



AIM & THURLBY THANDAR INSTRUMENTS

TF960

6GHz Universal Counter

BEDIENUNGSANLEITUNG AUF DEUTSCH

Aim-TTi

Table of Contents

Introduction	1
Specification	2
Sicherheit	5
Anschlüsse	6
Manueller Betrieb	7
Ferngesteuerter Betrieb	15
Wartung	22

Introduction

The TF960 is a portable, battery-operated, universal counter with a large 0.5" 10-digit liquid crystal display (LCD). The frequency range is from below 0.001Hz to over 6GHz and measurement functions include frequency, period, ratio, pulse width and count.

The instrument uses a high quality temperature compensated internal frequency reference which has a low aging rate and is stable to within ± 1 ppm over the full temperature range. Its short warm-up time allows accurate measurements to be made even under portable battery powered conditions.

Input A has configurable coupling (AC or DC), input impedance ($1M\Omega$ or 50Ω), attenuation (1:1 or 5:1), threshold (fully variable) and active edge and can be used for frequencies in the range 0.001Hz to over 125MHz. Input B is a nominal 50Ω input for frequencies in the range 80MHz to 3GHz. Input C is a nominal 50Ω input with an N-type connector for frequencies in the range 1GHz to over 6GHz. An External Reference input is provided and changeover from the internal timebase is automatic when an external reference standard is connected.

For frequency, period and frequency ratio functions the instrument uses a reciprocal counting technique to provide high resolution at all frequencies. 8 significant digits of answer are produced in a 1 second measurement time, 9 digits in 10s and 10 digits in 100s with a granularity of less than 2 counts in the least significant digit.

Indicators show measurement input configuration & function, measurement time & status, external reference connection, low battery and the units of the measurement which may be Hz, kHz, MHz, ns, us, ms or s.

The instrument has a USB interface which allows it to be remotely controlled using serial communication via a computer's USB port. The remote commands of predecessor instruments, the TF830 and the TF930, are compatible with the TF960 command set.

The instrument operates from internal rechargeable NiMH batteries which give typically 24 hours operating life. The universal AC charger supplied will recharge the batteries in less than 4 hours and can be used for continuous AC operation. The instrument will also automatically be powered from a standard USB port when connected (whether remote control is in use or not) but this will not charge the batteries.

This instrument is fully compliant with EN61010-1 Safety and EN61326 EMC standards.

Input Specifications

Input A

Configurable options	
Input coupling:	AC or DC
Input impedance:	1M Ω or 50 Ω
Attenuation:	1:1 or 5:1
Active edge:	Rising or falling, or width high or low
Low pass filter:	Filter In (~50kHz cut-off) or Out
Trigger threshold:	Variable threshold for both DC and AC coupling
Input Impedance:	1M Ω //25pF (DC or AC coupled) or 50 Ω nominal (AC coupled only).
Frequency Range:	< 0.001Hz to >125MHz (1M Ω , DC coupled). < 30Hz to >125MHz (1M Ω , AC coupled). < 500kHz to > 125MHz (50 Ω , AC coupled).
Trigger Threshold:	
DC coupled:	0 to 2V (1:1 attenuation) or 0 to 10V (5:1 attenuation).
AC coupled:	Average \pm 50mV (1:1 attenuation) or \pm 250mV (5:1 attenuation).
Sensitivity:	Sinewave - 15mVrms 30Hz to 100MHz, 25mV to 125MHz at optimum threshold adjustment.

Input B

Input Impedance:	50 Ω nominal (AC coupled).
Frequency Range:	< 80MHz to >3GHz.
Sensitivity:	12mVrms 80MHz to 2GHz, 25mVrms to 2.5GHz, 50mVrms to 3GHz.
Maximum Input Signal:	< 0dBm recommended, +13dBm (1Vrms) maximum.


Input C

Input Impedance:	50 Ω nominal (AC coupled) in-band. 250k Ω at DC.
Frequency Range:	< 2GHz to >6GHz (typically 1.8GHz to 7.5GHz).
Sensitivity:	25mVrms (-19dBm) 2GHz to 6GHz.
Maximum Input Signal:	< +16dBm (1.5Vrms) recommended. Damage level +25dBm (4Vrms).

External Reference Input

Input Impedance:	>100k Ω , AC coupled.
Frequency:	10MHz.
Signal Level:	TTL, 3V _{pp} to 5V _{pp} CMOS or 1 to 2Vrms sinewave.

Maximum Input Voltage

Inputs A, B, C, and External Reference:	 30VDC; 30Vrms 50/60Hz with respect to earth ground \perp
--	--

Note that the inputs will not be damaged if subjected to an accidental short-term connection to a 50/60Hz line voltage not exceeding 250Vrms, or 250V DC.

Timebase

Measurement Clock:	50MHz.
Internal Reference oscillator:	10MHz TCXO with electronic calibration adjustment.
Oscillator Temperature Stability:	Better than ± 1 ppm over rated temperature range.
Initial Oscillator Adjustment Error:	$< \pm 0.2$ ppm at 21°C.
Oscillator Ageing Rate:	$< \pm 1$ ppm first year.
Calibration adjustment range:	$> \pm 8$ ppm.

Measurement Functions

Frequency (Inputs A, B or C)

A Input Frequency Range:	< 0.001 Hz (DC coupled) to >125 MHz
B input Frequency Range:	80MHz to >3000 MHz.
C input Frequency Range:	<2 Ghz to >6 GHz.
Resolution:	up to 10 digits (see below) or 0.001Hz

Period (Inputs A, B or C)

A Input Period Range:	8ns to 1000s (DC coupled)
B input Period Range:	0.333ns to 12.5ns
C input Period Range:	0.166ns to 0.5ns
Resolution:	up to 10 digits (see below)

Pulse Width Modes (Input A only)

Functions:	Width high or low, ratio H:L (high time to low time) or duty cycle.
Pulse Width Range:	40ns to 1000s
Averaging:	Automatic within measurement time selected, up to 50 pulses.
Resolution:	20ns for one pulse; up to 1ns or 10 digits with multiple pulse averaging. 0.01% for Ratio H:L and Duty Cycle.

Total Count (Input A only)

Count range:	1 to 9 999 999 999
Minimum pulse width:	8ns

Frequency Ratio B:A

Resolution:	Equal to the resolution of the two frequency measurements. If the ratio exceeds ten digits, displays six digits plus exponent.
-------------	---

Measurement Time

Selectable as 100s, 10s, 1s or 0.3s. The instrument displays the average value of the input signal over the measurement time selected, updated every 2s, 1s, 0.5s or 0.3s respectively. The hardware captures the count values and continues measuring without any dead time.

Resolution

The displayed resolution depends upon measurement time and input frequency. The basic resolution of period is 8 digits for every 2 seconds of measurement time. Frequency resolution is the reciprocal of period resolution. Usable resolution can be reduced by noise at low frequencies.

Accuracy

Measurement accuracy is timebase accuracy + measurement resolution + 2 counts.

Operating Facilities

Noise Filter (Input A only)

The Filter key controls a low pass filter, with a cut-off frequency of about 50kHz, to assist in obtaining stable readings at low frequencies.

Hold

Pressing the Hold key will hold the current measured value in the display, with the Hold indicator on, until the Hold key is pressed again. The measurement continues in the background when Hold is on. A long press on the Hold key clears old data and restarts the measurement.

Intelligent Power Switching

The unit automatically selects the best available power source of AC adaptor, USB or battery. Intelligent switching avoids discharging the battery overnight when operated from externally switched AC power.

A press-to-measure facility allows a quick measurement to be made by pressing a function select key which will power the instrument up in the corresponding function. The instrument will automatically switch off 15 seconds after the last key-press.

Remote Control

All capabilities can be controlled remotely and measurements read through a USB port.

The instrument can be powered (but the battery cannot be charged) by the USB host.

Interface: Serial port emulation over USB.

Current consumption: < 100mA (<5mA if AC adaptor power is present)

Command set: Instrument specific. TF830 and TF930 compatible.

Power Requirements

The instrument has fixed internal rechargeable batteries and is supplied with a universal voltage external mains adaptor with interchangeable UK, Euro, Australian and US power connectors.

Battery Type: Three 2500mAh NiMH cells.

Battery Operating Life: Typically 24 hours

Low Battery Indicator: 'Lo Bat' shows in display when approximately 10% of battery life remains.

Recharge Time: < 4 hours

Adaptor Supply range: 85 to 240V, 50 or 60 Hz,

Power consumption: 5W max at DC input to unit; 15VA max at AC adaptor input (charging).

General

Display: 10 digit LCD, 12.5mm high (0.5"). Annunciators show input configuration, operating mode, measurement units and gate time.

Operating Range: +5°C to +40°C, 20% to 80% RH

Storage Range: -20°C to +60°C

Environmental: Indoor use at altitudes up to 2000m, Pollution Degree 2

Size: 260mm(W) x 88mm(H) x 235mm(D)

Weight: 1050 gms (plus 170 gms AC adaptor)

Safety & EMC: Complies with EN60950-1 & EN61326-1.

For details, request the EU Declaration of Conformity for this instrument via <http://www.aimtti.com/support> (serial no. needed).

