

Riesen-Effekt

GMR als Ersatz für Optokoppler nutzen

Galvanische Trennung ist in vielen Applikationen gefragt, etwa der Messtechnik, der Audio- und Videotechnik, in Feldbussystemen oder anderen ausgedehnten Verdrahtungen. Sie hilft, Potenzialdifferenzen und Brummschleifen zu vermeiden und macht Medizintechnik-Lösungen sicherer. Optokoppler sind zwar die gängige Lösung, doch es gibt Besseres. *Autor: Wolf-Dieter Roth*

Die Physik gilt für analoge ebenso wie für digitale Signale: In vielen Fällen hilft nur galvanische Trennung, um Differenzspannungen, Ausgleichsströme, Störungen und Gefährdungen auszuschließen. Im Laufe der Jahre haben Forscher verschiedene Techniken und Produkte ersonnen, die eine geeignete Trennung erreichen, vom klassischen Transformator über den Optokoppler bis hin zum GMR-Koppler, der modernsten Variante. Denn die meisten Lösungen haben so ihre Probleme.

Induktive Kopplung

Transformatoren sind aus der Spannungs- oder Stromwandlung bekannt. Es gibt sie als Netztransformator oder als reiner Signal-, Daten- und Impulstransformator, vulgo Übertrager. Die arbeiten je nach Variante bei wenigen Hertz bis in den Gigahertzbereich, doch können sie nur Wechselspannungen übertragen – bei lang-

sam variierenden Signalen und Gleichspannung müssen sie passen. Wer solche übertragen will, braucht eine amplitudenmodulierte Wechselspannung, die er nach dem Übertrager wieder demoduliert. Das limitiert allerdings die obere Grenzfrequenz der Übertragung auf die Hälfte der Trägerfrequenz.

Ein zweiter Schwachpunkt ist die Impulstreue: Übertrager können im Frequenzbereich zwar einige Zehnerpotenzen abdecken, doch verzerren sie die rechteckigen Datensignale oft deutlich. Die Induktivitäten führen zu Dachschrägen, Überschwingen und Phasenverschiebungen – ungünstig für zeitkritische Flanken in Digitalsignalen. Weitere Schwachpunkte sind der Platzbedarf und das hohe Übersprechen. Auf SMD-Digitalplatinen sind sie daher als konventionell gewickelte Version kaum zu finden. Einziger Vorteil des Übertragers: Wie sein großer Bruder, der Netztransformator, hat er in klassischen Bauformen nur geringe energetische Verluste.



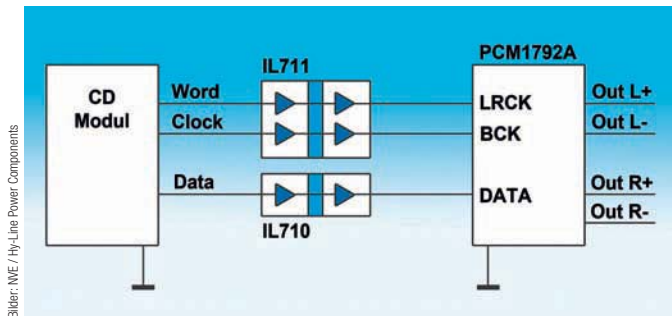


Bild 1: Prinzipschaltbild einer digitalen Audiostrecke mit den NVE-Isoloop-Bausteinen der Serie IL7xx.

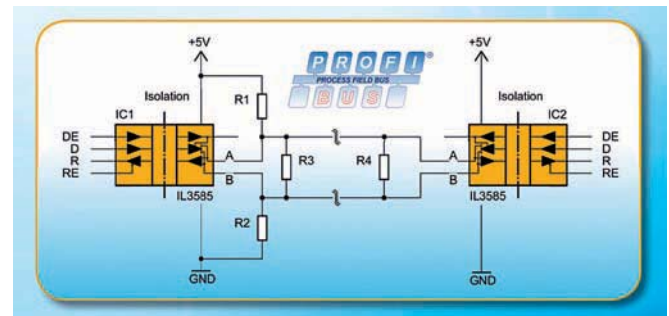


Bild 2: Mit dem NVE IL 3585 ist es ein Leichtes, eine Profibus-Schnittstelle galvanisch zu isolieren.

In modernerer IC-Bauform, als Planar-Transformator auf einem Silizium-Chip, gibt es Bausteine mit einem bis vier Kanälen. Sie übertragen bis zu 100 Megabit pro Sekunde, verwenden Flankendetektion und verfügen für Gleichspannungen über einen 500-Kilohertz-Hilfsoszillator. Allerdings können diese Bausteine keine nennenswerten Energiemengen mehr weiterleiten.

