
Examensrapport, IDE-sektionen, Högskolan i Halmstad, Januari 2012

Sond för mätning av tandfickors djup

Högskoleingenjörsuppsats på Elektro-/Data-/
Mekatronikingenjörsprogrammet

Johan Sundström
Andreas Nilsson
Martin Almén



School of Information Science, Computer and Electrical
Engineering, Halmstad University

Abstract

This thesis work was made in autumn 2011 and was commissioned by Accessia AB, who wanted to develop a prototype of an electronic tool for measuring periodontal pockets depth. The tool is supposed to be used in veterinary dental examinations for dogs and cats. This is a procedure that is currently done with a graded stick and gives rise to the risk of false readings. The user should be able to use the measuring equipment to measure pocket depth electronically. The system then presents readings and sends them to a host computer.

The report describes how we have proceeded from idea to prototype. The end result should not be regarded as a finished product, but rather as a proof of concept. The result complies with the project specification that was developed in consultation with the project client.

Sammanfattning

Detta examensarbete gjordes under hösten 2011 och beställdes av Accessia AB, som ville ta fram en prototyp till ett elektroniskt verktyg för mätning av tandfickors djup, kallat fickdjupsmätning. Verkyget är tänkt att användas vid veterinärtandvård för hundar och katter. Detta är en procedur som idag görs med en graderad sticka och som ger upphov till risk för felaktiga avläsningar. Användaren ska med hjälp av mätutrustningen kunna mäta fickdjup elektroniskt. Systemet presenterar sedan mätvärdena och skickar dessa till en värddator.

I rapporten beskrivs hur vi har gått tillväga från idé till färdig prototyp. Slutresultatet ska inte betraktas som en färdig produkt, utan snarare som en illustration av konceptet. Resultatet stämde överrens med den kravspecifikation som togs fram i samråd med projektbeställaren.

Bakgrund	1
Projektbakgrund	1
Projektets kravspecifikation.....	1
Projektkrav	1
Produktkrav	1
Sensorer	2
Lägesgivare LVDT	2
Linjär optisk enkoder	2
Linjär resistiv positionssensor	2
Analog Halleffektssensor	3
Metod	4
Tilltänkt funktion och användbarhet	4
Konstruktion	6
Mekanik.....	6
Kommunikation.....	6
Elektronik.....	7
Val av programvaror	8
API och testapplikation	8
API	8
Användning	8
Minsta kvadratmetoden	9
Resultat och tester	11
Sensor och mätalgoritm	11
Övergripande uppbyggnad	14
Mekanik.....	14
Elektronik	15
Mjukvara	17
API och testapplikation	17
Testapplikation	18
Programstruktur huvudenhet	18
Gränssnitt huvudenhet och sond	20
Test av huvudenhet	21
Test av sond	22
Test av system	24
Slutsats och diskussion	25
Funktion	25
Noggrannhet	25
Användbarhet	25
Referenser	26

Bilaga 1 Elektriskt schema

Bilaga 2 PCB-layout

Bakgrund

Projektbakgrund

För att diagnostisera tandlossning tar man hänsyn till ett antal olika parametrar. Bland annat mäter man avståndet mellan tandköttskanten och käkbenet intill aktuell tand. Just denna mätning görs idag med en graderad mätsticka och för hand föras in i journalsystemet. Denna metod är tidskrävande och det finns en överhängande risk för fel.

För att försöka lösa dessa problem har Accessia AB gett oss i uppdrag att utveckla ett verktyg för att göra processen digital. Det vill säga att mätning och införande i journal skall göras med ett och samma instrument, utan att man ska behöva mäta och knappa in resultatet för hand i journalsystemet.

Projektets kravspecifikation

Projektkrav

- Projektgruppen skall ha tagit fram en fungerande prototyp till torsdag v51
- Accessia skall få en uppdatering om hur arbetet fortskrider minst en gång i månaden
- En rapport skall vara färdigställd innan v3 2012
- En manual och dokumentation för prototypen skall upprättas

Produktkrav

- Instrumentet får inte vara för stort, skall kunna användas i såväl katt- som hundmun. Med hänsyn taget till tunga och andra instrument som kommer att finnas i munnen.
- Mätområdet för instrumentet skall vara minst 0.5-15 mm med minsta upplösning 0,5 mm för alla värden under 10 mm.
- För varje tand ska fyra mätvärden kunna registreras.
- Proben skall indikera för aktuell tand.
- På proben skall finnas knappar för bläddring mellan tänder och för att skicka aktuell mätning.
- Överföring av mätvärden till journalsystemet ska ske via USB.

Sensorer

Lägesgivare LVDT

LVDT står för Linear Variable Differential Transformer och används som namnet antyder för att mäta läge längs en axel. En LVDT är uppbyggd som en transformator med primär och sekundärsida. Skillnaden är att LVDT:n har en primärlindning mittemellan två sekundärlindningar runt en rörlig kärna, till skillnad från transformatorn som har en primär och en sekundärlindning runt en fast kärna. Det vill säga att om kärnan flyttas i någon riktning ändras den inducerade strömmen i sekundärlindningarna. För att veta vilken riktning kärnan rör sig, är sekundärlindningarna 180 grader fasförskjutna varandra. Det vill säga att när kärnan ligger centrerat är differensen mellan de två inducerade strömmarna lika med noll. Om man rör kärnan i en riktning ökar strömmen i den ena lindningen medan den minskar i den andra, på samma sätt om man rör kärnan åt motsatt riktning fast med motsatt fas. LVDT:s har hög noggrannhet och finns i olika storlekar. [1]

Linjär optisk enkoder

En linjär enkoder kan vara både absoluta och relativa. Enkodrarna är uppbyggda med en fast ljuskälla och en fast mottagare på varsin sida om en rörlig remsa. Remsan består av om vartannat transparenta respektive svarta fält uppradade med jämna mellanrum. För att mäta upp avstånd räknar man antal pulser man får från mottagaren, det vill säga hur många gånger man passerat ett transparent fält. [2]

Linjär resistiv positionssensor

En resistiv positionssensor är i princip detsamma som en skjutpotentiometer med större noggrannhet.

Analog Halleffektssensor

En halleffektssensor använder hallelement, tunna lager av halvledarmaterial, som man driver ström igenom. Potentialskillnaden mäts på båda sidor av elementet vinkelrätt med strömmen. Denna potentialskillnad kallas hallspänningen. Hallspänningen är proportionerlig med kryssprodukten av ström- och magnetfältsvektorn vilken påverkar elementet enligt:

$$V_H = I \times B \quad \text{Ekv 1}$$

Ett magnetfält appliceras vinkelrätt med strömmen vilket tvingar laddningarna i elementet ut mot kanten, vilket leder till att potentialskillnaden mellan sidorna ändras .

Eftersom hallspänningen är väldigt liten, för kisel ungefär

$$\frac{7 \mu V}{Vs} \quad \text{Ekv 2}$$

Gauss

där V_s är matningsspänningen, har man inbyggda förstärkare i halleffektssensorerna. I en analog sensor är utspänningen från sensorn proportionerlig med magnetfältet den utsätts för. Sensorn kan känna av såväl avstånd från sensor som vilken riktning magnetfältet har. Utspanningen är linjär mot magnetfältet i sitt arbetsområde. Arbetsområdet bestäms av förstärkaren och inte av elementet i sig, alltså är utspänningen linjär mot magnetfältet tills förstärkaren bottenar. [3]

Metod

Tilltänkt funktion och användbarhet

Ett av projektbeställarens största krav på den digitala ficksonden var att metoden för fickdjupsmätningar skulle vara i princip densamma som vid manuella avläsningar. Detta för att omställningen för användare skulle bli minimal. För att den digitala ficksonden skall fungera som en ersättare till den manuella metoden, ställs därför många krav på dess funktion och användbarhet. Nedan listas ett antal aspekter av vilka designen påverkas.

