

## IEPE modules – selection criteria | IEPE Module – Auswahlkriterien

### Which points need to be clarified when planning a measurement task?

1. Sensor sensitivity and modulation
2. ADC analogue input range
3. IEPE current
4. Available power supply
5. Required frequency bandwidth
6. Galvanic Isolation
7. Module mounting type

### Welche Punkte sind bei der Planung einer Messaufgabe zu klären?

1. Sensorempfindlichkeit und Aussteuerung
2. ADC Analogeingangsbereich
3. IEPE-Strom
4. Verfügbare Stromversorgung
5. Benötigte Frequenzbandbreite
6. Galvanische Isolation
7. Modul-Montageart

### 1. Does my sensor fit the measurement task?

When selecting the sensor suitable for the measurement task, some criteria have to be considered:

- Does the selected sensor have an IEPE current interface?
- Is the selected sensor suitable for the physical value to be measured, e.g. acceleration?
- Is the nominal value of the sensor sufficient for the maximum expected measured value? E.g. sensor nominal value  $\pm 50$  g - maximum expected measured value  $\leq 50$  g?

The simplest case would be: For example, your IEPE sensor has a range of 0 to  $\pm 50$  g with a sensitivity of 100 mV/g. This results in an output signal of 0 to  $\pm 5$  V at full scale. Your measurement task also covers (at most) this range and your analog/digital converter (ADC) also has an input range of 0 to  $\pm 5$  V. In this case, neither amplification nor attenuation nor shifting of the measuring signal in the signal conditioning amplifier is required.

If you could now provide a supply voltage of 12 to 15 VDC, then for this measurement task our simplest module IPE-FM1 would be just right.

### 2. What is the input range of my ADC?

If you do not drive your sensor up to the nominal value, the amplification or attenuation of the signal may have to be adjusted in such a way that the input range of your ADC is driven as high as possible.

Aim: To avoid a decrease of the signal-to-noise ratio.

Common ADC input ranges are:

- balanced 0 to  $\pm 5$  V, 0 to  $\pm 10$  V, or
- unbalanced 0 to +5 V, 0 to +3.3 V

The unbalanced ranges are especially found in ADCs integrated in micro-controllers.

### Please note absolutely for all IEPE modules:

If the IEPE input is overdriven, the module output exceeds the nominal values.

For example: Instead of 0 to +5 V the output may take the values -1 to +6 V.

Therefore, make sure that your signal processing unit can **withstand these values without damage!**

### 1. Passt mein Sensors zur Messaufgabe?

Bei der Auswahl des für die Messaufgabe passenden Sensors sind einige Kriterien zu beachten:

- Hat der gewählte Sensor ein IEPE-Strominterface?
- Ist der gewählte Sensor geeignet für die zu messende physikalische Größe, z. B. Beschleunigung?
- Reicht der Nominalwert des Sensors für den zu erwartenden maximalen Messwert? Z. B. Sensor-Nominalwert  $\pm 50$ g - maximal zu erwartender Messwert  $\leq 50$ g?

Der einfachste Fall wäre: Ihr IEPE-Sensor hat beispielsweise einen Bereich von 0 bis  $\pm 50$ g bei einer Empfindlichkeit von 100mV/g. Dies ergibt ein Ausgangssignal von 0 bis  $\pm 5$ V bei Vollaussteuerung. Ihre Messaufgabe umfasst auch (maximal) diesen Bereich und Ihr Analog/Digital-Wandler (ADC) hat ebenfalls einen Eingangsbereich von 0 bis  $\pm 5$ V. In diesem Fall ist weder eine Verstärkung noch eine Abschwächung noch eine Verschiebung des Messsignals im Signalaufbereitungsverstärker erforderlich. Wenn Sie jetzt noch eine Versorgungsspannung von 12 bis 15VDC zur Verfügung stellen könnten, dann wäre für diese Messaufgabe unser einfachstes Modul IPE-FM1 genau richtig.

### 2. Wie ist der Eingangsbereich meines ADCs?

Falls Sie Ihren Sensor nicht bis zum Nominalwert aussteuern, müsste event. die Verstärkung bzw. auch eine Signal-Abschwächung so angepasst werden, dass der Eingangsbereich Ihres ADC möglichst maximal ausgesteuert wird. Ziel: Eine Verminderung des Signal-Rausch-Verhältnisses vermeiden.

