

Lesstof tentamen HARONT

Michel Vollmuller

January 21, 2024

Contents

1 Hoogfrequent	3
1.1 les 1 Elektromagnetische golven	3
1.1.1 Overdracht	3
1.1.2 Golvengte	4
1.1.3 Verkortingsfactor	4
1.1.4 Impedantie	5
1.1.5 Afsluiten van transmissielijnen	5
1.1.6 Pulsechometing	6
1.1.7 decibel	7
1.2 les 2 Analoge modulatie	8
1.2.1 Moduleren	8
1.2.2 Single Side Band (SSB)	10
1.2.3 Frequentie Modulatie (FM)	11
1.3 les 3 Digitale modulatie	12
1.3.1 Amplitude Shift Keying 'ASK'	12
1.3.2 Phase Shift Keying 'PSK,QPSK'	12
1.3.3 Klokkextractie	13
1.3.4 Quedrature Amplitude Modulation 'QAM'	14
1.3.5 Transmissiepad en Parameters	14
1.3.6 LoRa	15
1.4 les 4 Antennentheorie	16
1.4.1 Free Space Path Loss	18
1.4.2 Antenne	18
2 Laagfrequent	20
2.1 les 1 Voedingsconcepten	20
2.1.1 decibel	20
2.2 les 2 Low power design	24
2.3 les 3 Interfaces	26
2.3.1 I2C	26
2.3.2 1-Wire	29
2.3.3 SPI van Motorola	30

2.3.4	AMBA Bus	30
2.4	les 4	32

1 Hoogfrequent

1.1 les 1 Elektromagnetische golven

Date : 1 december 2023

1.1.1 Overdracht

Een elektromagnetische golf plant zich voor in vacuüm(ether) met de lichtsnelheid. In een kabel (koper/optisch) plant de golf zich met een lagere snelheid voort dan de lichtsnelheid.

- Een EM golf bestaat uit een elektrisch en magnetisch veld.
- Het elektrische en magnetische veld staan loodrecht ten opzichte van elkaar.
- De richting van het elektrische veld wordt de polarisatierichting genoemd.
- labda = c/f

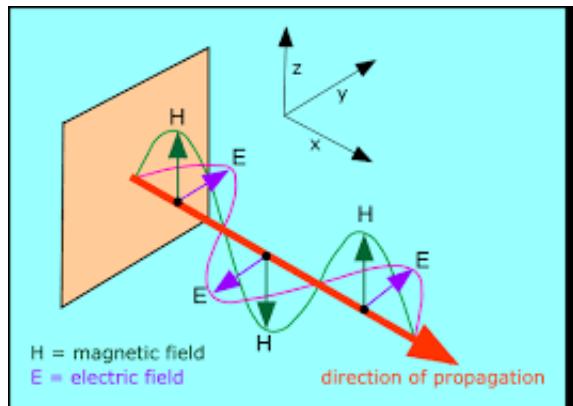


Figure 1: EM Signaal.

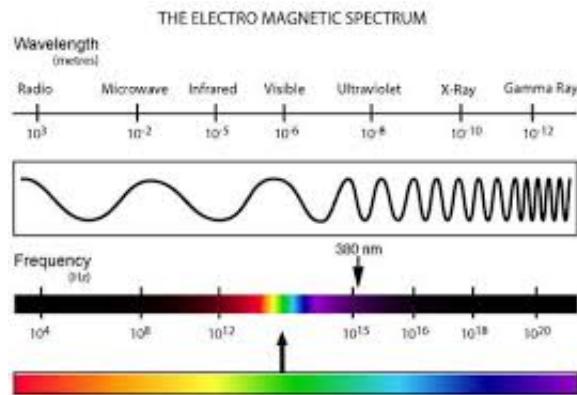


Figure 2: Elektromagnetisch spectrum

1.1.2 Golflengte

Voortplantingssnelheid in de vrije ruimte, wordt lichtsnelheid 'c' genoemd en is 3.108 m/s. Het verband tussen de golflengte en de frequentie: labda = c/f

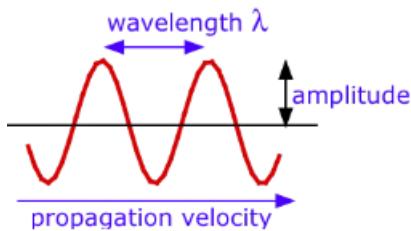


Figure 3: Golflengte

1.1.3 Verkortingsfactor

De voorplantingssnelheid in een medium. Dus bijvoorbeeld een kabel of fiber is lager.

$$\text{in vacuum geldt } c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}}$$

waarin ϵ_0 de elektrische veldconstante is

waarin μ_0 de magnetische veldconstante is

In een kabel zijn deze constanten hoger waardoor de snelheid lager wordt. Deze verlaging wordt de Verkortingsfactor genoemd. De Verkortingsfactor van bijvoorbeeld een coaxkabel is 2/3.

Een Verkortingsfactor heeft gevolgen voor de golflengte in de kabel! Je moet hier bij de volgende zaken rekening mee houden:

- Board design, lengte van printsponen
- Antenne-afmetingen
- Lichtbreking (fiber communication)

1.1.4 Impedantie

De impedantie (Z) wordt gegeven door de som van de reële component (R), ook wel de weerstand genoemd, en de imaginaire component (jX), ook wel reactantie genoemd. Deze reactantie kan inductief of capacitief zijn.

$$Z = R + jX$$

Waarbij:

R : Reële component (weerstand)

jX : Imaginaire component (reactantie)

De karakteristieke impedantie (Z_0) van een kabel of vierpool is de impedantie die aan de ingang gelijk wordt aan de impedantie waarmee je de uitgang afsluit. Wanneer je hieraan voldoet, heb je op alle punten de juiste aanpassing en dus optimale vermogensoverdracht!

$$Z_0$$

Zkar van een kabel:

Een klein stukje kabel is voor te stellen als een vierpool:

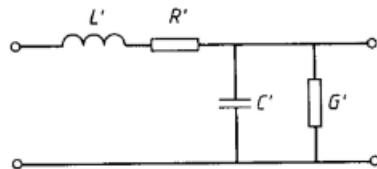


Figure 4: Vierpool

Voor een verliesvrije kabel geldt $R=0$ en $G=\text{oneindig}$

$$Z_{kar} = \sqrt{L/C}$$

1.1.5 Afsluiten van transmissielijnen

We willen een maximale vermogensoverdracht van een bron naar een belasting bereiken wanneer de impedantie van de bron (Z_i) gelijk is aan de impedantie van de belasting (Z_l). Wanneer dit niet het geval is, treedt bij hoogfrequente signalen reflectie op.