- Användarens förmåga att på ett enkelt sätt fysiskt hantera mätutrustningen.
- Hur ”klumpig” den digitala sonden blir med avseende på åtkomst av tänder, den handhållna kroppens tjocklek, åtkomst av knappar vid mätning etc.
- Användarinterfacets enkelhet.
- Möjlighet att anpassa mätningar efter patienters individualitet, t ex vid avsaknad av en eller flera tänder.
- Risken att patienten skadas av utrustningen.
- Inmatning av uppmätta fickdjup i det befintliga programmet för journalföring motsvarande manuell inmatning.

För att mäta fickdjup med manuell avläsning används en graderad sticka. I regel finns inte stickor med gradering mindre än en millimeter att tillgå. Detta ger en noggrannhet på ca en halv millimeter och en liten felmarginal som gör att det digitalt uppmätta fickdjupet kan variera ungefär en millimeter från det faktiska värdet och fortfarande vara lika tillförlitligt som ett manuellt avläst fickdjup.

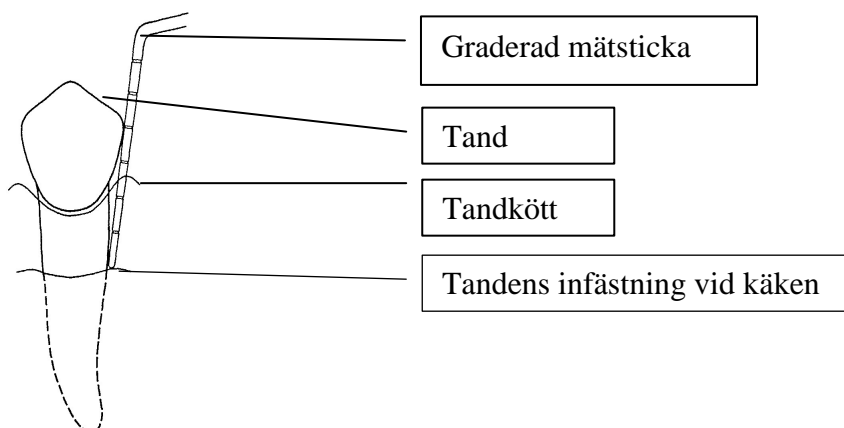


Bild 1: Fickdjupsmätning med graderad mätsticka

För att mekaniskt göra en avläsning av fickdjupet krävdes en lösning som inte negativt påverkar de befintliga mätmetoder som utvecklats. Ett fjäderbelastat mothåll som löper längs en motsvarighet till den graderade mätstickan hindrar inte att användaren mäter efter nuvarande metod. Då stickan förs ner i tandfickan kommer mothållet att stanna vid tandköttet och då ha en förskjutning. Den mekaniska överföringen av mothållets förskjutning till sensorn som sitter i sondens skaft, den handhållna kroppen, kan ske via en flexibel axel. En aspekt som spelar in vid fjäderbelastningen är att fjäderns kraft på mothållet måste vara så liten att mothållet inte skadar patientens tandkött samtidigt som den måste vara så stor att mothållet kan verka återfjädrande. Detta bedöms vara helt beroende på val av fjäder, då den mekaniska konstruktionen beräknas kunna tillverkas så att de rörliga delarnas friktion blir liten.

För att användaren skall kunna hantera sonden på samma sätt som ficksonden för manuell avläsning, fanns aspekten att sondens skaft inte får vara tjockare än att den inte går att använda på samma sätt som den manuella ficksonden. Därför föll valet av sensor för mätning av mothållets förskjutning på en halleffektsensor kombinerad med en permanentmagnet, vars förskjutning är direkt påverkad av mothållet. Då en sådan sensor inte behöver vara stor, kan sondens skaft vara ungefär lika tjockt som på den manuella ficksonden.

Den digitala ficksondens användarinterface måste utformas så att användaren enkelt kan göra justeringar beroende på patientens art och individuella skillnader som till exempel avsaknad av en eller flera tänder. Mätning av fickdjup skall också kunna göras på ett så smidigt sätt, att användaren inte behöver flytta fokus från sin patient. Det finns även ett behov av att enkelt kunna hålla apparaturen ren, därför valdes endast en tryckknapp på sondens skaft och en pekskärm för flexibel inmatning. För att göra en avläsning av mothållets förskjutning används tryckknappen på sondens skaft och uppmätt värde skall visas på skärmen. Bekräftelse av uppmätt värde görs också med tryckknappen. På pekskärmen skall möjlighet ges för byte av aktiv tand och aktivt mätvärde. Den information som skall visas i skärmen är patientens art, aktiv tand, aktivt mätvärde, samtliga fyra mätvärden för aktiv tand och uppmätt fickdjup som är aktuellt för bekräftelse. Val av patientens ras sker vid systemets uppstart med instruktioner från den värd-PC där journalprogrammet körs.

Konstruktion

Mekanik

För att kunna göra manuella fickdjupsmätningar används en graderad sticka där användaren ”går på känn” var fickan slutar. Projektbeställaren ville ha det så i fortsättningen för att minimera risken att utrustningen kan skada djuret. För att kunna mäta förskjutningen mellan tandköttets kant och fickans botten med något liknande den graderade stickan, valdes ett mothåll som löper längs stickan. Alternativ till detta skulle vara någon form av optisk avkänning eller avläsningar i stickans förändrade egenfrekvens, båda dessa exempel på alternativa metoder skulle bli svårare att konstruera och förkastades därför.

Kraven på interaktion avhjälptes med en tryckknapp på sondens skaft, enkelclick för mätning och dubbelclick för att bekräfta uppmätt värde. För val av specifika mätvärden och tänder valdes en pekskärm för huvudenheten.

Eftersom en pekskärm valdes till huvudenheten eliminerades alla eventuella krav på knappar. Ytterligare ett krav från projektbeställaren var att utrustningen skulle kunna placeras på en av användaren vald plats. För att tillgodose detta, försågs huvudenheten med en sugpropp monterad på en ledad arm som fästes i huvudenheten. I övrigt försågs huvudenheten med en USB micro B-ingång för PC-kommunikation, samt en kabelgenomförning för anslutning av sonden.

Kommunikation

Projektbeställaren hade som krav att kommunikationen mellan dator och huvudenheten skulle ske via USB. Därför valdes också USB som överföringsteknik.

USB-protokollet är utformat för den seriella sammankopplingen av enheter och består övergripande av att data sänds i paket och ramar. Varje enhet som är ansluten till bussen har ett eget ID som data adresseras till och från. Varje paket har dessutom ett PID (Package Identifier) som säger vad för typ av data paketet innehåller (data, handskakning etc.). [4]

Det ratades tidigt att sätta sig in i och implementera ett hårdvaruinterface och mjukvara för anslutning till en dators USB-port. Detta är heller inget som ofta görs av andra aktörer än

tillverkare av kretsar som enbart kommunicerar via USB. Därför, för att kunna kommunicera över USB-protokollet användes en USB-modul MCP2200 från Microchip, som omvandlar PIC-processorns seriella signaler på TTL-nivå till USB-nivåer och den dataföljd och extra data som krävs för USB-protokollet.

Att implementera en drivrutin för applikationen ratades även det tidigt på grund av dess komplexitet. Därför valdes en enklare lösning med en befintlig drivrutin som skapar en virtuell COM-port. I programmet läses data från huvudenheten in till datorn och datorn svarar vid behov. Kretsen MCP2200:s USB-egenskaper som t ex ID och tillverkar-ID kan konfigureras med ett konfigurationsprogram som Microchip tillhandahåller. I detta program kan även kretsens I/O-pinnar sättas till fasta TTL-värden. Det ges också möjlighet att ändra parametrar som t ex baudrate för kommunikation mellan i detta fall PIC och MCP2200. [5]

Elektronik

För att kunna hantera USB-kommunikation och USB-protokoll valdes kretsen MCP2200. Kretsens funktion är att översätta asynkron dataöverföring till USB-standard för anslutning direkt till en dators USB-port. För att fungera måste MCP2200 anslutas till en 12MHz oscillator (USB 2.0), i detta fall bestående av en 12MHz kristall och två kondensatorer. Kretsen har ett antal I/O-pinnar med möjlighet att ansluta lysdioder för att indikera aktivitet för dataöverföring. Det fanns inget behov för kretsens in- och utgångar, varför en drivrutin som skapar en virtuell COM-port i datorn användes. Detta innebar att endast kretsens USB +/- samt Rx/Tx-pinnar anslutits. Kretsen konfigureras från en Windowsapplikation, där USB-parametrar, baudrate för asynkron kommunikation samt I/O-pinnars status kan bestämmas.

