



Your Global Automation Partner

IM72-11Ex/L

IM72-22Ex/L

Steuerbausteine

Inhaltsverzeichnis

1	Über dieses Sicherheitshandbuch	5
1.1	Zielgruppen	5
1.2	Symbolerläuterung	5
1.3	Abkürzungen und Benennungen	6
1.4	Dokumentenhistorie	6
2	Hinweise zu den Geräten	7
2.1	Gerätevarianten	7
2.2	Turck-Service	7
3	Zu Ihrer Sicherheit	7
3.1	Bestimmungsgemäße Verwendung	7
3.2	Naheliegende Fehlanwendung	7
3.3	Allgemeine Sicherheitsvorschriften	8
4	Gerätespezifische Informationen zu Sicherheitsanwendungen	9
4.1	Sicherheitsfunktion	9
4.2	Sicherer Zustand	9
4.3	Funktionen und Betriebsarten	9
4.3.1	Ausgangsverhalten	9
4.3.2	Pegelumschaltung	9
4.3.3	Fehler quittieren	9
4.4	Fehler- und Ausfallarten	9
4.5	Sicherheitstechnische Kennwerte	10
4.5.1	Annahmen FMEDA	10
4.5.2	Hardwarearchitektur	10
4.5.3	Kennwerte für Ventilsteuerbausteine IM72-11Ex/L und IM72-22Ex/L	10
4.6	Nutzungsdauer	11
4.7	Besondere Vorschriften und Einschränkungen	11
5	Installation und Inbetriebnahme	12
5.1	Montieren	12
5.2	Anschließen	12
5.2.1	Anschlussbilder	12
5.3	In Betrieb nehmen	13
5.3.1	Ventile auswählen	13
6	Betrieb, Instandhaltung und Reparatur	13
6.1	Störungen beseitigen	13
6.2	Instand halten	13
6.3	Reparieren	14
6.3.1	Geräte zurücksenden	14
7	Außerbetriebnahme und Ausmusterung	14
7.1	Außer Betrieb nehmen	14
7.2	Ausmustern	14
8	Anhang – EXIDA-Report FMEDA Turck 04/07-14 R003	15
9	Turck-Niederlassungen – Kontaktdaten	28

1 Über dieses Sicherheitshandbuch

Dieses Sicherheitshandbuch enthält Vorschriften zur Anwendung der Geräte in sicherheitstechnischen Systemen (Safety Instrumented Systems SIS). Die Betrachtung der sicherheitsrelevanten Werte basiert auf der IEC 61508. Das Sicherheitshandbuch beschreibt die zur SIL-Beurteilung ermittelten Werte und ist nur im Zusammenhang mit dem anhängenden EXIDA-Report FMEDA Turck 04/07-14 R003 gültig. Lesen Sie dieses Dokument vor dem Gebrauch des Geräts aufmerksam durch. So vermeiden Sie mögliche Personen-, Sach- oder Geräteschäden. Bewahren Sie das Sicherheitshandbuch auf, solange das Gerät genutzt wird. Falls Sie das Gerät weitergeben, geben Sie auch dieses Sicherheitshandbuch mit.



GEFAHR

Fehlfunktion durch Bedienfehler

Lebensgefahr durch Ausfall der Sicherheitsfunktion!

- Die in diesem Sicherheitshandbuch enthaltenen Vorschriften unbedingt einhalten, wenn das Gerät in sicherheitsgerichteten Anwendungen eingesetzt wird.

1.1 Zielgruppen

Das Sicherheitshandbuch richtet sich an Fachpersonal oder fachlich geschultes Personal. Es muss von jeder Person gelesen und verstanden werden, die für eine der folgenden Arbeiten verantwortlich ist:

- Auspacken und Montage
- Inbetriebnahme
- Prüfung und Wartung
- Störungsbehebung
- Demontage und Entsorgung

1.2 Symbolerläuterung

In diesem Sicherheitshandbuch werden folgende Symbole verwendet:



GEFAHR

- GEFAHR kennzeichnet eine unmittelbar gefährliche Situation mit hohem Risiko, die zu Tod oder schwerer Verletzung führt, wenn sie nicht vermieden wird.



HINWEIS

- Unter HINWEIS finden Sie Tipps, Empfehlungen und wichtige Informationen. Die Hinweise erleichtern die Arbeit, enthalten Infos zu speziellen Handlungsschritten und helfen, Mehrarbeit durch falsches Vorgehen zu vermeiden.



HANDLUNGS-AUFFORDERUNG

Dieses Zeichen kennzeichnet Handlungsschritte, die der Anwender auszuführen hat.



HANDLUNGSR-ESULTAT

Dieses Zeichen kennzeichnet relevante Resultate von Handlungen und Handlungsabfolgen.

1.3 Abkürzungen und Benennungen

Begriffserklärungen siehe IEC 61508-4

DC	diagnostic coverage	Diagnosedeckungsgrad
E/E/PE-System	electrical/electronic/programmable electronic system	elektrisch/elektronisch/programmierbares elektronisches System
EUC	equipment under control	EUC-Einrichtung
	dangerous failure	gefahrbringender Ausfall
	no effect failure	Ausfall ohne Auswirkung
	no part failure	Ausfall eines unbeteiligten Bauteils
	safe failure	ungefährlicher Ausfall
	safe state	sicherer Zustand
HFT	hardware fault tolerance	Hardwarefehlertoleranz
	high demand mode	Betriebsart mit hoher Anforderungsrate
	low demand mode	Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate
MooN	M out of N channel architecture	Architektur mit M-aus-N Kanälen
MTBF	mean time between failures	mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen
MTTR	mean time to restauration	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung
PFD	probability of dangerous failure on demand	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung
PFD_{AVG}	average probability of dangerous failure on demand)	mittlere Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung
PFH	average frequency of a dangerous failure per hour	mittlere Häufigkeit eines gefahrbringenden Ausfalls je Stunde
SFF	safe failure fraction	Anteil sicherer Ausfälle
SIF	safety instrumented function	Sicherheitsfunktion
SIS	safety instrumented system	das sicherheitstechnische System
SIL	safety integrity level	Sicherheits-Integritätslevel
	proof test	Wiederholungsprüfung
	proof test interval	Intervall für die Wiederholungsprüfung

1.4 Dokumentenhistorie

Rev.	Beschreibung	Datum
1.0.0	Erstausgabe	02.04.2015
1.1.0	Layoutanpassungen, Hinweise auf SIL-Registrierkarte entfernt	18.06.2025

Die deutschsprachige Version gilt als das führende Dokument. Sämtliche Übersetzungen wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Sollten Sie unsicher sein hinsichtlich der Auslegung, verwenden Sie das deutschsprachige Sicherheitshandbuch oder wenden sich direkt an Turck.



