



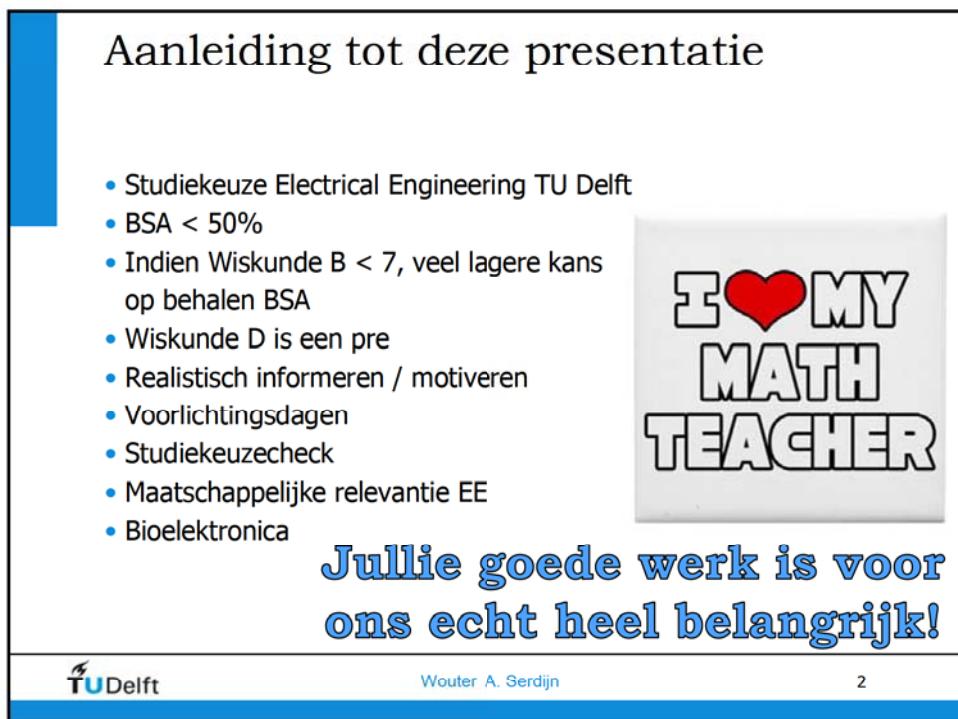
A presentation slide for Bioelectronics at TU Delft. The slide features a large image of a modern building with a distinctive dome and a set of wide stone steps where people are sitting. The title text is overlaid on the top left. Logos for TU Delft and the Section Bioelectronics are at the bottom.

Bioelektronica
Beter worden door middel van elektriciteit en elektronica

Wouter A. Serdijn
3-2-2017

TUDelft Delft University of Technology Challenge the future

Section Bioelectronics



A presentation slide titled 'Aanleiding tot deze presentatie' (Reason for this presentation). It lists reasons for choosing Electrical Engineering at TU Delft and includes a graphic for mathematics teachers.

Aanleiding tot deze presentatie

- Studiekeuze Electrical Engineering TU Delft
- BSA < 50%
- Indien Wiskunde B < 7, veel lagere kans op behalen BSA
- Wiskunde D is een pre
- Realistisch informeren / motiveren
- Voorlichtingsdagen
- Studiekeuzecheck
- Maatschappelijke relevantie EE
- Bioelektronica

I ❤ MY MATH TEACHER

Jullie goede werk is voor ons echt heel belangrijk!

TUDelft Wouter A. Serdijn 2

Bianca Saez, lijidend aan Tourette's syndroom

<https://www.youtube.com/watch?v=0OPqGx6fSPU>



TUD

3

1 .

