

# **Laborationsrapport**

TIF081B - Elektrisk Mätteknik del B för F2  
Våren 2019

Laborationsnamn : Snabba förlopp

Uppgiftsnummer : Uppgift 3

Antal sidor: 16

Antal ord: 1695

Studentnamn: Olof Cronquist

KursID: X26 Email: olfcr@student.chalmers.se

Studentnamn: Nils Patriksson

KursID: X24 Email: panils@student.chalmers.se

Information : Inget att deklarera.

Förstudieinlämning : 2019-04-23

Förstudiesamtal : 2019-04-25

Laboration : 2019-04-02

# Tillverkning av pulsgenerator med kvicksilverfuktat relä och kabelbesiktning med TDR-teknik

Olof Cronquist ([olofcr@student.chalmers.se](mailto:olofcr@student.chalmers.se)) och  
Nils Patriksson ([panils@student.chalmers.se](mailto:panils@student.chalmers.se))

23 maj 2019

## Sammanfattning

Rapporten beskriver tillverkning och testning av en pulsgenerator som ger rektangulära pulser med pulslängd 15 ns och amplitud 5 V. Pulsgeneratorns viktigaste komponenter var ett kvicksilverfuktat relä och en partvinnad kabel tillverkad av stubintråd. Pulslängden ändrades med kabelns längd och pulslängden 15.0 ns uppnådes. Pulsamplituden valdes till 5 V och kunde varieras med en likspänningsskälla. Dessutom användes TDR-teknik (Time Domain Reflectometry) för att analysera impedansvariationer i kablar med instrumentet Tektronix 1503C MTDR som skickar pulser och mäter längden till och amplituden hos reflektionerna. Med hjälp av en referenskabel kunde en skarvs position identifieras och den bortre kabelns impedans och längd beräknas. Även transienta kabelvariationer kan med denna metod lokaliseras och diagnostiseras.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>1</b>
2.1	Grunduppgift . . . . .	1
2.2	Extrauppgift . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>3</b>
3.1	Försöksuppställning . . . . .	3
3.1.1	Grunduppgift . . . . .	3
3.1.2	Extrauppgift . . . . .	3
3.2	Utförande . . . . .	4
3.2.1	Grunduppgift . . . . .	4
3.2.2	Extrauppgift . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>6</b>
4.1	Grunduppgift . . . . .	6
4.2	Extrauppgift . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>9</b>
5.1	Grunduppgift . . . . .	9
5.2	Extrauppgift . . . . .	9
	<b>Referenser</b>	<b>10</b>
<b>A</b>	<b>Labblogg för 2019-04-02</b>	<b>11</b>

# 1 Introduktion

En pulsgenerator har många tillämpningar i bland annat mätinstrument, mikroskopi och sjukvård. Pulslängder på några nanosekunder kan uppnås och spänningen även väljas med enkla komponenter. Rapporten behandlar tillverkningen av en pulsgenerator med så nära 15 ns pulslängd som möjligt. Pulsens amplitud ska vara 5 V där repetitionsfrekvensen bestäms av till- och frånslagsfrekvensen hos reläet. Hur pulslängd och pulsens spänning kan varieras behandlas även i rapporten. Dessutom inkluderar rapporten en tillämpning till pulsgeneratorer, nämligen TDR-teknik. Detta är då reflektion och dämpning används för att analysera en kabel. En metod för att upptäcka skarvar, avbrott, kortslutningar och impedans i en otillgänglig kabel har testats och evaluerats. Även transienta fel har registrerats med metoden.

# 2 Teori

## 2.1 Grunduppgift

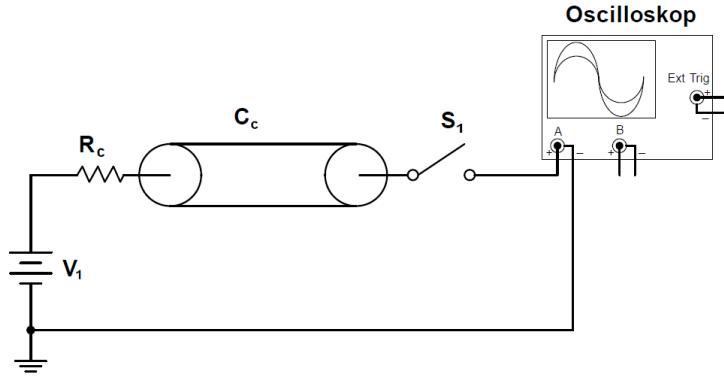
En rektangulär puls kan genereras med destruktiv interferens av två vågor i en kabel [1], se figur 1. DC-källan  $V_1$  laddar upp den partvinnade kabeln  $C_c$ . När reläet  $S_1$  sluts delas spänningen mellan partvinnade kabelns impedans  $Z_c$  och oscilloskopskabelns impedans  $R_{osc}$ . En våg propagerar mot  $R_c$  och en mot oscilloskopet med negativ respektive positiv spänning på cirka halva  $V_1$ :s spänning, om  $Z_c \approx R_{osc}$ . Vid  $R_c$  reflekteras majoriteten av negativa spänningsvågen i fas enligt [2]

$$\gamma = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (1)$$

och interfererar destruktivt tillbaka mot oscilloskopet vilket ger en rektangulär puls. Pulslängden beror på propagationstiden fram och tillbaka genom  $C_c$ . Alltså beror pulslängden på kabelns kapacitans  $C$  och induktans  $L$  per meter och kabellängden  $X$ . Detta förhållande kan i en kabel utan förluster skrivas som [2]

$$2 \cdot X = \Delta t \cdot v = \Delta t \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (2)$$

Godtycklig pulstid  $\Delta t$  fås med lämpliga  $X$ ,  $L$  och  $C$ .