HINWEIS

- Benutzen Sie grundsätzlich das neueste Sicherheitshandbuch. Prüfen Sie, ob eine neuere Version zur Verfügung steht.

2 Hinweise zu den Geräten

2.1 Gerätevarianten

Dieses Sicherheitshandbuch gilt für die folgenden Turck-Ventilsteuerbausteine:

- IM72-11Ex/L
- IM72-22Ex/L

2.2 Turck-Service

Turck unterstützt Sie bei Ihren Projekten von der ersten Analyse bis zur Inbetriebnahme Ihrer Applikation. In der Turck-Produktdatenbank unter www.turck.com finden Sie Software-Tools für Programmierung, Konfiguration oder Inbetriebnahme, Datenblätter und CAD-Dateien in vielen Exportformaten.

Die Kontaktdaten der Turck-Niederlassungen weltweit finden Sie auf
S. Turck-Niederlassungen – Kontaktdaten.

3 Zu Ihrer Sicherheit

Das Gerät ist nach dem Stand der Technik konzipiert. Dennoch gibt es Restgefahren.
Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, müssen Sie die Warnhinweise und Sicherheitsvorschriften beachten. Für Schäden durch Nichtbeachtung von Vorschriften übernimmt Turck keine Haftung.

3.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Ventil-Steuerbausteine stellen ein in Strom und Spannung begrenztes, eigensicheres Ausgangssignal bereit. Damit können Verbraucher im gas- und staubgefährdeten Ex-Bereich betrieben werden. Typische Anwendungen sind das Ansteuern von Ex-i-Piloten, das Versorgen von Anzeigen und Transmittern. Die Geräte werden durch das Aufschalten der Betriebsspannung angesteuert. Die Ausgangswerte der beiden Anschlüsse U1 und U2 pro Kanal unterscheiden sich in ihren Leerlaufspannungen und sind auf Ventile verschiedener Hersteller abgestimmt.

Mit diesen Geräten lassen sich auch sicherheitsgerichtete Systeme bis einschließlich SIL3 gemäß IEC 61508 aufbauen (Hardwarefehltoleranz HFT = 0). Die Geräte dürfen nur in sicherheitsgerichteten Kreisen verwendet werden, wenn alle Anforderungen strikt eingehalten werden, die sich aus diesem Sicherheitshandbuch und dem EXIDA-Bericht ergeben. Die Angaben im EXIDA-Bericht gelten bei Anwendung der IEC 61508 für Einsatzfälle mit niedriger Anforderungsrate (Gerätetyp A für Low-Demand-Betrieb). Beim Einsatz in Sicherheitssystemen ist die Ausfallwahrscheinlichkeit (PFD) für den gesamten Kreis zu ermitteln und zu berücksichtigen.

3.2 Naheliegende Fehlanwendung

Bei Einsatz von 2-kanaligen Geräten in Sicherheitskreisen darf der 2. Kanal nicht genutzt werden, um die Hardwarefehltoleranz zu erhöhen und damit einen höheren SIL-Level zu erreichen.

3.3 Allgemeine Sicherheitsvorschriften

- Das Gerät muss unter <https://www.turck.de/SIL> registriert werden.
- Der Anwender ist dafür verantwortlich, dass das Gerät jeweils in Übereinstimmung mit den geltenden Bestimmungen, Normen und Gesetzen eingesetzt wird.
- Die Eignung für bestimmte Einsatzfälle muss durch die Betrachtung des jeweiligen sicherheitsgerichteten Gesamtsystems im Hinblick auf die Anforderungen der IEC 61508 bewertet werden.
- Das Gerät darf nur von geschultem Personal montiert und installiert werden.
- Das Gerät darf nur von erfahrenen Anwendern in Betrieb genommen und betrieben werden.
- Vor dem ersten Betrieb, nach Reparatur und Austausch sowie im vorgeschriebenen Zeitabstand T[Proof] muss ein Funktionstest durchgeführt werden
- Beim Betrieb des Gerätes ist sicherzustellen, dass die Spannungsversorgung dem angegebenen Spannungsbereich entspricht.
- Der ordnungsgemäße Zustand der Verbindungen und Kabel muss regelmäßig überprüft werden.
- Besondere applikationsspezifische Einflüsse, wie z. B. chemische und physikalische Belastungen, können zur vorzeitigen Abnutzung der Geräte führen und müssen bereits bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden; fehlende Erfahrungswerte durch besondere Maßnahmen ausgleichen, z. B. durch verkürzte Prüfintervalle.
- Bei Fehlern innerhalb des Gerätes, die zum Übergang in den als sicher definierten Zustand führen, müssen Maßnahmen getroffen werden, die bei Weiterbetrieb der Gesamtsteuerung den sicheren Zustand erhalten.
- Gefährliche Ausfälle müssen umgehend an Turck gemeldet werden.
- Ein defektes Gerät muss umgehend ausgetauscht und darf nicht repariert werden.
- Bei defekten Klemmen sowie bei sichtbaren Fehlern am Gerät ist ein sofortiger Austausch notwendig.
- Eingriffe und Umbauten am Gerät sind unzulässig. Reparaturen dürfen ausschließlich von Turck ausgeführt werden. Senden Sie das Gerät zu diesem Zweck an Turck (siehe Abschnitt „Reparieren“).
- Vor dem Einsatz des Produktes in sicherheitsbezogenen Anwendungen müssen die Angaben dieses Sicherheitshandbuches immer auf ihre Anwendbarkeit für die jeweilige Applikation (z. B. auf besondere, branchenspezifische Anforderungen und Gepflogenheiten) geprüft werden. Im Zweifelsfall kontaktieren Sie bitte die angegebene Herstelleradresse.