Übliche ADC-Eingangsbereiche sind:

- bipolar 0 bis  $\pm 5$ V, 0 bis  $\pm 10$ V, oder
- unipolar 0 bis +5V, 0 bis +3,3V

Die unipolaren Bereiche finden sich besonders bei ADCs, die in Microcontroller integriert sind.

### Bitte unbedingt für alle IEPE-Module beachten:

Wenn der IEPE-Eingang übersteuert wird, überschreitet der Modulausgang die Nennwerte.

Zum Beispiel: Anstelle von 0 bis +5 V kann der Ausgang die Werte -1 bis +6 V annehmen.

Stellen Sie deshalb sicher, dass Ihre Signalverarbeitungseinheit **diese Werte ohne Schaden verkraftet!**

## IEPE modules – selection criteria

## IEPE Module – Auswahlkriterien

### 3. How to select the IEPE excitation current?

The IEPE excitation current ( $I_{IEPE}$ ) should be selected depending on the cable length and capacitance and the required frequency bandwidth.

Example:

Required frequency bandwidth ( $F_{max}$ ) 40 kHz, cable length 50 m \* cable capacitance 50 pF/m = 2500 pF (C), sensor output +5 V (V):

$$I_{IEPE} = (F_{max} * 2\pi * C * V / 10e9) + 1 \\ = (40000 * 6,28 * 2500 * 5 / 10e9) + 1 = 4 \text{ mA.}$$

4 mA is the appropriate  $I_{IEPE}$  for most applications.

Highly recommended information:

[https://www.pcb.com/contentstore/mktgcontent/linkedd ocuments/electronics/PCB-G0001G\\_Lowres.pdf](https://www.pcb.com/contentstore/mktgcontent/linkedd ocuments/electronics/PCB-G0001G_Lowres.pdf)

The IEPE excitation is provided by all our modules and generated from the applied power supply. For some modules the  $I_{IEPE}$  can be varied within certain limits.

### 4. What power supply does the IEPE signal conditioning need?

The power supply voltage, which can be provided by you, defines the use of our different IEPE modules:

- 12/15 VDC – all modules,
- 24 VDC – IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1.

### 5. What is then frequency range of my measuring task and measuring equipment?

Usually the IEPE sensor limits the frequency bandwidth of the measuring device.

However, it is quite conceivable that your measuring equipment requires the limitation of the bandwidth.

If the selected sampling rate of the ADC (reduction of the amount of data) is low compared to the frequency bandwidth of the IEPE signal, the occurrence of undesired aliasing products (beating signal of the useful signal and the sampling signal) cannot be excluded.

According to the Nyquist/Shannon theorem, the  $F_{sampling}$  signal of your ADC must be  $\geq 2 * F_{measuring}$  signal to avoid „aliasing“ and errors in signal recovery (signal processing).

To ensure this, an additional low-pass filter must often be switched into the signal flow as an anti-aliasing filter, if your ADC system does not already have such a filter.

Here we offer low pass filters with 4th or 8th order. The filters can be selected with Bessel or Butterworth characteristics.

(For differences please refer to our pages "ACTIVE FILTERS".)

### 3. Wie wähle ich den IEPE-Erregerstrom?

Der IEPE-Erregerstrom ( $I_{IEPE}$ ) sollte in Abhängigkeit der Kabellänge und -kapazität und der benötigten Frequenzbandbreite gewählt werden.

Beispiel:

Gewünschte Frequenz-Bandbreite ( $F_{max}$ ) 40kHz, Kabellänge 50m \* Kabelkapazität 50pF/m = 2500pF (C), Sensor-Aussteuerung +5V (V):

$$I_{IEPE} = (F_{max} * 2\pi * C * V / 10e9) + 1 \\ = (40000 * 6,28 * 2500 * 5 / 10e9) + 1 = 4 \text{ mA.}$$

4mA ist in den meisten Anwendungsfällen der passende  $I_{IEPE}$ .

