

# Förstudierapport

TIF083C - Avancerad Elektrisk Mätteknik.  
Våren 2021

Laborationsnamn: LabVIEW

Uppgiftsnummer : 7

Antal sidor (totalt): 7

Antal ord (totalt): 1571

Studentnamn: Jonatan Haraldsson

KursID: Y15. Email: jonhara@student.chalmers.se

Studentnamn: Sophie You

KursID: Y33. Email: sophiey@student.chalmers.se

Information: Gör alla tre uppgifter.

Förstudieinlämning: 28 januari

Förstudiesamtal: 31 januari

Laboration: 3 februari

# Mätning, reglering och visualisering av vattennivå i tank med LabVIEW

Jonatan Haraldsson (cid: jonhara), Sophie You (cid: sophiey)

Program: Teknisk Fysik.

Kurs: Experimentell fysik 1 - mätteknik, TIF083, del C.

Datum: 2022-01-28

## Sammandrag

I denna förstudierapport redogörs för teoretisk bakgrund och metod då vattennivån i en tank mäts, regleras och visualiseras med hjälp av programmet **LabVIEW**. Till programmet som styr förloppet finns en frontpanel från vilken förloppet kan övervakas och kontrolleras. En trycksensor ger en spänning proportionell mot vattennivån och baserat på mätvärdena regleras nivån med en pump. Spänningen från trycksensorn erhålles med en multimeter, vilken kommunicerar med datorn via en GPIB-anslutning; kommunikationen mellan dator och pump sker på samma sätt. Målet med labben är att undersöka proportionalitetskonstanten mellan spänning och vattennivå. Vattennivån i tanken ska sedan visualiseras som funktion av tid med en penplotter. Vidare ska även en tanks okända inre geometri bestämmas med derivering av nivå- och tidsvärdena. Resultaten förväntas stämma överens med verkligheten. Brus och avrundningar i mätvärdena kan komma att påverka hur väl det stämmer överens.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teori och funktionsbeskrivning</b>	<b>1</b>
2.1	Uppgift betyg 3 . . . . .	1
2.2	Uppgift betyg 4 . . . . .	2
2.3	Uppgift betyg 5 . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>4</b>
3.1	Uppgift betyg 3 . . . . .	4
3.2	Uppgift betyg 4 . . . . .	5
3.3	Uppgift betyg 5 . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Förväntade resultat och diskussion</b>	<b>5</b>
4.1	Uppgift betyg 3 . . . . .	5
4.2	Uppgift betyg 4 . . . . .	6
4.3	Uppgift betyg 5 . . . . .	6
<b>A</b>	<b>Källkod för uppgifter</b>	<b>7</b>
A.1	Källkod för uppgift 3 . . . . .	7
A.2	Källkod för uppgift 4 . . . . .	8
A.3	Källkod för uppgift 5 . . . . .	8

# 1 Inledning

Det grafiska programspråket LabVIEW – utvecklat av *National Instruments* – används för att samla in och behandla mätdata, samt baserat på datan kontrollera instrument. Programmets layout består av en frontpanel med reglage för in- och utparametrar samt visualisering av mätdata. Vidare finns ett tillhörande blockdiagram som innehåller det bakomliggande programmet. Kommunikationen mellan dator och exempelvis mätinstrument och ställdon kan ske med anslutningarna GPIB och VISA, vilka är kompatibla med LabVIEW. Sammantaget ger LabVIEW användaren möjlighet att skapa ett eget mät-/kontrollinstrument för övervakning samt styrning av mer komplicerade processer.

Denna förstudie redogör för hur vattennivån i en tank regleras och varierar med tiden med hjälp av en pump under olika villkor. Dessutom ska vattennivån som funktion av tiden realiseras med hjälp av en penplotter som ritar motsvarande graf. Även icke-linjärt utflöde av vattnet ska analyseras så att en profil av tankens insida redovisas. Allt detta ska göras i LabVIEW, tillsammans med övriga nödvändiga instrument.

## 2 Teori och funktionsbeskrivning

I detta avsnitt redovisas teorin bakom de olika uppgifterna, samt även en funktionsbeskrivning för *penplottern* som används i uppgiften för betyg 4.