4 Gerätespezifische Informationen zu Sicherheitsanwendungen

4.1 Sicherheitsfunktion

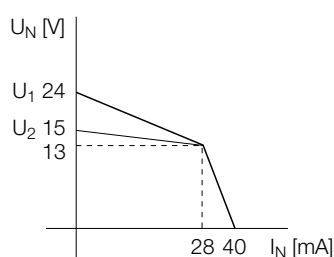
Der Ausgang eines Kanals ist abgeschaltet, wenn die Eingangsspannung kleiner als die Schaltschwelle ($< 5\text{ V}$) ist.

4.2 Sicherer Zustand

Der sichere Zustand ist so definiert, dass der Ausgang LOW ist. Im sicheren Zustand ist die Ausgangsspannung kleiner als die Abfallspannung der angeschlossenen Ventile.

4.3 Funktionen und Betriebsarten

4.3.1 Ausgangsverhalten



Ausgangsverhalten IM72-11Ex/L und IM72-22Ex/L

4.3.2 Pegelumschaltung

Eine Pegelumschaltung am Eingang verursacht eine Pegelumschaltung am zugehörigen Ausgang.

- In Abhängigkeit des Eingangssignals ist der Ausgang HIGH, wenn das Ausgangssignal $19\ldots 30\text{ VDC}$ ist.
- In Abhängigkeit des Eingangssignals ist der Ausgang LOW, wenn das Ausgangssignal $0\ldots 5\text{ VDC}$ ist.

4.3.3 Fehler quittieren

Fehler müssen nicht quittiert werden. Ist der Fehler beseitigt, nimmt das Gerät den Betrieb selbstständig wieder auf.

4.4 Fehler- und Ausfallarten

Fehler müssen im Zusammenhang mit der Applikation in sichere (nicht gefährliche) und unsichere (gefährliche) Fehler klassifiziert werden. Dafür sind Sie als Betreiber verantwortlich.



HINWEIS

Sämtliche Schäden, die durch einen gefährlichen unentdeckten Ausfall verursacht werden, müssen umgehend an Turck gemeldet werden.

4.5 Sicherheitstechnische Kennwerte

4.5.1 Annahmen FMEDA

Die sicherheitstechnischen Kennwerte wurden auf Basis einer FMEDA nach IEC 61508 ermittelt. Die FMEDA beruht auf folgenden Annahmen:

- Die Ausfallraten sind konstant.
- Der mechanische Verschleiß ist nicht betrachtet.
- Die Ausbreitung von Ausfällen ist nicht relevant.
- Die Reparaturzeit MTTR nach einem ungefährlichen Fehler beträgt 8 Stunden (Austausch des Gerätes).
- Das Gerät wird in der Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate betrieben (Low Demand Mode).
- Die Ausfallraten einer externen Spannungsversorgung sind nicht berücksichtigt.
- Bei den verwendeten Ausfallraten handelt es sich um die Siemens-Standards SN 29500 bei 40 °C .
- Der zweite Kanal eines Gerätes kann nicht zur Erhöhung der Hardwarefehlertoleranz HFT verwendet werden.
- Die Umgebungsbedingungen entsprechen einer durchschnittlichen industriellen Umgebung, definiert in MIL-HNBK-217-F oder der IEC 60654-1, Class C (sheltered location).
 - Die Umgebungstemperatur beträgt in der Regel 40 °C.
 - Bei Umgebungstemperaturen von 60 °C und bei häufigen Temperaturschwankungen ist ein Sicherheitsfaktor von 2,5 zu verwenden.

4.5.2 Hardwarearchitektur

Das Gerät wird als Komponente des Typs A betrachtet (nicht-komplexes Gerät). Die Hardwarefehlertoleranz HFT ist 0.

4.5.3 Kennwerte für Ventilsteuerbausteine IM72-11Ex/L und IM72-22Ex/L

Das Gerät ist einsetzbar für Anwendungen bis zu SIL 3.

Die Ventilsteuerbausteine IM72-11Ex/L und IM72-22Ex/L werden direkt über den digitalen Ausgang der Sicherheitssteuerung mit Spannung versorgt. Somit ist keine zusätzliche Energiequelle vorhanden, die dazu führen könnte, dass die Ausgängen der Geräte bei einem internen Fehler nicht in den sicheren Zustand wechseln. Sämtliche internen Fehler sind folglich als Ausfälle ohne Auswirkung auf die Sicherheitsfunktion oder als ungefährliche Ausfälle zu betrachten, die das Gerät in den sicheren Zustand versetzen?

Rate ungefährlicher und gefährlicher Ausfälle

λ_{safe}	$\lambda_{\text{dangerous}}$	SFF	PFD_{AVG}
222 FIT	0 FIT	100 %	0×10^0

4.6 Nutzungsdauer

Die berechneten Ausfallraten des Gerätes gelten für eine Nutzungsdauer (Useful Lifetime) von 8 Jahren.