För att huvudenheten skall kunna fungera som tänkt, behövdes en mikrokontroller av lämpligt slag. Det fanns inget behov av hög klockfrekvens eller simultanförmåga, multitasking. Eftersom USB-kommunikation skedde med en separat krets var kraven på extra funktioner hos processorn små. Det som var mest kritiskt var hur mycket I/O (in- och utgångar) processorn hade. Därför valdes en 40-pinnars PIC, PIC18F452 som också hade AD-modul för användning vid avläsning av avståndssensorn, tillräckligt med I/O samt USART-modul för seriell kommunikation med USB-kretsen. PIC18F452 har ingen intern oscillator, varför en oscillator krets på 20MHz liknande den för MCP2200 användes. [6]

Val av programvaror

För att skriva APIet användes Microsoft Visual Studio, den miljö som fanns tillgänglig för program skrivna i samma språk som journalprogrammet Prodentia, C#.

Programmering av huvudenheten skedde i språket C med kompilatorn Knudsen CC5X i miljön MPLAB IDE från Microchip.

För att rita elektriskt schema och designa kretskortet användes Cadence ORCAD miljön.

API och testapplikation

API

API står för Application Programming Interface. Ett API gör det möjligt för ett program att använda sig av funktioner som den inte själv implementerar. Till exempel kan man om man vill använda sig av bildbehandling utnyttja APIet OpenCV, som har en rad funktioner som är nyttiga vid just bildbehandling.

Ett API består rent fysiskt av en samling dll-filer, eller bibliotek, oftast finns också någon form av dokumentation så att användaren lätt kan använda sig utav APIet.

Användning

En krets som sköter USB-kommunikation har ofta färdiga drivrutiner från tillverkaren. Vid användning av kretsen har man lite olika sätt att kommunicera med den på. Dels kan man använda den som en USB-enhet, mer specifikt en USB enhet av HID-klass (Human Interface Device). Man kan då konfigurera kretsen, till exempel ställa in baudrate.

Man kan även använda den som en virtuell COM-port, den finns då tillgänglig som en vanlig serieport för operativsystemet. I .NET finns en färdig SerialPort klass [7], och i princip är det bara till att öppna rätt serieport och börja skriva till den.

Minsta kvadratmetoden

För att skapa en matematisk modell av den icke-linjära utsignal som ges av sondens sensor för avståndsmätning användes minsta kvadratmetoden. Det är en metod som kan användas när parametrarna i en matematisk modell ska anpassas till en dataserie, som ofta är mätningar av något slag. Om antalet element i dataserien är fler än antalet sökta parametrar i modellen kommer det resulterande ekvationssystemet bli överbestämt, eftersom det då finns fler ekvationer än obekanta. I dessa fall finns det ingen exakt lösning, utan man försöker istället minimera felet, detta görs med minsta kvadratmetoden.

Låt Y vara en matris med mätvärden, x en $1 \times n$ matris med de obekanta parametervärdena och A mätvärdenas position.

Då fås:

$$Ax = Y \quad \text{Ekv3}$$

Om man tittar på det rent geometriskt, spänner kolonnvektorerna a_1 och a_2 i A upp ett plan. Se bild 2. Ekvationssystemet ovan har ingen lösning, därmed följer att x inte kan lösa det. Detta innebär att Y inte ligger i planet. Då går vektorn

$$r = Ax - Y \quad \text{Ekv4}$$

från planet till Y . Denna vektor är att betrakta som skillnaden mellan modellen och dataserien, alltså felet. Att hitta minsta avståndet mellan planet och punkten Y är vad minsta kvadratmetoden går ut på. Minsta avståndet mellan en punkt och ett plan fås genom att ta den vektor som går vinkelrät från planet upp till punkten, dvs. r skall vara ortogonal mot samtliga kolonnvektorer i A .

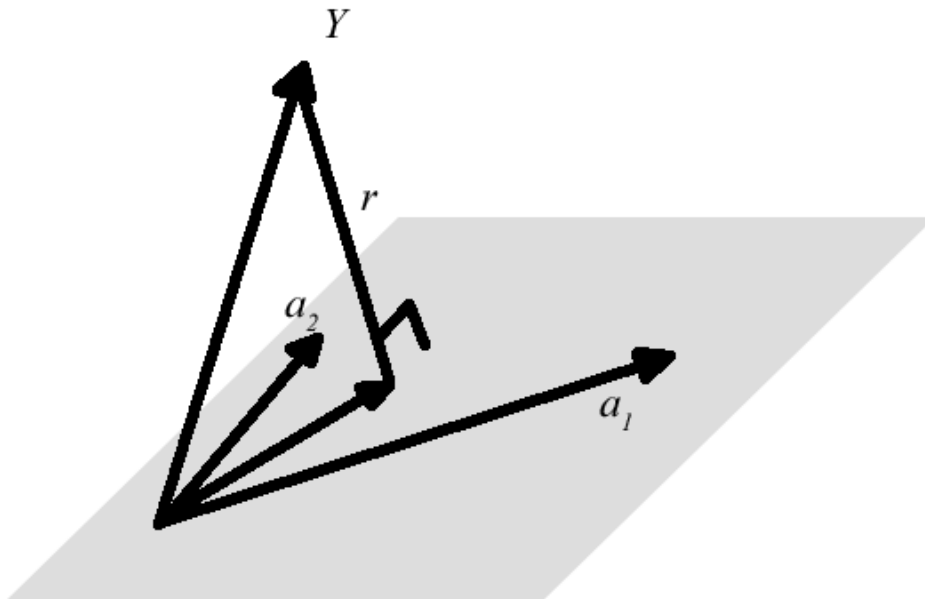


Bild 2: Geometrisk representering av en del av minsta kvadratmetoden.

Det kan visas att följande samband då gäller:

$$A^T Ax = A^T Y \text{ Ekv 5}$$

Genom att lösa ut x fås de önskade parametervärdena: [8],[9],[10]

$$x = (A^T A)^{-1} A^T Y \text{ Ekv 6}$$

Resultat och tester

Sensor och mätalgoritm

För att skapa en matematisk modell för behandling av de värden som halleffektsensorns utgång har, användes minsta kvadratmetoden på värden som avlästes vid en mätning på sensorn. Med hjälp av minsta kvadratmetoden kan man få fram en matematisk modell baserad på kända mätdata.

Samtliga uppmätta utvärden läggs i en vektor y , och dess motsvarighet i förskjutning i en vektor x .

Omvandla mätvärden i mV till motsvarande 10-bitars ADC-utvärden, för att få en algoritm som inte är beroende av samma matningsspänning.

$$y = \frac{1024}{5000} y \quad \text{Ekv 7}$$

Räkna om en för uträkningen framarbetad offset till ADC-utvärden.

$$\text{offset} = \frac{1024}{5000} 2480 \quad \text{Ekv 8}$$

Skapa en matris Y som passar överrens med mätdatans form.

Minsta kvadratmetoden kräver linjär data därför görs en substitution med en linjär regressionslinje Y , se bild 3.

$$Y = \frac{1}{\sqrt{y - \text{offset}}} \quad \text{Ekv 9}$$

Till vektorn x tillsätts en första kolumn bestående av ett och matrisen X bildas.

