



Nicht-periodische Signale

Dies können nicht wiederkehrende Signale beliebiger Form sein, z.B. Impulse.



TB702a

Messung Impulsdauer oder Pulsbreite bei ca. 50% der Amplitude.
Wie breit ist das Signal im Beispiel?

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

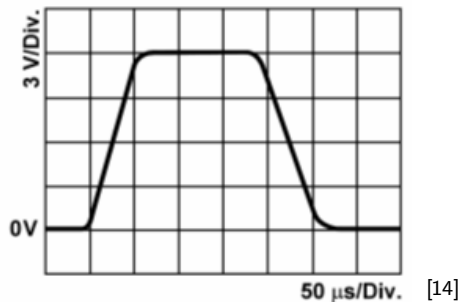
PM

Hilfsträger

Referenzen

Nicht-periodische Signale

Dies können nicht wiederkehrende Signale beliebiger Form sein, z.B. Impulse.



TB702a

Messung Impulsdauer oder Pulsbreite bei ca. 50% der Amplitude.
Wie breit ist das Signal im Beispiel? Antwort: 0,2ms

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

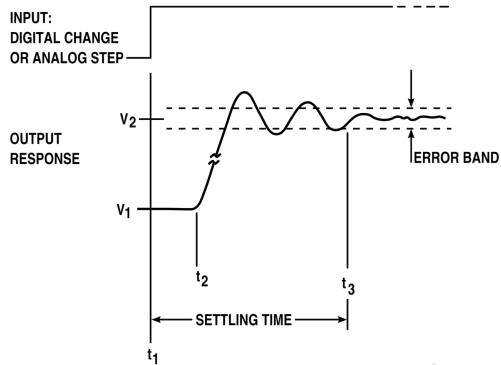
Hilfsträger

Referenzen

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Nicht-periodische Signale (nicht prüfungsrelevant)



Zur Messung von Impulsantworten oder Übergangsfunktionen (Sprungantwort) spielen Dirac-Impuls und Heaviside-Funktion eine große Rolle.

Praxis: **Sprungantwort aus Rechteck** - überführbar zu Impulsantwort. [15]

High accuracy settling time measurements

Modulation

Bekanntes Wissen aus Technik Klasse E Lektion 14:

Modulation ist das „Aufprägen“ von Signalen auf einen periodischen Träger durch Mischung/Multiplikation. Mischung sorgt immer für Spiegelfrequenzen.

Im einfachen reellen Fall betrachtet (Formel nicht prüfungsrelevant):

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Welche Parameter lassen sich modulieren?

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Modulierte Signale

Definition

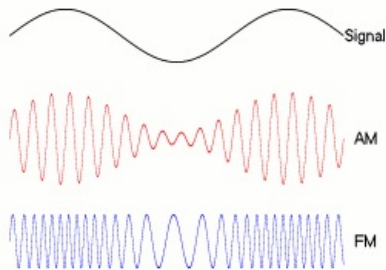
Eine Kombination aus einem sinusförmigen Signal, weiteren sinusförmigen Signalen oder nicht-sinusförmigen Signalen oder Impulsen wird modulierte Signal genannt. Es ist keine Kombination aus Harmonischen.

Veränderbare Kenngrößen eines Signals:

- Amplitude
- Frequenz
- Phase

Verschiebung eines Signals in einen anderen Frequenzbereich.

Modulationsarten (Wdh.)



[16]

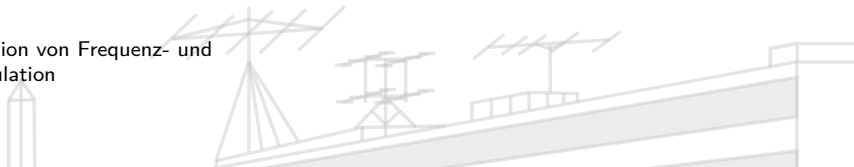
Amplitudenmodulation

- Zweiseitenbandmodulation
- Einseitenbandmodulation
- jeweils mit und ohne Träger

Winkelmodulation

- Frequenzmodulation
- Phasenmodulation

Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation



Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

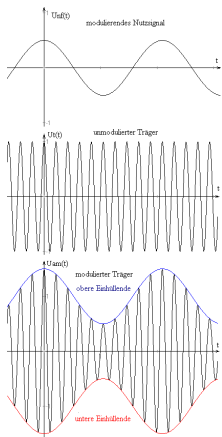
FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Amplitudenmodulation



