

HANDBUCH

PTP270PEX

IEEE1588-2008 Einsteckkarte

22. November 2012

Meinberg Funkuhren GmbH & Co. KG

Inhaltsverzeichnis

1	Impressum	1
2	Allgemeines	2
2.1	Inhalt des USB Sticks	2
2.2	Betriebsart der PTP - Karte	2
2.3	Eigenschaften der Karte PTP270PEX	3
2.4	Puls- und Frequenzgänge	3
2.5	Time Capture Eingänge	3
2.6	Asynchrone serielle Schnittstelle	3
2.7	Blockdiagramm PTP270PEX	4
3	Precision Time Protocol (PTP) / IEEE1588	5
3.1	IEEE1588 PTP Time Stamp Unit	5
3.2	Funktionsweise in Master-Systemen	6
3.3	Funktionsweise in Slave-Systemen	6
3.4	PTPv2 IEEE 1588-2008 Konfigurationsanleitung	7
3.4.1	Allgemeine Optionen	7
3.4.2	Netzwerk - Layer 2 oder Layer 3	7
3.4.3	Multicast oder Unicast	7
3.4.4	Two-Step oder One-Step	8
3.4.5	End-To-End (E2E) oder Peer-To-Peer (P2P) Delay Messungen	8
3.4.6	Einstellungsempfehlungen	8
3.4.7	Nachrichtenintervalle	9
3.4.8	ANNOUNCE Messages	9
3.4.9	SYNC/FOLLOWUP Messages	9
3.4.10	(P)DELAY_REQUEST Messages	10
3.4.11	HQ Filter	10
4	PCI Express (PCIe)	11
5	Einbau und Konfiguration der PTP Karte	12
5.1	Belegung des 9-poligen Steckers	12
5.2	Einbau der PTP Karte in einen Computer	12
6	Anschlüsse und LEDs im Rückwandblech	13
7	Allgemeines zu Zeitcodes	14
7.1	Funktionsweise des Zeitcode-Generators	14
7.2	Generierte Zeitcodes	14
7.3	IRIG - Standardformat	15
7.4	AFNOR - Standardformat	16
7.5	Belegung des CF Segmentes beim IEEE1344 Code	17
8	Technische Daten PTP270PEX	18
8.1	CE-Kennzeichnung	19

1 Impressum

Meinberg Funkuhren GmbH & Co. KG

Lange Wand 9, D-31812 Bad Pyrmont

Telefon: 0 52 81 / 93 09 - 0

Telefax: 0 52 81 / 93 09 - 30

Internet: <http://www.meinberg.de>

Email: info@meinberg.de

Datum: 22.11.2012

2 Allgemeines

Die Computer Einsteckkarte PTP270PEX wird als PTP Slave in IEEE 1588-2008 (PTPv2) kompatiblen Netzwerken eingesetzt. Die Karte kann zur Synchronisation der Rechnerzeiten mit einer PTP Grandmaster Uhr (zum Beispiel LANTIME M600/GPS/PTP) verwendet werden.

Die Rechner-Einsteckkarte PTP270PEX dient der Synchronisation von Rechnersystemen mit PCI Express Bus Schnittstelle. Die Zeitinformation erhält die Karte von einer IEEE1588-2008 PTP Grandmaster Clock, wie z.B. dem LANTIME M600/GPS/PTP über eine Netzwerkverbindung. Komplexe GPS-Antennenverkabelungen zu jedem Computer sind mit PTP nun nicht mehr notwendig.

Der PTP Stack läuft vollständig auf dem integrierten Einplatinenrechner, so dass die bereits dekodierte hochgenaue Zeit über die PCI Express Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden kann. Dadurch kann der Standard Meinberg Treiber für den Zugriff auf die Karte verwendet werden ohne das zusätzliche PTP spezifische Software auf dem Rechner installiert werden muss.

Der IRIG Ausgang kann dazu verwendet werden, weitere Computer mit sehr hoher Genauigkeit zu synchronisieren, auch wenn keine Netzwerkverbindung zwischen ihnen existiert. Dafür reicht ein Zeitcodeempfänger (TCR511PCI, TCR511PEX) aus.

Die Karte ist auf Zeitsynchronisation spezialisiert und kann nicht gleichzeitig als Netzwerkkarte verwendet werden.

2.1 Inhalt des USB Sticks

Der mitgelieferte USB Stick enthält unter anderem ein Treiberprogramm, welches in gleichmäßigen Zeitabständen die Systemzeit des Rechners mit der empfangenen PTP - Zeit synchronisiert. Falls der aktuell mitgelieferte USB Stick kein Treiberprogramm für das verwendete Betriebssystem beinhaltet, so kann dieses aus dem Internet kostenlos heruntergeladen werden unter:

<http://www.meinberg.de/german/sw/>



Sofern auf dem mitgelieferten Stick nicht vorhanden, sind unter dieser Adresse auch die Beschreibungen zu den einzelnen Treiberprogrammen verfügbar.

2.2 Betriebsart der PTP - Karte

Die eingesetzte Zeitstempereinheit (TSU - Time Stamp Unit), die in einem FPGA (Field Programmable Gate Array, programmable logic device) integriert ist, überwacht die Datenübertragung über die MII Schnittstelle zwischen dem PHYceiver (physikalische Verbindung zum Netzwerk) und dem Ethernet Controller (MAC) von der PTP270PEX. Wenn ein valides PTP Paket erkannt wird, setzt die TSU einen Zeitstempel, welcher vom Single Board Computer, auf dem der PTP Stack läuft, generiert wird.

Nachdem eine gültige Zeitinformation von einem PTP Master dekodiert wurde, setzt das System seine eigenen PTP Sekunden und Nanosekunden - in Bezug zur PTP Zeit des Masters. Der PTP Offset, der von der PTP Treibersoftware des Single Board Computers errechnet wird, wird zur Justierung des Oscillators der PTP270PEX verwendet.

2.3 Eigenschaften der Karte PTP270PEX

Das Modul PTP270PEX stellt eine hochgenaue Zeitbasis zur Verfügung (TCXO oder OCXO) - mit mehreren Ausgängen für 10MHz, PPS und IRIG Zeitcode - synchronisiert durch eine IEEE 1588 Grandmaster Uhr. Drei vom Benutzer einstellbare Ausgänge für 1 PPS, 10MHz und unmodulierten IRIG Zeitcode können konfiguriert werden. Dazu sind noch zwei Capture Eingänge integriert, um hochgenaue Zeitstempel von externen Ereignissen zu erhalten. Ein vereinfachtes LINUX Betriebssystem ist auf der Flash Disk des Single Board Computers installiert.

2.4 Puls- und Frequenzausgänge

Der Puls-Generator der PTP270PEX stellt drei unabhängige Kanäle (PPO0, PPO1, PPO2) zur Verfügung. Diese TTL Ausgänge können über einen DIL Schalter auf die Stifte des 9-poligen Steckers, auf dem Rückwandblech der Karte, geschaltet werden. Der Pulsausgang ist in der Lage ein PPS Signal (Puls Per Second) oder 10MHz Standard - Frequenz zur Verfügung zu stellen. Diese Signale werden mit dem Überwachungsprogramm konfiguriert.