Räkna ut linjens konstanter, som finns i vektorn C .

$$C = \frac{Y}{X} \quad \text{Ekv 10}$$

$$c_1 = 0.0531$$

$$c_2 = 0.016$$

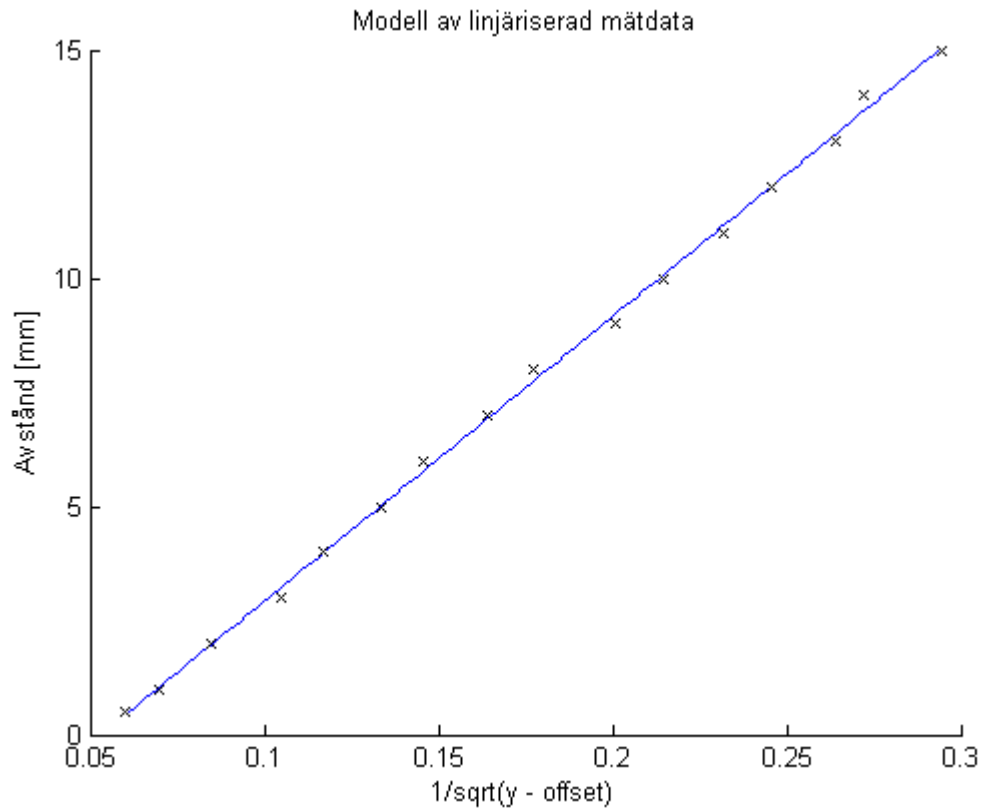


Bild 3: Linjär regressionslinje.

Mätdatans ekvation:

$$y = \frac{1}{(c_2 x + c_1)^2} + \text{offset} \quad \text{Ekv 11}$$

Då x-värdet är intressant, bryts x ut ur funktionen.

$$x = \sqrt{\frac{\frac{1}{y - \text{offset}} - c_1}{c_2}} \quad \text{Ekv 12}$$

Den framtagna modellen visas i bild 4 tillsammans med uppmätt data (kryss).

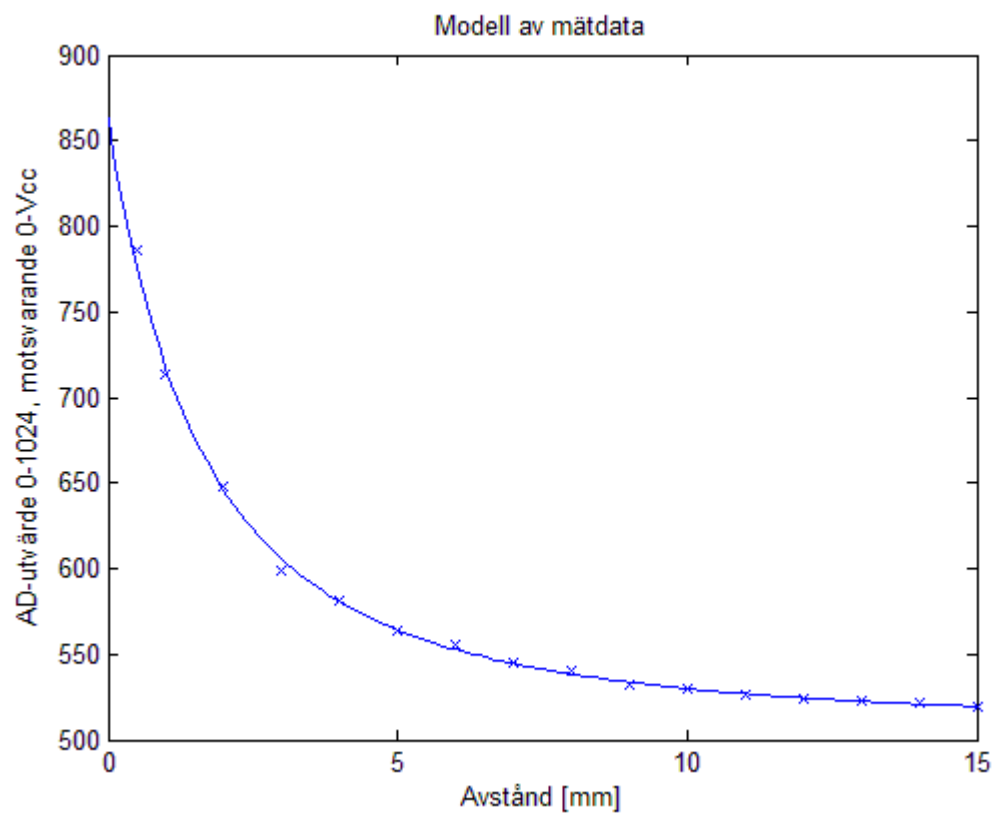


Bild 4: Modell av mätdata

Övergripande uppbyggnad

I systemets huvudenhet sker all signalbehandling. Huvudenheten har försetts med en pekskärm och är ansluten via USB till värd-PCn. Till huvudenheten går sondens anslutningsladd. Se bild 5.

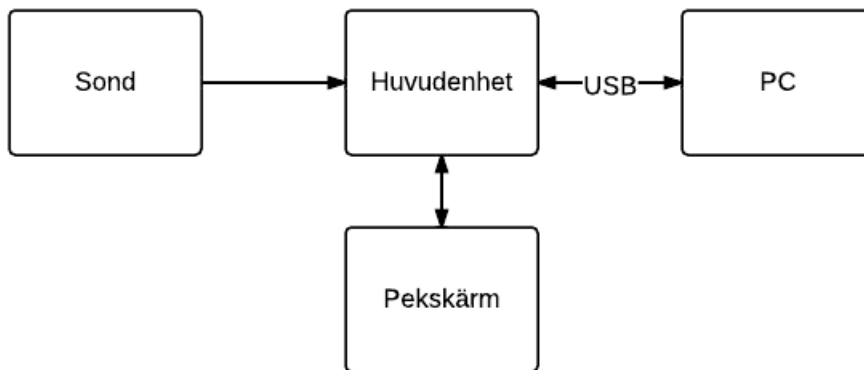


Bild 5: Systemets uppbyggnad

Mekanik

Mothållets position skulle mekaniskt påverka den avståndsmätande sensor som valts ut för projektet. Då den sensor som valts består av en permanentmagnet och en halleffektgivare, kom permanentmagnetens läge att påverkas av mothållet medan givaren hade en fix position.