Neurostimulatie

TUDelft

Wouter A. Serdijn

4

De hersenen: ons “mainframe”

Een elektro-chemische machine



Chemische component "Genezen door medicijnen"

Globaal effect (bijwerkingen)
19^e-eeuwse benadering



Elektrische component "Genezen door elektriciteit"

Locaal effect
Instantaan en omkeerbaar
21^e-eeuwse benadering



Neurostimulatie

Huidige behandeling

Electroden geimplanteerd in de hersenen

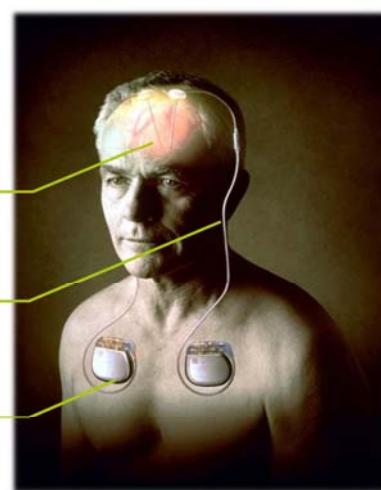
- Onderdrukken ongewenste activiteit
- Genereren therapeutische activiteit
- (in de toekomst) moduleren activiteit

Draden (leads)

- Verbinden elektroden en puls-generator

Puls-generator in de borstkas

- Genereert elektrische pulsen



Met dank aan Medtronic, Inc.

Neurostimulatie

De toekomst



TU Delft

Wouter A. Serdijn

7

Dit is geen chip!
Dit is een printplaatje

Het medicijn van de toekomst hoef je maar één keer in te nemen.

Zou je reuma ook zonder medicijnen kunnen behandelen? Het gekke is: dat belangt te kennen. Met anderhalve chip, zo ontdekte AMC-wetenschapper remmingsloop professor Paul-Peter Tak en zijn onderzoeker Friedo Koopman. Die chip prikkelde een zenuw die verantwoordelijk was voor de milde aanvalen. Die geefte een lichaamsreactie "medicijn" af, dat de ontsteking ramt. Een uniek experiment om een verbluffende doodslag, het lichaam dat zichzelf leek moest. Met wat huishoudelijke middelen.

Kritsch duran zijn. Groot dankbaar. En ja nou laten bapieren door het idee dat ie 'nou eenmaal zo hoort'. Dat is de mentaliteit die leeft in het AMC. Als ook jouw zorg niet stept bij de manen van je ziekenhuis en je je ambitie te laus naemt, dan ban je AMC'ers. Kijk wat je kunt bereiken.

Zou je reuma ook zonder medicijnen kunnen behandelen? Het gekke is: het blijkt te kunnen. Met een onderhuidse chip, zo ontdekten...

Het is jouw wereld

[Bron: De Volkskrant, dd. 12/10/13]

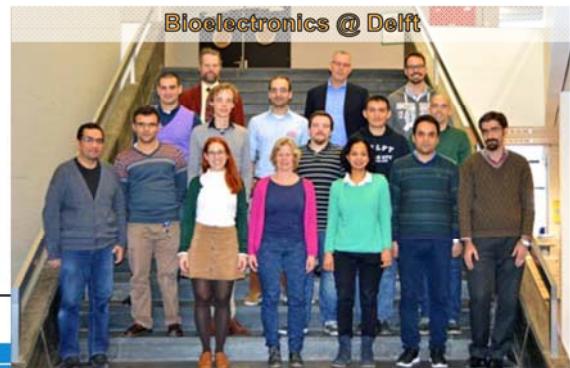
The TU Delft logo consists of a stylized flame icon above the text "TU Delft".

Wouter A. Serdijn

8

Kleinere neurostimulatoren

- Energie-zuiniger stimuleren
- Luisteren naar de (elektrofysiologische) hersen-signalen
- Transcutane draadloze communicatie
- Energie- en vermogens-beheer
- **Energy harvesting**

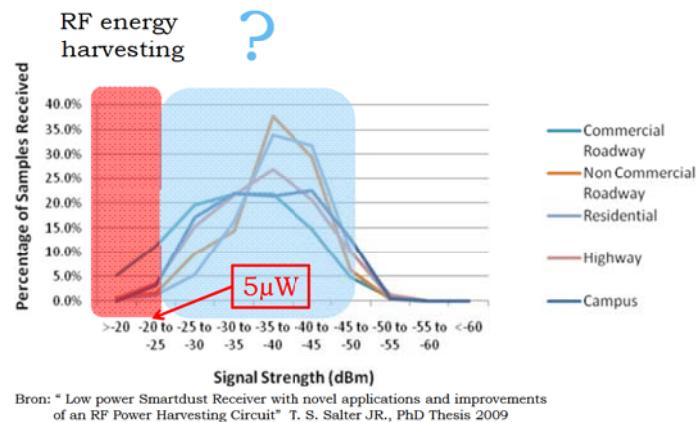


2.