Beispiel zur
Amplitudenmodulation ($m=0,5$)

- niederfrequentes Signal wird als Hüllkurve auf den Träger geprägt
→ einfache Gleichrichtung zur Demodulation
- gleiche Information in jedem Seitenband
- nur maximal 18% der Sendeleistung überträgt Information
- Bandbreite doppelt so groß wie maximale Modulationsfrequenz
 $B = 2 \cdot f_{modmax}$
- starke Störungsanfälligkeit

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

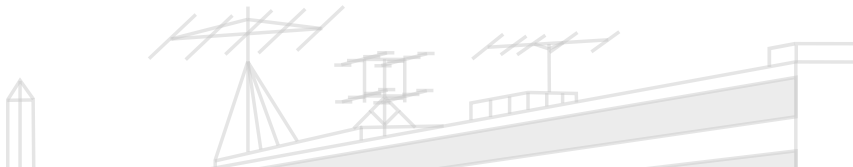
Referenzen

Amplitudenmodulation

Arten:

- AM mit Träger ($> 2 \cdot$ NF-Bandbreite)
- AM ohne Träger aka DSB ($> 2 \cdot$ NF-Bandbreite)
- SSB: LSB/USB (\approx NF-Bandbreite)

Woraus ergeben sich die Bandbreiten?



Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Einseitenbandmodulation (SSB)

- ein Seitenband unterdrücken
- halbiert die Bandbreite (vereinfacht)
- Bandbreite ist nun so groß wie das NF-Signal

Für den Betrieb interessant: Lower Side Band (LSB) bei $< 10\text{MHz}$, Upper Side Band (USB) bei $> 10\text{MHz}$

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

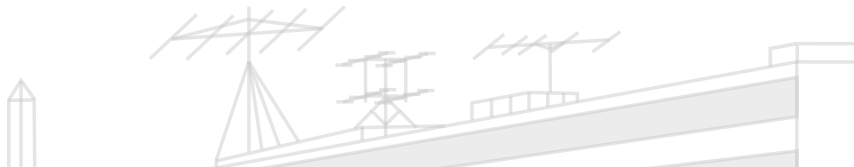
SSB

FM

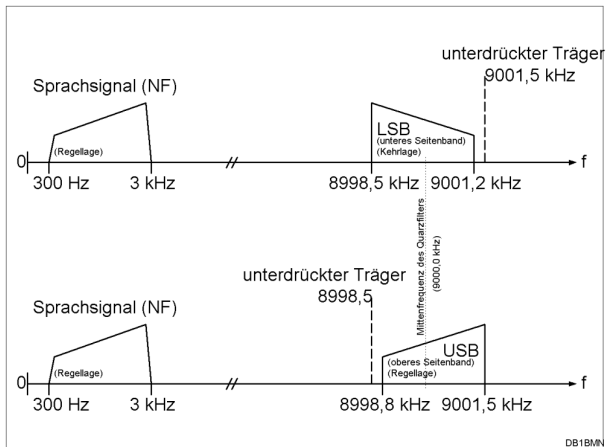
PM

Hilfsträger

Referenzen



Einseitenbandmodulation (SSB)



Verfahren zur Erzeugung eines SSB-Signals nach der Filtermethode (stark vereinfacht).

Einleitung

Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

Frequenzmodulation

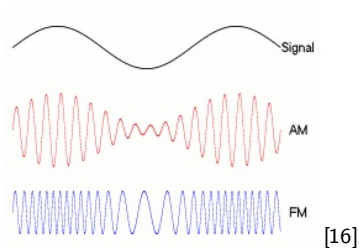


Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation

- wird im VHF / UHF Bereich & 10m angewandt
- vor allem bei mobilem Funkbetrieb
- findet auch bei Packet-Radio Anwendung
- Information steckt in der Frequenz
- Amplitude bleibt konstant

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Modulationsindex

Verhältnis von Frequenzhub zu Modulationsfrequenz

Modulationsindex

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

$m < 2$ Schmalband-FM (NFM)

$m \geq 2$ Breitband-FM (WFM)

Modulationsindex

Amateurfunk: $m = \frac{3\text{kHz}}{3\text{kHz}} = 1$

UKW-Hörfunk (mono): $m = \frac{75\text{kHz}}{15\text{kHz}} = 5$

Bandbreite bei FM

- FM erzeugt Seitenbänder
- Im Amateurfunk wird ein geringer Hub verwendet, der die höchste vorkommende Niederfrequenz nicht überschreitet