Deze situatie heeft twee ongewenste gevolgen:

1. Vermogensverlies
2. Mogelijke beschadiging van de zender (eindtrap) door extra dissipatie van gereflecteerd vermogen. Dit kan leiden tot oververhitting. Meer geavanceerde systemen zijn vaak beschermd tegen dergelijke situaties.

karakteristiek korgesloten = Alle energie komt terug. De spanning wordt gereflecteerd in tegenfase.



Figure 5: karakteristiek kortgesloten

karakteristiek open = Alle energie komt terug. De spanning wordt gereflecteerd in fase.



Figure 6: karakteristiek open

1.1.6 Pulsechometing

Pulseecho-metingen of een Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) worden gebruikt bij glasvezelkabels. Op de positie van de breuk bevindt zich in feite een open uiteinde (de energie komt terug!). Door de tijd te meten tussen de verstuurde en gereflecteerde puls is de positie van de breuk vast te stellen! De essentiële parameter van een kabel die hiervoor nodig is, is de verkortingsfactor; deze bepaalt de snelheid van de elektromagnetische golf in de kabel (c).

1.1.7 decibel

1. Vermogen in dB:

De formule voor het berekenen van vermogen in dB is:

$$P_{\text{dB}} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Hierbij is:

- P_{dB} het vermogen in decibel (dB)
- P het vermogen waarvan je de dB-waarde wilt berekenen
- P_0 een referentievermogen (vaak 1 mW of 1 μW, afhankelijk van de context)

2. Spanning in dB:

De formule voor het berekenen van spanning in dB is:

$$V_{\text{dB}} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

Hierbij is:

- V_{dB} de spanning in decibel (dB)
- V de spanning waarvan je de dB-waarde wilt berekenen
- V_0 een referentiespanning (vaak 1 mV of 1 μV, afhankelijk van de context)

- Wat is dBm?

$$\text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right)$$

- Wat is dBi?

- Decibels ten opzichte van een isotrope straler.
 - Isotrope straler? (Komen we nog op terug)

- En dBd?

- Decibels ten opzichte van een dipool. (Komen we ook nog op terug)

1.2 les 2 Analoge modulatie

Date : 8 december 2023

1.2.1 Moduleren

Het aanbrengen van informatie in een draaggolf wordt vaak gemodelleerd als:

$$U_c(t) = \hat{U}_c \cdot \cos(2\pi f_c t + \alpha)$$

waarbij:

- $U_c(t)$ de gemoduleerde draaggolf is,
- \hat{U}_c de amplitude van de draaggolf,
- f_c de frequentie van de draaggolf,
- α de fasinhoek.

Amplitude Modulatie (AM) houdt in dat de amplitude \hat{U}_c wordt gevarieerd.
Frequentiemodulatie (FM) houdt in dat de frequentie f_c wordt gevarieerd.
Phasemodulatie (PM) houdt in dat de fasinhoek α wordt gevarieerd.

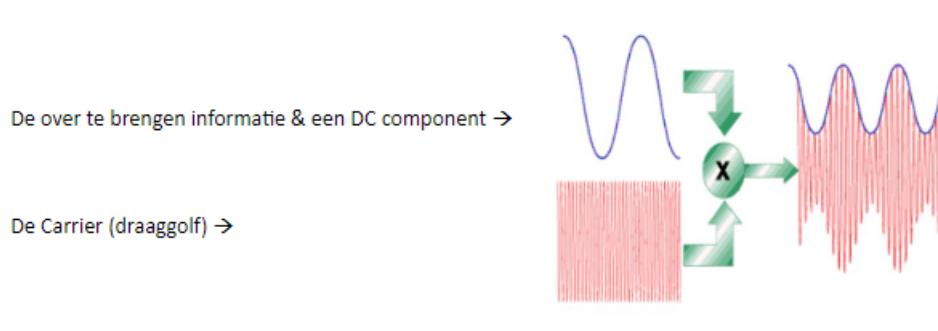


Figure 7: Amplitude Modulatie

Modulatiediepte (m) geeft aan hoe sterk er gemoduleerd wordt en wordt bepaald door:

$$m = \frac{\hat{U}_m}{\hat{U}_c} \times 100\%$$

waarbij:

- m de modulatiediepte is,
- \hat{U}_m de amplitude van het informatiesignaal is,
- \hat{U}_c de amplitude van het carriersignaal is.

In het frequentiespectrum ontstaan drie frequentiecomponenten (wanneer het informatiesignaal uit slechts één frequentie bestaat):

1. De carrierfrequentie f_c
2. Zijband 1: $f_c + f_m$
3. Zijband 2: $f_c - f_m$

waarbij:

- f_c de draaggolf frequentie is,
- f_m de frequentie van het informatiesignaal is.

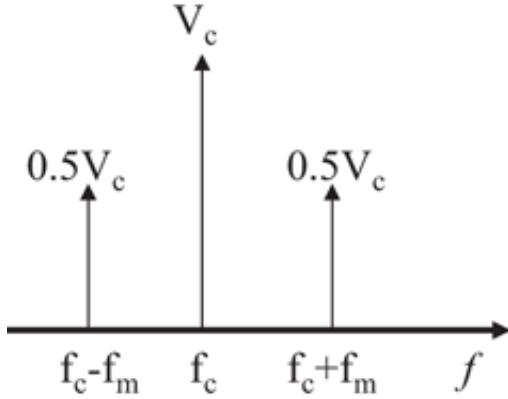


Figure 8: Frequent AM

Het vermogensspectrum is als volgt te bepalen:

- Voor de Carrier geldt:

$$P_c = \left(\frac{\hat{U}_c}{\sqrt{2}} \right)^2 \div R_{\text{load}} \text{ (Watt)}$$

- Voor elke van de zijbanden geldt:

$$P_{zb} = \left(\frac{m\hat{U}_c}{2\sqrt{2}} \right)^2 \div R_{\text{load}} = \frac{m^2}{4} \cdot \left(\frac{\hat{U}_c}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{P_c \cdot m^2}{4}$$

waarbij:

- P_c het vermogen van de carrier is,

- P_{zb} het vermogen van elke zijband is,
- \hat{U}_c de amplitude van het carriersignaal is,
- m de modulatiediepte is,
- R_{load} de belastingsweerstand is.

Wat zijn de voordelen van AM?

- Eenvoudige demodulatie.
- De carrier is altijd aanwezig en afstembaar.

Wat zijn de nadelen van AM?

- Storingsgevoeligheid (amplitude).
- Relatief veel vermogen waarin geen informatie zit.

1.2.2 Single Side Band (SSB)

Single Side Band (SSB) is een modulatietechniek die wordt gebruikt in communicatiesystemen. In SSB wordt slechts één zijband van het gemoduleerde signaal overgedragen, samen met de draaggolf, in plaats van beide zijbanden zoals bij Amplitude Modulatie (AM).