Universal Counter

Dieses Instrument ist gemäß Sicherheitsklasse III IEC eingestuft und wurde im Hinblick auf die Erfüllung der EN61010-1 entwickelt (Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte).

Dieses Instrument wurde in Übereinstimmung mit der EN61010-1 getestet und in einem sicheren Zustand geliefert. Die vorliegende Bedienungsanleitung enthält Informationen und Warnungen, die vom Benutzer befolgt werden müssen, um einen sicheren Betrieb des Instruments und seinen sicheren Zustand zu gewährleisten.

Dieses Instrument wurde zur Verwendung im Innern von Gebäuden in einer Umgebung vom Verschmutzungsgrad 2, im Temperaturbereich von 5°C bis 40°C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 20-80% (nicht kondensierend) ausgelegt. Gelegentliche Temperaturschwankungen zwischen +5° und -10°C beeinträchtigen nicht die sichere Arbeitsweise des Geräts. Nicht betreiben solange das Gerät Kondensation aufweist!

Die Verwendung des Instruments auf eine Weise, die in dieser Bedienungsanleitung nicht angegeben wird, kann die Sicherheit des Geräts beeinträchtigen.

WARNUNG!

Alle zugänglichen Teile des Geräts haben dieselbe Spannung wie der äußere Teil der Signal-Eingangsbuchse. Insbesondere ist darauf zu achten, dass das Gehäuse des USB-Anschlusses galvanisch mit dem Außenleiter der N- und BNC-Eingänge verbunden ist. Daher liegt hier die Erdungsspannung an, wenn der USB Port an einen Desktop PC angeschlossen ist. Um die Sicherheit der Benutzer unter allen Umständen zu gewährleisten, darf der Eingang nicht an eine Spannung von mehr als 30 V DC bzw. 30 Vrms in Bezug zu Erde – Grenzwert der Safe Extra Low Voltage (SELV, Sicherheitskleinspannung) gemäß IEC-Definition – angeschlossen werden. Bitte beachten: Obwohl die Eingänge durch den kurzfristigen Anschluss an eine Netzspannung von bis zu 250 Vrms, 50/60 Hz nicht beschädigt werden, ist der Anwender gefährdet, wenn die „Geräteerde“ an solche Gefahrenspannungen angeschlossen wird.

Das Instrument muss vor seiner Öffnung zum Zweck von Einstellungen, Ersatz von Teilen, Wartung oder Reparatur von allen Spannungsquellen getrennt werden. Jegliche Einstellungen, Wartung und Reparaturen des geöffneten und unter Spannung stehenden Instruments sind nach Möglichkeit zu vermeiden und bei absoluter Unumgänglichkeit ausschließlich von einer entsprechend qualifizierten Person mit Kenntnis der möglichen Gefahren vorzunehmen.

Das Gerät darf bei der Reinigung nicht nass werden!

Am Gerät werden folgende Symbole verwendet:



Gleichstrom



Dieses Symbol wird auf dem Instrument und in diesem Handbuch als VORSICHTSHINWEIS verwendet.

Bei Nichtbeachtung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen kann das Instrument beschädigt werden.



Bedeutet, dass der markierte Anschluss mit zugänglichen, leitfähigen Teilen verbunden ist.

Adapter/Ladegerät

Der/das mitgelieferte Adapter/Ladegerät hat eine universelle Eingangsspannung von 100-240 V AC, 50/60Hz. Es ist ein Gerät der Schutzklasse II (doppelte Isolierung) mit voller Zulassung gemäß EN 60950-1 (2001), UL 60950 (UL-Eintrag E245390).

Anschlüsse auf der Gerätevorderseite

Eingang A

Für Frequenzen im Bereich 0,001 Hz (DC-Kopplung) bis >125 MHz. Eingangsimpedanz umschaltbar zwischen 1 M Ω //25 pF und 50 Ω .



Maximal zulässige Eingangsspannung 1 V_{rms} (1:1 Dämpfung) oder 4 V_{rms} (5:1 Dämpfung) für 1M Ω //25pF Eingang; 1 V_{rms} über 300 kHz für 50 Ω Eingang (AC-Kopplung).

Maximal zulässige Eingangsspannung gegen Erde \perp ist 30 V_{dc} oder 30 V_{rms} 50/60Hz.

Eingang B

Für Frequenzen im Bereich <80 MHz bis >3 GHz. Eingangsimpedanz 50 Ω (AC-Kopplung).



Maximal zulässige Eingangsspannung 1 V_{rms}.

Maximal zulässige Eingangsspannung gegen Erde \perp ist 30 V_{dc} oder 30 V_{rms} 50/60Hz.

Eingang C

Für Frequenzen im Bereich <2 GHz bis >6 GHz. Eingangsimpedanz 50 Ω (250 k Ω bei DC).



Maximal zulässige Eingangsspannung 4 V_{rms}.

Maximal zulässige Eingangsspannung gegen Erde \perp ist 30 V_{dc} oder 30 V_{rms} 50/60Hz.

EXT REF IN (Externer Referenzeingang)

Nur für 10 MHz Signal von einer externen Standardfrequenzquelle. Eingangsimpedanz >100 k Ω , AC-Kopplung.



Maximal zulässige Eingangsspannung TTL, 5 V_{pp} CMOS oder 2 V_{rms} Sinussignal.

Maximal zulässige Eingangsspannung gegen Erde \perp ist 30 V_{dc} oder 30 V_{rms} 50/60Hz.

Anschlüsse an der Geräterückseite

DC IN

DC-Stromversorgung für Betrieb bzw. Aufladen des Geräts über 1,3 mm Buchse.



NUR das von TTI mit dem Gerät gelieferte Netzteil verwenden. Bei Verwendung eines anderen Netzteils erlischt die Garantie.

USB

Der USB-Port kann mit einem standardmäßigen USB-Kabel verbunden werden. Die Plug-and-Play-Funktion von Windows sollte automatisch erkennen, dass das Gerät angeschlossen worden ist. Das Gerät wird automatisch über den USB-Port mit Strom versorgt, wenn kein Netzteil/Ladegerät angeschlossen ist. Die USB-Stromversorgung funktioniert auch dann, wenn der USB-Anschluss nicht zur Fernbedienung verwendet wird.

Die Stromversorgung über den USB-Port ist nur möglich, wenn die Verbindung korrekt aktiviert ist. Es ist daher nicht möglich Adapter zu verwenden, die ausschließlich eine Gleichstromversorgung über den USB-Anschluss bieten.

Stromversorgung

Das Netzgerät verfügt über drei Möglichkeiten zur Stromversorgung: integrierter Akku, DC-Versorgung durch mitgeliefertes Netzteil/Ladegerät (wird in diesem Handbuch als Netzteil bezeichnet) oder USB-Stromversorgung über den USB-Anschluss eines Desktop- oder Laptop-PCs. Wenn das Netzteil angeschlossen ist, besitzt dieses Vorrang vor USB-Versorgung und Akku. Ohne Netzteil besitzt die USB-Versorgung Vorrang gegenüber dem Akku. Erst wenn weder Netzteil noch USB zur Verfügung stehen, kommt der Akku zum Einsatz. Die Software des Geräts merkt sich wie, und unter welchen Umständen das Gerät eingeschaltet wurde. Bei einem Ausfall des Netzteils bzw. der USB-Versorgung sorgt die Software automatisch dafür, dass der Akku nicht unbeabsichtigt entladen wird. Das Ein- und Ausschalten unter verschiedensten Umständen wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Sicherheitswarnung: Das TF960 entspricht der Schutzklasse III innerhalb der IEC-Klassifizierung. Wenn das Gerät durch Akku, Netzteil oder über den USB-Anschluss eines tragbaren (nicht geerdeten) PCs gespeist wird, besitzen alle berührbaren Teile das gleiche Spannungspotential wie der Außenleiter der N- und BNC-Eingangsbuchsen. Für die Sicherheit des Bedieners ist es daher wichtig, dass kein Eingangssignal mit einer Spannung über 30 Vdc bzw. 30 Vrms (Grenzwert der Schutzkleinspannung) angelegt wird.

Bitte beachten: Obwohl die Eingänge durch den kurzfristigen Anschluss an eine Netzspannung von bis zu 250 Vrms, 50/60 Hz nicht beschädigt werden, ist der Anwender gefährdet, wenn die „Geräteerde“ an solche Gefahrenspannungen angeschlossen wird.

Akkubetrieb

Das Gerät ist mit wiederaufladbaren NiMH-Akkus (2500 mA) ausgestattet, die bei voller Aufladung einen Betrieb von ca. 24 Stunden ermöglichen. Das Laden erfolgt mit Hilfe des mitgelieferten Netzteils (siehe unten). Die **Bat** Anzeige oben rechts im Display zeigt an, wenn das Gerät über den internen Akku gespeist wird. Das Display wechselt auf **Lo Bat** wenn der Akku nur noch ca. 10% Ladung enthält. Während des Akkubetriebs wird das Gerät durch Drücken der Taste OPERATE (Betrieb) ein- und ausgeschaltet.

