

Toch beter bedraad

Tips voor het ontwikkelen van een 1 Gbit/s interface in de industriële omgeving



Dr. Heinz Zenkner
(freelancer bij Würth Elektronik)

Draadloze netwerken zijn vooral populair in industriële toepassingen. Maar in veel gevallen blijft robuuste bekabeling via Ethernet het betrouwbaardere en veiligere alternatief. Dit artikel laat zien hoe een 1 Gbit/s interface eenvoudig kan worden geïmplementeerd.

Slimme sensoren en meters die gebruik maken van efficiënte modulatie- en coderingstechnieken met goede propagatietekenen en lage bandbreedten maken het mogelijk industriële draadloze sensornetwerken op te zetten. De meeste van de in aanmerking genomen gebruikssituaties zijn echter beperkt tot toepassingen met een lage gegevensdoorvoer. De werkelijke doorvoer is in deze gevallen vaak niet meer dan 1 Mbit/s.

Een draadloos netwerk heeft geen vaste grenzen. Zo kunnen zelfs kleine aanpassingen aan de antennepositie van het toegangspunt de signaalsterkte bij de andere stations aanzienlijk beïnvloeden. Muren, plafonds en vloeren dempen het signaal en metalen voorwerpen veroorzaken reflecties. Het kan gebeuren dat een station het signaal van een toegangspunt kan ontvangen, maar dat het toegangspunt het signaal van het station niet kan

ontvangen. Bovendien zou het netwerk van buitenaf kunnen worden betreden of zou de radiosignaaloverdracht kunnen worden verstoord.

Daarom is draadloze gegevensoverdracht inherent minder betrouwbaar dan via een bekabeld netwerk. Vooral in een industriële omgeving kunnen zich dus situaties voordoen waarin een bedraad Ethernet-netwerk onmisbaar is.

Bekabeld Ethernet-netwerk

Bekabelde netwerken zijn vergelijkbaar met draadloze netwerken in die zin dat zij werken door de uitwisseling van Ethernet-frames tussen eindpunten. Om problemen bij het opzetten van een netwerk te voorkomen, moet een groot aantal regels in acht worden genomen. De meest voorkomende oorzaak van netwerkproblemen zijn overtredingen van de regels. Kabels van willekeurige lengte mogen bijvoorbeeld

niet in het Ethernet worden gebruikt. Bij cascadering, d.w.z. het in serie schakelen van hubs, is het niet mogelijk een willekeurig aantal hubs te gebruiken en een ongunstig gekozen netwerkstructuur kan ook leiden tot fouten in het netwerk of een onnodige belasting van het netwerk veroorzaken. Maar mede afhankelijk van de kwaliteit van de kabels en de prestaties van de hardware, kunnen de gewenste datasnelheden vaak niet worden gehaald.

Momenteel zijn 100Base-TX (Fast Ethernet, 100 Mbit/s), Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), 10 Gigabit Ethernet (10 Gbit/s) en 100 Gigabit Ethernet (100 Gbit/s) beschikbaar gekomen. Voor de meeste doeleinden werkt Gigabit Ethernet goed met gewone Ethernet-kabel, met name CAT5e- en CAT6-bekabelingsnormen. Deze kabeltypes volgen de 1000BASE-T bekabelingsnorm, ook IEEE 802.3ab genoemd.

De 1 GB Ethernet-interface werkt volgens de norm 802.3ab-1999 (CL40) en vereist vier draadparen/kanalen voor signaaloverdracht. Dit resulteert in een symbolensnelheid van 125 megabaud (MBd) met een bandbreedte van 62,5 MHz per kanaal (2 bits per symbool). De signaalspanning bij 1000BASE-T (GB-Ethernet) is gemid-

deld 750 mV differentieel, voor de grenzen $820 \text{ mV} > U_{\text{signaal}} > 670 \text{ mV}$ bij een belasting van 100Ω .