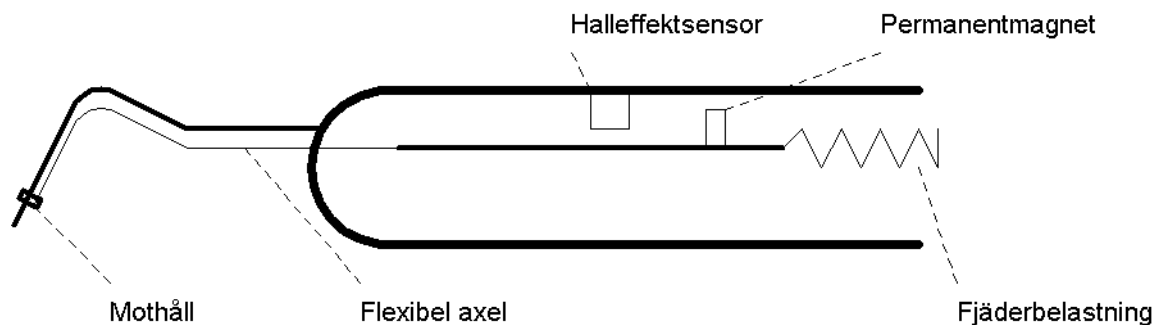


Bild 6: Sondens uppbyggnad

Eftersom projektbeställarens grundidé med den digitala ficksonden är att en person skall kunna utföra fickdjupsmätningar, krävdes ett interface där användaren kunde interagera med utrustningen. De kontroller som behövdes är att utföra mätning och bekräfta mätvärdet. Det behövdes även en möjlighet för användaren att kunna välja eller hoppa över specifika mätvärden eller tänder. Därför implementerades också detta.

Elektronik

En pekskärm användes för interaktion med huvudenheten och för snabb interaktion användes en tryckknapp på sondens skaft. Tryckknappen görs studsfri med ett lågpasfilter i hårdvaran. Peksärmens touchpanel instrueras och läses av synkront seriellt med ett antal utgångar för att indikera att något påverkar touchpanelen samt om den är internt upptagen och inte kan användas. Vid skrivning till touchpanelen skickas ett visst bitmönster för att bestämma aktuell axel, X- eller Y-axel, samt att sampling skall starta. Läsning sker direkt med första biten då upptaget-signalen gått till noll. Se diagram bild 7 för de olika signalerna. [11]

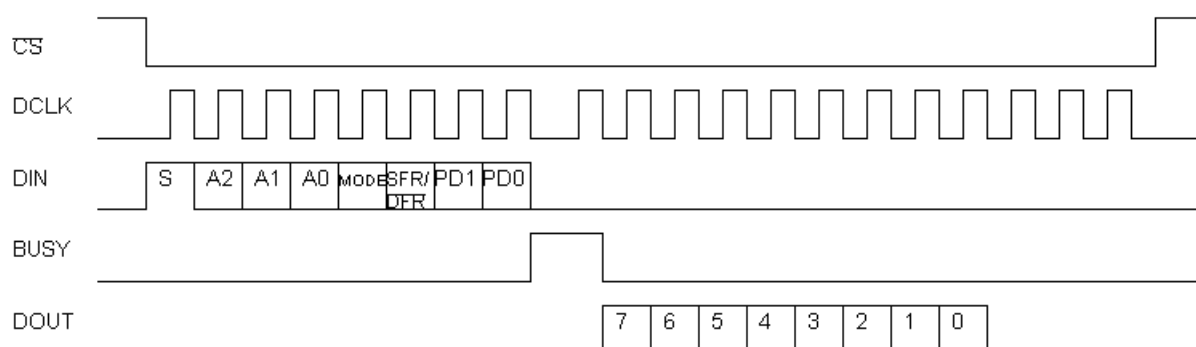


Bild 7: Skrivning till, följd av läsning från touchpanel, där CS är chip select, DCLK är klockan för den synkrona överföringen, DIN är panelens dataingång, BUSY är upptagen-indikering och DOUT är utdata.

Den valda pekskärmens displaydel är en parallellt kontrollerad TFT-display med en upplösning 320*240 bildpunkter. Varje bildpunkt har ett 16-bitars RGB-värde som beskriver hur mycket av varje grundfärg just den bildpunkten skall ha. Detta ger att en bildpunkt har ett färgspektra på 65536 olika färger. Se bild 8.

Färg	Röd					Grön					Blå					
Antal bitar	5					6					5					
Bitnummer	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Bild 8: Hur mycket av varje färg som en bildpunkt skall ha beskrivs i 5 eller 6 bitar för varje grundfärg.

För att skriva ut ett värde till en bildpunkt i displayen, läggs RGB-värdet ut på displayens parallella datapinnar D0-D15, varpå en negativ flank skapas på ingången WR, data "klockas" in. Det finns även en möjlighet att läsa en specifik bildpunkts RGB-värde, vilket inte tillämpades i projektet, om så önskas, sätts R/W-ingången till ett. För varje skrivning av RGB-värde till displayen, ökas pekaren för aktiv bildpunkt ett steg i det fönster som valts.

Displayen har även ett läge för instruktioner som t ex sätt aktivt fönster inom vilket bildpunktspekaren uppdateras eller bestäm hur bildpunktspekaren uppdateras, ökande, minskande etc. [12]

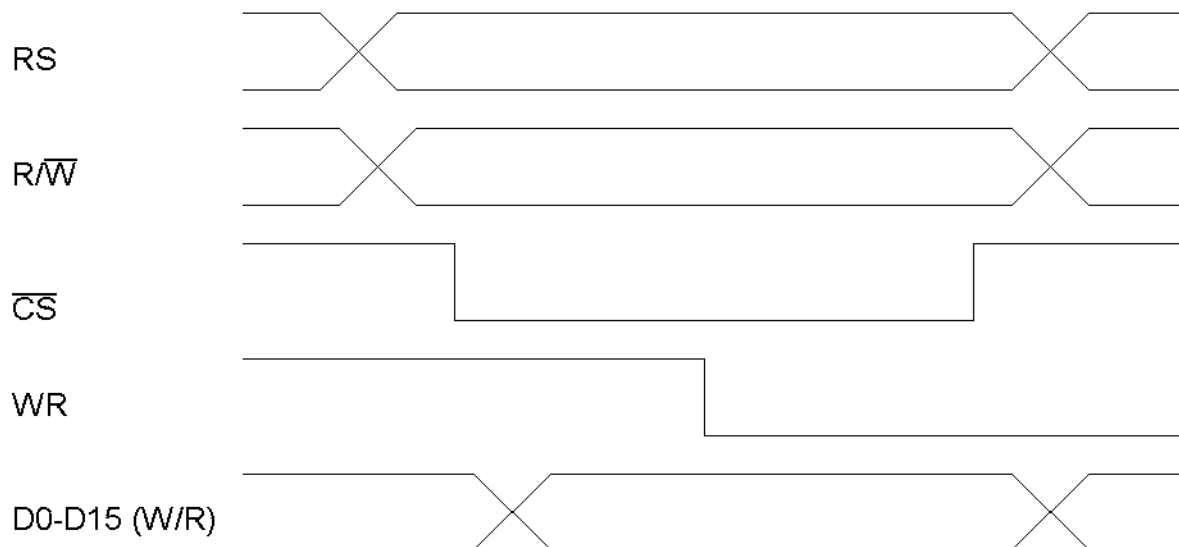


Bild 9: Parallell skrivning/läsning av data till/från display, CS (Chip Select) är alltid noll

Displayens RGB-värde matas in parallellt, det vill säga momentant vid klockningen måste alla 16-bitar i RGB-värdet finnas på displayens datapinnar. För att spara in på processorns I/O-pinnar eller hela 8-bitars I/O-block, användes en låskrets, vilket möjliggör inmatning av data till displayens datapinnar med endast ett 8-bitars I/O-block. De 8 LSB läggs först ut på den valda porten som hålls av låskretsen efter en puls till dess "Latch Enable"-ingång, därefter lägga de 8 MSB ut på samma port varpå korrekt data finns på samtliga av displayens datapinnar. [13]

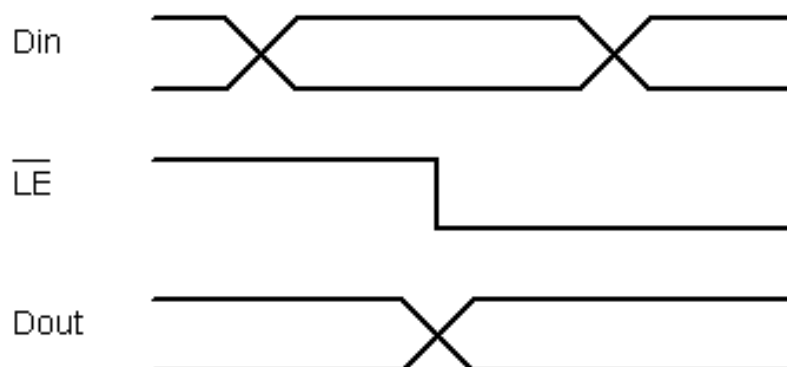


Bild 10: Låskretsen håller på utgångarna kvar den data som finns på ingångarna vid negativ flank på !LE.