2.5 Time Capture Eingänge

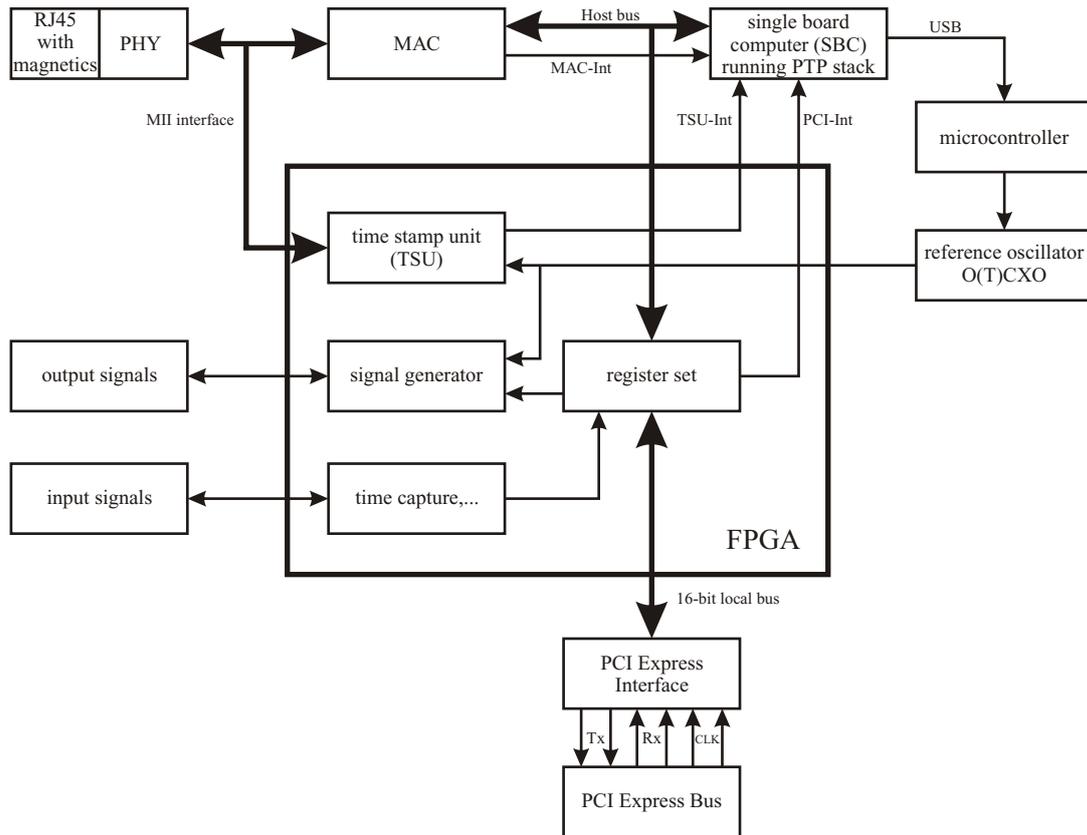
Zwei Anschlüsse der 9-poligen Buchse im Rückwandblech können über einen DIL-Schalter zu TTL-Eingängen (CAP0 und CAP1) gemacht werden, mit denen beliebige Ereignisse zeitlich festgehalten werden können. Wenn an einem dieser Eingänge eine fallende TTL-Flanke erkannt wird, speichert der Mikroprozessor die Nummer des Eingangs und die aktuelle Zeit in einem Pufferspeicher, der bis zu 500 Einträge aufnehmen kann. Die Capture-Ereignisse können mit Hilfe des Monitorprogramms angezeigt oder über die serielle Schnittstelle COM1 ausgegeben werden.

Durch den Pufferspeicher kann entweder eine zeitlich begrenzte, schnelle Folge von Ereignissen (Intervall bis hinunter zu 1.5 msec) oder eine dauernde Folge von Ereignissen mit niedrigerer Wiederholzeit (abhängig von der Übertragungsrate von COM1) aufgezeichnet werden. Der Ausgabestring besteht aus ASCII-Zeichen, eine genaue Beschreibung ist hinten in diesem Handbuch zu finden. Falls der Pufferspeicher überläuft, wird eine Meldung („** capture buffer full“ ausgegeben, falls der Zeitabstand zwischen zwei Ereignissen am selben Eingang zu gering ist, wird die Meldung „** capture overrun“ angezeigt und gesendet.

2.6 Asynchrone serielle Schnittstelle

Eine asynchrone serielle Schnittstelle (RS232) COM0 ist für den Benutzer, über den SUB-D Stecker auf dem Rückwandblech der Karte, verfügbar. Im voreingestellten Betriebsmodus ist der serielle Ausgang solange nicht verfügbar, bis die interne Zeitbasis zum PTP Grandmaster synchronisiert ist. Darüberhinaus kann diese Schnittstelle aber so eingestellt werden, dass sie sofort nach dem Hochfahren des Systems erreichbar ist. Das Überwachungsprogramm kann eingesetzt werden, um die Übertragungsgeschwindigkeit, Framing und die Betriebsart der seriellen Schnittstelle zu konfigurieren. Außerdem wird mit diesem Programm bestimmt, ob Zeitstrings (einmal pro Sekunde, einmal pro Minute, auf Anfrage - mit ASCII 'j) oder Capture Strings (automatisch, wenn verfügbar oder auf Anfrage) übertragen werden. Das Format der ausgehenden Strings ist ASCII, mehr darüber im Kapitel technische Details am Ende dieses Handbuchs.

2.7 Blockdiagramm PTP270PEX



3 Precision Time Protocol (PTP) / IEEE1588

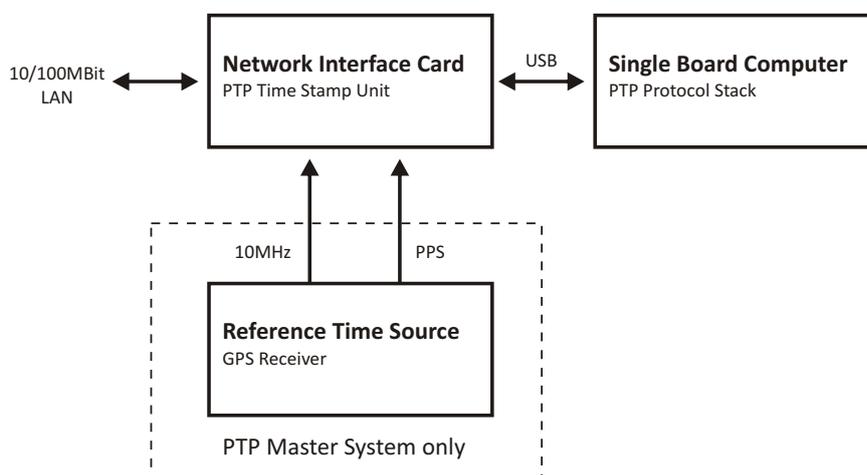
PTP/IEEE1588 ist ein Zeitsynchronisationsprotokoll, das Sub-Mikrosekunden-Genauigkeit über ein Standard-Ethernet-Kabel ermöglicht. Dieser Genauigkeitsgrad wird dadurch erreicht, dass die für PTP/IEEE1588 verwendeten Netzwerk-Ports mit einer sogenannten Hardware-Timestamping-Unit erweitert werden. Diese Komponente ermittelt sehr genau den Zeitpunkt, zu dem ein PTP Netzwerkpaket versendet bzw. empfangen wurde. Das auf Multicast- oder Unicast Paketen basierende Netzwerkprotokoll berücksichtigt diese Zeitstempel bei der Kompensation der Laufzeiten von Synchronisationspaketen und erreicht so die oben angegebene Genauigkeit.

Anders als z.B. NTP gibt es bei PTP lediglich eine Zeitquelle. Die sogenannte Grandmaster Clock ist der einzige Zeitgeber und wird von allen PTP Clients (Slave Clocks) als Zeitquelle verwendet. Sind zwei oder mehr Grandmaster Clocks in einem Netzwerk vorhanden, wird mittels eines im Standard festgelegten Algorithmus ermittelt, wer als Grandmaster Clock verwendet wird. Dieser „Best Master Clock“ (BMC) Algorithmus ist bei allen PTP Systemen identisch, daher werden alle PTP/IEEE1588 konformen Systeme die gleiche Grandmaster Clock auswählen. Die verbleibenden nicht ausgewählten Grandmaster Clocks gehen in den sogenannten Passiv-Modus und senden keine Synchronisationspakete, solange die aktive Grandmaster Clock diese „Sync-Messages“ versendet.

Die verwendete Netzwerk-Infrastruktur ist von entscheidender Bedeutung und nimmt großen Einfluss auf die erreichbare Genauigkeit eines PTP/IEEE1588 Netzwerks. Bei asymmetrischen Laufzeiten verschlechtert sich die Genauigkeit, daher sind Standard-Switches nicht so sehr für den Einsatz in PTP-Netzwerken geeignet. Die Store-And-Forward Technologie dieser Geräte läßt die Durchlaufzeiten der Netzwerkpakete lastabhängig teilweise dramatisch schwanken und erschwert dadurch die Laufzeit-Kompensation erheblich. Durch Einsatz des HQ-Filters (siehe entsprechendes Kapitel) können diese Schwankungen eliminiert werden. Einfache Hubs mit zumindest fixen Durchlaufzeiten dagegen stellen kein Problem dar. In größeren Netzwerken helfen spezielle Switches mit PTP/IEEE1588 Funktionalität dabei, die möglichen Genauigkeitsklassen zu erreichen. Diese Komponenten fungieren als sogenannte „Boundary Clocks“ (BC) oder „Transparent Clocks“ (TC) und gleichen die internen Laufzeiten durch eigene Timestamping-Units aus, in dem sie im „Boundary Clock“-Modus gegenüber der Grandmaster Clock als Slave (Client) agieren und den angeschlossenen Slaves selbst als Grandmaster erscheinen. Im „Transparent Clock“-Modus wird dem Sync-Paket beim Durchlaufen des Switches die Verweildauer („Residence Time“) innerhalb des Switches als Korrekturwert mitgegeben. Intern wird die Zeitskala TAI (siehe Zeitskala in Global Parameters) verwendet.