De wiskundige representatie van een SSB-signaal is als volgt:

$$U(t) = A_c \cdot m(t) \cdot \cos(2\pi f_c t)$$

waarbij:

- $U(t)$ is het SSB-signaal,
- A_c is de amplitude van de draaggolf,
- $m(t)$ is het informatiesignaal,
- f_c is de frequentie van de draaggolf.

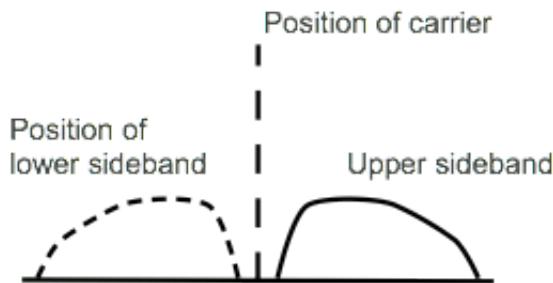


Figure 9: single side band overview

De voordelen van SSB zijn onder andere een efficiënter gebruik van het radiospectrum en verminderde vermogensvereisten. Echter, demodulatie van SSB vereist complexere apparatuur in vergelijking met AM.

1.2.3 Frequentie Modulatie (FM)

FM is een goed alternatief voor AM.

Voordelen:

- Minder storingsgevoelig, informatie zit niet in de amplitude.
- Constant vermogen.

Nadelen:

- Grottere bandbreedte.
- Complexere hardware.

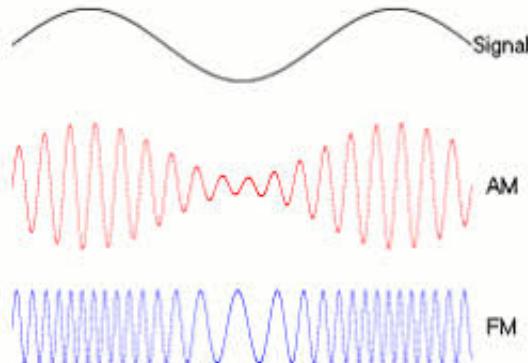


Figure 10: FM vs AM

1.3 les 3 Digitale modulatie

Date : 14 december 2023

1.3.1 Amplitude Shift Keying 'ASK'

Voordelen:

- Eenvoudig en goedkoop.
- Weinig bandbreedte nodig.

Nadelen:

- Referentieniveau is lastig vast te stellen.
- Gevoelig voor amplitudeverstoring (overeenkomenstig met AM).

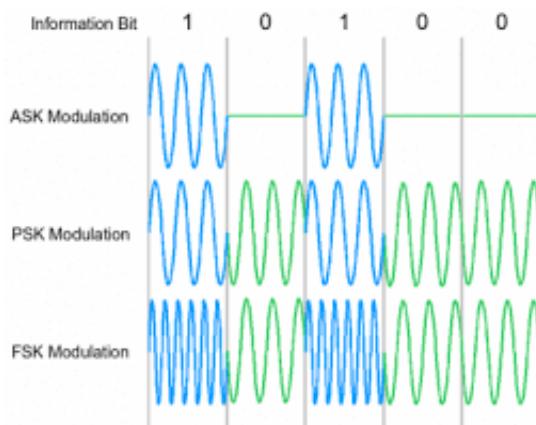


Figure 11: Vormen van modulatie

1.3.2 Phase Shift Keying 'PSK,QPSK'

Er zijn verschillende methodes van PSK zoals:

- Binaire Phase Shift Keying ('BPSK') \Rightarrow 1-bit symbool
- Quadrature Phase Shift Keying ('QPSK') \Rightarrow 2-bit symbool
- Enzv.

BPSK is de eenvoudigste vorm van PSK met '1 bit per symbool'. Het constellatiediagram (IQ) van BPSK ziet er als volgt uit:

- Een '1' \Rightarrow 0°
- Een '0' \Rightarrow 180°

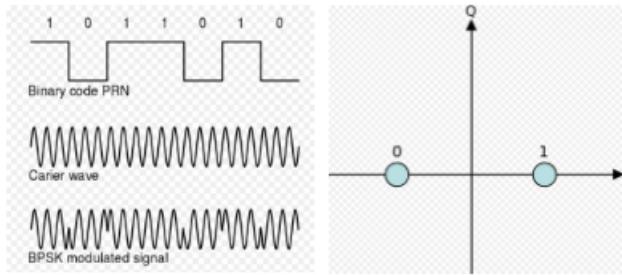


Figure 12: BPSK

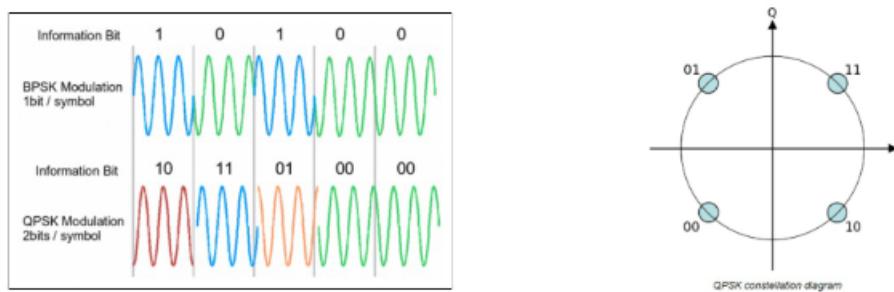


Figure 13: Quadrature Phase Shift Keying

1.3.3 Klokextractie

Klokextractie vs. Demodulatie

- Om de verzonden data uit het gemoduleerde signaal te kunnen halen, is het noodzakelijk om de klokfrequentie waarmee verzonden is te kennen, de 'sample frequentie'.
- Dit proces noemen we klokextractie, waarbij de ontvanger wordt gesynchroniseerd met de zender.
- Wanneer er voldoende veranderingen in het gemoduleerde signaal aanwezig zijn, is het mogelijk de zendklok te extraheren uit het gemoduleerde signaal. De veranderingen in het gemoduleerde signaal corresponderen namelijk met de zendklok frequentie.

Klokextractie vs. Preamble

- In de preamble kan vaak ook de klokfrequentie worden verkregen.
- Wat is dan een Preamble?

Voor een goede demodulatie is het dus noodzakelijk dat de ontvangstklok dezelfde frequentie krijgt als de zendklok. Nog belangrijker is dat de fase van de ontvangstklok in orde is!

1.3.4 Quedrature Amplitude Modulation 'QAM'

PSK is praktisch te gebruiken met maximaal 8 fases. Om meerdere levels te kunnen gebruiken wordt QAM toegepast. Hierbij wordt een combinatie van amplitude en fasesprongen gemaakt.