Figur 1: Uppställningen i grunduppgiften.  $V_1$  är en DC-källa,  $R_c$  en resistor,  $C_c$  en partvinnad kabel och  $S_1$  ett relä.

## 2.2 Extrauppgift

Impedansvariationer i kablar kan detekteras med ett Tektronix 1503C MTDR (Metallic Time Domain Reflectometer) utan fysisk besiktning. Instrumentet sänder pulser och detekterar pulsens reflektioner vid impedansförändringar. Instrumentet behöver propogationshastigheten för att beräkna avståndet till pulsreflektioner. Den bestäms genom att vrida på propagationshastighetens reglage tills rätt längd detekteras på en referenskabel. Propagationshastigheten avläses på vredet som procent av ljushastigheten [3].

Om en reflektion är inverterad eller ”rättvänd” beror på impedansen  $Z_1$  i ledningen vågen kommer ifrån och på impedansen  $Z_2$  vågen möter. Detta sker enligt ekvation 1. Notera att om  $Z_2 < Z_1$  så är  $\gamma < 0$  och vice versa.

Med detta går det också att bestämma impedansen i den bortre kabeldelen genom att titta på magnituden av den reflekterade vågen. Magnituden på den reflekterade vågen kan mätas med till exempel en Tektronix 1503C MTDR men för mer noggrann mätning behöver även dämpning i kabeln tas i beaktande [3]. Denna kan beräknas genom ansättningen

$$u_{TDR} = u_0 \cdot 10^{\frac{\alpha \cdot X}{20}} \cdot \gamma \cdot 10^{\frac{\alpha \cdot X}{20}} = u_0 \cdot \gamma \cdot 10^{\frac{\alpha \cdot X}{10}} \quad (3)$$

där  $\alpha$  är en dämpningskonstant med enheten [dB/m],  $X$  är kabelns längd och  $u_{TDR}$  respektive  $u_0$  är uppmätta respektive den utsända pulsmagnituden. Enligt manualen till Tektronix 1503C MTDR [3] så beror dämpningen på pulslängden vilket gör att den inte kan ändras godtyckligt om dämpningen

uppmäts.

## 3 Metod

### 3.1 Försöksuppställning

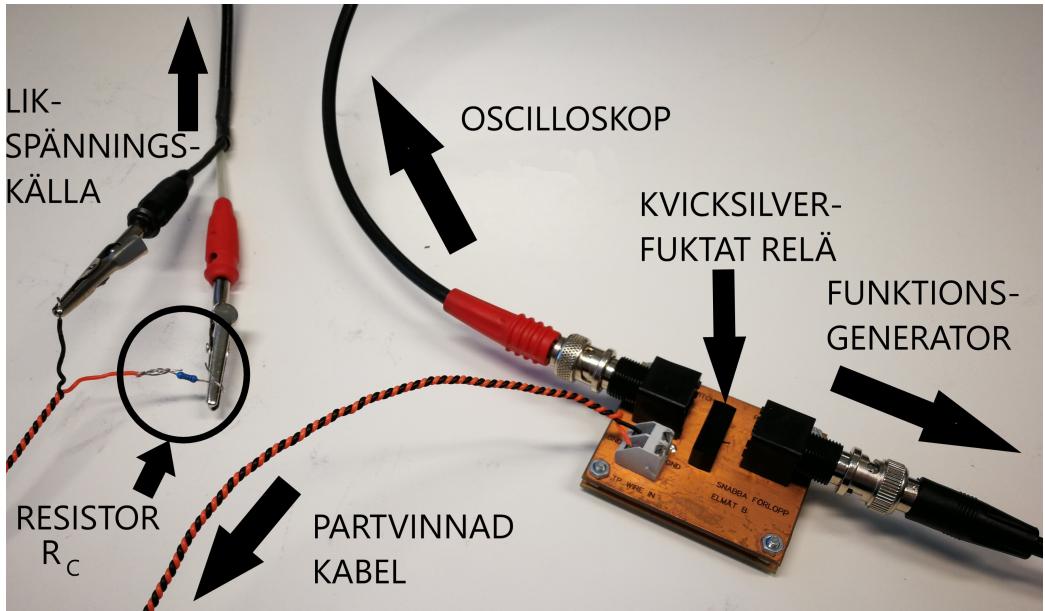
#### 3.1.1 Grunduppgift

För att generera en rektangulär puls med längd 15 ns och amplitud 5 V användes uppställningen som ses i figur 1 och figur 2. En likspänningsskälla på 12.4 V kopplades till en resistor  $R_c = 10 \text{ M}\Omega$ , vars impedans var storleksordningar större än  $R_{osc}$  ( $R_c \gg R_{osc}$ ). Sedan kopplades den partvinnade kabeln mellan  $R_c$  och det kvicksilverfuktade reläet  $S_1$ . Kopplingen mellan likspänningsskällan och resistorn/partvinnade kabeln gjordes med banankablar och krokodilklämmor för att minimera reflektioner som annars uppkom i en kopplingsplatta. Resistorn tvinnades ihop med ledaren som inte var jord hos den partvinnade kabeln. Material till den partvinnade kabeln var stubintråd (tunn isolerad enkelledare).

