

Inleiding

Signaalreflecties zijn een van de voornaamste redenen dat hoog-frequente signalen speciale aandacht nodig hebben. Om gevoel te krijgen voor de gevolgen van signaalreflecties zullen we in dit lab een aantal experimenten uitvoeren. We maken hiervoor gebruik van een UTP kabel. De kabels die je voor deze opdracht krijgt zijn 10 meter lang. Omdat een UTP kabel 4 paren bevat kun je hiermee een kabel maken tot 40 meter lang.

In de volgende opgaven wordt vaak gevraagd om een schets te maken van wat je ziet op de oscilloscoop. Mocht je digitaal werken aan je notities dan zijn foto's of screenshots ook toegestaan, mits de spanningen en tijden duidelijk zijn aangegeven.

Signaalintegriteit

Opdracht 1: Theorie

Als de propagatiesnelheid in de kabel $2/3$ van de lichtsnelheid is, wat is dan de tijd dat een signaal nodig heeft om heen-en-weer te gaan op afstanden van 10,20,30,40 meter?

Conclusie 1

- Reflectietijd over 10 m:
- Reflectietijd over 20 m:
- Reflectietijd over 30 m:
- Reflectietijd over 40 m:

Opdracht 2: Reflectie van pulsen

Sluit een BNC-splitter aan op CH1 van de functiegenerator. Koppel 1 kant door naar CH1 van de oscilloscoop en sluit aan de andere kant een BNC kabel met krokodillenklemmen aan. Sluit ook een BNC-kabel met klemmen aan op CH2 van de oscilloscoop. Koppel de functiegenerator klemmen aan een UTP paar en de oscilloscoop aan het uiteinde van dat paar. Gebruik nu de pulse functie van de functiegenerator en maak de puls zo smal mogelijk. Je kunt hiervoor een minimale dutycycle kiezen, hoe kort de puls kan duren hangt ook samen met de gekozen frequentie van de pulsen. Als het klopt zie je op CH1 van de oscilloscoop twee pulsjes, een grote die wordt verstuurd en een kleine die wordt ontvangen.

- Schets wat je ziet op de oscilloscoop en geef duidelijk aan wat het tijdverschil is tussen de pulsen. Komt dit overeen met het antwoord van [opdracht 1](#)?
- Schets nu wat gebeurt er als je twee of meer UTP paren in serie aan elkaar knoopt. Geef duidelijk aan wat het tijdverschil is tussen de pulsen.

- Heeft de frequentie waarmee de generator pulsen uitstuurt invloed op reflectie-tijd? Waarom wel/niet?
- Schets wat er gebeurt als je het uiteinde van de paren kortsluit? Waarom gebeurt dit?
- Schets wat er gebeurt als je halverwege de kabel een weerstand in serie plaatst van 68 ohm? Waarom gebeurt dit?

Conclusie 2

Opdracht 3: Reflecties op periodieke signalen

Stel de functiegenerator nu in op een blokgolf van 500KHz en 3.3Vpp. Schets het oscilloscoopbeeld met de spanningen en tijden voor elk van de volgende situaties, en beantwoord de vragen:

1. Je ziet de reflecties van de kabel terug als een klein stapje bovenop de blokgolf. Verandert dit stapje als je frequentie van de blokgolf varieert? Waarom gebeurt dit?
2. Bekijk ook het signaal op het uiteinde het aangesloten paar. Wat is de maximale spanning aan het uiteinde van de kabel?

3. Bij een afstand van 40 meter, wat is de maximale signaalfrequentie waarbij de ingang van de kabel nog een blokgolf is? Let hierbij op dat de functiegenerator blokgolven kan genereren tot maar 5 MHz.

Conclusie 3

Opdracht 4: Theorie

De PCB-opdracht vraagt om een NVME aansluiting. NVME maakt gebruik van PCI-Express en de CM4 geeft een PCIE 2.0 x1 interface. De datarate hiervan is 5 Gbit/s per datalijn. Wat is de duur van een bit in dit geval? En bij welke lengte van PCB-trace beginnen reflecties ongeveer even lang te duren als de duur van een bit?

