

Lineaire versterkers met 80% efficiency

een innovatieve,
gepatenteerde methode
om minder vermogen te dissiperen

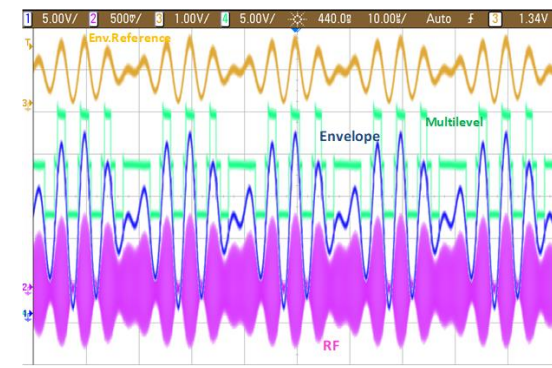
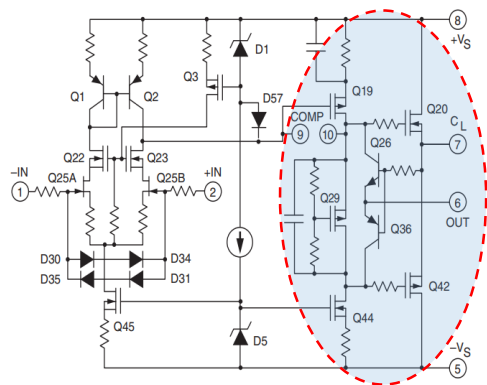
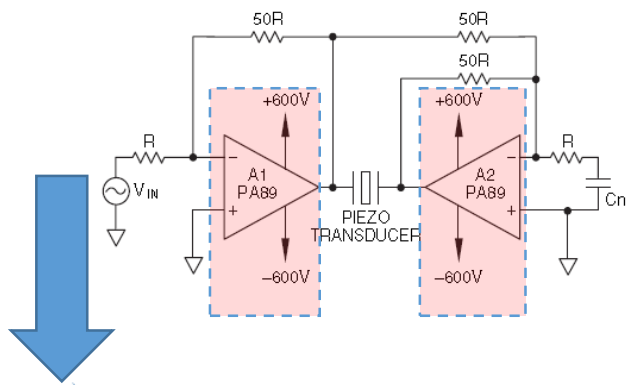
Een innovatieve manier om de vermogensdissipatie in lineaire versterkers te beteugelen



Introductie I

- Sinds 2006 werkzaam als FAE bij Apex Microtechnology
- Apex maakt, o.a., vermogens-operationele versterkers
- Klasse-A/B of -B
- Vermogensdissipatie

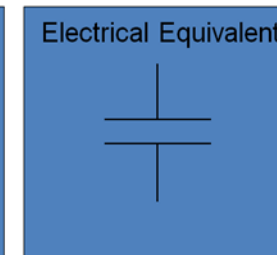
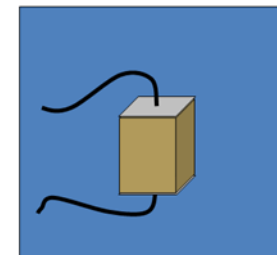
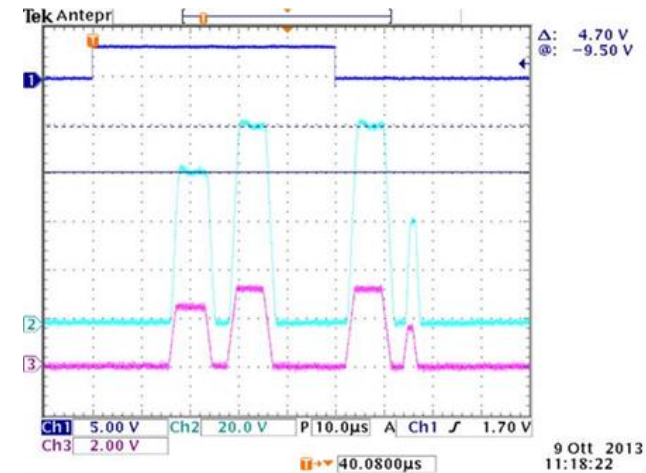
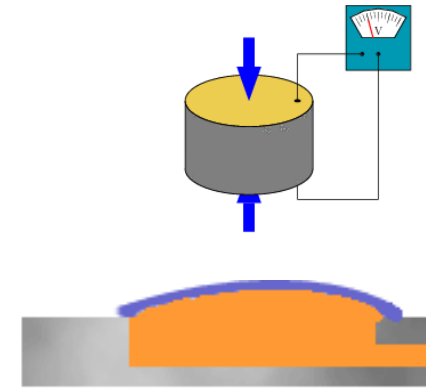
- Samenwerking gezocht met UPM-CEI
- Power opamp + schakelende converter in Envelope Tracking t.b.v. communicatie technologie
- Geen generieke oplossing
- Industriële inkjet printers



Introductie II

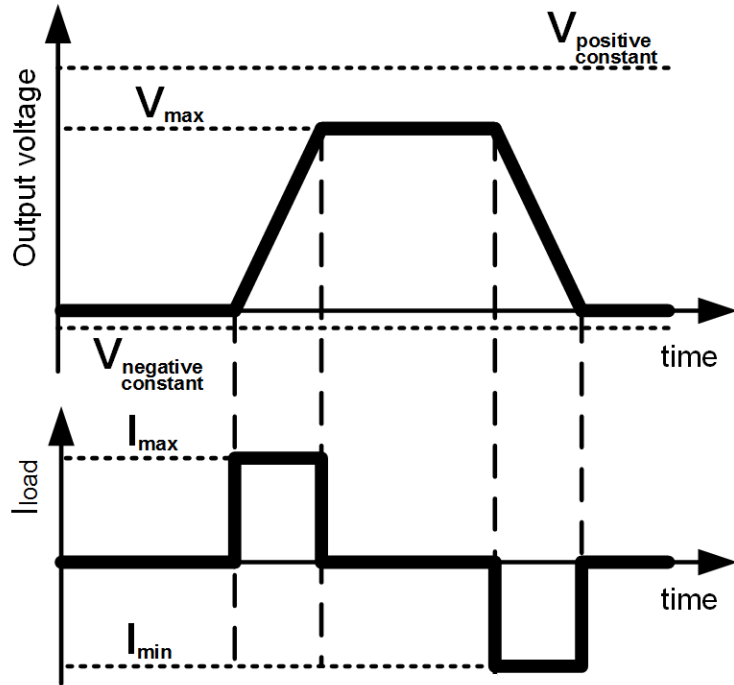
Huidige 'killer' toepassing: industriële inkjet printer

- Gebaseerd op piëzo-elektrisch materiaal
- 'Piëzo-elektricititeit' betekent elektricititeit veroorzaakt door druk
- Gebaseerd op het omgekeerde piëzo-elektrisch effect; als piëzo-elektrisch materiaal in een elektrisch veld wordt gebracht, dan worden er mechanische krachten opgewekt
- Piëzo inkjet tuitjes ('nozzles') spugen een inktdruppeltje uit onder invloed van een trapeziumvormige hoogspanningspuls
- De inktdruppeltjes kunnen in snelheid, vorm en grootte gemanipuleerd worden door de amplitude, vorm en aantal achtereenvolgende pulsen
- Elke nozzle lijkt elektrisch gezien op een capaciteit
- Apex opamps zijn uitermate geschikt voor aansturing, i.v.m. compensatiemogelijkheden



Wat is nu het probleem?

