



Technische Richtlinie : Optische Übertragungstechnik
 Version : 2.2
 Datum : 15.11.2000
 Herausgeber : INTERBUS Club Deutschland e.V.
 Geschäftsstelle
 Postfach 11 08, D-32817 Blomberg
 Telefon : (0 52 35) 34 21 00
 Fax : (0 52 35) 34 12 34

Copyright by INTERBUS Club Deutschland e.V.

Alle Abbildungen und Beschreibungen wurden nach bestem Wissen erstellt und geprüft, befreien den Anwender jedoch nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Änderungen jeder Art, insbesondere soweit Sie sich aus technischen Fortschritt ergeben bleiben vorbehalten. Für Fehlhandlungen und Schäden, die durch Missachtung der in diesem Profil enthaltenen Informationen entstehen, übernimmt der INTERBUS Club Deutschland e.V. keine Haftung. Dieses Profil, einschließlich aller darin enthaltenen Abbildungen, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Drittverwendung dieses Profils, die von den urheberrechtlichen Bestimmungen abweicht, ist verboten.
 Änderungen vorbehalten.

1 Änderungsnachweis

	Änderungsdatum	Änderungen, Ergänzungen oder Erläuterungen	Bearbeiter
00	08.08.00	Version 2 der technischen Richtlinie für geregelte INTERBUS LWL-Systeme.	A. Pape
01	15.11.00	Korrekturen bzgl. Abgleich OPC-Schnittstelle	A. Pape/M. Echterhoff

2 Inhaltsverzeichnis

1	Änderungsnachweis	1
2	Inhaltsverzeichnis	2
3	Allgemeines	4
4	Bezugsquelle	4
5	Datenübertragung mit Lichtwellenleitern	5
6	Lichtwellenleiter im INTERBUS-System	5
6.1	Eignung	5
6.2	Anwendungsbereich	6
6.3	Besonderheiten	6
6.4	Ausschluss.....	6
7	Schnittstelle Protokoll-Chip / Mediumabhängige Teilschicht	7
7.1	Übersicht der relevanten Services.....	7
7.2	Beschreibung der relevanten Services	8
7.2.1	Data Out (DO).....	8
7.2.2	Data In (DI).....	8
7.3	Zeitverhalten	8
7.4	Übertragungsmodus	9
8	Medium-abhängige Einheit (MAU)	9
8.1	Übertragungsrate.....	10
8.2	Netzwerk.....	10
8.2.1	Topologie	10
8.3	Optische Spezifikation.....	10
8.3.1	Bitcodierung.....	10
8.3.2	Daten optischer Sender	11
8.3.3	Daten optischer Empfänger.....	12
8.3.4	Impulsparameter	12
8.3.4.1	Augendiagramme.....	12
8.3.4.2	Impulsparameter Sender	13
8.3.4.3	Impulsparameter Empfänger.....	13
8.4	Schnittstelle zum Übertragungsmedium	14
8.4.1	Ankommende Schnittstelle.....	14
8.4.2	Weiterführende Schnittstelle	14
8.5	Spezifikation des Übertragungsmediums.....	15
8.5.1	Steckverbinder	15
8.5.1.1	Lichtwellenleiterkabel	15
8.5.1.2	Daten der optischen Faser.....	16

9	Realisierungsbeispiele	17
9.1	IP20 Anwendungen: F-SMA Anschlusstechnik.....	17
9.1.1	Schaltplan zum Realisierungsbeispiel	17
9.1.1.1	Stückliste zum Realisierungsbeispiel	17
9.1.1.2	Prinzipschaltung Sender.....	18
9.1.1.3	Prinzipschaltung Empfänger	19
9.1.2	Technische Daten zum Realisierungsbeispiel	20
9.1.3	Einstellung der Leistung der optischen Sender.....	22
9.1.3.1	Voraussetzungen.....	22
9.1.3.2	Einstellung der Sendeleistung.....	22
9.1.4	Pegelbudget zum Realisierungsbeispiel	23
9.2	IP67 Anwendungen: Rugged Line Anschlußtechnik	24
9.2.1	Schaltplan zum Realisierungsbeispiel	24
9.2.1.1	Stückliste zum Realisierungsbeispiel	25
9.2.1.2	Prinzipschaltung Sender.....	25
9.2.1.3	Prinzipschaltung Empfänger	26
9.2.2	Technische Daten zum Realisierungsbeispiel	27
9.2.3	Einstellung der Leistung der optischen Sender	28
9.2.3.1	Voraussetzungen.....	28
9.2.3.2	Einstellung der Sendeleistung.....	28
9.2.4	Pegelbudget zum Realisierungsbeispiel	29
10	Anhang.....	30
10.1	Augendiagramme.....	30
10.2	Schaltpläne zu den Realisierungsbeispielen	30

3 Allgemeines

Lichtwellenleiter spielen in der Übertragungstechnik eine immer größere Rolle. Besonders für stark gestörte und explosionsgefährdete Umgebungen ist diese Lösung sehr interessant. Neben den technischen Vorteilen einer Datenübertragung mit Lichtwellenleitern ist die Verfügbarkeit von Systemen, die dieses Übertragungsmedium unterstützen, entscheidend für die Einsatzmöglichkeiten in einer Anlage. Eine hohe Verfügbarkeit kann aber nur dann gegeben sein, wenn sich alle Hersteller an die gleichen technischen und funktionalen Daten der Schnittstelle halten.

Die neue Version der technischen Richtlinie zur optischen Übertragungstechnik beim INTERBUS unterstützt den neuesten Stand des INTERBUS LWL-Systems inklusive weitreichender optischer Diagnose- und Regelungsmöglichkeiten über das System. Dazu war neben der Einführung eines neuen Slave Protokoll-Chips (SUPI 3 OPC) auch eine Überarbeitung der LWL-Schnittstelle notwendig, um die neuen Systemfunktionalitäten optimal umzusetzen. Dieser Umsetzung wird mit dieser Version der Richtlinie Rechnung getragen.

Für den INTERBUS befindet sich zur Zeit eine Norm zum Physical Layer der IEC 61158 in der Bearbeitung, worin auch der INTERBUS als Typ 8 Feldbus inklusive der optischen Übertragungstechnik spezifiziert ist. Die technische Richtlinie für die optische Übertragungstechnik beim INTERBUS ist somit als Ergänzung zur internationalen INTERBUS-Norm zu sehen und gibt eine detaillierte Implementierung einer normgerechten Schnittstelle wieder.

Neben der Definition der lichtwellenleiter- und systemspezifischen Parameter, wie Dämpfung, Jitter, Bitverzerrung und Bitfehlerrate, wird auch eine Einordnung dieses Übertragungsmediums in das INTERBUS-System vorgenommen. Besonders günstig wirkt sich hierbei die Ringstruktur des INTERBUS und die Repeaterfunktion eines jeden Fernbus-Teilnehmers aus. Dadurch wird der technische Aufwand wesentlich reduziert, da Sternkoppler und besondere Repeater nicht notwendig sind.

Die optische Richtlinie soll nicht nur eine Spezifikation von technischen Daten sein, sondern die Datenübertragung mit Lichtwellenleitern in Bezug zum gesamten INTERBUS-System setzen. Dazu gehören auch Applikationshinweise und Bauteil-Vorschläge.

4 Bezugsquelle

Die technische Richtlinie für optische Übertragungstechnik im INTERBUS-System ist genau wie die Richtlinie für den INTERBUS über den INTERBUS-Club e. V. zu beziehen. Die Adresse lautet:

INTERBUS Club Deutschland e. V.
Sekretariat Geschäftsstelle Rastatt
Baden Airpark
Winnipeg Avenue B112

77836 Rheinmünster

Telefon: 0 72 29 / 69 96 28
Telefax: 0 72 29 / 69 96 20

oder im Internet unter der Adresse:

<http://www.interbusclub.com>

5 Datenübertragung mit Lichtwellenleitern

Die Datenübertragung mit Lichtwellenleitern bringt den Anwendern mehrere Vorteile. Besonders die Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen ist der entscheidende Vorteil der fasergebundenen Übertragungstechnik. Sender und Empfänger sind galvanisch voneinander getrennt, so daß über die Datenleitung keine Ausgleichsströme fließen können. Störungen, die durch Potentialverschiebung verursacht werden, sind somit ausgeschlossen. Für den Einsatz in explosionsgefährdeter Umgebung ist die Nutzung der Lichtwellenleiter-Technik oft die einzige sichere Möglichkeit, Systeme in diesem Bereich tauglich zu machen. Gleichzeitig ist man mit diesem Medium für hohe Datenübertragungsraten in der Zukunft gerüstet, da die Übertragungskapazität des Lichtkanals extrem hoch ist. Dabei ist der Anschluß schnell und einfach. Mittlerweile hat sich die Konfektionierungstechnik für Kunststofffasern so weit vereinfacht, daß der Installationsaufwand kaum noch ins Gewicht fällt. Dadurch kann eine Lichtwellenleiter-Schnittstelle durchaus günstiger sein als aufwendige Störschutzmaßnahmen.