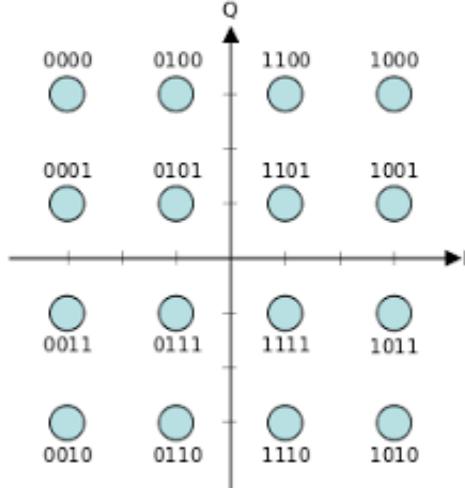


Figure 14: Constellatie

Modulatie	Bits per Symbool
BPSK	1
QPSK	2
8 PSK	3
16 QAM	4
32 QAM	5
64 QAM	6
256 QAM	8

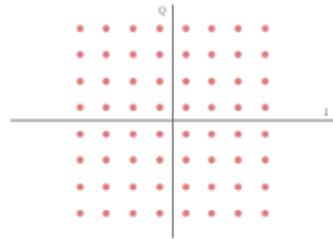


Figure 15: Digitale modulatie: overzicht

1.3.5 Transmissiepad en Parameters

- Zendvermogen: Het uitgangsvermogen van de zendunit, meestal uitgedrukt in dBm.
- RSSI ‘Received Signal Strength Indicator’: Het gemeten ontvangstniveau

in de ontvangstunit. Meestal uitgedrukt in dBm. Met meer symbolen krijg je ook een hogere RSSI

- Receive Level: Meestal wordt hier een range mee aangeduid waarbinnen het ontvangstniveau moet liggen.
- S/R: ratio geeft de Signal to Noise Ratio aan. Meestal wordt van de ontvanger opgegeven welke S/R nodig is om een bepaalde BER te garanderen. De S/R wordt uitgedrukt in dB.
- Bandwidth: De bandbreedte van het RF signaal dat uit de zender komt.
- BER: Bit Error Rate is de verhouding tussen het aantal foute ontvangen bits ten opzichte van het totaal aantal ontvangen bits. $BER = (\text{aantal foutieve bits}) / (\text{totaal aantal ontvangen bits})$
- Interference: Verstoring van het ontvangstsignaal door andere zenders of door multipathfading.
- Attenuation (verzwakking): Demping die optreedt door bijvoorbeeld kabels, connectoren en de free space los.
- Phasedistortion: Fasevervorming die ontstaat door een verschil in looptijd(snelheid) van de aanwezige frequentiecomponenten in een pulsvorming signaal (dispersie).

1.3.6 LoRa

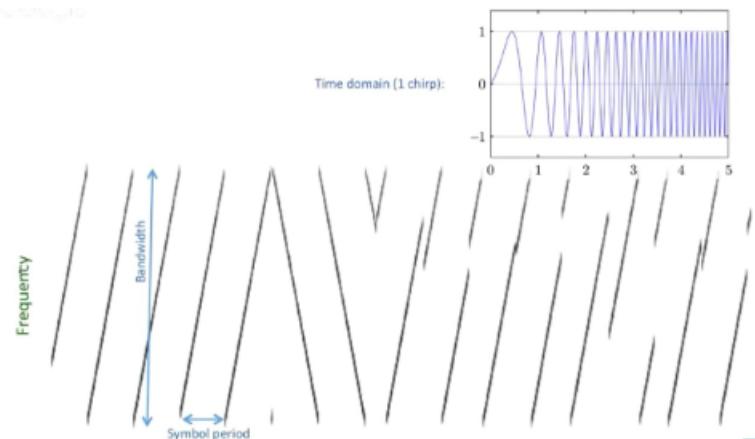


Figure 16: LoRa

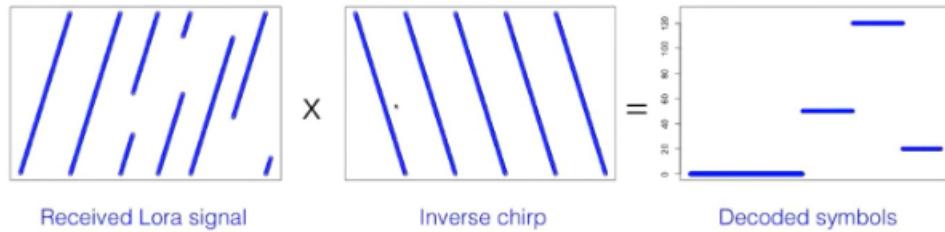


Figure 17: LoRa

1.4 les 4 Antennentheorie

Date : 19 januari 2024

De radiogolf (elektromagnetische golf) ondervindt de volgende verstoringen:

- Absorptie: Vooral bij frequenties boven 4 GHz.
- Diffractie: Verstoring door objecten in het radiopad.
- Obstructie: Onderbreking van het signaal door een object.
- Multipath fading: Ongewenste reflecties van het radiosignaal die bij de ontvanger binnenkomen via een andere weg.
- Reflecties via ionosfeer en troposfeer ($f \approx 30$ MHz).
- Free Space Path Loss, vrije ruimte demping.

