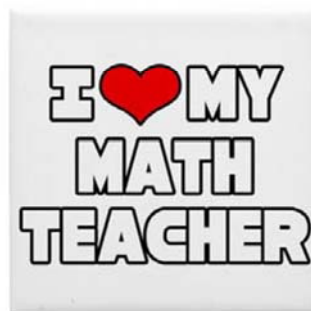




Aanleiding tot deze presentatie

- 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



Jullie goede werk is voor ons echt heel belangrijk!

Bianca Saez, lijdend aan Tourette's syndroom

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



TU

3

1.

Neurostimulatie

TU Delft

Wouter A. Gerdijn

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 geïmplanteerd in de hersenen

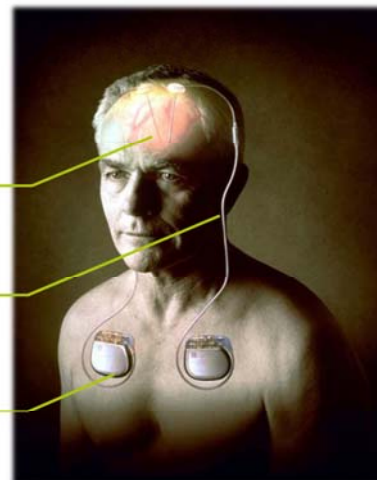
- Onderdrukken ongewenste activiteit
- Genereren therapeutische activiteit
- (in de toekomst) moduleren activiteit

Draden (leads)

- Verbinden elektroden en puls-generator

Puls-generator in de borstkas

- Genereert elektrische pulsen



Met dank aan Medtronic, Inc.

Neurostimulatie

De toekomst



Dit is geen chip!
Dit is een printplaatje

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

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

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

Kleinere neurostimulatoren

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

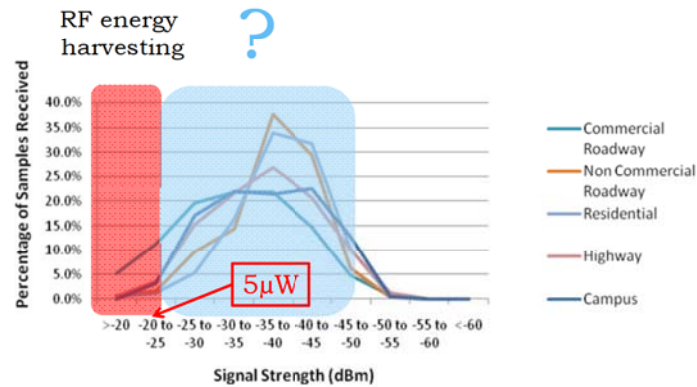


2.

RF energy harvesting

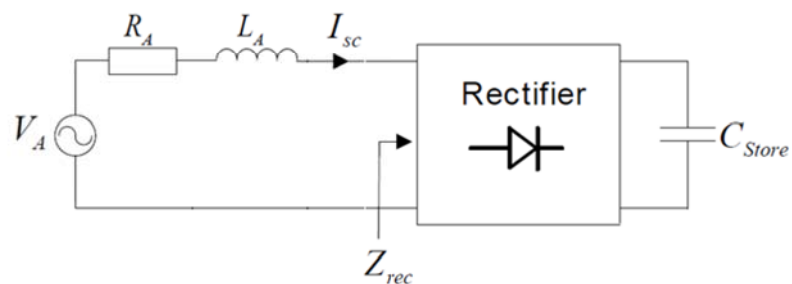
Energy harvesting

Verdeling van peak RF signaal-sterkte:



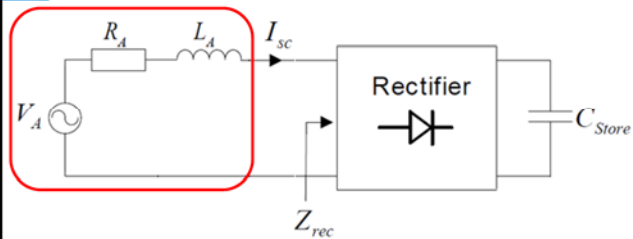
Bron: " Low power Smartdust Receiver with novel applications and improvements of an RF Power Harvesting Circuit" T. S. Salter JR., PhD Thesis 2009