Ungefähre Bandbreite (Carson Bandbreite)

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \ max})$$

Bandbreite

$$\text{Amateurfunk: } B = 2 \cdot (3\text{kHz} + 3\text{kHz}) = 12\text{kHz}$$

$$\text{UKW-Hörfunk (mono): } B = 2 \cdot (75\text{kHz} + 15\text{kHz}) = 180\text{kHz}$$

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

FM Vor- & Nachteile

Vorteile

- Störungsfester, da die Amplitude konstant bleibt – Störimpulse werden nicht demoduliert

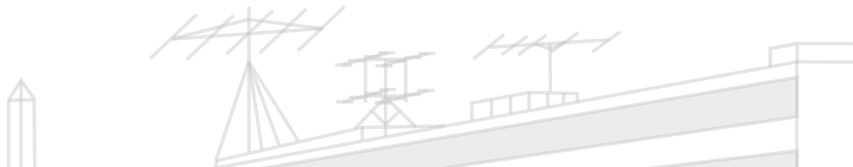
Nachteile

- benötigt mehr Bandbreite
- nur der stärkste Sender kann empfangen werden

Phasenmodulation

... ist wie die Frequenzmodulation eine Winkelmodulation und dieser sehr ähnlich.

In der Prüfung spielt sie keine Rolle – Beispiel: PSK31



Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

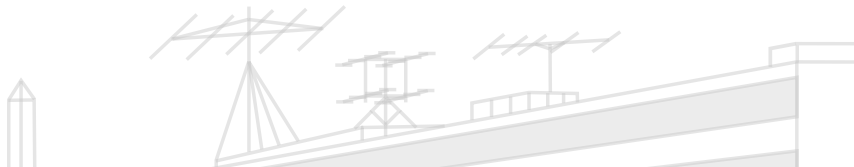
Referenzen

Modulation mit Hilfsträger

Nutzsignal wird auf eine niederfrequente Zwischenfrequenz moduliert und danach auf AM oder FM.

Beispiel:

1kHz Tonsignal mit Morsecode wird auf den Mikrofoneingang eines FM-Senders gelegt → *Frequenzmodulation mit Tastung eines modulierten Hilfsträgers F2A*



Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Sendeararten: Schlüsselzeichen I

Wiederholung aus BV09

Modulationsart des Hauptträgers

- A Amplitudenmodulation
- J SSB (AM, Seitenband mit unterdrücktem Träger)
- F Winkelmodulation, Frequenzmodulation

Signalart

- 1 Einkanaliges quantisiertes Signal ohne Hilfsträger
- 2 Einkanaliges quantisiertes Signal mit einem Hilfsträger
- 3 Einkanaliges Analogsignal

Sendeararten: Schlüsselzeichen II

Informationsart

- A Morsetelegrafie
- B Telegrafie für maschinellen Empfang (Teletype)
- C Fax
- D Daten, Telemetrie, Fernsteuerung
- E Telefonie, Rundfunk
- F Fernsehsignal

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Sendarten: Beispiele

Beispiele für Sendarten

A1A CW

F2A CW via FM-Hilfsträger

F3E FM

J3E SSB

J2B RTTY

J2B Pactor

[↗ Übersichtliche Liste](#)

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

Referenzen/Links

- [1] DARC Online-Lehrgang Klasse A:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a11/>


- [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] Periodische Wellenformen: 

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waveforms_de.svg

- [4] Sinuskurve: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine.svg>

- [5] Sinus/Cosinus-Funktion: 

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine_cosine_one_period.svg

- [6] Wechselspannung: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinusspannung.svg>

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM





SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

- [7] TB605:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [8] sin/cos/exp-Beziehung: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine_Cosine_Exponential_qt11.svg
- [9] TB612:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [10] Saitenschwingung: 
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moodswingerscale.svg>
- [11] TB705:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [12] TB706:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [13] Fourier-Analyse: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fourier_synthesis.svg
- [14] TB702a:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [15] Settling Time: 
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:
High_accuracy_settling_time_measurements_figure_1.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_accuracy_settling_time_measurements_figure_1.png)

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM


PM

Hilfsträger


Referenzen

[16] FM/AM-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amfm3-en-de.gif>

[17] AM-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amplitudenmodulation3.png>

[18] SSB-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssb-de.png>

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