4.7 Besondere Vorschriften und Einschränkungen



HINWEIS

Jede Anwendung hat ihre besonderen Einsatz- und Umgebungsbedingungen. Daher muss bei der sicherheitstechnische Beurteilung einer Anlage – neben den allgemeinen Aussagen zu Ausfallwahrscheinlichkeiten, Toleranzen und Fehlerraten der Komponenten – immer auch der konkrete Prozess betrachtet werden. So können beispielsweise besondere chemische und physikalische Belastungen zur vorzeitigen Abnutzung der Geräte führen, deren Einflüsse bereits bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden müssen. Fehlende Erfahrungswerte lassen sich durch besondere Maßnahmen ausgleichen, zum Beispiel durch verkürzte Prüfintervalle. Die Einschätzung des Diagnosedeckungsgrads (DC) kann von Anwendung zu Anwendung variieren. Die Einschätzung der Hardwarefehlertoleranz (HFT) kann nur erfolgen, wenn Einschränkungen zur Anwendung des konformen Objektes gemacht werden.

5 Installation und Inbetriebnahme



GEFAHR

Fehlfunktion durch Fehler bei der Inbetriebnahme und Bedienung

Lebensgefahr durch Ausfall der Sicherheitsfunktion!

- Stellen Sie sicher, dass das Produkt nur durch fachlich geschultes und erfahrenes Personal montiert, installiert, betrieben und gewartet wird.

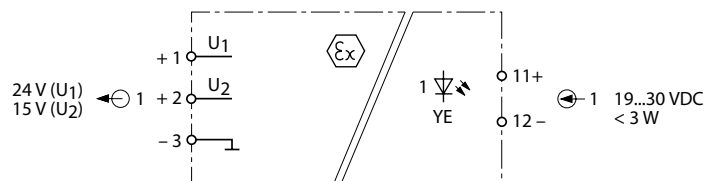
5.1 Montieren

Beachten Sie die Montagehinweise in der Betriebsanleitung.

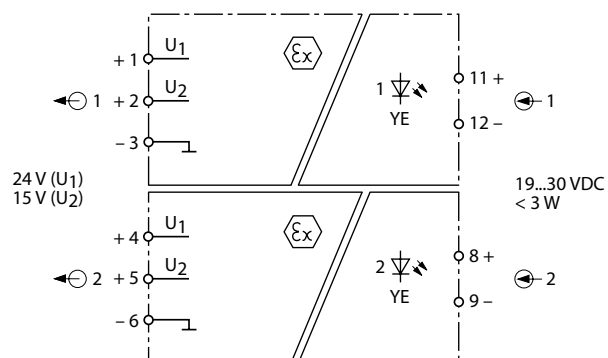
5.2 Anschließen

Beachten Sie die Installationshinweise in der Betriebsanleitung.

5.2.1 Anschlussbilder



Blockschaltbild IM72-11Ex/L



Blockschaltbild IM72-22Ex/L

5.3 In Betrieb nehmen

Beim Betrieb des Gerätes ist sicherzustellen, dass die Spannungsversorgung dem angegebenen Spannungsbereich entspricht. Die Inbetriebnahme ist in der Betriebsanleitung des jeweiligen Gerätes beschrieben.

5.3.1 Ventile auswählen

Werden Ventile in Sicherheitskreisen eingesetzt, müssen die Ventile nach IEC 61508 zertifiziert sein. Versichern Sie sich, dass die Geräte und die Gehäusewerkstoffe für den jeweiligen Einsatzfall geeignet sind.

Informieren Sie sich darüber auch in den jeweiligen Datenblättern der Turck-Geräte unter www.turck.com.

6 Betrieb, Instandhaltung und Reparatur

Die Angaben gelten für die Betriebsbedingungen in einem industriellen Umfeld gemäß IEC 606541-1 Class C (geschützte Lage) mit einer Umgebungstemperatur von 40 °C über einen langen Zeitraum.

6.1 Störungen beseitigen

Die Behebung von Störungen ist in der Betriebsanleitung des jeweiligen Gerätes beschrieben.



HINWEIS

Der Anwender muss sämtliche Störungen am Gerät, die bei Einsatz des Gerätes in sicherheitstechnischen Anwendungen auftreten, umgehend an Turck melden.

6.2 Instand halten

Der ordnungsgemäße Zustand der Verbindungen und Kabel muss regelmäßig überprüft werden. Die Geräte sind wartungsfrei, bei Bedarf trocken reinigen.



GEFAHR

Fehlfunktion durch leitende Medien oder statische Aufladung

Lebensgefahr durch Ausfall der Sicherheitsfunktion!

- Verwenden Sie bei der Reinigung keine flüssigen Medien oder statisch aufladenden Reinigungsmittel.



GEFAHR

Unbeabsichtigtes Verstellen der Parameter

Lebensgefahr durch Ausfall der Sicherheitsfunktion!

- Führen Sie nach jeder Reinigung einen Funktionstest durch.

6.3 Reparieren



GEFAHR

Das Gerät darf nicht repariert werden.

Lebensgefahr durch Fehlfunktion!

- Senden Sie das Gerät zur Reparatur an Turck. Beachten Sie hierbei die spezifischen, mit der Lieferung vereinbarten Garantiebedingungen.

6.3.1 Geräte zurücksenden

Ist die Rücksendung eines Geräts erforderlich, so können nur Geräte entgegengenommen werden, die mit einer Dekontaminationserklärung versehen sind. Diese steht unter https://www.turck.de/static/media/downloads/01_Dekontaminationserklaerung_DE.pdf zum Download zur Verfügung und muss vollständig ausgefüllt, wetter- und transportsicher an der Außenseite der Verpackung angebracht sein.

7 Außerbetriebnahme und Ausmusterung

7.1 Außer Betrieb nehmen

Die Außerbetriebnahme ist in der Betriebsanleitung des jeweiligen Gerätes beschrieben.

7.2 Ausmustern



Die Geräte müssen nach dem Ablauf der Useful Lifetime von 8...12 Jahren ausgemustert werden. Die Geräte müssen fachgerecht entsorgt werden und gehören nicht in den normalen Hausmüll.