6 Lichtwellenleiter im INTERBUS-System

6.1 Eignung

Von der Topologie her eignet sich das INTERBUS-System ausgezeichnet für die Übertragung mit Lichtwellenleitern. Die Ringstruktur ermöglicht eine Vollduplex-Datenübertragung und garantiert auf einem physikalischen Übertragungskanal einen unidirektionalen Datenstrom. Dadurch ist es sehr einfach, Sender und Empfänger der RS 485-Schnittstelle durch Lichtwellenleiter-Sender und -Empfänger zu ersetzen. So kann jeder Fernbusteilnehmer auch als Umsetzer zwischen LWL und RS 485 arbeiten. Außerdem ist durch die Repeater-Eigenschaft eines jeden INTERBUS-Fernbus-Teilnehmers keine Einschränkung der Ausdehnung gegeben bzw. sind besondere Repeater nicht notwendig. Die Ringstruktur des INTERBUS garantiert auch in einer anderen Beziehung einen einfachen Aufbau. Stern- oder T-Koppler, wie sie bei Multidrop-Systemen zur Ankopplung von Geräten an den Bus dienen, sind ebenfalls nicht notwendig.

Als weiteren Vorteil für die LWL-Übertragung stellt der INTERBUS ab Chip-Generation SUP1 3 OPC (Optical Power Control) eine einzigartige Diagnosemöglichkeit der optischen Übertragungsstrecke zur Verfügung, die die Lichtleistung regelt, die Streckenlänge misst und somit eine Kontrolle und Ausregelung der Kabeldämpfung ermöglicht. Dies geschieht online ohne Beeinflussung des Datenstroms, so dass die Auswertung dieser Diagnoseinformationen über eine Software und das automatische Gegenregeln gegen Dämpfungserhöhungen zu einer weiteren Erhöhung der Betriebssicherheit und damit der Systemverfügbarkeit führen.

6.2 Anwendungsbereich

Sinnvoll ist der Einsatz der Lichtwellenleiter-Technik für den Zweileiter-Fernbus. Deshalb bezieht sich diese Richtlinie auch ausdrücklich auf das INTERBUS -Zweileiter-Protokoll.

Durch den Einsatz von Lichtwellenleiter-Übertragungstechniken ändert sich für den Anwender weder der Busaufbau, die Projektierung noch die Programmierung im System. Die Lichtwellenleiter-Technik ist im INTERBUS absolut transparent. Dadurch ist auch ein gemischter Betrieb von Lichtwellenleitern, Kupfer und anderen Übertragungsmedien möglich, ohne daß sich für den Endanwender Änderungen oder zusätzliche Aufwendungen ergeben. Es ist aufgrund dieser Transparenz sogar möglich, die Lichtwellenleiter-Schnittstelle auch aus dem Gerät heraus zu verlagern und die Umsetzung in einer separaten Einheit vorzunehmen.

Um dabei die optische Diagnose des INTERBUS Systems ab Chip-Generation SUPI 3 OPC nutzen zu können, muß diese separate Einheit einen entsprechenden Protokoll-Chip besitzen.

6.3 Besonderheiten

Mit der technischen Festlegung in dieser Richtlinie ist es möglich, mit der Polymer(Kunststoff)-Faser Entfernungen bis zu (worst case) 50 m und mit der HCS(Hard Clad Silica Faser mit einem Glaskern und einem Kunststoffmantel)-Faser bis zu 300 m zu überbrücken. Damit ergibt sich eine Gesamtausdehnung eines reinen Lichtwellenleiternetzes von bis zu 75 km. Jedoch dürften diese Werte kaum von praktischer Bedeutung sein, da realistische Anlagen nicht diese geografische Ausdehnung haben.

Entscheidend ist, dass mit den definierten Sende- und Empfangskomponenten sowohl die Polymerfaser als auch die HCS-Faser einzusetzen ist. Somit ist ein Mischbetrieb bzw. der spätere Austausch des Mediums ohne Probleme möglich.

Für das INTERBUS-Ringsystem ist eine Endekennung des letzten Teilnehmers notwendig. Bei der Lichtwellenleiter-Übertragungstechnik wird der letzte Teilnehmer im Ring durch eine automatische Schnittstellenerkennung des Slave-Protokoll-Chips ab Chip-Generation SUPI 3 OPC festgelegt, die zusätzlich die Sendediode der weiterführenden Schnittstelle abschaltet und damit die Lebensdauer dieser Komponente verlängert.

6.4 Ausschluss

Alte SUPI 3 LWL-Komponenten werden mit dieser Richtlinie nicht mehr unterstützt. Gerätekombinationen, bei denen Geräte mit SUPI 3-Chip und der alten LWL-Schnittstelle mit Geräten mit SUPI 3 OPC-Chip und neuer LWL-Schnittstelle verbunden sind, sind problemlos möglich.

7 Schnittstelle Protokoll-Chip / Mediumabhängige Teilschicht

Die folgenden Kapitel der optischen Richtlinie lehnen sich an die Kapitel zum Physical Layer des Typ 8-Feldbus der IEC 61158-2 an. Nachfolgend werden nur die für die optische Übertragung relevanten Sachverhalte beschrieben. Die Grundlagen und Begriffsdefinitionen sowie alle weiteren Informationen sind der IEC 61158 zu entnehmen.

Die Definitionen der optischen Richtlinie beziehen sich sowohl auf die ankommende und weiterführende Schnittstelle als auch auf die optionale zweite weiterführende (Stich-)Schnittstelle. Damit schließt die optische Richtlinie neben den Standard-Slaves auch Busmaster und Buskoppler ein.

Für die Datenübertragung zwischen zwei Teilnehmern muß gelten, dass diese vom Protokoll-Chip-Ausgang zum Protokoll-Chip-Eingang codetransparent erfolgt.

7.1 Übersicht der relevanten Services

In der IEC 61158 werden verschiedene Services definiert, die die mediumabhängige Teilschicht (Umsetzung auf optische Pegel) mit dem Protokoll-Chip verbinden. Die Services sind als logische Signale definiert und werden als physikalische Signale umgesetzt.

Nicht alle Services sind für die Implementierung einer optischen Schnittstelle von Bedeutung, da diese physikalisch im Protokoll-Chip realisiert sind. Deshalb wird auf diese Services hier nicht näher eingegangen.

Tabelle 1: Services für die Verbindung zur mediumabhängigen Teilschicht

Service	Abkürzung	Richtung
Data Out	DO	vom Protokoll-Chip
Data In	DI	zum Protokoll-Chip

ANMERKUNG 1:

Hier sind nur die für die optische Schnittstelle relevanten Services dargestellt.

7.2 Beschreibung der relevanten Services

7.2.1 Data Out (DO)

Dieser Service überträgt die Signale vom Protokoll-Chip zur mediumabhängigen Teilschicht.

7.2.2 Data In (DI)

Dieser Service überträgt die Signale von der mediumabhängigen Teilschicht zum Protokoll-Chip.

7.3 Zeitverhalten

Der INTERBUS-Slave-Protokollchip IBS SUP1 3 OPC ist in der Lage, ein Bit mit der im Bild 1 angegebenen Signalverzerrung* richtig zu dekodieren. Die Taktabweichung über 13 Bits muß innerhalb des Bereiches 500 kbit/s \pm 0,1 % bzw. 2 Mbit/s \pm 0,1 % liegen.

Die Abweichung eines einzelnen Bits von der nominalen Bitzeit von 2 μ s (Übertragungsrate 500 kbit/s) bzw. 500 ns (Übertragungsrate 2 Mbit/s) darf maximal \pm 25 % der nominalen Bitzeit betragen.

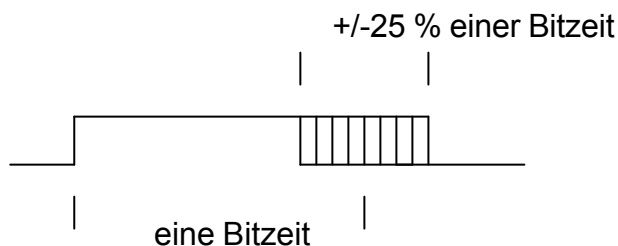


Bild 1: Zeitverhalten der MDS-Teilschicht

Zu berücksichtigen ist die zulässige Tastverhältnisabweichung!

Das Tastverhältnis ist definiert durch:

$$\frac{t_{„0“}}{t_{„0“} + t_{„1“}}$$

$t_{„1“}$ = Dauer der logischen „1“, $t_{„0“}$ = Dauer der logischen „0“

* Alle Anteile die durch Abtastfehler, Verzerrungen durch zeitregenerierende Komponenten, Pulsbreitenverzerrungen durch optische Komponenten (Sender, Empfänger und Faser), Verzerrungen durch Elektronik, Jitter usw. hervorgerufen werden.

7.4 Übertragungsmodus

Die optische Schnittstelle muß gleichzeitiges und voneinander unabhängiges Senden und Empfangen ermöglichen.