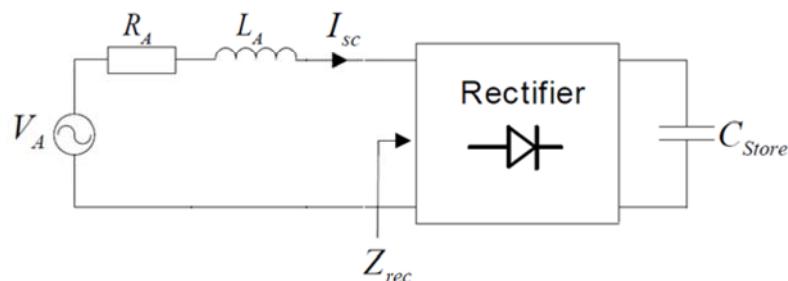
RF energy harvesting

Energy harvesting

Verdeling van peak RF signaal-sterkte:

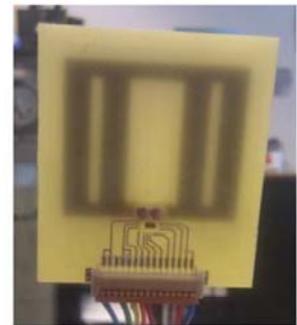
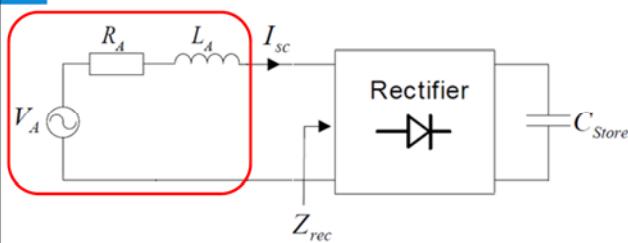


De energy harvester



De antenne

Modellering

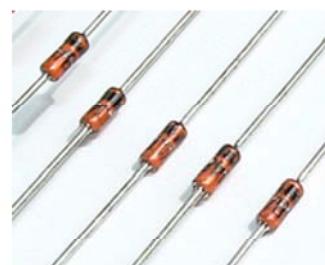
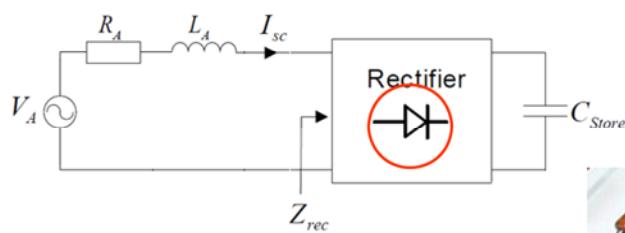


Model van de antenne:

- V_A : de antenne-spanning
- R_A : de antenne-resistantie (weerstand)
- L_A : de antenne-inductantie