### 2.1 Uppgift betyg 3

I uppgift 3 ska vattennivån i en tank styras med hjälp av en pump och ett utlopp. Vattennivån mäts med en tryckgivare som ger ifrån sig en spänning, som är direkt proportionell med vattennivån. Som referens kommer nivån även att mätas manuellt med linjal. Proportionalitetskonstanten undersöks dels genom

$$p = \rho gh$$

där  $p$  är trycket,  $\rho$  är vätskans densitet,  $g$  är gravitationskonstanten och  $h$ . Ansätts även

$$p = k_1 V$$

där  $k$  är den sökta konstanten och  $V$  är spänningen som fås från tryckmätaren, kan proportionalitetskonstanten därmed fås som

$$k_1 = \frac{\rho gh}{V}.$$

Dessutom undersöks proportionen mellan höjd och spänning direkt med

$$h = k_2 V.$$

Dessa två konstanter jämförs och analyseras sedan.

Tanken ska ha en maximum- och minimum-nivå, där pumpen automatiskt ska stängas av respektive sättas på. Dessa gränser styrs med hjälp av reglage. Hur vattennivån varierar

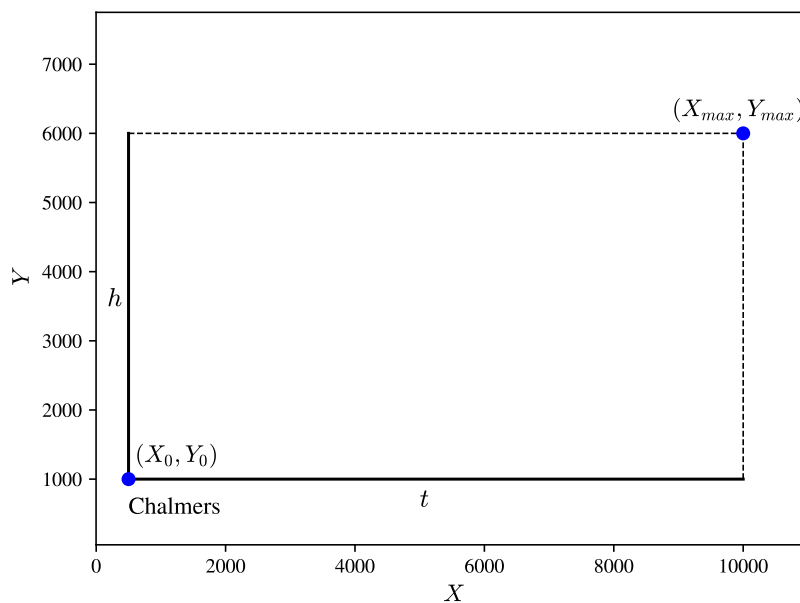
med tiden visualiseras med en graf. Skulle nivån hamna över eller under gräns-nivåerna tänds lampor som indikerar om tanken är tom eller full.

Sammanfattningsvis ska spänningen  $V$  och nivån  $h$  mätas upp. Parametrarna  $\rho$  och  $g$  hämtas från tabeller.

## 2.2 Uppgift betyg 4

En penplotter är en skrivare som använder sig av vektorgrafik för att skriva ut högkvalitativa bilder på papper med mera. HP 7475A använder sig av hjul för att röra pappret i ena axeln, medan pennan rör sig i den andra. Kommunikation sker med RS-232 och VISA, en seriell databuss, och programmering sker med hjälp av LabVIEW.

Arean i vilken penplottern kan skriva på delas in i enheter om 0,025 mm, vilken är den minsta rörelsen som plottern kan göra. För ett A4-papper fås därför dimensionerna  $7721 \times 11040$ , då marginaler även uppkommer. Pennan kan röras upp och ned med kommandona PU och PD, och förflyttas antingen relativt (PR) eller absolut (PA), där koordinaterna  $X$  och  $Y$  för plottern anges i ovannämnda enheter. I figur 1 visas hur koordinataxlarna till grafytan för  $h(t)$  ritas på ett tänkt A4-papper.



Figur 1: I figuren visas hur koordinataxlarna till grafen för  $h$  och  $t$  förhåller sig till penplotterns koordinater  $X$  och  $Y$ . Origo för grafen har placerats i punkten  $(X_0, Y_0) = (500, 1000)$  och den bortesta änden i punkten  $(X_{max}, Y_{max}) = (10000, 6000)$ .