8 Medium-abhängige Einheit (MAU)

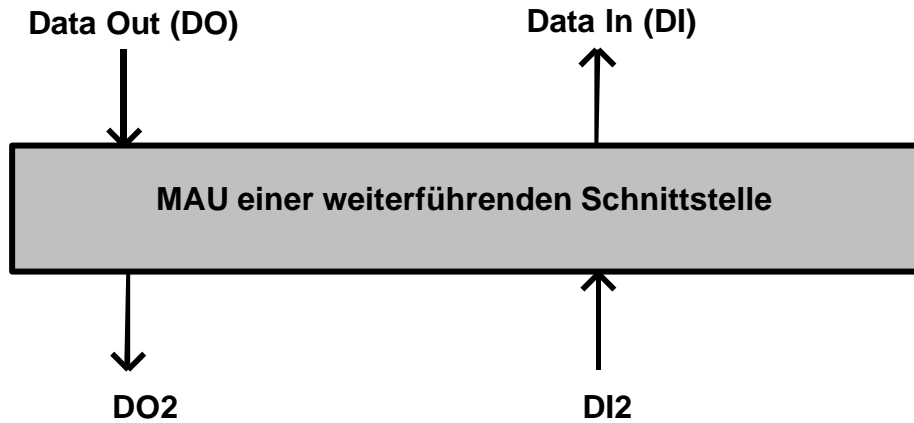


Bild 2: MAU einer weiterführenden Schnittstelle

(nur relevante Services)

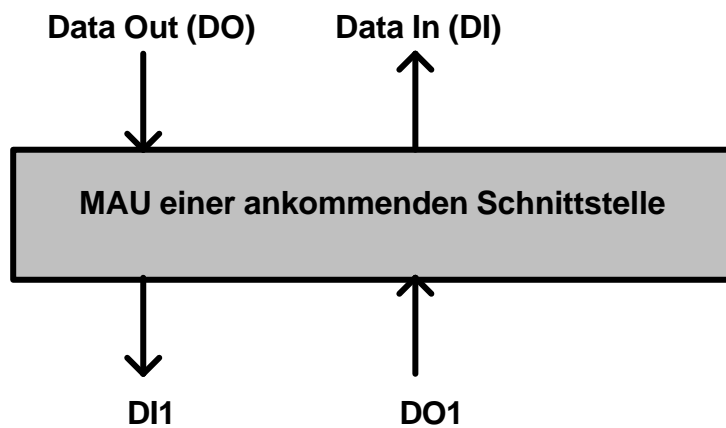


Bild 3: MAU einer ankommenden Schnittstelle

8.1 Übertragungsrate

Für das 500 kbit-System ist eine Datenrate von $500\text{ kbit/s} \pm 0,1\%$ bzw. $500\text{ kBd} \pm 0,1\%$ NRZ spezifiziert. Die nominale Bitzeit ergibt sich hieraus zu $2\ \mu\text{s} \pm 0,1\%$.

Für das 2 Mbit-System ist eine Datenrate von $2\ \text{Mbit/s} \pm 0,1\%$ bzw. $2\ \text{MBd} \pm 0,1\%$ NRZ spezifiziert. Die nominale Bitzeit ergibt sich hieraus zu $500\ \text{ns} \pm 0,1\%$.

8.2 Netzwerk

Eine fasergebundene MAU arbeitet in einem Netzwerk, das sich aus den folgenden Bestandteilen zusammensetzt:

- Lichtwellenleiter
 - Steckverbindung
 - Geräte (mit mindestens einem Kommunikationselement)

8.2.1 Topologie

Eine fasergebundene MAU muß in einem Fernbus mit genau einem weiteren Teilnehmer arbeiten. Eine Fernbusstrecke besteht aus zwei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Die Verbindungen sind unidirektional. Damit hat jede MAU genau einen Sender und einen Empfänger.

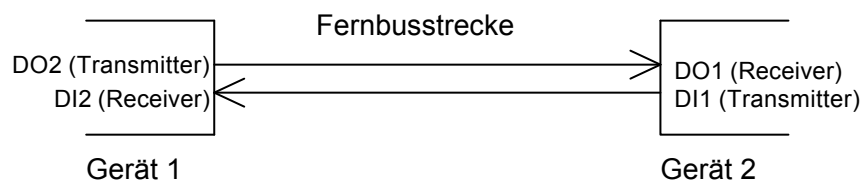


Bild 4: Fernbusstrecke

Die Länge einer Fernbusstrecke wird durch die optischen Parameter bestimmt.

8.3 Optische Spezifikation

8.3.1 Bitcodierung

Spezifiziert ist eine NRZ Bitcodierung mit

binär "1" Licht aus
binär "0" Licht ein

Liegt kein Busbetrieb vor, so ist der Idle-Zustand binär "0" spezifiziert.

8.3.2 Daten optischer Sender

Die Angabe der optischen Leistung ist definiert durch

$$P_{\text{dBm}} = 10 \log(P_{\text{opt}}/1\text{mW}) \text{ in dBm} .$$

Die Messung der Pegel erfolgt mit einem großflächigen Detektor nach einer 1 m langen Referenzfaser¹. Der Lichtwellenleiter ist mit den spezifizierten Steckverbindern versehen, so daß die Dämpfung des Steckers am Sender im Meßwert enthalten ist. Die Toleranzen des Pegels gelten für den gesamten Umgebungstemperaturbereich des Senders bzw. werden bei der Aufstellung des Pegelbudgets durch einen entsprechenden Reduktionswert berücksichtigt.

Optischer Sender

Tabelle 2: Daten optischer Sender (für den Temperaturbereich der Anwendung)

	Polymerfaser	HCS-Faser
Max. Peakwellenlänge	660 nm	660 nm
Spektrale Halbwertsbreite	< 30 nm	< 30 nm
Fasertyp	980/1000 µm	200/230 µm
Numerische Apertur NA der Meßfaser	0,47 +/- 0,03	> 0,36
max. Sendeleistung binär "1" $P_{S\text{max}}^{\text{"1"}}$ (Referenzfasermessung)	-43 dBm	-45 dBm
max. Sendeleistung binär "0" $P_{S\text{max}}^{\text{"0"}}$ (Referenzfasermessung)	- 2,0 dBm	- 8 dBm
min. Sendeleistung binär "0" $P_{S\text{min}}^{\text{"0"}}$ (Referenzfasermessung)	- 6,2 dBm	-16,9 dBm
max. Anstiegszeit t_{SAB}	25 ns	25 ns
max. Abfallzeit t_{SCD}	10 ns	10 ns
max. Tastverhältnisabweichung	-1 / +0 %	-1 / +0 %

¹ Eine Referenzfaser ist eine 1 m lange POF Leitung (nach IEC 60793-2 Typ A4a) bzw. eine 1 m lange HCS Leitung (nach IEC 60793-2 Typ A3c), beidseitig mit F-SMA Steckern konfektioniert, welche eine Dämpfung α von $1,5 \leq \alpha \leq 2,0$ dB für POF bzw. $1,0 \leq \alpha \leq 1,5$ dB für HCS (gemessen gemäß IEC 61300-3-4 Prozedur B) aufweist.

8.3.3 Daten optischer Empfänger

Die Pegelangaben der optischen Empfängerempfindlichkeit werden am Ende einer Referenzfaser mit einem großflächigen Detektor gemessen. Die Referenzfaser muß sicherstellen, dass keine Mantelmoden den Messwert beeinflussen. Der Lichtwellenleiter ist mit den spezifizierten Steckverbindern versehen, so dass die Dämpfung des Steckers als auch die Fresnelverluste am Empfänger im Messwert enthalten sind.

Die Toleranzen der Pegel gelten für den gesamten Umgebungstemperaturbereich des Empfängers bzw. werden bei der Aufstellung des Pegelbudgets durch einen entsprechenden Reduktionswert berücksichtigt. Der Empfängerempfindlichkeit liegt eine Bitfehlerrate von 10^{-9} zugrunde.

Optischer Empfänger

Tabelle 3: Daten optischer Empfänger (für den Temperaturbereich der Anwendung)

	Polymerfaser	HCS-Faser
Peakwellenlänge	660 nm	660 nm
Fasertyp	980/1000 μm	200/230 μm
Numerische Apertur NA der Meßfaser	0,47 +/- 0,03	> 0,36
max. Empfangsleistung binär "1" $P_{E_{\text{max}}"1"}$	-43 dBm	-45 dBm
max. Empfangsleistung binär "0" $P_{E_{\text{max}}"0"}$	- 2,0 dBm	> -8 dBm
min. Empfangsleistung binär "0" $P_{E_{\text{min}}"0"}$	-21,6 dBm	-23,0 dBm
max. Anstiegszeit t_{FAR}	50 ns	50 ns
max. Abfallzeit t_{FCD}	30 ns	30 ns
max. Tastverhältnisabweichung	+/- 12,5 %	+/- 12,5 %

8.3.4 Impulsparameter

Die wichtigsten Impulsparameter sind:
Anstiegszeit, Abfallzeit, Amplitude und Dauer des Vor-/Über-/Nachschwingens, Impulsbreite, Tastverhältnis und Periode.

8.3.4.1 Augendiagramme

Die Güte der Datensignale läßt sich mittels eines Augendiagrammes beurteilen.
(siehe Anhang)

8.3.4.2 Impulsparameter Sender

Spezifiziert ist t_{SAB} und t_{SCD} als Zeit, in der das optische Signal bei steigender bzw. fallender Flanke (10% auf 90 % bzw. 90% auf 10 % des Signalpegels) den Bereich P_{Smax}^{11} nach P_{Smin}^{00} bzw. P_{Smin}^{00} nach P_{Smax}^{11} durchlaufen muss. Die maximal zulässige Tastverhältnisabweichung ist auf -1% / +0 % spezifiziert.

Beurteilungskriterium für t_{S0} sind die Signaldurchgänge durch die 50 % Werte von P_{Smin}^{00} einer binären „0“. Beurteilungskriterium für $t_{S0} + t_{S1}$ ist der 50 % Durchgang durch die jeweils steigenden Pulsflanken einer binären „010“ Bitfolge mit einem Signalpegel von P_{Smin}^{00} für binär „0“.