Conclusie 4

Zoals je hebt gemerkt kunnen reflecties hoge spanningen opleveren waardoor componenten stuk kunnen gaan. Daarnaast beperken reflecties de maximale snelheid waarmee signalen

kunnen worden verstuurd. Hoe kun je de signaalintegriteit kwantificeren? Dit wordt vaak gedaan door middel van een sampling oscilloscoop. Hiermee wordt dan een oogdiagram gemaakt waarin goed te zien is hoeveel tijd de bittransities in beslag nemen en hoeveel verschil er zit tussen de minimale hoge spanning en maximale lage spanning.

Voor dit lab zullen we niet gebruik maken van een sampling oscilloscoop, maar van de laag-frequente scopes die in het lab staan. De functiegeneratoren kunnen maximaal een blokgolf uitsturen van 5 MHz. Om een iets echtere situatie te simuleren maken we gebruik van de *arbitrary waveform* functie van de functiegenerator. Je kunt [dit bestand](#) downloaden en op een USB-stick plaatsen. De USB-stick moet geformatteerd zijn met het fat32 bestandssysteem. Het bestand bevat een datasignaal dat de binaire waarden bevat van 0 tot 32.

Opdracht 5: Oogdiagram opzetten

Gebruik een fat32 usb stick en download het [databestand](#) erop. Stop de usb-stick in de functiegenerator. Kies voor CH1 het type Arb en druk op ArbSel. Kies dan voor de USB stick en selecteer het bestand. Stel de frequentie van het signaal in op 15 625 Hz. Controleer zonder UTP kabel de vorm van het signaal op de oscilloscoop.

- Om het oog-diagram te kunnen maken zullen we een trigger moeten hebben die op elke periodetijd zal triggeren. Je kunt dit voor elkaar krijgen door op CH2 van de functiegenerator een blokgolf te genereren van exact 2,5 MHz.
- Sluit CH2 aan op de trigger ingang van de oscilloscoop en verander het niveau van de trigger zodat het signaal goed triggert. Om nu een oogdiagram te maken wil je het midden van een bit in het midden van de oscilloscoop hebben. Meestal wordt over de hele breedte van het beeld in totaal 2 bits weergegeven zodat je sowieso de op- en neergaande flanken van het signaal kunt zien.
- Nu schakelen we *persistence of view* in. Druk op de *display* knop op de oscilloscope, kies dan voor *persist* en stel dit in op *Infinite*. Nu kun je het oogdiagram zien. Maak hier een schets van.

Conclusie 5

Nu er een oogdiagram zichtbaar is kunnen we conclusies trekken over de integriteit van het signaal. De belangrijkste parameters zijn de *hoogte* en de *breedte* van het oog. De hoogte is

het verschil tussen de minimale hoge spanning en de maximale lage spanning. De breedte is de breedte van het oogdiagram. In het algemeen, hoe groter het oog, hoe beter het signaal.

Opdracht 6: SNR

Bepaal de signaalruisverhouding voor het onbelaste signaal door de hoogte van het *open* oog te delen door de totale hoogte van het oog. Geef duidelijk aan in jouw oogdiagramschets wat de gebruikte waarden zijn. Doe dit voor 10 en 40 meter. Wat is het verschil? Valt er nog iets te samplen?

Conclusie 6

Nu er een manier is om de signaalintegriteit te kwantiseren kunnen we naar oplossingen gaan kijken in de vorm van impedanties correct te matchen. Er zijn twee manieren, in serie bij de bron en in parallel bij de load. We gaan de verschillen bekijken.

Opdracht 7: Matching

De functiegenerator kan worden ingesteld op een impedantie van $50\ \Omega$. De UTP kabel heeft een karakteristieke impedantie van ongeveer $100\ \Omega$. Schets de volgende situaties en beantwoord de vragen

1. Om de impedanties te matchen zouden we een weerstand van $50\ \Omega$ in serie met de functiegenerator kunnen plaatsen. Doe dit en bekijk het oogdiagram aan het begin en einde van de UTP kabel. Kloppen de in- en uitgangsspanningen met elkaar?
2. De andere optie is om de impedantie te matchen aan het eind van de kabel. Hiervoor zullen we een weerstand van $100\ \Omega$ parallel moeten plaatsen aan het uiteinde van de kabel. Doe dit en bekijk het oogdiagram aan het begin en bij verschillende lengte van de UTP kabel. Wat is het verschil met de vorige opgave? Kun je de uitgangsspanning verklaren a.d.h.v. de aangesloten weerstanden?
3. Bekijk ook wat er gebeurt als de afsluitweerstand er $20\ \Omega$ naast zit.

Conclusie 7