1 Gbit/s Ethernet front end

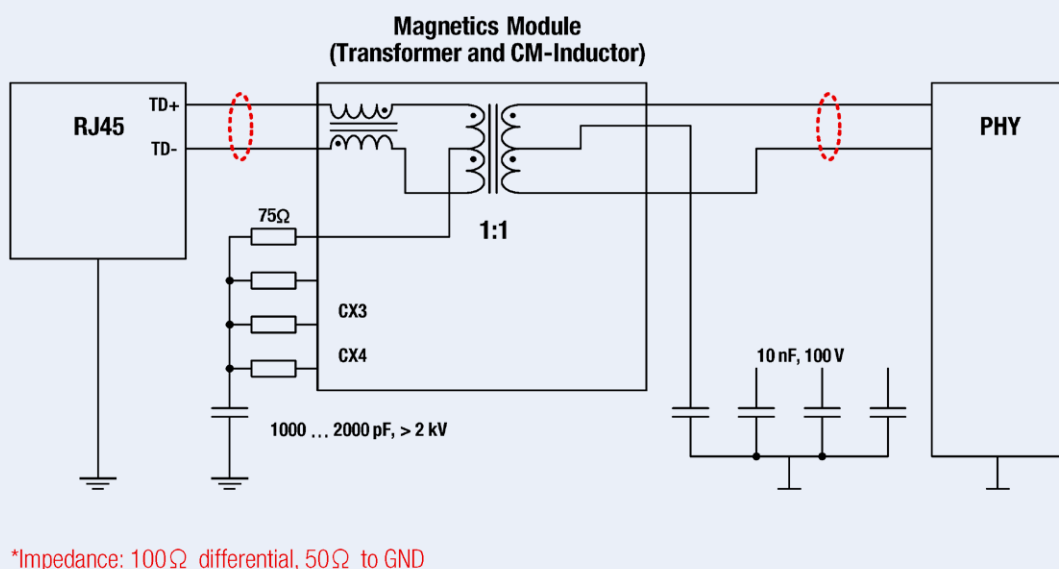
Een typisch front-end voor Ethernet is uitgerust met een RJ45 interface. Deze zijn ontworpen voor full-duplex transmissies, d.w.z. voor gelijktijdige transmissie van zend- en ontvangstgegevens. Dit is mogelijk omdat de connector bestaat uit twee paar draden, waarbij in elke richting altijd één paar nodig is (differentieel-spanningsprincipe). Voor elke RJ45-aansluiting vereist de IEEE-norm galvanische scheiding via een transformator. Deze transformator beschermt de eenheden tegen schade door hoge spanning op de lijn en voorkomt spanningsafwijkingen die kunnen ontstaan door potentiaalverschillen tussen de eenheden. **Afbeelding 1** toont het principecircuit van een Gigabit Ethernet-interface.

