

Fragen und Antworten zum DATA-CUBE³

Datenlogger

Wie viel Bit hat der DATA-CUBE³?

Bei 100sps und Gain 1 sind es 21.5Bit, bei 50sps und im High-Resolution-Mode bis 22.5Bit. Auch viele der mit 24Bit umworbene Datenlogger bzw. Digitizer haben effektiv nur 20-23Bit. Mehr geben die verwendeten Schaltkreise meist nicht her. Der im Cube verwendete Schaltkreis von Texas Instruments ist mit der derzeit Beste auf dem Markt. Daneben war ein niedriger Stromverbrauch das wesentliche Entwicklungsziel.

Wie sieht es mit der Zeitgenauigkeit aus?

Der verwendete temperaturkompensierte Quarz-Oszillator (TCXO) hat über den gesamten Temperaturbereich eine Genauigkeit von +/-0.5ppm. In der Praxis liegt die Drift typisch bei <10e-7. Die absolute Genauigkeit mit GPS ist <10µs.

Warum ist der TCXO des DATA-CUBE³ nicht "diszipliniert"?

Viele Hersteller synchronisieren die TCXO-Frequenz mittels GPS-Sekundenimpuls in Verbindung mit einer PLL. Das funktioniert in der Regel gut wenn man nahezu permanent GPS-Empfang hat, nicht aber im zyklischen Betrieb. Für den DATA-CUBE³ ist der zyklische Betrieb wichtig um die Stromaufnahme zu senken. Aus diesen Gründen läuft der DATA-CUBE³ unsynchronisiert, die Daten sind jedoch mit hochgenauen Zeit-Tags versehen. Dies ermöglicht später eine exakte Interpolation auf ein vorgegebenes Zeitraster. Die genau Zeitzuordnung nachträglich durchzuführen erlaubt es auch gelegentliche Fehlfunktionen der GPS-Empfänger besser zu erkennen und zu korrigieren. Grundsätzlich ist aber auch im DATA-CUBE³ eine Nachführung möglich und es befindet sich eine entsprechende Firmware im Test.

Kann ich eine externe GPS-Antenne an den DATA-CUBE³ anschließen?

Es gibt mehrere Gehäusevarianten des DATA-CUBE³. In der Version mit interner GPS-Antenne geht das nicht. Die interne GPS-Antenne ist im freien Gelände oft von Vorteil, da die bei externen Antennen meist dünnen Antennenkabel leicht beschädigt werden können. Es kann auch schnell zu Kontaktproblemen oder erhöhter Dämpfung in Buchse oder Stecker aufgrund von Nässe kommen. Befindet man sich in Gebäuden hat man jedoch normalerweise keinen Empfang mehr. Eine Möglichkeit ist ein Re-Radiator-System, wie es z.B. für Kraftfahrzeuge für <100 Euro erhältlich ist. Daneben gibt es aber auch optional eine DATA-CUBE³ Variante mit externem Antenneneingang. Je nach Einsatz kann man ggf. zusätzlich verlustarme Verlängerungskabel oder auch Antennen mit

höherer Verstärkung einsetzen. Letztere haben einen etwas höheren Strombedarf. Für extreme Situationen kann auch eine RS485-Schnittstelle bereitgestellt werden. Hierbei wird der GPS-Empfänger vom Recorder getrennt betrieben, wobei bis ca. 500m überbrückt werden können.

Sensoren

Welche seismischen Sensoren kann ich verwenden?

Der DATA-CUBE³ wurde vorrangig für seismischer Anwendungen entwickelt. Es können nahezu alle Modelle von Geophonen benutzt werden (GS-10, GS-1, SM-6, L-22, L-4 etc.). Zu beachten ist, dass der Eingangswiderstand die Dämpfung geringfügig beeinflussen kann. Daneben können aber auch aktive Geophone und Breitbandseismometer an den DATA-CUBE³ angeschlossen werden. Da hier der Spannungshub meist deutlich höher ist (+/-5V bis +/-20V), ist die Verwendung eines Spannungsteilers erforderlich, der z.B. in die Breakout-Box integriert werden kann. Aufgrund ihres geringen Stromverbrauchs eignen sich unter den aktiven Sensoren z.B. LE3D oder Trillium-Compact besonders gut.