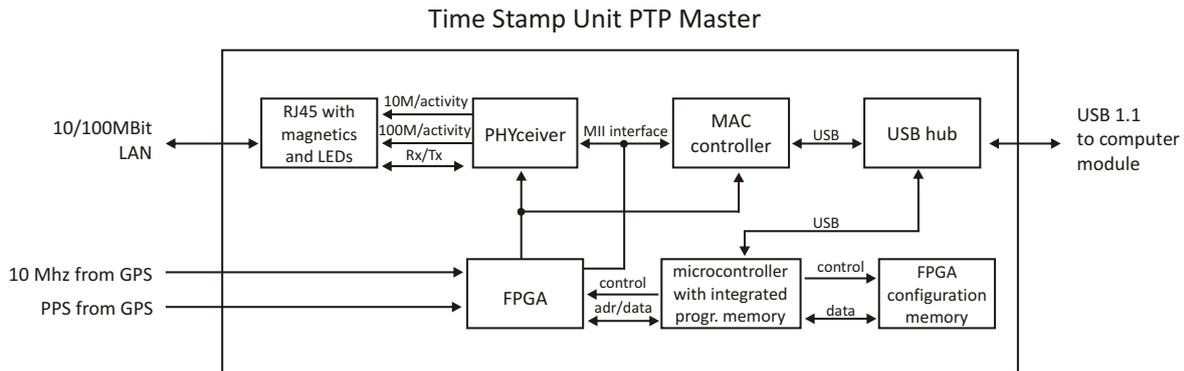
3.1 IEEE1588 PTP Time Stamp Unit

Die integrierte PTP Baugruppe (10/100 MBit) beinhaltet eine integrierte Time Stamp Unit zur Gewinnung von Zeitstempeln in IEEE1588 (PTP) kompatiblen Netzwerken. In Verbindung mit einem Single Board Computer und einer Referenzzeitquelle (nur PTP Master) bildet sie je nach Bestückungsvariante ein PTP Master- oder Slave System:



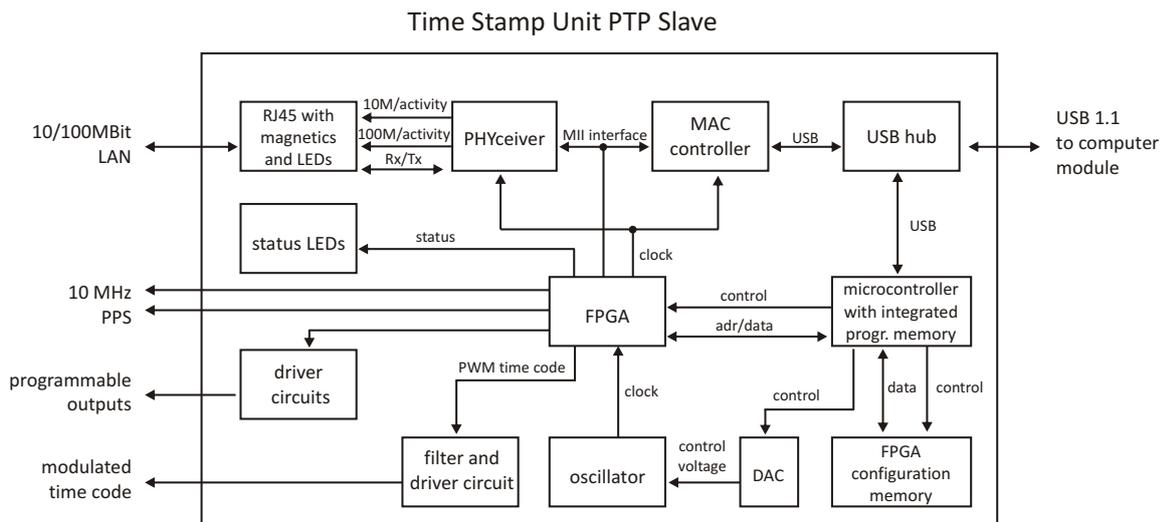
Die in einem FPGA (Field Programmable Gate Array, programmierbarer Logikschaltkreis) integrierte Time Stamp Unit überprüft den Datenverkehr auf dem MII-Interface zwischen dem PHYceiver (Baustein, welcher die physikalische Anbindung an das Netzwerk vornimmt) und dem Ethernet Controller (MAC) der Baugruppe. Wird ein gültiges PTP Paket erkannt, nimmt die Time Stamp Unit einen Zeitstempel, welcher von einem Linux-basiertem Single Board Computer ausgelesen wird und vom darauf laufenden PTP Protokollstack verarbeitet wird. Der allgemeine Datenverkehr für Status und Konfigurationsnachrichten zwischen PTP Modul und Hauptrechner erfolgt über eine USB-Verbindung.

3.2 Funktionsweise in Master-Systemen



Nach dem Systemstart übernimmt das Modul einmalig die absolute Zeit (PTP Sekunden) einer Referenzzeitquelle (GPS-Funkuhr) und der PTP Nanosekunden Anteil wird auf Null gesetzt. Ist der Oszillator der GPS-Funkuhr eingeschwungen, wird das Rücksetzen der Nanosekunden wiederholt, wodurch eine maximale Abweichung von 20 nsec zwischen dem Sekundenimpuls (PPS) der GPS-Funkuhr und dem PTP Master erreicht wird. Der Referenztakt der PTP Baugruppe (50 MHz) wird über eine PLL des FPGA aus dem Takt des GPS-disziplinierten Oszillators der Funkuhr gewonnen, wodurch eine starre Anbindung der Time Stamp Unit an das GPS-System erreicht wird.

3.3 Funktionsweise in Slave-Systemen



Nach dem Einschalten wartet das System solange, bis eine gültige Zeit von einem PTP Master empfangen wurde und setzt dann seine eigenen PTP Sekunden und Nanosekunden. Der vom PTP Treiber des Computersystems ermittelte PTP Offset wird genutzt, um den Masteroszillator der TSU-USB einzuregeln. Hierdurch wird eine hohe Genauigkeit der vom PTP Slave generierten Ausgangssignale (10 MHz/PPS/IRIG) erreicht, da diese direkt vom Oszillator der TSU-USB abgeleitet werden.

3.4 PTPv2 IEEE 1588-2008 Konfigurationsanleitung

Eine der wichtigsten Aufgaben innerhalb eines Netzwerk Zeitsynchronisationsprojekts ist die Konfiguration der Geräte innerhalb einer PTP Infrastruktur. Die Einstellungen der beteiligten PTP Grandmaster Uhren als Zeitquellen und den Endgeräten („Slaves“) müssen zueinander passen, um spätere Probleme bei der Synchronisation im produktiven Einsatz zu vermeiden. Zusätzlich dazu müssen bei der Verwendung von weiteren PTP kompatiblen Netzwerkkomponenten, wie Switche, die PTP Einstellungen ebenfalls kompatibel sein.

Es ist daher sehr wichtig im Vorfeld Entscheidungen zu treffen, wie die Kommunikation zwischen den Geräten stattfinden soll. Die wesentlichen Punkte sind hierbei Entscheidung zugunsten eines bestimmten Netzwerkkommunikationstyps wie Unicast oder Multicast oder die Entscheidung, wie oft ein Master Synchronisationsnachrichten zu den Slaves senden soll.

Dieses Kapitel vermittelt einen einleitenden Überblick über die verschiedenen Konfigurationsparameter und deren Effekte auf die Synchronisation im allgemeinen. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Konfigurationsparameter, die im LANTIME Menü vorgenommen werden können, befindet sich im nächsten Kapitel innerhalb dieser Dokumentation.

3.4.1 Allgemeine Optionen

Bevor mit dem Aufbau der Infrastruktur des PTP Netzes begonnen wird, sollten die folgenden Optionen bedacht werden:

- 1) Layer 2 (Ethernet) oder Layer 3 (UDP/IPv4) Verbindungen
- 2) Multicast oder Unicast
- 3) Two-Step oder One-Step Betrieb
- 4) End-to-End (E2E) oder Peer-to-Peer (P2P) Delay Mechanismus

Diese Optionen müssen für alle beteiligten PTP Geräte definiert werden. Sollten teilnehmende Geräte abweichende Einstellungen haben oder diese nicht unterstützen, dann sind sie nicht in der Lage, eine funktionierende Synchronisation aufzubauen.