De energy harvester



De antenne

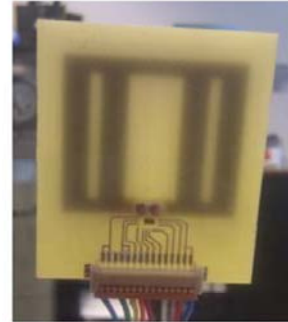
Modelling



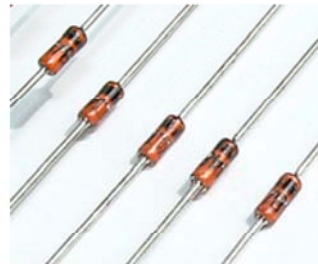
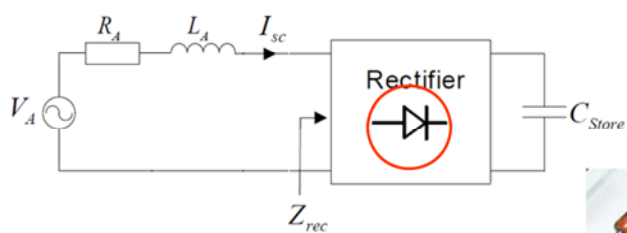
Model van de antenne:

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

Komen we later op terug

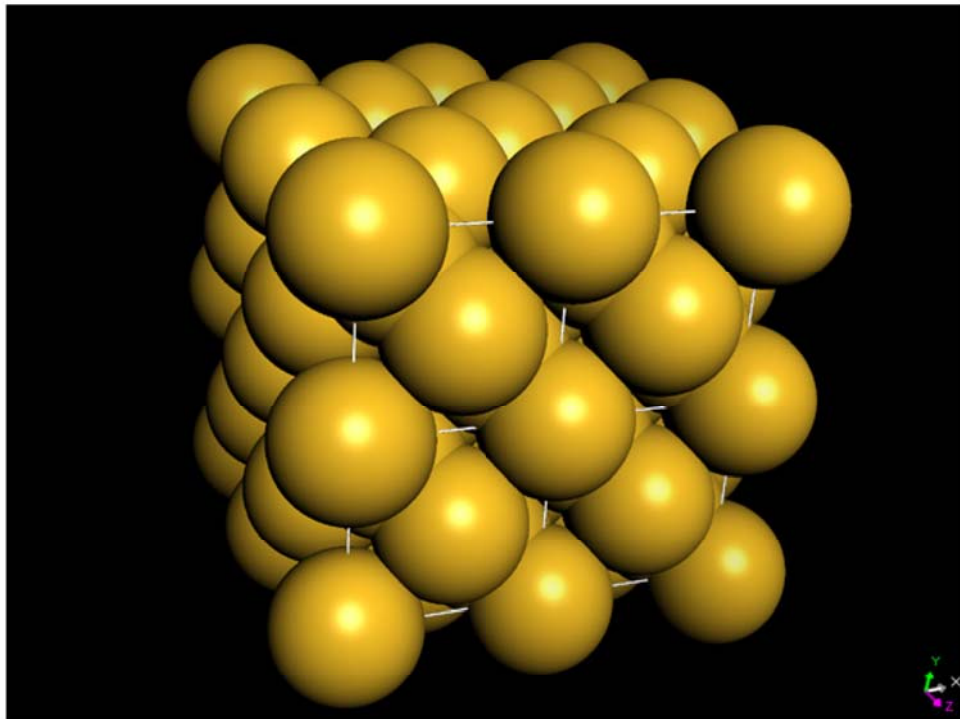


De diode



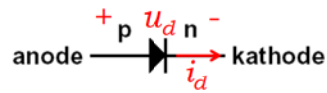
Halfgeleiders (1)

IC-technologie



Diode (2)

Exponentieële functie



$$i_d = I_s e^{q u_d / k T}$$

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

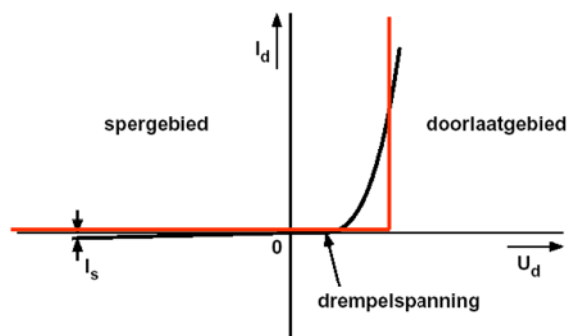
k : de constante van Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$

T : de absolute temperatuur in kelvin (K)

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

Diode (3)