Penplottern arbetar alltså i andra koordinater jämfört med de värden som erhålles vid mätningar av vattennivå,  $h_i$ , vid tiden,  $t_i$ . Det krävs således en omskalning av  $t_i \rightarrow X_i$  och  $h_i \rightarrow Y_i$ . Om  $n$  betecknar totala antalet mätningar gäller det att

$$X_i = \frac{(X_{max} - X_0)}{t_n} t_i + X_0 = \frac{9500}{t_n} t_i + 500$$

och att

$$Y_i = \frac{(Y_{max} - Y_0)}{h_1} h_i + Y_0 = \frac{5000}{h_1} h_i + 1000.$$

Eftersom plottern ska rita  $h(t)$  när tanken töms kommer  $h_1$  motsvara  $Y_{max}$ , medan  $t_n$  motsvarar  $X_{max}$ .

## 2.3 Uppgift betyg 5

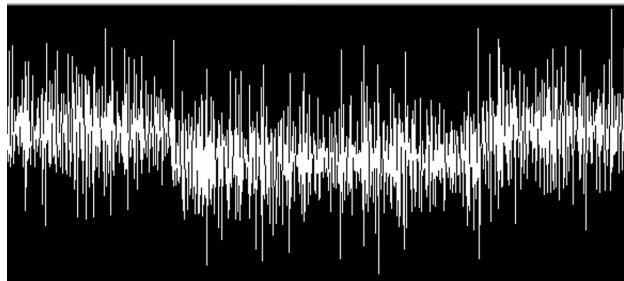
I uppgift 5 placeras en cylindrisk insats med okänd profil i vattentanken. Då vattnet flödar ut kommer det flöda ut icke-linjärt på grund av insatsen. För att ta reda på hur insatsen ser ut deriveras funktionen, varvid en bild av profilen visas.

Derivering av mätdatan genomförs med funktionen **Derivative x(t)** i LabVIEW, vilken beräknar derivatan numeriskt med bakåtdifferens enligt

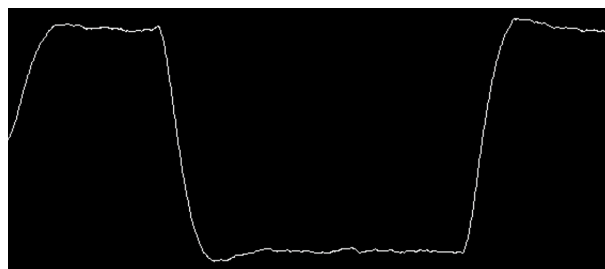
$$h'(t_i) \approx \frac{h_i - h_{i-1}}{t_i - t_{i-1}},$$

där  $h_i$  betecknar vattennivån i tanken vid tiden  $t_i$ .

Att använda bakåtdifferens för att beräkna derivata ger ett approximativt värde på  $h'$  och därav är metoden känslig för störningar i  $h$ . Oregelbundna störningar i form av mätbrus kommer således ge en mindre tydlig bild av cylinderns inre geometri. För att i största mån eliminera mätbrus filtreras signalen,  $h$ , med ett lågpasfilter, vilket i LabVIEW realiserar med funktionen **Butterworth Filter** med låg första brytfrekvens. I figur 2 och 3 demonstreras filtrets påverkan på signalen  $h'$  då  $h$  är en trekantsvåg med adderat brus. I figur 2 visas den icke-filtrerade signalen, medan figur 3 visar signalen efter filtret.



Figur 2: Figuren visar derivatan av en trekantsvåg med adderat brus från funktionen **Periodic Random Noise Waveform**. I figuren observeras att störningar i insignalen ger stora störningar i utsignalen och att en tänkt inre geometri skulle vara svår att utläsa.



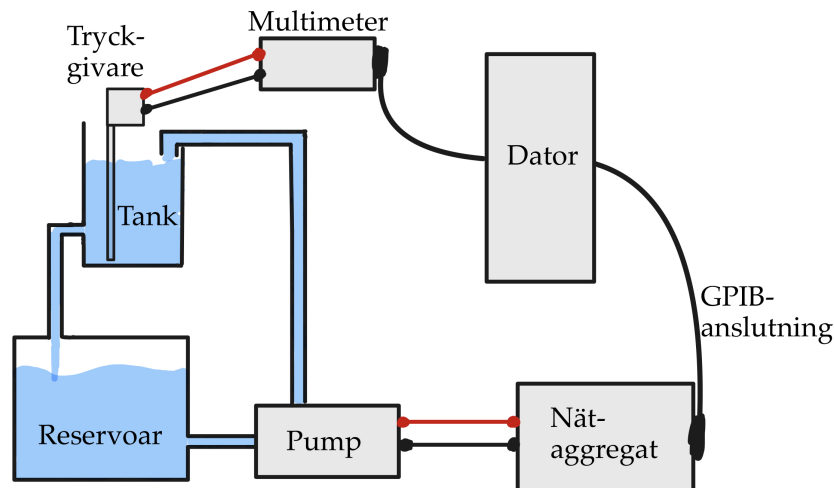
Figur 3: Figuren visar derivatan av en trekantsvåg med adderat brus, då signalen passerat ett **Butterworth Filter** med låg första brytfrekvens. En tydligare derivata av trekantsvågen syns än om inget filter används.