USB-Versorgung

Das Gerät kann auch dann über den USB-Port eines PCs gespeist werden, wenn der Akku entladen ist. Ein Aufladen des Akkus über USB ist jedoch nicht möglich. Schließen Sie das Gerät über den USB-Anschluss auf der Rückseite mit einem normalen USB-Kabel an einen PC an. Durch die „Plug-and-Play“ Funktionalität unter Windows wird die am USB-Port angeschlossene neue Hardware normalerweise automatisch erkannt. Beim erstmaligen Anschluss des Geräts fragt Windows daraufhin nach dem Pfad des entsprechenden Treibers. Die mit dem Gerät gelieferte CD enthält Treiber für verschiedene Windows-Versionen. Folgen Sie den Bildschirmanweisungen auf dem PC, um den entsprechenden Treiber zu laden (findet in zwei getrennten Durchgängen statt).

Hinweis: Falls die „Plug-and-Play“ Funktion meldet, dass bereits eine neuere Version des Treibers installiert ist, **behalten Sie diesen bitte bei**; das TF960 wird mit dem jeweils neueren Treiber ordnungsgemäß funktionieren.

Die Stromversorgung über den USB-Port ist nur möglich, wenn die Verbindung korrekt spezifiziert ist. Es ist daher nicht möglich Adapter zu verwenden, die ausschließlich eine Gleichstromversorgung über den USB-Anschluss bieten. Die USB-Versorgung hat Vorrang vor dem Akkubetrieb, um den Akku möglichst wenig zu entladen. Dies wird durch die Anzeige **Bat** oder **Lo Bat** gemeldet.

Falls das Gerät beim Aktivieren der USB-Verbindung ausgeschaltet war, schaltet es sich nun automatisch ein. Beim Trennen der USB-Versorgung schaltet es sich automatisch aus. Falls das Gerät beim Aktivieren der USB-Verbindung im Akku-Betrieb lief, hat die USB-Versorgung Vorrang bei der Stromversorgung. Beim Trennen der USB-Verbindung läuft das Gerät im Akku-Betrieb weiter. Während der Stromversorgung über den USB-Port kann das Gerät mit der Taste OPERATE ein- und ausgeschaltet werden. Die USB-Stromversorgung funktioniert auch dann, wenn der USB-Anschluss nicht zur Fernbedienung verwendet wird.

Netzteil-Betrieb

Das Netzteil wird an die 1,3 mm Buchse auf der Rückseite (DC IN) angeschlossen. Es darf nur das mit dem Gerät gelieferte Netzteil verwendet werden. Bei Versorgung durch das Netzteil leuchtet die rote EXT POWER LED auf, unabhängig davon, ob das Gerät ein- oder ausgeschaltet ist. Wenn der Akku geladen wird, leuchtet gleichzeitig die gelbe CHARGING LED auf. Das Gerät verfügt über eine intelligente Ladesteuerung, um Leistung und Akkubetriebsdauer zu optimieren und das Gerät zu schützen. Das Netzteil darf durchaus über längere Zeiträume am Gerät angeschlossen bleiben, allerdings empfehlen wir das Netzteil von Stromversorgung und Gerät zu trennen, wenn das Gerät nicht in Gebrauch ist.

Während der Stromversorgung über das Netzteil kann das Gerät mit der Taste OPERATE ein- und ausgeschaltet werden. Falls das Gerät mit der OPERATE Taste ausgeschaltet wurde, bleibt es auch dann ausgeschaltet, wenn das Netzteil aus- und wieder eingeschaltet wurde. Falls das Gerät beim Aktivieren des Netzteils jedoch ausgeschaltet ist *und* zuletzt durch Trennen des Netzteils ausgeschaltet wurde, so schaltet sich das Gerät automatisch ein bzw. aus, wenn das Netzteil entfernt wird. Dies ist nützlich, wenn das Gerät Bestandteil eines Prüfaufbaus ist, der über einen Hauptschalter ein- und ausgeschaltet wird.

Falls das Gerät beim Anschließen des Netzteils gerade über den Akku (oder den USB-Anschluss) gespeist wird, so erhält das Netzteil Vorrang. Beim Trennen des Netzteils schaltet das Gerät automatisch auf Akku- oder USB-Versorgung zurück. Wir empfehlen das Netzteil von Stromversorgung und Gerät zu trennen, wenn das Gerät längere Zeit nicht in Gebrauch ist.

Einschalten

Unabhängig von der verwendeten Stromversorgung kann das Gerät durch Drücken der Taste OPERATE ein- und ausgeschaltet werden. Beim Einschalten gelten folgende Standardeinstellungen für den Betrieb: Eingang A, Frequenz, AC-Kopplung, 1 M Ω Eingangsimpedanz, 1:1 Dämpfung, Polarität: positive Flanke, kein Filter, 0,3 s Messzeit, kein Hold des Messergebnisses; Anzeige der jeweiligen Meldungen auf dem Display. Der Schwellenwert wird mit Hilfe des Grenzwertreglers eingestellt.

Wird die RESET Taste beim Einschalten des Geräts mit Hilfe der OPERATE Taste gedrückt gehalten, so erscheinen sämtliche Meldungen auf dem Display. Zudem wird im Hauptanzeigebereich die Revisionsnummer der installierten Firmware 2 Sekunden lang angezeigt. Um die Funktion der Anzeige prüfen zu können, leuchten nach 2 Sekunden alle Display-Segmente auf, bis die RESET Taste freigegeben wird.

Messfunktionsschalter

Bei ausgeschaltetem Gerät schaltet sich dieses durch Drücken der Messfunktionsschalter FREQUENCY (Frequenz), PERIOD (Periodendauer) oder WIDTH (Pulsweite) ein und wechselt auf die jeweils gewählte Funktion. Für alle anderen Umstände gelten die oben beschriebenen Standardeinstellungen.

Das Gerät arbeitet nun völlig normal und reagiert auf alle Tasten. Nach etwa 15 Sekunden ohne Tastendruck schaltet sich das Gerät automatisch ab. Dadurch bleibt die Ladung des Akkus länger erhalten, wenn dieser verwendet wird.

Eingangswahl und Konfiguration

Eingänge A, B oder C werden durch sukzessives Drücken der Taste INPUT SELECT (Eingangswahl) angewählt. Eine Meldung im Display zeigt an, welcher Eingang aktiv ist.

Eingang A

Eingang A kann für Frequenzen im Bereich 0,001 Hz bis >125 MHz verwendet werden und verfügt über verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten (siehe unten) zur Zählung unterschiedlicher Wellenformen und Amplituden. Die maximal zulässige Eingangsspannung und das Einsetzen der Übersteuerung (Clipping) werden durch die Einstellungen für Kopplung, Dämpfung und Eingangsimpedanz bestimmt und sind aus den technischen Daten ersichtlich.

Der Eingang ist gegen den kurzzeitigen versehentlichen Anschluss an Netzspannungen bis zu 250 Vrms bei 50/60Hz geschützt.

Konfigurationsoptionen für Eingang A

Beim Einschalten gelten folgende Standardeinstellungen für Eingang A: AC-Kopplung, 1 M Ω Eingangsimpedanz, 1:1 Dämpfung, Polarität: positive Flanke, kein Filter, bei Einstellung des Grenzwertreglers auf Mittenstellung sollte eine Messung der meisten Wellenformen möglich sein. Bei bestimmten Wellenformen sind jedoch Konfigurationsänderungen erforderlich, z. B. DC-Kopplung und Tiefpassfilter zur verbesserten Erfassung von niedrigen Frequenzen.

Eingangskopplung: Die AC-Kopplung ist Standard und kann mit beiden Eingangsimpedanzen verwendet werden. Wählen Sie die DC-Kopplung für sehr niedrige Frequenzen (<30 Hz) oder wenn das Tastverhältnis der Wellenform sehr niedrig ist. Die DC-Kopplung wird normalerweise bei einer Eingangsimpedanz von 1 M Ω verwendet. Es kann auch die 50 Ω Einstellung verwendet werden. Da jedoch ein 50 k Ω Schutzwiderstand parallel zum Kopplungskondensator geschaltet ist, liegt die tatsächliche Impedanz erheblich höher als 50 Ω bis die Eingangsfrequenz einen Wert über ca. 300 kHz erreicht. Mit dieser Konfiguration kann verhindert werden, dass sich der Kopplungskondensator bei asymmetrischen Wellenformen auflädt.

Bei einer AC-Kopplung geht das Gerät davon aus, dass kein Signal anliegt und stellt das Display nach ca. 1 Sekunde auf 0,0 falls kein Wechsel erfolgt. Bei der DC-Kopplung sind sehr langsame Signale möglich, sodass das Gerät ständig auf einen Wechsel wartet. Auf dem Display wird jeweils der letzte Wert angezeigt.

Eingangsimpedanz: Die Standardeinstellung ist 1 M Ω und kann sowohl mit AC- als auch DC-Kopplung verwendet werden. Der Eingang kann direkt, oder je nach Signalamplitude mit x1, x10 oder x100 Oszilloskop-Tastköpfen verwendet werden. Wählen Sie 50 Ω für höhere Frequenzen, oder wenn die Quellenimpedanz des Signals über 50 Ω liegt, um falsche, durch Reflexionen bedingte Zählungen, zu vermeiden.