3.4.2 Netzwerk - Layer 2 oder Layer 3

PTP/IEEE 1588-2008 bietet die Möglichkeit, die PTP Nachrichten auf verschiedene Netzwerkkommunikationsebenen abzubilden. Bei allen Meinberg PTP Produkten kann man zwischen PTP über IEEE 802.3 Ethernet (Netzwerk Layer 2) oder UDP/IPv4 (Netzwerk Layer 3) wählen.

Layer 3 ist der empfohlene Modus, da er in den meisten Umgebungen funktioniert. Im Layer 2 Betrieb muss das Netzwerk in der Lage sein, reine Ethernet Verbindungen zwischen Master und Slave Geräten herzustellen. Dies ist oft nicht der Fall, wenn das Netzwerk in verschiedene Netzwerksegmente aufgeteilt und innerhalb der Netzwerkinfrastruktur kein Layer 2 Routing vorgesehen ist.

Der einzige Vorteil bei der Verwendung im Layer 2 -Betrieb besteht in einer leichten Reduktion des Netzwerkverkehrs, da die übertragenen Netzwerkpakete nicht den UDP und IP Header beinhalten und somit 28 Bytes pro PTP Paket eingespart werden. Da PTP jedoch ein Protokoll mit wenig Datenverkehr ist, spielt dieses Argument nur eine Rolle, wenn entweder Netzwerkverbindung mit sehr geringer Bandbreite oder nach Bandbreite bezahlte Netzwerkverbindungen, z.B. über gemietete Leitungen verwendet werden müssen.

3.4.3 Multicast oder Unicast

Die erste Version von PTP (IEEE 1588-2002, auch bekannt als PTPv1) unterstützte nur die Übermittlung über Multicast-Nachrichten. Multicast hat den großen Vorteil, dass der Master nur ein Sync Paket an eine Multicast Adresse schicken muss, welches dann von allen Geräten empfangen wird, die auf dieser Multicast Adresse lauschen.

In der Version 2 des PTP Standards (IEEE 1588-2008) wurde zusätzlich der Betrieb über Unicast eingeführt. Die Unicast Kommunikation basiert auf einer Punkt-zu-Punkt Verbindung, bei welcher der Master ein Sync Paket zu jedem Slave Gerät schicken muss, was wesentlich mehr CPU Performance auf dem Master und eine erhöhte Netzwerklast zur Folge hat.

Unicast Kommunikation wird in bestimmten Netzwerkkumgebungen verwendet, in denen Multicast Pakete durch Switche und Router geblockt werden (müssen).

3.4.4 Two-Step oder One-Step

PTP erfordert, dass der Master periodisch SYNC Pakete zu den Slave Geräten schickt. Der Hardware-Zeitstempel-Ansatz von PTP erfordert ebenso, dass der Master den Moment exakt bestimmt, bei welchem das SYNC Paket auf das Netzkabel geht und diesen Zeitpunkt an die Slaves weiter gibt. Dies kann entweder durch das Aussenden einer separaten Nachricht geschehen (das so genannte „FOLLOWUP Paket“, auch Two-Step Verfahren genannt) oder durch direkte Manipulation des SYNC Pakets (im One-Step Verfahren) kurz bevor das Paket den Netzwerkknoten verlässt. Bei dieser Manipulation wird der Zeitstempel von der Hardware Zeitstempereinheit direkt in das SYNC Paket geschrieben, kurz bevor es auf das Netzkabel geht.

Zum Zeitpunkt der Auslieferung dieses Gerätes unterstützen Meinberg Geräte ausschließlich das „Two-Step“ Verfahren.

3.4.5 End-To-End (E2E) oder Peer-To-Peer (P2P) Delay Messungen

Zusätzlich zum Empfang der SYNC/FOLLOWUP Pakete, muss ein Slave auch in der Lage sein, die Paketlaufzeit vom Master zum Slave zu bestimmen, um den Offset zur Masteruhr korrekt berechnen zu können. Dieses „Delay Measurement“ wird vom Slave in einem bestimmten Intervall durchgeführt.

Eine Laufzeitmessung wird durchgeführt, indem der Slave ein sogenanntes DELAY_REQUEST Paket zum Master sendet und sich die Zeit der Aussendung dieses Pakets merkt. Der Master nimmt dann einen Zeitstempel beim Empfang dieses Pakets und sendet diesen Zeitstempel in einem DELAY_RESPONSE Paket an den Slave zurück.

IEEE 1588-2008 bietet zwei verschiedene Mechanismen zur Durchführung der Laufzeitmessung an.

Ein Slave kann entweder die Gesamtlaufzeit zum Master bestimmen, dies wird dann **End-to-End** Mechanismus (oder kurz E2E) genannt. Alternativ kann ein PTP Gerät nur die Laufzeit zu seinem direkten Nachbarknoten im Netzwerk messen, wobei der Nachbarknoten sowohl ein PTP Endgerät wie auch ein Switch darstellen kann. Dieses Verfahren wird **Peer-to-Peer** Mechanismus (oder kurz P2P) genannt. Beim P2P Verfahren werden die einzelnen Laufzeiten zwischen den Netzknoten akkumuliert und dem durchlaufenden Sync Paket vom Master als Korrekturwert mitgegeben, so dass am Ende der Slave die Gesamtlaufzeit ermitteln kann.

Der Vorteil des P2P Verfahrens ist die deutliche Reduktion von möglichen Synchronisationsungenauigkeiten aufgrund von plötzlichen Topologieänderungen innerhalb des Netzwerks.

Beispiel: In einer Ringtopologie wird die Paketlaufzeit verändert, wenn der Ring an einer Stelle aufbricht, da der Netzwerkverkehr unter Umständen in eine andere Richtung umgeleitet wird. Ein PTP Slave, der die Paketlaufzeit mit Hilfe des E2E Verfahrens ermittelt, würde in diesem Fall von einer falschen Paketlaufzeit ausgehen bis er die nächste Laufzeitmessung durchführt. Dieses Problem würde in einer P2P Infrastruktur nicht passieren, da zum Zeitpunkt der Topologieänderung bereits alle Laufzeiten zwischen den Links bekannt sind und ein Sync Paket vom Master bereits beim ersten Durchlauf über den neuen Netzknotenpfad mit den entsprechenden Korrekturwerten versehen wird.

Der Nachteil des P2P Verfahrens besteht darin, dass alle beteiligten Netzknoten, inklusive aller Switche zwischen Master und Slave, das P2P Verfahren beherrschen müssen. Ein Switch/Hub ohne P2P Unterstützung würde entweder alle empfangenen PDELAY_REQUEST Pakete an alle Ports weiterleiten und die Genauigkeit dadurch erheblich verschlechtern bzw. unbrauchbar machen oder im schlechtesten Fall alle PDELAY Pakete blocken und überhaupt keine Laufzeitmessung ermöglichen.

Daher bleibt das E2E Verfahren die einzige Wahl für die Verwendung von PTP über nicht PTPv2-kompatible Switche.

3.4.6 Einstellungsempfehlungen

Meinberg empfiehlt als Standardeinstellung die Einstellungen Layer 3, Multicast, Two-Step und End-to-End Verfahren, falls dies in der geplanten Netzwerkkumgebung möglich ist. Diese Einstellungen ermöglichen die bestmögliche Kompatibilität und reduzieren die Wahrscheinlichkeit das Probleme bei der Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller auftreten können.

3.4.7 Nachrichtenintervalle

Die Entscheidung zwischen den verschiedenen oben beschriebenen Modi ist hauptsächlich durch die verwendete Netzwerkumgebung vorgegeben in welcher die PTP Geräte installiert werden. Zusätzlich zu den einzustellenden Modi müssen eine Reihe von Intervallen für bestimmte PTP Nachrichtentypen definiert werden, falls nicht die Standardeinstellungen verwendet werden sollen, die in den meisten Fällen jedoch nicht verändert werden müssen.

Es gibt jedoch Anwendungen, bei denen die Intervalle angepasst werden müssen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn durch hohe Netzwerklast Schwankungen bei den Paketlaufzeiten auftreten können (PDV - „Packet Delay Variation“). Probleme bei der Client Synchronisation können dann durch die Erhöhung der Frequenz der ausgesendeten SYNC Pakete vermieden werden, da in diesem Fall Messfehler schneller korrigiert werden.

Die Intervalle für die folgenden PTP Nachrichten können editiert werden:

- 1) ANNOUNCE Messages
- 2) SYNC/FOLLOWUP Messages
- 3) (P)DELAY_REQUEST Messages

3.4.8 ANNOUNCE Messages

Diese PTP Nachricht transportiert den Zustand und die Qualitätsinformationen über den aktuell aktiven Master im PTP Netzwerk. Der Vorgang der zur Entscheidung führt, welcher Grandmaster im Netzwerk aktiv werden soll, wird „Best Master Clock Algorithm“ (BMCA) genannt. Die notwendigen Parameter zur Ausführung des BMCA werden alle in der ANNOUNCE Message übertragen, die von einem Master periodisch ausgesendet wird.