Sehr empfehlenswerte Information:

[https://www.pcb.com/contentstore/mktgcontent/linkedd ocuments/electronics/PCB-G0001G\\_Lowres.pdf](https://www.pcb.com/contentstore/mktgcontent/linkedd ocuments/electronics/PCB-G0001G_Lowres.pdf)

Die IEPE-Erregung wird von allen unseren Modulen bereitgestellt und aus der angelegten Stromversorgung generiert. Bei einigen Modulen kann  $I_{IEPE}$  in gewissen Grenzen variiert werden.

### 4. Welche Stromversorgung benötigt die IEPE Signal-Conditionierung?

Die Stromversorgungsspannung, die von Ihnen bereitgestellt werden kann, definiert den Einsatz unserer verschiedenen IEPE Module:

- 12/15VDC – alle Module,
- 24VDC – IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1.

### 5. Wie ist der Frequenzbereich meiner Messaufgabe und meiner Messeinrichtung?

In der Regel limitiert der IEPE-Sensor die Frequenz-Bandbreite der Messeinrichtung.

Es ist aber durchaus denkbar, dass Ihre Messeinrichtung die Limitierung der Bandbreite erfordert.

Wenn die gewählte Abtastrate des ADCs (Reduzierung der Datenmenge) niedrig ist im Vergleich zur Frequenz-Bandbreite des IEPE-Signals ist das Auftreten unerwünschter Aliasing-Produkte (Schwebungssignal aus Nutzsignal und Abtastsignal) nicht auszuschließen.

Nach dem Nyquist/Shannon-Abtasttheorem muss  $F_{Abtastsignal}$  Ihres ADCs  $\geq 2 * F_{Messsignal}$  sein um „Aliasing“ und Fehler bei der Signal-Rückgewinnung (Signalverarbeitung) zu vermeiden.

Um dies zu gewährleisten ist oftmals ein zusätzliches Tiefpass-Filter als Anti-Aliasing-Filter in den Signalfluss zu schalten, wenn Ihr ADC-System nicht bereits über ein derartiges Filter verfügt.

Wir bieten hier Tiefpassfilter mit 4. oder 8. Ordnung an. Die Filter können mit Bessel- oder Butterworth-Charakteristik gewählt werden.

(Unterschiede bitte nachsehen auf unseren Seiten "ACTIVE FILTERS".)

## IEPE modules – selection criteria | IEPE Module – Auswahlkriterien

Please note that these filters do not achieve an infinitely steep drop in amplitude over the frequency, but the amplitude curve corresponds to their order and characteristics:

So, 8th order Butterworth much steeper than 4th order Bessel.

Attention: Also digital filtering is subject to the sampling theorem and may have to be "pre-filtered" in analog mode.

Modules with low pass filters "on board":  
IPE-FM3, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1.

### 6. Is galvanic isolation of the sensor from the measuring device necessary?

If your measuring task involves several sensors at different measuring points with different reference potentials (e.g. greater spatial separation of the measuring points), it is possible that interference may occur due to potential displacement or hum loops. To avoid this problem, IEPE amplifiers with galvanic isolation of sensor and signal processing and system power supply are suitable.  
Our solution: IPE-ISO1.

### 7. Mounting method of the modules

The modules of type IPE-FMx are available for

- Installation in a front panel or housing (type A)
- Can be plugged onto a mainboard (type B)

The modules

- IPE-DM5 and
- IPE-ISO1

are mounted on 35mm DIN rails.

IPE-ISO1 is also intended for installation in a housing.

Zu beachten ist hier, dass diese Filter keinen unendlich steilen Abfall der Amplitude über die Frequenz erreichen, sondern der Amplitudenverlauf ihrer Ordnung und Charakteristik entspricht:

Also, 8. Ordnung Butterworth viel steiler als 4. Ordnung Bessel.

Achtung: Auch eine digitale Filterung unterliegt dem Abtasttheorem und muss event. analog "vorgefiltert" werden.

Module mit Tiefpassfiltern "on board":  
IPE-FM3, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1.

