

Computergestützte Experimente und Signalauswertung

SS2023

Aufgabenblatt Nr.1 - 16.03.2022

Lösungen

- 1) Sie wollen mit einem linearen 16 Bit Lichtsensor die Sonneneinstrahlung Messen. Die Sonnenintensität kann bis zu 130.000 Lux betragen. Können sie mit diesem Lichtsensor auf 1 Lux Genauigkeit auflösen? Zeigen sie ob dies möglich ist mit einer Rechnung.

$$\text{Genauigkeit} \left[\frac{\text{Lux}}{\text{bit}} \right] = \frac{\text{Messbereich}[\text{Lux}]}{(2^n - 1)[\text{bit}]} \rightarrow \text{Genauigkeit} \left[\frac{\text{Lux}}{\text{bit}} \right] * (2^n - 1)[\text{bit}]$$

$$\text{Messbereich} = (2^{16} - 1)[\text{bit}] * 1 \left[\frac{\text{Lux}}{\text{bit}} \right] = 65535[\text{Lux}]$$

Der Sensor hat einen Messbereich von 65535 Lux, und kann daher nicht die 130.000 Lux messen.

- 2) Sie wollen mit einem linearen 16 Bit Lichtsensor (AKA Powermeter) die Intensität eines Lasers messen. Sie haben eine Genauigkeit von $0.763 \mu\text{W}/\text{Digits}$. Was ist der maximale Messbereich (in mW) ihres Lichtsensors/Powermeters.

$$\text{Messbereich}[\text{mW}] = \text{Genauigkeit} \left[\frac{\text{mW}}{\text{bit}} \right] * \text{Auflösung}[\text{bit}]$$

$$\text{Messbereich}[\text{mW}] = 0.763 * 10^{-3} \left[\frac{\text{mW}}{\text{bit}} \right] * (2^{16} - 1)[\text{bit}] = 50\text{mW}$$

Das Powermeter hat einen maximalen Messbereich von 50mW.

- 3) Sie versuchen in ihrer Masterarbeit ein 35mV Signal mit einem 12 Bit ADC zu messen welcher eine 4.096V Referenz hat. Wieviel Digits würden sie erwarten? Welche Möglichkeiten haben sie um mehr Signal zu bekommen?

$$\text{Auflösung} = \frac{4.096[V]}{(2^{12} - 1)[bit]} = 1 \left[\frac{mV}{bit} \right]$$

$$\text{Erwartungs(Mess)wert} = \frac{\text{Signal}[mV]}{\text{Auflösung} \left[\frac{mV}{bit} \right]} = \frac{35mV}{1 \left[\frac{mV}{bit} \right]} = 35 \text{ (Messwert)}$$

Der Messwert beträgt 35. Um mehr Signal zu bekommen wäre es möglich einen analogen Messverstärker vorzuschalten oder einen ADC mit höherer Auflösung (zb 16-Bit).

- 4) Ein OR-PAM System wird mit einer Wellenlänge von 400nm und einer Laserpulswiederholrate von 10kHz betrieben. Die Fokussierung der Anregungslaserpulse erfolgt über ein Objektiv mit einer Brennweite von 10mm. Der Laserstrahldurchmesser eintrittsseitig beträgt 4mm. Berechnen Sie die erzielbare laterale Auflösung, die Anzahl der Messpositionen, wenn ein Scanbereich von 2x2mm² lückenlos abgetastet werden soll, sowie die gesamte Datenaufnahmedauer.

Erzielbare laterale Auflösung:

$$l_{OR} = \frac{\lambda^{opt}}{NA^{Obj}} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot F^{Obj}}{D^{LB}} = 2 \mu m$$

Anzahl der Messpositionen AM für Scanbereich 2x2mm² FOV:

$$AM = \left(\frac{l_{SB}}{l_{OR}} \right)^2 = 10^6 \dots \text{Messpositionen}$$

$l_{SB} = 2 \text{ mm} \dots \dots \text{Seitenlänge des quad. SBs}$

Gesamte Datenaufnahmedauer T_{DD}:

$$T_{DD} = \frac{AM}{LPWR} = \frac{10^6}{10^4 \text{ Hz}} = 100 \text{ s} = 1 \text{ min } 40 \text{ s}$$

- 5) Wieviel Megabyte an Daten werden für den Fall in Beispiel 1 generiert, wenn bei jeder Messposition ein Zeitfenster von 4us mit einer Abtastrate von 250MS/s und 16Bit Digitizer Auflösung aufgezeichnet wird?