8 Anhang – EXIDA-Report FMEDA Turck 04/07-14 R003



Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis

Project:

Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L

Customer:

Hans Turck GmbH & Co. KG
Mühlheim
Germany

Contract No.: TURCK 04/10-20

Report No.: TURCK 04/10-20 R003

Version V1, Revision R1.0, May 2005

Stephan Aschenbrenner

The document was prepared using best effort. The authors make no warranty of any kind and shall not be liable in any event for incidental or consequential damages in connection with the application of the document.

© All rights on the format of this technical report reserved.



Management summary

This report summarizes the results of the hardware assessment carried out on the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L. Table 1 describes the two considered devices.

The hardware assessment consists of a Failure Modes, Effects and Diagnostics Analysis (FMEDA). A FMEDA is one of the steps taken to achieve functional safety assessment of a device per IEC 61508. From the FMEDA, failure rates are determined and consequently the Safe Failure Fraction (SFF) is calculated for the device. For full assessment purposes all requirements of IEC 61508 must be considered.

Table 1: Version description

Type	Description
IM72-11Ex/L	Only components of one channel mounted
IM72-22Ex/L	Components of both channels mounted

The failure rates used in this analysis are the basic failure rates from the Siemens standard SN 29500.

According to table 2 of IEC 61508-1 the average PFD for systems operating in low demand mode has to be $\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$ for SIL 3 safety functions. However, as the modules under consideration are only one part of an entire safety function they should not claim more than 10% of this range, i.e. they should be better than or equal to $1,00E-04$.

The Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are considered to be Type A¹ components with a hardware fault tolerance of 0.

For Type A components the SFF has to be 90% to $< 99\%$ according to table 2 of IEC 61508-2 for SIL 3 (sub-) systems with a hardware fault tolerance of 0.

Because the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are directly driven from the digital output of a safety PLC there is no additional power supply which can keep the output energized in case of an internal fault. Thus all internal faults have either no effect on the safety function or lead to a safe state.

The following table shows how the above stated requirements are fulfilled.

λ_{safe}	$\lambda_{\text{dangerous}}$	SFF	PFD _{AVG}
222 FIT	0 FIT ²	100%	0,00E+00

This means that the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L can be used for all safety applications.

The calculations are based on the assumption that the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are mounted in an environment that is IP 54 compliant (e.g. housing, control cabinet or control room).

¹ Type A component: "Non-complex" component (all failure modes are well defined); for details see 7.4.3.1.2 of IEC 61508-2.

² In order to deal with the excluded faults in the quantitative analysis it might be reasonable to consider a dangerous failure rate of 0.1 FIT, leading to a SFF of 99,97% and a PFD_{AVG} of $4,38E-06$ for a proof time of 10 years.



Table of Contents

Management summary	2
1 Purpose and Scope	4
2 Project management.....	5
2.1 <i>exida.com</i>	5
2.2 Roles of the parties involved.....	5
2.3 Standards / Literature used.....	5
2.4 Reference documents	6
2.4.1 Documentation provided by the customer.....	6
2.4.2 Documentation generated by <i>exida.com</i>	6
3 Description of the analyzed module.....	7
3.1 Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L	7
4 Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis	8
4.1 Description of the failure categories.....	8
4.2 Methodology – FMEDA, Failure rates	8
4.2.1 FMEDA.....	8
4.2.2 Failure rates	8
4.2.3 Assumptions.....	9
4.2.4 Critical Points of Failure	9
5 Results of the assessment.....	10
5.1 Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L	11
6 Terms and Definitions	12
7 Status of the document.....	13
7.1 Liability	13
7.2 Releases	13
7.3 Release Signatures.....	13



1 Purpose and Scope

Generally three options exist when doing an assessment of sensors, interfaces and/or final elements.

Option 1: Hardware assessment according to IEC 61508

Option 1 is a hardware assessment by *exida.com* according to the relevant functional safety standard(s) like DIN V VDE 0801, IEC 61508 or EN 954-1. The hardware assessment consists of a FMEDA to determine the fault behavior and the failure rates of the device, which are then used to calculate the Safe Failure Fraction (SFF) and the average Probability of Failure on Demand (PFD_{AVG}).

This option for pre-existing hardware devices shall provide the safety instrumentation engineer with the required failure data as per IEC 61508 / IEC 61511 and does not include an assessment of the software development process

Option 2: Hardware assessment with proven-in-use consideration according to IEC 61508 / IEC 61511

Option 2 is an assessment by *exida.com* according to the relevant functional safety standard(s) like DIN V VDE 0801, IEC 61508 or EN 954-1. The hardware assessment consists of a FMEDA to determine the fault behavior and the failure rates of the device, which are then used to calculate the Safe Failure Fraction (SFF) and the average Probability of Failure on Demand (PFD_{AVG}). In addition this option consists of an assessment of the proven-in-use documentation of the device and its software including the modification process.

This option for pre-existing programmable electronic devices shall provide the safety instrumentation engineer with the required failure data as per IEC 61508 / IEC 61511 and justify the reduced fault tolerance requirements of IEC 61511 for sensors, final elements and other PE field devices.

Option 3: Full assessment according to IEC 61508

Option 3 is a full assessment by *exida.com* according to the relevant application standard(s) like IEC 61511 or EN 298 and the necessary functional safety standard(s) like DIN V VDE 0801, IEC 61508 or EN 954-1. The full assessment extends option 1 by an assessment of all fault avoidance and fault control measures during hardware and software development.

This option is most suitable for newly developed software based field devices and programmable controllers to demonstrate full compliance with IEC 61508 to the end-user.

This assessment shall be done according to option 1.

This document shall describe the results of the hardware assessment carried out on the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L.

It shall be assessed whether the devices meet the average Probability of Failure on Demand (PFD_{AVG}) requirements and the architectural constraints for SIL 3 sub-systems according to IEC 61508. It **does not** consider any calculations necessary for proving intrinsic safety.