Tastverhältnis:

$$50\% - 1\% \leq \frac{t_{S0}}{t_{S0} + t_{S1}} \cdot 100\% \leq 50\% + 0\%$$

t_S = Bitzeit Sender

Der optische Sender genügt den spezifizierten Anforderungen, solange das Sendesignal innerhalb der schraffierten Fläche liegt (siehe Anhang Augendiagramm).

8.3.4.3 Impulsparameter Empfänger

Spezifiziert ist t_{EAB} und t_{ECD} als Zeit, in der die steigende bzw. fallende Flanke den Bereich 10% bis 90% bzw. 90% bis 10% des elektrischen Signals durchlaufen muss. Die maximal zulässige Tastverhältnisabweichung des Empfängers ist auf +/- 12,5 % spezifiziert.

Beurteilungskriterium für t_{E0} und $t_{E0} + t_{E1}$ ist jeweils eine Schwelle von 2,4V (siehe Augendiagramme Anhang). Die Messung erfolgt mit spezifiziertem Sender und spezifizierter Faser mit minimaler bzw. maximaler Faserlänge.

Tastverhältnis:

$$50\% - 12,5\% \leq \frac{t_{E0}}{t_{E0} + t_{E1}} \cdot 100\% \leq 50\% + 12,5\%$$

t_E = Bitzeit Empfänger

Der optische Empfänger genügt den spezifizierten Anforderungen, solange das Empfangssignal innerhalb der schraffierten Fläche liegt.

8.4 Schnittstelle zum Übertragungsmedium

Die Kopplung zum Übertragungsmedium erfolgt über eine ankommende (optional) und eine oder mehrere davon unabhängige weiterführende Schnittstellen.

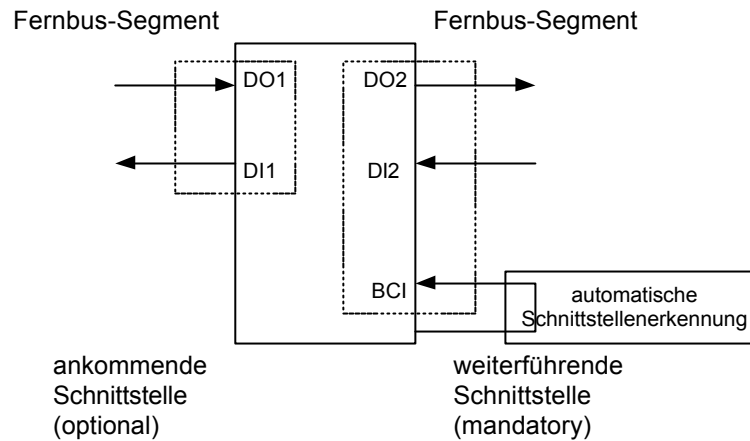


Bild 5: Schnittstelle zum Übertragungsmedium

8.4.1 Ankommende Schnittstelle

Die ankommende Schnittstelle beinhaltet 2 Signalfasern für den Anschluss an das Netzwerk.

DO1	Empfangsdatenleitung
DI1	Sendedatenleitung

8.4.2 Weiterführende Schnittstelle

Die weiterführende Schnittstelle beinhaltet 2 Signalfasern für den Anschluss an das Netzwerk.

DO2	Sendedatenleitung
DI2	Empfangsdatenleitung

8.5 Spezifikation des Übertragungsmediums

8.5.1 Steckverbinder

Der für IP20-Anwendungen spezifizierte Lichtwellenleitersteckverbinder F-SMA ist nach der IEC 60874-2 bzw. DIN 47258 genormt.



Bild 6: F-SMA Stecker

Für IP67-Anwendungen ist der Rugged Line Hybrid-Steckverbinder spezifiziert (Hersteller: Phoenix Contact, Art.Nr. 27 31 07 6).

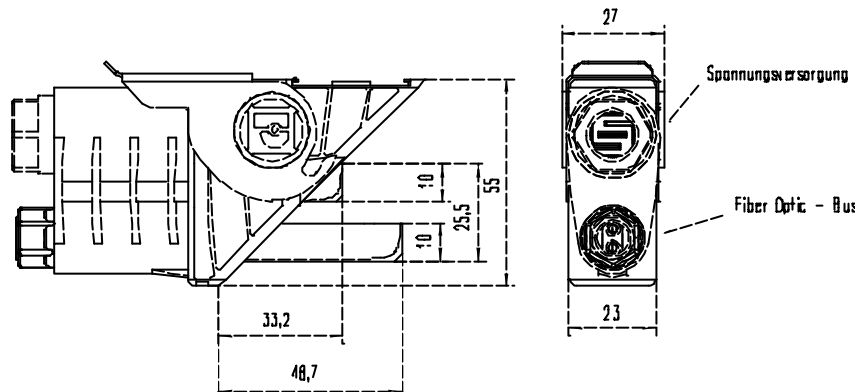


Bild 7: Rugged Line IP 67 LWL Hybrid-Steckverbinder

8.5.1.1 Lichtwellenleiterkabel

Als Übertragungsmedium ist ein dielektrischer Wellenleiter mit Stufenindex-Brechzahlprofil spezifiziert.

Verwendbare Fasertypen sind:

- Polymerfaser mit 980 μm Kern- und 1000 μm Manteldurchmesser nach IEC 60793-2 Typ A4a
- HCS-Faser mit 200 μm Kern- und 230 μm Manteldurchmesser nach IEC 60793-2 Typ A3c

8.5.1.2 Daten der optischen Faser

Tabelle 4: Daten der optischen Faser

Fasertyp	Polymerfaser	HCS-Faser
Brechzahlprofil	Stufenindex	Stufenindex
Kerndurchmesser	980 +/- 60 μm	200 +/- 4 μm
Manteldurchmesser	1000 +/- 60 μm	230 +/- 10 μm
Numerische Apertur NA	0,47 +/- 0,03	> 0,36
Dämpfung für 660nm gemessen mit einer LED-Quelle (< 30 nm Halbwertsbreite), 50 m Länge	< 230 dB/km	< 10 dB/km

9 Realisierungsbeispiele

9.1 IP20 Anwendungen: F-SMA Anschlussstechnik

Der Realisierungsentwurf zeigt ein INTERBUS LWL-Interface für Übertragungsdistanzen bis 50 m für eine Polymerfaser und bis 300 m (siehe auch Fußnote Seite 24) für eine HCS-Faser. Als INTERBUS-Slave-Protokollchip ist der Typ IBS SUPI 3 OPC zu verwenden.

Der verwendete Sender HFBR-1505C ist herstellerseitig in die Lichtleistungsklassen a, b und c klassifiziert und entsprechend gekennzeichnet. Sie dienen zur Vereinfachung des Lichtleistungsabgleichs mittels des Protokollchips.

Tabelle 5: Senderklassifizierung HFBR-1505C (60 mA Strom, 25 °C)

Lichtleistungsklasse	Lichtleistung [dBm]
a	-5,3 ... -3,3
b	-3,9 ... -1,9
c	-2,5 ... -0,5

Wichtig ist dabei, daß pro Protokollchip für die ankommende und weitergehende Schnittstelle und ggf. die 2. weiterführende Schnittstelle nur Sender derselben Lichtleistungsklasse verwendet werden. Ein weiterer Abgleich mit Lichtleistungsmessung ist dann nicht notwendig.

9.1.1 Schaltplan zum Realisierungsbeispiel

siehe Anhang

9.1.1.1 Stückliste zum Realisierungsbeispiel

Tabelle 6: Stückliste für die Implementierung einer F-SMA LWL-Schnittstelle

Anzahl	Bauteile
2	LWL-EMPF HFBR-2505C (Agilent)
2	LWL-LED HFBR-1505C (Agilent)
2	R 1R8 0,25W 1%
2	R 680R 0,25W 1%
2	R 2k4 0,063W 1%
1	R 3k3 0,063W 1%
1	R 15k 0,063W 1%
2	C 1nF 50V 10% K
2	C 100nF 50V 10% K
2	C 1µF 16V 20% T
2	Z-Diode 5V1 0,5 W
3	Lötbrücken

Anzahl der Bauelemente = 23

9.1.1.2 Prinzipschaltung Sender

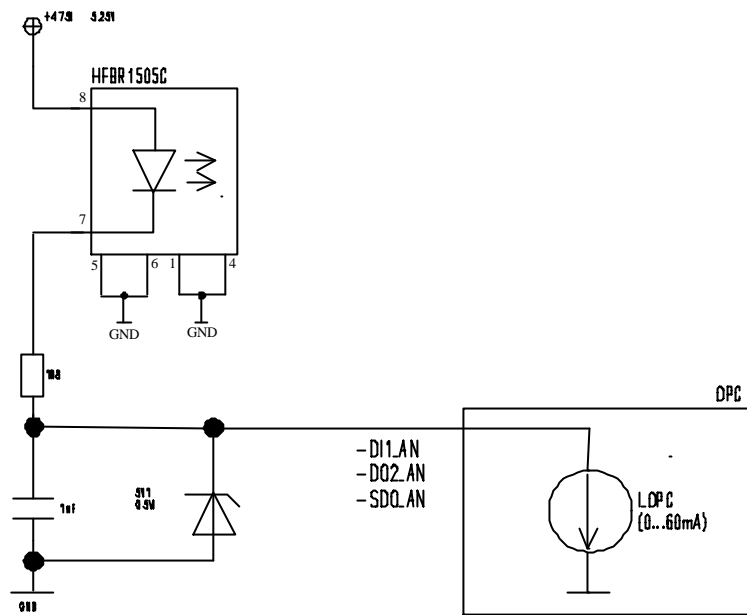


Bild 8: Prinzip der Beschaltung der Sende-LED HFBR-1505C

Die Z-Diode ist eine EMV-Maßnahme (Burst, Surge). Der Widerstand und der Kondensator verringern einerseits die Flankensteilheit des sehr schnellen Senders und dämpfen gleichzeitig das Stromrauschen des SUP1 3 OPC. Layouttechnisch sind alle drei Bauteile möglichst in der unmittelbaren Nähe des Eingangs am Protokollchip zu platzieren.