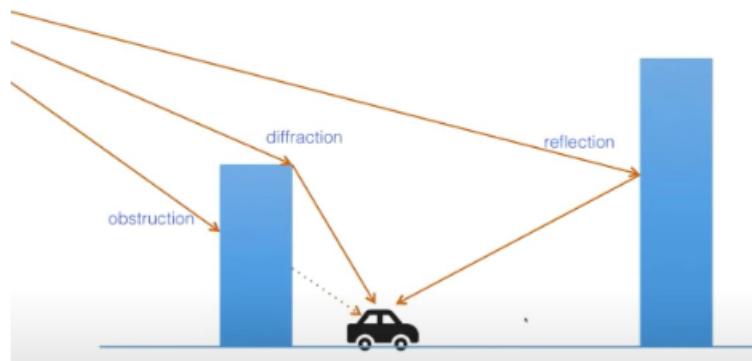


Figure 18: multipathfading

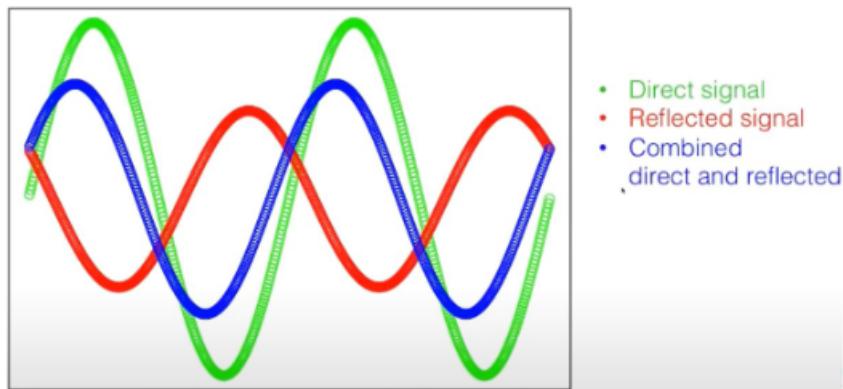


Figure 19: multipathfading

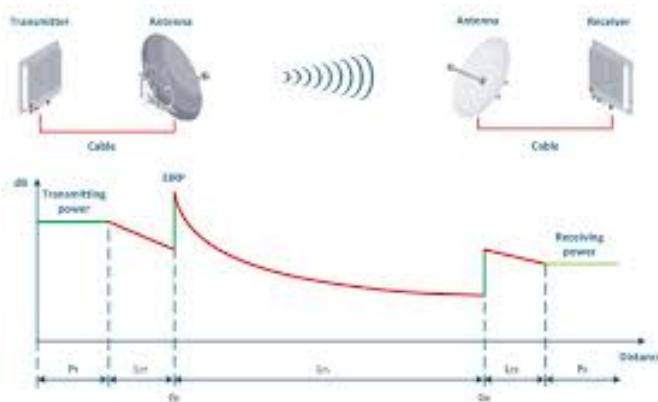


Figure 20: Link Budget

1.4.1 Free Space Path Loss

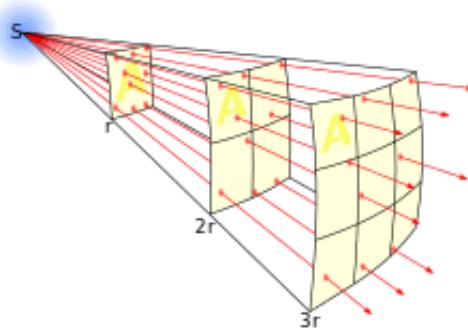


Figure 21: free path space loss

Het bereik van een draadloze verbinding wordt in grote mate beperkt door de Free Space Path Loss (FSPL).

- Er gaat geen energie verloren, maar de energie verdeelt zich over het oppervlak.
- Bij FSPL wordt uitgegaan van een isotrope straler.
- Deze antenne straalt het signaal in alle richtingen met gelijke sterkte uit.

$$FSPL = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2 \quad \{d = afstand \text{ in meter}\}$$

Figure 22: FSPL Formule.

Wat is de FSPL(dB) voor een frequentie van 434 MHz en van 868 MHz op bijv. een afstand van 500 meter?

Wat valt je op aan het antwoord?

434 MHz = 79,2 dB

868 MHz = 85,2 dB

Een frequentieverdubbeling leidt tot 6dB (vierdeling) extra demping.

1.4.2 Antenne

De antenne zorgt voor: De uitstaling van de radiogolf in de gewenste richting, daardoor mogelijk ook voor compensatie van de FSPL. (De energie wordt gebundeld)

Een antenne heeft de volgende kenmerken:

- Ingangsimpedantie
- Gain en stralingsdiagram (radiation pattern)
- Afmeting
- Resonantiefrequentie

Antenne impedantie

De antenne is te beschouwen als een resonantiekring.

- Op de resonantiefrequentie is de impedantie in Ohms. Deze impedantie wordt bepaald door het type antenne en het gebruikte materiaal. Veelvoorkomend is een impedantie van 50 Ohm.
- Belangrijk is dat deze impedantie overeenkomt met de feeder (kabel) impedantie en de zender/ontvanger impedantie. Wanneer deze impedantie niet overeenkomt, treedt er reflectie op.

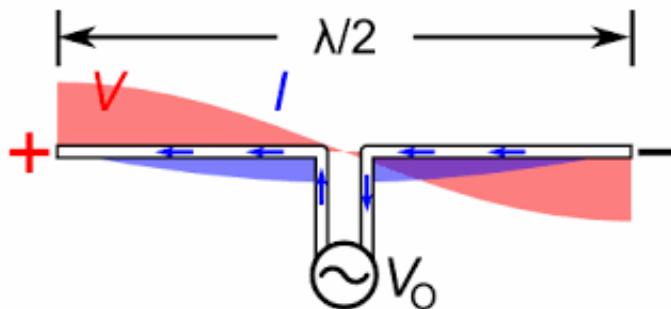


Figure 23: De halve golf dipoolantenne in resonantie

We beperken ons tot een veelgebruikt type: de halve golf dipool. De lengte is ongeveer $0,95 \times \frac{\lambda}{2}$ (de 0,95 is de verkortingsfactor van het antennemateriaal). In een medium is $\lambda = \frac{c \cdot k}{f}$ (waarbij k de verkortingsfactor van het materiaal van de antenne is).

De polarisatie wordt bepaald door de positie van de straler (dipool), deze bepaalt het elektrische veld. Typen polarisatie: Horizontaal, verticaal, circulair

2 Laagfrequent

2.1 les 1 Voedingsconcepten

date : 5 december 2023

Ontwerp Parameters van Voedingen

- **Ingangsspanning:**

Beschrijving van de vereiste ingangsspanning voor de voeding.

- **Uitgangsspanning:**

Beschrijving van de gewenste uitgangsspanning van de voeding.

- **Dissipatie en Rendement:**

Specificatie van de dissipatie en het rendement van de voeding.

- **Ruis:**

Beschrijving van de gewenste niveaus van ruis in de voeding.

- **Inschakelverschijnselen:**

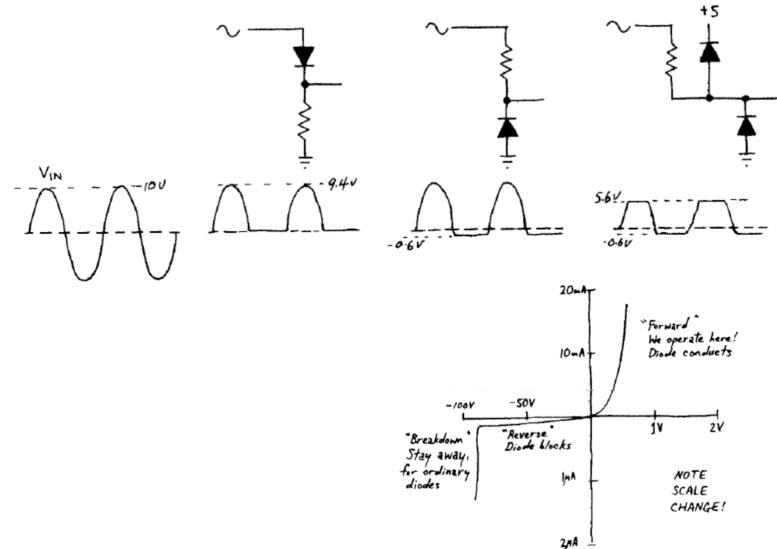
Verklaring van de verschijnselen die optreden bij het inschakelen van de voeding.