### 3 Metod

I detta avsnitt redovisas de olika tillvägagångssätt som använts för att lösa uppgifterna. Instrument som ska användas för att genomföra undersökningarna är LabVIEW, en multimeter, samt en uppställning bestående av en tryckgivare, vattentank, reservoar och en pump som styr med hjälp av ett nätaggregat. Även en *penplotter* ska användas.

#### 3.1 Uppgift betyg 3

Försöksuppställningen visas skissartat i figur 4.



Figur 4: Figuren visar en skiss av försöksuppställningen. Nätaggregatet försörjer pumpen, vilken pumpar vatten från reservoaren till tanken och multimetern den spänning tryckgivaren avger.

Kommunikationen mellan dator och givare samt mellan dator och pump sker med anslutningen GPIB. Spänningen som tryckgivaren avger mäts med multimeter – Agilent 34401A – och en mätning initieras av LabVIEW-programmet tio gånger varje sekund. Detta kan ändras senare genom att sätta in en annan *Waittime*. Pumpen styrs på kommando från LabVIEW-programmet via ett GPIB-anslutet nätaggregat av modell Agilent 3640A. Kommandot APPL används för att förse pumpen med korrekt spänningnivå och strömstyrka.

Vattennivån visualiseras momentant med hjälp av en **Tank Indicator** och över tid med hjälp av en **Sweep Chart**. Värdena för dessa kommer direkt från tryckgivaren och proportionalitetskonstanten. Lamporna som tänds om vattennivån ligger utanför gränserna kopplas till maximum- och minimum-reglagen. Jämförelsefunktionerna  $<$  och  $>$  används för att se om nuvarande värde ligger utanför gränserna, varpå respektive lampa tänds för om tanken är full eller tom. En *while-loop* används för att kontinuerligt använda och undersöka nya värden från tryckgivaren.

Pumpen ska vara på från och med att minimum-nivån uppnåtts till maximum-nivån. Detta görs genom att *addera* då nivån är under minimum-nivån med då nivån stiger, och *subtrahera* då nivån överstiger maximum-gränsen. Den positiva lutningen erhålls genom att undersöka värdet i nuvarande iteration med värdet från förra iterationen. Pumpen styrs i sig av ett nätaggregat där tillhörande koder och kommandon kopplas in i programmet.

Då utförandet av laborationen innebär hantering av vatten i närheten av elektrisk utrustning bör laboranterna vara särskilt försiktiga, så att utrustning inte kommer till skada. Vidare bör laboranterna försäkra sig om att utrustning stängts av vid koppling av sladdar, detta för att motverka eventuella risker för elchock.

### 3.2 Uppgift betyg 4

I denna uppgift ska utflödet av vattnet då pumpen stängts av visualiseras med hjälp av en penplotter. En färdig given början till program används, som initierar kommunikationen mellan penplottern och datorn. För att rita själva koordinataxlarna används det inbyggda koordinatsystemet och PU- och PD-funktionerna, som tar pennan uppåt och nedåt. Axlarna namnges med LB (Label Instruction), som använder bokstäver och tecken som är färdiga att användas.

Mätvärdena som kommer in har kommatecken som decimalavskiljare, vilket blir problematiskt eftersom plottern tolkar kommatecken som avskiljare mellan  $X$ - och  $Y$ -koordinater. Mot den bakgrunden skalas alla mätvärden upp för att matcha plotterns koordinatsystem och innan instruktionen skickas till plottern konverteras mätvärdena till heltal.

Ytterligare element i koordinataxlarna, såsom skallinjerna, görs med en *for-loop*. Med konkatenering av olika kommandon, såsom PAPU, PD, koordinater och kommatecken kan skallinjerna ritas ut på olika platser med en jämn ökning.