- Aanzienlijke vermogensdissipatie in klasse A/B versterkers
- Een snelle berekening leert;

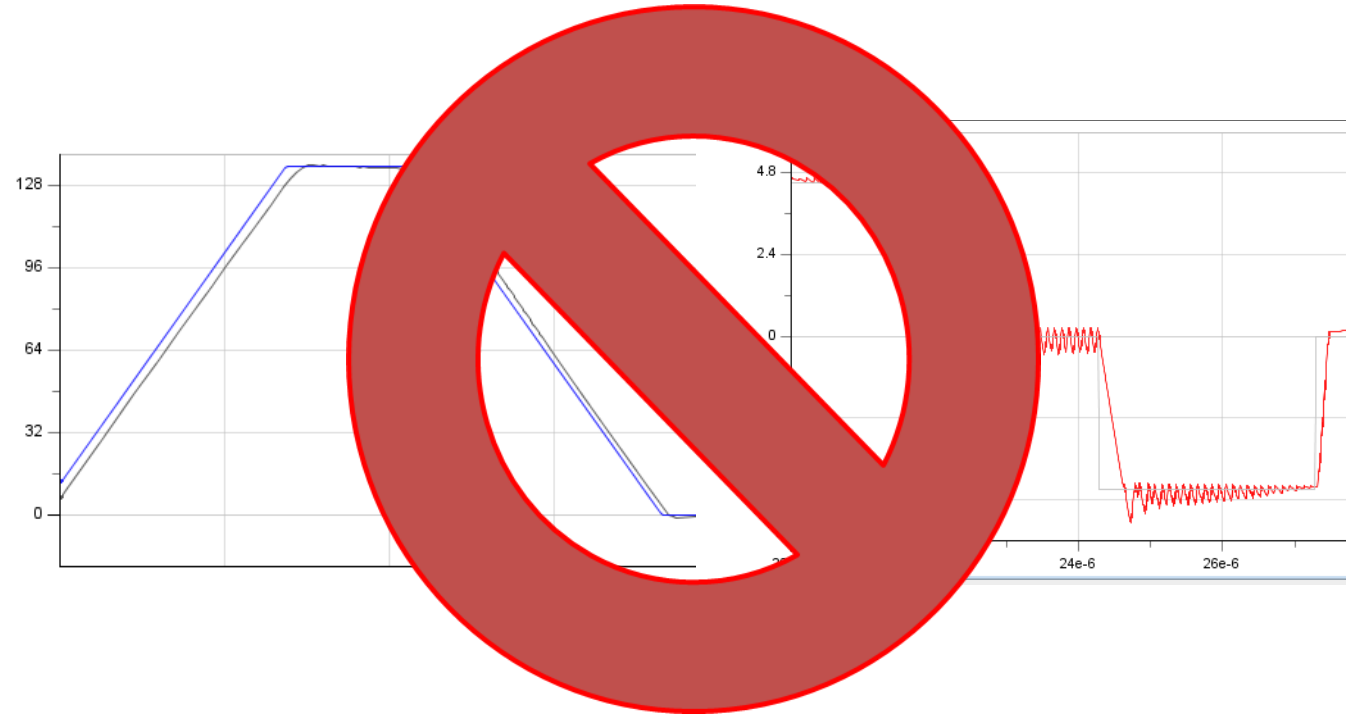


- Capacitieve belasting: 150 nF
 - Pulsamplitude: 135 V
 - Flanksteilheid: 45 V/ μ s
 - Pulsfrequentie: 30 kHz
- ↓
- Stijg-/daaltijd: 3 μ s
 - Uitgangsstroom versterker: 6.75 A
 - Momentaan vermogensverlies: 550 W!
 - Gemiddeld vermogensverlies: 100 W!

- De **temperatuur in de inkjet printer** moet stabiel zijn voor optimale drukkwaliteit
- Voor temperatuurstabilisatie is **ruimte** nodig en het is **DUUR!**

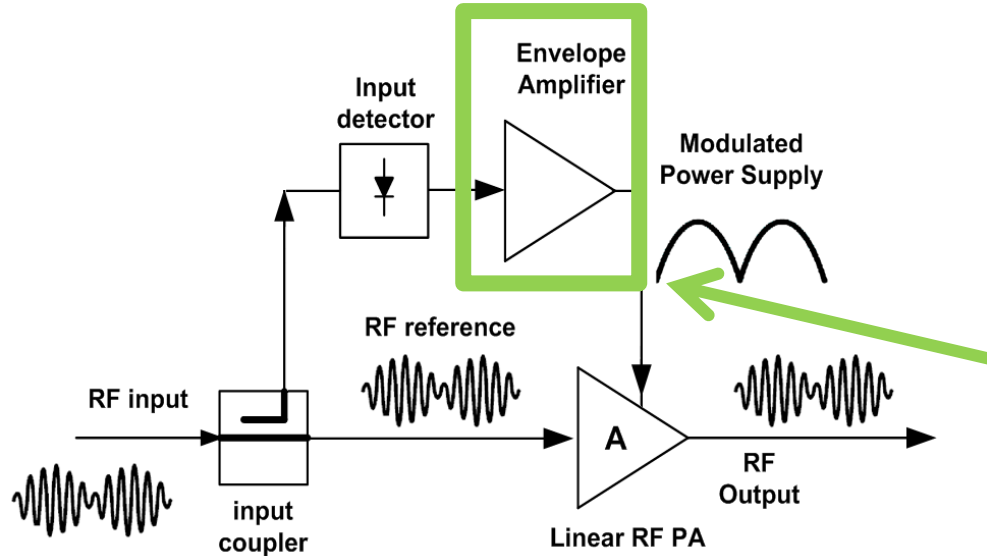
Waarom geen PWM?

- Apex & partner hebben PWM oplossing onderzocht
- Erg hoge schakelfrequenties nodig: 7-10MHz!
- Significante schakelverliezen (voor noodzakelijke lage stroomrimpel)
- Controlekring moeilijk te verwezenlijken
- Filter-ontwerp schier onmogelijk (i.v.m. dynamische C belasting)



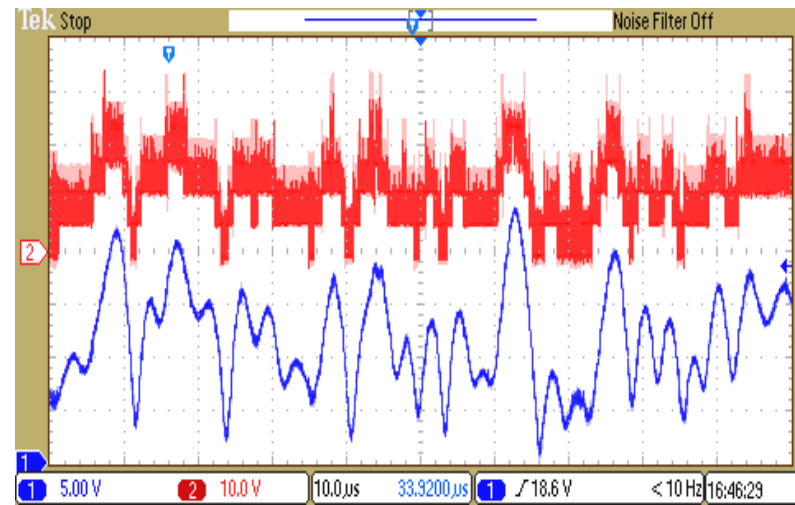
Oplossing zijdelings afkomstig uit HF-techniek