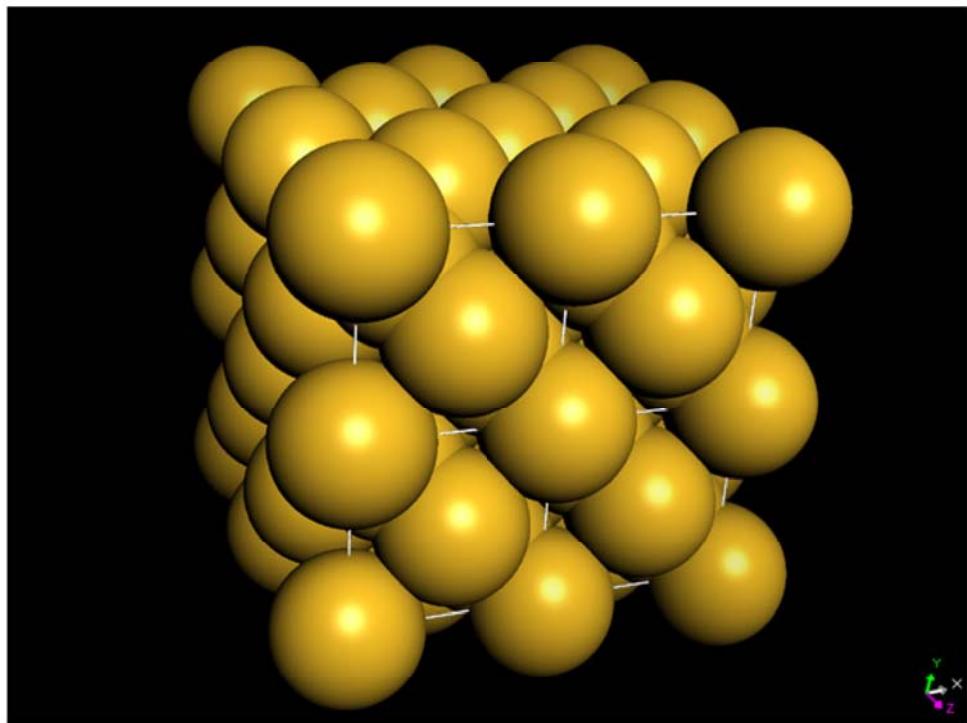
Komen we later op terug

De diode



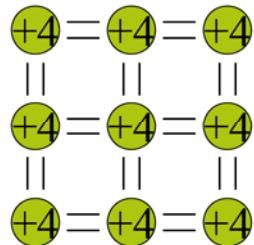
Halfgeleiders (1)

IC-technologie



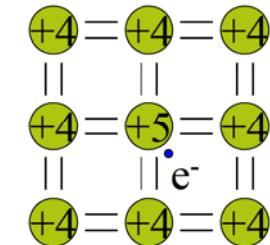
Halfgeleiders (2)

Halfgeleiderphysica

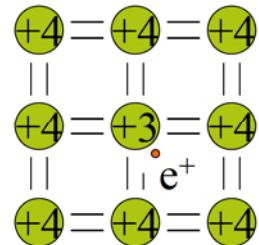


Intrinsiek

silicium
Slechts 1 op de 10^{12}
ladingdragers is vrij



N-silicium

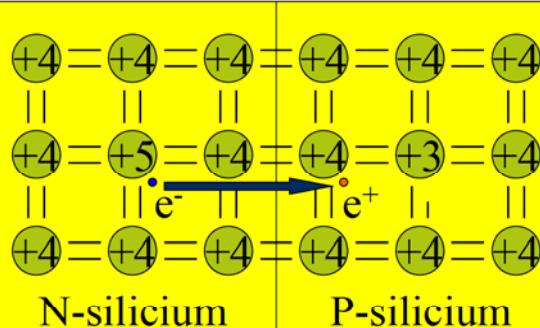


P-silicium

Periodeperiode																	
Ia		Ila		IIA-VA													
H	He	Li	B	Be	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl <td>Ar</td> <th>Ne</th> <th>He</th> <td></td> <td></td> <td></td>	Ar	Ne	He			
Li	Be	Na	Al	Si	P	S	Cl	Ar	Ne	He							
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Hf	Ta	W	Rc	Os	Ir	Pt	Av	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uuu	Uuu										
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Vb	Lu			
AC	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			



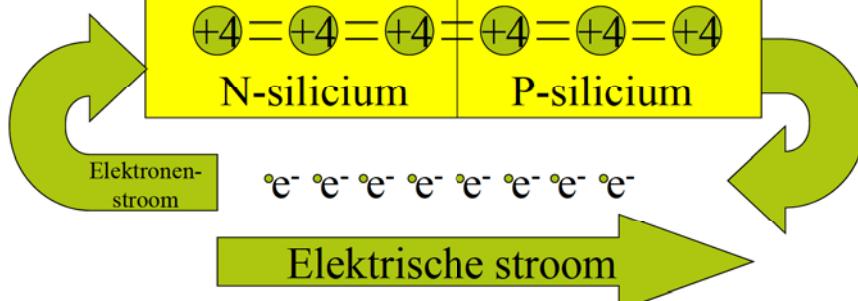
Diode (1)



Elektronenstroom

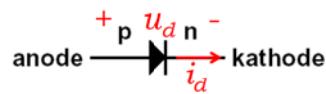
•e- •e- •e- •e- •e- •e- •e- •e-

Elektrische stroom



Diode (2)

Exponentiële functie



$$i_d = I_s e^{qu_d/kT}$$

q : de lading van een elektron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb (C)

