

~~KE-SYSTEM~~



WV ER
VAD

Benutzerhandbuch

Version 1.4.0

Sicherheitshinweise

Dieses Gerät erfüllt die EU-Bestimmungen 2004/108/EG (CE-Kennzeichnung).

Zur Betriebssicherheit der Gerätes und zur Vermeidung von Verletzungen durch Strom- oder Spannungsüberschlägen sind nachfolgend aufgeführte Sicherheitshinweise zum Betrieb der Gerätes unbedingt zu beachten.

Für Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Hinweise entstehen, sind Ansprüche jeglicher Art ausgeschlossen.

- Gerät nicht auf feuchtem oder nassen Untergrund betreiben, oder betreiben, nachdem das Gerät mit Nässe oder Feuchtigkeit in Berührung gekommen ist
- Gerät nicht in der Nähe starker magnetischer Felder (Motoren, Transformatoren, etc.) betreiben
- Gerät nicht durch andere Spannungsquellen als die USB Schnittstelle (5V) betreiben.
- Signalausgänge nicht an spannungsführende Punkte anschließen.
- Signaleingänge (Trigger-Eingänge) nur innerhalb der angegebenen Spannungsgrenzen betreiben
- Gerät nur in Betrieb nehmen, wenn keine Beschädigungen erkennbar sind und das Gehäuse vollständig verschlossen ist.
- WaverAD ist für den Betrieb bei Raumtemperatur und normaler Luftfeuchtigkeit vorgesehen. Eine Überschreitung dieser Betriebsbedingungen kann eine Fehlfunktion oder in Extremfällen sogar eine Beschädigung des Geräts zur Folge haben.
- Das Gerät beinhaltet keine Komponenten, die vom Kunden eigenständig oder von einem nicht autorisierten Reparaturdienst gewartet werden können. Die beiden Sicherheitssiegel an der Unterseite des Geräts dürfen nicht beschädigt werden.
- Jegliche Gewährleistung erlischt, wenn der Kunde Eingriffe und/oder Reparaturen an dem Gerät ohne ausdrückliche, schriftliche Bestätigung von KE-System vornimmt. Keine Gewähr übernehmen wir für Mängel und Schäden, die aus ungeeigneter oder unsachgemäßer Verwendung, Nichtbeachtung von Anwendungshinweisen oder fehlerhafter oder nachlässiger Behandlung entstanden sind.



KE-System
Ahornstraße 15a
86774 Unterföhring
www.ke-system.de

'KE-System' und 'WaverAD' sind geschützte Marken.



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------|----|
| Sicherheitshinweise..... | 2 |
| WaverAD Hardware..... | 5 |
| Frontansicht..... | 5 |
| Rückansicht..... | 5 |
| Installation..... | 6 |
| PC Software installieren..... | 6 |
| Hardware Treiber installieren..... | 7 |
| Inbetriebnahme..... | 8 |
| PC-Software..... | 9 |
| 1 - Programmmenü..... | 10 |
| 2 - Signalanzeige..... | 10 |
| Kontextmenü..... | 10 |
| 3 - Aktionskonsole..... | 11 |
| 4 - Horizontal-Verschiebung..... | 12 |
| 5 - Folgesignal..... | 12 |
| 6 - Offset-Einstellung..... | 12 |
| 7 - Spannungsmessung..... | 12 |
| 8 - Signalbenennung..... | 13 |
| 9 - Bit-Wert Anzeige..... | 13 |
| 10 - Mess-Cursor..... | 13 |
| 11 - Zeitmessung..... | 14 |
| 12 - Hardware-Status Anzeige..... | 14 |
| 13 - Einstellungskonsole..... | 14 |
| Seiten-Auswahl..... | 14 |
| Aktivierung..... | 15 |
| Digital-Volt..... | 15 |
| Ausführung..... | 15 |
| Trigger..... | 16 |
| Takt-Frequenz..... | 16 |
| Amplitude..... | 16 |
| 14 - Aktivitätsanzeige..... | 17 |
| 15 - Fortschrittsanzeige..... | 17 |
| Beispiel eines Benutzungsablaufs..... | 18 |
| Signale..... | 20 |
| Signalbearbeitung..... | 20 |
| Signal-Auswahl..... | 20 |
| Mod-Cursors..... | 20 |
| Modifikationsterm..... | 21 |
| Modulation..... | 26 |
| Probieren..... | 27 |
| Übernehmen..... | 27 |
| Signalspeicherung..... | 27 |
| Signalanalyse..... | 28 |
| Analyse-Signal..... | 28 |
| Spektrum-Breite (% * fs)..... | 28 |
| Fensterung..... | 29 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Aktualisieren..... | 29 |
| Skalen..... | 29 |
| Anzeige-Cursor..... | 29 |
| Erweiterungsmodule..... | 30 |
| Bedienelemente Menü..... | 30 |
| Bedienelemente Typen..... | 30 |
| Drehknopf..... | 31 |
| Schieberegler..... | 32 |
| Auswahlliste..... | 32 |
| Schaltfläche..... | 33 |
| Benutzer-Bedienkonsole..... | 33 |
| Mehrsystem-Betrieb..... | 35 |
| Hardware-Spezifikationen..... | 36 |
| Anhang..... | 40 |
| Mathematische Funktionen und Operatoren für die Signalbearbeitung..... | 40 |

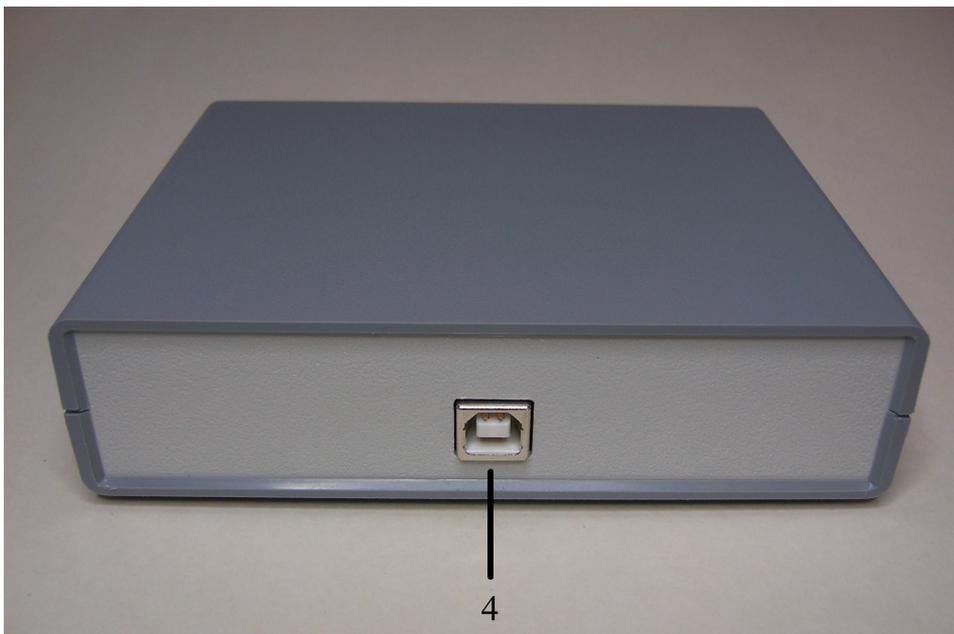
WaverAD Hardware

Frontansicht



- 1: Analoge Schnittstelle (Kanal 0)
- 2: Digitale Schnittstelle (Kanal 0)
- 3: Digitale Schnittstelle (Kanal 1)

Rückansicht



- 4: USB Anschluss

Installation

PC Software installieren

Die Installation der WaverAD PC-Software geschieht durch einfaches Entpacken des heruntergeladenen zip-Pakets in ein Verzeichnis der eigenen Wahl. Benutzen Sie dazu einfach Ihr normales unzip-Programm (z.B. WinRAR oder WinZIP) oder die in Windows integrierte Funktionalität. Das Zielverzeichnis muss dabei nicht unbedingt auf dem Laufwerk C: liegen, sondern es liegt ganz in Ihrer Hand.

Durch die Softwareinstallation werden Dateien nur in Unterverzeichnisse dieses Zielverzeichnisses kopiert. Die Verzeichnisstruktur sieht folgendermaßen aus:

- Zielverzeichnis:
 - \App: Programmdateien und notwendige Hilfsdateien
 - \Driver: Treiber für die WaverAD Hardware
 - \Projects: Signalprojekte
 - \Waveforms: Einzelne Signale

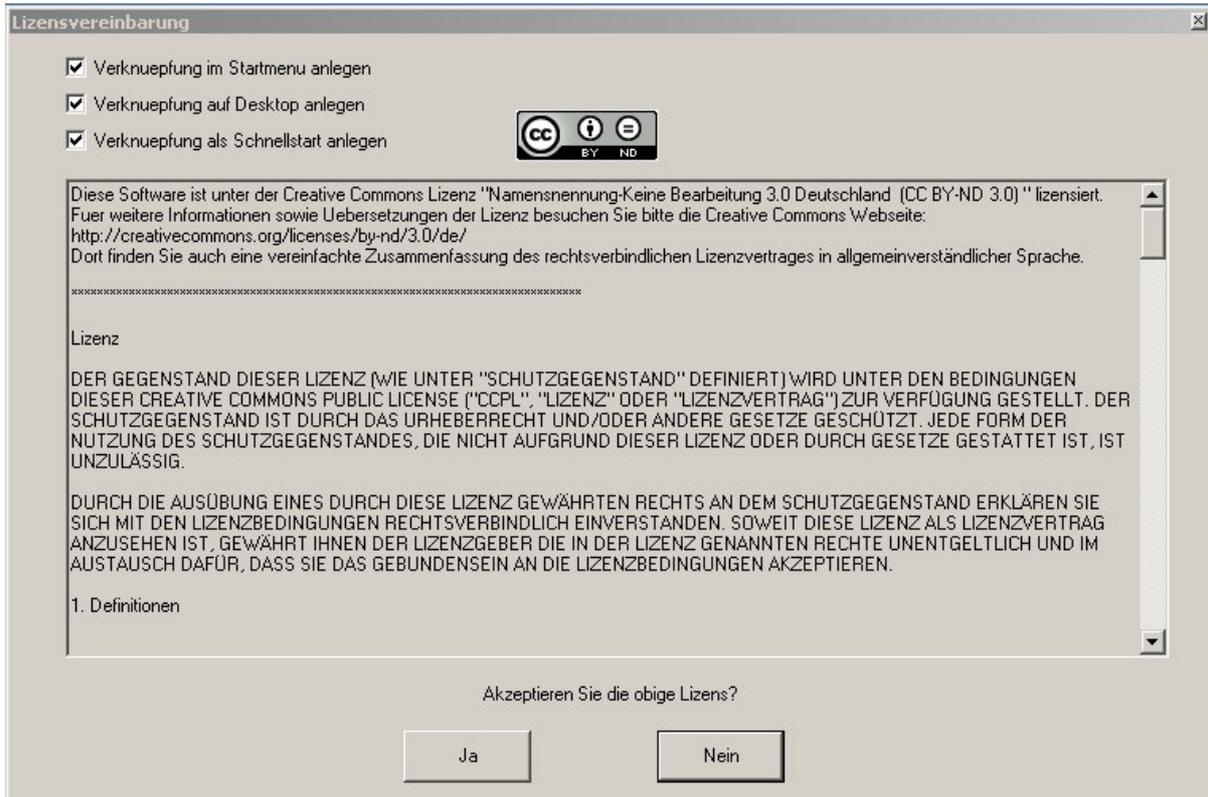
Nach dem Entpacken, wechseln Sie mit dem Windows Explorer oder einem vergleichbaren Dateimanager in das Programmverzeichnis und starten das Programm (WaverAD.exe) durch Doppelklick. Beim ersten Start des Programms werden Sie durch einige Konfigurationsschritte geführt:

1. Wählen Sie eine Sprache aus den zur Verfügung stehenden aus.



2. Wählen Sie aus, welche der angebotenen Verknüpfungen (im Startmenü, auf dem Desktop und/oder in der Schnellstartleiste) Sie automatisch erstellt haben möchten, lesen Sie sich die Lizenzvereinbarung bitte genau durch, und akzeptieren Sie diese, um fortfahren zu können.

Installation



Damit ist die WaverAD PC-Software auf Ihrem PC installiert.

Hardware Treiber installieren

Bitte ziehen Sie zur Installation der WaverAD Treiber die entsprechende Dokumentation von der KE-System Webseite zu Rate („Treiber Installation Anleitung.pdf“).

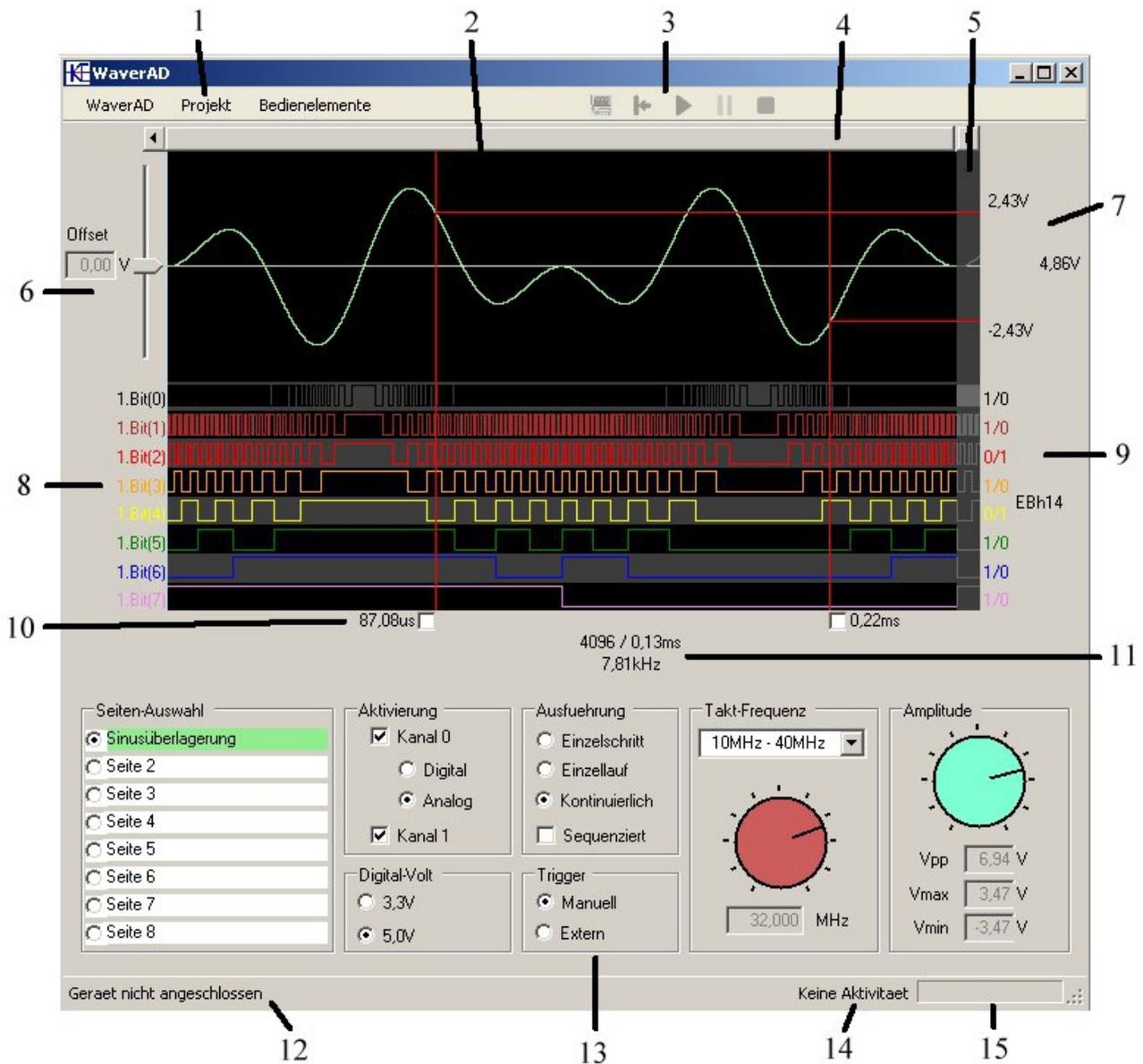
Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme des Systems ist es nicht relevant, ob die Hardware an den PC angeschlossen wird bevor die PC-Software gestartet wird oder anders herum.