Till reläet kopplades direkt ett oscilloskop Tektronix TDS5104B med inimpedans  $50 \Omega$ . För att spänningsdelningen skulle bli så symmetrisk som möjligt var det attraktivt att den partvinnade kabelns impedans var så nära  $50 \Omega$  som möjligt.

#### 3.1.2 Extrauppgift

I extrauppgiften användes instrumentet Tektronix 1503C MTDR för att mäta reflektioner från impedansförändringar i en kabel. Kabeluppställningen bestod av en RG58-kabel med okänd längd som var skarvad med en kabel av okänd typ och okänd längd, se figur 3. En RG58-kabel med längd 20 m fanns att tillgå för att användas som referens. För att mäta transienta fel användes samma uppställning men en oberoende labbassistent framkallade de transienta felet.



Figur 2: Uppkoppling av pulsgeneratorn. Den partvinnade kabeln är 95 cm lång.

## 3.2 Utförande

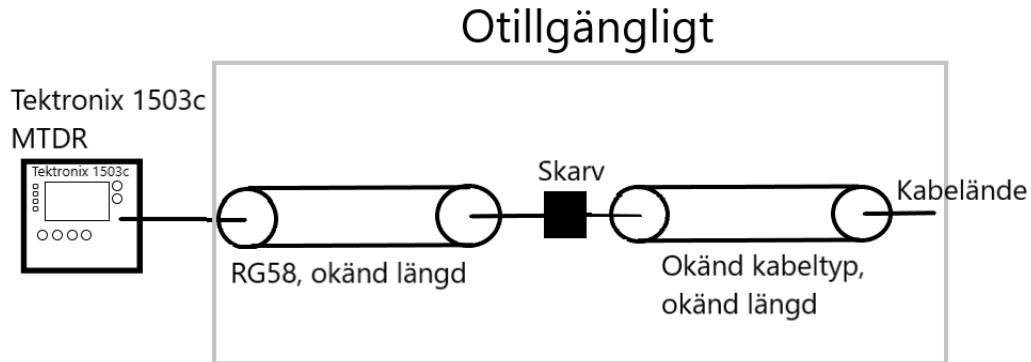
### 3.2.1 Grunduppgift

Pulsens längd och amplitud beror av den partvinnade kabelns egenskaper, bland annat dess impedans, som i sin tur beror av diametern  $D$  för ledarna inuti kablarna, avståndet  $s$  mellan de två ledarna och den dielektriska konstanten  $e_r$  enligt Multi-teknik Mönsterkort [4] och EETech [5],

$$Z_{partvinnad} = \frac{120}{\sqrt{e_r}} \cdot \ln \left( \frac{2s}{D} \right) \Omega \quad (4)$$

$$T_{födröjning} = 33.3 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{e_r} \text{ ns/cm.} \quad (5)$$

Eftersom det endast fanns en typ av stubintråd kunde  $Z_{partvinnad}$  och  $T_{födröjning}$  bara påverkas av tvinningsgraden. Två stubintrådar tvinnades stegvis med hjälp av en borrmaskin och mellan tvinningarna testades pulsgeneratorn. Det kunde konstateras att impedansen minskade desto mer tvinnad den partvinnade kabeln var, men impedansen var alltid över  $50 \Omega$ . Detta kunde ses på oscilloskopet genom att större tvinningsgrad gav större amplitud hos pulsen och "undershoot" blev mindre, se avsnitt 5.1. Alltså ska den partvinnade kabeln vara så tvinnad som möjligt och därmed är det endast längden som påverkar pulstiden.



Figur 3: Försöksuppsättning extrauppgift. In i Tektronix 1503C kopplades en RG58 kabel med okänd längd som sedan var skarvad med en kabel av okänd typ och okänd längd.

För att hitta en ungefärlig längd för den partvinnade kabeln användes hem-sidan *Twisted-Pair Impedance Calculator* [5] med relativ dielektrisk konstant  $e_r = 2.5$ , kabeldiameter  $D = 1 \text{ mm}$  och kabelseparation  $s = 2 \text{ mm}$  för stubintråden. Fördräjningen blev  $0.05 \text{ ns/cm}$  och därmed behövdes en kabel på cirka 140 cm för att få en pulslängd på 15 ns. Stubintråd tvinnades till en partvinnad kabel som var något längre än 140 cm och kortades sedan ner tills en pulslängd på 15 ns kunde avläsas på oscilloskopet. Pulsamplituden 5 V kunde avläsas på oscilloskopet då likspänningssällan gav 12.4 V. Impedansen i partvinnade kabeln beräknades enligt samma metod som presenteras i extrauppgiften. Kabelkopplingarna var då i ordningen RG58-kabel, banankablar, krockodilklämmor och partvinnad kabel, se labbloggens blad 8.

För att generera flera pulser slogs reläet på och av upprepade gånger med en funktionsgenerator som genererade sinusvågor med frekvens 25 Hz och amplitud 6 V. Detta var 1/4 av reläets maximala frekvens [6].