Discrete bedrading van de Gigabit Ethernet-interface

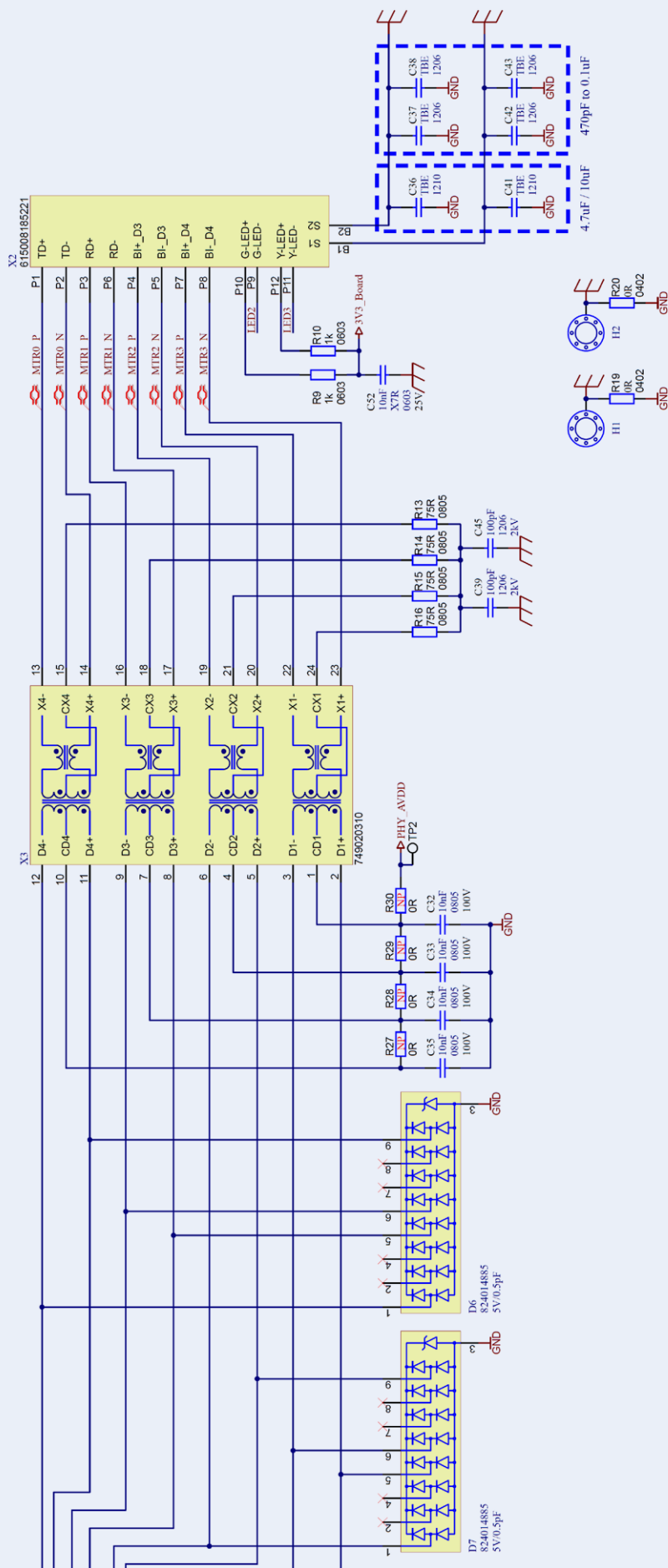
De Ethernet-transformator (LAN-transformator) is de interface tussen de eenheid en de Ethernet-kabel. De transformator zorgt voor de galvanische scheiding tussen de

eenheid en de kabel en tegelijkertijd voor de impedantieaanpassing, enerzijds aan de interne logica en anderzijds aan de gebalanceerde aderparen. Bovendien beschermt de transformator het toestel tegen storingen van voorbijgaande aard en onderdrukt hij de common mode-signalen tussen het zendontvang-IC en de kabel, zowel van het toestel naar buiten als van de buitenkabel naar de elektronica in het toestel. De component moet echter ook de gegevens tot 1 Gbit/s breedbandig overdragen zonder de zend- en ontvangstsignalen noemenswaardig te verzwakken. Om aan de aanpassings- en EMC-vereisten te voldoen, zijn extra componenten vereist.

Een schakeling van de Gigabit Ethernet-interface met discrete componenten is afgebeeld in **afbeelding 2**. De LAN-transformator zorgt voor DC isolatie tussen de elektronica en de netwerkkabel. Op de middelste aftakking van de primaire wikkeling bevindt zich de zogenaamde "Bob Smith"-afsluiting. Voor elk draadpaar wordt een 75Ω -weerstand met elkaar verbonden om een "sterpunt" te vormen; het geheel wordt vervolgens galvanisch geïsoleerd en met de massa van de behuizing verbonden door middel van twee



Afbeelding 1. Schematische schakeling van een Gigabit Ethernet interface. Weergave van een transmissiekanaal van in totaal vier kanalen.