- **Uitschakelverschijnselen:**

Verklaring van de verschijnselen die optreden bij het uitschakelen van de voeding.

2.1.1 decibel

Diodes...



Verschil tussen een Normale Diode en een Zener-diode

Een **normale diode** en een **Zener-diode** zijn beide halfgeleiderapparaten die stroom in één richting laten stromen. Het belangrijkste verschil tussen deze twee typen diodes ligt in hun gedrag bij omgekeerde polarisatie.

Een normale diode laat stroom in slechts één richting toe en blokkeert stroom in de omgekeerde richting. Wanneer de diode in de omgekeerde richting wordt gepolariseerd boven een bepaalde spanning, zal er een punt komen waarop de diode zal doorslaan en stroom gaan geleiden in omgekeerde richting. Dit wordt het *omgekeerde knelpunt* genoemd en moet worden vermeden in normale toepassing.

Een Zener-diode is ontworpen om bewust te werken in de omgekeerde doorslagregio. De belangrijkste eigenschap van een Zener-diode is het handhaven van een vrijwel constante spanning over zijn terminals, zelfs wanneer deze in omgekeerde polarisatie is aangesloten en het omgekeerde knelpunt heeft bereikt. Deze constante omgekeerde spanning wordt de *Zener-spanning* genoemd.

In toepassingen wordt een Zener-diode vaak gebruikt als spanningsregelaar, waarbij het stabiele Zener-spanningsniveau wordt gebruikt om een constante uitgangsspanning te handhaven.

DC/DC Converters

Buck converter

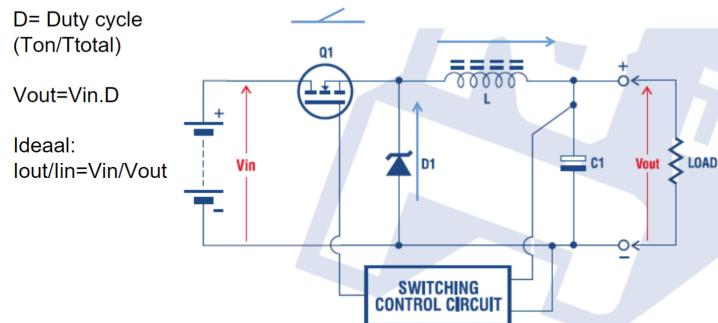


Fig. 1: The basic circuit for a Buck type of DC-DC converter.
How large V_{out} is as a proportion of V_{in} depends on the switching duty cycle for MOSFET Q_1 .

non isolated spannings verlager

Boost converter

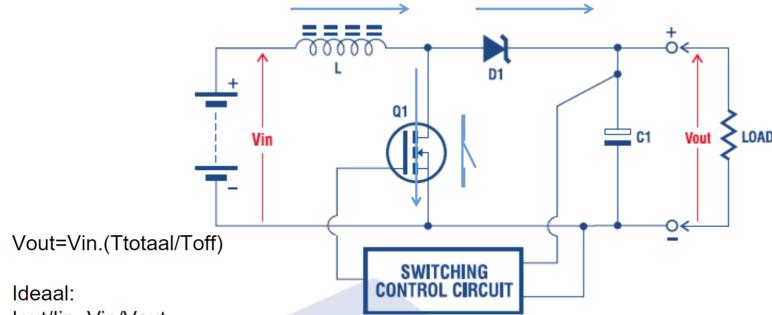


Fig.2: The basic circuit for a Boost converter, which uses virtually the same components but arranged to step the voltage up rather than down. This time the voltage ratio depends on the proportion of the time that Q1 is off.

non isolated spannings verhoger

Buck-Boost converter

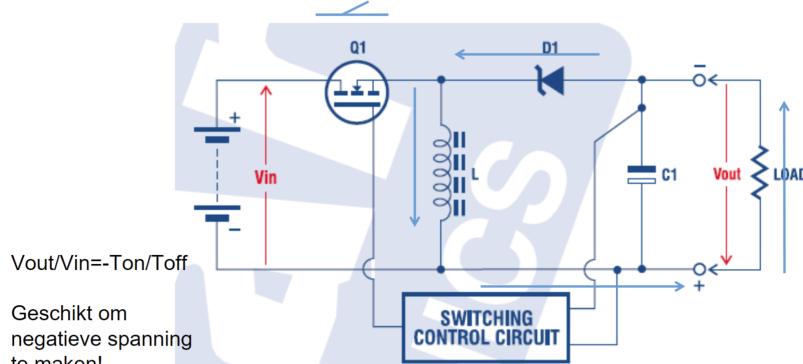


Fig.3: In the Buck-Boost converter, the components are used in yet another way, to provide either voltage stepup or stepdown — but with polarity reversal or ‘inversion’ as well.

non isolated spannings verhoger en verlager

zelfstudie

Flyback converter

Because of the way the flyback converter works, the magnetic flux in its transformer core never reverses in polarity. As a result the core needs to be fairly large for a given power level, to avoid magnetic saturation. Because of this flyback converters tend to be used for relatively **low power** applications — like generating high voltages for insulation testers, Geiger counter tubes, cathode ray tubes and similar devices drawing relatively low current.

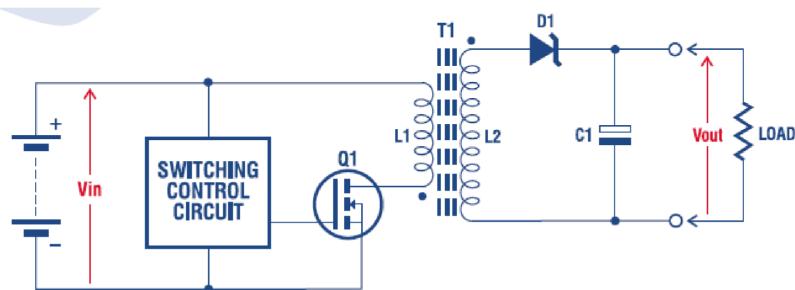


Fig.6: The Flyback converter, which offers isolation as well as a high voltage step-up factor. It's mainly used for lower power applications.

Isolated converter Flyback

zelfstudie

Push-Pull converter

Because the forward converter reverses the polarity of magnetic flux in the transformer core for each alternate half-cycle, there's much less tendency to cause saturation than in the flyback converter. So the transformer can be significantly smaller, for the same power level. This together with the 'tighter' and more predictable relationship between input and output voltage makes the forward converter much more suitable for **high power** applications.

