Afu-Kurs

Technik Klasse A 11: Signale

DL0XK
AmateurfunkForschungsGruppe der TU Kaiserslautern

https://www.amateurfunk.uni-kl.de/home/

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

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Kaiserslautern, DL0XK, Stand: Wed Jun 5 21:02:37 2019 +0200
basierend auf dem Kurs der Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU

Einleitung

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

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

Einleitung

Generell: Was sind Signale?

Afu-Kurs

Technik A 11

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 Getragenem bezeichnet man als Signal.“
[Hoffmann, R.: Signalanalyse und -erkennung]

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

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

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

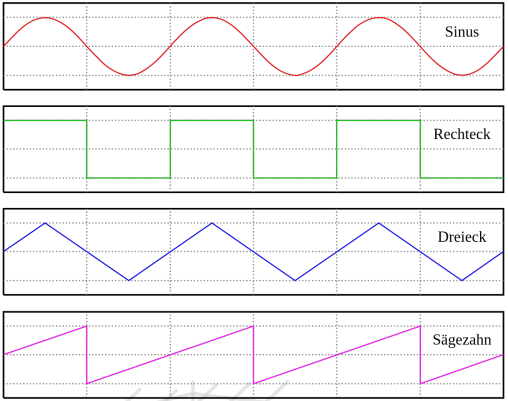
Signale

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]

Abb. 1: Verschiedene periodische Wellenformen

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

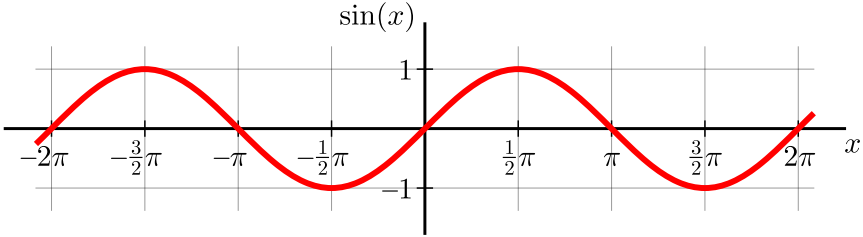
Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Sinusförmige Signale

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



[4]

Abb. 2: Sinsuskurve

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Sinusförmige Signale

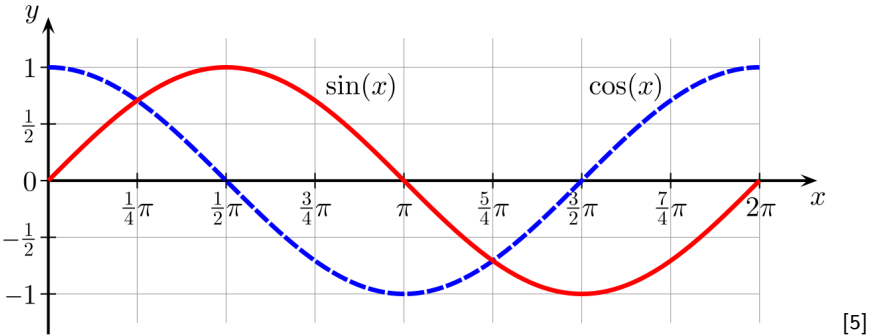


Abb. 3: SINUS und COSINUS-Graph der Funktionen sin(x) und cos(x). Eine Periode von 0 bis 2π ist dargestellt. Die x-Achse ist in π-Anteilen skaliert entsprechend 0 bis 2π bzw. 0° bis 360°

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

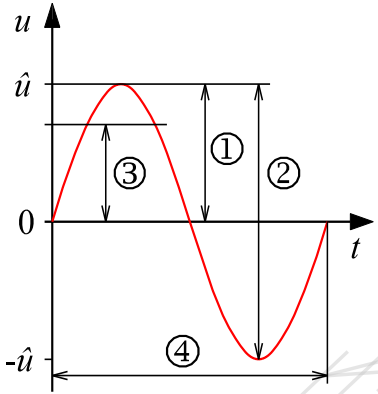
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Kenngrößen



[6]

Abb. 4: Kenngrößen an sinusförmiger Wechselspannung

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 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Afu-Kurs
Technik A 11
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?

Afu-Kurs

Technik A 11

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?