Das Intervall mit welchem diese Nachricht gesendet wird, beeinflusst direkt die Umschaltzeit, die benötigt wird, um einen Wechsel des Masters durchzuführen, falls der aktuell aktive Master ausfällt oder ein „besserer“ im Netz aktiv wird.

In der Zeit in der noch kein Master bestimmt wurde, ist es möglich, dass mehrere potentielle (Grand-)Master Announce Messages aussenden. Dies geschieht u.a., wenn die Geräte innerhalb des PTP Netzwerks gleichzeitig gestartet werden. Ein PTP Gerät, welches grundsätzlich Master werden kann, empfängt gleichzeitig zur Aussendung der „eigenen“ Announce Message die Announce Messages der anderen PTP Master Geräte. Sobald festgestellt wird, dass ein anderer Master im Netzwerk existiert, welcher bessere Werte aufweist als die eigenen, wird der Master die weitere Aussendung von ANNOUNCE Messages einstellen. Auf diese Weise bleibt nach kurzer Zeit nur noch der „beste“ Master übrig.

Ein Grandmaster, der nicht die Aufgabe des aktiven Masters übernimmt, wechselt in den „PASSIVE“ Modus und wartet darauf, im Fall eines Fehlers des aktiven Masters die Master-Rolle wieder zu übernehmen.

Um einen Master auszuwählen, ist es erforderlich, dass mindestens zwei aufeinander folgende ANNOUNCE Messages empfangen werden. Der Empfang einer ersten ANNOUNCE Message muss innerhalb einer Wartezeit von mindestens 3 ANNOUNCE Message Intervallen erfolgen. Legt man beispielsweise ein ANNOUNCE Intervall von 2 Sekunden zugrunde (dies ist der Standardwert), so würde beim Ausfall eines Masters nach 6 Sekunden festgestellt werden, dass der Master einen Fehler hat und nach weiteren 4 Sekunden der neue Master feststeht.

Ein ANNOUNCE Intervall von 2 Sekunden hat demzufolge eine Umschaltzeit von mindestens 10 Sekunden zur Folge. Ein kürzeres ANNOUNCE Intervall ermöglicht daher im Fehlerfall prinzipiell eine schnellere Umschaltzeit. Ein zu kurzes Intervall kann jedoch in bestimmten Umgebungen kurzfristig zu Fehlentscheidungen führen. Es wird daher empfohlen die Standardeinstellung beizubehalten.

3.4.9 SYNC/FOLLOWUP Messages

Der aktive MASTER sendet SYNC Nachrichten (und im Two-Step Verfahren zugehörige FOLLOWUP Nachrichten) in einem konfigurierten Intervall aus. Dieses Intervall (Standard ist 1 SYNC/FOLLOWUP Paket einmal pro Sekunde) bestimmt, wie oft die SLAVES Synchronisationsinformationen erhalten um die eigene Uhr gegenüber der Masteruhr abzugleichen und nachzuführen.

Zwischen dem Empfang zweier Sync Nachrichten läuft die Slave Uhr frei auf der eigenen Zeitbasis, zum Beispiel dem Quarzoszillator. Ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung welches SYNC Intervall zu wählen ist, ist die Stabilität des Oszillators. Ein sehr guter Oszillator benötigt eine geringere SYNC Rate, um die Stabilität zu halten

als ein weniger guter Oszillator. Auf der anderen Seite wird die erforderliche Netzwerkbandbreite direkt beeinflusst, wenn das SYNC Intervall geändert wird.

Für Meinberg Slave Geräte ist die Standardeinstellung (einmal pro Sekunde) ausreichend um die bestmögliche Synchronisationsgenauigkeit zu erreichen.

3.4.10 (P)DELAY_REQUEST Messages

Wie bereits bei der Erläuterung der Mechanismen für die Laufzeitmessungen („End-To-End“ oder „Peer-to-Peer“) erwähnt wurde, sind die Delay Messungen ein wichtiger Faktor bei der Realisierung der erforderlichen Genauigkeit.

Im End-to-End Modus werden vom Slave standardmäßig alle 8 Sekunden Delay Messungen durchgeführt, in dem ein DELAY_REQUEST Paket an den Master gesendet wird, welcher dann in einem DELAY_RESPONSE Paket den Zeitstempel zum Zeitpunkt des Eintreffens des DELAY_REQUEST Pakets an den Slave zurückschickt. In Umgebungen, wo das Netzwerkdelay stark variiert, kann die Messrate erhöht werden, um schneller auf Fehlmessungen zu reagieren, die durch Verzögerungen innerhalb des Netzwerks entstanden sein können.

Meinberg Slave Geräte sind in der Lage den Effekt einer veralteten Delay Messung durch den Einsatz eines Filters und einer optimierten Oszillator-Regelung zu begrenzen. Dies verhindert, dass eine Slave Uhr große Sprünge durchführt selbst wenn durch hohe Netzwerklast „Ausreißer“ bei den Messungen vorkommen. Die Masteruhr wird über einen gewissen Zeitraum beobachtet, bevor eine Regelung des eigenen Oszillators durchgeführt wird. Mit einem „low cost“ Oszillator wäre dies nicht möglich, da vor allem die temperaturabhängige Drift und Alterungseffekte des Oszillators eine größere Abweichung zur Folge haben.

Slave Geräte dürfen einen Master nicht öfter anfragen als der Master in seinen DELAY_RESPONSE Messages vorgibt. Meinberg Grandmaster geben standardmäßig eine Delay Request Rate von 8 Sekunden vor. Im „Peer-to-Peer“ Modus ist eine Änderung des Intervalls nicht so kritisch, da nur die Laufzeit zum nächsten „Hop“ gemessen wird (Port-zu-Port) und eine Änderung der Laufzeit auf dieser kurzen Strecke sehr unwahrscheinlich ist.

3.4.11 HQ Filter

Falls im angeschlossenen PTP Netzwerk keine PTP Switches verwendet werden, sind die zu erwartenden Genauigkeiten abhängig von der Charakteristik der Switches. Netzwerk Switches ohne PTP Unterstützung haben die Eigenschaft die PTP Pakete nicht deterministisch zu verzögern und damit die Zeitgenauigkeit der PTP Messung zu verschlechtern (zeitlicher Jitter durch Variation der Paketlaufzeiten). Unter Jitter wird im folgenden die Varianz der gemessenen Offsets um einen bestimmten Mittelwert verstanden, der im betrachteten Zeitrahmen ermittelt wird.

Dieser zeitliche Jitter kann zwischen 100ns und 10000ns (bisher getestete Switches) liegen. Bei Routern liegt dieser Jitter noch wesentlich höher. Um diesen zeitlichen Netzwerk Jitter zu reduzieren kann der HQ-Filter aktiviert werden. Mit Layer2 Switchen können dann Genauigkeiten im Submicrosekundenbereich erreicht werden. Ebenso werden Schwankungen durch Netzwerklast und Fehlmessungen eliminiert.

Funktionsweise

Wenn der HQ-Filter eingeschaltet ist, werden in der Startphase zuerst nur PTP Messungen durchgeführt ohne die eigene Zeit zu regeln. Dieses wird im Status mit dem Zusatz „init“ angezeigt. In dieser Phase werden einige statistische Parameter der Eingangswerte berechnet: Zum einen der maximale Jitter von PTP Offset und PathDelay und zum anderen die aktuelle Drift des internen Oszillators. Der Filter Parameter **estimated accuracy** gibt den betragsmäßig maximal zu erwartenden Jitter an, d.h., alle gemessenen Werte, die außerhalb dieses Bereichs liegen, werden verworfen. Ist der gemessene maximale Jitter kleiner als dieser Parameter, wird der gemessene Wert als maximale Grenze verwendet. Der maximale Jitter wird kontinuierlich immer neu berechnet. Als Default wird **estimated Accuracy** auf 1s eingestellt, damit die Grenzen automatisch gefunden werden.