Kapazitive Kopplung

Eine Alternative sind kapazitive Koppler. In einfacher Form als potenzialtrennender Kondensator sind sie in jedem NF- und HF-Verstärker zu finden. Als kurvenformtreue, komplett galvanisch trennende Lösung wird die Angelegenheit aber komplizierter. Gleichspannung und langsam variierende Kurvenformen lassen sich auch hier nur durch Modulation via Wechselspannung übertragen. Reale Schaltungen verwenden zwei Kanäle: Den Bereich von 100 Kilobit bis 150 Megabit pro Sekunde übertragen sie direkt, für alles zwischen Gleichspannung und 100 Kilobit pro Sekunde ist die Pulsweitenmodulation im zweiten Kanal zuständig. Nach der kapazitiven Isolationsstrecke werden die beiden Kanäle wieder zusammengesetzt: Das funktioniert zwar, ist aber recht komplex. Die Ausgänge liefern Drei- oder Fünf-Volt-Logikpegel, wie dies auch alle anderen außer den optischen Kopplern beherrschen.

Hochfrequenzübertragung

Man kann das Modulationsprinzip noch weiter führen und die Signale konsequent per Hochfrequenz übertragen, und zwar bei 2,1 Gigahertz via induktivem Übertrager. Damit sind theoretisch Übertragungen digitaler Signale bis zu einem Gigahertz möglich; in der Praxis werden maximal 150 Megabit pro Sekunde angeboten. Problematisch sind bei dieser Technik das Übersprechen zwischen den Kanälen sowie der Einfluss von Hochfrequenzsendern in der Nähe des benutzten Frequenzbands, etwa UMTS-Handys oder 2,4-Gigahertz-ISM-Sender, die mit Video-Übertragungsstrecken, Bluetooth, Zigbee, WLAN, Mikrowellenherden und unzähligen anderen Anwendungen geradezu allgegenwärtig sind. Trotz Abschirmung sind Probleme zu erwarten, wenn diese Bausteine gemeinsam mit einer Funktechnologie in einer Baugruppe sitzen.

Optokoppler

Wegen der genannten Probleme hat sich ein anderes Prinzip zur galvanisch getrennten, kurventreuen Signalübertragung etabliert: Die optische Übertragungsstrecke, bestehend aus LED und Fototransistor. Der Optokoppler kann von Gleichstrom bis in den unteren Megahertz-Bereich alles übertragen und hält bei entsprechendem Aufbau auch alle Sicherheitsbestimmungen ein. Aller-

dings hat auch er prinzipielle Nachteile. So neigen seine Empfänger zu kapazitiven Einkopplungen und damit zu Übersprechen. Außerdem altert das Isolationsmaterial: Elektrische Isolation und optische Transparenz sind nicht sehr langzeitstabil. Da die Sendedioden über die Jahre ebenso in Leistung und Effizienz nachlassen, ergibt sich ein degradierendes Übertragungsverhältnis.

Zudem arbeiten die Fototransistoren langsam und schaffen nur einige Megahertz; schnelle optische Koppler sind nur selten zu finden und nicht gerade preiswert. Übertragungsraten über 50 Megabit pro Sekunde schaffen Optokoppler nicht mehr. Des Weiteren stört ihr Energiebedarf und High-Speed-Optokoppler funktionieren nur mit Fünf-Volt-Versorgungsspannung, nicht aber mit den verbreiteten 3,3 Volt. Schließlich ist die Temperaturstabilität sowohl der Sende- als auch der Empfangsseite begrenzt.

Hall- und andere Effekte

Ein möglicher Ausweg wären Hallensoren zusammen mit Magnetspulen, doch die liefern nur ein sehr geringes Signal und altern noch stärker als Optokoppler. Zudem lassen sie sich leicht von Gleich- und Wechselmagnetfeldern stören, die sich in elektrischen und elektronischen Geräten aber kaum vermeiden lassen. In Kopplern konnte sich der Hall-Effekt daher nie durchsetzen.

Ein magneto-resistiver Quanteneffekt neueren Datums ist dagegen recht interessant: GMR, der Giant Magneto-resistive Effect (Riesenmagnetwiderstand). Hier steigt der Widerstand nanokristalliner Schichten, wenn diese gegenläufig magnetisiert werden und er sinkt bei gleichsinniger Magnetisierung (Bild 3). Es handelt sich um eine nanotechnische Anwendung von so genannter Spintronik, bei der nicht die elektrische Ladung der Elektronen →

Auf einen Blick

Technologierunde

Galvanische Trennung löst viele Probleme in der Signalübertragung. Doch die Trennung selbst wirft neue Schwierigkeiten auf. Je nach Technologie ist mal das Übersprechen zwischen den Kanälen ein Thema, mal die Störfestigkeit, mal der Frequenzbereich und die Flankensteilheit, mal der Aufwand, die Alterung. Mit Hilfe des GMR (Giant Magneto-resistive Effect) hat NVE eine neue Produktreihe im Vertrieb von Hy-Line, die viele der Probleme älterer Techniken vermeidet.

