

White Paper No. 4

Was ist ein „Balanced Input“?

Einleitung

Das Wort balanced kommt aus dem Englischen und bedeutet ausgewogen, symmetrisch. Ein „balanced input“ ist also ein symmetrischer Signal-Eingang.

Die Norm IEC60268-2 definiert den „balanced input“ als einen Anschluss, dessen beide Eingänge identische Eingangsimpedanzen in Bezug auf einen gemeinsamen Referenzpunkt (z.B. Masse) haben.

Der symmetrische Eingang (Interface) ist Teil eines elektrischen Systems für die leitungsgebundene, störungsresistente Signalübertragung von einem Sender (z.B. Generator) zu einem Empfänger (z.B. Verstärker) über eine längere Entfernung.

Als mögliche elektrische Störquellen wären da z.B. Lampen und Lichtsteuergeräte zu nennen; magnetische Störer sind Transformatoren, Motoren, Wechselstrom führende Leitungen.

Diese Störquellen senden elektrische und magnetische Wellen aus, die sich in einem Kabel ausbreiten können und damit das Nutzsignal je nach Stärke empfindlich stören.

Weiterhin können sich die Bezugspotentiale (z.B. Signalmasse) der weiter voneinander entfernten Geräte aufgrund von Ableitströmen (z.B. Netzfilter, parasitäre Kapazitäten in Anschlussdosen) im Schutzleiter (PE) leicht unterscheiden und somit Störungen, die sogenannte Brummspannung hervorrufen. Die Spannungen und Ströme der 50 Hz Netzversorgung zeigen ein breites Spektrum an Oberwellen, die eine weitere Quelle von Störungen darstellen können.

Das Übertragen eines Signals von einem Gerät zu einem anderen ist nicht ganz so simpel wie es auf den ersten Blick erscheint.

Die folgenden Beispiele aus der realen Welt der Verbindungen sollen den Sachverhalt verdeutlichen und die Vorteile symmetrischer Signalführung aufzeigen.

Unsymmetrische Signalführung

Beispiel 1

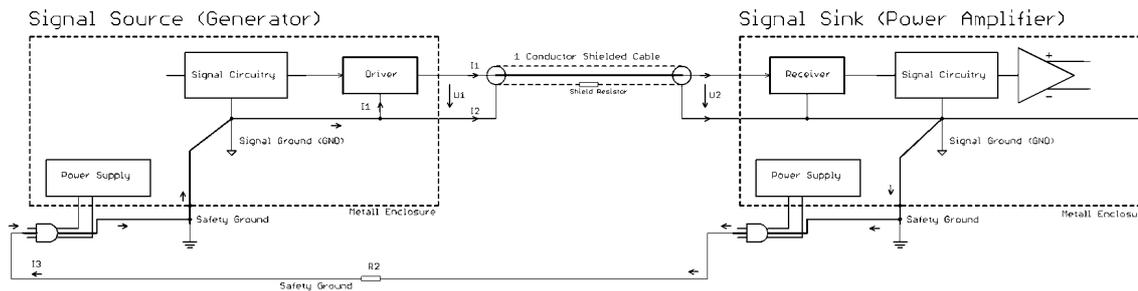


Abbildung 1: Unbalanced Interconnection

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft die unsymmetrische Signalverbindung zweier Schutzklasse 1 Geräte.

Die Problematik: die Gerätemassen sind über die Abschirmung des Signalkabels und über den Schutzleiter miteinander verbunden. Eine sogenannte Masseschleife ist entstanden. Der Strom I_2 erzeugt einen Spannungsabfall am Widerstand der Kabel-Abschirmung und I_3 erzeugt einen Spannungsabfall am Widerstand des Schutzleiterkabels. Die Spannung am Empfänger U_2 bezogen auf seine Referenz (hier Masse) ist somit die Summe von Signalspannung U_1 , der überlagerten Störspannung $U_{st} = I_2 \cdot R_{shield} + I_3 \cdot R_2$ und der in das Kabel induzierten Störspannung. Das Problem hier ist der gemeinsame Leiter (Abschirmung) für den Signalstrom und den induzierten Störstrom. Die Störungen werden im Verstärker weiter verarbeitet und vermindern die Qualität seiner Ausgangsspannung.

Beispiel 2

Ein weiteres Beispiel zeigt die Abbildung 2. Hier werden zwei Geräte dargestellt, deren Bezugspotential nicht mit dem Schutzleiter verbunden ist.