Bekend concept voor efficiënte HF eindtrappen

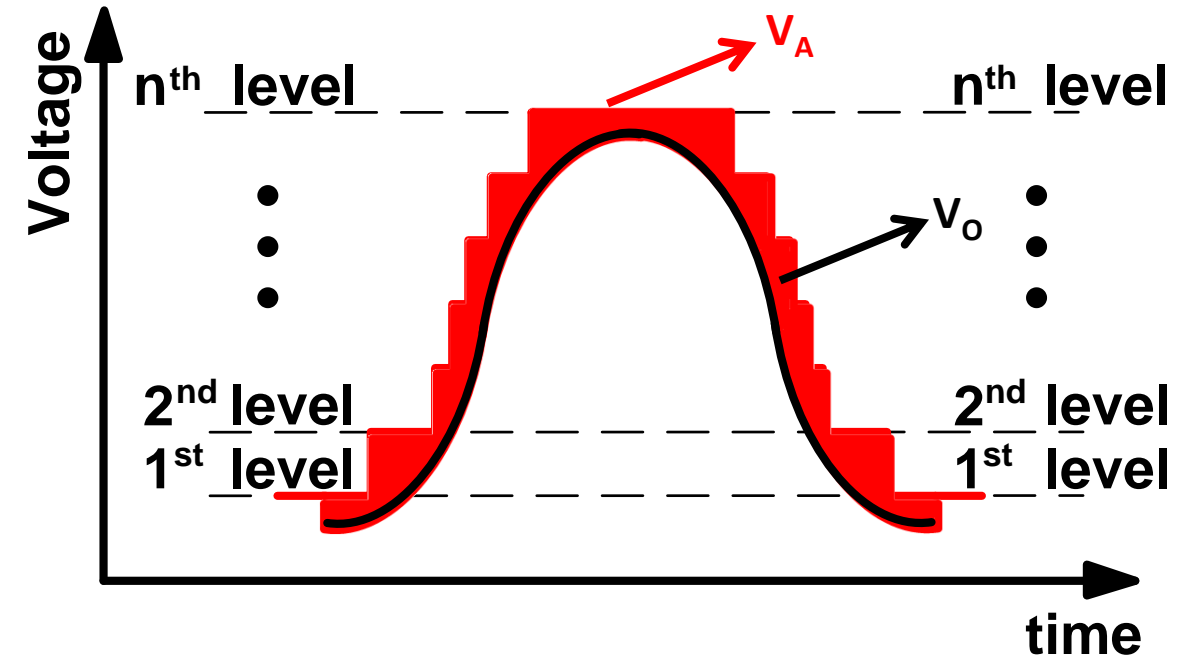
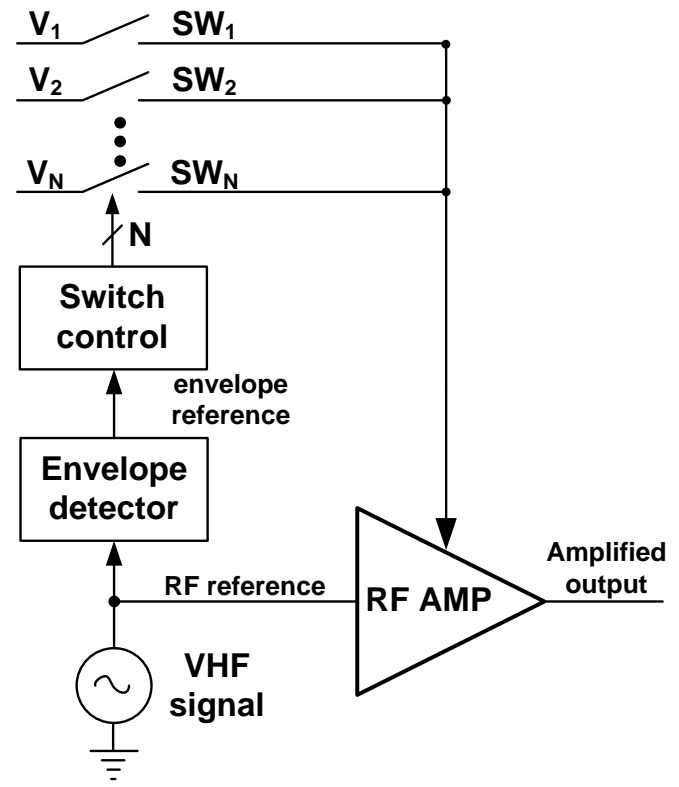


Envelope Tracking (ET)

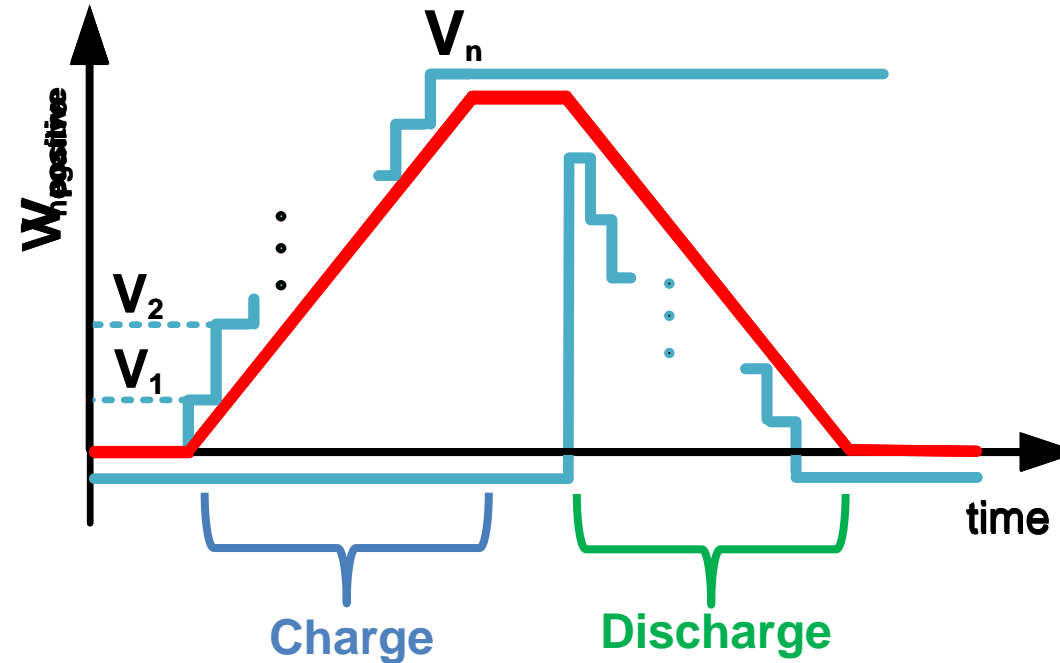
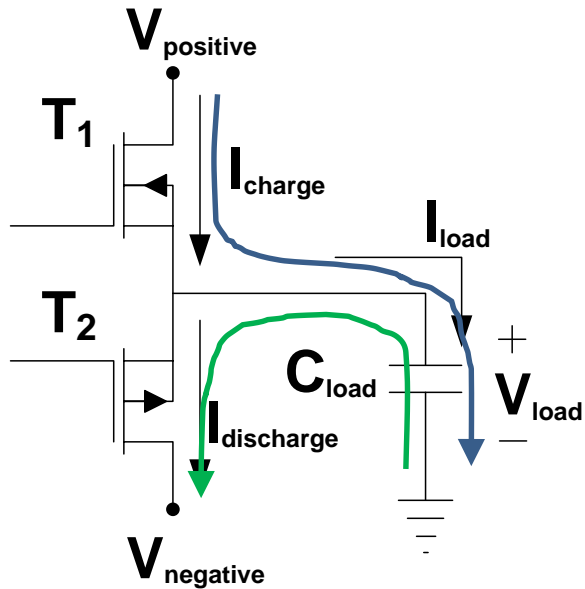
DC-DC converter met uitgangsvoltage proportioneel met HF-omhullende