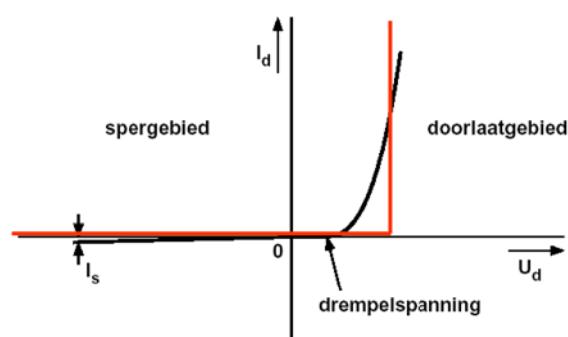
k : de constante van Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$

T : de absolute temperatuur in kelvin (K)

$\frac{kT}{q} = U_T$, de thermische spanning $\approx 25\text{mV}$ bij 300K

Diode (3)

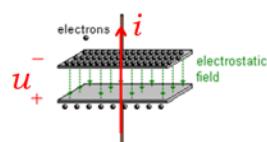
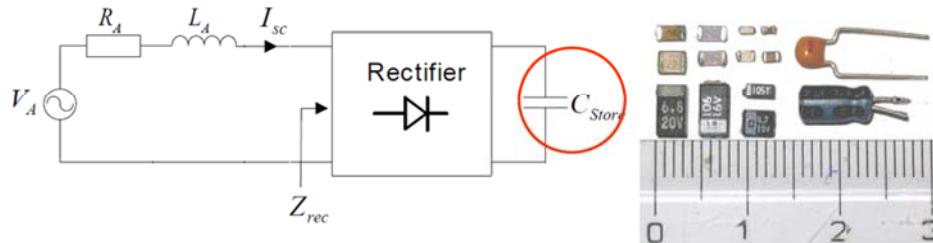
Simplificatie



$$i_d \begin{cases} = 0, & u_d < 0,6\text{V} \\ > 0, & u_d \geq 0,6\text{V} \end{cases}$$

De condensator

Integraal-rekenen
Differentiaal-vergelijkingen



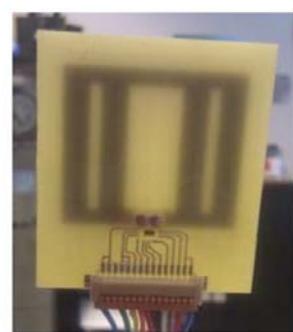
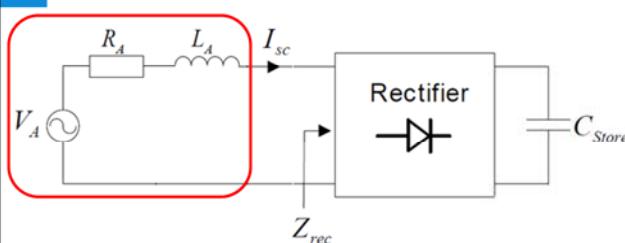
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d}{dt} Cu(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(x) dx = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t_0} i(x) dx + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(x) dx$$

$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(x) dx$$

Max. energie-overdracht

Fasoren
Complexe getallen



Voor maximale energie-overdracht:

$$Z_{rec} \equiv Z_{L_A}^* = (j\omega_{RF} L_A)^* = -j\omega_{RF} L_A = \frac{\omega_{RF} L_A}{j} = \frac{1}{j\omega_{RF} C_{rec}}$$