### 3.2.2 Extrauppgift

För att detektera en skarv i en otillgänglig kabel utfördes först mätningar på en referenskabel med instrumentet Tektronix 1503C MTDR. Genom att vrida propogationshastigheten  $v_p$  till 0.65 så stämde längdangivelsen på instrumentet med kabelns längd [3]. Därefter kunde de otillgängliga kablarna undersökas. Skarven detekterades som en positiv reflekterad puls på skärmen och längden till skarven avlästes på skärmen till 35 m. I enlighet med manuallen definierades längden som längden till början av förhöjningen på skärmen [3].

För att bestämma impedansen i den bortre kabeln krävdes ett mellansteg. Först bestämdes dämpningskonstanten  $\alpha$  i närkabeln med hjälp av ekvation 3 och undersökning av referenskabeln (samma typ som närkabeln). Propagationslängden  $X$  var längden på referenskabeln, alltså 20 m och på skärmen uppmättes ursprungspulsen  $u_0 = 98.0 \text{ dB}$  och den detekterade pulsen  $u_{TDR} = 64.4 \text{ dB}$ .  $\gamma_{ref} = 1$  då referenskabeln avslutades med avbrott vilket ger totalreflektion. Dessa värden gav

$$\alpha = \frac{10}{X} \log_{10} \left( \frac{u_{TDR}}{u_0 \gamma_{ref}} \right) \approx -0.09117 \text{ dB/m}. \quad (6)$$

Därefter kunde impedansen i den bortre kabeln beräknas enligt ekvation 7.  $Z_1$  är närkabelns impedans och  $50 \Omega$  då detta var en RG58-kabel. Den reflekterade pulsens amplitud  $u_{TDR}$  och den ursprungliga pulsens amplitud  $u_0$  uppmättes på instrumentet varvid även längden  $X$  till skarven erhölls.

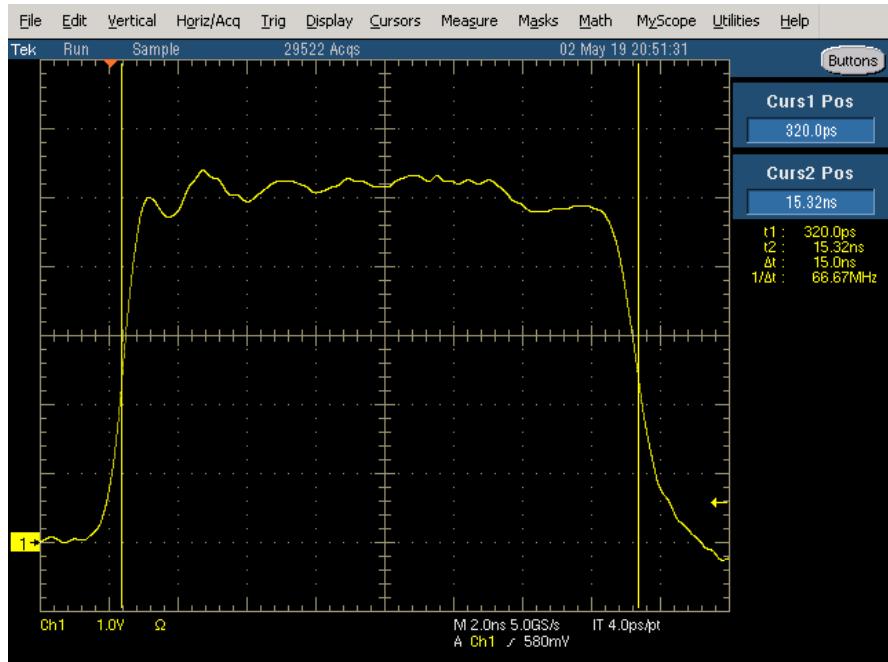
$$Z_2 = Z_1 \cdot \frac{1 + \gamma}{1 - \gamma}, \text{ där } \gamma = \frac{u_{TDR}}{u_0 \cdot 10^{\frac{\alpha X}{10}}}. \quad (7)$$

För att hitta transinta fel i kabeln användes funktionen "Max Hold" på instrumentet Tektronix 1503C MTDR. Först testades olika avslutningar på referenskabeln för att verifiera igenkänningstecknen för olika kabelavslut, se labblogg blad 9. Sedan påbörjades en kort fikarast varefter ett transient fel skapat av den oberoende labbassistenten kunde detekteras och analyseras.