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

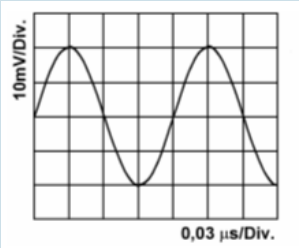
Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Kurze Wiederholung Messtechnik: Oszilloskop

Wie hoch sind Spitze-Spitze-Spannung und Frequenz?



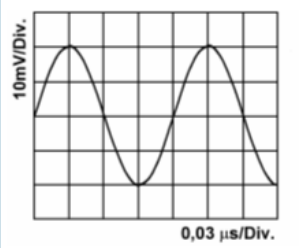
[7]

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?



[7]

Abb. 5: TB605

$$U_{SS} = 40mV$$

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

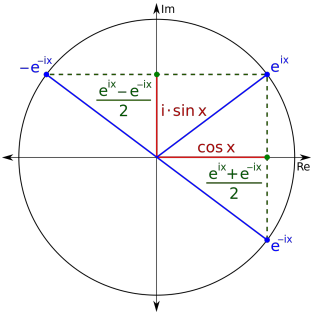
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Zeigerdarstellung



[8]

Abb. 6: Beziehung zwischen Sinus, Kosinus und Exponentialfunktion

Trigonometrische Zusammenhänge im Einheitskreis.

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

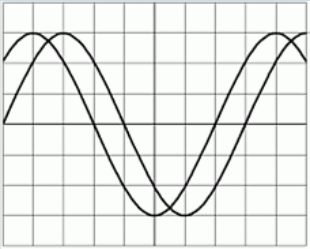
Nicht-periodische Signale

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

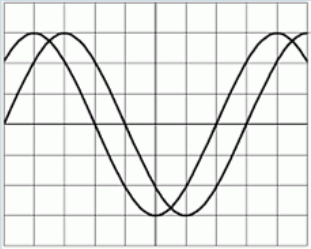
Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

Phasenwinkel

Wie groß ist folgende Phasenverschiebung?



[9]

Abb. 7: TB612

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

Afu-Kurs

Technik A 11

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.

Afu-Kurs

Technik A 11

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 vorgestelle Beispiele: Rechteck, Dreieck, Sägezahn

Afu-Kurs

Technik A 11

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 $430.200 MHz$?

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

Afu-Kurs

Technik A 11

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

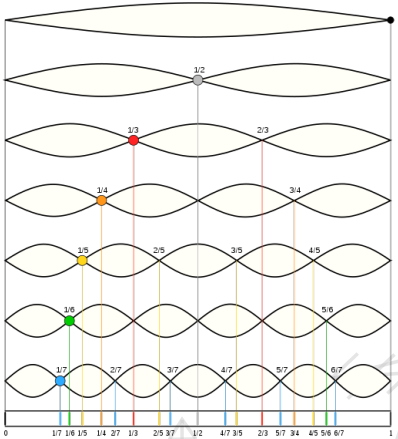
Welche Frequenz hat die erste Harmonische von 430.200MHz?

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

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 – Beispiel: Instrumentensaite



[10]

Harmonische

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

Oberwelle

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

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen

Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:

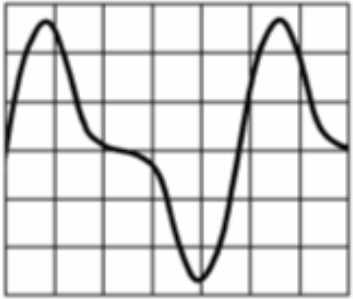


Abb. 9: TB705

- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. $2kHz$)
- 2. Harmonische, $\frac{1}{2}$ Amplitude (Bsp. **?**)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude
- ... [11]

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen

Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:

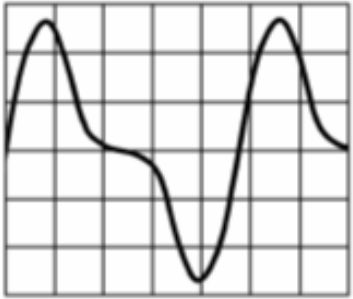


Abb. 9: TB705

- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. $2kHz$)
- 2. Harmonische, $\frac{1}{2}$ Amplitude (Bsp. $4kHz$)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude
- ... [11]

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:

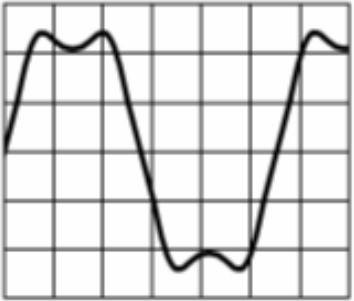


Abb. 10: TB706

- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. $2kHz$)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude (Bsp. **?**)
- 5. Harmonische, $\frac{1}{5}$ Amplitude
- [12] …

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:

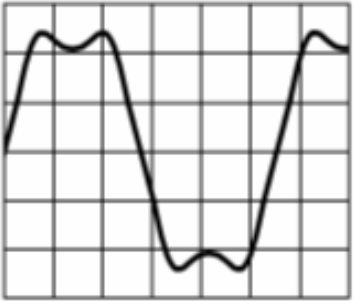
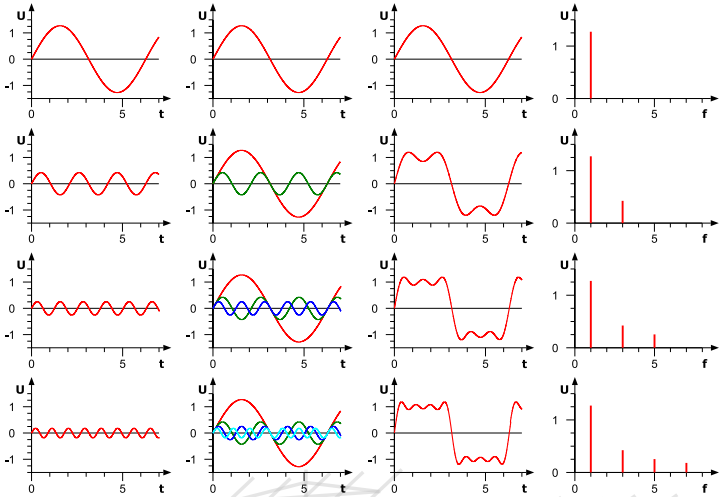


Abb. 10: TB706

- 1. Harmonische, $\frac{1}{1}$ Amplitude (Bsp. $2kHz$)
- 3. Harmonische, $\frac{1}{3}$ Amplitude (Bsp. $6kHz$)
- 5. Harmonische, $\frac{1}{5}$ Amplitude
- ... [12]

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen



[13]

Abb. 11: Fourieranalyse eines Rechtecksignals

Afu-Kurs

Technik A 11

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

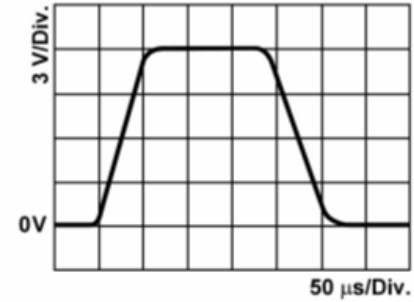
Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

Nicht-periodische Signale

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



[14]

Abb. 12: TB702a

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

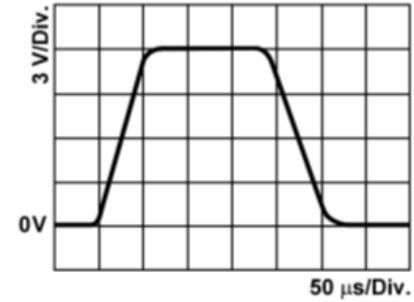
Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Nicht-periodische Signale

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



[14]

Abb. 12: TB702a

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

Afu-Kurs

Technik A 11

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 (nicht prüfungsrelevant)

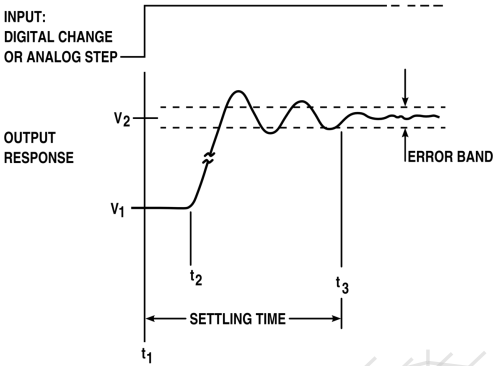


Abb. 13: High accuracy settling time measurements

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

Praxis: **Sprungantwort aus Rechteck** - überführbar zu Impulsantwort.