Oplossing: Envelope Tracking – het multilevel idee



Multilevel ET in geval van stuurpulsen voor inkjet nozzles



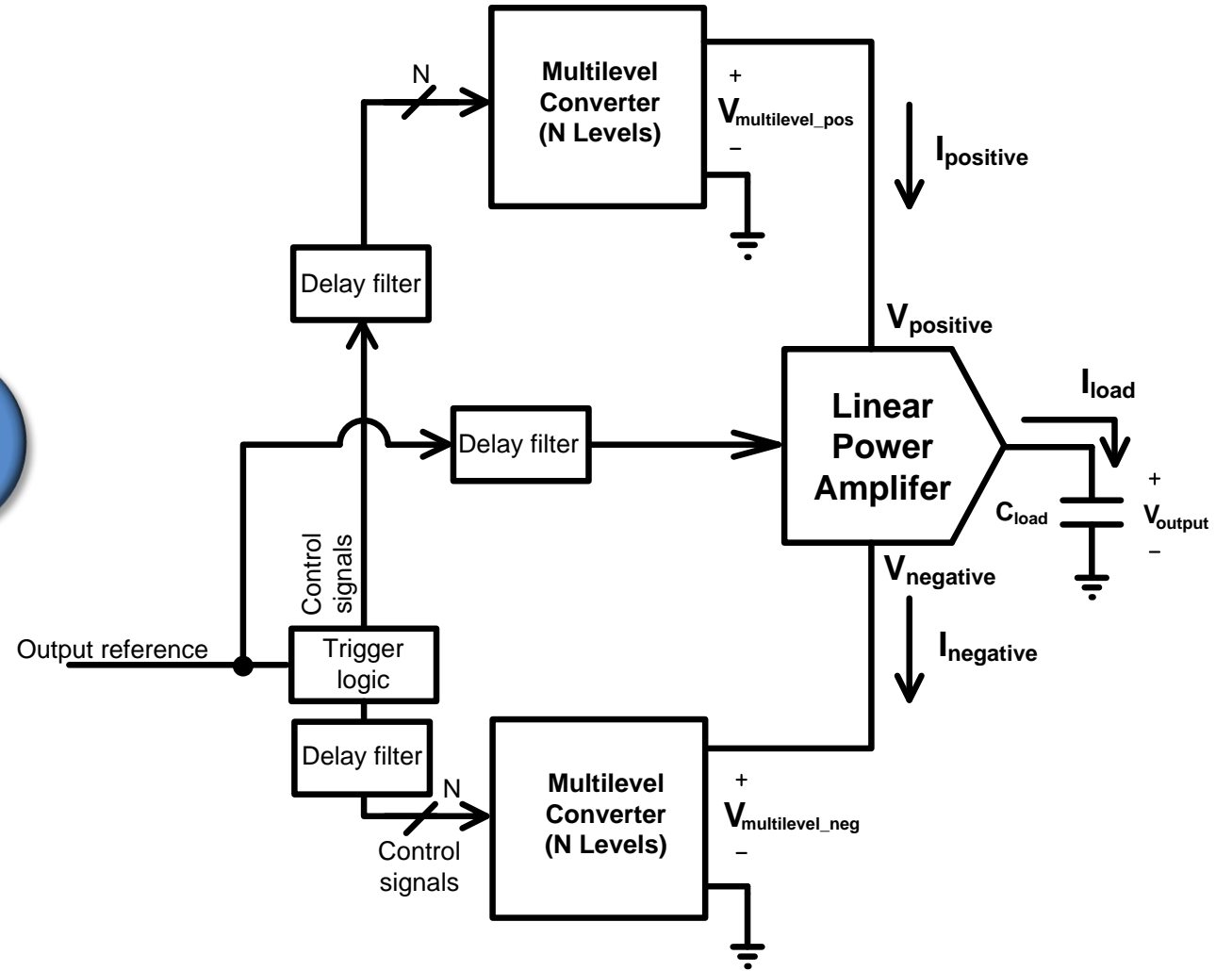
Uitgangstrap (lineaire)
versterker

Kleiner verschil voedings-
en uitgangsspanning!

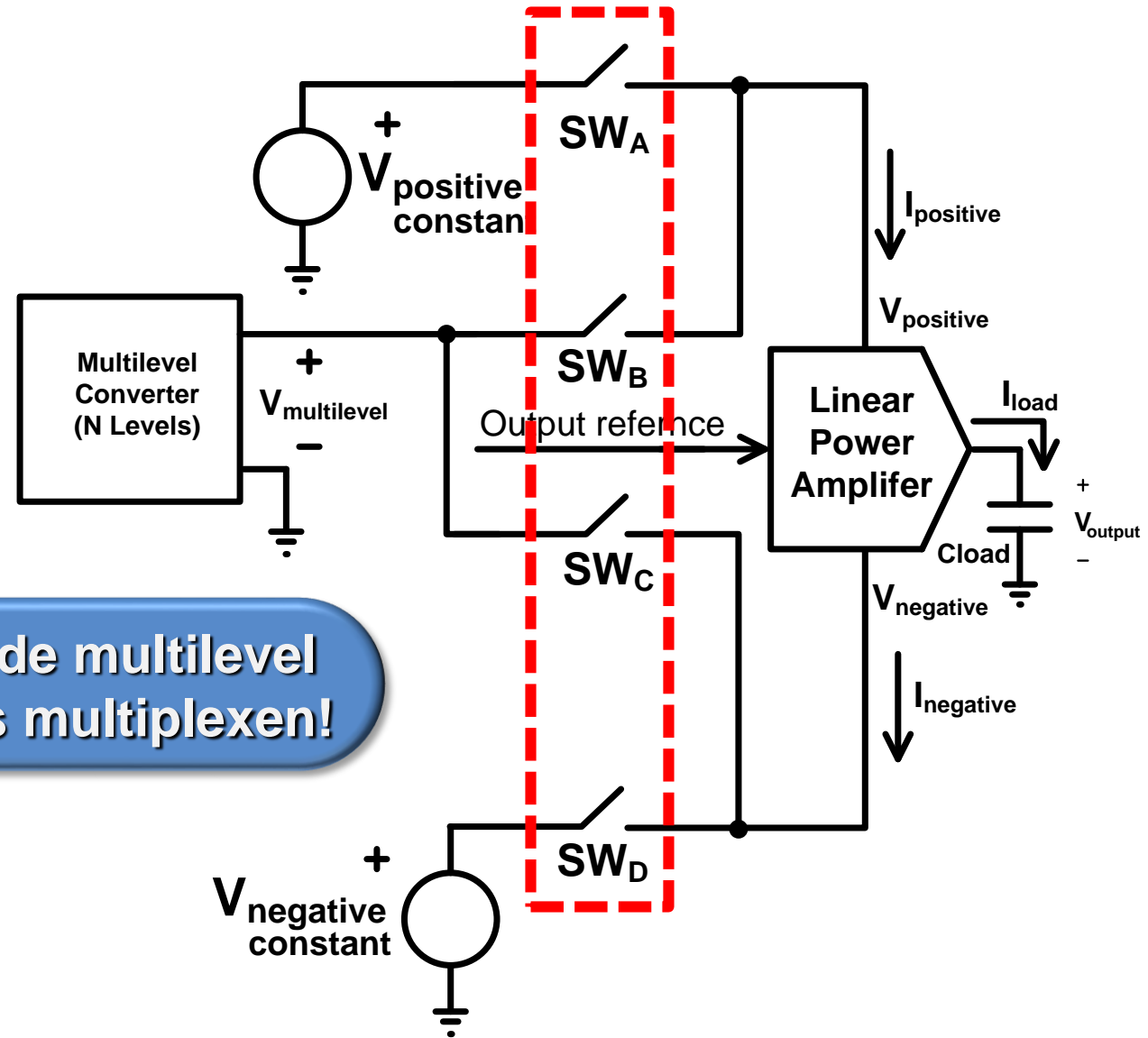
Energie terugwinning!

Implementatie (1)

Op ieder moment is slechts 1 multilevel converter operationeel!

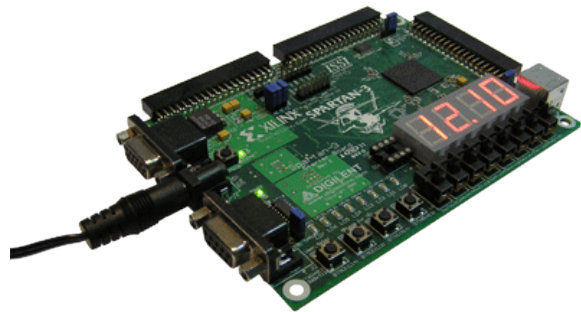
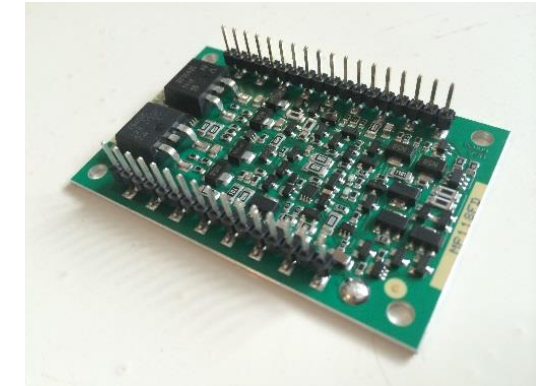
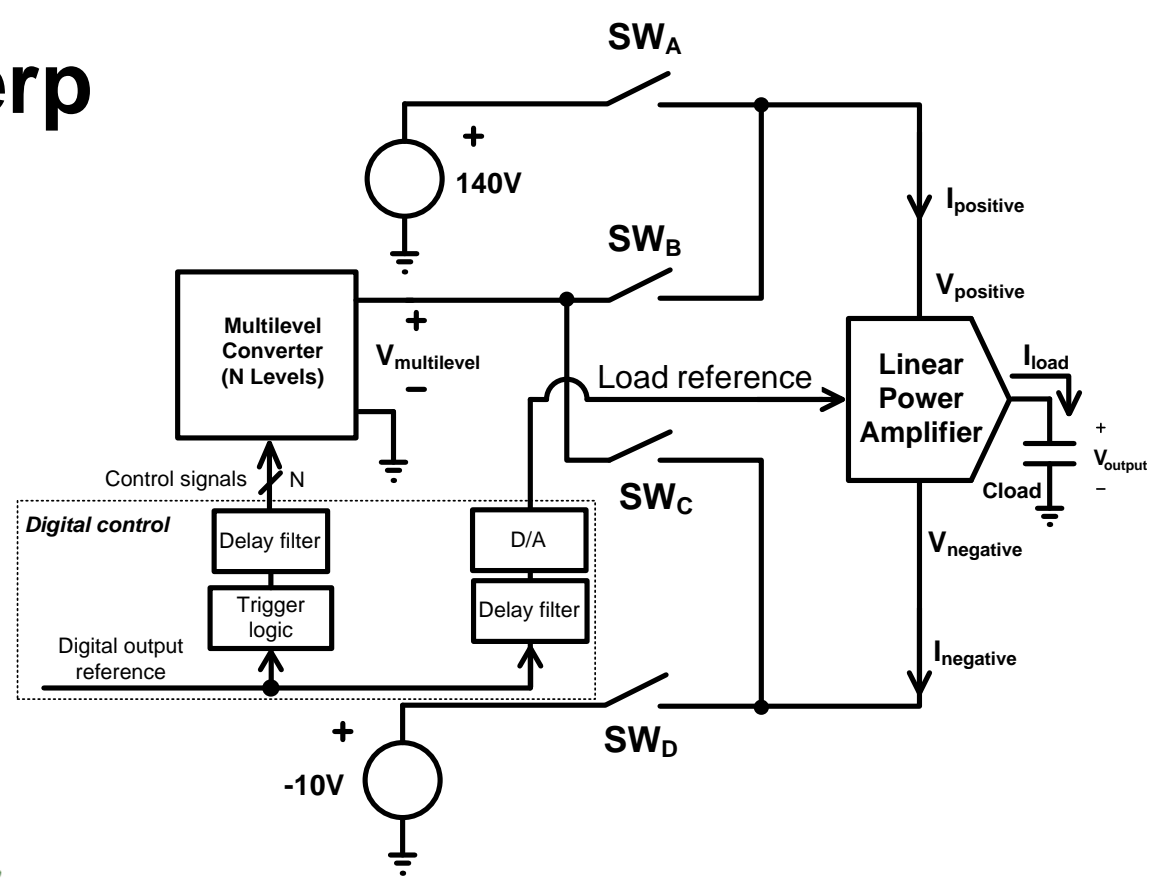