2 Project management

2.1 exida.com

exida.com is one of the world's leading knowledge companies specializing in automation system safety and availability with over 100 years of cumulative experience in functional safety. Founded by several of the world's top reliability and safety experts from assessment organizations like TUV and manufacturers, *exida.com* is a partnership with offices around the world. *exida.com* offers training, coaching, project oriented consulting services, internet based safety engineering tools, detail product assurance and certification analysis and a collection of on-line safety and reliability resources. *exida.com* maintains a comprehensive failure rate and failure mode database on process equipment.

2.2 Roles of the parties involved

Werner Turck GmbH & Co. KG Manufacturer of the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L.

exida.com Performed the hardware assessment according to option 1 (see section 1).

Werner Turck GmbH & Co. KG contracted *exida.com* in October 2004 with the FMEDA and PFD_{AVG} calculation of the above mentioned devices.

2.3 Standards / Literature used

The services delivered by *exida.com* were performed based on the following standards / literature.

[N1]	IEC 61508-2:2000	Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems
[N2]	ISBN: 0471133019 John Wiley & Sons	Electronic Components: Selection and Application Guidelines by Victor Meeldijk
[N3]	FMD-91, RAC 1991	Failure Mode / Mechanism Distributions
[N4]	FMD-97, RAC 1997	Failure Mode / Mechanism Distributions
[N5]	NPRD-95, RAC	Non-electronic Parts – Reliability Data 1995
[N6]	SN 29500	Failure rates of components



2.4 Reference documents

2.4.1 Documentation provided by the customer

[D1]	12353000 of 11.01.05	Circuit diagram „IM72-22Ex0“
[D2]	Lackwerke Peter_s1_0100000e_004.pdf	Information about the insulation material used
[D3]	1000x_FR4 Datenblatt.pdf	Information about the base material used
[D4]	07261302.02_.tif	Data sheet for PCBs
[D5]	im72neuex (2).doc	General description of the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L

2.4.2 Documentation generated by exida.com

[R1]	FMEDA V6 IM72-22Ex0 V0 R1.0.xls.xls of 10.03.05
------	---



3 Description of the analyzed module

3.1 Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L

The Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are one or two channel loop powered devices and are used for intrinsically safe applications for solenoid valves or LED warning lamps.

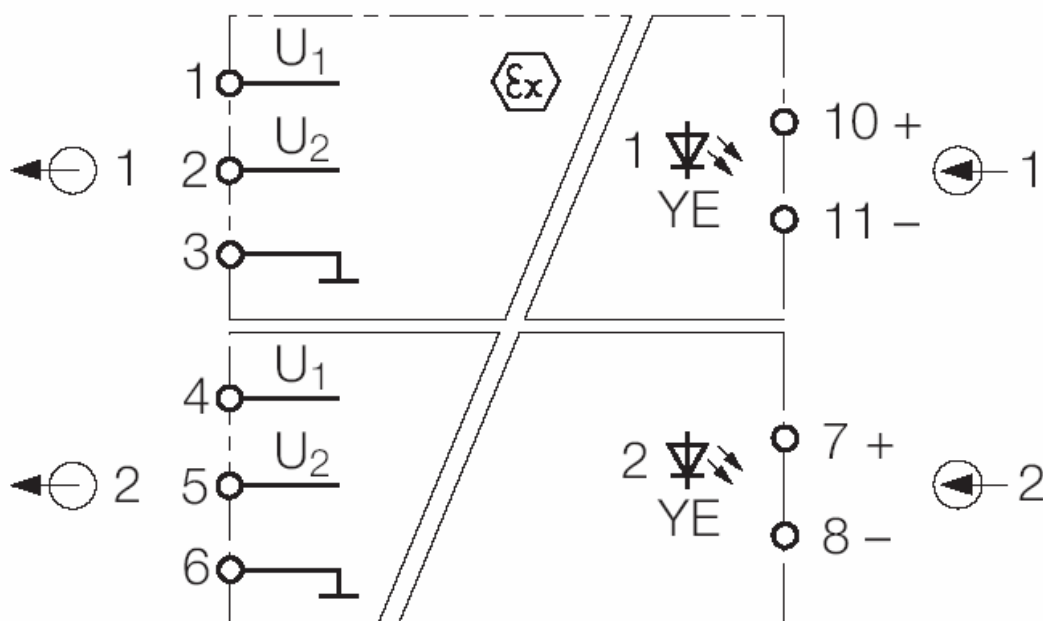


Figure 1: Block diagram of the Solenoid Driver IM72-22Ex/L

The Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are considered to be Type A components with a hardware fault tolerance of 0.



4 Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis

The Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis was done by *exida.com* and is documented in [R1].

4.1 Description of the failure categories

In order to judge the failure behavior of the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L, the following definitions for the failure of the product were considered.

Fail-Safe State	The fail-safe state is defined as the output being de-energized.
Fail Safe	Failure that causes the module / (sub)system to go to the defined fail-safe state without a demand from the process or has no effect on the safety function.
Fail Dangerous	Failure that does not respond to a demand from the process (i.e. being unable to go to the defined fail-safe state).

4.2 Methodology – FMEDA, Failure rates

4.2.1 FMEDA

A Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is a systematic way to identify and evaluate the effects of different component failure modes, to determine what could eliminate or reduce the chance of failure, and to document the system in consideration.

A FMEDA (Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis) is a FMEA extension. It combines standard FMEA techniques with extension to identify online diagnostics techniques and the failure modes relevant to safety instrumented system design. It is a technique recommended to generate failure rates for each important category (safe detected, safe undetected, dangerous detected, dangerous undetected, fail high, fail low) in the safety models. The format for the FMEDA is an extension of the standard FMEA format from MIL STD 1629A, Failure Modes and Effects Analysis.

4.2.2 Failure rates

The failure rate data used by *exida.com* in this FMEDA are the basic failure rates from the Siemens SN 29500 failure rate database. The rates are considered to be appropriate for safety integrity level verification calculations. The rates match operating stress conditions typical of an industrial field environment similar to IEC 60654-1, class C. It is expected that the actual number of field failures will be less than the number predicted by these failure rates.