Die Software wird eine angeschlossene Hardware automatisch erkennen und innerhalb weniger Sekunden für den Betrieb initialisieren.

Den Status der Initialisierung erkennen Sie an der Rückmeldung im Hardware-Status Feld der PC-Software.

PC-Software



Benennung der Funktionseinheiten auf der Bedienoberfläche

- | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1: Programmmenü | 6: Offset-Einstellung | 11: Zeitmessung |
| 2: Signalanzeige | 7: Spannungsmessung | 12: Hardware-Status Anzeige |
| 3: Aktionskonsole | 8: Signalbenennung | 13: Einstellungskonsole |
| 4: Horizontal-Verschiebung | 9: Bit-Wert Anzeige | 14: Aktivitätsanzeige |
| 5: Folgesignal | 10: Mess-Cursor | 15: Fortschrittsanzeige |

Die im obigen Bild gezeigten Signale haben die folgenden zugrundeliegenden mathematischen Funktionen:
 Oben (analog) Unten (8-bit digital)

$$5V \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T}\right)\right) \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{4 \cdot t}{T}\right)\right)$$

$$h80 + h80 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T}\right)\right)$$

(durch Einstellung reduziert auf +/- 3,47V Amplitude)

1 - Programmmenü

Über das Programmmenü werden die grundlegenden Funktionen der PC-Software gesteuert. Folgende einfache Möglichkeiten stehen über dieses Menü zur Verfügung:

| | | |
|----------------|---|---|
| WaverAD | Einstellungen | Hier kann die Benutzersprache gewechselt, Verzeichnisse für Signale und Projekte festgelegt und eingestellt werden, mit welchem Hardware-System sich die Software verbindet (mehr dazu im Kapitel „Mehrsystem-Betrieb“. |
| | Info | Enthält Informationen über die angeschlossene Hardware und die Version der PC-Software. |
| | Beenden | Beendet die WaverAD Software. |
| Projekt | Neu | Startet ein neues Projekt. |
| | Laden... | Lädt ein Projekt (kwp-file). |
| | Sichern... | Speichert das aktuelle Projekt (als kwp-file). |
| Bedienelemente | Funktionen zu Betrieb und Konfiguration von Erweiterungsmodulen. Mehr dazu im Kapitel „Erweiterungsmodule“. | |

2 - Signalanzeige

Hier werden die aktuellen Signale dargestellt. Die obere Hälfte der Anzeige zeigt das Signal auf Kanal 0 an, das entweder analog (8 Bit Auflösung) oder 8-bit digital sein kann (einstellbar in der Einstellungskonsole). Die untere Hälfte der Anzeige zeigt das Signal auf Kanal 1, das nur 8-bit digital sein kann. Ein Signal besteht aus 8192 Einzelpunkten mit 8-bit Datenbreite. Mehr zu Signalen im entsprechenden Kapitel.

Ist ein Signal für die elektrische Ausgabe aktiviert (Einstellungskonsole) wird dieses in der Anzeige farbig dargestellt, ansonsten grau. Die Farbkodierung für digitale Signale entspricht der Farbkodierung für elektrische Widerstände (DIN IEC 62).

Neben den Signalen werden auch verschiedene Cursor in der Anzeige dargestellt.

- 2 Mess-Cursor (rot) - siehe Unterkapitel „Mess-Cursor“
- 1 Positions-Cursor (blau) - zeigt bei angehaltener Ausgabe den aktuell ausgegeben Wert an (näheres zum Beispiel im Unterkapitel „Aktionskonsole“-“Pause“.)
- 2 Modifikations-Cursor (grün) - siehe Kapitel „Signalbearbeitung“

Über die linke Maustaste werden die Mess-Cursor innerhalb der Signalanzeige platziert.

Über die rechte Maustaste kann das Kontextmenü der Signalanzeige geöffnet werden.

Bitte beachten Sie, dass die Signalanzeige die Signale nur idealisiert anzeigen kann. Je nach elektrischer Belastung der Signalausgänge an der Hardware, kann das tatsächliche elektrische Signal an den Ausgängen des WaverAD Geräts von der dargestellten Signalform abweichen. Die Signalanzeige ist keine Messung des tatsächlichen elektrischen Signals!

Kontextmenü

Durch Druck auf die rechte Maustaste innerhalb der Signalanzeige wird das Kontextmenü geöffnet, über das verschiedene Funktionen zur Bearbeitung der Anzeige zur Verfügung gestellt werden.

PC-Software

| | |
|---------------------|--|
| Signal laden | Lädt ein Signal (kww-file oder csv-file) in die Anzeige. Ist das geladene Signal einkanalig, wird das Signal in die Anzeigehälfte (Kanal) geladen, in der der aufrufende Mausklick stattgefunden hat. Ist das Signal zwei-kanalig, werden beide Anzeigehälften (Kanäle) mit dem geladenen Signalen gefüllt. |
| Signal bearbeiten | Über diese Option wird die Signalbearbeitung geöffnet. Lesen Sie dazu mehr im Kapitel „Signalbearbeitung“. |
| Signal löschen | Die gewählte Anzeigehälfte wird zurückgesetzt (d.h. Analog auf 0V, digital auf Wert h80) |
| Signal sichern | Sichert die angezeigten Signale (wählbar ob einkanalig oder zwei-kanalig) in ein kww-file oder csv-file. |
| Signalanalyse | Öffnet das Signalanalyse-Fenster, in dem sich verschiedene Analysemethoden auf das in der Signalanzeige dargestellte Signal anwenden lassen. |
| Vergrößern | Vergrößert den angezeigten Signalbereich um den Faktor 2x, zentriert um den Punkt des aufrufenden Mausklicks. |
| Verkleinern | Verkleinert den angezeigten Signalbereich um den Faktor 0,5x. |
| Alles zeigen | Zeigt den gesamten Signalbereich an. |
| Seite zurücksetzen | Beide Anzeigehälften werden zurückgesetzt (d.h. Analog auf 0V, digital auf Wert h80) |
| Signale vertauschen | Vertauscht die Signale der zwei Kanäle. |

3 - Aktionskonsole

Über die Aktionskonsole wird der Signalablauf gesteuert. Sie Symbole haben die folgenden Funktionen.

| | |
|---|--|
|  | Upload des Projekts auf die Hardware. Alle Signale auf den 8 Seiten werden auf die Hardware geladen. Der Upload ist die Grundvoraussetzung, um die Signale über die Hardware ausgeben zu lassen und kann je nach Anzahl der verwendeten Signale einige Sekunden dauern. Die Fortschrittsanzeige informiert über den Fortschritt des Uploads. |
|  | Position zurücksetzen. Die Ausgabeposition des aktuellen Signals wird auf den ersten Wert des Signals zurückgesetzt. Dies ist vergleichbar zu der Funktion eines Musikabspielgeräts, den aktuell gespielten Titel auf den Anfang des Titels zurückzusetzen. |
|  | Ablauf starten. Existiert nur in den Betriebsmodi „Kontinuierlich“ und „Einzellauf“. Bei manuellem Trigger: Start der Signalausgabe Bei externem Trigger: Aktivierung der Trigger-Erkennung |
|  | Einzelschritt auslösen. Existiert nur in dem Betriebsmodus „Einzelschritt“. Bei manuellem Trigger: Fortschritt der Ausgabe um eine Position pro Klick Bei externem Trigger: Aktivierung der Trigger-Erkennung für Einzelschritt pro Trigger-Puls |
|  | Pausieren der Signalausgabe. Die aktuelle Signalausgabe wird gestoppt, der letzte ausgegebene Signalwert bleibt erhalten. Der Positions-Cursor zeigt diesen Wert an. |

| | |
|---|--|
|  | <p>Anhalten der Signalausgabe. Die aktuelle Signalausgabe wird gestoppt, die Ausgabeposition wird auf den Signalanfang zurückgesetzt. Bei aktiviertem externem Trigger wird die Trigger-Erkennung deaktiviert.</p> |
|---|--|

4 - Horizontal-Verschiebung

Der Balken in der Horizontal-Verschiebung zeigt an, welcher Signalausschnitt aktuell in der Signalanzeige dargestellt wird (insbesondere, wenn ein Signalausschnitt vergrößert angezeigt wird). Über die Horizontal-Verschiebung kann auch der darzustellende Signalausschnitt ausgewählt werden.

5 - Folgesignal

Das Folgesignal zeigt die Signalausgabe an, die auf den Signalausschnitt in der Signalanzeige folgt. Dies ist insbesondere am Ende eines Signals interessant, um zu sehen, wie die Ausgabe nach Durchlauf des Signals fortgeführt wird.

Folgendes wird je nach Betriebsmodus angezeigt:

- Kontinuierlich, nicht sequenziert: Die Signalausgabe wird nach Erreichen des Signalendes wieder am Beginn des Signals fortgesetzt. D.h. das Folgesignal zeigt die ersten Werte des selben Signals an.
- Kontinuierlich, sequenziert: Die Signalausgabe wird nach Erreichen des Signalendes am Beginn des Signals der Folgeseite fortgesetzt. D.h. das Folgesignal zeigt die ersten Werte des Signals auf der Folgeseite an.
- Einzellauf, nicht sequenziert: Die Signalausgabe stoppt selbständig nach Erreichen des Signalendes. D.h. das Folgesignal zeigt den letzten Signalwert des aktuellen Signals an.
- Einzellauf, sequenziert: Die Signalausgabe wird nach Erreichen des Signalendes einer Seite mit dem Signal der Folgeseite fortgesetzt, bis das Ende des Signals auf der letzten Seite (Seite 8) erreicht ist. Dann stoppt die Signalausgabe selbständig. D.h. das Folgesignal zeigt auf den Seiten 1-7 die ersten Werte des Signals auf der Folgeseite an. Auf Seite 8 zeigt das Folgesignal den letzten Wert dieses Signals an.
- Einzelschritt, nicht sequenziert: Wie bei kontinuierlich, nicht sequenziert.
- Einzelschritt, sequenziert: Wie bei kontinuierlich, sequenziert.

6 - Offset-Einstellung

Über die Offset-Einstellung lässt sich der Offset des Analogsignal ins Positive und Negative verstellen. Die Offset-Verstellung erfolgt in Schritten von ca. 150mV und kann auch während einer Signalausgabe erfolgen. D.h. der Offset ist nicht statisch für ein Signal festgelegt, sondern kann sowohl während des Signaldesigns wie auch während der Signalausgabe angepasst werden.

7 - Spannungsmessung

Die Spannungsmessung zeigt die Signalspannungen an den Positionen der zwei Mess-Cursor an. Zusätzlich dazu wird auch die Spannungsdifferenz zwischen den zwei Signalspannungen angezeigt.

Bitte beachten Sie, dass die Signalanzeige die Signale nur idealisiert anzeigen kann. Je nach elektrischer Belastung der Signalausgänge an der Hardware, kann das tatsächliche elektrische Signal an den Ausgängen des WaverAD Geräts von der dargestellten Signalform abweichen und damit auch die tatsächlichen elektrischen Spannung des Signals von den in der Spannungsmessung

angezeigten.

8 - Signalbenennung

Die einzelnen Bit-Linien eines digitalen Signals können individuell benannt werden. Klicken Sie dazu auf den Namen der jeweiligen Bit-Linie und tragen Sie den neuen Namen in das sich öffnende Namensfeld ein. Jedem Bit-Namen in Kanal 0 wird automatisch die Kennzeichnung „0.“, jedem Bit-Namen in Kanal 1 die Kennzeichnung „1.“ vorangestellt.

9 - Bit-Wert Anzeige

Ähnlich zu der Spannungsmessung werden in der Bit-Wert Anzeige die Bitwerte der einzelnen Bit-Linien in der Form „x/y“ angezeigt. Dabei gilt, dass x der Bitwert der Bit-Linie an der Position des linken Mess-Cursors ist, y ist dementsprechend der Bitwert der selben Bit-Linie an der Position des rechten Cursors.

Zusätzlich dazu wird der Byte-Wert des gesamten 8-Bit breiten Signals in der Form „XhY“ bzw. „XdY“ angezeigt, wobei wiederum X der Byte-Wert an der Position des linken Mess-Cursors und Y der Byte-Wert an der Position des rechten Mess-Cursors ist. Durch einen Klick auf diese Anzeige kann zwischen einer hexadezimalen (XhY) und einer dezimalen (XdY) Anzeige umgeschaltet werden.

10 - Mess-Cursor

Die zwei Mess-Cursor (rot) können durch einen Klick auf die linke Maustaste innerhalb der Signalanzeige positioniert werden.

Sie zeigen sowohl die Zeit in der Zeitmessung als auch die Spannung bzw. die Bit- und Byte-Werte in der Spannungsmessung bzw. der Bit-Wert Anzeige an.

Die Positionsanzeige am Fuß jedes Cursors kann durch einen Mausklick zwischen der Anzeige als Zeitpunkt oder als Signalposition umgeschaltet werden.

Jeder Mess-Cursor kann in zwei Modi betrieben werden:

- Floating - die Checkbox an dem Cursor ist leer. Damit „haftet“ der Cursor statisch am Rahmen der Signalanzeige. Bei einer Horizontal-Verschiebung des Signals bewegt sich das Signal gewissermaßen „unter dem Cursor hindurch“.
- Sticky - die Checkbox an dem Cursor hat ein Häkchen. Damit „haftet“ der Cursor statisch an der gewählten Signalposition. Bei einer Horizontal-Verschiebung des Signals bewegt sich der Cursor mit dem Signal zusammen durch die Signalanzeige. Sticky Cursor sind von einer Neupositionierung durch einen Links-Klick in der Signalanzeige ausgenommen.

Durch die Kombination von floating und sticky Cursors lassen sich verschiedene Mess- und Positionierungs-Aufgaben sehr komfortabel durchführen.