Implementatie (2)



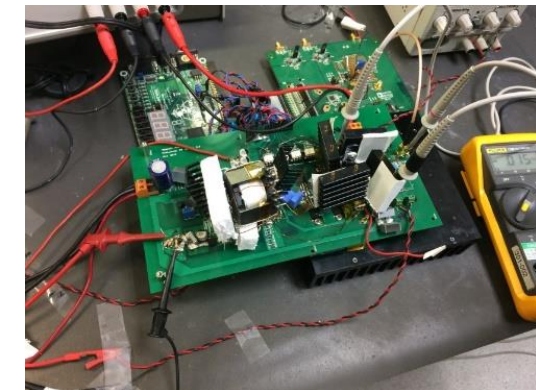
Laten we de multilevel converters multiplexen!

System ontwerp

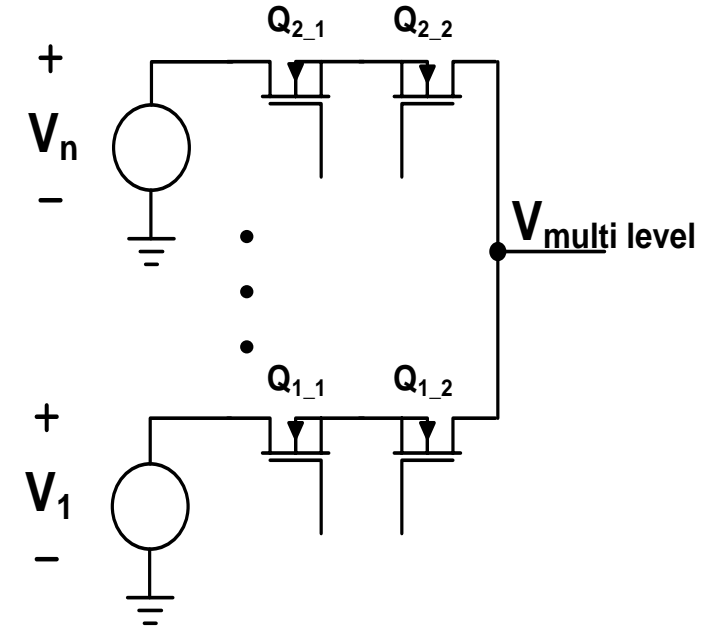
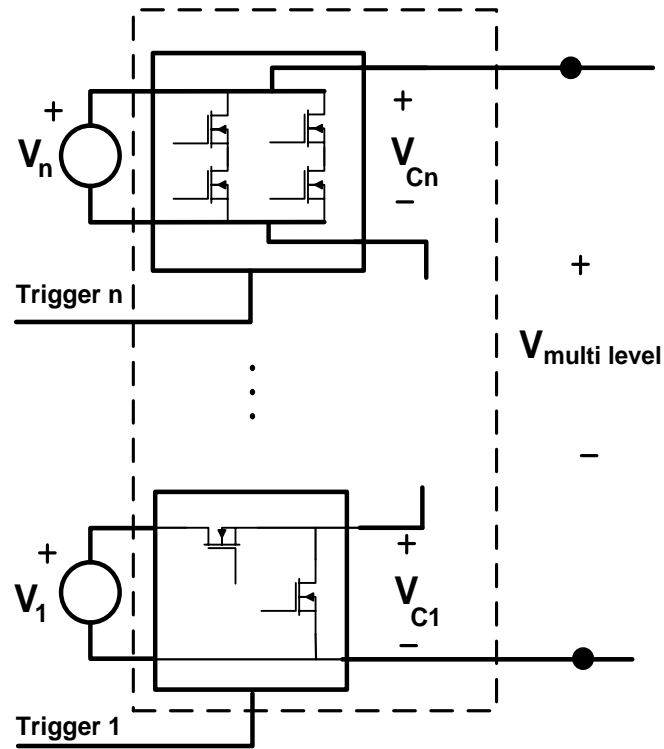


System specificaties

- Capacitieve last: 150 pF – 150 nF
- Pulsamplitudebereik: 0 V – 135 V
- Flanksteilheid: 45 V/ μ s
- Pulsfrequentie: tot 110 kHz



Multilevel converter ontwerp



Gestapelde 'spanningscellen'

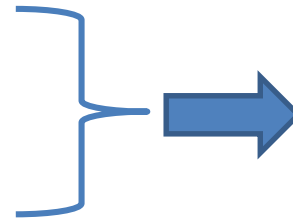
Spanningsselectie

- Isolatie?
- 'Hulp-converter' noodzakelijk

Optimalisatie van de 'architectuur'

Systemeoptimalisatie

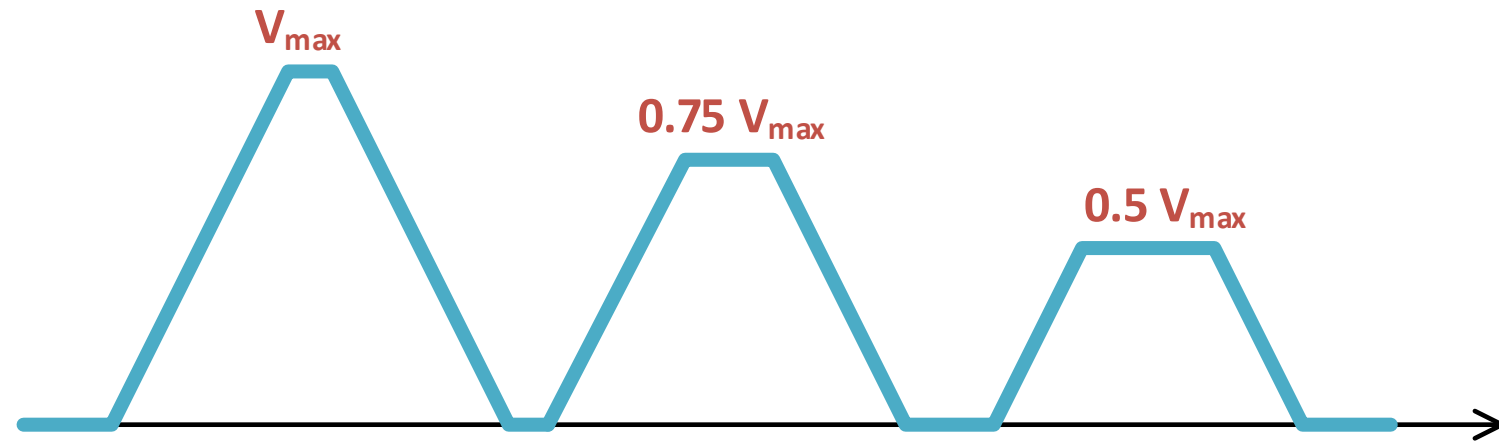
- Modelleren van vermogensverliezen:
 - Conductieverliezen
 - Schakelverliezen
 - Verliezen in lineaire versterker
- Er blijkt invloed door 1) grootte capacatieve belasting en 2) het patroon van de uitgangspulsen