9.1.1.3 Prinzipschaltung Empfänger

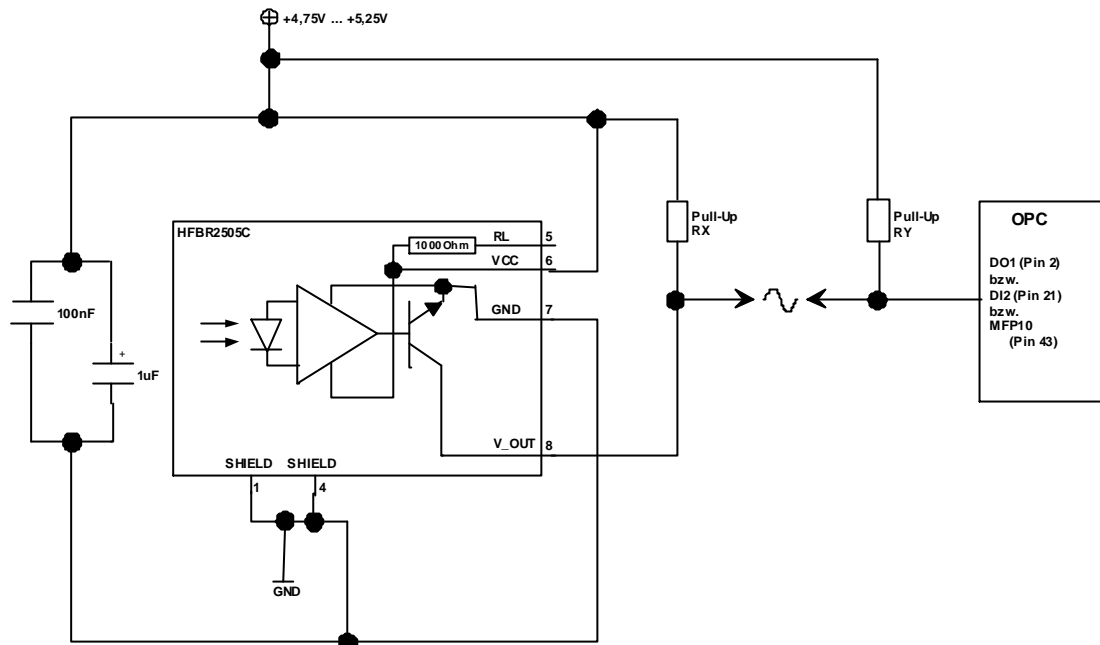


Bild 9: Prinzip der Beschaltung des Empfängers HFBR-2505C

Schaltungshinweise

1. VCC-Verbindung:
Aus EMV-Gründen ist ein Anschluss des Pins 6 an VCC über eine Induktivität und/oder ein Ferrit möglich. Funktion und Betrieb des Empfängers darf dadurch nicht beeinträchtigt werden.
2. Shield-Pins:
Die Shield-Pins 1 und 4 sind anzuschließen, damit das leitfähige Gehäuse des Empfängers Potentialkontakt hat. Wird die Komponente mit ihrem Gewinderohr allerdings zusätzlich mit einem Metallgehäuse, das geerdet ist, verschraubt, müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Masse-Erd-Schleifen getroffen werden. Eine Möglichkeit ist die Shield-Pins unbeschaltet zu lassen.
3. GND-Verbindung:
Aus EMV-Gründen ist ein Anschluss des Pins 7 an Ground über eine Induktivität und/oder Ferrit möglich. Funktion und Betrieb des Empfängers darf dadurch nicht beeinträchtigt werden.
4. Signalweg zum Protokoll-Chip:
Im Signalweg dürfen nur Filterelemente zur EMV-Stabilisierung (Widerstände, Ferrite) eingebracht werden, die nicht zur Überschreitung einer zusätzlichen erlaubten Filterzeit von max. 10 ns führen.
5. Positionierung der 100nF/1µF Kondensatoren:
Das Kondensatorpaar ist direkt am Empfänger zu platzieren.
6. Definition der Pull-Up-Widerstandswerte RX und RY und Layoutempfehlung:
Der Gesamtwiderstand des wirksamen Pull-Up-Widerstandes liegt im Intervall $660 \text{ Ohm} < R < 770 \text{ Ohm}$ (Toleranz eingerechnet).
Layoutempfehlung:
Signalweg Empfänger zu OPC kleiner/gleich 5 cm:
RX = 680 Ohm, RY entfällt
Signalweg Empfänger zu OPC größer 5 cm:
RX = 1400 Ohm oder 1500 Ohm, RY = 1400 Ohm oder 1500 Ohm

9.1.2 Technische Daten zum Realisierungsbeispiel

Tabelle 7: Versorgungsspannung

Versorgungsspannung	4,75 ... 5,25 VDC \pm 5 %
Nennstromaufnahme	Max. 90 mA

Tabelle 8: LWL-Interface

	Polymerfaser	HCS-Faser
Wellenlänge bei 25 °C	typ. 650 nm	typ. 650 nm
optische Ausgangsleistung bei 25°C (OPC Regelstufe 15), Referenzfasermessung	min. -5,3 dBm max. -2,5 dBm	min. -16,0 dBm max. -9,0 dBm
optische Empfängerempfindlichkeit (0 ... 70 °C)	min. -21,6 dBm	min. -23 dBm
Übersteuerungsgrenze (0 ... 70 °C), Referenzfasermessung	> -2,0 dBm	> - 8 dBm
Leistungsreduktion durch Sende- leistungsdrift	typ. -0,02 dB/K	
Systemreserve	> 3,0 dB	
Übertragungslänge für eine max. Faserdämpfung	230 dB/km	10,0 dB/km
Minimal	1.. 50 m	1...300m
für eine typ. Faserdämpfung	200 dB/km	8,0 dB/km
typisch	1... 60 m	1...400 m
Bitfehlerrate	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹
Umgebungstemperatur Sender / Empfänger	0... 70 °C	0... 70 °C

Tabelle 9: Faser

Fasertyp	Polymerfaser	HCS-Faser
Brechzahlprofil	Stufenindex	Stufenindex
Kerndurchmesser	980µm	200µm
Manteldurchmesser	1000µm	230µm
Numerische Apertur	0,47	0,36
Dämpfung für 660nm LED, 50 m Länge	< 230 dB/km **	< 10 dB/km

Tabelle 10: LWL-Steckverbinder

Steckertyp	F-SMA nach IEC 60874-2, DIN 47258
------------	-----------------------------------

** Anspruchsvolle Kabelkonstruktionen zeigen einen um etwa 20 dB/km höheren Dämpfungswert.

9.1.3 Einstellung der Leistung der optischen Sender

9.1.3.1 Voraussetzungen

Die Leistung der Sende-LED ist einmalig vor dem Abschlusstest des Gerätes unter folgenden Bedingungen zu kontrollieren:

Tabelle 11: Bedingungen für die Leistungskontrolle

Umgebungstemperatur :		15 °C ... 25 °C
Bus :		nicht aktiv
Abgleichkabel/ Referenzfaser:	Länge :	1 m
	Faser :	Simplex POF, 1 m Länge
	Stecker :	F-SMA
	Dämpfung gemessen nach IEC 61300-3-4:1998 Einfügevverfahren B	1,5 dB

9.1.3.2 Einstellung der Sendeleistung

1. Setzen der Lötbrücken gemäß Klassifikation der verwendeten Sender. Alle Sender von abgehender und ggf. ankommender und 2. abgehender Schnittstelle müssen aus derselben Lichtleistungsklasse sein (siehe Seite 17).

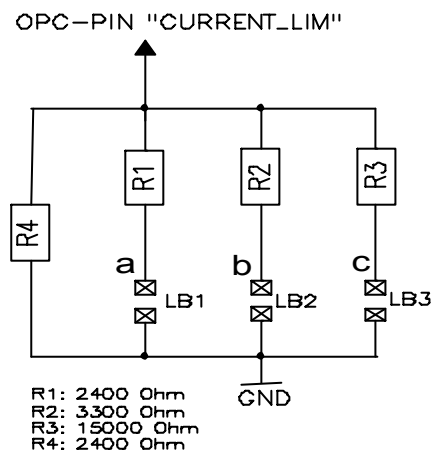


Bild 10: Referenznetzwerk für den OPC

Tabelle 12: Setzen der Brücke im Referenznetzwerk

Klasse a			
Abgleichbrücke - gewünschter Widerstandswert: 1200 Ohm (X: Setzen)			
LB 1	LB 2	LB 3	Widerstandswert (Ohm)
X			1200

Klasse b			
Abgleichbrücke - gewünschter Widerstandswert: 1390 Ohm (X: Setzen)			
LB 1	LB 2	LB 3	Widerstandswert (Ohm)
	X		1389,5

Klasse c			
Abgleichbrücke - gewünschter Widerstandswert: 2070 Ohm (X: Setzen)			
LB 1	LB 2	LB 3	Widerstandswert (Ohm)
		X	2069

2. Überprüfung der Lichtleistung nach Modul Power-Up (kein vorheriger Busbetrieb, keine Anbindung an Master): $-3,8 \text{ dBm} \geq P_{\text{opt}} \geq -7,1 \text{ dBm}$ (berücksichtigt Meßgerätetoleranz).