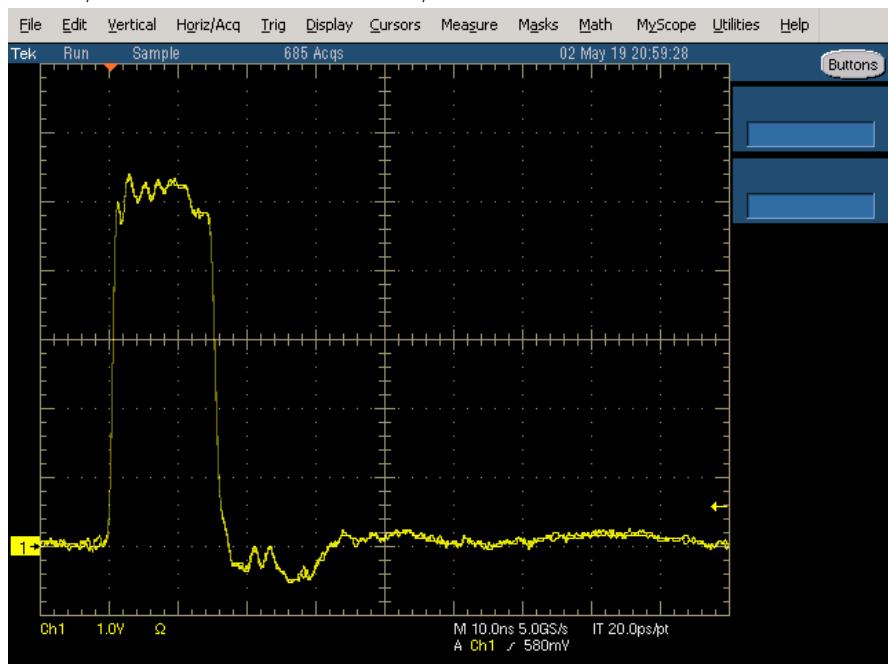
## 4 Resultat

### 4.1 Grunduppgift

Resulterande puls med den konstruerade pulsgeneratorn visas i figur 4. Om pulsens längd definieras som från 50 % av pulsens maxamplitud på stigsidan till detsamma på fallsidan så fås en pulslängd på precis 15.0 ns enligt oscilloskopet. Observera det negativa ripplet, "undershoot", efter pulsen, det nästan obefintliga "overshoot" i början av pulsen och pulsamplituden 5 V. För att uppnå denna pulslängd på 15.0 ns var den partvinnade kabelns längd 95 cm och dess impedans  $92.8 \Omega$ , vilket kan jämföras med de teoretiska värdena från ekvation 4 och ekvation 5 som gav 140 cm respektive  $105 \Omega$ .



(a) Den eftertraktade pulsen av längd 15.0 ns och amplitud 5 V. Skalan är 1 V/ruta i vertikalled och 2 ns/ruta i horisontalled.



(b) Den eftertraktade pulsen och rippel efter pulsen. Observera den negativa spänningen efter pulsen. Skalan är 1 V/ruta i vertikalled och 10 ns/ruta i horisontalled.

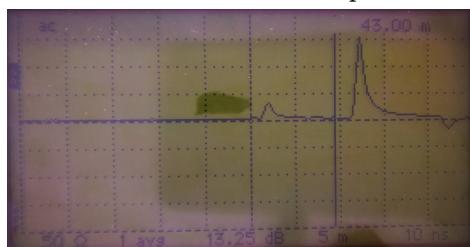
Figur 4: Den tillverkade pulsgeneratornens puls visad på oscilloskopet.

## 4.2 Extrauppgift

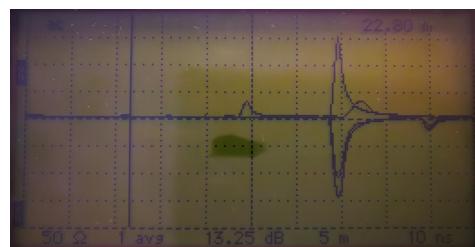
Till att börja med beräknades den okända kabelns impedans genom de steg beskrivna i utförandet. Impedansen blev  $75.5 \Omega$  vilket är nära impedansen i till exempel en RG59 koaxialkabel som har  $75 \Omega$  [7]. Detta stämde då det efter inspektion observerades att det var en RG59-kabel som var den bortre kabeln. I figur 5a visas vågformen som analyserats för att bestämma impedansen i en okänd bortre kabel. Vågformen innan det transienta felet och efter det transienta felet redovisas i figur 5b respektive 5c.



(a) Vågformen för den okända kabeln vars impedans beräknades. Observera att den vänstra förhöjningen är skarven mellan närr-och fjärrkabeln och den högra änden där en kapacitans var anslutet.



(b) Vågform för det okända kabelsystemet med avbrott i slutet. Vågformen är innan några transinta fel observerats.



(c) Vågform för det okända kabelsystemet med "Max Hold"-funktionen aktiverad. Vågformen är efter att transinta felet uppstått.

Figur 5: Figurer över de reflektioner som instrumentet Tektronix 1503C MT-DR visade under extrauppgiften.

Det transinta felet som efter analys kunde utrönas var att en kortslutning anslutits på änden av kabeln. Detta verifierades av labbassistenten som korrekt. De andra vågformerna som registrerats uppkom under omkopplingen av kabeländen.

## 5 Diskussion

### 5.1 Grunduppgift

Pulslängd och pulsamplitud följde mycket väl kravspecifikationen på 15 ns pulslängd och 5 V pulsamplitud. Genom att kopplingsplattan byttes ut mot krokodilklämmor minimerades även ytterligare reflektioner och ”overshoot” eller ”undershoot” blev små om man jämför med referenslitteratur såsom Miller och Smith [1].

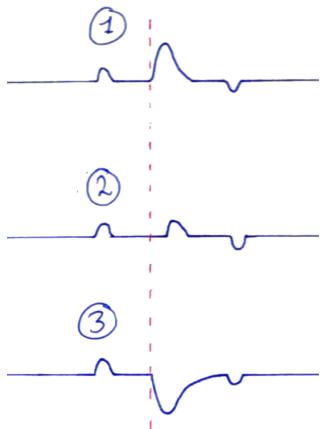
Mängden ”undershoot” har att göra med impedansskillnaden mellan partvinnade kabeln och oscilloskopskabeln. När något högre spänning propagerar åt  $R_C$ -hålet och reflekteras kommer även något högre spänning än 5 V ta ut den spänning som propagerar mot oscilloskopshålet. Därför behöver den partvinnade kabelns impedans vara så nära oscilloskopskabelns som möjligt för att minimera ”undershoot”. Mängden ”overshoot” beror förmodligen på reläets förmåga att sluta med minimala transienter.