Spanningsdistributie
Aantal spanningsniveaus

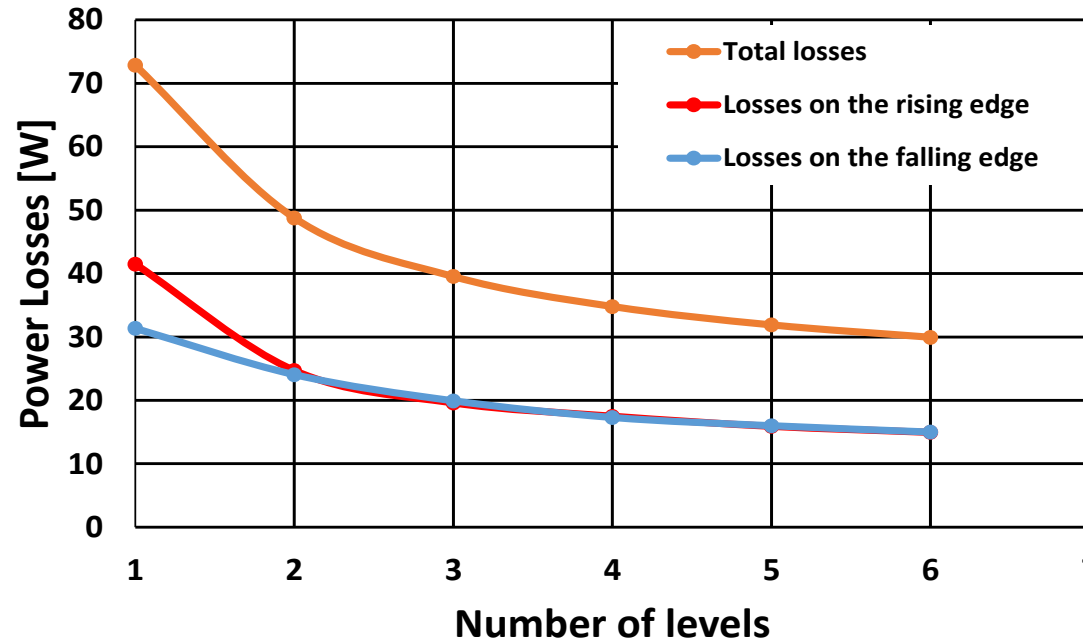
Aannames:

- 3 'spanningscellen'
- De belasting is een 50nF capaciteit
- Eén, gespecificeerd pulspatroon →
- Pulsfrequentie: 110kHz



Optimalisatie van de 'architectuur'

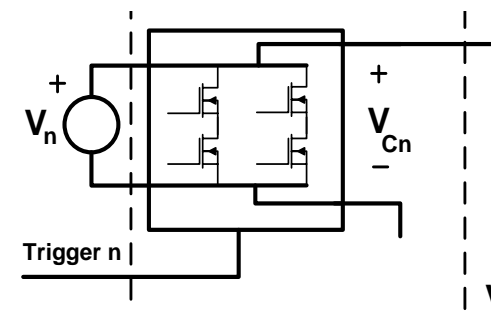
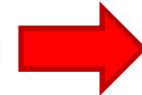
Optimale spanningsdistributie blijkt dicht bij equidistant



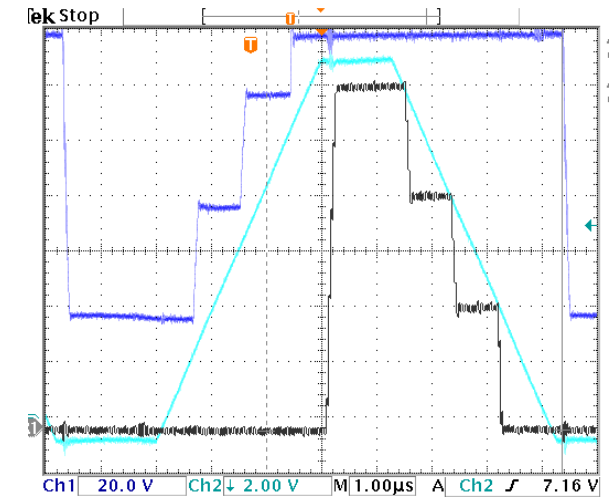
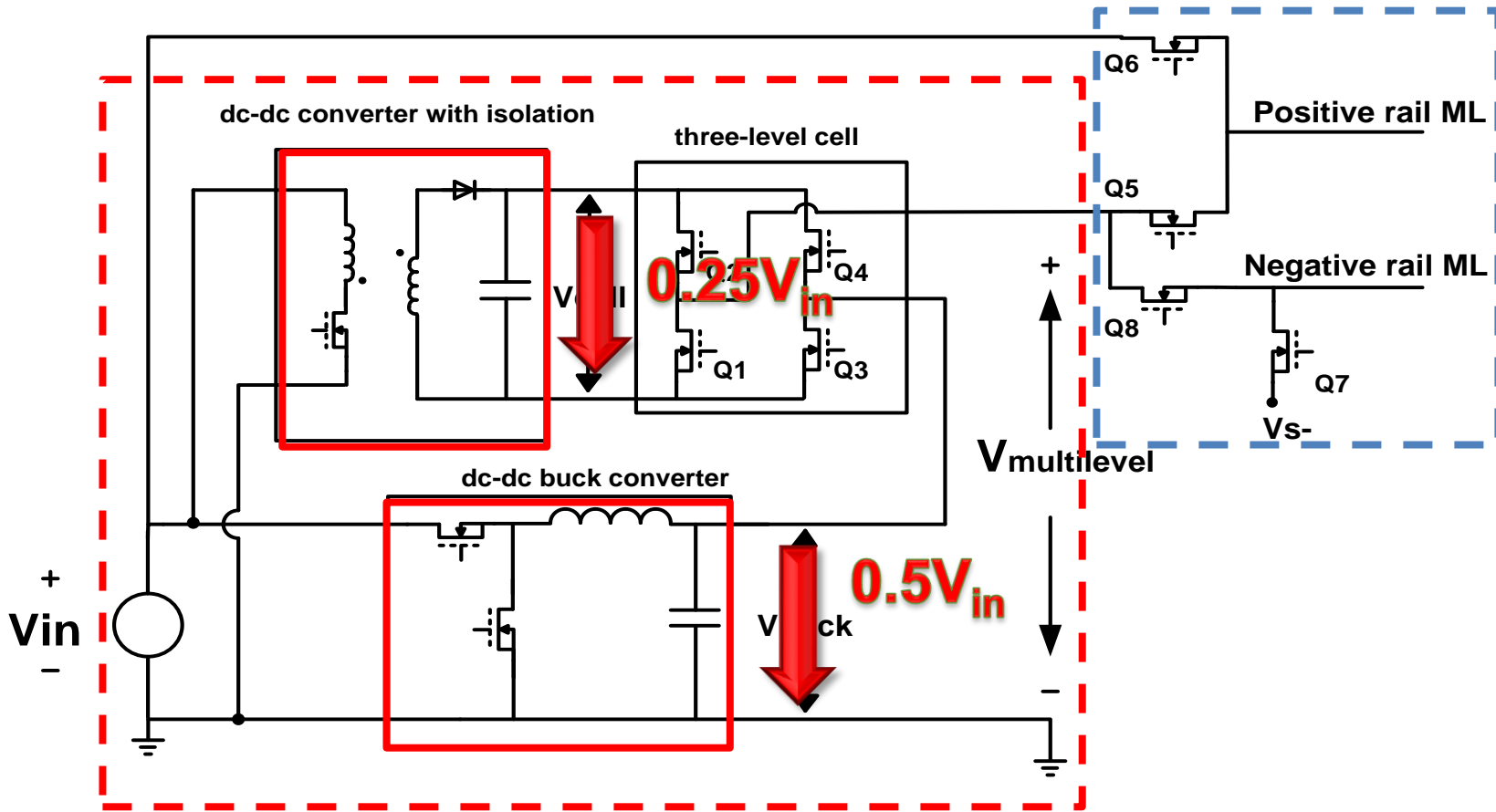
Meer afzonderlijke spanningsniveaus



Complexere 'hulp-converter'