- infoDIREKT** www.elektronikjournal.com 501ejl0110
- Vorteil** Galvanische Trennung per GMR eignet sich für praktisch jedes Einsatzgebiet, ohne die Nachteile von Optokopplern und anderen Techniken aufzuweisen.

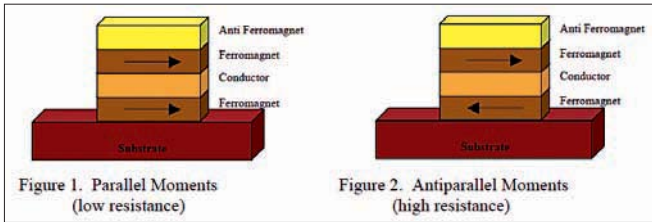


Bild 3: Prinzip des GMR-Magnetsensors: Wenn das äußere Magnetfeld eine der Magnetschichten umpolt, steigt der Widerstand des Bauteils deutlich an.

relevant ist, sondern ihre Orientierung (Spin). Entdeckt wurde GMR erst 1988 unabhängig voneinander von Peter Grünberg, Forschungszentrum Jülich, und von Albert Fert an der Universität Paris-Süd. Dies brachte ihnen 2007 den Nobelpreis für Physik ein.

Bekannt ist GMR hauptsächlich durch die Leseköpfe moderner Festplatten, doch eignet sich die GMR-Technologie ebenso für Magnetsensoren und Datenkoppler, wie sie das US-Unternehmen NVE (Non Volatile Electronics, deutscher Exklusiv-Vertrieb: Hy-Line) unter dem Markennamen „Isoloop“ anbietet (Bild 4). In diesen Bausteinen sind als Einzel- und Doppelkoppler GMR-Elemente, Steuerspulen und Elektronik im bislang kleinsten Format (MSOP-Gehäuse) eines isolierenden Datenkopplers verbaut, in nur wenig größeren Gehäusen finden bis zu fünf Kopplerkanäle Platz. Der Firmenname NVE spielt auf eine eher unerwartete Eigenschaft der Bausteine an: Ihr Schaltzustand bleibt auch über einen Stromausfall hinaus erhalten.

Trigger auf Pegel oder Flanke

Die GMR sind in Isoloop-Kopplern als Wheatstone-Brücke geschaltet, was Fehlfunktionen durch Drift und Fremdfelder vermeidet – bei Optokopplern käme das zu teuer. Die Isolatorbaureihen NVE IL5xx und IL6xx sind pegel- und IL7xx flankengesteuert. IL6xx verzichten auf der Eingangsseite auf Logikschaltungen: Ihre Magnetspule ist direkt ansteuerbar. Das ermöglicht hohe Übertragungsgeschwindigkeiten, Steuerung durch Strom statt Spannung und den direkten Ersatz von Optokopplern, deren Sendedioden ebenfalls stromgesteuert arbeiten. Bei den IL6xx sind mit entsprechender Dimensionierung des Vorwiderstands auch Steuerspannungen von weniger als einem bis zu einigen 100 Volt oder die Steuerung mit schwebenden Differenzspannungen möglich.

Die Baureihe IL7xx erreicht mit ihren flankengesteuerten Logik-Eingangsstufen ebenfalls hohe Geschwindigkeiten. Die Bausteine IL5xx nutzen pegelgesteuerte Logik-Eingangsstufen, mit denen sie zwar nur zwei Megabit pro Sekunde schaffen, jedoch sehr störfest arbeiten und sich teils auch auf einem Arbeitstakt synchronisieren lassen (external clocking). Wer auf die korrekte Übertragung statischer Logikpegel Wert legt, sollte also zu IL5xx oder IL6xx grei-

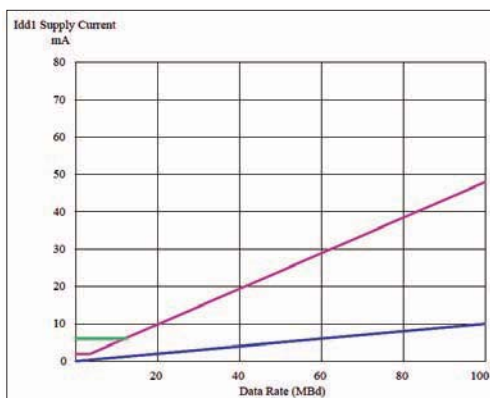


Bild 5: Eingangs-Versorgungsströme von Isoloop (blau), High-Speed-Optokoppler (grün) und iCoupler (rosa) im Vergleich.