- Beide Cursors sind floating
Mit jedem Links-Klick in der Signalanzeige wird abwechselnd der eine oder andere der beiden Cursors platziert. Dadurch lassen sich sehr bequem fortschreitende Signalpunkte vermessen. Z.B. aufeinanderfolgende Signalpositionen.
Dazu wird mit einem Klick ein Cursor auf die erste Signalposition gesetzt, mit dem zweiten Klick der zweite Cursor auf die zweite Position. Die erste Messung kann abgelesen werden. Durch einen dritten Klick wird der erste Cursor auf die dritte Signalposition von Interesse gesetzt, was sofort die Messung zwischen Position 2 und 3 erlaubt.
Ebenso kann durch diese Cursor-Kombination z.B eine feste Zeit eingestellt und durch

Horizontal-Verschiebung das Signal „unter diesen Cursors hindurchgeschoben“ werden, so dass sehr leicht an verschiedenen Positionen der Spannungsunterschied bei gleichem Cursor-Abstand abgelesen werden kann.

- Ein Cursor floating, ein Cursor sticky
Diese Cursor-Kombination kann verwendet werden, wenn verschiedene Signalpositionen gegen eine statische Signalposition vermessen werden soll.
Dazu wird die statische Signalposition mit dem sticky Cursor markiert. Jeder Links-Klick innerhalb der Signalanzeige positioniert nun den floating Cursor an die neue Position, die gegen die statische Position vermessen werden soll.
- Beide Cursor sticky
Diese Cursor-Kombination hilft, um einen Signalbereich festzulegen, der zum Beispiel für eine Signalbearbeitung (siehe eigenes Kapitel) ausgewählt werden soll.
In großer Signalvergrößerung kann sehr genau die Startposition des zu bearbeitenden Bereichs mit einem sticky Cursor markiert werden. Dieser Cursor behält seine Position relativ zum Signal, auch wenn dies durch Horizontal-Verschiebung oder weitere Vergrößerung/Verkleinerung verschoben wird. Die Endposition des Bereichs wird ebenso mit einem sticky Cursor markiert. Nun kann keine Verschiebung, Vergrößerung, Verkleinerung oder unbeabsichtigter Mausklick mehr den gewählten Bereich verändern.

11 - Zeitmessung

Die Zeitmessung zeigt die zeitliche Differenz zwischen den zwei Mess-Cursors in dreifacher Darstellung an.

1. Als Anzahl von Signalpunkten
2. Als Zeitdifferenz
3. Als Frequenz, die eine ein-periodische Schwingung zwischen den zwei Mess-Cursors hätte

12 - Hardware-Status Anzeige

Die Hardware-Status Anzeige zeigt an, ob ein WaverAD Gerät verbunden ist oder nicht. Während der Geräteinitialisierung wird über den aktuelle Status der Initialisierung informiert.

13 - Einstellungskonsole

Die Einstellungskonsole ist neben der Offset-Einstellung der maßgebliche Bereich, über den der Nutzer die Signalausgabe in verschiedenen Modi und Einstellungen regeln kann.

Alle darin beinhalteten Funktionen können wie die Offset-Einstellung während der Signalausgabe bedient werden. D.h. diese Funktionen sind nicht statisch für ein Signal festgelegt, sondern können sowohl während des Signaldesigns wie auch während der Signalausgabe angepasst werden.

Im folgenden werden die einzelnen Funktionen im Detail erklärt.

Seiten-Auswahl

Der Nutzer kann manuell oder automatisch zwischen 8 verschiedenen Seiten umschalten. Jede Seite beinhaltet zwei Signale (Kanal 0 und Kanal 1) mit jeweils 8192 Datenwerten mit 8-Bit Breite.

Die Seiten können zum Beispiel so gestaltet sein, dass jede Seite eine eigene Signalform enthält (z.B. Sinus, Sägezahn, Rechteck, Dreieck, ...).

Genauso gut können die Seiten aber auch so gestaltet sein, dass die einzelnen Seitensignale aufeinander abfolgen. Im sequenzierten Betrieb lassen sich somit 2 Kanäle (analog / digital) mit jeweils $8 \cdot 8192 = 65536$ Datenwerten (jeweils 8 Bit breit) erzeugen. Dies kann im analogen Bereich

beispielsweise eine sehr niederfrequente Schwingung sein (bis ca. 0,1Hz). Im digitalen Bereich könnte das eine 64kByte Übertragung sein.

Ein Links-Klick auf eine Seite wählt die jeweilige Seite zur Ausgabe aus.

Über einen Rechts-Klick auf eine Seitenbeschreibung kann diese umbenannt werden.

Seiten, auf denen ein Signal erzeugt wurde (z.B. durch Signal laden oder Signal bearbeiten) werden grün angezeigt. Auf Seiten, die weiß dargestellt sind, sind die Signale auf beiden Kanälen leer (Analog: 0V, Digital: Wert h80).

Aktivierung

Über die Aktivierung wird festgelegt, welcher Kanal zur Ausgabe freigeschaltet ist. Auf freigeschalteten Kanälen wird das jeweilige Signal in der Signalanzeige farbig angezeigt und am Signalausgang des Geräts wird ein Spannungswert ausgegeben.

Nicht freigeschaltete Kanäle werden in der Signalanzeige grau angezeigt und der Signalausgang des Geräts ist deaktiviert (Digital-Ausgänge sind hochohmig, Analog-Ausgang gibt 0V aus).

Über die Aktivierung kann ebenso der Betriebsmodus des Kanal 0 gewählt werden (analog oder digital). Die Signalanzeige wird entsprechend angepasst.

Digital-Volt

Hier kann der Logik-Level der digitalen Kanäle festgelegt werden. Das WaverAD Gerät bietet von sich aus die beiden Logik-Spannungen 3,3V und 5,0 V an.

Ausführung

Hier kann festgelegt werden, in welchem Ablaufmodus das Signal ausgegeben wird. Es stehen drei Modi zur Verfügung, von denen jeder sequenziert und nicht-sequenziert ausgeführt werden kann.

- Kontinuierlich, nicht-sequenziert
Die aktivierten Signale der gewählten Seite werden kontinuierlich ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende, wird automatisch am Signalbeginn der selben Seite fortgesetzt.
- Kontinuierlich, sequenziert
Die aktivierten Signale der gewählten Seite werden kontinuierlich ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende einer Seite, wird automatisch am Signalbeginn der Folgeseite fortgesetzt. Nach Durchlauf der Seite 8 wird automatisch auf den Anfang der Seite 1 gesprungen.
- Einzellauf, nicht-sequenziert
Die aktivierten Signale der gewählten Seite werden genau einmal ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende, wird die Ausgabe automatisch gestoppt. Die Signalausgänge behalten den letzten Signalwert.
- Einzellauf, sequenziert
Die aktivierten Signale der gewählten Seite werden genau einmal ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende einer Seite, wird automatisch am Signalbeginn der Folgeseite fortgesetzt. Nach Durchlauf der Seite 8 wird die Ausgabe automatisch gestoppt. Die Signalausgänge behalten den letzten Signalwert.
- Einzelschritt, nicht-sequenziert
Mit jedem Trigger-Event (Manueller Mausklick oder Spannungspuls an einem der Trigger-Eingänge) wird die Folgeposition der aktivierten Signale auf der gewählten Seite ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende, wird automatisch am

Signalbeginn der selben Seite fortgesetzt.

- Einzelschritt, sequenziert
Mit jedem Trigger-Event (Manueller Mausklick oder Spannungspuls an einem der Trigger-Eingänge) wird die Folgeposition der aktivierten Signale auf der gewählten Seite ausgegeben. Gelangt die Signalausgabe an das Signalende, wird automatisch am Signalbeginn der Folgeseite fortgesetzt. Nach Durchlauf der Seite 8 wird automatisch auf den Anfang der Seite 1 gesprungen.

Trigger

Hier wird festgelegt, ob ein manueller Trigger (Mausklick auf Schaltfläche „Ablauf starten“ oder „Einzelschritt auslösen“) oder ein externer Trigger (positiver Spannungspuls) an einem der zwei Triggereingänge die Signalausgabe starten soll.

Wird „externer Trigger“ gewählt, muss zuerst die Trigger-Erkennung durch Klick auf die Schaltfläche „Ablauf starten“ oder „Einzelschritt auslösen“ aktiviert werden, bevor ein externer Trigger erkannt werden kann.

Die empfohlene Beschaffenheit des elektrischen Pulses eines externen Trigger-Events wird im Kapitel „Hardware-Spezifikationen“ gezeigt.

Takt-Frequenz

Über diese Einstellfunktion kann die Taktfrequenz der Signalausgabe verändert und abgelesen werden.

Mit der Taktfrequenz werden die einzelnen Datenwerte der Signale (8192 pro Signal) ausgegeben. Die einstellbare Taktfrequenz ist in 12 Frequenzbereiche aufgeteilt, die durch eine Auswahlliste gewählt werden können. Innerhalb von jedem der Frequenzbereiche kann wiederum durch einen Drehknopf die endgültige Taktfrequenz in 150 Frequenzschritten festgelegt werden.

Die kleinste mögliche Taktfrequenz ist 6,25 kHz.

Die größte mögliche Taktfrequenz ist 100 MHz.

Bitte beachten Sie, dass eine Änderung der Taktfrequenz keine Änderung der Signalanzeige nach sich zieht. Die Signalanzeige zeigt konstant das gesamte Signal an, unabhängig davon in welcher Zeit es von der Hardware ausgegeben wird. Was sich durch die Taktfrequenz ändert, sind die angezeigten Zeiten an den Mess-Cursors sowie in der Zeitmessung.

Amplitude

Über diese Einstellfunktion lässt sich die Amplitude des ausgegebenen Analog-Signals verändern. Die Signalveränderung wird gleichzeitig in der Signalanzeige dargestellt.

Gleichzeitig zeigt dieser Funktionsblock einige grundlegende Maße des ausgegebenen Signals in drei Feldern an.

- V_{max} : Die maximale Spannung in dem analogen Signal auf der aktuellen Seite
- V_{min} : Die minimale Spannung in dem analogen Signal auf der aktuellen Seite
- V_{pp} : Der Spannungsunterschied zwischen der maximalen und der minimalen Spannung in dem analogen Signal auf der aktuellen Seite.

Bitte beachten Sie, dass die Signalanzeige die Signale nur idealisiert anzeigen kann. Je nach elektrischer Belastung der Signalausgänge an der Hardware, kann das tatsächliche elektrische Signal an den Ausgängen des WaverAD Geräts von der dargestellten Signalform abweichen und damit auch die tatsächlichen elektrischen Spannungen von den im Amplitudenblock angezeigten.

14 - Aktivitätsanzeige

Hier wird angezeigt, in welchem Ablaufstatus sich das Gerät befindet. Folgendes sind die Möglichkeiten:

- Aufspielen: neue Signale werden vom PC auf das Gerät übertragen
- Keine Aktivität: Signalausführung ist angehalten
- Warte auf Trigger: Die Trigger-Erkennung wurde aktiviert, aber noch kein Trigger-Event erkannt
- Ausführung: Das Gerät ist aktuell in der Signalausführung

15 - Fortschrittsanzeige

Die Fortschrittsanzeige gibt Auskunft über den Status der Signalübertragung vom PC auf das Gerät. Je nach Anzahl neuer Signale kann die Übertragung einige Sekunden benötigen.

Beispiel eines Benutzungsablaufs

Folgen Sie dem folgenden Beispiel einer Signalerzeugung mit dem WaverAD. Danach werden Sie mit der grundlegenden Funktionsweise der Software und dem Gerät vertraut sein.

Sie benötigen lediglich einen PC mit der WaverAD Software installiert und ein WaverAD Gerät zusammen mit dem mitgelieferten USB Kabel.

Idealerweise verfügen Sie zudem über ein Oszilloskop, das Sie an den analogen Ausgang des WaverAD Geräts angeschlossen haben. Damit können Sie die Ergebnisse der einzelnen Schritte besser nachvollziehen. Es geht aber auch ohne.

Dieses Beispiel ist auf die Ausgabe eines analogen Signals fokussiert, da die Ergebnisüberprüfung mit einem Oszilloskop einfacher ist als mit einem Logic Analyzer.

Eine digitale oder mixed-signal Signalerzeugung läuft absolut vergleichbar ab und sollte nach diesem Beispiel ebenso verständlich sein.

| Aktion | Sichtbares Resultat |
|--|---|
| Starten Sie die PC-Software | Nach einer kurzen Logo-Anzeige wird die Bedienoberfläche der PC-Software angezeigt |
| Laden Sie das Projekt „User Guide Example.kwp“ über Projekt - Laden... | Die Signalanzeige füllt sich mit einem analogen und einem digitalen Signal. |
| Wechseln Sie auf Seite 4 | Die Signalanzeige leert sich |
| Rechts-Klicken Sie in der oberen Hälfte (Analogsignal) der Signalanzeige | Das Kontextmenü wird angezeigt |
| Wählen Sie „Signal laden“ und laden Sie das Signal „_Sine 8 Periods.kww“ | Die obere Hälfte der Signalanzeige füllt sich mit 8 Sinusperioden. Gleichzeitig wird die Seite benannt und grün als gefüllt markiert. |
| Verbinden Sie das WaverAD Gerät über das USB Kabel mit Ihrem PC | Die Hardware-Status Anzeige durchläuft die Schritte der Geräteinitialisierung und endet mit der Anzeige „Gerät bereit“. Gleichzeitig wird die Upload-Schaltfläche freigegeben. |
| Klicken Sie auf die Schaltfläche „Upload“ | Die Aktivitätsanzeige wechselt von „Keine Aktivität“ zu „Aufspielen“ und die Fortschrittsanzeige beginnt sich zu füllen. Nach Ende des Ablaufs wird die Schaltfläche „Ablauf starten“ freigegeben. |
| Aktivieren Sie Kanal 0 | Die Signalfarbe ändert sich von grau auf grün |
| Klicken Sie auf die Schaltfläche „Ablauf starten“ | Das Gerät gibt nun ein Sinussignal von ca. 5,2V peak-peak und mit einer Frequenz von ca. 9,8 kHz aus. Die Aktivitätsanzeige wechselt auf „Ausführen“. |
| Messen Sie mit den beiden Mess-Cursors genau eine Periode des Sinussignals aus | Die Zeitmessung zeigt ebenfalls ca. 9,8 kHz an (sowie 1024 als Anzahl von Datenwerten und 0,10ms als Periode). |