Sensorn för att mäta avstånd i direkt mekaniskt förhållande till fickdjup, byggdes en egen sensor. En permanentmagnet och en halleffektsensor användes. Halleffektssensorns utspänning är beroende på hur magnetens magnetfält påverkar den. Förhållandet mellan utspänning och magnetfält är 2,5 mV/Gauss. [14]

Mjukvara

API och testapplikation

Projektbeställaren önskade ett API som var tänkt att kunna implementeras i och vara en ”koppling” mellan deras journalsystem Prodentia och hårdvaran. APIet ska vara implementerat i .NET. Från användarens perspektiv är det relativt litet, då det bara innehåller ett par klasser med några få metoder. Den viktigaste funktionaliteten är att ansluta till enheten och läsa mätningar.

Metoden Connect letar rätt på enheten och skickar initieringskoder till den. För att hitta rätt port används pollning, ett visst tal skickas till var och en utav serieportarna. För att få fram en lista med alla serieportar anropar man SerialPort.GetPortNames [15]. När huvudenheten får detta meddelande svarar den med ett visst annat tal, då kan rätt port fastställas och nödvändig initiering utföras. Metoden Reset gör att huvudenheten rensar all mätdata samt nollställer patientarten. Denna metod skickar ett annat specifikt tal till enheten. När mätdata kommer från enheten, skickar SerialPort objektet ett event som APIet prenumererar på.

Vid användning av APIet skapas ett objekt av typen toothProbe. Med metoden Connect väljs patientens art med en inparameter. APIet genererar tre olika events från enheten, OnMessage som inträffar då något specifikt har inträffat, till exempel att enheten är funnen och ansluten, onError vid fel och onMeasure, som signalerar att mätdata har samlats in. En datatyp av typen Measure skickas då med, som innehåller tandnummer, mätposition och mätvärde. Om mätvärdet som returneras är över ett visst värde innebär det att en mätning aldrig gjordes, och att värdet bör ignoreras. Detta händer till exempel om patienten saknar en tand och veterinären hoppar över den. För att återställa enheten används metoden Reset.

Testapplikation

För att kunna testa APIet utvecklades en testapplikation som använder sig av det. Applikationen är grundläggande och är egentligen bara i demonstrationssyfte. Det finns två radioknappar för att välja antingen hund eller katt, en knapp för att ansluta samt en för att återställa. Det finns även en textbox, där mätvärden som skickas från enheten visas. Applikationen visar hur APIet skall användas.

Programstruktur huvudenhet

Det första som sker i programmet efter uppstart är initiering. Där initieras mikroprocessorns interna moduler samt variabler. Efter det ritas en startbild upp. Systemet väntar på initieringsdata från värddatorn, bestående av två bytes, en testbyte följt av patientens djurart. Vid korrekt initieringsdata ritas det grafiska användarinterfacet upp med utseende och innehåll baserat på patientens djurart, se bild 12.

Efter uppstart och initiering går programmet in i huvudloopen, där en serie villkorssatser kollar om olika händelser inträffat. De olika händelserna är pekning, enkelclick, dubbelclick och mottagen data från värddatorn.

Vid pekning pollas pekskärmen för att fastställa pekningens position. Om pekningen skett inom definierade områden för interaktion utförs valt kommando, till exempel byte av aktivt mätvärde eller bläddring mellan tänder. Efter kommandots verkställande uppdateras användarinterfacet med de nya ändringarna.

Vid enkelclick läses sensors värde av och behandlas varpå värdet lagras tillfälligt. Värdet visas också på skärmen. Vid dubbelclick skickas senaste mätdata, aktuell tand och aktuellt mätvärde till värddatorn, och nästa mätvärde blir aktivt.

Vid mottagen data från värddatorn motsvarande återställningsinstruktion återställs programmet och berörda variabler.

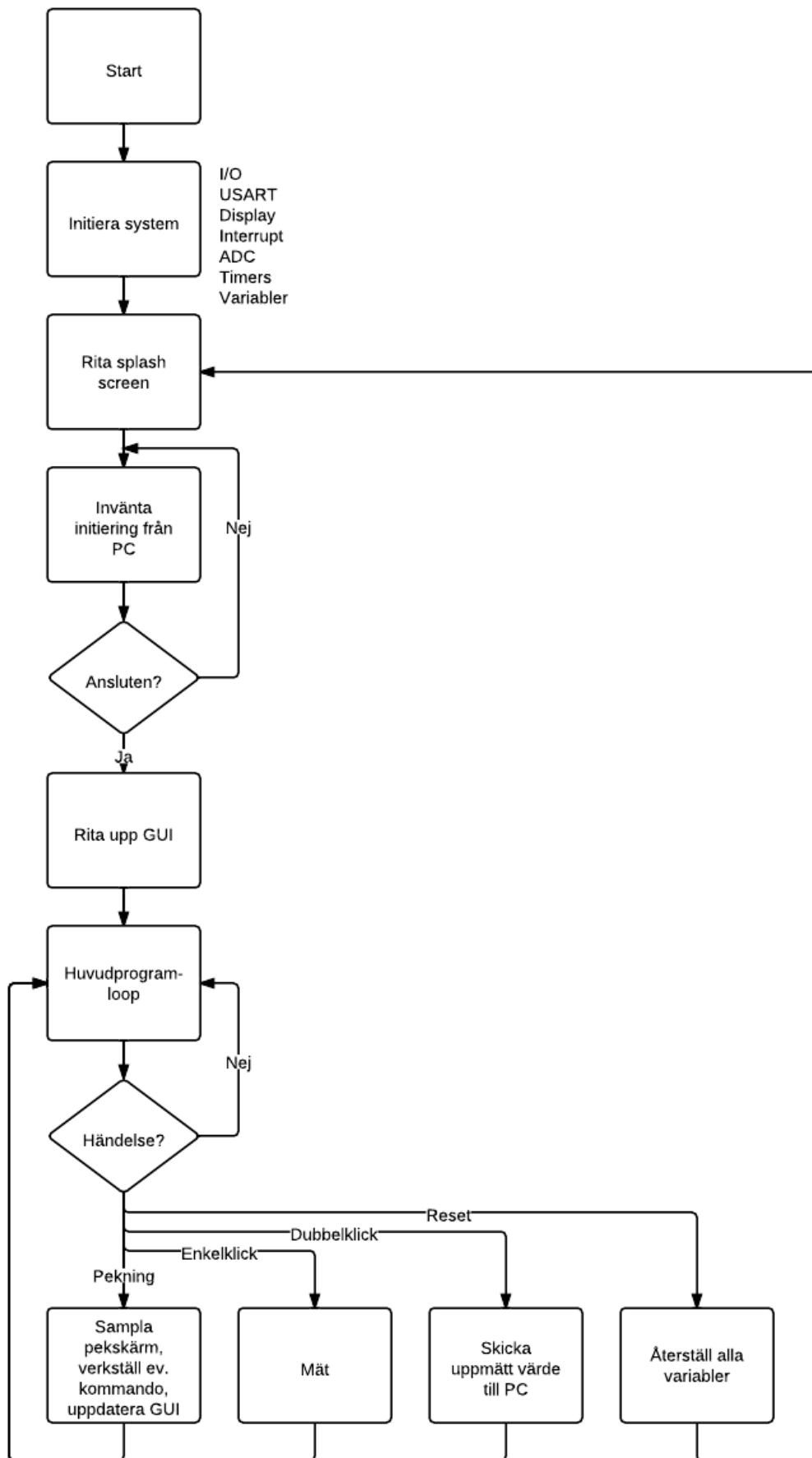


Bild 11: Huvudprogrammets flödesschema

Gränssnitt huvudenhet och sond

Sondens gränssnitt består av en fast del, den så kallade ”mätstickan”, ett fjäderbelastat mothåll som löper längs mätstickan samt en tryckknapp.