$$C_{rec} = \frac{1}{\omega_{RF}^2 L_A}, \text{ en}$$

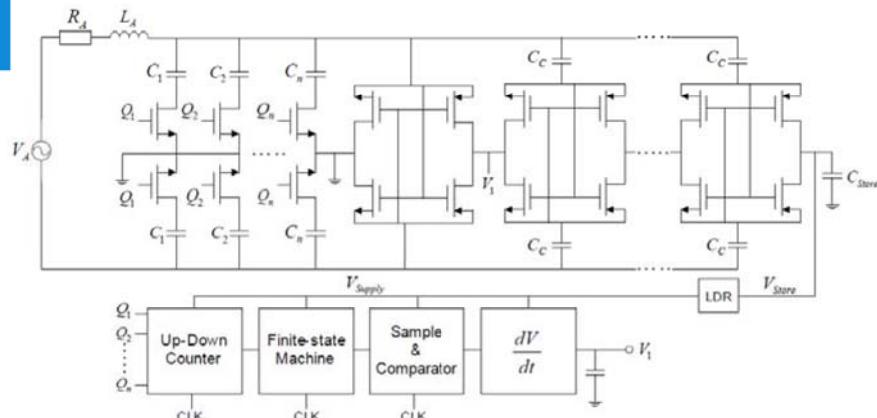
$$j^2 = -1$$

$$R_A = \text{minimaal} \Rightarrow I_{SC} = \frac{V_A}{R_A}$$

Antenne impedantie **10+j400** Ω op 900 MHz

Schema

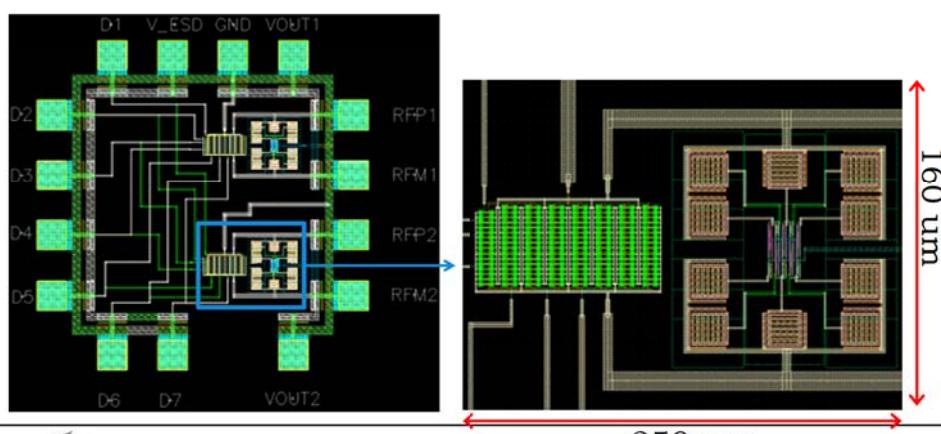
Een eigen taal



IC-plattegrond (layout)

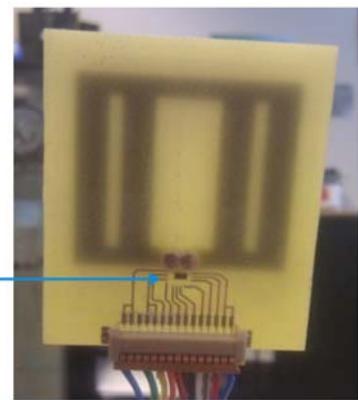
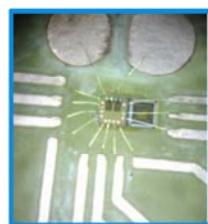
Prototyping

TSMC 90 nm, 250 $\mu\text{m} \times 160 \mu\text{m}$



Antenne-IC co-design

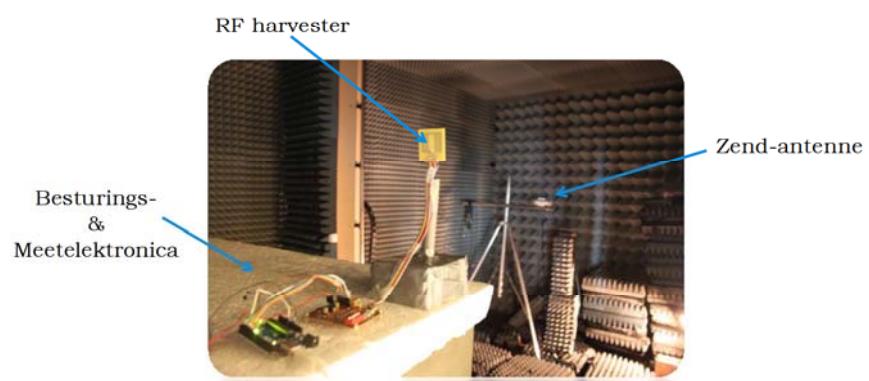
Co-design



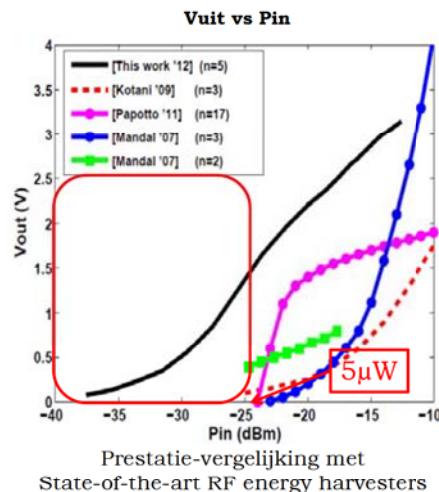
Meet-opstelling

Metingen

Delft University Chamber for Antenna Test (DUCAT)