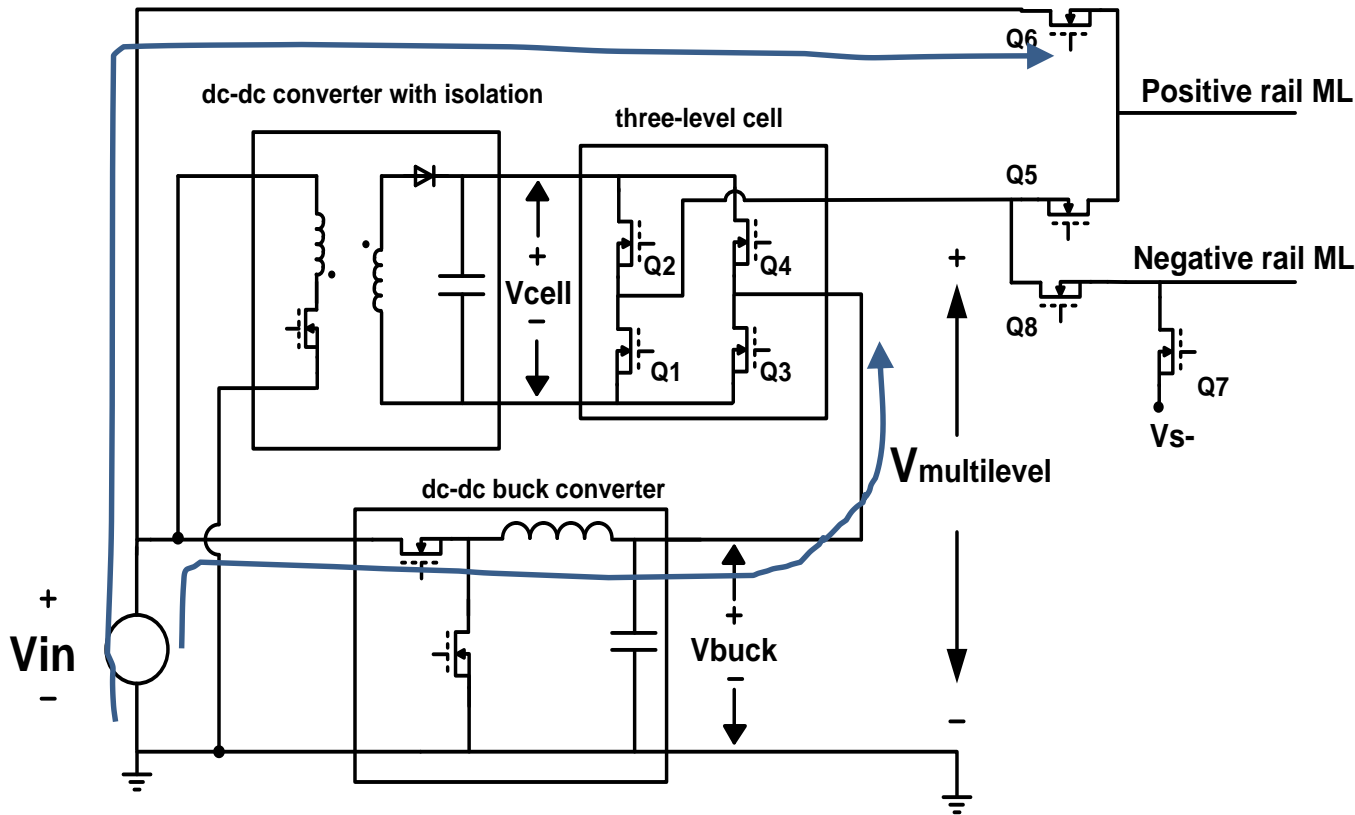
Multilevel circuit implementatie (1)



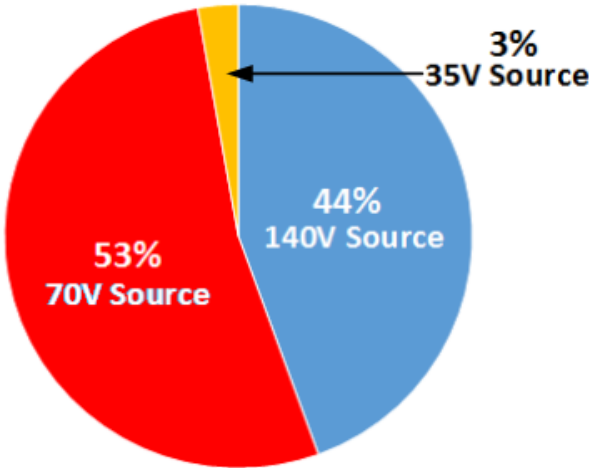
Multilevel circuit implementatie (2)

Hoe zijn de verschillende energiestromen?

Directe en indirecte energiestroom



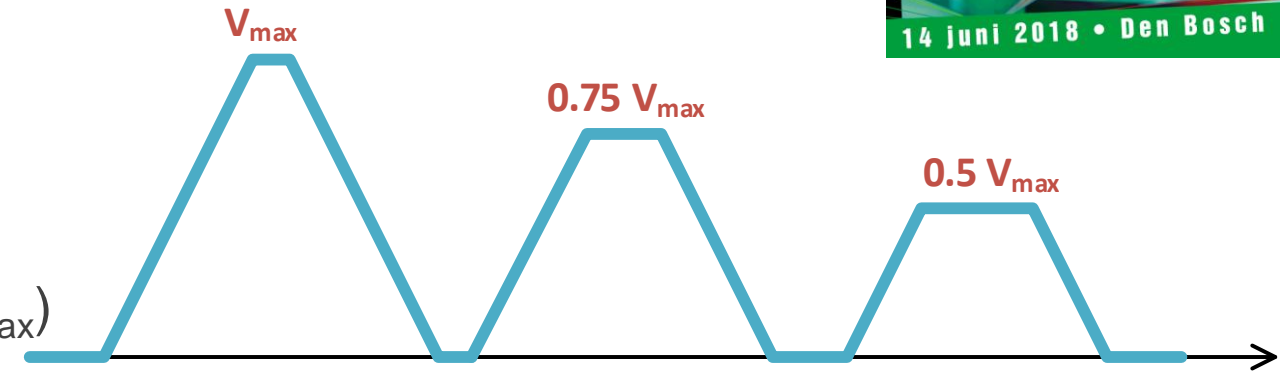
Energieverdeling @ opgaande flank



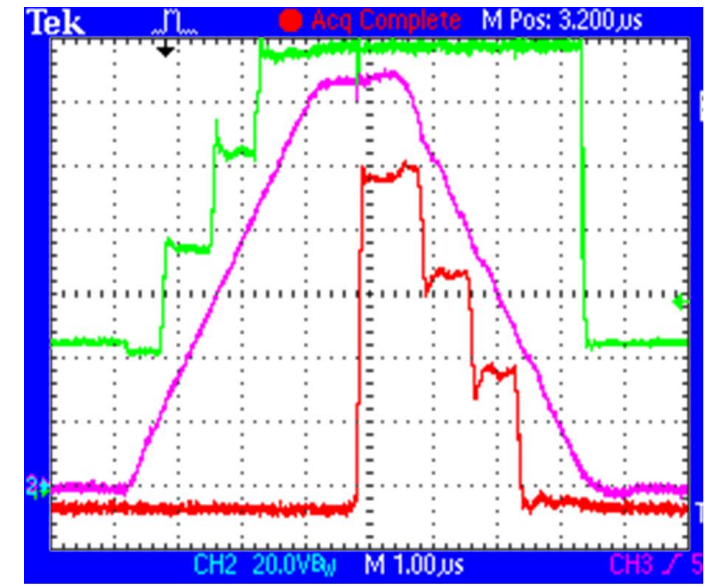
Experimentele resultaten – Efficiëntie (1)

Twee pulspatronen voor de efficiëntie test

1. Enkele puls, maximale amplitude (135 V)
2. Patroon van 3 pulsen (100%, 75% en 50% van V_{max})



Output waveform	Repetition rate	Capacitive load	Measured Power dissipation Multilevel supply	Measured Power dissipation Constant voltage	Power Savings
Single pulse, maximum amplitude	110 kHz	47 nF	71 W	106 W	33%
Single pulse, maximum amplitude	110 kHz	95 nF	120 W	222 W	46%
Single pulse, maximum amplitude	30 kHz	140 nF	54 W	87 W	38%