### 3.3 Uppgift betyg 5

Grafen för vattennivån i uppgift 5 fås på samma sätt som i uppgift 3. För att erhålla en graf över den okända tankens geometri deriveras vattnets utflöde som funktion av tiden med `Derivative x(t)`. Ett `Butterworth Filter` används innan derivering för att få bort eventuellt brus. Grafen som uppstår visualiseras även den med en `Sweep Chart`.

## 4 Förväntade resultat och diskussion

Här presenteras det förväntade resultatet för de olika uppgifterna, samt diskussion om resultatet.

### 4.1 Uppgift betyg 3

I den här uppgiften förväntas de olika komponenterna fungera väl, såsom lamporna, reglagen och vattennivå-indikatorn. Proportionalitetskonstanten förväntas ha ett någorlunda mätfel, då höjden  $h$  mäts manuellt vilket gör att den mänskliga faktorn kan påverka detta.

Även instrumenten som används i sig förväntas ha någon form av fel, till exempel att pumpen inte pumpar vattnet konstant, eller att tryckgivaren störs av eventuellt skvalp i vattnet. Dessa fel kan åtgärdas ytterst lite, eftersom en färdig uppställning med givna komponenter kommer användas.



## 4.2 Uppgift betyg 4

Det förväntade resultatet är att penplottern lyckas skriva ut grafen av vattennivån, såväl som koordinataxlar, skallinjer, namn för axlar och ett första värde för skallinjerna. En viss noggrannhet i grafen kan tappas då en avrundning av mätvärdet görs. Detta motverkas genom att först skala om värdet uppåt, för att sedan avrunda till nästa heltal.

## 4.3 Uppgift betyg 5

Förväntningarna på denna uppgift är att erhålla en godtagbar bild över insatsens geometri. Filtret som används kommer kunna ge en tydligare bild av insidan genom att ta bort brus, men det innebär också att skarpa kanter kommer jämnas ut lite. Formen bör ändå kunna urskiljas trots detta.

För att minimera felet vid deriveringen i första iterationen, då  $i = 1$ , kommer värdet  $h'(t_1)$  exkluderas. Valet att exkludera  $h'(t_1)$  anses dock ha försumbar påverkan på den slutgiltiga grafen, eftersom det kompenseras genom att tillräckligt många datapunkter tas.

## Referenser

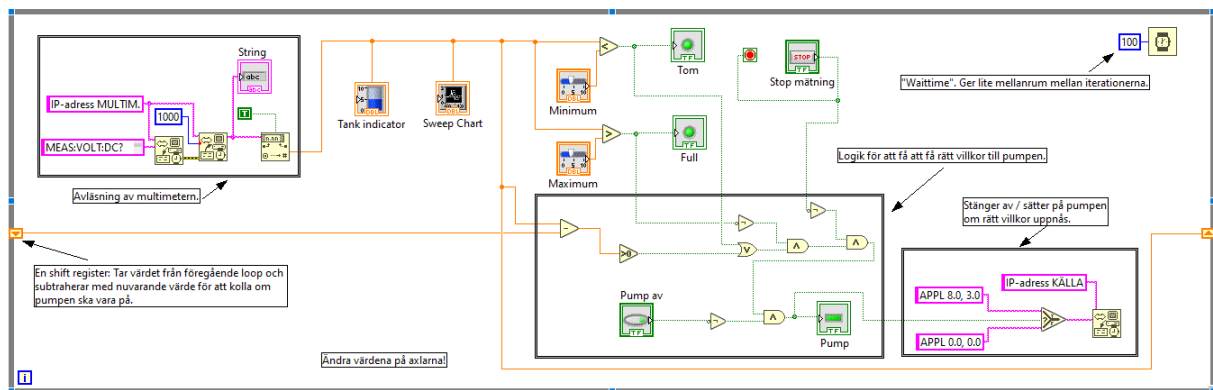
1. Hewlett-Packard Company, "*Interfacing and Programming Manual. HP 7475A Graphics Plotter.*", 1984.

## Bilagor

### A Källkod för uppgifter

Här visas den kod som gjorts i LabVIEW för respektive uppgift.

#### A.1 Källkod för uppgift 3



Figur 5: Programmering av uppgift för betyg 3. Här syns avläsning av multimetern, de olika funktionerna, samt kontroll av pumpen kan avläsas, samt villkor för när pumpen ska vara på.

Figur 7: Programmering av uppgift för betyg 5. Alla funktioner från uppgift för betyg 3 behålls. Tillägg för filtrering och derivering av grafen syns till höger i bilden.