Eingangsdämpfung: Die Standardeinstellung ist 1:1 (keine Dämpfung). Wählen Sie 5:1 für größere Signale, besonders wenn Rauschen eine Rolle spielt. Verwenden Sie bei der Messung normaler Logiksignale eine Dämpfung von 1:1 für 1,8 V (oder niedrigere) CMOS-Werte und 5:1 für CMOS-Spannungen von 2,5 V (oder höher) oder TTL. Eine weitere Dämpfung lässt sich durch die externe Dämpfung des Signals vor dem Anschluss an das Messgerät erzielen. So kann z. B. ein x10 Oszilloskop-Tastkopf mit der 1 M Ω Eingangsimpedanz, oder ein 50 Ω Dämpfungsglied mit der 50 Ω Eingangsimpedanz verwendet werden, um eine Impedanzanpassung zu erreichen.

Eingangspolarität: Die Standardeinstellung ist "steigende Flanke" (Impuls High). Bei dieser Einstellung beginnt und endet die Messung von Frequenz und Periode an der steigenden Flanke und der Zählwert entspricht der Summe der erkannten steigenden Flanken. Die Impulsbreitenmessung erfolgt von der steigenden Flanke bis zur fallenden Flanke, um so zusammen mit der Periodenmessung die Werte für Verhältnis (High:Low-Zeit) und Tastverhältnis (High-Zeit als prozentualer Anteil der Periode) zu bestimmen.

Wird die Polarität auf fallende Flanke (Impuls Low) umgestellt, so beginnt und endet die Messung von Frequenz und Periode an der fallenden Flanke und der Zählwert entspricht der Gesamtzahl der erkannten fallenden Flanken. Wenn die zu messende Wellenform eine langsame steigende Flanke, jedoch eine schnelle fallende Flanke aufweist, kann es von Vorteil sein, die Polarität auf fallende Flanke einzustellen, um Messschwankungen zu vermeiden. Ein Wechsel der Polarität bei Impulsbreitenmessungen führt jedoch zu einer anderen Interpretation der Werte für Frequenz- und Tastverhältnis und ist mit Vorsicht anzuwenden.

Tiefpassfilter: In der Standardeinstellung wird kein Filter eingesetzt. Wenn die Funktion „Filter In“ (Filter Ein) gewählt ist, erscheint die Anzeige **FILT** im Display. Die Grenzfrequenz liegt bei 50 kHz. Das Filter ist besonders bei der Messung niedriger Frequenzen nützlich, kann aber bei einem ausreichenden Eingangssignal für Frequenzen bis zu 200 kHz oder mehr eingesetzt werden.

Triggerpegel Grenzwerteinstellung: Der Triggerpegelregler wird zusammen mit den beiden gelben LEDs verwendet, die die Signaldifferenz am Ausgang des Eingangverstärkers A anzeigen. Ihre Helligkeit reicht von hell bis schwach leuchtend, je nach Verhältnis zwischen Triggerschwelle und dem Mittelwert des Eingangssignals. Wenn die Einstellung der Triggerschwelle dem Mittelwert des Eingangssignals entspricht, leuchten beide LEDs gleich hell auf. Wenn ein Signal anliegt, aber das Gerät nicht zählt, müssen Sie den Grenzwertregler in Richtung der schwächer leuchtenden LED drehen. Beachten Sie, dass diese Einstellung umso kritischer wird, je kleiner der Signalpegel am Eingang ist.

Ist die AC-Kopplung gewählt (Standardkonfiguration), so wird ein Feedback-Mechanismus aktiviert, wobei der Grenzwertregler eine kleine Korrektur über oder unter dem mittleren Signalpegel durchführt. Normalerweise wird der Regler so eingestellt, dass die Markierung mittig auf die AC-Position zeigt.

Bei dieser Einstellung werden die meisten Signale erfasst, nur bei sehr schwachen Signalen ist eine geringfügige Einstellung erforderlich, um die maximale Eingangsempfindlichkeit zu erreichen. Der verwendbare Einstellbereich bei dieser Reglerstellung beträgt etwa ± 50 mV (1:1 Dämpfung) bzw. ± 200 mV (5:1 Dämpfung).

Bei Verwendung der DC-Kopplung wird der Feedback-Mechanismus deaktiviert und der Grenzwert über den Bereich 0 bis 2 V (1:1 Dämpfung) oder 0 bis 10 V (5:1 Dämpfung) direkt geregelt.

An beiden Endstellungen des Reglers ist eine gewisse Bereichsüberschreitung gegeben. Der Grenzwertregler muss so gedreht werden, dass beide gelbe LEDs aufleuchten. Anschließend erfolgt eine Feineinstellung, um eine möglichst stabile Messung zu erzielen.

Bei Wellenformen mit langsamen Flanken wirkt sich eine Grenzwertveränderung natürlich auf die Impulsbreite und die damit verbundenen Frequenz- und Tastverhältnismessungen aus, jedoch nicht auf Frequenz, Periode und Zählwert.

Der Grenzwertregler muss immer langsam gedreht werden, da die Schaltung ein Rauschunterdrückungsfilter mit einer langen Zeitkonstante umfasst.

Eingang B

Eingang B wird für Frequenzmessungen im Bereich 80 MHz bis >3 GHz eingesetzt. Die Nenneingangsimpedanz beträgt 50Ω . Die maximal zulässige Eingangsspannung über den Bereich 20 MHz bis 3 GHz liegt bei 1 Vrms. Das Eingangssignal wird bei Signalen über 250 mVrms durch eine Diode begrenzt.

Der Eingang ist gegen den kurzzeitigen versehentlichen Anschluss an Netzspannungen bis zu 250 Vrms bei 50/60Hz geschützt.

Das zu messende Signal sollte eine Quellenimpedanz von 50Ω aufweisen, um stehende Wellen zu vermeiden, die zu falschen Ergebnissen führen könnten. Das Eingangskabel muss so kurz wie möglich gehalten werden (50Ω Koaxialkabel verwenden).

Beachten Sie, dass aufgrund der hohen Bandbreite dieses Eingangs andere Signalkomponenten, die in den Frequenz- und Empfindlichkeitsbereich dieses Eingangs fallen, zu einer falschen Zählung führen können. Evtl. ist eine externe Dämpfung bzw. Filterung erforderlich, um korrekte Zählwerte zu erhalten. Dies gilt besonders, wenn der höchste Frequenzanteil eines Signals bei vorhandenem Breitbandrauschen oder anderen Störimpulsen gemessen werden soll. Hier wird ggf. ein Hochpassfilter benötigt, besonders bei kleinen Signalen über 2 GHz. Der C-Eingang bietet oberhalb dieser Frequenz bessere Leistung.

Eingang C

Eingang C wird für Frequenzmessungen im Bereich 2 GHz bis >6 GHz eingesetzt. Obwohl die Empfindlichkeit außerhalb dieses Bereichs nicht spezifiziert ist, werden hier normalerweise Frequenzen zwischen 1,8 GHz bis 7,5 GHz gemessen. Die Nenneingangsimpedanz beträgt 50Ω . Einem Eingangskopplungskondensator sind ein Widerstandsdämpfer und ein PIN Diodenbegrenzer nachgeschaltet. Die für korrekte Messung erlaubte maximale Eingangsspannung beträgt 1,5 Vrms (+16 dBm), die maximale, noch keine Beschädigung verursachende Eingangsspannung beträgt 4 Vrms (+25 dBm). Ein gekoppelter $250 \text{ k}\Omega$ DC Ableitwiderstand minimiert das Risiko statischer Aufladung, die zu einer Zerstörung des

Eingangskopplungskondensators führen könnte. Dieser Eingang ist gegen den kurzzeitigen versehentlichen Anschluss an Netzspannungen bis zu 250 Vrms bei 50/60Hz geschützt.

Das zu messende Signal sollte eine Quellenimpedanz von 50 Ω aufweisen, um stehende Wellen zu vermeiden, die zu falschen Ergebnissen führen könnten. Das Eingangskabel muss so kurz wie möglich gehalten werden (50 Ω Koaxialkabel verwenden).

Dieser Eingang besitzt eine scharfe untere Grenzfrequenz von unter 1,5 GHz und ist wesentlich weniger rauschempfindlich als der B-Eingang. Er bewältigt auch starke Signale wesentlich besser. Immer dann, wenn der Modus Ratio B:A nicht benötigt wird, sollte der C-Eingang bei allen Signalen über 2 GHz benutzt werden.

Wahl von Messfunktion und Messzeit

Funktion und Messzeit werden mit den Tasten unmittelbar unter dem Display gewählt. Die jeweiligen Einstellungen werden im Display angezeigt.

Funktionswahl – Eingang A

Durch Drücken der Taste FREQUENCY, PERIOD oder WIDTH wird das Gerät sofort auf die entsprechende Funktion eingestellt. Hält man die Taste mehr als 1 Sekunde lang gedrückt, wechselt die Funktion jeweils auf COUNT (Zählwert), RATIO (Frequenzverhältnis) oder DUTY (Tastverhältnis). Die Zweitfunktion ist über der Taste in Blau angegeben, die aktuell gewählte Funktion wird im Display angezeigt.

Messungen von FREQUENCY und PERIOD werden direkt in den entsprechenden Einheiten angezeigt.