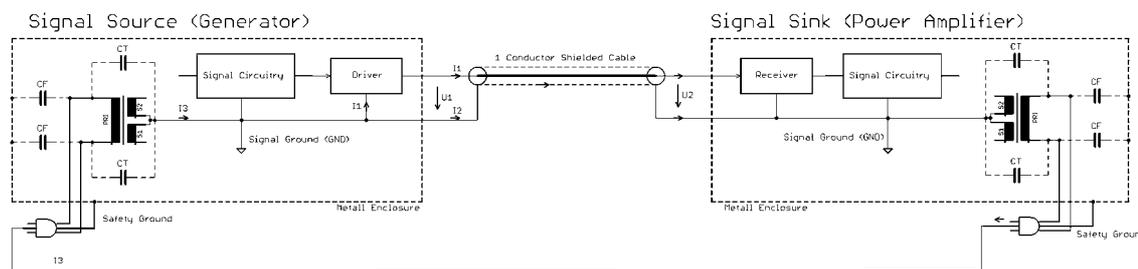


Abbildung 2: Unbalanced Interconnection

Die parasitären Kapazitäten C_T in der Stromversorgung und in möglichen Netzfiltern C_F schließen den Stromkreis für hochfrequente Ableitströme I_3 zwischen den Geräten.

Die Kabelabschirmung führt auch hier Signalströme und Störströme gemeinsam. Die bereits bekannte Folge: Die Signalspannung U_2 wird von Störungen überlagert.

Symmetrische Signalführung

Zur Lösung des Problems wird die symmetrische Signalführung angewendet (von jeher zur Übertragung von Telefongesprächen verwendet).

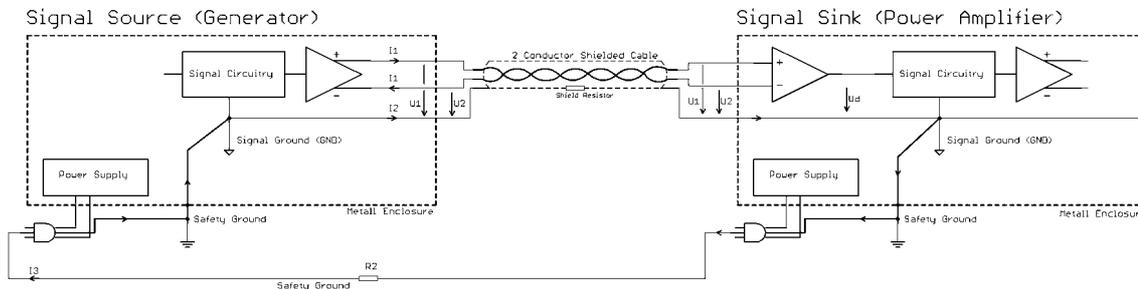


Abbildung 3: Balanced Interconnection, PE bonded with GND

Dazu wird das Signal über ein 2-adriges Kabel mit Abschirmung geführt. Die erste Ader führt das Nutzsignal und die zweite Ader das identische, um 180° gedrehte Signal (auch Gegentaktbetrieb genannt).

Zum Beispiel (ideale Bedingungen) führt Ader 1 eine Spannung $U_1 = +0,5 \text{ V}$ und Ader 2 die Spannung $U_2 = -0,5 \text{ V}$.

Die magnetischen Wellen durchdringen die Abschirmung und machen sich auf den Signaladern breit, jedoch auf beiden Adern identisch (in Phase), z.B. $U_{n1} = U_{n2} = 0,1 \text{ V}$ jeweils auf Ader 1 und 2 (Gleichtaktbetrieb).

Der Sender verfügt über einen symmetrischen Ausgang und im Empfänger befindet sich ein symmetrischer Eingang. Dahinter verbirgt sich ein spezieller Verstärker für die symmetrische Signalführung, ein Differenzverstärker. Dieser verstärkt nur die Differenz der Signale auf den Adern.

Also gilt für das Nutzsignal:

$$U_d = U_1 - U_2 = (+0,5 \text{ V}) - (-0,5 \text{ V}) = +1 \text{ V}$$

und für das Störsignal:

$$U_d = U_{n1} + U_{n2} = (+0,1 \text{ V}) - (+0,1 \text{ V}) = 0 \text{ V}$$

Ergebnis: Das Nutzsignal ist doppelt so stark und das Störsignal ist nicht mehr vorhanden.

Ein weiterer Vorteil dieser Signalführung ist, dass die Störströme I_2 und I_3 vom Nutzsignal I_1 ferngehalten werden und die unterschiedlichen Bezugspotentiale in den jeweiligen Geräten die Eingangsspannung U_3 nicht stören.

Pseudo-Symmetrische Signalführung

Häufig haben die Quellen (z.B. industrielle Funktionsgeneratoren) keinen symmetrischen Ausgang, der Empfänger verfügt jedoch über ein symmetrisches Interface.

Die Abbildung 4 zeigt einen entsprechenden Aufbau.