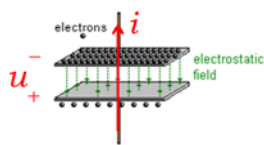
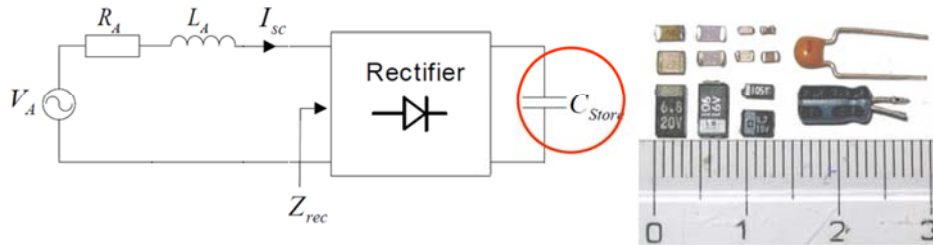
Simplificatie



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

De condensator

Integraal-rekenen
Differentiaal-vergelijkingen



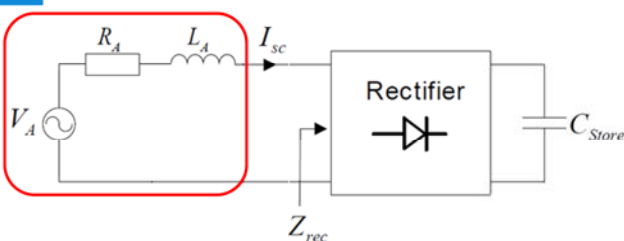
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d}{dt} Cu(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

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

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

Max. energie-overdracht

Fasoren
Complexe getallen



Voor maximale energie-overdracht:

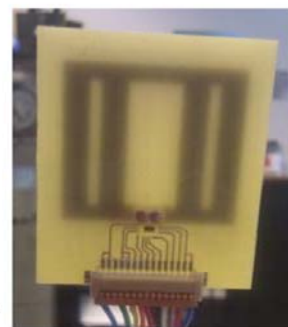
$$Z_{rec} \equiv Z_{L_A}^* = (j\omega_{RF} L_A)^* = -j\omega_{RF} L_A = \frac{\omega_{RF} L_A}{j} = \frac{1}{j\omega_{RF} C_{rec}}$$

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

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

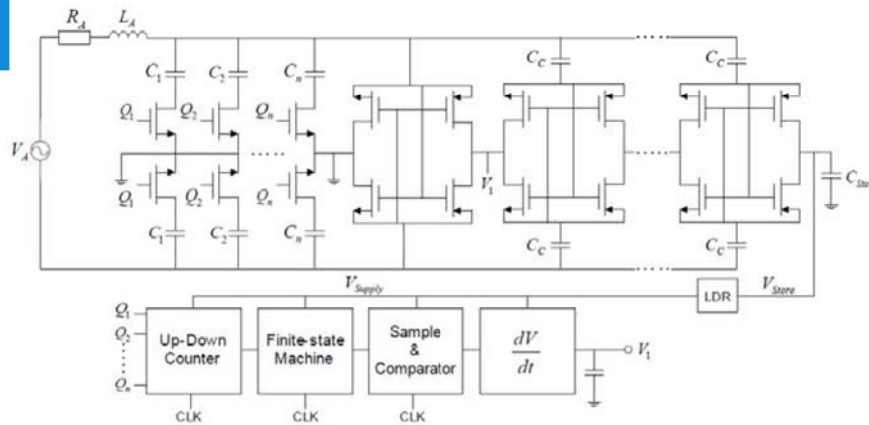
Antenne impedantie $10 + j400 \, \Omega$ op 900 MHz

$$j^2 = -1$$



Schema

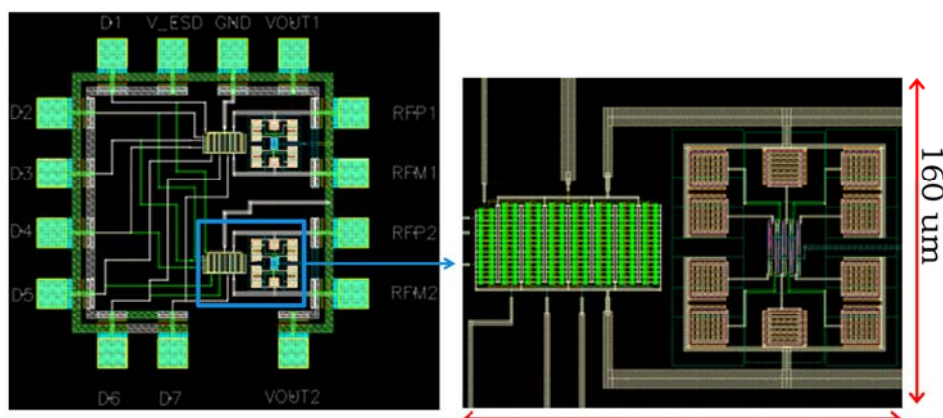
Een eigen taal



IC-plattegrond (layout)