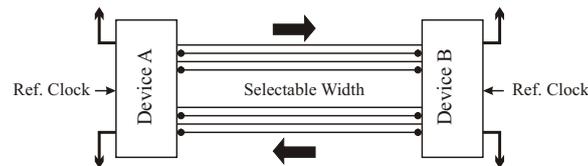
PDSC

PDSC ist die Abkürzung für „Path Delay Step Compensation“. PDSC versucht Sprünge im PTP Path Delay zu eliminieren, die durch eine Änderung des Asymmetrie Delays entstehen. Ein solcher Sprung im PTP Path Delay kann durch einen Wechsel der Netzwerk Route (Topology Change) entstehen, wie es beispielsweise in SDH Netzwerken der Fall ist. Es werden nur Sprünge erkannt, die größer als der gemessene Jitter sind. Diese Funktion ist nur in Verbindung mit dem HQ-Filter zu verwenden.

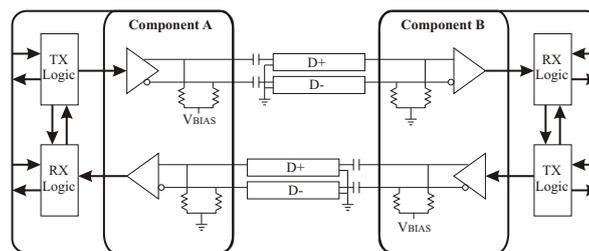
4 PCI Express (PCIe)

Eine der größten Neuerungen von PCI Express ist, dass die Daten nicht mehr parallel übertragen werden wie bei anderen Computer Bussystemen wie ISA, PCI und PCI-X, sondern daß PCIe eine serielle Datenübertragung nutzt.

PCI Express definiert eine serielle Punkt-zu-Punkt-Verbindung, den sogenannten Link:

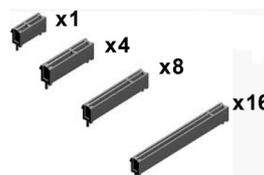


Die Datenübertragung innerhalb des Links erfolgt über Lanes, wobei jede Lane wiederum aus einem Adernpaar für das Senden und einem Adernpaar für das Empfangen von Daten besteht:



Eine einzelne Lane ist damit vollduplexfähig und wird mit 2.5 GHz getaktet. Daraus resultiert ein Datentransfervolumen von 250 MB/s pro Lane gleichzeitig in jede Richtung. Höhere Bandbreiten werden realisiert durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Lanes. So nutzt z.B. ein PCIe x16 Steckplatz sechzehn Lanes und erreicht damit ein maximales Transfervolumen von 4 GB/s. Zum Vergleich: PCI erlaubt 133 MB/s und PCI-X 1 GB/s jedoch alles jeweils nur in eine Richtung. Eine PCIe Karte (z.B. x1 wie Meinberg GPS-Empfänger) kann immer in Steckplätzen mit einer höheren Anzahl an Lanes (x4, x8, x16) betrieben werden:

Interoperability				
Slot	x1	x4	x8	x16
Card				
x1	Yes	Yes	Yes	Yes
x4	No	Yes	Yes	Yes
x8	No	No	Yes	Yes
X16	No	No	No	Yes

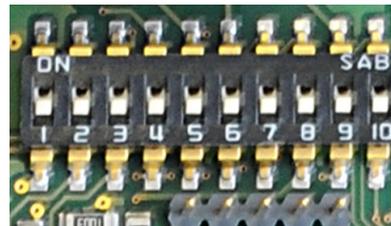


Die 100% Software-Kompatibilität von PCIe zum bekannten PCI-Bus ist eine der größten Stärken und trägt zur raschen Verbreitung bei. Der PC und das Betriebssystem „sehen“ ohne jedes Software-Update den leistungsfähigeren PCIe-Bus genauso wie den PCI-Bus.

5 Einbau und Konfiguration der PTP Karte

5.1 Belegung des 9-poligen Steckers

Bei Auslieferung der Funkuhr sind nur Signale der seriellen Schnittstelle auf die Anschlüsse des Steckers geführt. Wenn ein weiteres Signal herausgeführt werden soll, muss der entsprechende DIL Schalter auf ON geschaltet werden. Die Tabelle unten zeigt die Belegung des Steckers und die Zuordnung der einzelnen Schalter. Es ist darauf zu achten, dass Pin 1, Pin 4 und Pin 7 des Steckers mit zwei verschiedenen Signalen belegt werden können. Es darf dann jeweils nur ein Schalter in die ON-Position gebracht werden:



- Pin 1:** DIL 1 oder DIL 8 ON
- Pin 4:** DIL 5 oder DIL 10 ON
- Pin 7:** DIL 3 oder DIL 7 ON

Alle Signale ohne zugeordneten Schalter sind immer am Stecker verfügbar:

D-SUB Pin	Signal	Signal level	DIL-switch
1	VCC out	+5V	1
1	PPO0 (PPS) out	RS232	8
2	RxD in (res.)	RS232	-
3	TxD out (res.)	RS232	-
4	PPO1 out	TTL	5
4	10MHz out	TTL	10
5	GND	-	-
6	CAP0 in	TTL	2
7	CAP1 in	TTL	3
7	IRIG DC out	TTL an 50 Ohm	7
8	PPO0 out	TTL	4
9	PPO2 out	TTL	9

5.2 Einbau der PTP Karte in einen Computer

Wie bei allen PCI Express Karten üblich, vergibt das BIOS des Rechners nach dem Einschalten automatisch freie Portadressen und eine Interruptnummer, so dass hierzu keine Einstellung des Anwenders erforderlich ist. Die mitgelieferten Programme erkennen die eingestellten Adressen automatisch.

Nach dem Öffnen des ausgeschalteten Rechners kann die Funkuhr in jedem beliebigen freien PCI Express Steckplatz installiert werden. Das Rückwandblech des Slots wird entfernt und die Karte vorsichtig eingesteckt, danach das Rückwandblech der PTP270PEX festschrauben. Nachdem das Rechnergehäuse wieder verschlossen ist, kann der PC neu gestartet werden - das Überwachungsprogramm überprüft die Einstellungen der PTP Karte.

6 Anschlüsse und LEDs im Rückwandblech



Auf dem Rückwandblech der PTP Karte befinden sich ein RJ45 Netzwerkanschluss, vier Status LEDs und ein 9-poliger SUB-D Stecker. Die in dem RJ45 Anschluss integrierten LEDs, zeigen die Verbindungsgeschwindigkeit und Aktivität der Netzwerkverbindung an (siehe Abbildung links).

Die zweifarbige LED „RDY“ wechselt von rot nach grün wenn das System nach dem Hochfahren betriebsbereit ist. Die grüne LED „ENB“ ist immer dann eingeschaltet, wenn das Modul zum IEEE 1588 Master synchronisiert ist und die Ausgangssignale eingeschaltet sind. Die LED „RX“ blinkt, wenn ein empfangenes PTP - Paket von der Time Stamp Unit (TSU) erkannt wird, und die LED „TX“ leuchtet auf, wenn ein gesendetes PTP - Paket von der TSU erkannt wird.

Der 9-polige Sub-D-Stecker führt die Anschlüsse der seriellen Schnittstelle COM0 der Karte nach außen. Diese Schnittstelle kann nicht als serielle Schnittstelle des PCs verwendet werden, sondern wird dazu verwendet einige Signalein- und ausgänge zur Verfügung zu stellen. Einige der Anschlüsse des Sub-D-Steckers können über einen DIL-Schalter auf der Karte mit Signalen belegt werden, die lediglich TTL-Pegel haben (0..5V).

In diesem Fall ist bei Anschluss eines Gerätes sehr genau auf die Belegung des Kabels zu achten, da eine bei RS-232 Schnittstellen übliche Signalspannung von -12V..+12V an einem dieser Anschlüsse eine Beschädigung der Funkuhr zur Folge haben könnte.

Siehe auch Kapitel „Belegung des 9-poligen Steckers“

7 Allgemeines zu Zeitcodes

Schon zu Beginn der fünfziger Jahre erlangte die Übertragung codierter Zeitinformation allgemeine Bedeutung. Speziell das amerikanische Raumfahrtprogramm forcierte die Entwicklung dieser zur Korrelation aufgezeichneter Meßdaten verwendeten Zeitcodes. Die Festlegung von Format und Gebrauch dieser Signale war dabei willkürlich und lediglich von den Vorstellungen der jeweiligen Anwender abhängig. Es entwickelten sich hunderte unterschiedlicher Zeitcodes von denen Anfang der sechziger Jahre einige von der „Inter Range Instrumentation Group“ (IRIG) standardisiert wurden, die heute als „IRIG Time Codes“ bekannt sind.