Einige Hersteller bieten Datenlogger mit integrierten Geophonen an. Wie sieht das beim DATA-CUBE³ aus?

Wir haben den Sensor bewusst nicht ins Gehäuse integriert um eine größere Flexibilität zu erhalten. Auf diese Weise steht dem Nutzer die ganze Palette der Sensoren zur Verfügung und er kann die Sensoren von Experiment zu Experiment variieren. Hinzu kommt, dass man teilweise die Sensoren z.B. zur besseren Ankopplung eingraben möchte, dann aber Probleme mit dem GPS-Empfang bekommt.

Falls ein ausreichender Bedarf bezüglich eines bestimmten Sensortyps besteht, könnte aber eine entsprechende Geräteversion entwickelt und gefertigt werden. Für marine Anwendungen ist dies schon geschehen. Auch bezüglich der Integration von MEMS-Sensoren (z.B. Accelerometer) gibt es Erfahrungen.

Kann ich auch andere Sensoren Nutzen?

Obwohl der DATA-CUBE³ in erster Linie für seismische Anwendungen entwickelt wurde können auch viele andere analoge Sensoren angeschlossen werden. Entscheidend ist hier der symmetrische Eingangsspannungsbereich von max. +/-2V, die rauschbegrenzte Auflösung von $<10\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ sowie der Eingangswiderstand von 100kOhm. Ggf. müssen entsprechende Anpassungen an der Sensorelektronik vorgenommen werden. Widerstandsbasierte Sensoren müssen extern versorgt werden. Eine Reduzierung der Abtastrate unter 50sps für langsam veränderliche Signale ist derzeit erst im Post-Processing möglich. Eine weitere Kategorie sind digitale Sensoren. Hier arbeiten wir z.Z. an Möglichkeiten solche Sensoren mit niedriger Sample-Rate ergänzend oder alternativ zu nutzen.

Welche Verstärkung sollte ich beim DATA-CUBE³ einstellen?

Das hängt natürlich vom verwendeten Sensor ab. Bei Gain=1 hat man die größte Dynamik. Sie wird bis Gain=8 nur wenig verschlechtert. Für klassische Geophone mit einer Generator konstante von 20 bis 30 Vs/m empfehlen wir Gain=8 oder 16. Höhere Werte (Gain=32 oder 64) sind selten sinnvoll, da dann das Rauschen des Vorverstärkers dominiert und somit die Dynamik verringert wird.

Welchen FIR-Filter-Typ sollte ich verwenden?

Gewöhnlich gibt man Linear-Phase-Filtern den Vorzug, da sie die Wellenform bestmöglich erhalten. Nachteilig ist das mögliche Auftreten von Pre-Cursors bei hochfrequenten Signaleinsätzen, was zu fehlerhaften Picks führen kann. Minimum-Phase-Filter haben dieses Problem so nicht. Allerdings ist es auch hier nicht immer einfach die korrekten Einsatzzeiten zu picken, da frequenzabhängige Signalverzögerungen auftreten. Man pickt, abgesehen vom Noise, systematisch zu spät.

Wann schalte ich den Chopper-Modus ein?

Die im ADC-Chip integrierten Vorverstärker erlauben einen Chopper-Modus, d.h. die Eingangssignale werden zunächst in eine Wechsellspannung umgewandelt bevor sie verstärkt werden. Dies führt zu einer deutlichen Verringerung des Funkelrauschens ($1/f$ -Noise), welches bei tiefen Frequenzen dominiert (hier unterhalb von ca. 50Hz). Bis auf wenige Ausnahmen lohnt es sich daher, den Chopper-Modus einzuschalten. In Ausnahmefällen kann die Chopper-Frequenz (hier 8kHz) mit Eingangssignalen, meist Störsignalen oder Trägerresten ähnlicher Frequenz interferieren und so zu unerwünschten Störungen im Signalband führen. Ggf. muss man selbst ausprobieren, welche Einstellung für den verwendeten Sensor besser geeignet ist.