Vad gäller överensstämmelsen mellan beräknad kabellängd (140 cm) och den konstruerades (95 cm) så påverkas det av den dielektriska konstanten i höljet enligt ekvation 5. Om en noggrannare beräkning behövs så behöver  $\epsilon_r$  uppskattas mer noggrann. Impedansen skiljer sig också men endast lite. Skillnaden beror dels på tynningsgraden, dels på storleken och avståndet mellan ledarna och dels på den relativ dielektriska konstanten enligt ekvation 4.

### 5.2 Extrauppgift

Impedansen i den okända kabeln bestämdes med god noggrannhet då det endast skilje 0.5 Ω mellan den uppmätta impedansen och den sanna, vilket är ungefär 0.7 % avvikelse. En viktig felkälla kan vara den analoga avläsningen av värdet på instrumentet som sköttes så bra som möjligt.

Då de transienta felen skulle upptäckas så erhölls vågformen i figur 5c. Det finns ett alternativt transient förlopp som skulle kunna förklara vågformen. Förloppet är då först en 1 m lång RG59-kabel avslutad med en resistans med  $75 \Omega < R < \infty$  kopplas på kabeländen. Sedan kortsluts kabeländen (utan 1 meters tilläggskabel). Detta ger vågformen i figur 6 där de tre vågformerna superpositionerade ger den registrerade vågformen i figur 5c. Detta förlopp var dock inte det som skedde enligt labbassistenten och därför är (2) i figur 6 förmodligen något som uppstått då labbassistenten kopplade om i kabeländen.



Figur 6: Möjligt transient fel som kan registrerats. (1) är den ursprungliga kabeln, (2) då en resistans efter ytterliggare 1 meter RG59-kabel kopplas in och (3) då kabeländen istället kortsluts.

## Referenser

- [1] M. K. Miller och G. D. Smith, “Atom probe microanalysis: Principles and applications to materials problems”, s. 37–59, 1989.
- [2] C. Nordling och J. Österman, *Physics handbook : elementary constants and units, tables, formulae and diagrams and mathematical formulae*. Studentlitteratur, 1987, ISBN: 91-44-16574-9. URL: <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b1048756&site=eds-live&scope=site>.
- [3] Tektronix Inc., *User Manual Tektronix 1503C Metallic Time-Domain Reflectometer*, March. 1996.
- [4] MULTI-TEKNIK Mönsterkort AB, *Twisted pair impedance*, 2017. URL: <http://www.multek.se/index.php?page=twisted-pair-impedance>.
- [5] EETech All About Circuits, *Twisted-Pair Impedance Calculator*. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/tools/twisted-pair-impedance-calculator/>.
- [6] General Instrument, “Clare MSS-4 Subminiature Single-In-Line ‘All-Position’ Wetted Reed Relays”, i, kap. Specificat.
- [7] Wikipedia, *Koaxialkabel*, 2016. URL: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Koaxialkabel>.

# A Labblogg för 2019-04-02

## Blad 1

Labblogg Snabba portor  
2 Maj 2019

Id 0800 kommer hit, startar Salter  
0830 inledande uppgift. Nämnet pulsen är 8013B  
oscilloskop TDS504B och en ~~ett~~ linje  
RMS vald.

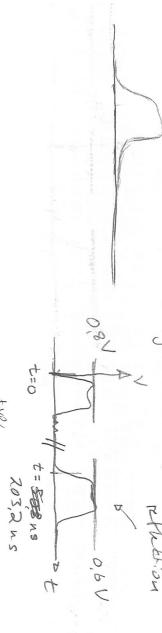
Inledande uppgift: ca 20 ns, 1 μs puls, ampl. 4V

a)

reflektion

frestjälning mäts

reflektion



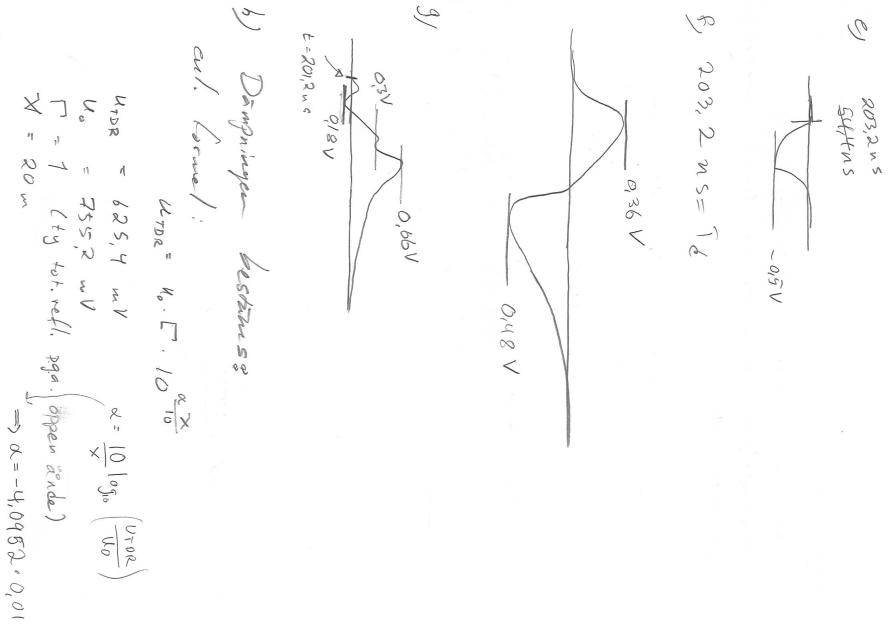
b) samma puls med. reflektion är null.