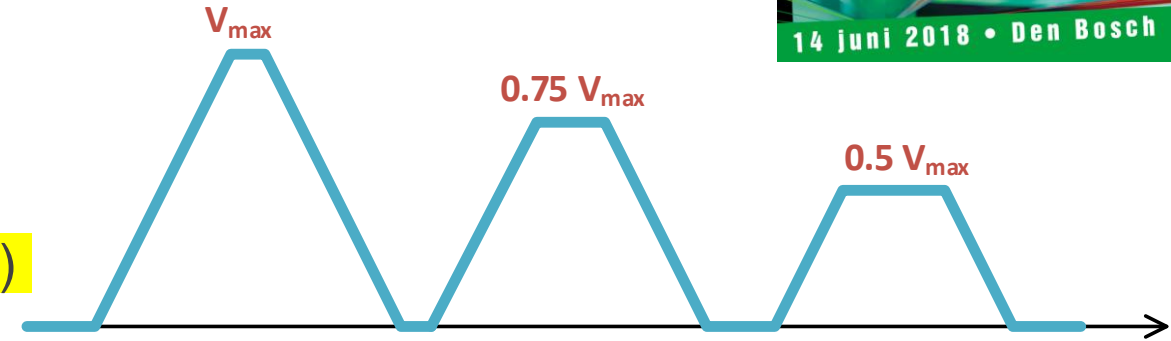


Experimentele resultaten – Efficiëntie (2)

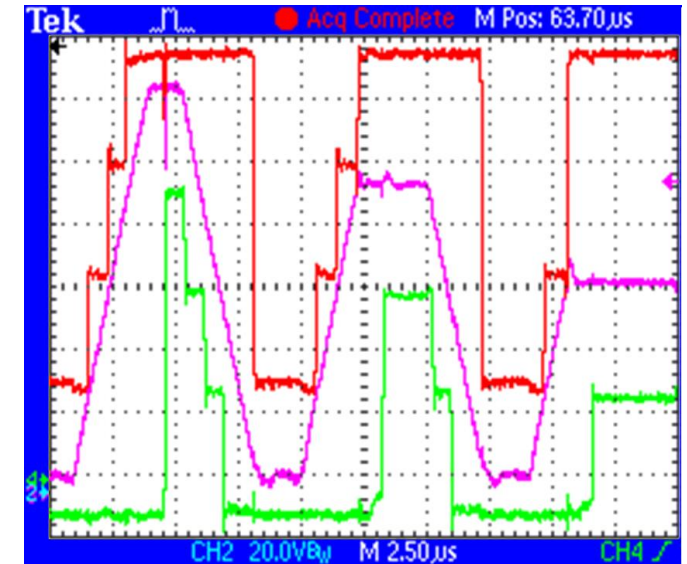
Twee pulspatronen voor efficiëntie test

1. Enkele puls, maximale amplitude

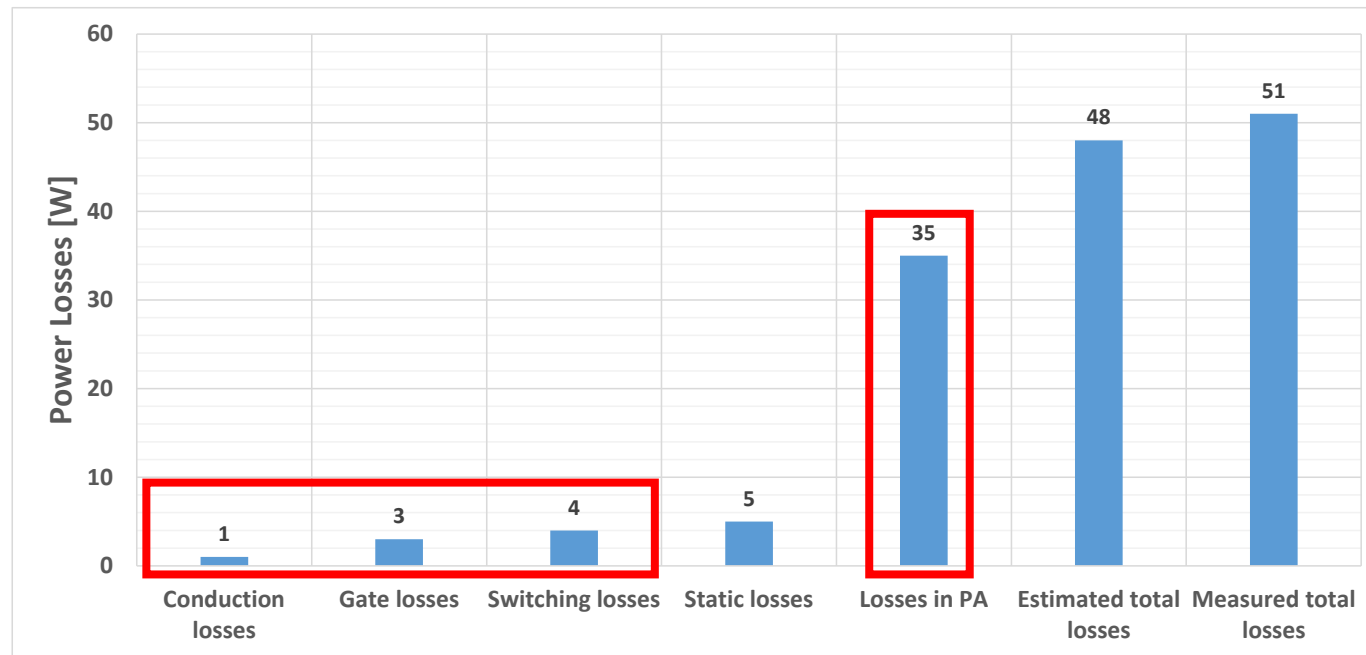
2. Patroon van drie pulsen (100%, 75% en 50% van V_{max})



Output waveform	Repetition rate	Capacitive load	Measured Power dissipation Multilevel supply	Measured Power dissipation Constant voltage	Power Savings
Three pulses, 100%, 75% and 50% amplitudes	30 kHz	47 nF	51 W	89 W	43%

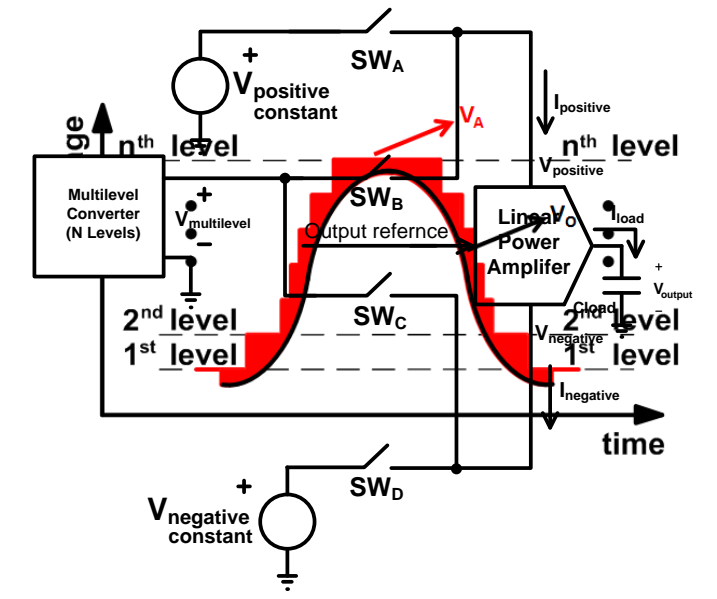
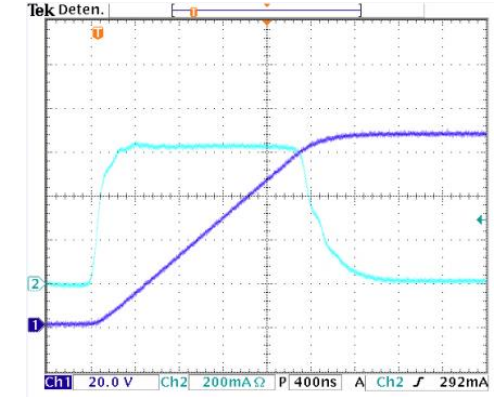


Experimentele resultaten – Efficiëntie (2.5)



Conclusies

- Een ‘envelope tracking’ methodiek is toegepast bij de aansturing van een piëzo-elektrische belasting;
 - Erg snelle flanken (45 V/us)
 - Hoge, momentane vermogensopname
- De ‘envelope tracking’ is geïmplementeerd als ‘multilevel converter’
- De ‘multilevel converter’ is gemultiplext tussen de voedingsspanningsrails
- De vermogensbesparing blijkt afhankelijk van het pulspatroon, de puls frequentie, de grootte van de capacatieve belasting, maar zijn gewoonlijk 30% - 50%
- Er is een minimale belasting en een minimale puls frequentie waarbij de voorgestelde ‘envelope tracking’ –technologie echt voordelen biedt



14 juni 2018
1931 Congressentrum Den Bosch

POWER
ELECTRONICS

2018

**Bezoek de TOP-electronics stand voor
productinformatie,
nieuws en achtergrondinformatie.**

We wisselen graag met u van gedachten!