Beispiel eines Benutzungsablaufs

| | |
|---|---|
| Verstellen Sie die Taktfrequenz über den Drehknopf | Die Frequenz des ausgegebenen Sinussignals auf dem Oszilloskop verändert sich. Gleichzeitig wird in der Zeitmessung die ausgegebene Sinus-Frequenz angezeigt (die Mess-Cursors messen weiterhin eine Sinusperiode). |
| Verstellen Sie die Amplitude über den Drehknopf | Das ausgegebene Sinussignal auf dem Oszilloskop verändert sich, wie in der Signalanzeige dargestellt. |
| Verstellen Sie den Offset über den Schieberegler | Das ausgegebene Sinussignal auf dem Oszilloskop verändert sich, wie in der Signalanzeige dargestellt. |
| Wechseln Sie auf Seite 2 | Die Signalausgabe wechselt von Sinus auf Sägezahn mit der halben Frequenz. Ebenso ändert sich das in der Signalanzeige dargestellte Signal. |
| Klicken Sie auf die Schaltfläche „Pausieren“ | Die Signalausgabe auf dem Oszilloskop stoppt. In der Signalanzeige taucht der blaue Positions-Cursor auf, der anzeigt, welche Signalposition aktuell ausgegeben wird. Die Aktivitätsanzeige wechselt auf „Keine Aktivität“. |
| Wählen Sie den Ausführungsmodus „Einzelschritt“ | Die Schaltfläche „Ablauf starten“ ändert sich zu „Einzelschritt auslösen“ |
| Klicken Sie mehrfach auf die Schaltfläche „Einzelschritt auslösen“ | Mit jedem Mausklick ändert sich die Signalausgabe auf dem Oszilloskop um eine Signalposition. Gleichzeitig bewegt sich der Positions-Cursor in der Signalanzeige mit jedem Klick um eine Position weiter. |
| Klicken Sie auf die Schaltfläche „Position zurücksetzen“ | Die Signalausgabe auf dem Oszilloskop ändert sich auf den ersten Wert des Signals. Ebenso springt der Positions-Cursor auf die Startposition. |
| Wechseln Sie auf Seite 1, stellen Sie den Offset auf 0V und die Amplitude auf Maximum | Die Signalausgabe auf dem Oszilloskop ändert sich von einer negativen Spannung (erster Wert des Sägezahnsignals) auf 0V. Auf der Signalanzeige wird ein überlagerter Sinus angezeigt. |
| Wählen Sie den Ausführungsmodus „Einzellauf“ | Die Schaltfläche „Einzelschritt auslösen“ ändert sich zu „Ablauf starten“ |
| Stellen Sie Ihr Oszilloskop auf Single Trigger ein, mit Auslösung bei positiver slope knapp über 0V | |
| Klicken Sie auf die Schaltfläche „Ablauf starten“ | In der Signalanzeige springt der Positions-Cursor vom Signalbeginn auf das Signalende. Wenn Ihr Oszilloskop richtig eingestellt war, zeigt dieses nun das Signal der Seite 1 genau einmal an. |
| Sie können den letzten Schritt beliebig oft wiederholen. Bedenken Sie jedoch, dass Sie vor jedem neuen Einzeldurchlauf die Signalposition durch Betätigen der Schaltfläche „Position zurücksetzen“ auf den Signalbeginn ändern. | |

Signale

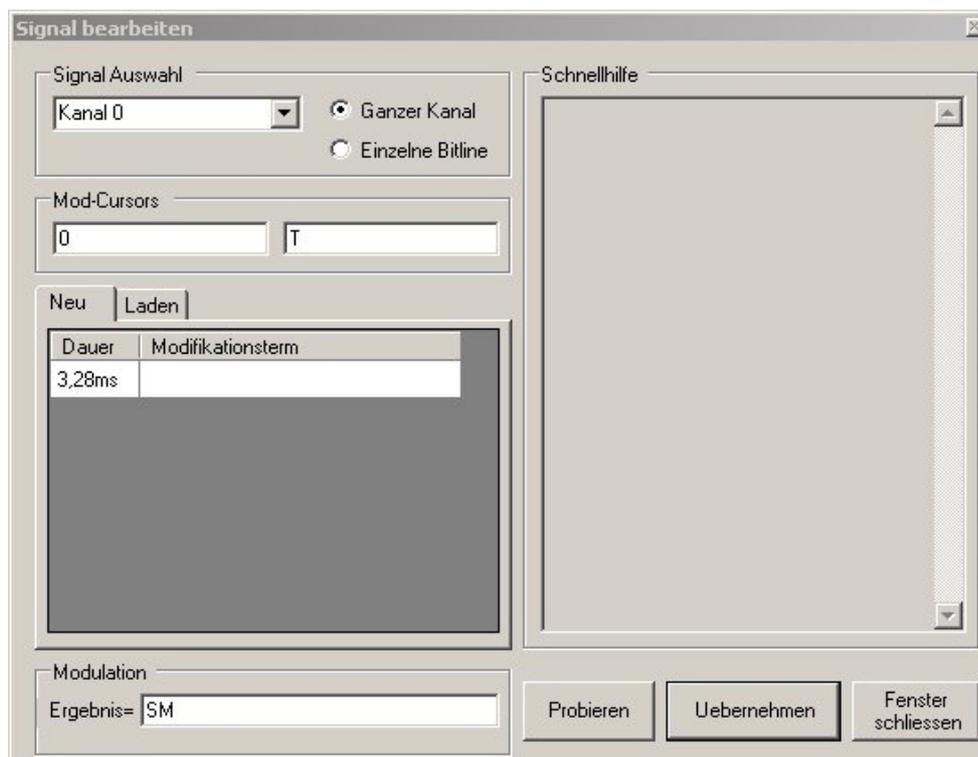
Ein Signal in WaverAD besteht aus 8192 Datenwerten (nummeriert von 0 bis 8191), von denen jeder 8 Bit Breite hat. Jedes Signal kann analog oder digital (8 Bit-Linien) interpretiert werden. WaverAD stellt 8 Seiten zur Verfügung, von denen jede zwei Signale (Kanal 0 und Kanal 1) aufnehmen kann, sodass der Nutzer während des Betriebs über insgesamt 16 Signale verfügen kann. Jedes dieser 16 Signale ist frei programmierbar.

Signalbearbeitung

Dieses Kapitel befasst sich ausschließlich mit den Optionen in der PC-Software, eigene Signale zu definieren und bestehende Signale zu bearbeiten.

Der entsprechende Signaleditor kann über das Kontextmenü der Signalanzeige (Menüpunkt „Signal bearbeiten“ erreicht werden).

In mehreren Eingabefeldern des Signal-Editors können komplexe mathematische Terme verwendet werden. WaverAD stellt hierzu eine Reihe von mathematischen Operatoren und Funktionen zur Verfügung. Diese sind im Anhang dieses Dokuments aufgeführt.



Signal-Auswahl

Hier kann der Benutzer festlegen, welches Signal der aktuellen Seite modifiziert werden soll (Kanal 0 oder Kanal 1).

Ebenso können auch einzelne Bit-Linien in den Signalen verändert werden.

Mod-Cursors

Innerhalb einer Signalbearbeitung muss nicht unbedingt das gesamte Signal verändert werden. Der

Signale

Benutzer hat vielmehr die Möglichkeit, nur einen Teil innerhalb des Signals zu modifizieren. Dieser Bereich wird durch zwei Modifikations-Cursor begrenzt.

Jedes der beiden Felder in dem Bereich „Mod-Cursors“ legt die Position eines Modifikations-Cursors fest, wobei es unerheblich ist, welches Feld für welchen Cursor verwendet wird.

Die Position der beiden Cursor kann als Datenwert-Position, als Zeitwert oder als Mischung daraus bestimmt werden. Ebenso kann die Position der Modifikations-Cursor von der Position der Mess-Cursor abgeleitet werden.

Die zwei Felder können dabei auch komplexe mathematische Terme verarbeiten. Liegt ein syntaktischer Fehler in einem Term vor, wird dieser in roter Schrift dargestellt.

Die Modifikations-Cursor werden bereits während der Eingabe in der Signalanzeige angezeigt (grüne unterbrochene Linien).

Das Feld „Schnellhilfe“ liefert gleichzeitig eine Liste der erlaubten Konstanten und Einheiten.

Beispiele:

| Feld-Eingabe | Position des Modifikations-Cursors |
|---------------------|--|
| 0 | am linken Rand der Signalanzeige |
| T | am rechten Rand der Signalanzeige |
| 8192 | am rechten Rand der Signalanzeige |
| T/2 | genau in der Mitte der Signalanzeige |
| 2356 | auf Datenwert 2356 |
| 1ms | 1ms rechts vom linken Rand der Signalanzeige |
| 1ms+100 | 1ms plus 100 Datenwerte rechts vom linken Rand der Signalanzeige |
| CL | auf dem linken Mess-Cursor |
| CR | auf dem rechten Mess-Cursor |
| CL+C/2 | in der Mitte zwischen den zwei Mess-Cursors |

Die Modifikations-Cursor werden innerhalb der Signalanzeige immer auf den zeitlichen Beginn eines zeit-diskreten Signalwerts gesetzt, während die Mess-Cursors auch innerhalb eines Signalwerts liegen können. Bei großen Vergrößerungen in der Signalanzeige kann es daher vorkommen, dass ein Modifikations-Cursor leicht neben der Position eines Mess-Cursors liegt, obwohl dieser per Mess-Cursor-Konstante (CL oder CR) definiert wurde. Dies ist beabsichtigt, um mit den Modifikations-Cursors immer genau den Bereich anzuzeigen, der aktuell zur Bearbeitung gewählt ist.

Modifiziert wird das Signal inklusive der Position des linken Modifikations-Cursors, aber exklusive der Position des rechten Modifikations-Cursors.

Modifikationsterm

Dies ist der Bereich, in dem die neuen Signalwerte definiert werden, die innerhalb der Modifikations-Cursor in das alte Signal eingefügt werden sollen. Dies kann über eine Neudefinition (Tab „Neu“) oder über das Einfügen eines existierenden Signals (Tab „Laden“) erfolgen.

Laden

Über diesen Bereich kann ein bestehendes Signal geladen werden und ein Teil daraus in das zu bearbeitende eingefügt werden. Ist das zu ladende Signal zwei-kanalig, kann über das Feld „Signal-

Signale

Auswahl“ festgelegt werden, welches der zwei in der Datei befindlichen Signale verwendet werden soll. Es wird der durch die Modifikations-Cursor festgelegte Bereich aus dem geladenen Signal in den selben Signalbereich des bearbeiteten Signals eingefügt.

Neu

Über die Tabelle im Bereich „Neu“ kann der durch die Modifikations-Cursor festgelegte, zu verändernde Bereich in Unterbereiche aufgeteilt werden. Dabei werden diese Unterbereiche nicht über Anfangs- und Endzeitpunkte definiert (wie bei den Modifikations-Cursors), sondern über Zeitdauern. Diese werden in der Spalte „Dauer“ angegeben, während in der Spalte „Modifikationsterm“ die für diese Zeitdauer beabsichtigte Signalfunktion definiert wird. Die Dauer kann als Anzahl von Datenwerten, Zeit oder eine Mischung daraus angegeben werden. Die Felder in der Spalte „Dauer“ können dabei auch komplexe mathematische Terme verarbeiten. Liegt ein syntaktischer Fehler in einem Term vor, wird dieser in roter Schrift dargestellt. Das Feld „Schnellhilfe“ liefert gleichzeitig eine Liste der erlaubten Konstanten und Einheiten. In den Beispielen auf den folgenden Seiten wird auf einige Aspekte der Zeitdauer-Eingabe eingegangen.

Zu jedem Eintrag einer Zeitdauer gehört ein mathematischer Term, der die Signalform innerhalb der angegebenen Zeitdauer festlegt. Dieser wird in der Spalte „Modifikationsterm“ definiert und kann von einer Konstante bis hin zu einem komplexen mathematischen Term reichen.

Bei der Eingabe von analogen Signalen ist darauf zu achten, dass das Ergebnis einer Funktion immer die Einheit 1 Volt, gemessen bei maximal eingestellter Amplitude und eingestelltem Offset von 0V hat. Der in der Signalanzeige dargestellte und von dem Gerät ausgegebene Wert ist entsprechend unterschiedlich von dem in dem Modifikationsterm berechnete, wenn die Amplitudeneinstellung nicht auf Maximum steht und/oder ein Offset aufgeprägt ist.

Zur Vereinfachung der Funktionsterme steht eine Reihe von Konstanten, Einheiten, Variablen und Operatoren zur Verfügung, die während der Eingabe eines Terms im Feld „Schnellhilfe“ angezeigt werden.

Die Beispiele auf den folgenden Seiten gehen näher auf einige Aspekte der Eingabe von Modifikationstermen ein.

Durch einen Rechts-Klick auf einzelne Zellen in der Modifikationstabelle erscheint ein Kontextmenü mit einigen Optionen zur Zeilenbehandlung wie zum Beispiel löschen oder verschieben.

Signale

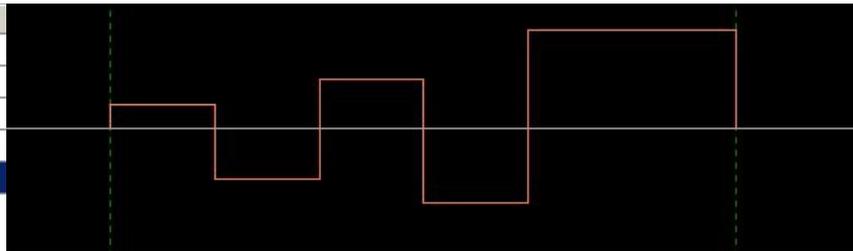
Beispiele

Für die folgenden Beispiele ist eine Takt-Frequenz von 1MHz eingestellt. Die Modifikations-Cursor liegen auf 1ms (= Position 1000) und 7ms (= Position 7000).

Es wird hier nur auf Beispiele für analoge Signale eingegangen, da diese sich leichter visualisieren lassen als ein Signal aus 8 verschiedenen Bit-Linien. Die Bearbeitung/Erzeugung eines digitalen Signals läuft jedoch in der selben Art und Weise wie der hier gezeigten ab.

Eingabeoptionen für die Zeitdauer

| Dauer | Modifikationsterm |
|-----------|-------------------|
| 1ms | 1V |
| 1000 | -2V |
| 0,3ms+700 | 2V |
| X/6 | -3V |
| - | 4V |
| 0 | |



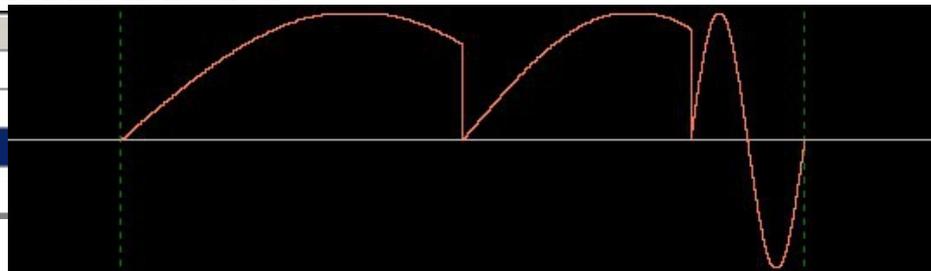
Die ersten vier Zeilen in der Dauer-Spalte, spezifizieren jeweils den Zeitraum von 1ms in unterschiedlichen Darstellungen

- in Zeitangabe („1ms“)
- in Anzahl von Datenwerten („1000“ Werte bei einer Zeitbasis von 1MHz/1us)
- als Mischung aus Zeitangabe und Anzahl von Datenwerten („0,3ms+700“)
- als Anteil aus dem Modifikations-Bereich („X/6“, also 1/6 von X, der von 1ms bis 7ms reicht)

Die fünfte Zeile in der Dauer-Spalte beinhaltet lediglich ein „-“, was den verbleibenden Rest des Modifikations-Bereichs kennzeichnet.