Was muss ich beim Aufbau des DATA-CUBE³ im Feld beachten?

Nach anschließen der Stromversorgung (einlegen bzw. anschließen der Batterien) vergehen meist einige Minuten bis der DATA-CUBE³ zuverlässigen GPS-Empfang hat. Erst dann werden Daten entsprechend der Konfiguration aufgezeichnet. Bei aktiven seismischen Experimenten ist daher sicherzustellen, dass ausreichend Zeit bis zum ersten Schuss oder Hammerschlag vorhanden ist. Da der GPS-Empfänger in der Regel für zyklischen Betrieb konfiguriert wird, sollte der DATA-CUBE³ auch nach Abschluss der Experimente noch ausreichend lange in Betrieb sein, um noch einmal GPS-Empfang zu haben. Dies vermeidet Probleme beim Konvertieren der Daten in gängige Formate wie MiniSEED oder SEG-Y und erhöht die Zeitgenauigkeit.

Wie kann ich die Daten auslesen?

Der DATA-CUBE³ wird über ein USB-Kabel an den PC angeschlossen und als externer Massenspeicher erkannt. Das Dateisystem ist FAT-32. Die Daten können ganz normal kopiert werden.

Kann ich auch mehrere DATA_CUBE³ gleichzeitig auslesen?

Ja. (... Entwicklung "Kraken"-Box mit LEDs)

Kann ich Daten während der Aufzeichnung auslesen?

Nein, der Speichermodul wird zum auslesen auf einen USB-Chip umgeschaltet. Dazu muss die Datenerfassung gestoppt werden, da der RAM des Mikroprozessors zu klein ist um weiter Daten zwischen zu speichern.

In welchem Datenformat liegen die Daten vor?

Das Datenformat des DATA-CUBE³ ist ein spezielles Rohformat. Standardformate wie MiniSEED oder SEG Y können durch entsprechendes Post-Processing erzeugt werden. Das Rohformat reduziert die CPU-Last im Datenlogger und spart so Strom und Speicher. Weiterhin können Zeitfehler der GPS-Module, gerade im zyklischen Betrieb, sicherer erkannt und korrigiert werden. Das Rohformat ist also insgesamt eher von Vorteil.

Kann ich mit dem DATA-CUBE³ Signale "live" übertragen bzw. monitoren?

Ja. Die Daten werden seriell ausgegeben, wenn auch mit geringerer Priorität gegenüber dem internen Abspeichern. Hier können sie vor Ort mitgelesen (seriell / USB) oder an ein "Bridge"-Modul (seriell-Ethernet, seriell-WLAN) geleitet werden, das eine Netzwerkverbindung herstellt. Die Daten können lokal oder remote über ein Monitor-Programm visualisiert oder aber auch gespeichert werden. So gespeicherte Daten können mit den gleichen Tools weiter verarbeitet werden, wie sie für die Cube-intern gespeicherten Daten zur Verfügung stehen.

Stromversorgung

Warum wird der DATA-CUBE³ vorzugsweise mit Alkaline-Batterien betrieben?

Dies scheint unter ökologischen Gesichtspunkten nicht besonders sinnvoll zu sein. Wichtig sind aber auch andere Dinge, wie Kapazität, Beschaffbarkeit, Preis, Transportbeschränkungen, Zuverlässigkeit und Pflege. Mit Akkus besteht hier jedoch das Problem, dass ein hoher Wartungsaufwand erforderlich ist, um die Kapazität über längere Zeit aufrecht zu erhalten. Zu dem haben NiMH-Akkus gleicher Abmessungen maximal nur etwa die halbe Kapazität von guten Alkaline-Batterien und meist eine nicht zu vernachlässigende Selbstentladung. Li-Akkus dürfen ab einer bestimmten Kapazität

nicht mit dem Flugzeug transportiert werden und erfordern aufwendigere Ladeschaltungen. Nicht zuletzt sind die Kosten für die Anschaffung der Akkus hoch. Zusätzlich benötigt man passende Ladegeräte, möglichst mit integrierter Kapazitätsmessung, da diese im Laufe der Zeit bzw. bei unzureichender Wartung abnimmt. Akkus rentieren sich daher nur bei intensiver Nutzung. Batterien erfordern dagegen keinen zusätzlichen Aufwand und können ggf. vor Ort beschafft werden und man kann so Transportkosten sparen.