Anzahl Datenpunkte pro Messposition ADP:

$$ADP = ZF \cdot SR = 4 \mu s \cdot 250 \text{ MS/s} = 1000$$

Speicherbedarf je Messposition:

$$ADP \cdot 16bit = ADP \cdot 2Byte = 2 \frac{kByte}{Messpos}$$

Gesamt Speicherbedarf:

$$AM \cdot ADP = 10^6 \text{ Messpos.} \cdot 2 \frac{kByte}{Messpos.} = 2000 \text{ MByte} = 2 \text{ GByte}$$

- 6) Ein als punktförmig angenommener Ultraschallsensor befindet sich im Abstand $R=12\text{mm}$ von einer sphärischen Schallquelle mit $p_0=0.1\text{bar}$ und $d_A=0.01\text{mm}$. Die Sensitivität des Sensors beträgt 10mV/Pa . Wie groß ist die zu erwartende Spannungsamplitude und kann diese mit einem 8 Bit Digitizer im Messbereich $\pm 0.5\text{V}$ (full scale range) gemessen werden?

Erwarteter Druck am Sensor:

$$p_s = p_0 \frac{d_A}{4R} = 10^4 \text{Pa} \cdot \frac{0.01\text{mm}}{4 \cdot 12\text{mm}} \approx 2.08 \text{Pa}$$

Zu erwartende Sensor-Spannungsamplitude:

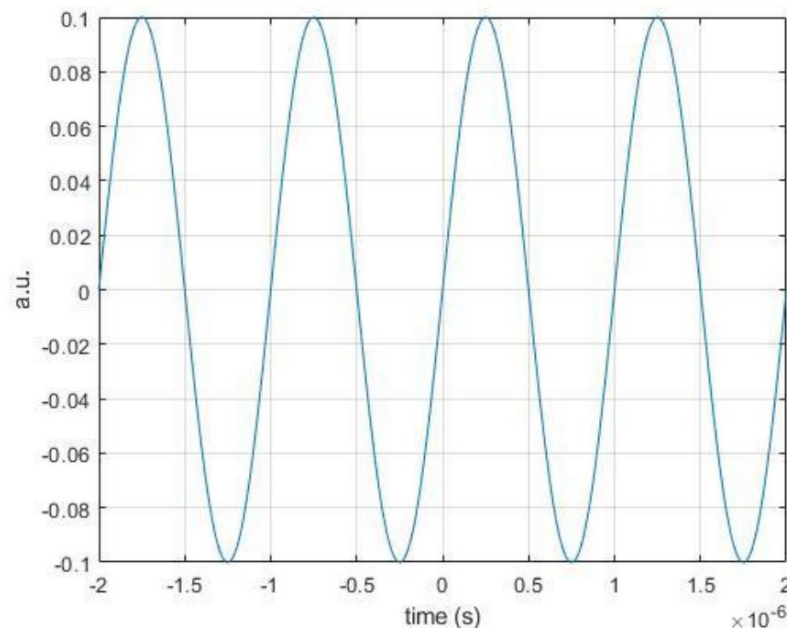
$$U_s = \text{Sensitivität} \cdot p_s = 10 \frac{\text{mV}}{\text{Pa}} \cdot 2.08 \text{Pa} = \underline{20.8\text{mV}}$$

Digitizer Auflösung:

$$\text{Genauigkeit} = \frac{\text{Messbereich}}{\text{Auflösung}} = \frac{1\text{V}}{2^8} \approx \frac{3.91\text{mV}}{\text{Digit}}$$

→ Die vom Sensor erzeugte Spannungsamplitude kann mit $U_s / \text{Genauigkeit} \approx 5 \text{ Digits}$ gemessen werden.

- 7) Bestimmen Sie für das gezeigte Signal: (1) die Periodendauer T und die Frequenz f , (2) die Anforderungen an das Datenerfassungssystem hinsichtlich Abtastfrequenz f_{SF} , und (3) die Störfrequenz, die durch nicht Einhaltung des Abtasttheorems bei zu geringer Abtastung mit $f_{SF} = 3f/2$ entsteht.



- Periodendauer kann aus dem Zeitverlauf des Signals mit $T = 1\mu\text{s}$ abgelesen werden.
- Die Frequenz ergibt sich aus $f = 1/T$ mit 1MHz .
- Anforderung an das DAQ-System: $SR \geq 2 \cdot f_{\text{max}} = 2 \cdot f = 2\text{MHz}$
- Auftretende Störfrequenz (Aliasfrequenz) f_{AF} für den Fall $f_{SF} = 3f/2 = 1.5\text{MHz}$:

$$\underline{f_{AF} = f_{SF} - f = 0.5\text{MHz}}$$