Abbeelding 2. Discreet geconstrueerde schakeling van een Gigabit Ethernet interface. Module X3 bevat de LAN-transformatoren en common mode smoorspoelen tegen ongewenste interferentie.

parallel geschakelde condensatoren van 100 pF/2kV. De in de X3-module geïntegreerde extra common-mode smoorspoelen verminderen de interferentie die zowel capacitief als inductief via de lange Ethernet-kabels wordt ingekoppeld en zo de Ethernet-datacommunicatie als common-mode-interferentie zou kunnen belemmeren.

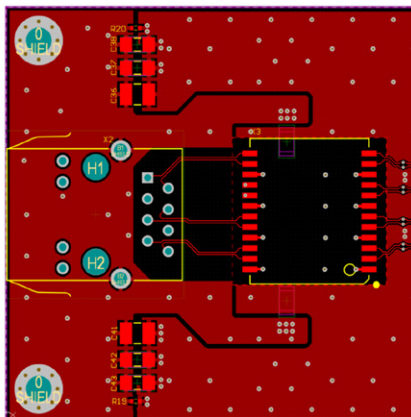
R9, R10 en C52 in Fig. 2 worden gebruikt voor de stroomvoorziening van de LED's die gewoonlijk in de aansluitbus zijn ingebouwd. De afscherming van de Ethernet-aansluiting kan via de condensatoren C36 tot C38 en C41 tot C43 met de massa van de printplaat (GND) worden verbonden. Bij plaatstalen behuizingen is het zinvol deze condensatoren niet uit te rusten en de massa (GND) van de elektronica rechtstreeks op de behuizing aan te sluiten via schroefverbindingen. In het geval van kunststof behuizingen moeten de condensatoren worden geplaatst om de afscherming van de Ethernet-kabel met de referentie-aarde te verbinden. De 0-Ω weerstanden R19 en R20 hebben hetzelfde doel. Hier is er echter geen galvanische scheiding zoals bij de condensatoren. De alternatieve configuraties zijn hier gegeven voor "experimentele" doeleinden om de afschermingskwaliteit van verschillende Ethernet-kabels te vergelijken. De condensatoren C32 tot C35 aan de secundaire zijde van de transformatoren verbinden de middelste tappen hiervan met aarde (GND) in termen van HF. Om gelijkstroom van de PHY te voorkomen, is galvanische scheiding via condensatoren vereist. De weerstanden R27 tot R30 worden geleverd vanwege de eisen van sommige PHY-fabrikanten (Current Mode Line Driver - Optie), maar zijn gewoonlijk niet nodig als de PHY werkt in "Standard Voltage Mode". Onmisbaar zijn daarentegen de TVS-diode-arrays D6 en D7, die de transiënte storing van de PHY tegen de circuiteerde (GND) beperken die aan de interfacezijde optreedt. Aan de secundaire zijde, d.w.z. na de transformatoren van de X3-module, treden de transiënte storingen op in de gemeenschappelijke modus; daarom moet een TVS-diode worden aangesloten op elke aansluiting van de transformatoren tegen de referentiegrond. De storingsniveaus zijn echter lager aan de secundaire zijde van de

transformator dan aan de primaire zijde. Belangrijk voor de werking van de TVS-diodes is een aansluiting van de diodes met lage impedantie, enerzijds doorgelust in de signaallijnen en anderzijds aan massa. De layout van alle vier de lagen van de printplaat vanaf het Ethernet interface gebied is weergegeven in **Afbeelding 3**. De massa van de behuizing/contactdoos naar de elektronica GND is in alle vier de lagen gescheiden. De oppervlakken van de behuizingsmassa overlappen dus niet met andere lagen, om de capacitieve koppeling zo laag mogelijk te houden. De grondvlakken werden doorverbonden in een raster van ongeveer elke 4 mm. De signaallijnen die uit de Ethernet-aansluiting komen, zijn gebalanceerd, met een differentiële impedantie van $100\ \Omega$ tegen de referentiegrond. De geleiderparen hebben een spoorbreedte van $0,154\text{ mm}$ en liggen $0,125\text{ mm}$ uit elkaar. De Ethernet-aansluiting bevindt zich aan de rand van de printplaat om, indien nodig, een laagohmige verbinding met een metalen behuizing te waarborgen. De transformatormodule (X3) wordt in de onmiddellijke nabijheid geplaatst om de elektrische koppelingsinvloeden of de door lange geleiderpaden veroorzaakte storingen tot een minimum te beperken. Evenals aan primaire zijde moet ook aan secundaire zijde van de transformatormodule voor de geleiderbanen een differentiële impedantie van $100\ \Omega$ ten opzichte van de referentie-aarde worden aangehouden. De TVS-arrays moeten rechtstreeks op de signaalweg en op GND worden aangesloten om spanningsval ten gevolge van parasitaire inducties te voorkomen.