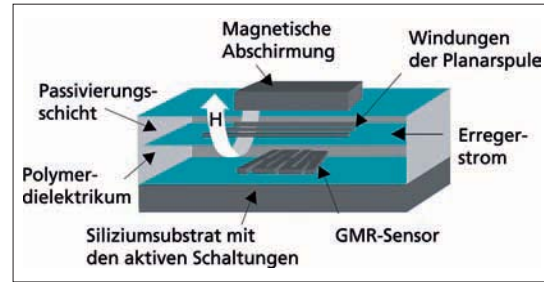


Bild 4: Schematischer Aufbau eines Isoloop-Isolators.

fen; wenn es auf hohe Geschwindigkeiten ankommt, zu IL6xx oder IL7xx. Es gibt alle drei Reihen in ein- bis vierkanaligen Ausführungen in kompakten IC-Gehäusen, die ohne weitere Elektronik saubere Digitaldatenpegel am Ausgang liefern. Mehrere fünfkana- lige Varianten der IL7xx-Baureihe sind als IL2xx erhältlich. Die Ausgänge sind normalerweise CMOS, doch auch als Open-Drain- oder Tri-State-Ausführungen erhältlich. Eine Übersicht ist auf www.hy-line.de/isoloop zu finden.

Ein weiterer Vorteil der GMR-Koppler ist ihr geringer Jitter: NVE nennt gerade einmal 100 Pikosekunden. Das liegt um Größenordnungen unter anderen Systeme und ist in der digitalen Audio- und Videotechnik wichtig (Bild 1), aber auch in Präzisions- Messsystemen oder Taktgebern. Das GMR-Element kann bis zu zwei Gigahertz übertragen, die Datenrate der kompletten NVE-Isoloop-Koppler liegt aktuell bei bis zu 150 Megabit pro Sekunde.

RS-422, RS-485 und Profibus

Auch die Industriewelt profitiert von GMR-Kopplern: Für die gängigen Long-Distance-Schnittstellen (RS-422, RS-485, Profibus und andere) sind fertige Interfacebausteine in GMR-Technik verfügbar. In den IL3xxx- und IL4xx-Baureihen ist unter anderem der IL3685 erwähnenswert, ein Profibus-zertifizierter Baustein (Bild 2) für bis zu 50 Nodes mit bis zu 40 Megabit pro Sekunde und 15 Kilovolt ESD-Festigkeit. Der IL3522 leistet Ähnliches für RS-422. Andere Bausteine bieten zudem Fractional-Load-Funktionalität.

In einem kleinen 16poligen SMD-Gehäuse bieten diese Bausteine die komplette bidirektionale Übertragungsfunktionalität, für die in Optokoppler-Technik drei Koppler, zusätzliche Logik- bausteine und etliche Widerstände nötig wären. Der Betrieb an Mikrocontrollern, die mit 3,3 oder fünf Volt versorgt werden, ist ohne Pegelwandler möglich. Integrierte Strombegrenzung und thermische Abschaltung schützen die Bausteine zudem bei busseitigen Kurzschlüssen oder Überlastungen durch Fehlanpassungen. Schließlich besitzen die Empfängereingänge eine „fail-safe if open“-Absicherung, die einen logisch aktiven Reset-Ausgang sicherstellt, wenn die Eingänge A/B offen sind.

Junge Technik, die nicht altert

Gegenüber anderen Kopplern bietet GMR kleinere Ruheströme, die erst bei hohen Datenraten ansteigen, sowie hohe Temperaturfestigkeit bis 125 Grad Celsius und Temperaturstabilität. 2500 Volt Isolationsspannung und eine Transientenfestigkeit von 20 bis 30 Kilovolt pro Sekunde sind bei Isoloop Standard. Zudem sind altersbedingte Änderungen der Kenndaten um den Faktor 100 geringer als bei Optokopplern. Für eine so junge Technologie sind die Isoloop-Koppler bereits sehr vielseitig einsetzbar. Sie erfüllen die Normen UL1577, IEC61010-1 (Sicherheit), EN50081-1 und -2 (EMV aktiv und passiv) sowie RoHS und ISO 9001. (lei)

Der Autor: Wolf-Dieter Roth ist technischer Redakteur bei Hy-Line Power Components in Unterhaching bei München.