Modifikationsterm - Arbeiten mit Konstanten

| Dauer | Modifikationsterm |
|-------|---|
| 3ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / T)$ |
| 2ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / X)$ |
| 1ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / R)$ |
| 0 | |



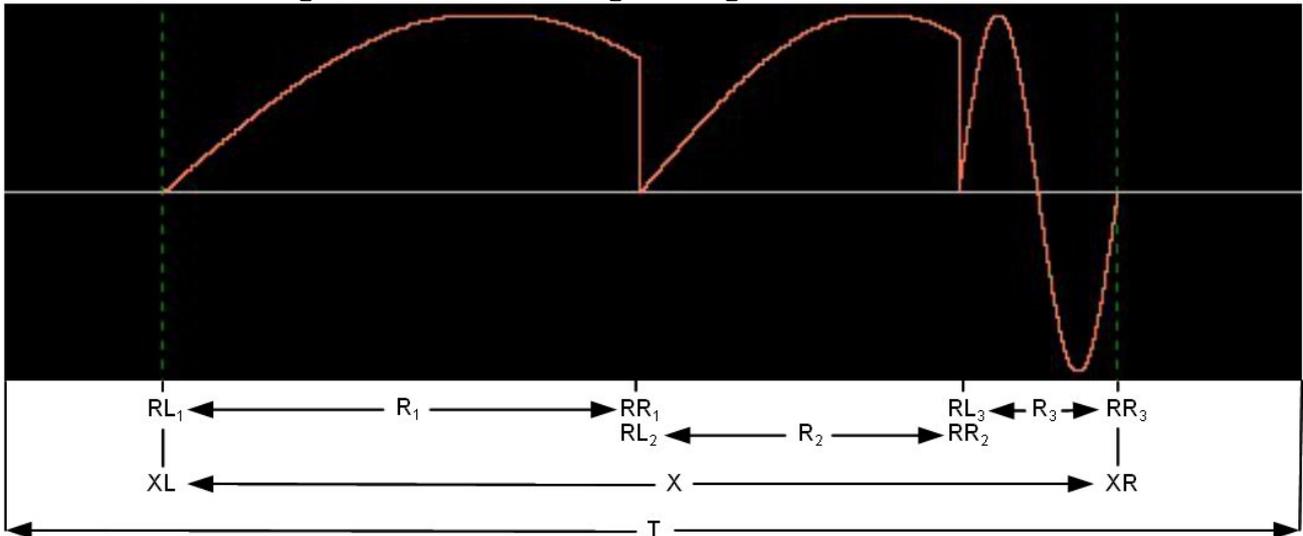
Die Konstante „Y“ ist eine Spannungskonstante und beschreibt den maximal darstellbaren und von der Hardware generierbaren Wert (entspricht ca. 5V). Ebenso könnte man statt „Y“ absolute Spannungswerte wie „1V“ oder „3,4V“ verwenden.

Daneben werden mehrere Zeitkonstanten zur Verfügung gestellt (siehe Feld „Schnellhilfe“), die verwendet werden können, um Signale möglichst einfach zu berechnen. Die Funktionsweise wird in den drei Signalbereichen gezeigt.

- „T“ (=8192, also der gesamte Bereich innerhalb eines Signals (von 0 bis 8191)): Der Sinus der ersten Zeile hat damit eine Periode über diesen gesamten Signalbereich, von der in diesem Fall aber nur die angegebenen 3ms verwendet werden
- „X“ (=XR-XL, also der Bereich innerhalb der Modifikations-Cursor): Der Sinus der zweiten Zeile hat damit eine Periode über den gesamten Modifikations-Bereich, von der in diesem Fall aber nur die angegebenen 2ms verwendet werden
- „R“ (=RR-RL, also der Unterbereich, der in der 3. Tabellenzeile definiert ist): Der Sinus der

Signale

ritten Zeile hat damit eine Periode über diesen gesamten Unterbereich.
Eine Zusammenfassung der Zeitkonstanten zeigt die folgende Grafik.

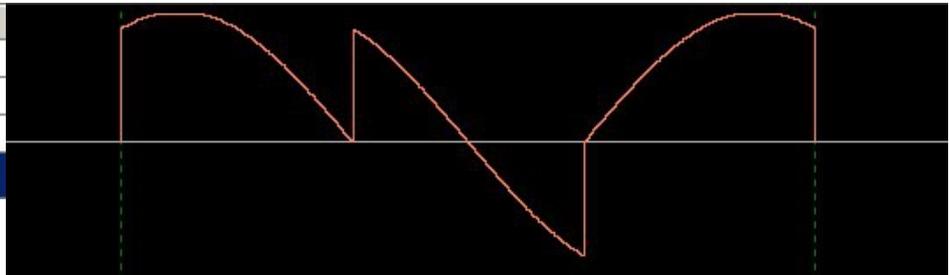


RL_x , RR_x und R_x zeigen hierbei die Werte der Konstanten RL , RR und R in den jeweiligen Unterbereichen x (Zeilen in der Tabelle) an.

An Stelle der Zeitkonstanten können auch absolute Zeitwerte (z.B. „1ms“), Anzahl von Datenwerten (z.B. „1000“) oder Mischungen daraus (z.B. „0,3ms+700“) verwendet werden. So würde statt „ $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot r/R)$ “ der Term „ $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot r/(1\text{ms}))$ “ das selbe Ergebnis berechnen. Dabei ist allerdings auf eine Klammersetzung der Zeitangabe zu achten, um sicherzustellen, dass die Zeiteinheit („ms“) der Zeitangabe und nicht dem gesamten Term zugeordnet wird.

Modifikationsterm - Arbeiten mit Variablen

| Dauer | Modifikationsterm |
|-------|---------------------------------------|
| 2ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t/X)$ |
| 2ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot x/X)$ |
| 2ms | $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot r/X)$ |
| 0 | |



Zur Berechnung von Signalen werden drei verschiedene Zeit-Variablen zur Verfügung gestellt.

Diese drei unterscheiden sich in ihrem zeitlichen Versatz also in der Position innerhalb des Signals an denen sie den Zeit-Wert 0 haben.

Dies vereinfacht den Berechnungs-Term von Signalen erheblich, da sich Phasenverschiebungen der Signale damit sehr leicht innerhalb des Funktionsterm darstellen lassen.

Im der obigen Grafik sind alle drei Teilsignale Sinusfunktionen mit der Periode X (also eine Periode innerhalb des Modifikations-Bereichs). Durch die Verwendung der unterschiedlichen Zeit-Variablen erhalten diese jedoch unterschiedliche Phasenverschiebungen, die ohne diese Zeit-Variablen komplexer dargestellt werden müssten.

- „ t “: Diese Zeit-Variable hat den Wert 0 am linken Rand der Signalanzeige, also des Zeitbereichs „ T “ bzw. am Datenwert 0. Die Sinuskurve in der ersten Zeile hat ihren Beginn damit genau am linken Rand der Signalanzeige, es wird aber durch die Wahl des Modifikations-Bereichs nur ein Ausschnitt davon angezeigt.
- „ x “: Diese Zeit-Variable hat den Wert 0 am linken Rand des Modifikations-Bereichs, also

Signale

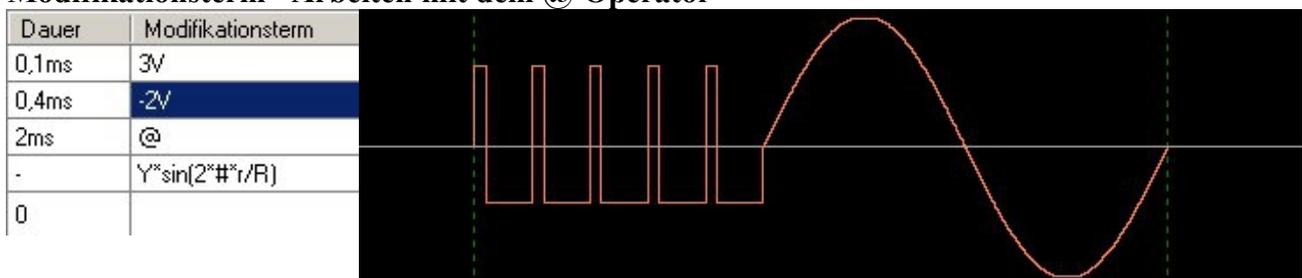
des Zeitbereichs „X“ bzw. am Datenwert XL. Die Sinuskurve in der zweiten Zeile hat ihren Beginn damit genau am linken Rand des Modifikations-Bereichs, es wird aber durch die Wahl des Unterbereichs nur ein Ausschnitt davon angezeigt.

Ohne die Verwendung von „x“ müsste der Funktionsterm folgendermaßen aussehen:
 $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot (t - XL) / X)$

- „r“: Diese Zeit-Variable hat den Wert 0 am linken Rand des jeweiligen Unterbereichs, also dem jeweiligen Zeitbereichs „R“, bzw. am Datenwert RL. Die Sinuskurve in der dritten Zeile hat ihren Beginn damit genau am linken Rand dieses Unterbereichs, es wird aber durch die Wahl des Unterbereichs nur ein Ausschnitt davon angezeigt.

Ohne die Verwendung von „r“ müsste der Funktionsterm folgendermaßen aussehen:
 $Y \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot (t - RL) / X)$

Modifikationsterm - Arbeiten mit dem @-Operator

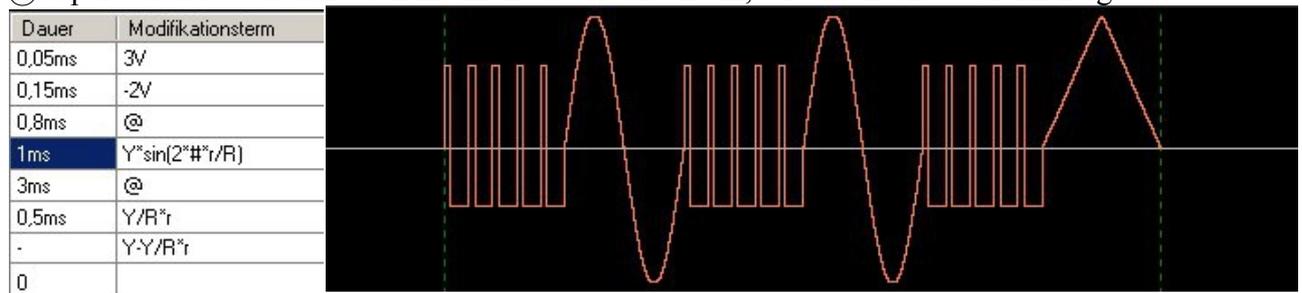


Der @-Operator erlaubt es, sich wiederholende Signalabfolgen einfach zu generieren.

Im oberen Beispiel wird dazu in den ersten zwei Zeilen der Tabelle ein einzelner Puls definiert (0,1ms auf 3V und 0,4ms auf -2V).

Zeile drei beinhaltet den @-Operator, der die Signalberechnung anweist, über den angegebenen Zeitraum (in diesem Fall 2ms) die vorhergehende Signalfolge ab Zeile 1 zu wiederholen. Da ein Puls 0,5ms lang ist (0,1ms + 0,4ms) werden durch den @-Operator also noch genau 4 weitere Pulse erzeugt. Danach wird wie in Zeile 4 angegeben die restliche Zeit innerhalb des Modifikations-Bereichs mit einer Periode Sinus gefüllt.

@-Operatoren lassen sich auch in einander verschachteln, wie die nächste Grafik zeigt.



Wie in der vorherigen Grafik wird in den ersten 4 Zeilen ein Teilsignal erzeugt, das aus 5 Pulsen und einer Sinus-Periode besteht.

Zeile 5 wiederholt dieses Signal durch den zweiten @-Operator über die danach folgenden 3ms. Man kann sehen, dass in diesem Fall in der dritten Periode die abschließende Sinus-Periode fehlt, da diese nicht mehr in den vorgegebenen Zeitraum von 3ms passt.

Abgeschlossen wird das Signal durch die Zeilen 6 und 7, die eine steigende und eine fallende Flanke darstellen.

Besonderheiten bei der Berechnung von digitalen Signalen

Wie eingangs im Kapitel beschrieben, gleicht die Bearbeitung von digitalen Signalen der von

Signale

analogen. Nichtsdestotrotz gibt es einige Besonderheiten, die hier aufgezeigt werden sollen. Für komplette (8-Bit breite) Digital-Signale:

- Die Einheit „V“ (Volt) steht nicht zur Verfügung.
- Durch die 8-Bit Breite stehen nur diskrete Werte von 0 bis 255 als Ergebnis einer Berechnung zur Verfügung. Sollte eine Berechnung einen Zwischen-Wert als Ergebnis haben, wird dieser bei einem Nachkommawert $<0,5$ ab- und $\geq 0,5$ aufgerundet.
- Wird bei der Berechnung eines Datenwerts ein negativer Wert ermittelt, wird die 2er-Komplement Darstellung dieses Wertes als Ergebnis verwendet.
- Wird bei der Berechnung eines Datenwerts der Maximalwert (255) überschritten, werden die unteren 8 Bit dieses Werts als Ergebnis verwendet.

Für einzelne Bit-Linien:

- Die Einheit „V“ (Volt) steht nicht zur Verfügung.
- Die Konstante Y steht nicht zur Verfügung.
- Ein Wert einer Bit-Linie kann als Ergebnis einer Berechnung nur 0 oder 1 sein. Sollte eine Berechnung einen Zwischen-Wert als Ergebnis haben, wird dieser bei einem Nachkommawert $<0,5$ ab- und $\geq 0,5$ aufgerundet.
- Wird bei der Berechnung eines Datenwerts ein negativer Wert ermittelt, wird als Ergebnis 0 verwendet.
- Wird bei der Berechnung eines Datenwerts ein Wert >1 ermittelt, wird als Ergebnis 1 verwendet.

Modulation

Über das Feld „Modulation“ kann das erzeugte Signal (wie oben beschrieben durch Neuerstellung oder Laden) mit dem in der Signalanzeige bestehenden Signal verrechnet (moduliert) werden. Das Eingabefeld kann wiederum komplexe mathematische Terme verarbeiten, um das berechnete mit dem bestehenden Signal zu verkoppeln.

Zu diesem Zweck bietet dieses Feld neben der Verwendung von bisher bekannten Konstanten und Variablen zwei spezielle Konstanten:

- „SX“: Dies bezeichnet das bereits existierende Signal, das in der Signalanzeige angezeigt wird.
- „SM“: Dies bezeichnet das im oberen Feld der Bearbeitungsanzeige erzeugte Signal.

Soll das aktuelle Signal in der Signalanzeige überschrieben werden (ohne Modulation mit dem aktuellen Signal), muss das Modulations-Feld den Eintrag „SM“ haben. Damit wird festgelegt, dass das Ergebnis-Signal gleich dem erzeugten Signal sein soll. Dies ist die Standard-Einstellung.