9.1.4 Pegelbudget zum Realisierungsbeispiel

- Forderungen:
- Übertragungsdistanz 1...50 m Polymerfaser; 1...300 m HCS-Faser
 - Datenrate 500 kBd NRZ bzw. 2 MBd NRZ
 - Bitfehlerrate 10^{-9}
 - Umgebungstemperatur der Sende- und Empfangs elemente 0... 70 °C

Tabelle 13: Pegelbudget

	Polymerfaser	HCS-Faser
min. optische Ausgangsleistung, 25°C, max. Regelstufe	-5,3 dBm	-16,0 dBm
max. optische Ausgangsleistung, 25°C, max. Regelstufe	-2,5 dBm	-9,0 dBm
Laserschutzklasse gem. DIN EN 60825-1	1	1
min. optische Ausgangsleistung, 25 °C, nach OPC Power Up	-6,8 dBm	-17,5 dBm
min. optische Ausgangsleistung, 0...70 °C, max. Regelstufe	-6,2 dBm	-16,9 dBm
min. optische Empfängerempfindlichkeit, 0...70 °C	-21,6 dBm	-23 dBm
max. optische Übersteuerungsgrenze, 0...70 °C	-2,0 dBm	> - 8 dBm
verfügbare Dämpfung	15,4 dB	6,1dB
- Systemreserve	- 3 dB	
verfügbare Dämpfung für LWL	12,4 dB	3,1 dB
max. Faserdämpfung je km für 660nm LED-Quelle, 50 m Länge	230 dB/km	10 dB/km
typ. Faserdämpfung je km für 660nm LED-Quelle	200 dB/km	8 dB/km
→ kleinste maximale Übertragungsentfernung	50 m	300 m
→ typische maximale Übertragungsentfernung	60 m	400 m
→ minimale Übertragungsentfernung	1 m	1 m

9.2 IP67 Anwendungen: Rugged Line Anschlußtechnik

Der Realisierungsentwurf für IP67-Busanwendungen zeigt ein INTERBUS LWL-Interface für Übertragungsdistanzen bis typisch 50 m für Polymerfasern. Als INTERBUS Slave-Protokollchip ist der Typ IBS SUPI 3 OPC zu verwenden.

9.2.1 Schaltplan zum Realisierungsbeispiel

siehe Anhang

9.2.1.1 Stückliste zum Realisierungsbeispiel

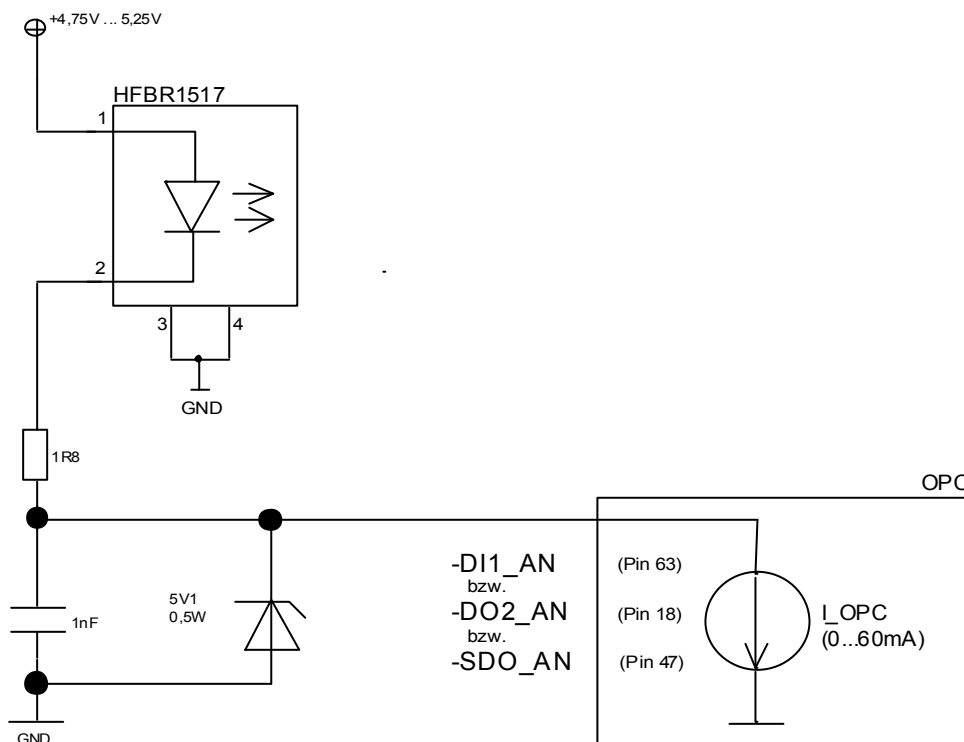
Tabelle 14: Stückliste für die Implementierung einer Rugged Line LWL Schnittstelle

Anzahl	Bauteile
2	LWL-EMPF HFBR-2541 (Agilent)
2	LWL-LED HFBR-1517 (Agilent)
2	R 1R8 0,25W 1%
2	R 680R 0,25W 1%
1	R 1k2 0,063W 1%
2	C 1nF 50V 10% K
2	C 100nF 50V 10% K
2	C 1µF 16V 20% T
2	Z-Diode 5V1 0,5W

Anzahl der Bauelemente = 17

9.2.1.2 Prinzipschaltung Sender

Bild 11: Prinzip der Beschaltung der Sende-LED HFBR-1517



Die Z-Diode ist eine EMV-Maßnahme (Burst, Surge). Der Widerstand und der Kondensator verringern einerseits die Flankensteilheit des sehr schnellen Senders und dämpfen gleichzeitig das Stromrauschen des SUP1 3 OPC. Layouttechnisch sind alle drei Bauteile möglichst in der unmittelbaren Nähe des Eingangs am Protokoll-Chip zu platzieren.

9.2.1.3 Prinzipschaltung Empfänger

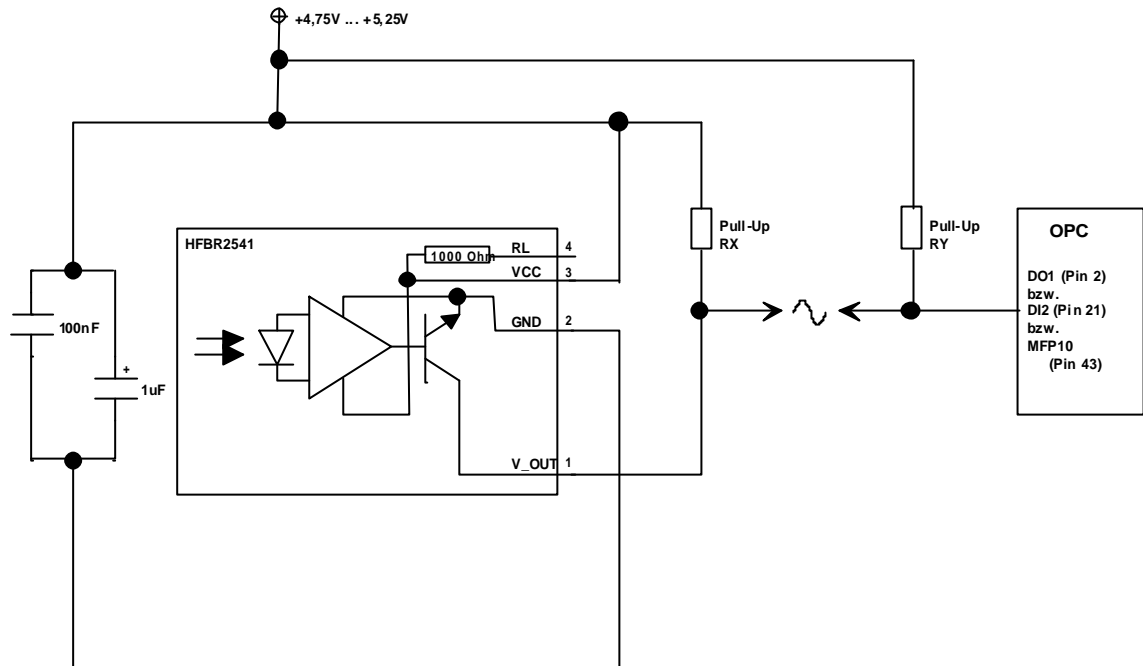


Bild 12: Prinzip der Beschaltung des Empfängers HFBR-2541

Schaltungshinweise

1. VCC-Verbindung:
Aus EMV-Gründen ist ein Anschluss des Pins 3 an VCC über eine Induktivität und/oder ein Ferrit möglich. Funktion und Betrieb des Empfängers darf dadurch nicht beeinträchtigt werden.
2. GND-Verbindung:
Aus EMV-Gründen ist ein Anschluss des Pins 2 an Ground über eine Induktivität und/oder ein Ferrit möglich. Funktion und Betrieb des Empfängers darf dadurch nicht beeinträchtigt werden.
3. Signalweg zum Protokoll-Chip:
Im Signalweg dürfen nur Filterelemente zur EMV-Stabilisierung werden (Widerstände, Ferrite) eingebracht werden, die nicht zur Überschreitung einer zusätzlichen erlaubten Filterzeit von max. 10 ns führen.
4. Positionierung der 100nF/1µF Kondensatoren:
Das Kondensatorpaar ist direkt am Empfänger zu platzieren.
5. Definition der Pull-Up-Widerstandswerte RX und RY und Layoutempfehlung:
Der Gesamtwiderstand des wirksamen Pull-Up-Widerstandes liegt im Intervall $660 \text{ Ohm} < R < 770 \text{ Ohm}$ (Toleranz eingerechnet).
Layoutempfehlung:
Signalweg Empfänger zu OPC kleiner/gleich 5 cm:
RX = 680 Ohm, RY entfällt
Signalweg Empfänger zu OPC größer 5 cm:
RX = 1400 Ohm oder 1500 Ohm, RY = 1400 Ohm oder 1500 Ohm