[15]

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

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 moduliertes Signal genannt. Es ist keine Kombination aus Harmonischen.

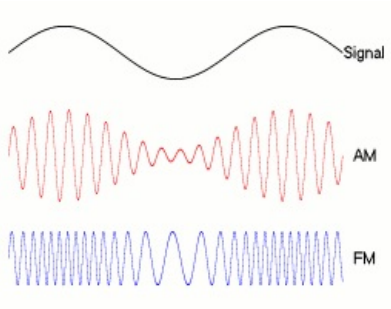
Veränderbare Kenngrößen eines Signals:

- Amplitude
- Frequenz
- Phase

Verschiebung eines Signals in einen anderen Frequenzbereich.

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen

Modulationsarten (Wdh.)



[16]

Abb. 14: Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation

Amplitudenmodulation

- Zweiseitenbandmodulation
- Einseitenbandmodulation
- jeweils mit und ohne Träger

Winkelmodulation

- Frequenzmodulation
- Phasenmodulation

Einleitung

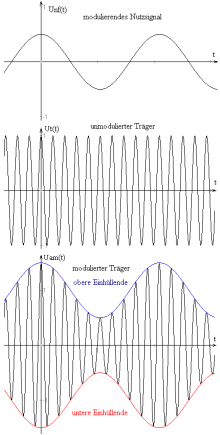
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Amplitudenmodulation



[17]

Abb. 15: Beispiel zur Amplitudenmodulation (m=0,5)

- niederfrequentes Signal wird als Hüllkurve auf den Träger geprägt $\rightarrow$ 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?

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

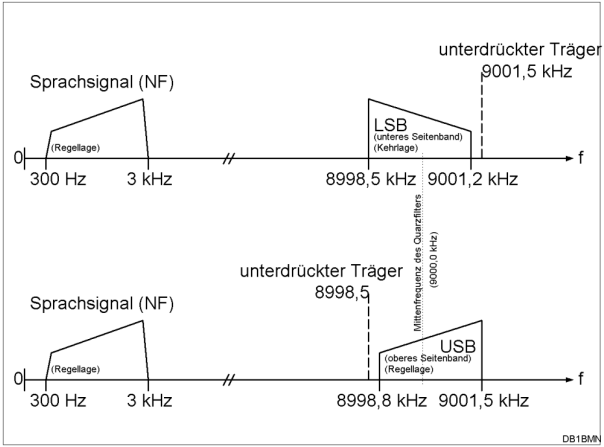
Einseitenbandmodulation (SSB)

- 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 $< 10\,MHz$, Upper Side Band (USB) bei $> 10\,MHz$

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen

Einseitenbandmodulation (SSB)

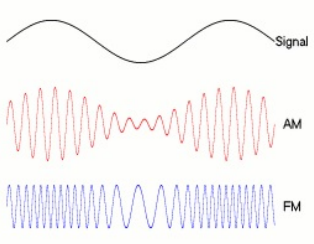


[18]

Abb. 16: 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



[16]

Abb. 17: 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

Afu-Kurs

Technik A 11

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

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

Einleitung

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

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

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

Amateurfunk: $B = 2 \cdot (3kHz + 3kHz) = 12kHz$
UKW-Hörfunk (mono): $B = 2 \cdot (75kHz + 15kHz) = 180kHz$

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

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

Nachteile

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

Afu-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger

Referenzen

Phasenmodulation

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

In der Prüfung spielt sie keine Rolle – Beispiel: PSK31

Afu-Kurs

Technik A 11

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

Sendearten: 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

Einleitung
Periodische Signale
Sinusförmig
Oszilloskop
Phasenwinkel
Weitere Signale
Frequenzvielfache
Sägezahn
Rechteck
Nicht-periodische Signale
Modulierte Signale
AM
SSB
FM
PM
Hilfsträger
Referenzen

Sendearten: 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

Sendearten: Beispiele

Beispiele für Sendearten

- A1A CW
- F2A CW via FM-Hilfsträger
- F3E FM
- J3E SSB
- J2B RTTY
- J2B Pactor

Übersichtliche Liste

Afu-Kurs

Technik A 11

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 Wellenfromen: 🅭🅯🄏
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_qtl1.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

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