### 6. Ist eine galvanische Isolation des Sensors von der Messeinrichtung notwendig?

Wenn Ihre Messaufgabe mehrere Sensoren an unterschiedlichen Messtellen mit unterschiedlichen Bezugspotentialen (z.B. größere räumliche Trennung der Messtellen) beinhaltet, kann es vorkommen, dass es zu Störungen durch Potentialverschiebung oder Brummschleifen kommt. Zur Vermeidung dieses Problem bieten sich IEPE-Verstärker mit galvanischer Trennung von Sensor und Signalverarbeitung und System-Stromversorgung an.  
Unsere Lösung: IPE-ISO1

### 7. Montageart der Module

Die Module vom Typ IPE-FMx sind verfügbar für

- Einbau in eine Frontplatte oder ein Gehäuse (Typ A)
- Aufsteckbar auf ein Mainboard (Typ B)

Die Module

- IPE-DM5 und
- IPE-ISO1

werden auf 35mm DIN-Tragschienen montiert.

Für IPE-ISO1 ist auch ein Einbau in ein Gehäuse vorgesehen.

## IEPE modules – selection criteria | IEPE Module – Auswahlkriterien

When selecting the appropriate IEPE module, the following criteria should be observed:  
Bei der Auswahl des passenden IEPE-Moduls sollten folgende Kriterien beachtet werden:

<b>Available power supply</b> <b>Verfügbare Stromversorgung</b>	
only 12 to 15 VDC nur 12 bis 15VDC	IPE-FM1, IPE-FM4, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
only 24 VDC nur 24VDC	IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
$\pm 12$ to $\pm 15$ VDC and 24 to 30 VDC (no internal converters) $\pm 12$ bis $\pm 15$ VDC und 24 bis 30VDC (keine internen Wandler)	IPE-FM3
<b>Input range of the analog / digital converter (ADC)</b> <b>Eingangsbereich des Analog/Digital-Wandlers (ADC)</b>	
balanced (bipolar) $\pm 5$ V / $\pm 10$ V (offset 0 VDC) symmetrisch (bipolar) $\pm 5$ V / $\pm 10$ V (Offset 0 VDC)	any alle
unbalanced (unipolar) 0 to +3.3 V (offset +1.65 VDC) unsymmetrisch (unipolar) 0 bis +3,3V (Offset +1,65VDC)	IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-ISO1
unbalanced (unipolar) 0 to +5 V (offset +2.5 VDC) unsymmetrisch (unipolar) 0 bis +5V (Offset +2,5VDC)	IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-ISO1
unbalanced (unipolar) 0 to +10 V (offset +5 VDC) unsymmetrisch (unipolar) 0 bis +10V (Offset +5VDC)	IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-ISO1
current loop 4 to 20 mA (offset 12 mA) Stromschleife 4 – 20mA (Offset 12mA)	IPE-ISO1
<b>IEPE Sensor modulation (sensor_max) / Gain</b> <b>IEPE-Sensor-Aussteuerung (Sensor_max) / Verstärkung</b>	
up to sensor_max → gain 1 sufficient bis Sensor_max → Verstärkung 1 ausreichend	any alle
up to 1/2 sensor_max → gain 2 required bis 1/2 Sensor_max → Verstärkung 2 erforderlich	IPE-FM3, IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
up to 1/5 sensor_max → gain 5 required bis 1/5 Sensor_max → Verstärkung 5 erforderlich	IPE-FM3, IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
up to 1/10 sensor_max → gain 10 required bis 1/10 Sensor_max → Verstärkung 10 erforderlich	IPE-FM3, IPE-FM4*, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
up to 1/100 sensor_max → gain 100 required (only recommended with restriction) bis 1/100 Sensor_max → Verstärkung 100 erforderlich (nur eingeschränkt empfohlen)	IPE-FM3
Gain and IEPE excitation current selectable by the user Verstärkung und IEPE-Erregerstrom vom Anwender einstellbar	IPE-FM3, IPE-ISO1
<b>Anti-aliasing filter on the module</b> <b>Anti-Aliasing-Filter auf dem Modul</b>	
4th order (24 dB/octave) 4. Ordnung (24dB/Oktave)	IPE-FM3, IPE-FM6, IPE-DM5, IPE-ISO1
8th order (48 dB/octave) 8. Ordnung (48dB/Oktave)	IPE-FM3, IPE-FM6, IPE-ISO1
Filter replaceable by the user Filter vom Anwender wechselbar	IPE-FM6, IPE-ISO1

\* Restriction with IPE-FM4: Unbalanced signal output only with gain 1

\* Einschränkung bei IPE-FM4: Unsymmetrischer Signal-Ausgang nur mit Verstärkung 1