Vid mätning skjuts sondens fasta del, mätstickan ner till tandfickans botten. Det återfjädrande mothållet kommer då att ligga an mot tandköttet. Förskjutningen hos mothållet är därför relaterat till tandfickans djup. När mätstickan har nått tandfickans botten, trycks tryckknappen ned en gång, så kallat enkelklick. Huvudenheten kommer då att mäta mothållets förskjutning mot sitt opåverkade och visa uppmätt värde på skärmen. Om användaren inte är nöjd med den mätning som gjorts eller av misstag tryckt ned knappen, kan detta göras om ett obegränsat antal gånger. Då ett korrekt värde mätts upp, trycks tryckknappen ned två gånger i snabb följd (maximalt 500 ms mellan nedtryckningarna), så kallat dubbelklick. Efter dubbelklick skickas uppmätt värde till den anslutna datorn och nästa mätvärde för aktuell tand blir aktivt och mätproceduren kan upprepas för nästa tand. Om det aktuella mätvärdet på en tand är det sista i ordningen, kommer det första mätvärdet för nästa tand att bli aktivt.

På huvudenheten sitter en TFT-skärm med pekskärmspanel. På skärmen visas aktuell tand, aktuellt mätvärde, samtliga mätvärden för aktuell tand samt om aktuellt, uppmätt värde vid mätning samt en liten bild på en hund eller en katt för att indikera vilket djur som valts.

Visning av aktuell tand görs genom att skriva det 3-siffriga tand-ID som är individuellt för varje tand, se bild 12. Den första siffran för tand-ID beskriver tandens lokalisering, över/underkäke samt vänster/höger sida. De andra två siffrorna beskriver tandens placering och är ett löpnummer räknat med ett på främsta tanden i aktuell käke/sida. För att visa de fyra mätvärdena visas en kvadrat vari två diagonala streck bildar ett kryss och delar upp kvadraten i fyra trianglar. Varje triangel motsvaras av ett mätvärde som vid lagring skrivs i triangeln.

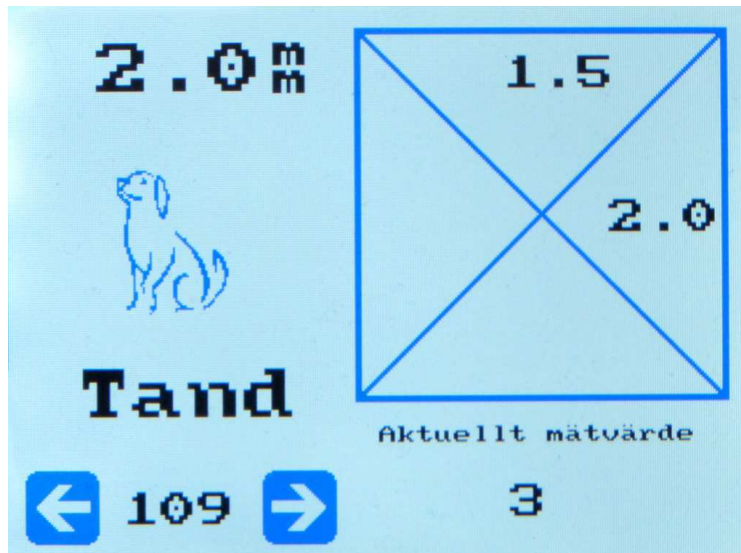


Bild 12: Huvudenhetens interface

Pekskärmen ger användaren möjlighet att välja aktuell tand och mätvärde, vilket kan vara bra vid en felaktig lagring av ett värde eller om djuret saknar en eller flera tänder. Val av aktuell tand sker genom att användaren pekar på en av de två pilar (höger/vänster) som visas intill aktuellt tand-ID. Vid pekning på en av pilarna kommer tand-ID stegas ett steg åt höger respektive vänster, vid sista tanden i en käke är nästa värde intelligande tand i den andra käken. För att välja aktuellt mätvärde, pekar användaren på den triangel som motsvarar önskat mätvärde, varpå det valda mätvärdet omedelbart blir aktivt. Om en mätning gjorts och lagring sker efter byte av mätvärde, kommer mätningen att lagras i platsen för det nya mätvärdet.

Test av huvudenhet

Huvudenheten består av en mätsond, en display, en MCP2200, en mikroprocessor, en låskrets samt diverse kringelektronik som kretsarna behöver (se avsnitt konstruktion för mer information om kretsar). För att testa huvudenheten alla olika komponenter, kopplades dessa upp på en kopplingsplatta mot mikroprocessorns olika ut- och ingångar.

Displayen testas genom att till en början fylla hela skärmen med olika färger för att se att denna funkar samt att den inte har några döda pixlar. Inga döda pixlar kan hittas, skärmen fungerar som den är tänkt att fungera.

MCP2200:n kopplas in mot en dator med USB-sladd för att kontrollera att denna fungerar som den ska, olika data, godtycklig och korrekt mätdata med position sänds mellan

mikroprocessor och dator. Kommunikationen fungerar som den ska både vid sändning och mottagning av data.

Mikroprocessorn programmeras för att kunna utföra dom olika uppgifter som den är tänkt att göra (se bifogat flödesschema). Programmets olika funktioner testas löpande under hela uppbyggnaden. När programmet är färdigt kopplas allting ihop och testas som en helhet. Olika mätningar görs med sonden och skickas via USB till en dator och visas på displayen. Allting fungerar som förväntat.

Test av sond

För att kontrollera att samma noggrannhet hos sensorn bibehållits efter konstruktion av sond, användes ett skjutmått och en multimeter. Där mättes avstånd upp och värden på multimetern jämfördes med tidigare noggrannhetstest. Detta visade att noggrannheten var densamma men på grund av små konstruktionsmissar hamnade magneten längre från sensorn vid nolläge, vilket gav en förändrad utsignal samt något decimerat mätområde. Men för att visa konceptet anses sondens mätområde tillräckligt. Däremot måste konstanterna i mätalgoritmen räknas om baserat på sensorns nya utvärden.

Nya konstanter med upprepade matematiska modeller med en ny offset på 2230 mV blev

$$c_1 = 0.0699$$

$$c_2 = 0.0177$$

med grafen i bild 13.