The user of these numbers is responsible for determining their applicability to any particular environment. Accurate plant specific data may be used for this purpose. If a user has data collected from a good proof test reporting system that indicates higher failure rates, the higher numbers shall be used. Some industrial plant sites have high levels of stress. Under those conditions the failure rate data is adjusted to a higher value to account for the specific conditions of the plant.



4.2.3 Assumptions

The following assumptions have been made during the Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis of the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L.

- Failure rates are constant, wear out mechanisms are not included.
- Propagation of failures is not relevant.
- The time to restoration after a safe failure is 8 hours.
- All modules are operated in the low demand mode of operation.
- External power supply failure rates are not included.
- The stress levels are average for an industrial environment and can be compared to the Ground Fixed classification of MIL-HNBK-217F. Alternatively, the assumed environment is similar to:
 - IEC 60654-1, Class C (sheltered location) with temperature limits within the manufacturer's rating and an average temperature over a long period of time of 40°C. Humidity levels are assumed within manufacturer's rating.

4.2.4 Critical Points of Failure

The analysis has shown that no components of the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L can be found where potentially dangerous failures exist. All component failures have either no effect on the safety function or can only lead to the defined fail-safe state. The only possible fault which could have an impact on the safety function is a short-circuit on the printed circuit board.

This possible fault, however, can be excluded according to draft IEC 60947-5-3 A.1.2 if:

- The Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are mounted in a housing of minimum IP 54
- The base material used is according to IEC 60249, the design and use of the printed board is according to IEC 60326 T3 and the creepage distances and clearances are designed according to IEC 60664-1 (1992) with pollution degree 2 / installation category III, **or**
- The printed side(s) are coated with an insulation material in accordance with IEC 60664-3 (1992)

Clearances and creepage distances according to IEC 60661-1 with pollution degree 2 / installation category III for a nominal voltage of 24 VDC are given in Table 2.

Table 2: Clearances and creepage distances according to IEC 60661-1

	Clearances (table 2)	Creepage distances (table 4)
Printed wiring material	0,2 mm	0,04 mm

According to Werner Turck GmbH & Co. KG the base material used is FR4 according to NEMA- LI 1-1989 which is identical to IEC 60249, comparative tracking index CTI > 175 according to IEC112 with UL approval. The minimum distance between the two channels on one board is 4,5 mm. This is sufficient according to Table 2.

The insulation material is of the type SL1301N which is based on modified polyurethane resin. SL1301N is UL approved according to UL 94.



5 Results of the assessment

exida.com did the FMEDA.

For the calculation of the Safe Failure Fraction (SFF) the following has to be noted:

λ_{total} consists of the sum of all component failure rates. This means:

$$\lambda_{total} = \lambda_{safe} + \lambda_{dangerous}$$

$$SFF = 1 - \lambda_{dangerous} / \lambda_{total}$$

For the FMEDAs failure modes and distributions were used based on information gained from [N3] to [N5].

For the calculation of the PFD_{AVG} the following Markov model for a 1oo1 system was used. As after a complete proof test all states are going back to the OK state no proof test rate is shown in the Markov models but included in the calculation.

The proof test time was changed using the Microsoft® Excel 2000 based FMEDA tool of *exida.com* as a simulation tool. The results are documented in the following sections.

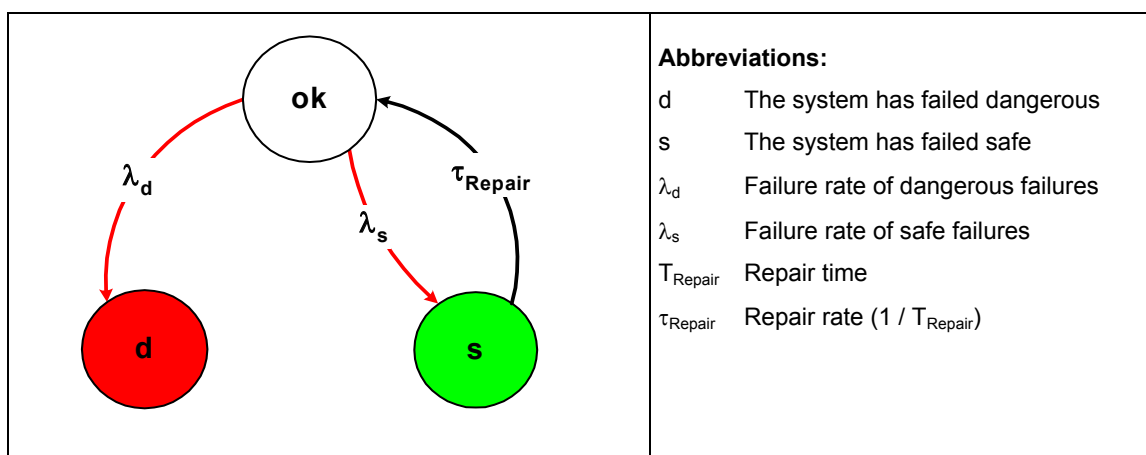


Figure 2: Markov model for a 1oo1 architecture



5.1 Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L

Because the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L are directly driven from the digital output of a safety PLC there is no additional power supply which can keep the output energized in case of an internal fault. Thus all internal faults have either no effect on the safety function or lead to a safe state.

The following table shows how the above stated requirements are fulfilled.

λ_{safe}	$\lambda_{\text{dangerous}}$	SFF	PFD _{AVG}
222 FIT	0 FIT ³	100%	0,00E+00

This means that the Solenoid Drivers IM72-11Ex/L and IM72-22Ex/L can be used for all safety applications.

³ In order to deal with the excluded faults in the quantitative analysis it might be reasonable to consider a dangerous failure rate of 0.1 FIT, leading to a SFF of 99,97% and a PFD_{AVG} of 4,38E-06 for a proof time of 10 years.