c) samma

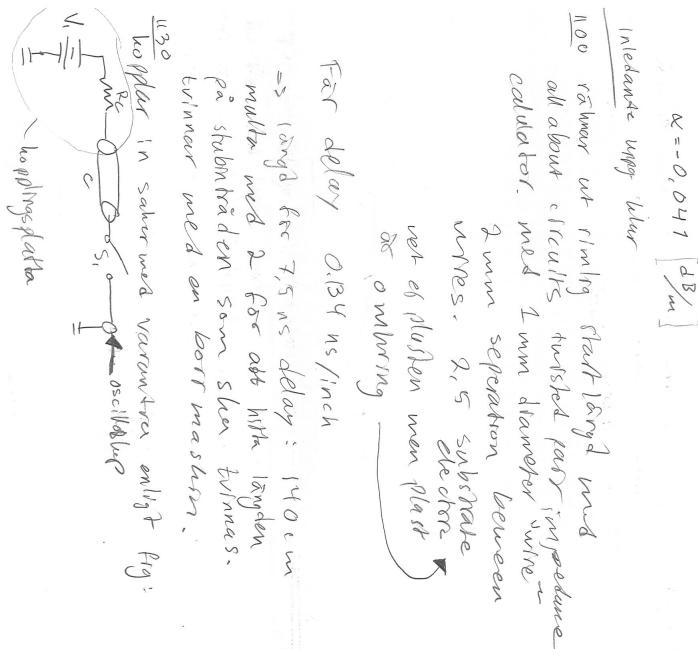
d)



## Blad 2

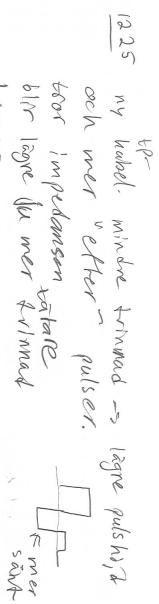


## Blad 3



## Blad 4

12.25 tp-  
ny kabel. mindre trinad  $\rightarrow$  lägre pulsvidd  
och mer "etter-pulser".  
tox impedansen växer  
bör lägga fler trinat  
funkar mer



4

kunna

14.30  
vi fick 24ns, om tp 4,22 V  
när vi hade 10 v matning.  
Så vi sänkt spänning  $\rightarrow$  större puls vidd 12,4V  
matning ~~gav~~ gav 5 v amplitud.

vissa varer har tp-kabel till  $15 \leq 24 \leq 0,6$

v<sub>i</sub> kostar till 0,7-0,8  
säkerhetsskikt först.  
v<sub>i</sub> har det. puls vidd som  
till fören 50% av max till 50%



sänt  
ok! Pausus

4

15.30 med konstantslag, huvudslitlämmer  $\rightarrow$  för att  
med konstantslag, huvudslitlämmer  $\rightarrow$  undvika reflektioner  
en trinad R runt den stabilisatör  
(den som ej är fjord).

vi minskar impedansen i tp-kabel till renare,  
för att slita göra det extra uppdelen  
och så,  
vi kunne inte finna tp sladden mer  
efts att den gick under nära vi försökte mer  
gick ihop.

vi hittade  
grund-15ns-puls  
grund-15ns-svans  
annars v<sub>i</sub> (i matnings.) 12,4 V  
reläet 25 Hz  $\oplus$  v<sub>i</sub> är max 100 Hz

5

## Blad 5

vi hittade  
grund-15ns-puls  
grund-15ns-svans  
annars v<sub>i</sub> (i matnings.) 12,4 V  
reläet 25 Hz  $\oplus$  v<sub>i</sub> är max 100 Hz

## Blad 6

1600 extra uppgift.

WVY. 1

Forst bestämma impedans i sladd kabel.  
 Vp = 0,65 ;  $\alpha$  m kabeln (slätt in vänd längd).

Z<sub>1</sub> - impedans i R<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 20 m kabel :  $Z_1 = \frac{50 \Omega}{\alpha}$

dämpning : R<sub>1</sub>S<sub>1</sub> ;  $\alpha = \frac{10 \log \frac{U_{TDR}}{U_0}}{20}$  då kabeln är öppen

6

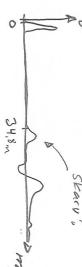


34,8 m till slutet (och det skräckna baboh)

$$\text{om förstående: } Z_2 = Z_1 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}, \quad \Gamma = \frac{U_{TDR} - U_0}{U_0 + U_{TDR}}$$

Vt hämmar till Vp

## Blad 7



$$\text{Särstadsamp.} = 2,35 \Rightarrow \frac{U_{TDR}}{U_0} = 0,098$$

$$\text{Insignalsamp.} = 2,5 \Rightarrow \frac{U_{TDR}}{U_0} = 0,098 \cdot 10^{-0,0917 \cdot 34,8} \\ \Rightarrow \Gamma = 0,098 \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot X}{l}} = 0,098 \cdot 10^{-0,098 \cdot 10} = 0,203468731$$

$$\Rightarrow R_2 = 50 \Omega \cdot \frac{1 + 0,2034}{1 - 0,2034} \approx 25,54 \Omega$$

7

förställsvara. Vi har bestämt dämpningen  $\alpha$  i en kabel 50 m plattläggjons och now. Något Vp = 0,65

impedans sladd.