COUNT ist eine einfache Zählfunktion. Der angezeigte Wert kann mit der HOLD Taste „eingefroren“ werden, die Zählung läuft dabei im Hintergrund weiter. Der Zählwert kann mit RESET (Zweitfunktion der HOLD Taste) neu gestartet und auf Null zurückgesetzt werden. Wenn der Zählwert den Maximalwert von 999999999 erreicht hat, startet die Zählung bei der nächsten erkannten Flanke bei Null.

Mit der WIDTH Messung kann entweder die High-Zeit (über dem Grenzwert) oder die Low-Zeit (unter dem Grenzwert) durch Wahl der entsprechenden Polarität gemessen werden (siehe hierzu die oben beschriebenen Konfigurationsoptionen für Eingang A).

Durch Wahl der Funktion RATIO bei aktivem Eingang A wird das Verhältnis von High-Zeit zu Low-Zeit (RATIO H:L) oder umgekehrt angezeigt (je nach Einstellung der Polarität). Die (inaktive) Low-Zeit wird ermittelt, indem die gemessene (aktive) High-Zeit von der Periode subtrahiert wird.

Durch Wahl der Funktion DUTY wird die High- oder Low-Zeit (je nach Einstellung der Polarität) als Prozentwert der Gesamtperiode angezeigt.

Funktionswahl – Eingang B

Wenn der Eingang B (80 MHz – 3 GHz) gewählt ist, können nur die Funktionen FREQUENCY und PERIOD verwendet werden. Wenn Sie versuchen die Funktionen WIDTH, COUNT oder DUTY zu wählen, wird dies von der Firmware ignoriert. Gleichzeitig blinkt kurz die Anzeige **B** auf und macht darauf aufmerksam, dass dies keine gültige Funktion ist; die vorhandene Einstellung bleibt unverändert.

Die Wahl der Funktion RATIO bei aktivem Eingang B (durch längeres Drücken der Taste PERIOD) ist gültig, versetzt das Gerät jedoch in den Modus RATIO B:A (Frequenz B : Frequenz A) und nicht in den Modus RATIO H:L wie dies für den Eingang A der Fall ist. Das Verhältnis B:A wird ermittelt, indem die Frequenz an beiden Eingängen gleichzeitig gemessen wird, um anschließend das Ergebnis B durch das Ergebnis A zu teilen. Die Genauigkeit dieser Berechnung hängt allein von der Genauigkeit der Messungen ab. Die Signale können eine beliebige Frequenz besitzen, soweit diese dem zulässigen Bereich für den jeweiligen Eingang entspricht. Ist der Verhältniswert so groß, dass der Dezimalpunkt nicht auf dem Display angezeigt werden kann, so wird das Ergebnis mit 6 Stellen in Exponentialschreibweise dargestellt.

Funktionswahl – Eingang C

Wenn der Eingang C (2 GHz – 6 GHz) gewählt ist, können nur die Funktionen FREQUENCY und PERIOD verwendet werden. Wenn Sie versuchen die Funktionen WIDTH, COUNT, RATIO oder

DUTY zu wählen, wird dies von der Firmware ignoriert. Gleichzeitig blinkt kurz die Anzeige **C** auf und macht darauf aufmerksam, dass dies keine gültige Funktion ist; die vorhandene Einstellung bleibt unverändert. Es gibt keine RATIO Funktion bei den anderen Eingängen.

Messzeit

Die Messzeit wird mit den MEASUREMENT TIME (Messzeit) Tasten links ◀ und rechts ▶ geändert und auf dem Display entsprechend angezeigt. Bei Anschluss eines geeigneten Signals am gewählten Eingang blinkt die Anzeige **Measure** im Display auf und zeigt damit an, dass das Signal erkannt wurde. Die Meldung **Measure** blinkt weiter, bis ein legitimes Ergebnis für die gewählte Messzeit vorliegt. Anschließend erfolgt die Anzeige kontinuierlich. Das Display zeigt anschließend den Mittelwert des Signals während der letzten 0,3 s (1 Aktualisierung pro Messung), 1 s (2 Aktualisierungen pro Sekunden), 10 s (1 Aktualisierung pro Sekunde) oder 100 s (1 Aktualisierung alle 2 Sekunden) an, je nachdem welche Messzeit gewählt wurde. Beachten Sie, dass bei einer Messzeit von 1 s, 10 s oder 100 s das wahre Messergebnis nach Start bzw. Neustart einer Messung mit einer Auflösung von 7 Stellen nach 0,3 s, mit 8 Stellen nach 1s, mit 9 Stellen nach 10 s und schließlich mit 10 Stellen nach 100 s angezeigt wird. Die Einheiten und die Position des Dezimalkommas werden automatisch angepasst, um das Ergebnis leicht lesbar anzuzeigen.

Durch Drücken der Taste HOLD kann das aktuelle Messergebnis „eingefroren“ werden, die Anzeige **Hold** erscheint. Die Hold-Funktion wird durch erneutes Drücken der Taste HOLD deaktiviert. Die Messung läuft im Hintergrund weiter, wenn die Hold-Funktion aktiviert ist. Bei einem Wechsel von FREQUENCY auf PERIOD Messungen am gleichen Eingang wird der aktuelle Messwert beim Umschalten zwischen WIDTH, RATIO H:L und DUTY (Eingang A) sofort umgerechnet. In allen anderen Fällen bewirkt eine Änderung der Funktion (einschl. Wechsel des Eingangs) oder der Messzeit, dass ein neuer Messvorgang ausgelöst wird. Eine neue Messung kann auch ohne Änderung der Funktion oder Messzeit begonnen werden, indem die Taste RESET (Zweitfunktion der HOLD Taste) gedrückt wird.

Messgrundlagen

Frequenz und Periode

Das Gerät verwendet bei der Messung die sogenannte reziproke Zähltechnik. Nach jedem Messintervall (Torzeit) wartet das Gerät auf das Ende des aktuellen Takts für das Eingangssignal, bevor die Zählraten erfasst werden. Es wird daher die Zeit für eine Anzahl mehrerer Eingangsimpulse mit einer Auflösung von einem Takt der internen Zeitbasis gemessen. Anschließend wird die mittlere Periodendauer des Eingangssignals ermittelt, indem die Gesamtzeit durch die Anzahl der Eingangsimpulse geteilt wird. Die Frequenz ist dann der Kehrwert dieser Periodendauer. Dieses Verfahren ermöglicht viel genauere Messergebnisse als dies mit der herkömmlichen Zählung der Eingangsimpulse bei einer bestimmten Torzeit möglich wäre.

Die Hardware speichert die Zählwerte ohne die Zähler zu stoppen oder zurückzusetzen. Diese Art der Zählung wird als "capture and continue" bezeichnet und bedeutet, dass am Ende der Torzeit keine Pause erfolgt. So können aufeinander folgende Messungen verkettet werden, ohne dass an den Zwischenstellen der Messung ein Unsicherheitsfaktor durch einen Taktzyklus entsteht. Dadurch kann das Gerät das Display öfter aktualisieren, als es die gewählte Torzeit normalerweise erlaubt. Jede Aktualisierung zeigt den Mittelwert der Eingangsfrequenz über den Zeitraum an, der der gewählten Torzeit unmittelbar vor der Anzeige entspricht.

Wenn das Signal frequenzmoduliert ist, zeigt das Gerät den Mittelwert während der Torzeit an. Da die Modulation mit ziemlicher Sicherheit nicht synchron zum Triggersignal verläuft, ergeben sich geringe Schwankungen des angezeigten Werts.

Wenn das Signal amplitudenmoduliert ist, muss die Amplitude des Modulationstals die Empfindlichkeitsschwelle des Eingangs übersteigen. Die Zählung stark modulierter Signale erfordert sowohl eine beträchtliche Amplitude, als auch eine präzise Einstellung der Triggerschwelle.

Messung von Impulsbreite, Tastverhältnis und H:L-Verhältnis

Bei gewählter Impulsbreitenfunktion setzt das Gerät die Messung der Signalperiode mittels der „capture and continue“ Methode fort. Es kann allerdings die Breite des aktiven Signalteils auf diese Weise nicht erfassen, da notwendigerweise Lücken zwischen den Messungen vorhanden sind, während das Signal im inaktiven Zustand ist. Daher wird stattdessen die Breite mehrerer Einzeltakte mit einer Rate von ca. 1000 Messwerten pro Sekunde gemessen. Es werden bis zu 50 derartige Messungen über die gewählte Torzeit gespeichert, dann der Mittelwert errechnet und das Ergebnis angezeigt. Jeder Messwert hat eine Auflösung von 20 ns, der Mittelwert wird mit einer Auflösung von bis zu 1 ns dargestellt. Die Werte für Tastverhältnis und H:L-Verhältnis (vielleicht besser als Verhältnis von aktiv:inaktiv zu verstehen) werden aus der mittleren Breite und der präzise erfassten Periode berechnet. Die Auflösung in diesen Betriebsarten entspricht so weit wie möglich der wahrscheinlichen Messgenauigkeit.

Verhältnis B:A

Diese Funktion wird durch längeres Drücken der Taste WIDTH / RATIO bei gewähltem Eingang B aktiviert. Die an beiden Eingängen anliegenden Signale werden mit der „capture and continue“ Methode so simultan wie möglich gemessen. Da die einzelnen Messungen am Übergang des jeweiligen Signals enden, finden die beiden Messungen nicht absolut gleichzeitig statt, es sei denn die Signale sind harmonisch verwandt. Dies ist normalerweise kein Problem, sofern die Signale nicht zu stark frequenzmoduliert sind.