9.2.2 Technische Daten zum Realisierungsbeispiel

Tabelle 15: Versorgungsspannung

Versorgungsspannung	4,75...5,27 VDC \pm 5 %
Nennstromaufnahme	max. 90 mA

Tabelle 16: LWL-Interface

	Polymerfaser
Wellenlänge bei 25 °C	typ. 650 nm
optische Ausgangsleistung bei 25°C (OPC Regelstufe 15)	-4,9 dBm
optische Empfängerempfindlichkeit (0 ... 70 °C)	min. -20,6 dBm
Übersteuerungsgrenze (0 ... 70 °C)	> -2,0 dBm
Leistungsreduktion durch Sendeleistungsdrift	typ. 0,02 dB/K
Systemreserve	3 dB
Übertragungslänge für eine max. Faserdämpfung	230 dB/km
Minimal	1.. 50 m
für eine typ. Faserdämpfung	200 dB/km
typisch	1... 60 m
Bitfehlerrate	10^{-9}
Umgebungstemperatur Sender / Empfänger	0... 70 °C

Tabelle 17: Faser

Fasertyp	Polymerfaser
Brechzahlprofil	Stufenindex
Kerndurchmesser	980 µm
Manteldurchmesser	1000 µm
Numerische Apertur	0,47
Dämpfung für 660nm LED, 50 m Länge	< 230 dB/km

Tabelle 18: LWL-Steckverbinder

Steckertyp	IBS RL PLUG-LK/POF (s. Bild 7)
------------	--------------------------------

9.2.3 Einstellung der Leistung der optischen Sender

9.2.3.1 Voraussetzungen

Die Leistung der Sende-LED ist einmalig vor dem Abschlusstest des Gerätes unter folgenden Bedingungen zu kontrollieren:

Tabelle 19: Bedingungen für die Leistungskontrolle

Umgebungstemperatur :	15 °C ... 25 °C	
Bus :	nicht aktiv	
Abgleichkabel:	Länge :	1 m
	Faser :	Duplex POF, 1 m Länge
	Stecker :	einseitig RL Stecker, andere Seite F-SMA

9.2.3.2 Einstellung der Sendeleistung

Eine Einstellung der Lichtleistung bzw. ein Abgleich ist bei einer Rugged Line Schnittstelle nicht nötig, wenn der minimale Referenzwiderstand von 1,2 kOhm am Current_Lim des INTERBUS Slave-Protokollchips Typ SUPI 3 OPC angeschlossen ist (s. Schaltplanbeispiel).

9.2.4 Pegelbudget zum Realisierungsbeispiel

- Forderungen:
- Übertragungsdistanz 1...50 m Polymerfaser
 - Datenrate 500 kBd NRZ bzw. 2 MBd NRZ
 - Bitfehlerrate 10^{-9}
 - Umgebungstemperatur der Sende- und Empfangselemente 0...70 °C

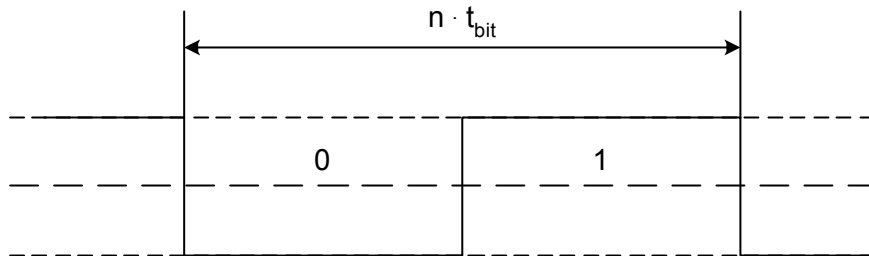
Tabelle 20: Pegelbudget

	Polymerfaser
typ. optische Ausgangsleistung, 25°C, max. Regelstufe	-4,9 dBm
max. optische Ausgangsleistung, 25°C, max. Regelstufe	-2,0 dBm
Laserschutzklasse gem. DIN EN 60825-1	1
typ. optische Ausgangsleistung, 25 °C, nach OPC Power Up	-6,4 dBm
typ. optische Ausgangsleistung, 0...70 °C, max. Regelstufe	-5,8 dBm
min. optische Empfängerempfindlichkeit, 0...70 °C	-20,6 dBm
max. optische Übersteuerungsgrenze, 0...70 °C	-2,0 dBm
typ. verfügbare Dämpfung	14,8 dB
- Systemreserve	- 3 dB
verfügbare Dämpfung für LWL	11,8 dB
max. Faserdämpfung je km für 660nm LED-Quelle, 50 m Länge	230 dB/km
typ. Faserdämpfung je km für 660nm LED-Quelle	200 dB/km
→ kleinste maximale Übertragungsentfernung	typ. 50 m
→ minimale Übertragungsentfernung	1 m