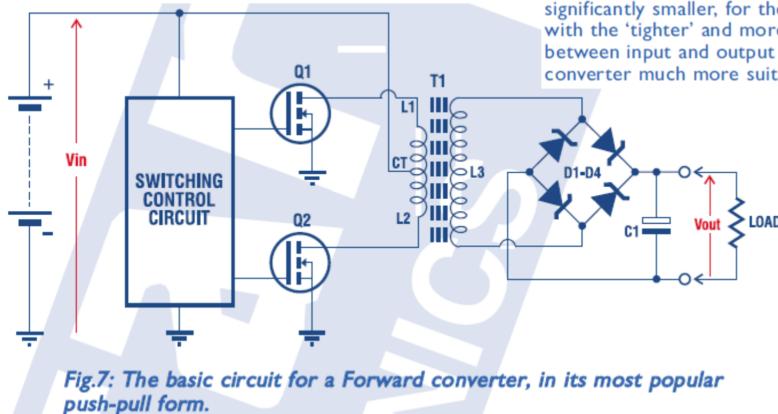


Fig.7: The basic circuit for a Forward converter, in its most popular push-pull form.

$$V_{out} = V_{in} \times (L_3/L_1)$$

Isolated converter push pull

Verbeteringen

- Synchronous rectification
- Overal waar een diode staat - \downarrow geschakelde mosfet
- Clock sync

Hogere frequenties

- Nieuwe materialen!
- Maakt kleinere converters mogelijk....

Switcher of LDO??

Switcher:

- Betere efficiëntie
- Blijft koel
- Kan van zo ongeveer alle Uin alle Uout maken
- Zeer nauwkeurig PCB plan

LDO:

- Geen storende frequenties door schakelen
- Single chip Solutions (op de Cap na!)
- Goedkoop
- Rendement is relatief laag (Udrop out bepaald minimum)

2.2 les 2 Low power design

date : 12 december 2023

Waar zit de start van een low power ontwerp?

- In kaart brengen van de duur en piek van het vermogens verbruik
- fysieke grootte
- I/O vraag
- Aan/uit tijd
- opladen?

Wat te doen om batterij te sparen?

- Geen optische interfaces.
- gebruik geen relais. Alleen solid state relais als het echt nodig is.
- geen backlight als het geen eis is.
- zo min mogelijk leds
- zo min mogelijk IO.
- Snelheid is een killer. Dubbele Snelheid is dubbel vermogen.

Wat kan uit...

- Denk na over duty cycle of use.
- stablisatie na inschakelen?
- meer vermogen voor beheersing van power.
- zijn pull-up weerstanden altijd nodig? mag het ook met pull down?
- power buffers - line buffers.
- let op diode kruip-paadjes
- kunnen de
 - opamps
 - DA converters
 - Stroombronnen
 - Processoren

uit en hoe gaan ze weer aan?

Selectie vragen voeding.

- Wat voor spanning is nodig?
- Moet de batterij oplaadbaar zijn?
- Hoe ziet de gebruiks/laad cycle eruit voor dit roduct?
- Wat is het piekverbruik van het system?
- Moet de batterij eenvoudig vervangbaar zijn?
- laden en simultaan gebruiken van de accu?

Battery Type	Vnominal	Maximum Load Current*	Energy by Wgt. (Wh/Kg)	Energy by Vol. (Wh/L)	Operating Temperature	Recharge	Maintenance** (Recharge)	Life Cycle	Shelf life/ Self discharge
Alkaline	1.5V		150	375	-20 to 55C				5 yrs to 80%
NiCd	1.25V	>2C	45-80	125	-40 to 60C	t	1/Mo	1500	20% per Mo
NiMH	1.25V	0.5-1C	60-120	180	-20 to 60C	t	1/3Mo	500	30% per Mo
Lithium ion	3.6V	1C	100	270-325	-20 to 60C	t		50-100	10% per Mo
Lithium polymer	3.7V	0.2C	120-160	230-270	-20 to 60C	t		500	10+ years
Sealed lead acid	2V	0.2C	30	80	-20 to 60C	t	1/6Mo	200-500	5% per Mo
Zinc air	1.4V		300	1150	-20 to 60C				3-12 weeks to 50%
Silver oxide	1.55V			130	500	-20 to 60C			2 yrs. to 84%
Lithium poly carbon monofluoride	3.0V					-40 to 85C			10+ years
Lithium manganese diode	3.0V		225	550	-20 to 60C				
Lithium thionyl	3.6V		710	1300	-55 to 100C				9 yrs to 80%

*C = Amp-Hour rating of battery divided by 1 Hour, e.g. for a 1500mAH battery, C = 1500mA
** Required interval between deep cycles

soorten batterijen

2.3 les 3 Interfaces

date : 9 januari 2024

Data communicatie:

simplex: van A naar B

Half -duplex: van A naar B of B naar A

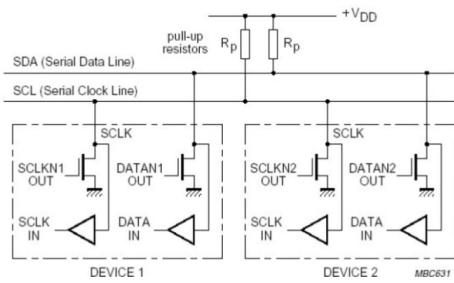
Full-duplex: Van A naar B en B naar A.

Een synchroom signaal stuurt ook een referentie klok mee.

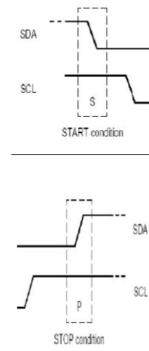
2.3.1 I2C

- two wired bus: SDA (data) en SCL (clock) ↓- (dus synchroom)
- originally to interact within small numbers of chips
- speeds:
 - 100 kbps (standard mode)
 - 400 kbps (fast mode)
 - 3.4 Mbps (high-speed mode)
- data transfer: serial, 8-bit oriented, bi-directional (Half-duplex)
- master/slave relationship with multi-master option

- master can operate as transmitter or receiver
- addressing: 7 bit or 10 bit unique addresses
- device count limit : max. capacitance 400pF