Beachten Sie, dass es sich hierbei im Vergleich zum Vorgängermodell (TF830) um eine völlig andere Methode handelt, da zuvor das B-Signal unter Verwendung des A-Signals als Zeitbasis gezählt wurde.

Zeitbasis und Informationen zur Genauigkeit

Die folgenden Informationen dienen zur Bestimmung des möglichen Messfehlers.

Interner Oszillator

Das Gerät besitzt einen internen temperaturkompensierten Quarzoszillator (TCXO), der vom Werk aus mit einem Rubidium-Normal so kalibriert ist, dass die Abweichung nach der Aufwärmphase und bei einer Umgebungstemperatur von 21 °C innerhalb von $\pm 0,2$ ppm (Teile pro Million) liegt. Bei Umgebungstemperaturen über oder unter 21 °C liegt die zusätzliche Abweichung unter ± 1 ppm über den gesamten Betriebsbereich von 5 °C bis 40 °C.

Die Alterungsrate beträgt weniger als ± 1 ppm im ersten Jahr und sinkt in den folgenden Jahren exponentiell. Das empfohlene Kalibrierintervall beträgt 1 Jahr (siehe Wartungskapitel).

Externes Referenzsignal

Falls Messungen mit einer noch höheren Genauigkeit durchgeführt werden sollen, als dies mit dem TCXO möglich ist, kann ein externes 10 MHz Frequenznormal an den externen Referenzeingang angelegt werden. Bei diesem Signal sollte es sich um ein TTL-Signal, 3 Vpp bis 5 Vpp CMOS-Signal, oder um ein Sinussignal (1 bis 2 Vrms) handeln. Das externe Referenzsignal dient zur Phasenregelung des internen Oszillators und muss ein hochpräzises 10 MHz Signal sein. Es ist nicht möglich ratiometrische Messungen durch Anlegen eines nicht standardmäßigen Signals auszuführen. Das Vorhandensein eines externen Referenzsignals ausreichender Amplitude wird automatisch erkannt und eine Phasenregelung versucht. Die Anzeige **Ext Ref** erscheint, wenn eine externe Referenz erkannt worden ist. Beachten Sie, dass der interne Oszillator bei Verwendung eines ungeeigneten Signals seine Normfrequenz verliert und die Messgenauigkeit stark beeinträchtigt wird.

Rauschen

Bei der Messung niederfrequenter Sinuswellen mit geringer Amplitude erzeugt das Rauschen ein Schwanken des angezeigten Messergebnisses. Daher muss die Amplitude des am Eingang anliegenden Signals so groß wie möglich sein. Das Zufallsrauschen des Geräts enthält einen starken Niederfrequenzanteil ($1/f$). Bei Wahl einer längeren Torzeit wird die Auswirkung dieses Rauschens gemindert, sodass der Anwender das Ausmaß der Schwankungen und einen ungefähren Mittelwert erkennen kann. Dieses Verfahren ist u. U. bei Signalen mit extern induzierten intermittierenden bzw. nichtzufälligen Störungen (z. B. durch die Stromversorgung) weniger effektiv.

Signalpegel

In der Regel ist aus den Display-Schwankungen offensichtlich, wenn ein Signal zu schwach ist, um es zuverlässig zu zählen. Bei Frequenzen von etwa 2 GHz an Eingang B und von etwa 5 GHz an Eingang C kann die Auswirkung eines unzureichenden Signalpegels jedoch sehr schwer erkennbar sein. Ein Signal, das 2 oder 3 dB unter der tatsächlichen Schwelle liegt, zeigt z. B. möglicherweise eine Abweichung erst an achter Stelle, die aber so konstant ist, dass sie nicht erkannt wird. Eine absolute Genauigkeit kann nur dann erreicht werden, wenn der Signalpegel den Anforderungen der technischen Daten entspricht, auch wenn das Gerät eigentlich viel empfindlicher ist.

Ferngesteuerter Betrieb

Mit Hilfe der USB-Schnittstelle kann das Gerät durch serielle Datenübertragung über den USB-Anschluss eines Rechners gesteuert werden.

Das Gerät wird mit einer CD geliefert, die Treiber für verschiedene Windows-Versionen enthält. Aktualisierte Treiber sind auf der TTI Website (<http://www.aimtti.com/support>) erhältlich. Die CD enthält zudem eine Textdatei mit Informationen zur Installation der Software.

Das Format der Fernsteuerbefehle, und die Fernsteuerbefehle selbst, werden ausführlich später in diesem Kapitel beschrieben. Die Fernsteuerbefehle des vorherigen Universalzählers TTI TF830 sind auch für das Modell TF960 gültig, so dass vorhandene Programme weiter verwendet werden können. Allerdings ist der TF960 nicht adressierbar, sodass entsprechende ARC-Befehle (Addressable RS232 Control) ignoriert werden.

Ferngesteuerter/Lokaler Betrieb

Nach dem Einschalten befindet sich das Gerät im lokalen Modus, alle Eingaben erfolgen über die Tastatur. Wird ein Befehl empfangen, schaltet das Gerät auf Fernbedienung und die Anzeige **Rem** erscheint. In diesem Modus ist die Tastatur mit Ausnahme der Tasten RESET und OPERATE abgeschaltet, und es werden nur Fernsteuerbefehle abgearbeitet.

Das Gerät kann durch längeres Drücken der Lokal-Taste (RESET) wieder auf lokalen Betrieb umgeschaltet werden, die Anzeige **Rem** erlischt. Dieser Zustand hält so lange an, bis das Gerät wieder adressiert wird oder über die Schnittstelle einen Befehl empfängt. Dann ist es wieder im Remote-Status. Der ferngesteuerte Betrieb kann auch durch Senden des Befehls LOCAL beendet werden.

USB-Schnittstelle

Die USB-Schnittstelle dieses Geräts ist als USB auf UART ausgeführt, um so die Kommunikation mit einem UART im Hauptprozessor auszuführen. Nach Installation der Treiber auf einem PC erscheint das Gerät als normale COM-Schnittstelle, als ob sich das Gerät im PC befinden würde. Dieser COM-Port kann von Windows genau wie jeder andere normale COM-Port angesprochen werden.

Falls abzusehen ist, dass mehr als ein TF960 am gleichen PC angeschlossen werden soll, empfiehlt es sich die Treiber zuerst an einem geeigneten Ort auf der Festplatte zu speichern und sie dann nach Anschluss des ersten Geräts von dort aus zu installieren. Das Betriebssystem kann dann die Treiber finden, ohne dass die CD vorhanden sein muss.

Die Installation der Schnittstellentreiber erfolgt, indem das Gerät über ein normales USB-Kabel an einen PC angeschlossen wird. Durch die „Plug-and-Play“ Funktionalität unter Windows wird die am USB-Port angeschlossene neue Hardware normalerweise automatisch erkannt. Beim erstmaligen Anschluss des Geräts fragt Windows daraufhin nach dem Pfad des entsprechenden Treibers. Es werden zwei Treiberebenen benötigt, sodass die üblichen Windows-Meldungen zweimal erscheinen. Nach korrekter Eingabe der entsprechenden Informationen installiert Windows nun die geeigneten Treiber und richtet im PC einen COM-Port ein. Die Nummer des neuen COM-Ports richtet sich nach der Zahl der bereits vorhandenen COM-Schnittstellen im PC.

Hinweis: Falls die „Plug-and-Play“ Funktion meldet, dass bereits eine neuere Version des Treibers installiert ist, **behalten Sie diesen bitte bei**; das TF960 wird mit dem neueren Treiber ordnungsgemäß funktionieren.

Die PC-Software nutzt den in jedem Gerät enthaltenen eindeutigen Code zur Verbindung mit derselben COM-Port-Nummer unabhängig vom physikalischen USB-Port, an den es angeschlossen ist. Beim erstmaligen Anschluss eines weiteren Geräts erscheint wieder die Aufforderung zur Installation der Treiber und es wird eine andere COM-Port-Nummer zugewiesen.

Die Betriebsparameter des COM-Ports müssen den Anforderungen des Geräts entsprechen: Baudrate 115200, 8 Bits, keine Parität. Die Standardwerte sind auf der Eigenschaftenseite im Geräte-Manager eingerichtet. Viele Datenübertragungsprogramme ändern jedoch die Standardeinstellungen, sodass diese ggf. neu konfiguriert werden müssen.

RS232-Fernbedienungsformate

Der serielle Eingang in das Gerät wird in einer Eingangsschlange gepuffert. Diese wird über Interrupts in einer für alle anderen Geräteoperationen transparenten Art gefüllt. Das Gerät sendet XOFF, wenn die Schlange beinahe voll ist. Danach wird XON gesendet, wenn ausreichend Platz zum Empfang weiterer Daten in der Schlange verfügbar geworden ist. Diese Schlange enthält die „Rohdaten“ (syntaktisch noch nicht analysiert), die der Parser nach Bedarf übernimmt. Befehle (und Abfragen) werden der Reihe nach ausgeführt, und der Parser startet einen neuen Befehl erst, wenn der vorherige Befehl bzw. die vorherige Abfrage vollständig abgeschlossen ist. Antworten auf Befehle oder Abfragen werden sofort gesendet; es gibt keine Ausgabeschlange.