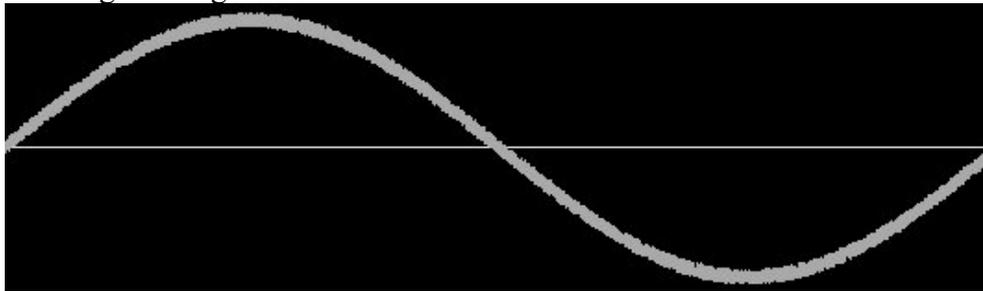
Ein Beispiel für eine Standard-Verwendung des Modulations-Feldes ist die Überlagerung eines Signals mit Rauschen nach folgendem Vorgehen.

- Grund-Signal (beispielsweise „Sine_10V_0,76Hz-12,2kHz.kww“) in die Signalanzeige laden.
- Kontextmenü - „Signal bearbeiten“
- Modifikations-Grenzen auf das ganze Signal (Modifikations-Cursors auf „0“ und „T“).
- Auswahl „Laden“ - Signal „Noise 1V.kww“ wählen
- Ein passender Modulations-Term wäre beispielsweise „ $0,95 * SX + 0,5 * SM$ “.

Damit wird das Original-Signal (was bereits bis an die Maximal-Spannung reicht) um ca. 0,5Vpp reduziert (damit die Überlagerung mit dem Rauschen einzelne Signalwerte nicht in eine Sättigung

Signale

führt) und das Rausch-Signal mit 0,5Vpp auf das Grundsignal aufaddiert.
Ergebnis ist das folgende Signal:



Probieren

Über die Schaltfläche „Probieren“ wird das aktuell definierte Modifikations-Signal berechnet und orange in die Signalanzeige eingeblendet. Das bestehende Signal wird dabei nicht verändert, so dass man das aktuelle Signal und das Ergebnis der Signalbearbeitung in der selben Anzeige vergleichen kann.

Übernehmen

Über die Schaltfläche „Übernehmen“ wird das über „Probieren“ neu berechnete Signal in die Signalanzeige übernommen, so dass man damit arbeiten kann. Das Signal, das vorher in der Signalanzeige geladen war, wird dadurch überschrieben.

Speicherung

WaverAD kann Signale in drei verschiedenen Formaten speichern:

- In Projekt-Dateien (.kwp), eingebettet mit anderen Benutzereinstellungen
- In Waveform-Dateien (.kww), ein- oder zwei-kanalig, mit Signalbeschreibung
- In lesbaren Dateien (.csv), ein-oder zwei-kanalig

Die ersten beiden Formate können nur von WaverAD erzeugt werden. In ihnen sind die Signale kodiert, so dass die Dateien kompakt gehalten werden.

Über das csv-Format ist es möglich, Signale in anderen Applikationen (wie z.B. OpenOffice Calc oder Microsoft Excel) zu erstellen, und diese in WaverAD zu importieren.

Die Syntax eines csv-Files ist einfach und kann mit einem beliebigen Text-Editor (z.B. Microsoft notepad) angezeigt werden.

In dem File werden dabei bei einkanaligen Signalen alle 8192 Signalwerte untereinander aufgelistet (ein Wert pro Zeile).

Bei zwei-kanaligen Signalen liegen je zwei Kanalwerte in einer Zeile, getrennt durch ein Komma (,).

Die einzelnen Signalwerte reichen dabei jeweils von 0 bis 255.

Für digitale Signale ist dies eine direkte Repräsentation des jeweiligen Byte-Werts des Signals.

Bei analogen Signalen haben die Werte die folgende Bedeutung (jeweils bei maximaler Amplitudeneinstellung und 0V Offset):

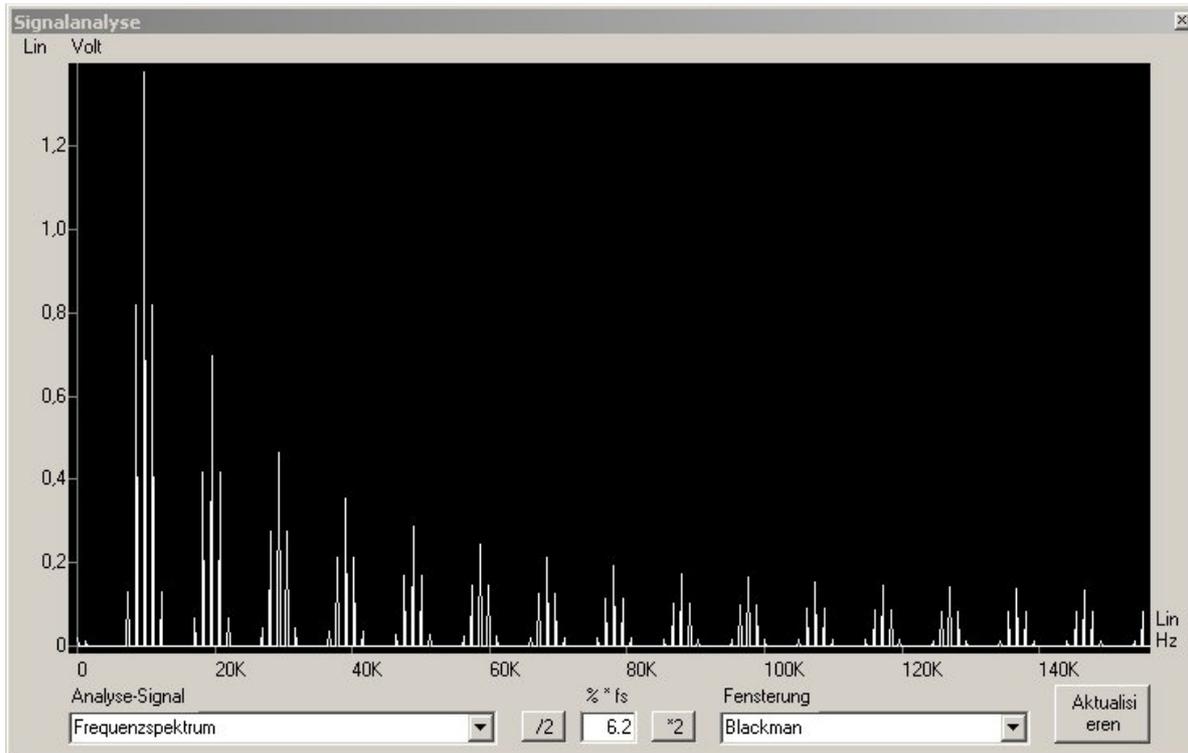
- 255: Maximale positive Spannung
- 128: 0V
- 0: Maximale negative Spannung

Signalanalyse

Das in der Signalanzeige auf Kanal 0 dargestellte Signal kann über eine mächtige Frequenzspektrum-Analyse detailliert untersucht werden.

Aufgerufen wird die Signalanalyse über einen Rechts-Klick in der Signalanzeige.

Zu beachten ist dabei, dass nicht das gesamte Signal analysiert wird, sondern nur der wirklich angezeigte Abschnitt des Signals. Abschnitts-Vergrößerungen und Horizontal-Verschiebungen werden also beachtet. Dadurch wird es möglich, sowohl das ganze Signal (ohne Vergrößerung) als auch Teilabschnitte separat zu untersuchen.



Analyse-Signal

Über die Auswahl des Analyse-Signals lässt sich die im Anzeigebereich der Signalanalyse gezeigte Funktion festlegen. Zur Auswahl stehen die folgenden Möglichkeiten:

- **Zeitsignal:** Dies ist der zu analysierende Abschnitt aus der Signalanzeige
- **Fenster:** Dies ist die optionale Fensterfunktion (siehe Fensterung)
- **Gefensteretes Zeitsignal:** Dies ist das Zeitsignal, auf das die gewählte Fensterfunktion angewendet wurde
- **Frequenzspektrum:** Dies ist die Spektralzerlegung (Fourier-Analyse) des Zeitsignals in den Frequenzbereich

*Spektrum-Breite (% * fs)*

Im Frequenzspektrum lässt sich der zu analysierende Frequenzbereich über die beiden Schaltflächen „/2“ und „*2“ einschränken. Dadurch wird die maximal anzuzeigende Frequenz in %

Signale

von der eingestellten Takt-Frequenz (f_s) festgelegt. Einstellbare Werte reichen von 0,2% bis 800% der Taktrate.

Fensterung

Über die Fensterung-Auswahl kann eine aus einer Reihe der am häufigsten verwendeten Fensterfunktionen ausgewählt werden, die auf das Zeitsignal angewendet wird, bevor die Spektralanalyse vorgenommen wird.

Aktualisieren

Über diese Schaltfläche lässt sich die Analyse-Anzeige aktualisieren, wenn in der Signalanzeige der WaverAD-Konsole Änderungen am zu analysierenden Signal vorgenommen wurden (z.B. Laden eines neuen Signals, Horizontal-Verschiebungen, Vergrößerungen/Verkleinerungen, Änderung der Taktrate, etc.)

Skalen

Die Skalen der Analyse-Anzeige passen sich automatisch auf die sinnvollen Einheiten für die jeweils angezeigte Funktion an.

Im Frequenzspektrum lassen sich sowohl die x-Skala wie auch die y-Skala jeweils in einer linearen wie auch in einer logarithmischen Einteilung anzeigen. Die Umschaltung erfolgt dabei durch einen Klick auf den jeweiligen Label „Lin“ bzw. „Log“. In der logarithmischen Einteilung wird die y-Skala automatisch auf die Einheit dB umgestellt.

Anzeige-Cursor

Erreicht der Mauszeiger das Anzeigefenster der Signalanalyse, werden über dem Anzeigefenster automatisch in roter Schrift die entsprechenden Positionswerte in der jeweils gültigen Skaleneinheit angezeigt. Bei gedrückt gehaltener linker Maustaste wird der Anzeige-Cursor automatisch auf den y-Wert der angezeigten Funktion fixiert und entsprechend deren y-Wert angezeigt.

Erweiterungsmodule

Neben der grundlegenden Funktion, die 8 Bit eines digitalen Signals auszugeben, bieten die zwei digitalen Ausgangs-Schnittstellen des WaverAD-Geräts erweiterte Funktionalität. Eine detaillierte Pinbelegung dieser Schnittstellen finden sich im Kapitel Hardware-Spezifikationen. Drei dieser Pins stellen eine Kommando-Schnittstelle dar, über die externe Erweiterungsmodule durch die PC-Software gesteuert werden können. Das Kommunikationsprotokoll dazu wird ebenfalls im Kapitel Hardware-Spezifikationen beschrieben. Erweiterungsmodule können adressiert werden, so dass mehrere Module in Serie oder parallel betrieben werden können. Dazu erhält jedes Erweiterungsmodul eine spezifische Adresse, ebenso wie jedes benutzerdefinierte Steuerelement in der PC-Software. Einzelne Software-Steuerelemente sprechen dabei nur diejenigen Erweiterungsmodule an, die auf die selbe Adresse wie das Software-Steuerelement programmiert sind. Bei der Benutzung eines Steuerelements im Betrieb wird von der PC-Software ein Adress-Byte gefolgt von einem Daten-Byte an alle angeschlossenen Erweiterungsmodule gesendet. Es ist die Aufgabe der Erweiterungsmodule das Adress-Byte zu analysieren und dann das entsprechende Datenbyte zu verarbeiten. Erfahrene Benutzer können mit geringem Aufwand eigene Erweiterungsmodule erstellen und somit WaverAD den eigenen Bedürfnissen sehr präzise anpassen. Eine Anleitung dazu findet sich auf der KE-System Webseite.

Bedienelemente Menü

Die Steuerung der Erweiterungsmodule erfolgt über eigene Steuerelemente, die über den Programmmenü-Punkt „Bedienelemente“ erstellt und konfiguriert werden. Der Menüpunkt hat folgende Unterpunkte:

- **Benutzer-Bedienkonsole anzeigen:** Auf der Bedienkonsole werden alle benutzerdefinierten Steuerelemente angezeigt. Über diesen Menüpunkt kann die Konsole angezeigt oder auch wieder versteckt werden. Ein Haken an dem Untermenüpunkt zeigt den Anzeigezustand der Konsole an.
- **Bedienelement hinzufügen:** Hier können Bedienelemente definiert und zur Benutzer-Bedienkonsole hinzugefügt werden. Es stehen 4 verschiedene Typen von Steuerelementen zur Verfügung. Mehr dazu im Unterpunkt „Bedienelemente Typen“. Bedienelement-Konfigurationen können aus einer Datei (.kwc) geladen oder als solche gespeichert werden.
- **Erweiterungsadresse programmieren:** Einzelne Bedienelemente können individuell adressiert werden, um einen gleichzeitigen Betrieb mehrerer Bedienelemente nebeneinander zu ermöglichen. In der durch diesen Menüpunkt aufgerufenen Maske kann eine spezifische Adresse (von 0 bis 254) in alle angeschlossenen und programmierbaren Erweiterungsmodule programmiert werden.

Bedienelemente Typen

Es stehen vier Typen von Bedienelementen zur Verfügung. Jedes Bedienelement steuert damit ein oder mehrere Erweiterungsmodule, die auf die selbe Adresse wie die in dem Bedienelement eingestellte programmiert sind.

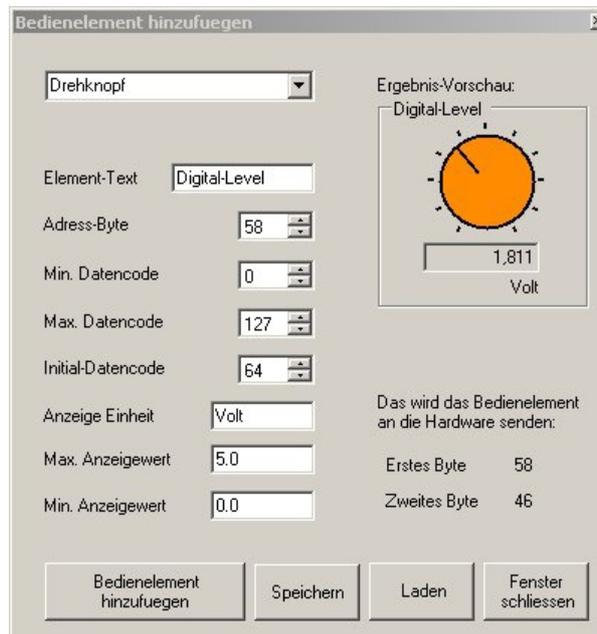
In der Konfigurationsmaske wird der entsprechende Bedienelemente-Typ im linken oberen Bereich ausgewählt. Der gesamte rechte Bereich der Maske zeigt eine Vorschau des Steuerelements an, wie es auf der Bedienkonsole erscheinen wird.