## Blad 8

1740

mätring av impedans av egen trådled



$$\begin{aligned} \text{skattvärsl} &= 75 \text{ dB} \\ \text{refl. puls} &= 14,2 \text{ dB} \quad \Rightarrow \quad \frac{U_{\text{REFL}}}{U_0} \approx 0,196 \end{aligned}$$

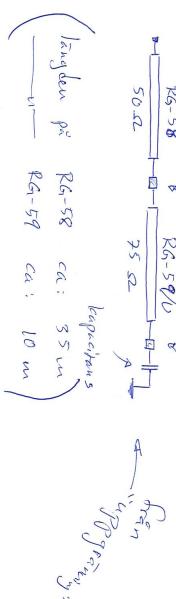
$$r = \frac{U_{\text{REFL}}}{U_0 / 10} - 0,044 \cdot 14,2 \quad Z_2 = Z_1 \frac{1+r}{1-r} \approx 82,76 \Omega$$

1750 tillkalla till uppgift 1

Noterar att det finns en impedans 45m ladd och halvled väntr ta slutet vid  $\approx 56$  m  
för det är en refl och inget mer  
efter den  $\approx 300$  m

eller "uppgivnings". Helt snyggt slut vid induktions  
och sist reflektionsgraven är kopplad in.

det var en Rensa kabel: de har  $25 \Omega$



## Blad 9

1810

startar upp 2

Ma ska internteknik för registreras.  
Görs med "Max Hold".  
Smäller in längden så att hela  
kabeln syns.

Testar på testkabeln:

Kontaktslutning:

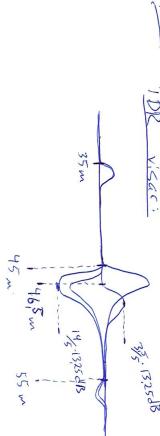
$50 \Omega$ :

Kort:

$1/12$  mycket

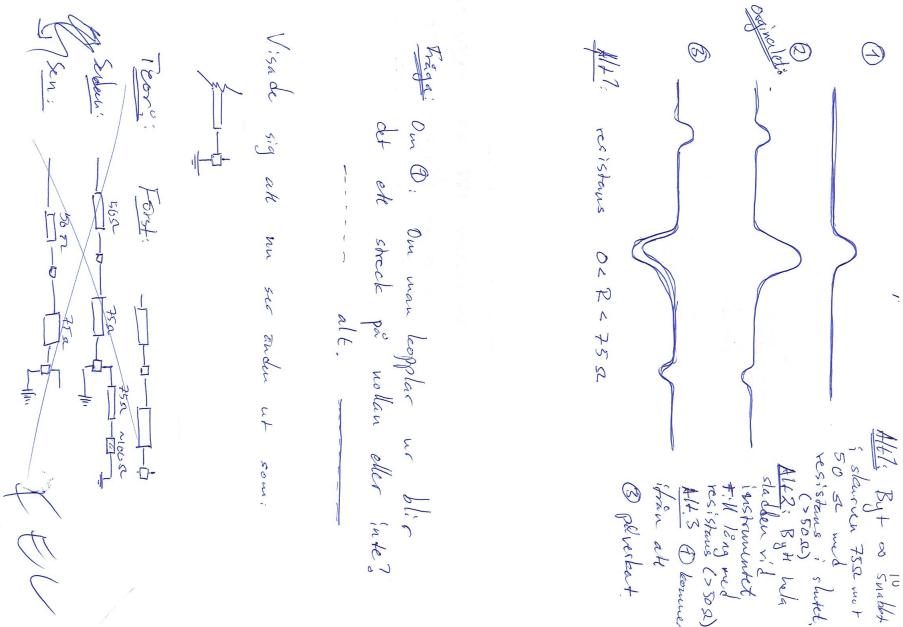
Kapacit:

1920 TDR visar:

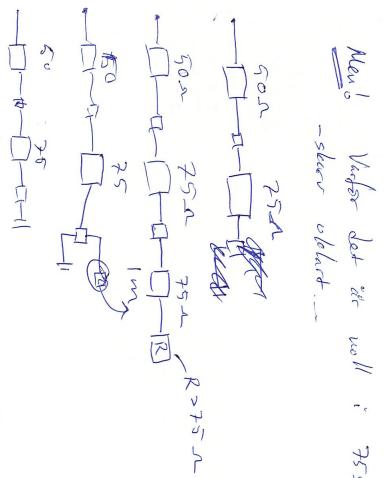


Bra! Pontus

## Blad 10



## Blad 11



Förslag: Om ①: Om man kopplar ur blir  
 det ett check på nollan eller inte?  
 alt. 2045

16