Befehle müssen in der Form gesendet werden, die in der Befehlsliste festgelegt ist, und immer mit dem Befehlsabschlusscode 0AH (Line Feed, LF) enden. Befehle können in Gruppen gesendet werden, wenn die einzelnen Befehle durch den Code 3BH (;) voneinander getrennt sind. Die Gruppe muss mit dem Befehlsabschlusscode 0AH (Line Feed, LF) enden.

Antworten vom Gerät an den Controller werden in der Form gesendet, die in der Befehlsliste festgelegt ist. Jede Antwort muss mit einem <RESPONSE MESSAGE TERMINATOR> enden, d.h. dem Code 0DH (Carriage Return, CR), gefolgt von 0AH (Line Feed, LF).

WHITE SPACE> ist mit den Zeichencodes 00H bis einschließlich 20H definiert, mit Ausnahme des Codes für LF „Zeilenvorschub“ (0AH). <WHITE SPACE> wird ignoriert, außer bei Befehlsunterscheidung, d. h. '*I DN?' ist nicht gleich '*IDN?'. Bei allen Zeichen wird das höchste Bit ignoriert. Die Befehle unterscheiden nicht zwischen Groß-/Kleinschreibung.

Jede Abfrage führt zu einer bestimmten <RESPONSE MESSAGE>. Diese Meldungen sind zusammen mit den Abfragebefehlen in der Liste der Fernsteuerbefehle aufgeführt.

Befehlsliste

In diesem Abschnitt sind alle Befehle und Abfragen für dieses Gerät aufgeführt. Die Befehle des TF830, die allesamt für dieses Gerät zur Verfügung stehen, sind auf der rechten Seite der Fernsteuerbefehlsliste (folgendes Kapitel) mit "TF830" markiert.

Jeder Befehl wird vollständig abgearbeitet, bevor der nächste Befehl gestartet wird.

Folgende Nomenklatur wird verwendet:

<rmt>	<RESPONSE MESSAGE TERMINATOR> (Antwortabschluss)
<c>	Einzelnes Zeichen, entweder Ziffer oder Buchstabe.
<nr1>	Eine Ganzzahl.

Funktionswahl

F<c> Setzt die Messfunktion auf <c>, wobei c folgenden Funktionen entspricht:

0	Eingang B Periode
1	Eingang A Periode
2	Eingang A Frequenz
3	Eingang B Frequenz
4	Frequenzverhältnis B:A
5	Eingang A Impulsbreite High
6	Eingang A Impulsbreite Low
7	Eingang A Zählwert
8	Eingang A Verhältnis H:L
9	Eingang A Tastverhältnis
C	Eingang C Frequenz
D	Eingang C Periode

Die neue Funktion wird sofort übernommen und eine neue Messung gestartet.

AC Eingang auf AC-Kopplung setzen.

DC Eingang auf DC-Kopplung setzen.

Z1 Eingang A auf 1 M Ω Eingangsimpedanz setzen.

Z5 Eingang A auf 50 Ω Eingangsimpedanz setzen.

A1 Eingang auf 1:1 Dämpfung setzen.

A5 Eingang auf 5:1 Dämpfung setzen.

ER Steigende Flanke des Signals zum Messbeginn verwenden.

EF Fallende Flanke des Signals zum Messbeginn verwenden.

FI Tiefpassfilter aktivieren.

FO Tiefpassfilter deaktivieren.

Wenn der Remote-Status zuerst aktiviert wird, bleibt das Filter im gleichen Zustand, der für den lokalen Betrieb galt. Wenn der Remote-Status deaktiviert wird, bleibt die jeweilige Filtereinstellung erhalten.

L Niederfrequenzbetrieb. Gilt nur für TF830. Befehl wird akzeptiert, jedoch vom TF960 ignoriert, da bei DC-Kopplung automatisch auf Niederfrequenzbetrieb geschaltet wird.

Grenzwertbefehle

TO <nr1> Mit AC-Kopplung verwenden. Der Grenzwert wird automatisch auf den mittleren Pegel der zu messenden Wellenform eingestellt. Dies geschieht mit einem Offset von <nr1> mV, wobei <nr1> eine Zahl im Bereich -60 bis +60 ist; Bei Weglassen des Vorzeichens wird davon ausgegangen, dass, <nr1> ein positiver Wert ist.

TO? Rückmeldung des aktuellen **TO** Grenzwerts im Format SnnnmV<rmt>, wobei S das Vorzeichen, nnnn die Triggerspannung in mV und mV die Einheiten spezifiziert. S ist nur vorhanden, wenn das Vorzeichen negativ ist.

TT <nr1> Mit DC-Kopplung verwenden. Grenzwertpegel wird auf <nr1> mV eingestellt, wobei <nr1> eine Zahl im Bereich -300 bis +2100 ist; Bei Weglassen des Vorzeichens wird davon ausgegangen, dass, <nr1> ein positiver Wert ist.

TT? Rückmeldung des aktuellen **TT** Grenzwerts im Format $SnnnnmV<rmt>$, wobei S das Vorzeichen, nnnn die Triggerspannung in mV und mV die Einheiten spezifiziert. S ist nur vorhanden, wenn das Vorzeichen negativ ist.

Die Werte für **TT** und **TO** setzen eine Eingangsdämpfung von 1:1 voraus; bei einer Dämpfung von 5:1 multipliziert sich der eingestellte Wert x 5 um den effektiven Pegel zu erhalten.

TA Mit DC-Kopplung verwenden. Der Schwellenwert wird auf automatisches Triggern eingestellt. Dabei passt sich der Grenzwert automatisch an den mittleren Pegel der zu messenden Wellenform an (kein Offset).

In allen Fällen wird der Schwellenwert unabhängig von der Stellung des Reglers auf der Gerätevorderseite eingestellt. Nach Aktivierung des ferngesteuerten Betriebs entspricht der Triggerpegel der Einstellung auf der Gerätevorderseite (mit den Befehlen **TO?** oder **TT?** lässt sich dieser Wert auslesen, je nachdem ob AC-oder DC-Kopplung gewählt ist). Nach Deaktivierung des ferngesteuerten Betriebs kehrt der Triggerpegel wieder auf die Einstellung des Reglers auf der Gerätevorderseite zurück. Obwohl die Auflösung in den mV-Bereich reicht, kann der tatsächliche Wert aufgrund von Offsets im Gerät nur annähernd korrekt sein. Dies ist für Einstellung standardmäßiger Logiksignale ausreichend präzise, wird jedoch maximale Empfindlichkeit für schwache Signale bei DC-Kopplung gefordert, so muss etwas experimentiert werden.

Die Verwendung von **TO <nr1>** mit DC-Kopplung bzw. von **TT <nr1>** mit AC-Kopplung kann zu unerwarteten Ergebnissen führen. Der Anwender muss selbst dafür sorgen, dass die Einstellungen zueinander passen und auf die jeweilige Messung abgestimmt sind.

Für **TA** muss der Anwender zuerst die DC-Kopplung aktivieren. **TA** kann nützlich sein, um automatisch eine brauchbare Triggerschwelle für niederfrequente Signale, die eine DC-Kopplung erfordern, oder für hochfrequente Schwingungen mit sehr kleinem Tastverhältnis zu finden. Es gibt hierfür keine entsprechende Einstellung auf der Gerätevorderseite.

TC Triggerpegel Mitte.

TN Triggerpegel negative Flanke.

TP Triggerpegel positive Flanke.

Diese drei Befehle dienen lediglich der Kompatibilität mit dem TF830 und dienen zur Einstellung der Triggerschwelle auf eine der drei Preset-Einstellung bei Fernsteuerung dieses Geräts. 'Mitte' entspricht der Mittenstellung des Grenzwertreglers (AC-Position). 'Negative Flanke' und 'positive Flanke' entsprechen jeweils -60 mV und +60 mV bei aktivierter AC-Kopplung (einzig mögliche Kopplung für den TF830).

Messbefehle

M<c> Setzt die Messzeit auf <c>, wobei c folgenden Zeiten entspricht:

- | | |
|---|-------|
| 1 | 0,3 s |
| 2 | 1 s |
| 3 | 10 s |
| 4 | 100 s |

Die neue Messzeit wird sofort übernommen und eine neue Messung gestartet.

E? Jeden Messwert abfragen. Die Messergebnisse werden kontinuierlich im Intervall der Messzeit gesandt (0,3 s, 1 s, 10 s oder 100 s). Da es sich hierbei um Messzeit-Intervalle handelt, sind alle Ergebnisse gültige Messungen. Wird durch <STOP> oder einen beliebigen anderen Befehl gestoppt.