10 Anhang

10.1 Augendiagramme

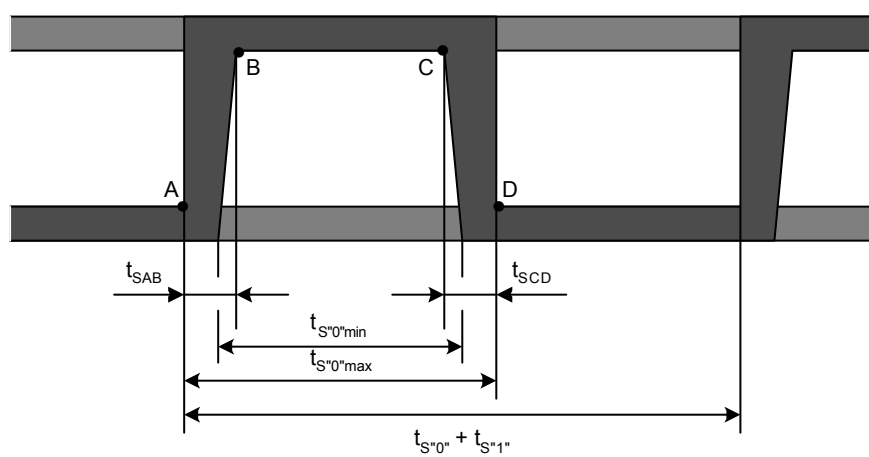
Sendesignal elektrisch



$$t_{bit} = 2\mu s \text{ bzw. } 500ns$$

2,4 V
Beurteilungsschwelle

Sendesignal optisch



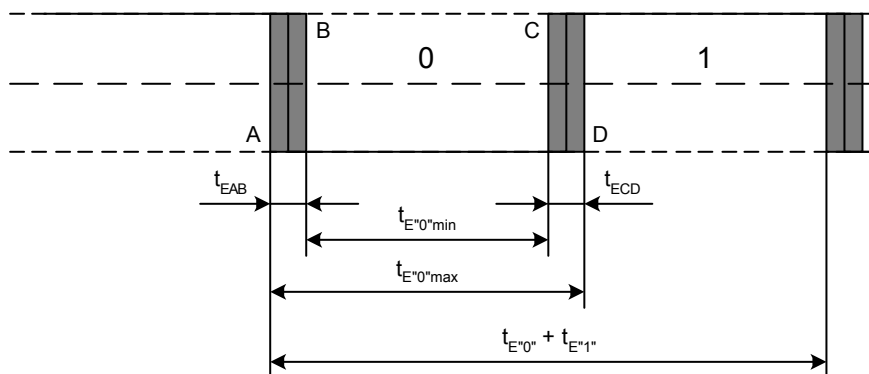
$P_{Smax'0'}$

$P_{Smin'0'}$

$P_{Smax'1'}$

$P_{-\infty}$

Empfängersignal elektrisch

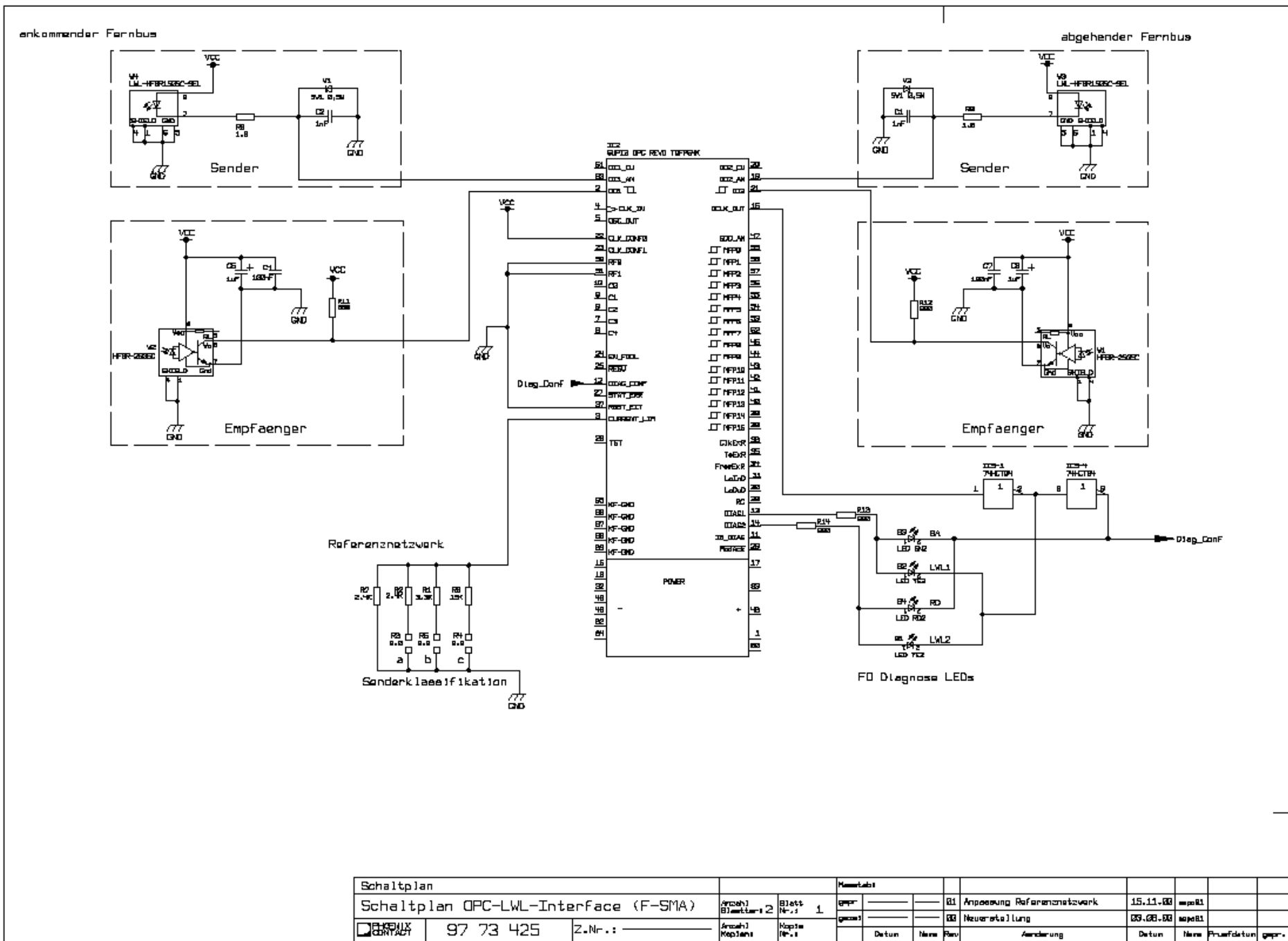


2,4 V
Beurteilungsschwelle

10.2 Schaltpläne zu den Realisierungsbeispielen

Copying of this document, and giving it to others and the use or dissemination of its contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages and may be prosecuted. Copyright infringement of this document is liable to legal action. © 2006 Blumberg Postfach 1241.

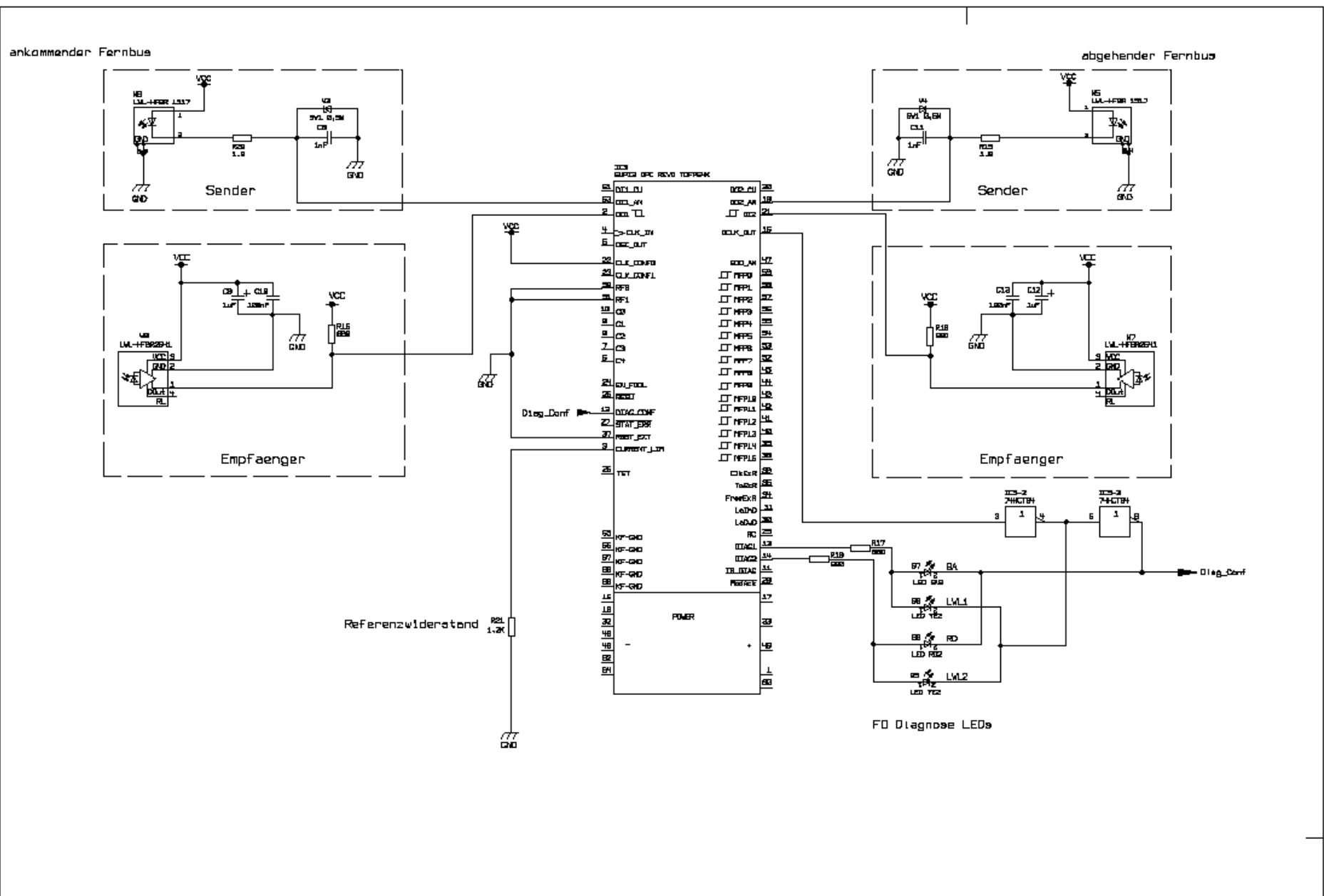
Mitgabe sowie Ver-visifizierung dieser Unterlage, Ver-wer-tung und Mitteilung ihres Inhaltes nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich anders, Zuerkennungen, Ver-flich-tung oder Verantwortlichkeiten, Eintragung vorbehalten. Prozeß: Contact GmbH & Co.



Schaltplan				Messprotokoll	
Schaltplan OPC-LWL-Interface (F-SMA)				gepr.	---
Anzahl Blätter: 2 Blatt Nr.: 1				---	---
Anzahl Kap.: 1 Kapite Nr.: 1				---	---
97 73 425	Z.Nr.:				
				Datum	Neue Rev
				Anmerkung	
				Datum	Neue Freigegeben
				gepr.	

Copying or this document, and giving it to others and the use
 or communication of the contents thereof, are forbidden without
 express written permission of the sender. All rights reserved.
 All rights reserved. All rights reserved. All rights reserved.
 an the registration of a utility model or design.
 Postfach 1241
 80818 Blumberg

Weitergabe sowie Verwirklichung dieser Unterlagen, Verwen-
 dung und Mitteilung ihres Inhalts, nicht gestattet, soweit
 nicht ausdrücklich zugestimmt ist. Nachdruck, Verbrei-
 tung oder Gebrauchsmuster - Eintragung vorbehalten.
 Phoenix Contact GmbH & Co.



Schaltplan		Blatt		Blatt		Blatt		Blatt		Blatt	
Schaltplan OPC-LWL-Interface (RL)		2		2		2		2		2	
Artzahl	Blatt	Artzahl	Blatt	Artzahl	Blatt	Artzahl	Blatt	Artzahl	Blatt	Artzahl	Blatt
97 73 425	Z.Nr.:										
Neuerstellung						Neuerstellung					
Datum						Datum					
Name						Name					
Prüfung						Prüfung					
Änderung						Änderung					
Datum						Datum					
Name						Name					
Prüfung						Prüfung					
gepr.						gepr.					