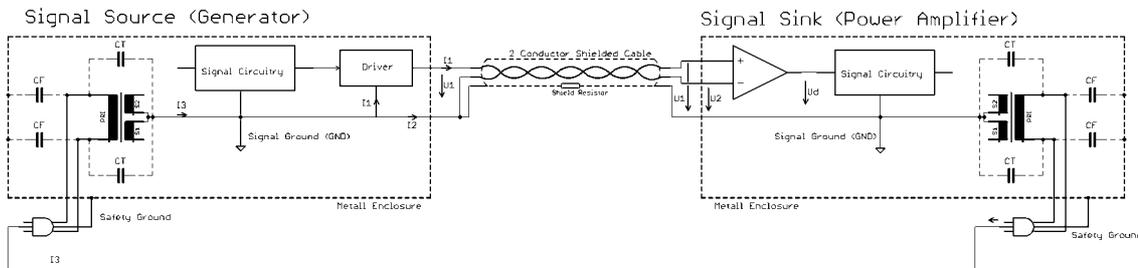


Abbildung 4: Pseudo Balanced Interconnection

Bezugnehmend auf das Beispiel unter 2. liefert die Quelle in diesem Fall $U_1 = 0,5 \text{ V}$ und $U_2 = 0 \text{ V}$ (Signalmasse). Die auf das Kabel eingestrahlte Störung sei wieder $U_{n1} = U_{n2} = 0,1 \text{ V}$.

Die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers im Empfänger ist:

$$U_d = U_1 - U_2 = (+0,5 \text{ V}) - (0 \text{ V}) = 0,5 \text{ V}$$

und für das Störsignal:

$$U_d = U_{n1} + U_{n2} = (+0,1 \text{ V}) - (+0,1 \text{ V}) = 0 \text{ V}$$

Auch hier haben sich die Störspannungen aufgehoben. Es lassen sich aber in der Realität nicht so gute Ergebnisse wie mit der symmetrischen Signalführung erzielen. Grund sind die unterschiedlichen Ausgangsimpedanzen der Quelle (Leitungstreiber, Masseanschluss).

Dazu das Beispiel einer Simulation:

In Abbildung 5 sind die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers mit einer Eingangsimpedanz von 1 MOhm in Abhängigkeit der Quellimpedanzen Z_1 und Z_2 bei Gleichaktanregung dargestellt. Die pseudo-symmetrische Signalführung hat eine bis zu 18 dB geringe Fähigkeit zur Gleichaktunterdrückung.

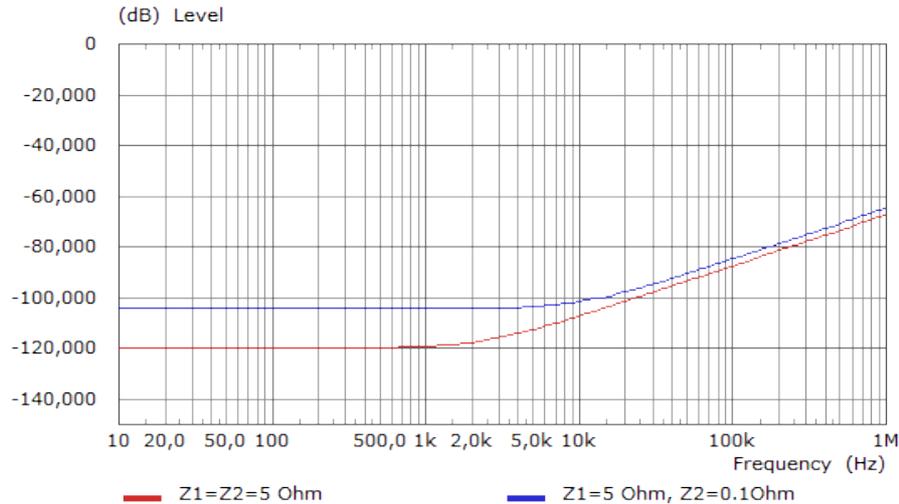


Abbildung 5: Common Mode Rejection

Ausführungen von Balanced Input

Ausschlaggebend für eine hohe Qualität der symmetrischen Signalführung ist, dass alle signalführenden Komponenten symmetrisch sind. Die Qualität der Ader 1 und 2 des Kabels und die elektrischen Eigenschaften (Impedanzen) der beiden Eingänge des Differenzverstärkers sowie der beiden Ausgänge (Balanced Output) des Senders müssen jeweils identisch sein. Ein Maß für die Qualität des Balanced Input ist die Gleichtaktunterdrückung (CMR = Common Mode Rejection).

Ist zusätzlich eine galvanische Trennung erforderlich, werden Interfaces mit Übertrager (NF- bzw. HF-Übertragung) und Optokoppler (DC-Übertragung) eingesetzt, z.B. der Isolationsverstärker A1340-C1.



Dr. Hubert GmbH
 Universitätsstraße 142
 44799 BOCHUM
 GERMANY
 Tel. +49 234 970569-0
 Fax. +49 234 970569-29
 sales@drhubert.de
 www.drhubert.de