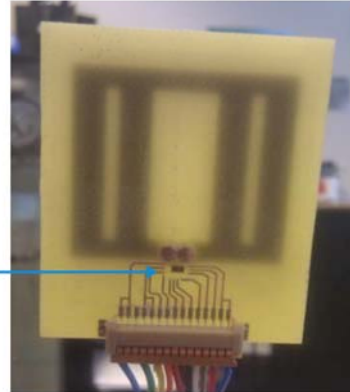
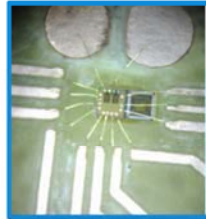
Prototyping

TSMC 90 nm, 250 um x 160 um



Antenne-IC co-design

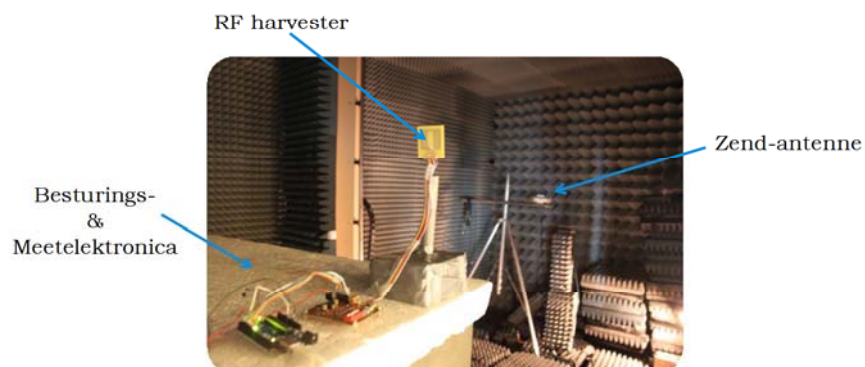
Co-design



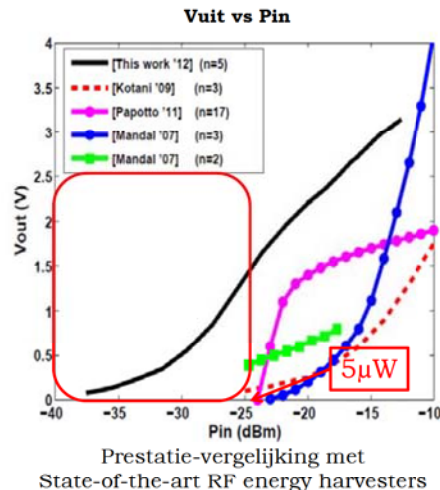
Meet-opstelling

Metingen

Delft University Chamber for Antenna Test (DUCAT)

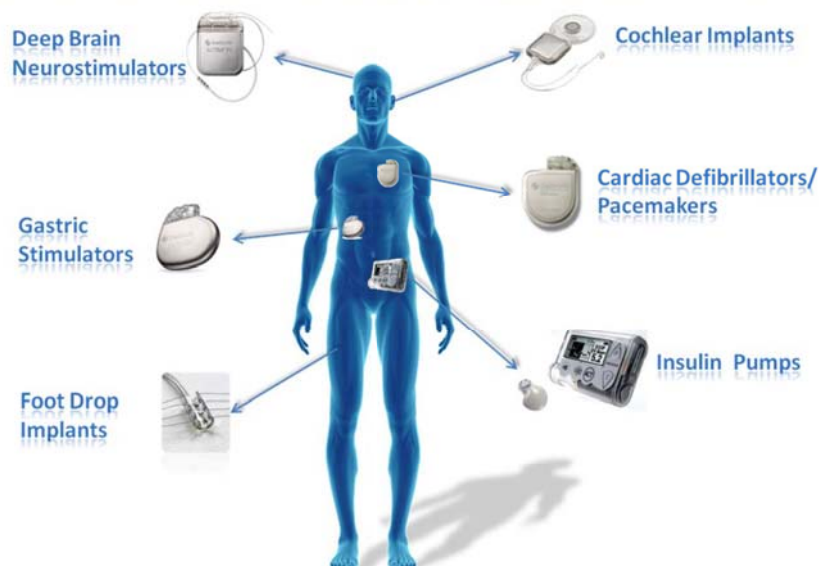


Meetresultaten



- Uitstekende prestatie over een groot bereik 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)

- Beter 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
 - Exponentiele functies
 - Differentiaalvergelijkingen
 - IC-technologie
 - Prototype
 - Metingen
- Autonome draadloze implanteerbare medische apparaatjes
- Medische impact

Dank jullie voor jullie aandacht!