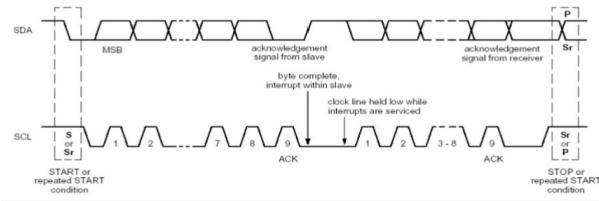


I2C



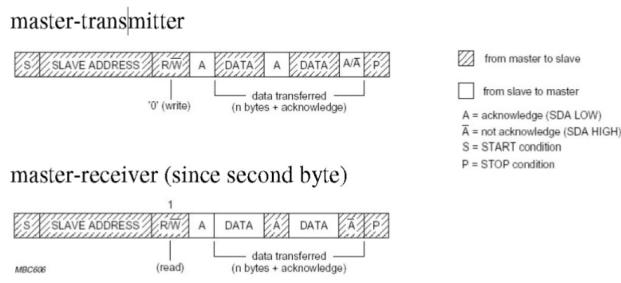
start stop signaal van I2C

- Meester zet de SCL = 0 en genereert de klok voor de volgende bits
- 8 klok pulzen voor de data worden altijd gevolgd door 1 ack. Bit
- Na de ack
 - Meester probeert de volgende byte's eerste klok
 - Slave kan de master ophouden door SCL laag te houden. -> master gaan naar wacht mode



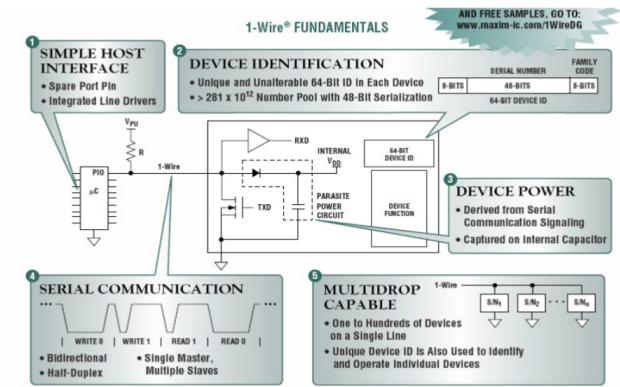
Data transfer I2C bus

Bij de 9de scl puls moet de slave de sda laag houden om te acken. Slave moet SDA ook weer loslaten na de ack (neergaande klok).



Frame format van I2C

2.3.2 1-Wire



1-Wire Fundamentals

Wat is 1-wire?

- Low-cost micro Lan.
- Digital communicatie over twisted pair
- globale opbouw.
 - Open drain master/slave multidrop
 - max 1 master
 - Slave, dus 'sprek meester' en dan pas antwoorden.
 - communicatie tussen slaves alleen mogelijk via de master.
- trager dan I2C maar wel grotere afstanden >100m
- Standaard mode 15kbps in onverdrive 111kbps

Eigenschappen protocol

- 64 bit uniek addresses 8x8 bits
- start met LSB
- Eersste 8 bits familie code en identificatie
- Volgende 6*8 bits vormen een uniek nummer
- Laatste bits is een CRC van de 1e byte ter verificatie
- aantal adressen dus 2^{48} zijn er heel veel.

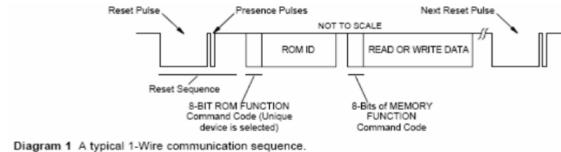


Diagram 1 A typical 1-Wire communication sequence.

1-Wire communication

2.3.3 SPI van Motorola

- Geen protocol op de lijn
- In vergelijk met I2C snel
- synchroomMaster nodes in chipsFull duplex mogelijk
- adresseren met de slave select

Interface bestaat uit:

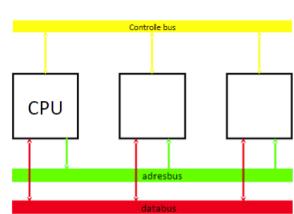
SCLK: de klok.

MOSI: van de master naar de slave.

MISO: van de slave naar de master.

SSC of SS: Slave select.

2.3.4 AMBA Bus



AMBA Bus

AMBA Bus wordt gebruikt voor SoC's. SoC's zijn system on chip designs overterwijl chip+software+integration.

AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) is a collection of buses from ARM for satisfying a range of different criteria.

APB (Advanced Peripheral Bus): simple strobed-access bus with minimal interface complexity. Suitable for hosting peripherals.

- Is geoptimaliseerd voor minimale vermogensopname
- Vereenvoudigde opbouw van het businterface

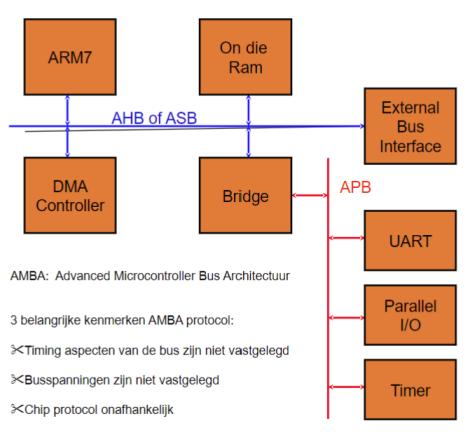
- Relatieve lage bandbreedte t.o.v. de AHB of ASB
- Geen pipelined operations
- Nieuwste versie APB relateert alle operaties t.o.v. de opgaande flank
- lage belasting AHB of ASB door toepassing van een APB bridge

ASB (Advanced System Bus): a multimaster synchronous system bus.

AHB (Advanced High Performance Bus): a high-throughput synchronous system backbone. Burst transfers and split transactions.

- 4 logische elementen:
 - master
 - slave
 - arbiter
 - decoder
 - meerdere busmasters
 - split transactions :Een slaafje met een lange response tijd kan tijdens het decoderen van de opdracht de bus loslaten en een ander proces laten passeren. Hierna is het tijd voor het eerste slaafje als hij zijn werkje klaar heeft
 - single clock edge operation: Heel handig wanneer je timing analyse aan de gang gaat. Hiermee is het mogelijk om je ontwerp te controleren en te verifiëren
 - non-tristate implementation: Gebruik van een centrale gemultiplexte bus.
 - variable bus breedte 16,32,64,128 bits
 - One solution to the design productivity gap is to make ASIC designs more standardized by reusing segments of previously manufactured chips.
 - These segments are known as “blocks”, “macros”, “cores” or “cells”.
 - The blocks can either be developed in-house or licensed from an IP company.
 - Cores are the basic building blocks
 - Voorbeeld: de cc2430 zigbee chip.
- The principle drawbacks of SoC design are associated with the design pressures imposed on today's engineers , such as:
- Time-to-market demands
 - Exponential fabrication cost
 - Increased verification requirements
 - Increased system complexity

- Design Gap



Bus conclusie:

AHB gebruiken we als systeembus wanneer een hoge bandbreedte vereist is tussen de macrocellen en de arm processor.

ASB is de systeembus voor de midrange toepassingen of de oude arm processors.
 APB is een aparte bus die men gebruikt als interface naar peripherals met een lage bandbreedte welke geen gebruik maken van pipelining

2.4 les 4