6 Terms and Definitions

FIT	Failure In Time (1×10^{-9} failures per hour)
FMEDA	Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis
HFT	Hardware Fault Tolerance
Low demand mode	Mode, where the frequency of demands for operation made on a safety-related system is no greater than one per year and no greater than twice the proof test frequency.
PFD_{AVG}	Average Probability of Failure on Demand
SFF	Safe Failure Fraction summarizes the fraction of failures, which lead to a safe state and the fraction of failures which will be detected by diagnostic measures and lead to a defined safety action.
SIF	Safety Instrumented Function
SIL	Safety Integrity Level
Type A component	“Non-complex” component (all failure modes are well defined); for details see 7.4.3.1.2 of IEC 61508-2.
T[Proof]	Proof Test Interval



7 Status of the document

7.1 Liability

exida.com prepares FMEDA reports based on methods advocated in International standards. Failure rates are obtained from a collection of industrial databases. *exida.com* accepts no liability whatsoever for the use of these numbers or for the correctness of the standards on which the general calculation methods are based.

7.2 Releases

Version: V1
Revision: R1.0
Version History: V0, R1.0: Initial version; March 10, 2005
V0, R2.0: Internal review comments integrated and block diagram added;
May 10, 2005
V1, R1.0: External review comments integrated; May 20, 2005
Authors: Stephan Aschenbrenner
Review: V0, R1.0: Rachel Amkreutz (*exida.com*); March 28, 2005
V0, R2.0: Frank Seeler (Werner Turck GmbH & Co. KG); May 19, 2005
Release status: Released to Werner Turck GmbH & Co. KG

7.3 Release Signatures

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Aschenbrenner', written over a horizontal line.

Dipl.-Ing. (Univ.) Stephan Aschenbrenner, Partner

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'R. Faller', written over a horizontal line.

Dipl.-Ing. (Univ.) Rainer Faller, Principal Partner

9 Turck-Niederlassungen – Kontaktdaten

Deutschland	Hans Turck GmbH & Co. KG Witzlebenstraße 7, 45472 Mülheim an der Ruhr www.turck.de
Australien	Turck Australia Pty Ltd Building 4, 19-25 Duerdin Street, Notting Hill, 3168 Victoria www.turck.com.au
Belgien	TURCK MULTIPROX Lion d'Orweg 12, B-9300 Aalst www.multiprox.be
Brasilien	Turck do Brasil Automação Ltda. Rua Anjo Custódio Nr. 42, Jardim Anália Franco, CEP 03358-040 São Paulo www.turck.com.br
China	Turck (Tianjin) Sensor Co. Ltd. 18,4th Xinghuazhi Road, Xiqing Economic Development Area, 300381 Tianjin www.turck.com.cn
Frankreich	TURCK BANNER S.A.S. 11 rue de Courtalin Bat C, Magny Le Hongre, F-77703 MARNE LA VALLEE Cedex 4 www.turckbanner.fr
Großbritannien	TURCK BANNER LIMITED Blenheim House, Hurricane Way, GB-SS11 8YT Wickford, Essex www.turckbanner.co.uk
Indien	TURCK India Automation Pvt. Ltd. 401-403 Aurum Avenue, Survey. No 109 /4, Near Cummins Complex, Baner-Balewadi Link Rd., 411045 Pune - Maharashtra www.turck.co.in
Italien	TURCK BANNER S.R.L. Via San Domenico 5, IT-20008 Bareggio (MI) www.turckbanner.it
Japan	TURCK Japan Corporation ISM Akihabara 1F, 1-24-2, Taito, Taito-ku, 110-0016 Tokyo www.turck.jp
Kanada	Turck Canada Inc. 140 Duffield Drive, CDN-Markham, Ontario L6G 1B5 www.turck.ca
Korea	Turck Korea Co, Ltd. A605, 43, Iljik-ro, Gwangmyeong-si 14353 Gyeonggi-do www.turck.kr
Malaysia	Turck Banner Malaysia Sdn Bhd Unit A-23A-08, Tower A, Pinnacle Petaling Jaya, Jalan Utara C, 46200 Petaling Jaya Selangor www.turckbanner.my

Mexiko	Turck Comercial, S. de RL de CV Blvd. Campestre No. 100, Parque Industrial SERVER, C.P. 25350 Arteaga, Coahuila www.turck.com.mx
Niederlande	Turck B. V. Ruiterlaan 7, NL-8019 BN Zwolle www.turck.nl
Österreich	Turck GmbH Graumanngasse 7/A5-1, A-1150 Wien www.turck.at
Polen	TURCK sp.z.o.o. Wroclawska 115, PL-45-836 Opole www.turck.pl
Rumänien	Turck Automation Romania SRL Str. Siriului nr. 6-8, Sector 1, RO-014354 Bucuresti www.turck.ro
Schweden	Turck AB Fabriksstråket 9, 433 76 Jonsered www.turck.se
Singapur	TURCK BANNER Singapore Pte. Ltd. 25 International Business Park, #04-75/77 (West Wing) German Centre, 609916 Singapore www.turckbanner.sg
Südafrika	Turck Banner (Pty) Ltd Boeing Road East, Bedfordview, ZA-2007 Johannesburg www.turckbanner.co.za
Tschechien	TURCK s.r.o. Na Brne 2065, CZ-500 06 Hradec Králové www.turck.cz
Türkei	Turck Otomasyon Ticaret Limited Sirketi Inönü mah. Kayisdagi c., Yesil Konak Evleri No: 178, A Blok D:4, 34755 Kadiköy/ Istanbul www.turck.com.tr
Ungarn	TURCK Hungary kft. Árpád fejedelem útja 26-28., Óbuda Gate, 2. em., H-1023 Budapest www.turck.hu
USA	Turck Inc. 3000 Campus Drive, USA-MN 55441 Minneapolis www.turck.us

TURCK

Over 30 subsidiaries and
60 representations worldwide!

D201455 | 2025/06



www.turck.com