Im Folgenden werden die einzelnen Bedienelement-Typen in ihrer Konfiguration und Bedienung

Erweiterungsmodule

erklärt.

Drehknopf



Über das Drehknopf-Bedienelement werden typischerweise Erweiterungsmodule gesteuert, die lineare Funktionen abbilden, also beispielsweise Ausgangsspannungen, Verstärkungen, etc.

Die einzelnen Konfigurationsoptionen sind:

Elemente-Text: Dieser Text erscheint in der linken oberen Ecke der jeweiligen Steuerelemente-Box und dient der Identifikation des Bedienelements für den Benutzer.

Adress-Byte: Alle Erweiterungsmodule, die auf diese Adresse programmiert sind, werden durch dieses Bedienelement gesteuert.

Min. Datencode: Dies ist der minimale Datencode, der durch dieses Steuerelement an die adressierten Erweiterungsmodule gesendet werden kann. Werte zwischen diesem und dem maximalen Datencode werden linear durch Verdrehen des Drehknopfes eingestellt.

Max. Datencode: Dies ist der maximale Datencode, der durch dieses Steuerelement an die adressierten Erweiterungsmodule gesendet werden kann. Werte zwischen diesem und dem minimalen Datencode werden linear durch Verdrehen des Drehknopfes eingestellt.

Initial-Datencode: Dieser Datencode wird beim Neustart des WaverAD Geräts eingestellt.

Einheit: Abhängig von der Funktion des jeweiligen Erweiterungsmoduls kann der Benutzer den gesendeten Datencode in eine für den Nutzer verständliche Anzeige umrechnen. Über dieses Feld kann die Einheit frei festgelegt werden.

Max. Anzeigewert: Dies ist der Wert der in dem Bedienelement angezeigt wird, wenn der Drehknopf auf Maximum steht (also auch der maximale Datencode gesendet wird). Der Anzeigewert dient der lesbaren Visualisierung des aktuell eingestellten Werts für den Benutzer.

Min. Anzeigewert: Dies ist der Wert der in dem Bedienelement angezeigt wird, wenn der Drehknopf auf Minimum steht (also auch der minimale Datencode gesendet wird). Der Anzeigewert dient der lesbaren Visualisierung des aktuell eingestellten Werts für den Benutzer.

Erweiterungsmodule

Schieberegler

The dialog box 'Bedienelement hinzufügen' is configured for a slider control. The 'Schieberegler' dropdown is selected. The 'Element-Text' is 'Digital-Level'. The 'Adress-Byte' is 58. The 'Min. Datencode' is 0, 'Max. Datencode' is 127, and 'Initial-Datencode' is 64. The 'Anzeige Einheit' is 'Volt', 'Max. Anzeigewert' is 5.0, and 'Min. Anzeigewert' is 0.0. The 'Ergebnis-Vorschau' shows a slider with a value of 1.811 Volt. The hardware address is 'Erstes Byte 58' and 'Zweites Byte 46'. Buttons at the bottom are 'Bedienelement hinzufügen', 'Speichern', 'Laden', and 'Fenster schliessen'.

Das Bedienelement Schieberegler bietet die selbe Funktion wie ein Drehknopf in einer anderen grafischen Darstellung. Die einzelnen Konfigurationselemente haben die selbe Funktion wie bei einem Drehknopf.

Auswahlliste

The dialog box 'Bedienelement hinzufügen' is configured for a dropdown list. The 'Auswahlliste' dropdown is selected. The 'Element-Text' is 'Digital-Level'. The 'Adress-Byte' is 58. A table of selection entries is shown. The 'Ergebnis-Vorschau' shows a dropdown with '2.5V' selected. The hardware address is 'Erstes Byte 58' and 'Zweites Byte 5'. Buttons at the bottom are 'Bedienelement hinzufügen', 'Speichern', 'Laden', and 'Fenster Schliessen'.

| Auswahl-Eintrag | Code |
|-----------------|------|
| 0,5V | 0 |
| 0,8V | 1 |
| 1,2V | 2 |
| 1,5V | 3 |
| 1,8V | 4 |
| 2,5V | 5 |
| 3,3V | 6 |
| 5,0V | 7 |

Über das Auswahllisten-Bedienelement werden typischerweise Erweiterungsmodule gesteuert, die eine Reihe von diskreten Einstellungen abbilden.

Die einzelnen Konfigurationsoptionen sind:

Elemente-Text: Dieser Text erscheint in der linken oberen Ecke der jeweiligen Steuerelemente-Box

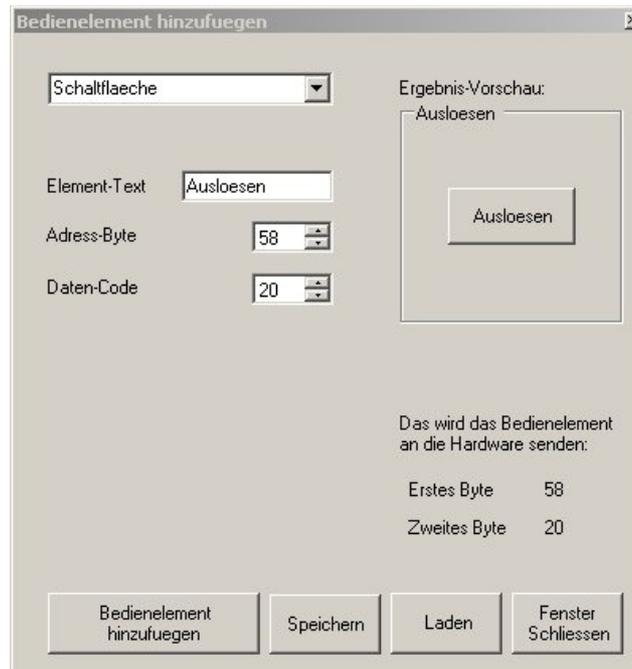
Erweiterungsmodule

und dient der Identifikation des Bedienelements für den Benutzer.

Adress-Byte: Alle Erweiterungsmodule, die auf diese Adresse programmiert sind, werden durch dieses Bedienelement gesteuert.

Eintrags-Tabelle: In der Eintrags-Tabelle werden alle Auswahl-Einträge mit dem zugehörigen Datencode definiert. Diese Auswahlwerte werden im Betrieb in einer Auswahl-Liste zur Verfügung gestellt. Durch einen Rechts-Klick auf einzelne Zellen in der Eintrags-Tabelle erscheint ein Kontextmenü mit einigen Optionen zur Zeilenbehandlung wie zum Beispiel löschen oder verschieben.

Schaltfläche



Schaltflächen-Bedienelemente können verwendet werden, um einzelne, getrennte Funktionen in einem Erweiterungsmodul auszulösen. Mehrere Schaltelemente können auf das selbe Erweiterungsmodul einwirken, wenn sie auf die selbe Adresse konfiguriert werden.

Die einzelnen Konfigurationsoptionen sind:

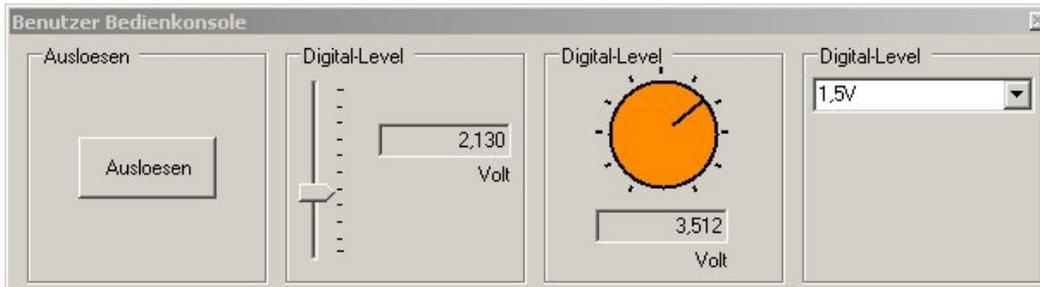
Elemente-Text: Dieser Text erscheint in der linken oberen Ecke der jeweiligen Steuerelemente-Box und dient der Identifikation des Bedienelements für den Benutzer.

Adress-Byte: Alle Erweiterungsmodule, die auf diese Adresse programmiert sind, werden durch dieses Bedienelement gesteuert.

Daten-Code: Der eingestellte Code wird an alle entsprechend adressierten Erweiterungsmodule gesendet, wenn auf die Schaltfläche geklickt wird.

Benutzer-Bedienkonsole

Erweiterungsmodule



Auf der Benutzer-Bedienkonsole werden alle erstellten Bedienelemente in einer jeweils eigenen Kachel gesammelt. Durch Rechts-Klick auf eine freie Stelle in einer Kachel, kann diese auf der Bedienkonsole verschoben oder gelöscht werden.

Die Benutzer-Bedienkonsole selbst kann nur über den Unterpunkt „Benutzer Bedienkonsole anzeigen“ des Bedienelemente-Menüs ein- oder ausgeblendet werden.

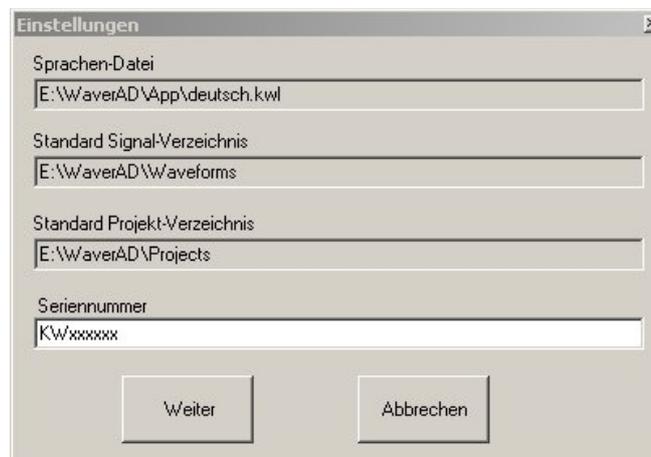
Mehrsystem-Betrieb

WaverAD ist darauf ausgelegt, mehrfach nebeneinander auf einem PC betrieben werden zu können. Dazu wird jeweils eine Instanz der PC-Software mit einem spezifischen WaverAD-Gerät verbunden. Diese Verbindung ist von anderen Verbindungen unabhängig, so dass gleichzeitig mehrere Signale erzeugt und ausgegeben werden können.

Limitiert wird die Anzahl der parallel betreibbaren Geräte durch die Anzahl der freien USB-Schnittstellen am PC, der freien Rechenkapazität des PC's und der verfügbaren freien Leistung des PC-Netzteils (mehr zum Strombedarf eines WaverAD-Geräts in der Hardware-Spezifikation).

Folgende Schritte sind nötig um mehrere Geräte parallel zu betreiben:

- Für jedes Hardware-Gerät muss eine Instanz der PC-Software erstellt werden. Kopieren Sie dazu das gesamte „App“-Unterverzeichnis der Installation, z.B. in Unterverzeichnisse mit den Namen „App2“, „App3“, etc.
- Erstellen Sie für die jeweiligen Dateien „WaverAD.exe“ in den neuen Unterverzeichnissen je eine Verknüpfung auf Ihrem Desktop oder im Startmenü (je nach Präferenz).
- Jede Software-Instanz muss nun mit jeweils einem Gerät verbunden werden. Starten Sie dazu die jeweilige Instanz über die erstellten Verknüpfungen. Um die Verbindung zu einem Gerät herzustellen, muss die Hardware-Seriennummer des Geräts in das entsprechende Feld in der Einstellungsmaske (Programm-Menü - WaverAD - Einstellungen) eingetragen werden.



Sie finden die Seriennummer auf der Unterseite des Geräts. Die Übertragung der Seriennummer muss sehr sorgfältig erfolgen. Insbesondere muss auf Groß- und Kleinschreibung geachtet werden. Alternativ kann die Seriennummer auch aus der Info-Maske (Programmmenü - WaverAD - Info) kopiert werden, wenn das Gerät bereits angeschlossen ist (z.B. bei Seriennummern-Eintrag „ALL“). Ist eine spezifische Seriennummer eingetragen, kann sich die jeweilige Software-Instanz nur noch mit dem Gerät mit genau dieser Seriennummer verbinden.

Soll die Software-Instanz wieder alle Geräte akzeptieren, muss anstatt einer spezifischen Seriennummer der Eintrag „ALL“ in das Seriennummern-Feld eingetragen werden.

Hardware-Spezifikationen

Gerät:

| Parameter | Typischer Wert |
|---|---------------------|
| Höhe | 3,8 cm |
| Breite | 14,0 cm |
| Tiefe | 12,7 cm |
| Gewicht | 194 g |
| Versorgungsspannung | 5V (USB 2.0, Typ B) |
| Stromaufnahme in Ruhe (ohne Ausgangsströme) | 120-210 mA |
| Stromaufnahme maximal (ohne Ausgangsströme) | 270-370 mA |

Analoge Schnittstelle:

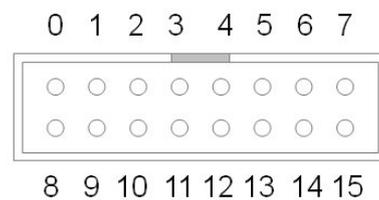
Standard BNC Buchse. Mittelpin = Signal, Außenring = Analog GND

| Parameter | Typischer Wert |
|-------------------------|---------------------|
| Ausgangsimpedanz | 50 Ohm |
| Ausgangsspannung (max.) | -4,7V bis +4,8V (*) |
| Ausgangsstrom (max.) | 79 mA |

(*) Ausgangsspannungen sind abhängig von der Toleranz der USB-Eingangsspannung

Digitale Schnittstelle (Kanal 0 und Kanal 1):

Standard Pfostenstecker 16 Pin, Pin-Abstand 2,54mm



| Pin-Nummer | Pin-Name | Pin-Typ | Beschreibung |
|------------|-----------|---------|---|
| 0 ... 7 | D0 ... D7 | Out | Ausgang Digitales Interface (Bit-Linien 0 ... 7) |
| 8 | Trig | In | Triggereingang |
| 9 | ExtRC | Out | Erweiterungsmodule RC |
| 10 | ExtClk | Out | Erweiterungsmodule Clk |
| 11 | ExtDat | Out | Erweiterungsmodule Dat |
| 12 | 5VOut | Out | 5V Ausgang |
| 13 | DLOut | Out | Digital-Level Ausgang |
| 14 | GND | - | Digital GND |
| 15 | DClk | Out | Ausgang Takt-Frequenz (wie in Software eingestellt) |