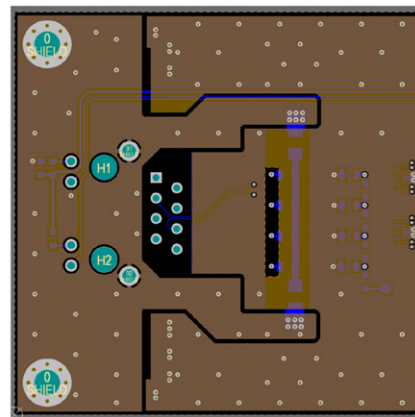
EMC-conformiteit

Wat EMC betreft, voldoet de printplaat aan de storingsimmunititeit volgens de industriestandaard (EN61000-6-2) en de radiostoringsemissiewaarden volgens EN55032 Klasse B voor multimedia-apparaten. Voor een succesvol ontwerp van een 1 Gbit/s Ethernet-interface moet rekening worden gehouden met een groot aantal punten,

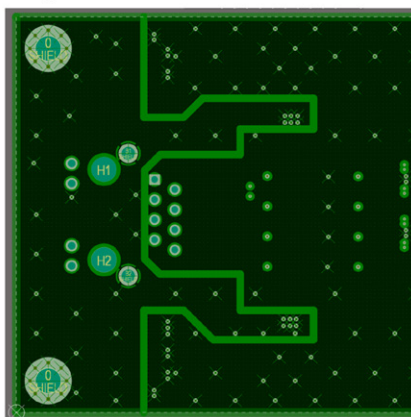
Layout Top



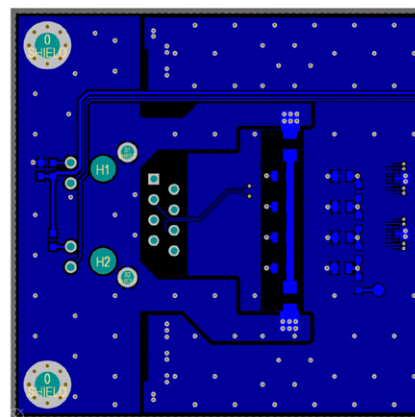
Layout V_{CC}



Layout GND



Layout Bottom



Afbeelding 3. Layout van alle vier de lagen van de printplaat vanaf het Ethernet interface gebied.

te weten een RF-compatibel circuit- en layoutontwerp, een systeemafhankelijk aardingsconcept en de juiste keuze van componenten. Alleen als al deze punten samen in overweging worden genomen, kan een betrouwbaar werkend product

worden ontwikkeld dat aan de hoge eisen voldoet. Meer informatie over deze aspecten en ook over andere interfacenormen is te vinden in diverse app-notes van Würth Elektronik op [1]. ◀

220182-03

Over de auteur



Dr.-Ing. **Heinz Zenkner** is freelancer bij Würth Elektronik op het gebied van Technische Marketing en Applicatie-engineering en doceert op het gebied van EMC aan de Technische Academie. Tegelijkertijd is Dr. Zenkner een publiekelijk benoemde en beëdigde deskundige voor EMC. Mr. Zenkner is reeds lange tijd auteur van verschillende vakbladen en boeken. Daarnaast heeft hij gewerkt als docent aan verschillende universiteiten, aan het IHK en op talrijke seminars.

WEBLINK

[1] Würth Elektronik Application Guide: www.we-online.com/applicationguide/en