Welche Batterien kann ich verwenden?

Zu empfehlen sind Monozellen vom Typ DURACELL PROCELL. Auf diesen Typ beziehen sich auch die Resultate des Web-Calculators. Die Kapazität je D-Zelle beträgt bei 20°C ca. 16Ah bzw. 40Wh für zwei Zellen zusammen. Dies ermöglicht mit passiven Sensoren eine Laufzeit von bis zu 14 Tagen. Natürlich können andere LR20 Batterien verwendet werden, wenn es weniger auf die Laufzeit ankommt.

Kann ich die Restkapazität alter Batterien bestimmen?

Dies ist leider nicht immer besonders gut möglich. Ab einer Zellenspannung von 1.3V, möglichst bei einem Laststrom von ca. 50mA gemessen, sollte noch ca. die halbe Kapazität zur Verfügung stehen. Es gibt auch spezielle Kapazitäts-Messgeräte, z.B. Ansmann "energy -check LCD", mit denen man eine etwas genauere Angabe bekommt.

Kann ich auch Akkus für den DATA-CUBE³ verwenden?

Wenn es weniger auf eine lange Laufzeit ankommt kann man im Prinzip NiMH-Akkus einsetzen, z.B. 10000mA Akkus der Fa. Ansmann. Tests haben ergeben, dass man damit ca. 20Wh bei 2 Zellen erreicht, was der halben Laufzeit entspricht. Da der Pluspol bei diesen Akkus mechanisch abweicht ist eine Modifikation des Batteriehalters erforderlich.

Ich möchte den DATA-CUBE³ länger nonstop registrieren lassen. Was kann ich tun?

Es ist möglich, den DATA-CUBE³ extern mit Strom zu versorgen. Die entsprechenden Anschlüsse befinden sich zusammen mit USB und Terminal an der 7-poligen Buchse. Der Spannungsbereich ist 4.5...23V. Wir haben in mehreren Experimenten Pakete aus 8 Monozellen eingesetzt und 2x 6V VARTA Batterien im Labor getestet. Auch 12V Blei-Gel-Akkus haben sich bewährt. Probleme traten dagegen mit 9V-Weidezaun-Batterien auf, vermutlich bedingt durch erhöhte Luftfeuchtigkeit.

Generell verschlechtert sich der Wirkungsgrad bei externer Versorgung infolge des zusätzlichen Spannungswandlers um ca. 10%.

Experimentell wurden folgende Laufzeiten bei bestimmt (GPS ca. 15% der Zeit an):

interne 3V:	2x DURACELL PROCELL	~14 Tage
extern 12V:	Panasonic Blei-Gel-Akku 12V/12Ah (LC-RA 1212PG1)	~ 30 Tage

8x D-Cell DURACELL PROCELL

~47 Tage

2x 6V VARTA (4LR25-2)

~90 Tage

Kann ich den DATA-CUBE³ auch mit Solarenergie betreiben?

Dies ist grundsätzlich kein Problem. Die Leistung der Solarzelle und die Kapazität des Akkus richten sich natürlich nach der lokalen Sonneneinstrahlung und deren Schwankungen sowie nach dem Gesamtverbrauch von DATA-CUBE³ und Sensor. Es sollten mindestens 5W, besser 10W für das Solarpanel und 12V-Blei-Gel-Akkus mit 12Ah verwendet werden. Zu beachten ist, dass der Eigenverbrauch des Solarreglers oft nicht vernachlässigt werden darf:

Morningstar SS-6 ca. 7mA -> 100mW

Conrad Solarregler 4A 1.5mA