- ? Messwerte kontinuierlich abfragen. Die Messergebnisse werden kontinuierlich so schnell gesandt wie die LCD für die gewählte Messzeit aktualisiert wird – alle 2 s, 1 s, 0,5 s oder 0,3 s bei Messzeiten von jeweils 100 s, 10 s, 1 s oder 0,3 s. Die Messergebnisse werden gesandt, ganz gleich ob die **<Measure>** Meldung blinkt oder nicht, d. h. die Messung ist u. U. nicht gültig. Wird durch **<STOP>** oder einen beliebigen anderen Befehl gestoppt.
- N?** Nächsten Messwert abfragen. Messwert bei der nächsten Aktualisierung der LCD-Anzeige, vorausgesetzt die Meldung **<Measure>** blinkt nicht, d. h. bei der nächsten gültigen Messung.
- ? Aktuellen Messwert abfragen. Die Messergebnisse werden bei der nächsten Aktualisierung der LCD-Anzeige gesandt, ganz gleich ob die **<Measure>** Meldung blinkt oder nicht, d. h. die Messung ist u. U. nicht gültig.

Das Antwortformat ist bei allen Anfragen gleich:

NNNNNNN.NNNeSEuu<rmt>

Es gilt:

NN.N ist der angezeigte Messwert mit Dezimalkomma an entsprechender Stelle (11 N Zeichen).

e ist der Buchstabe e als Exponent.

S ist ein Plus- oder Minuszeichen zur Angabe des Vorzeichens des Exponenten.

E ist der Exponentenwert für die Antwort in Hz oder Sekunden

uu gibt die Einheit an: Hz, s, %, oder __; _ ist ein Zwischenraum (2 Zeichen)

Wenn keine Messung durchgeführt wird und die Anzeige auf Null steht, lautet die Antwort:

0000000000.e+0_<rmt>

- STOP** Verhindert, dass weitere Messergebnisse als Antwort auf E? oder C? gesandt werden. Jeder andere Befehl verhindert ebenfalls, dass weitere Messergebnisse gesandt werden und führt zur Ausführung des jeweiligen Befehls.

Sonstige Befehle

- *IDN?** Rückmeldung der Geräteerkennung mit dem Format <name>, <model>, 0, <version> <rmt>, wobei <name> der Name des Herstellers ist, <model> den Typ des Gerätes zeigt und <version> der Stand der installierten Firmware ist.
- I?** Kennung abfragen. Gibt nur die Modellnummer des Geräts aus.
- *RST** Setzt das Gerät auf die Standardwerte beim Einschalten zurück *und* setzt den Triggerpegel auf Mittelstellung für AC-Kopplung. Leert zusätzlich I/O-Warteschlangen der Remote-Funktion und löscht den Fehlerstatus.
- R** Setzt die Messung zurück. Führt den gleichen Vorgang aus, als ob unter den gleichen Bedingungen die RESET Taste gedrückt wurde.
- S?** Statusabfrage Gibt den Status des Geräts aus. Diese Antwort wird sofort gesendet. Das Antwortformat ist xy<rmt>, wobei x und y numerische Ziffern im ASCII Format sind. Die erste Ziffer ist das Status-Byte mit einem signifikanten Bit-Wert von 0 bis 7. Dabei haben die einzelnen Bits folgende Bedeutung:
- bit 0 Externes Normal angeschlossen.
 - bit 1 Ein Fehler ist aufgetreten.
 - bit 2 Ein kontinuierlich aktualisiertes Bit zeigt an, dass das Eingangssignal gezählt wird. Dadurch ist aber nicht unbedingt garantiert, dass das Signal ausreichend stark ist, um ein präzises Ergebnis zu erhalten.

Das zweite Byte enthält die Fehlernummer des zuletzt aufgetretenen Fehlers. Dieser Wert wird nach jeder Statusabfrage auf Null gesetzt. Die Fehlernummern haben folgende Bedeutung:

0 Seit der letzten Statusabfrage ist kein Fehler aufgetreten.

1 Syntaxfehler im Befehl – ein oder mehrere Befehle wurden ignoriert.

LOCAL Setzt das Gerät auf den lokalen Betrieb zurück und gibt die Tastatur frei.

UD
<data> Anwenderdaten speichern; maximale Stringlänge 250 Zeichen. Dieser String kann jedes Zeichen zwischen 20H und FFH einschließlich enthalten mit Ausnahme von 3BH (;). Kann als Datenstring zwecks Identifizierung oder für Informationen über das Gerät verwendet werden. Die Abfrage erfolgt über den Befehl **UD?**. Beispielsweise für Seriennummer, Fälligkeitsdatum der Kalibrierung, Besitzername usw..

UD? Gibt die gespeicherten Anwenderdaten aus.

Zusammenfassung der Fernbedienungsbefehle

Die Befehle des TF830, die allesamt für dieses Gerät zur Verfügung stehen, sind rechts mit "TF830" markiert.

F0	Eingang B Periode.	
F1	Eingang A Periode.	TF830
F2	Eingang A Frequenz.	TF830
F3	Eingang B Frequenz.	TF830
F4	Frequenzverhältnis B:A.	TF830
F5	Eingang A Impulsbreite High.	TF830
F6	Eingang A Impulsbreite Low.	TF830
F7	Eingang A Zählwert.	TF830
F8	Eingang A Verhältnis H:L.	
F9	Eingang A Tastverhältnis.	
FC	Eingang C Frequenz	
FD	Eingang C Periode	
AC	Eingang A, AC-Kopplung.	
DC	Eingang A, DC-Kopplung.	
Z1	Eingang A, 1 M Ω Eingangsimpedanz.	
Z5	Eingang A, 50 Ω Eingangsimpedanz.	
A1	Eingang A, 1:1 Dämpfung.	
A5	Eingang A, 5:1 Dämpfung.	
ER	Steigende Flanke (nur Eingang A).	
EF	Fallende Flanke (nur Eingang A).	
FI	Filter Ein (nur Eingang A).	TF830
FO	Filter Aus (nur Eingang A).	TF830
L	Niederfrequenzbetrieb.	TF830
TT <nr1>	Triggerschwelle auf nnnn mV (-300 bis +2100 mV) setzen. DC-Kopplung.	
TO <nr1>	Trigger autom. (Mittelwert), mit Offset von nn mV (-60 bis +60 mV). AC-Kopplung.	

Werte gelten für 1:1 Dämpfung; bei 5:1 Dämpfung muss der Grenzwert mit 5 multipliziert werden.

TO?	Rückmeldung des aktuellen TO Grenzwerts in mV	
TT?	Rückmeldung des aktuellen TT Grenzwerts in mV	
TA	Trigger autom. (Mittelwert, ohne Offset). Zuerst auf DC-Kopplung einstellen.	
TC	Trigger Mitte.	TF830
TP	Trigger Positiv.	TF830
TN	Trigger Negativ.	TF830
M1	Messzeit 0,3 s.	TF830
M2	Messzeit 1 s.	TF830
M3	Messzeit 10 s.	TF830
M4	Messzeit 100 s.	
E?	Jeden Messwert abfragen.	TF830
C?	Messwerte kontinuierlich abfragen.	
N?	Nächsten Messwert abfragen.	TF830
?	Aktuellen Messwert abfragen.	TF830
STOP	Verhindert das Senden weiterer Messergebnisse.	
I?	Kennung abfragen. Gibt nur die Modellnummer des Geräts aus.	TF830
*IDN?	Geräteerkennung. Gibt die vollständige Geräteerkennung an.	
R	Setzt die Messung zurück.	TF830
*RST	Gerät auf Standardeinstellungen zurücksetzen.	
S?	Statusabfrage.	TF830
LOCAL	Setzt das Gerät auf den lokalen Betrieb zurück.	
UD <data>	Anwenderdaten speichern.	
UD?	Rückmeldung von <data>.	

Wartung

Die Hersteller oder ihre Vertretungen bieten einen Reparaturdienst für fehlerhafte Geräte an. Falls Anwender Wartungsarbeiten selbst durchführen möchten, sollten sie nur geschultes Personal damit beauftragen. Für diese Arbeiten sollte das Servicehandbuch zu Hilfe genommen werden, das direkt beim Hersteller der Geräte oder dessen Vertretungen bezogen werden kann.

Kalibrierung

Zum Zeitpunkt der Lieferung entspricht die Kalibrierung den technischen Daten. Es wird jedoch eine jährliche Neukalibrierung empfohlen um die hohe Genauigkeit dieses Messgeräts zu erhalten. Diese Neukalibrierung kann ohne Demontage des Geräts unter Verwendung eines geeigneten, präzisen Frequenznormals durchgeführt werden. Weitere Informationen finden Sie in den Wartungsinformationen.

Reinigung

Verwenden Sie zur Reinigung des Geräts ein leicht mit Wasser oder einem milden Reinigungsmittel angefeuchtetes Tuch.

WARNUNG! ZUR VERMEIDUNG VON STROMSCHLÄGEN ODER BESCHÄDIGUNGEN DES GERÄTS DARF KEIN WASSER IN DAS GEHÄUSE GELANGEN. DAS GERÄT NICHT MIT LÖSUNGSMITTELN REINIGEN, UM SCHÄDEN AM GEHÄUSE ZU VERMEIDEN.



Thurlby Thandar Instruments Ltd.

Glebe Road • Huntingdon • Cambridgeshire • PE29 7DR • England (United Kingdom)

Telephone: +44 (0)1480 412451 • Fax: +44 (0)1480 450409

International web site: www.aimtti.com • UK web site: www.aimtti.co.uk

Email: info@aimtti.com