Neben diesen Zeitsignalen werden jedoch weiterhin auch andere Codes, wie z.B. NASA36, XR3 oder 2137, benutzt. Die GPS170PEX beschränkt sich jedoch auf die Generierung des IRIG-B Formats, auf den in Frankreich genormten AFNOR NFS-87500 Code, sowie auf den IEEE1344 Code. IEEE1344 ist ein IRIG-B123 Code der um Informationen über Zeitzone, Schaltsekunden und Datum erweitert wurde. Auf Wunsch können auch andere Übertragungsarten realisiert werden.

7.1 Funktionsweise des Zeitcode-Generators

Das Board PTP270PEX erzeugt unmodulierte Zeitcodes, die mittels Pulsbreitenmodulation eines (hier) TTL-Signals übertragen werden (siehe Kapitel „IRIG-Standardformat“).

Die Übertragung des Zeitcodes wird zum PPS Signal (Puls pro Sekunde) synchronisiert, welches von der Synchronisierung zum IEEE 1588 Grandmaster abgeleitet wird.

Die modulierten Pulse haben folgende Impulszeiten:

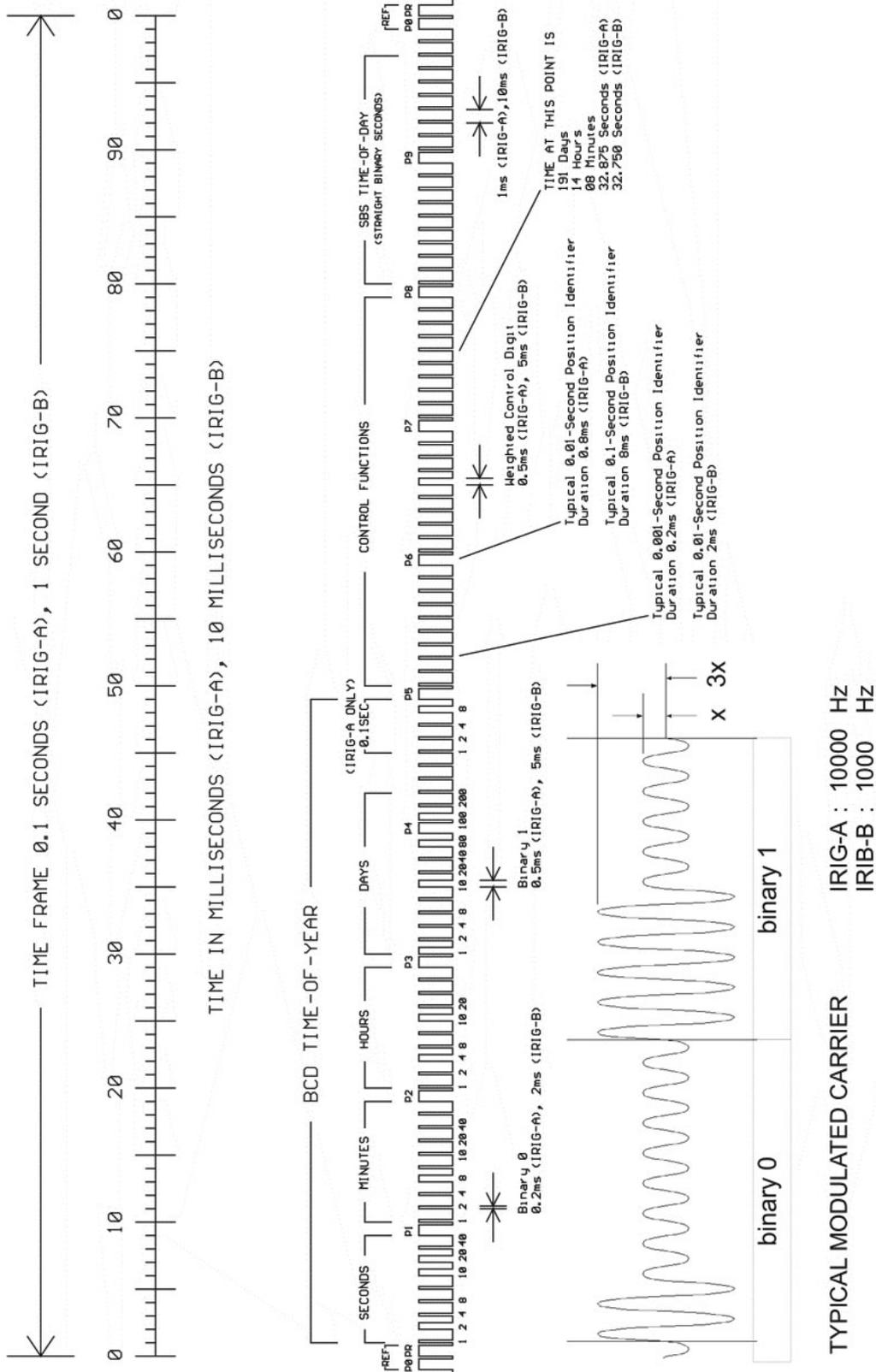
a)	binary „0“	:	2 msec
b)	binary „1“	:	5 msec
c)	position-identifizier	:	8 msec

7.2 Generierte Zeitcodes

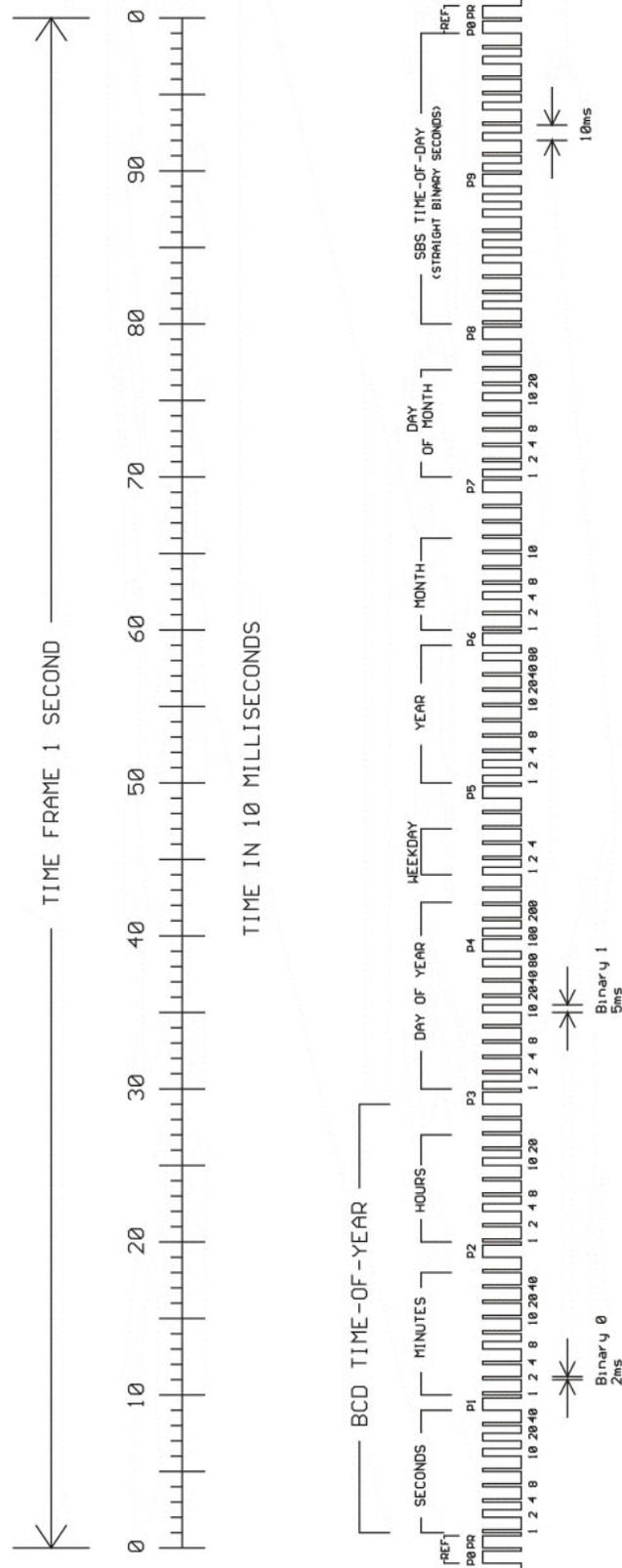
Das Board PTP270PEX ist in der Lage folgende unmodulierten Zeitcodes zu erzeugen:

- a) B002: 100 pps, DCLS Signal, kein Träger
BCD time-of-year
- c) B003: 100 pps, DCLS Signal, kein Träger
BCD time-of-year, SBS time-of-day
- e) AFNOR: Code lt. NFS-87500, 100 pps, AM Sinussignal, 1kHz Träger,
BCD time-of-year, vollständiges Datum, SBS time-of-day, Ausgangspegel angepasst.
- f) IEEE1344: Code lt. IEEE1344-1995, 100 pps, AM Sinussignal, 1kHz Träger, BCD time-of-year,
SBS time-of-day, IEEE1344 Erweiterungen für Datum, Zeitzone,
Sommer/Winterzeit und Schaltsekunde im Control Funktions Segment (CF)
(s.a. Tabelle Belegung des CF-Segmentes beim IEEE1344 Code)