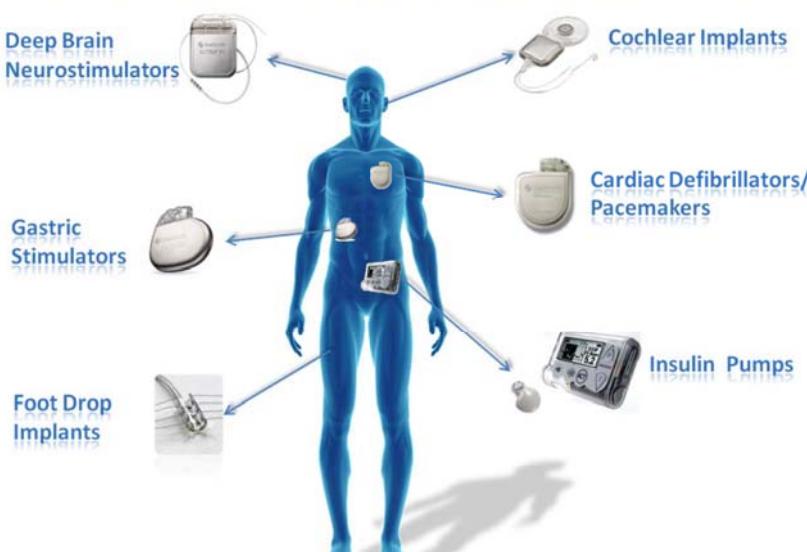


Meetresultaten



- Uitstekende prestatie over een groot bereid van ingangs-vermogens
- Met -30 dBm (700mV) 68m bereik voor een 4W baken
- Goedkoop:
 - Standaard 90 nm CMOS technologie,
 - Geen calibratie vereist

WIRELESS IMPLANTABLE MEDICAL DEVICES



3.

Waar het allemaal toe kan leiden...

Medische impact (1)

- Betere behandeling van incontinentie
- **Gehoor-herstel (cochleair implantaat)**
- Evenwichts-herstel (vestibulair implantaat)
- Gezichts-herstel (oculair implantaat)
- Beter begrip van het perifere zenuwstelsel
- Betere behandeling van pijn (ruggemerg-implantaat)
- **Beter begrip van het centrale zenuwstelsel**
- **Beter begrip van de hersenen**
- Betere hersen-machine interfaces



Medische impact (2)

- Betere behandeling van hersenaandoeningen
 - **Tinnitus (oorsuizen) en auditieve hallucinaties,**
 - **Verslavingen (o.a. alcoholisme),**
 - Tremoren, Parkinson, dystonie,
 - Incontinentie,
 - **Migraine, cluster-hoofdpijn en andere vormen van hoofdpijn,**
 - Psychoneuroimmunologische aandoeningen,
 - Chronische, fantoom- en neuropathische pijn,
 - Depressies, manies,
 - OCD spectrum-aandoeningen
 - PTSD en dwangneurosen
 - Schizofrenie
 - **Epilepsie**
 - Autisme,
 - Dementie, inclusief Alzheimer
 - Tourette's syndroom, boulemie, anorexia

[Bron: C.O. Oluigbo, A.R. Recai, Addressing Neurological Disorders With Neuromodulation, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 58, No. 7, July 2011]

Conclusies beter worden met elektriciteit

- Neurostimulatie:
 - Klein
 - Energie-zuinig
- RF energy harvesting:
 - Complexe getallen
 - Exponentiële functies
 - Differentiaalvergelijkingen
 - IC-technologie
 - Prototype
 - Metingen
- Autonome draadloze implanteerbare medische apparaatjes
- Medische impact

Dank jullie voor jullie aandacht!