Hardware-Spezifikationen

| Parameter | Typischer Wert |
|--|------------------------|
| D0 ... D7 Ausgangsspannung | 3,3V oder 5V (*)(**) |
| D0 ... D7 Ausgangswiderstand | 220 Ohm |
| D0 ... D7 Ausgangsstrom pro Pin (max.) | 14mA (3,3V), 21mA (5V) |
| D0 ... D7 Ausgangsstrom alle Pins (max.) (***) | 72 - 98 mA |
| DClk Ausgangsspannung | 3,3V oder 5V (*)(**) |
| DClk Ausgangswiderstand | 220 Ohm |
| DClk Ausgangsstrom pro Pin (max.) | 14mA (3,3V), 21mA (5V) |
| 5VOut Ausgangsspannung | 5V (**) |
| 5VOut Ausgangsstrom (max.) (***) | 72-98 mA |
| DLOut Ausgangsspannung | 3,3V oder 5V (*)(**) |
| DLOut Ausgangsstrom (max.) (***) | 72 -98 mA |
| ExtRC, ExtClk, ExtDat Digital-Level | 3,3 V |
| ExtRC, ExtClk, ExtDat Ausgangswiderstand | 330 Ohm |
| Trig Eingangsspannung (max.) | -20V bis +20V |
| Trig Schwellspannung | 0,6 V |
| Trig Eingangswiderstand | 10 kOhm |
| Trig Eingangskapazität | 15 pF |

(*): Abhängig von Einstellung des Digital-Levels in der WaverAD Software

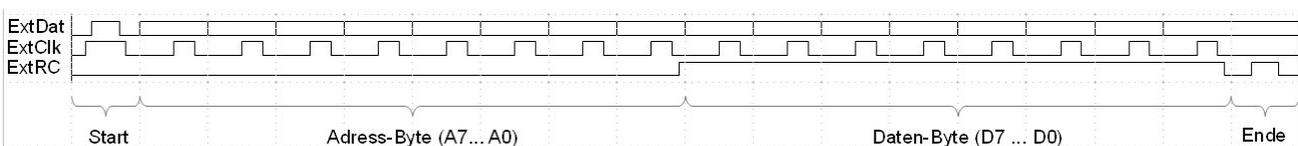
(**): 5V Ausgangsspannung ist abhängig von der Toleranz der USB-Eingangsspannung

(***): Gesamtstrom aller gleichnamigen Ausgangspins auf beiden digitalen Schnittstellen

Timing für Erweiterungsmodule

Die Kommando-Schnittstelle für externe Erweiterungsmodule wurde vom Timing so ausgelegt, dass auch niedrig getaktete Prozessoren oder auch normale 8-Bit Serial-In / Parallel-Out Schieberegister zur Analyse eingesetzt werden können.

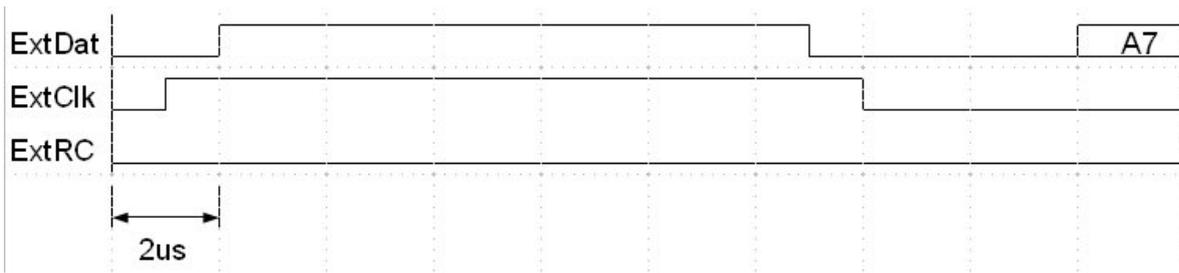
Eine Kommando-Sequenz besteht aus 4 Phasen:



Start-Phase:

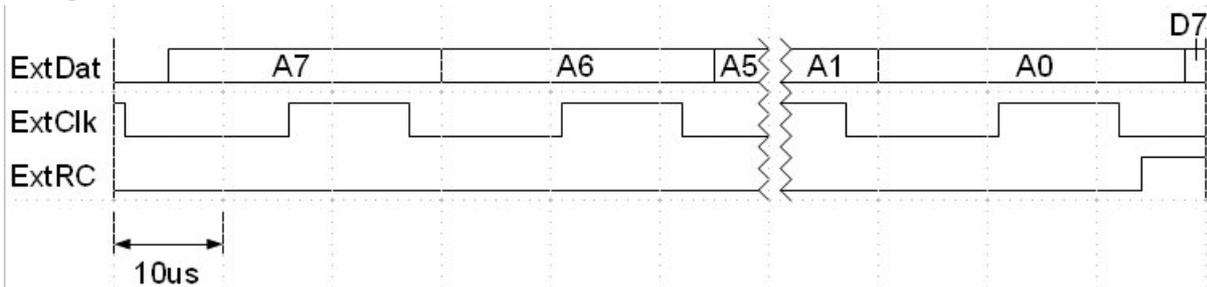
Die Startphase synchronisiert das empfangende Erweiterungsmodul auf die anstehende Kommando-Übertragung. Diese Phase ist durch eine Pegeländerung im Signal ExtDat während eines aktiven ExtClk gekennzeichnet.

Hardware-Spezifikationen



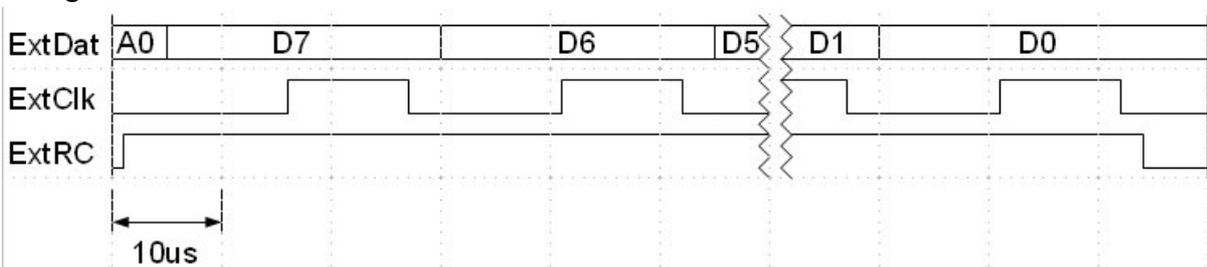
Adress-Phase:

In der Adress-Phase wird das Adress-Byte an die Erweiterungsmodule gesendet. Die Übertragung erfolgt mit dem MSB zuerst.



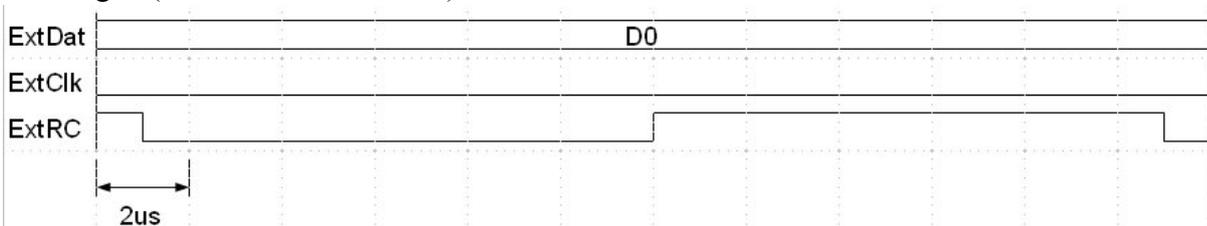
Daten-Phase:

In der Daten-Phase wird das Daten-Byte an die Erweiterungsmodule gesendet. Die Übertragung erfolgt mit dem MSB zuerst.



End-Phase:

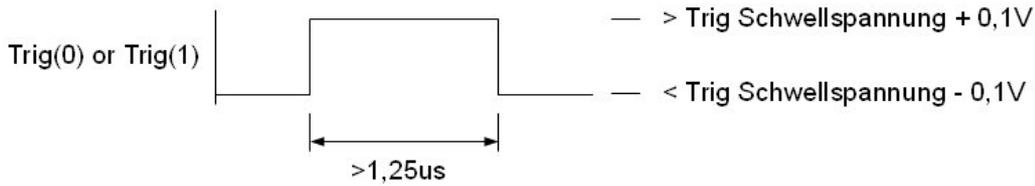
Die End-Phase schließt die Kommando-Sequenz ab. Der abschließende ExtRC-Puls kann dazu verwendet werden, das seriell empfangene Daten-Byte in ein paralleles Latch-Register zu übertragen (z.B. beim SN74xx595).



Es ist zu beachten, dass die Signale ExtDat und ExtRC auch außerhalb einer Kommando-Sequenz zufällige Pegeländerungen erfahren können.

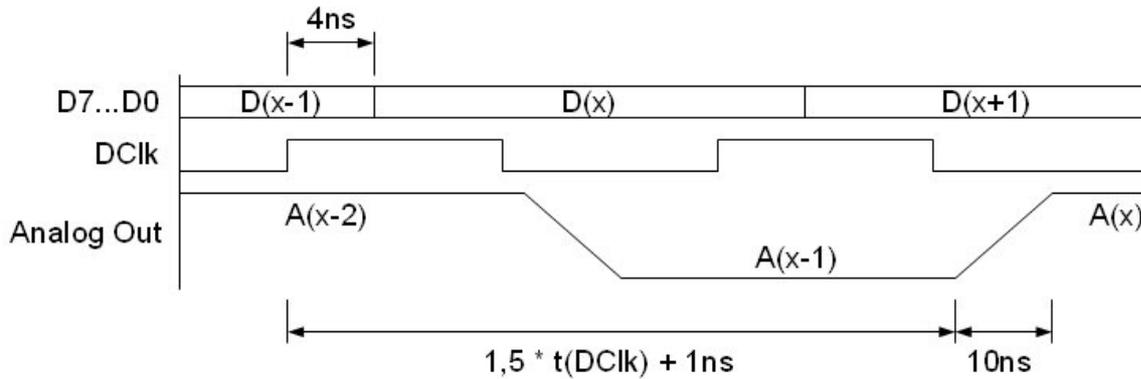
ExtClk Pegeländerungen finden dagegen nur innerhalb einer Kommando-Sequenz in der oben beschriebenen Weise statt.

Timing für Triggereingang



Die Erkennung eines Trigger-Pulses erfolgt spätestens 1,25us nach Überschreitung der Trigger-Schwellspannung. Eine frühere Erkennung ist möglich aber nicht garantiert. Zur sicheren Erkennung eines Trigger-Pulses ist daher eine Mindest-Pulsdauer von 1,25 sicherzustellen. Die maximal erlaubten Spannungen an den Triggereingängen sind zu beachten.

Timing Signalausgänge



Alle Zeitangaben sind typische Werte. Abhängig von der Beschaltung der Ausgänge und Umgebungsparametern können die realisierten Werte davon abweichen.

Anhang

Mathematische Funktionen und Operatoren für die Signalbearbeitung

Im Folgenden sind die mathematischen Funktionen und Operatoren aufgelistet, die in den Eingabefeldern der Signalbearbeitung verwendet werden können.

Folgende Eingabefelder akzeptieren diese Funktionen und Operatoren:

- Beide Felder „Mod-Cursors“
- Feld „Dauer“ in der Modifikations-Tabelle
- Feld „Modifikationsterm“ in der Modifikations-Tabelle
- Feld „Modulation“

Abhängig von der Art der Berechnung werden die Endergebnisse auf verschiedene Ergebnisbereiche angepasst:

Berechnung von Zeitpunkten oder Zeitdauern

- Endergebnisse von Berechnungen sind eine natürliche Datenwertposition (0-8191) bzw. eine natürliche Anzahl von Datenwerten (1-8192). Reelle Ergebnisse werden entsprechend auf die nächste natürliche Zahl gerundet.
- Überschreitungen des Maximalwerts werden auf den Maximalwert reduziert, Unterschreitungen des Minimalwerts werden auf den Minimalwert angepasst.

Berechnung von analogen Signalen (Spannungs-Werte)

- Endergebnisse von Berechnungen sind reelle Zahlenwerte zwischen der minimal und der maximal erzeugbaren Spannung.
- Überschreitungen der Maximalspannung werden auf die Maximalspannung reduziert, Unterschreitungen der Minimalspannung werden auf die Minimalspannung angepasst.

Berechnung von 8-Bit breiten Digital-Signalen

- Endergebnisse von Berechnungen sind natürliche Byte-Werte zwischen 0 und 255. Reelle Ergebnisse werden entsprechend auf den nächsten natürlichen Byte-Wert gerundet.
- Überschreitungen des maximalen Byte-Werts werden auf die untersten 8 Bit reduziert (256 wird zu 0), Unterschreitungen des minimalen Byte-Werts werden als 2er-Komplement dargestellt (-1 wird zu 255).

Berechnung von 1-Bit breiten Bit-Linien

- Endergebnisse von Berechnungen sind natürliche Bit-Werte (0 oder 1). Reelle Ergebnisse werden entsprechend auf den nächsten Bit-Wert gerundet.
- Überschreitungen des maximalen Bit-Werts (1) werden auf den maximalen Bit-Wert reduziert, Unterschreitungen des minimalen Bit-Werts werden auf den minimalen Bit-Wert angepasst.

Anhang

„ a “ und „ b “ sind allgemeine Operanden

| Operator / Funktion | Beschreibung | Ergebnis |
|----------------------------|---|---|
| $a + b$ | Addition | Reelle Zahl |
| $a - b$ | Subtraktion | Reelle Zahl |
| $a * b$ | Multiplikation | Reelle Zahl |
| a / b | Division | Reelle Zahl |
| $a \setminus b$ | Division zu ganzer Zahl | Ganze Zahl |
| $a \text{ MOD } b$ | Divisions-Restwert | Ganze Zahl |
| $a ^ b$ | Potenzierung | Reelle Zahl |
| EXP (a) | Exponent, $\text{EXP}(a)=e ^ a$ | Reelle Zahl |
| LOG (a) | Natürlicher Logarithmus | Reelle Zahl |
| SQR (a) | Quadratwurzel | Reelle Zahl |
| SIN (a) | Sinus, radial | Reelle Zahl |
| COS (a) | Kosinus, radial | Reelle Zahl |
| TAN (a) | Tangens, radial | Reelle Zahl |
| ATN (a) | Arkustangens, radial | Reelle Zahl |
| ABS (a) | Absolutwert | Reelle Zahl |
| ROUND (a) | Rundung | Ganze Zahl |
| FIX (a) | Dezimalstellen unterdrücken | Ganze Zahl |
| SGN (a) | Vorzeichenermittlung | -1 wenn negativ 0 wenn null +1 wenn positiv |
| RND | Zufallszahl | Reelle Zahl zwischen 0 und 1 |
| NOT (a) | Bit-weise Negation Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |
| $a \text{ AND } b$ | Bit-weise Und-Verknüpfung Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |
| $a \text{ OR } b$ | Bit-weise Oder-Verknüpfung (inklusive) Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |
| $a \text{ XOR } b$ | Bit-weise Oder-Verknüpfung (exklusiv) Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |
| $a \text{ EQV } b$ | Bit-weise Äquivalenz ($a = b$) Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |
| $a \text{ IMP } b$ | Bit-weise Implikation ($b \geq a$) Ist a ein reeller Wert, wird dieser zuerst gerundet | Ganze Zahl |