7.3 IRIG - Standardformat



7.4 AFNOR - Standardformat



7.5 Belegung des CF Segmentes beim IEEE1344 Code

Bit Nr.	Bedeutung	Beschreibung
49	Position Identifier P5	
50	Year BCD encoded 1	
51	Year BCD encoded 2	unteres Nibble des BCD codierten Jahres
52	Year BCD encoded 4	
53	Year BCD encoded 8	
54	empty, always zero	
55	Year BCD encoded 10	
56	Year BCD encoded 20	oberes Nibble des BCD codierten Jahres
57	Year BCD encoded 40	
58	Year BCD encoded 80	
59	Position Identifier P6	
60	LSP - Leap Second Pending	bis zu 59s vor Schaltsekunde gesetzt
61	LS - Leap Second	0 = LS einfügen, 1 = LS löschen 1.)
62	DSP - Daylight Saving Pending	bis zu 59s vor SZ/WZ Umschaltung gesetzt
63	DST - Daylight Saving Time	gesetzt während Sommerzeit
64	Timezone Offset Sign	Vorzeichen des Zeitzoneoffsets 0 = '+', 1 = '-'
65	TZ Offset binary encoded 1	Offset der IRIG Zeit gegenüber UTC
66	TZ Offset binary encoded 2	IRIG Zeit PLUS Zeitzoneoffset
67	TZ Offset binary encoded 4	(einschließlich Vorzeichen) ergibt immer UTC
68	TZ Offset binary encoded 8	
69	Position Identifier P7	
70	TZ Offset 0.5 hour	gesetzt bei zusätzlichem halbstündigen Offset
71	TFOM Time figure of merit	
72	TFOM Time figure of merit	TFOM gibt den ungefähren Fehler der Zeitquelle an 2.)
73	TFOM Time figure of merit	0x00 = Uhr synchron, 0x0F = Uhr im Freilauf
74	TFOM Time figure of merit	
75	PARITY	Parität aller vorangegangenen Bits

1.) von der Firmware werden nur eingefügte Schaltsekunden (59->60->00) unterstützt!

2.) TFOM wird auf 0 gesetzt wenn die Uhr nach dem Einschalten einmal synchronisieren konnte, andere Codierungen werden von der Firmware nicht unterstützt. s.a. Auswahl des generierten Zeitcodes.

8 Technische Daten PTP270PEX

NETZWERK	
ANSCHLUSS:	1 x 10/100 MBit mit RJ45
STATUS INFO:	6 Status LEDs: <ul style="list-style-type: none">- System Status (bereit)- Ausgänge aktiv- PTP Paket gesendet- PTP Paket empfangen- Link 100Mbit/s- Link 10MBit/s
SYSTEM BUS	
INTERFACE:	Single lane (x1) PCI Express (PCIe) Interface kompatibel mit PCI Express Spezifikationen r1.0a
DATENFORMAT:	Binär, byte - seriell
PULSAUSGÄNGE:	drei programmierbare Ausgänge, TTL - Pegel
GENAUIGKEIT DER	
PULSAUSGÄNGE:	abhängig vom Oscillator des Masters TCXO, OCXO LQ besser als ± 100 nsec nach Synchronisation und 20 Minuten Betriebsdauer OCXO MQ, OCXO HQ besser als ± 20 nsec nach Synchronisation und 20 Minuten Betriebsdauer
CAPTURE	
EINGÄNGE:	Trigger durch fallende TTL-Flanke Impulsfolgezeit: 1.5 msec min. Auflösung: 100 nsec
FREQUENZ	
AUSGANG:	10 MHz (TTL-Pegel)
IRIG-AUSGANG:	DCLS Signal, TTL an 50 Ohm, active-high
STROMVERSORGUNG:	+3.3 V: 600 mA +12 V : 300 mA Alle Betriebsspannungen werden von der PCI Express Schnittstelle bereitgestellt
KARTENFORMAT:	Standard height Slotkarte
UMGEBUNGS-	
TEMPERATUR:	0 ... 50°C
LUFTFEUCHTIGKEIT:	max. 85%

GENAUIGKEIT DER FREQUENZ- UND IMPULSAUSGÄNGE:

Oszillator	TCXO (standard)	OVCXO LQ (optional)
Kurzzeitstabilität ($\tau = 1 \text{ sec}$)	$2 * 10^{-9}$	$1 * 10^{-9}$
Genauigkeit des PPS (Sekundenimpuls)	< +/- 250 nsec	< +/- 250 nsec
Phasenrauschen	1 Hz -60 dBc/Hz 10 Hz -90 dBc/Hz 100 Hz -120 dBc/Hz 1 kHz -130 dBc/Hz	1 Hz -60 dBc/Hz 10 Hz -90 dBc/Hz 100 Hz -120 dBc/Hz 1 kHz -130 dBc/Hz
Genauigkeit freilaufend, ein Tag	+/- $1 * 10^{-7}$ +/- 1 Hz (Note 1)	+/- $2 * 10^{-8}$ +/- 0,2 Hz (Note 1)
Genauigkeit freilaufend, 1 Jahr	+/- $1 * 10^{-6}$ +/- 10 Hz (Note 1)	+/- $4 * 10^{-7}$ +/- 4 Hz (Note 1)
Genauigkeit GPS-synchron, 24h gemittelt	+/- $1 * 10^{-11}$	+/- $1 * 10^{-11}$
Genauigkeit der Zeit freilaufend, 1 Tag	+/- 4,3 msec	+/- 865 μs
Genauigkeit der Zeit freilaufend, 1 Jahr	+/- 16 sec	+/- 6,3 sec
Temperaturdrift freilaufend	+/- $1 * 10^{-6}$ (-20...70°C)	+/- $2 * 10^{-7}$ (0...60°C)
Note 1: Die Genauigkeit in Hertz basiert auf der Normalfrequenz von 10MHz. Zum Beispiel: Genauigkeit des TCXO (freilaufend, ein Tag) ist $\pm 1 \cdot 10^{-7} \cdot 10\text{MHz} = \pm 1 \text{ HZ}$		
Die angegebenen Werte für die Zeit und Frequenzgenauigkeit (nicht Kurzzeitstabilität) sind nur für eine konstante Umgebungstemperatur gültig! Es sind mindestens 24 Stunden GPS-Synchronizität vor Freilauf erforderlich.		

8.1 CE-Kennzeichnung

Niederspannungsrichtlinie: **EN 60950-1**

Sicherheit von Einrichtungen der Informationstechnik, einschließlich elektrischer Büromaschinen

EMV-Richtlinie:

EN50081-1

Elektromagnetische Verträglichkeit,
Fachgrundnorm Störaussendung

Teil 1: Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinindustrie

EN50082-2

Elektromagnetische Verträglichkeit
Fachgrundnorm Störfestigkeit

Teil 2: Industriebereich



Konformitätserklärung

Declaration of Conformity

Hersteller
Manufacturer

Meinberg Funkuhren GmbH & Co. KG
Lange Wand 9
D-31812 Bad Pyrmont

erklärt in alleiniger Verantwortung, daß das Produkt
declares under its sole responsibility, that the product

Produktbezeichnung
Product Name

PTP Slot Card

Modell / Typ
Model Designation

PTP270PEX

auf das sich diese Erklärung bezieht, mit den folgenden Normen übereinstimmt
to which this declaration relates is in conformity with the following standards

EN55022:1998, Class B
(+A1:2000 +A2:2003)

Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von
informationstechnischen Einrichtungen
Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of
information technology equipment

EN55024:1998
(+A1:2001 +A2:2003)

Grenzwerte und Meßverfahren für Störfestigkeit von
informationstechnischen Einrichtungen
Limits and methods of measurement of Immunity characteristics of
information technology equipment

gemäß den Richtlinien 2004/108/EG (Elektromagnetische Verträglichkeit), 2006/95/EG (Nieder-
spannungsrichtlinie) und 93/68/EWG (CE Kennzeichnung) sowie deren Ergänzungen.
following the provisions of the directives 2004/108/EC (electromagnetic compatibility), 2006/95/EC (low voltage directive) and
93/68/EEC (CE marking) and its amendments.

Bad Pyrmont, den 08.07.2009



Günter Meinberg
Managing Director