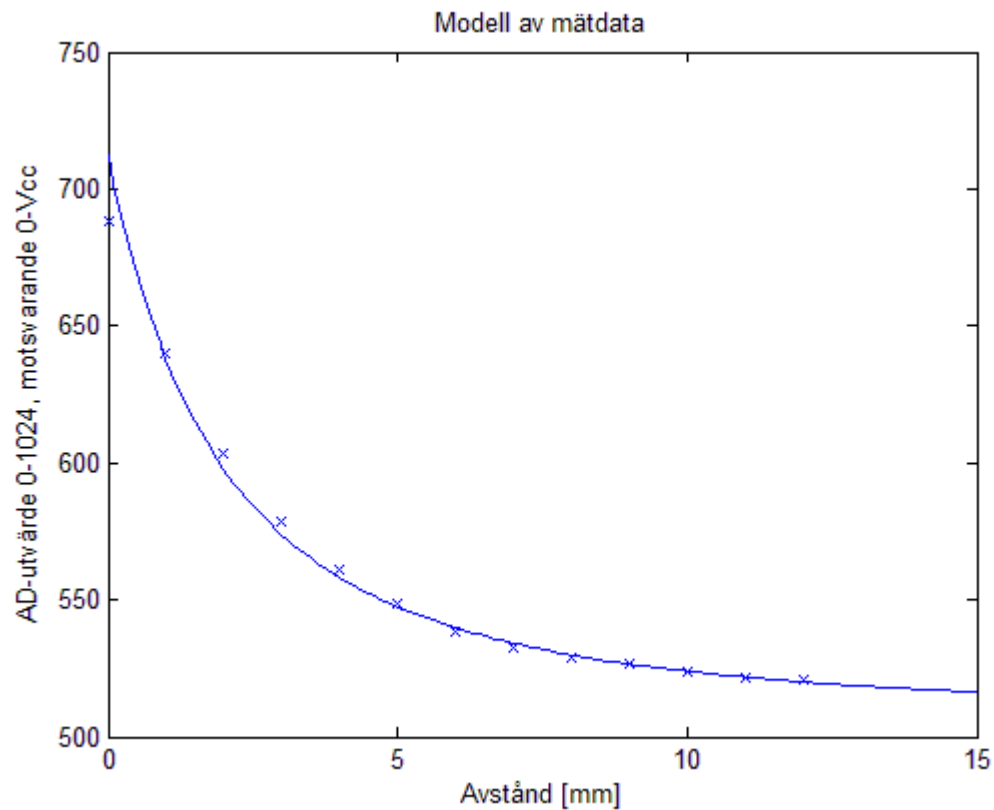


Bild 13: Ny mätdata

Knappen testades genom att kopplas in till huvudenhetens display. Vidare gjordes ett antal mätningar där enkelklick(gör mätning) och dubbelklick(godkänn mätning) testades. Funktionerna fungerade precis som önskat.

Sondens fjäderbelastade mothåll testades mot ett artificiellt hundkranium med tillhörande tandkött. Detta visade att det fanns en viss tröghet i konstruktionen men att konceptet fungerade.

Test av system

För att testa systemet gjordes en rad tester av de olika komponenterna. Vid testerna undersöktes hur övriga systemets funktion påverkades. Skärmen testades genom att programmet kördes och det som skulle visas på skärmen visades. Pekskärmen testades med pekning på ytor där pekning var tillåten samt på godtyckliga ytor där systemet inte skulle påverkas. Sonden testades med knapptryckningar och upprepade fickdjupsmätningar på kraniummodellen där mätvärdena skulle läsas in korrekt till huvudenheten. USB-kommunikation testades tillsammans med APIet med testapplikationen.

Testerna genomfördes utan att övriga systemets funktion påverkades på annat sätt än som planerat.

Slutsats och diskussion

Funktion

Systemet fungerar som tänkt, några detaljer blev mindre lyckade på grund av konstruktionsmissar som kunde ha undvikts om sonden konstruerats i en CAD-programvara och skrivits ut med en 3D-skrivare. Det saknas även vissa egenskaper i APIet, som skulle ha garanterat en mer stabil användning. De huvudsakliga bristerna listas nedan.

- Magnetens nolläge är för långt ifrån sensorn, vilket ledde till att vissa beräkningar fick göras om och mätområdet blev mindre. Detta då de metoder som användes vid tillverkning av sonden inte alltid var tillräckligt exakta.
- Fjäderens stoppläge är ca en millimeter från mothållets yttersta läge, vilket medför att mothållet inte är fjäderbelastat längst ut på mätstickan.
- APIet kan inte registrera om enhetens USB-kontakt dras ur under pågående mätning. Därför måste användaren vara uppmärksam på att detta inte sker under pågående mätning.

Noggrannhet

Noggrannheten som projektbeställaren önskade uppfylldes men på grund av ovan nämnda brister kan inte noggrannheten garanteras inom hela intervallet. Sensorn som valdes för projektet var precis och passade utmärkt för att mäta små avstånd. Mätalgoritmen som framtofs med hjälp av minsta kvadratmetoden stämde väl överrens med den data vi mätte.

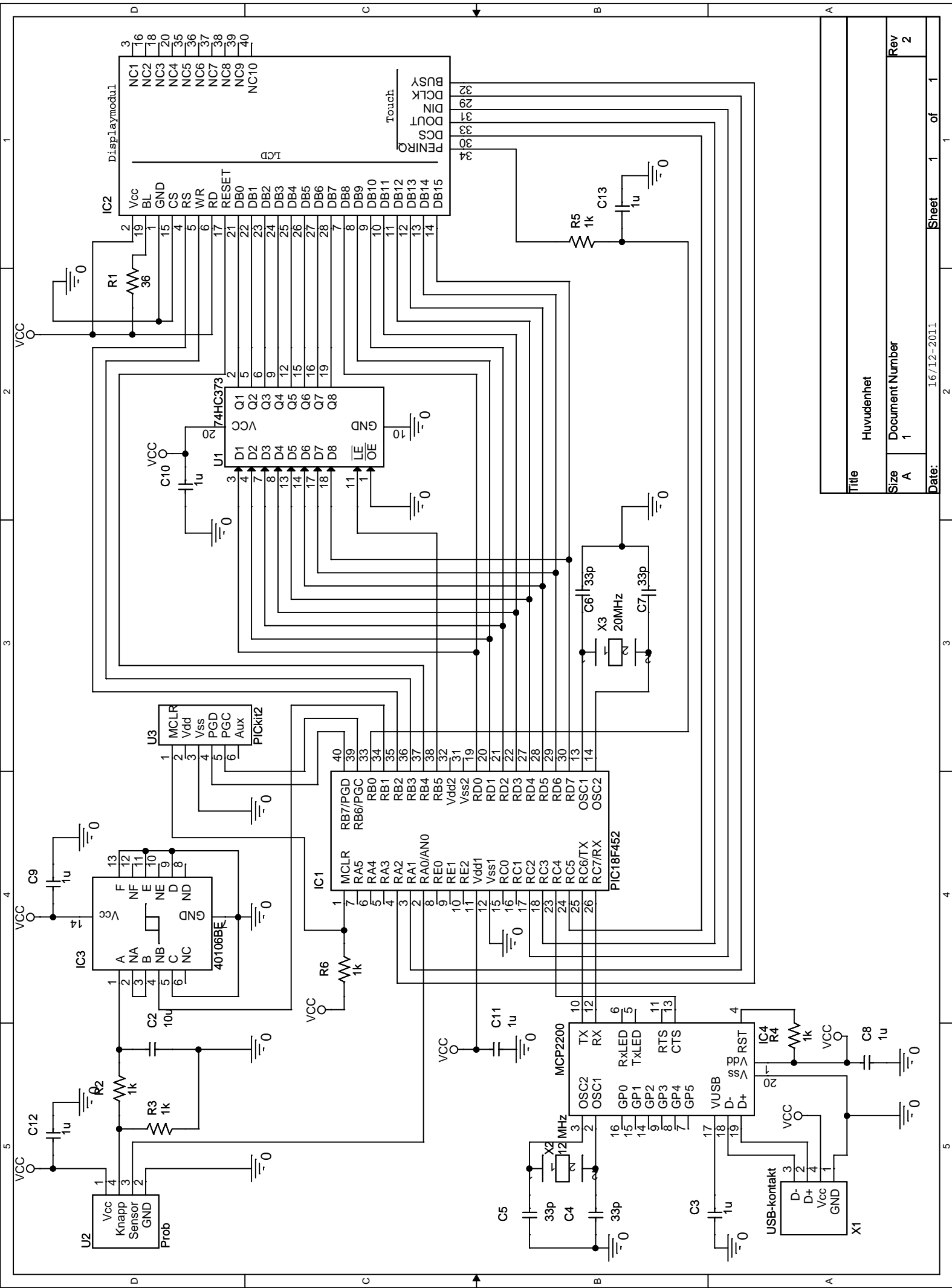
Användbarhet

Systemet är inte tänkt att användas som en färdig produkt och ej heller en prototyp, utan snarare som en illustration av konceptet. Därför är användbarheten inte högsta prioritet. Sonden är systemets svaga länk och kräver en del arbete för att kunna användas istället för befintliga redskap. Huvudenheten är flexibel på det sättet att den kan ta emot i princip vilken insignal som helst mellan 0 och 5 volt med viss omprogrammering. Även APIet är flexibelt, eftersom det kan anpassas till att hantera anslutning och läsning från andra enheter som ansluter med en COM-port.

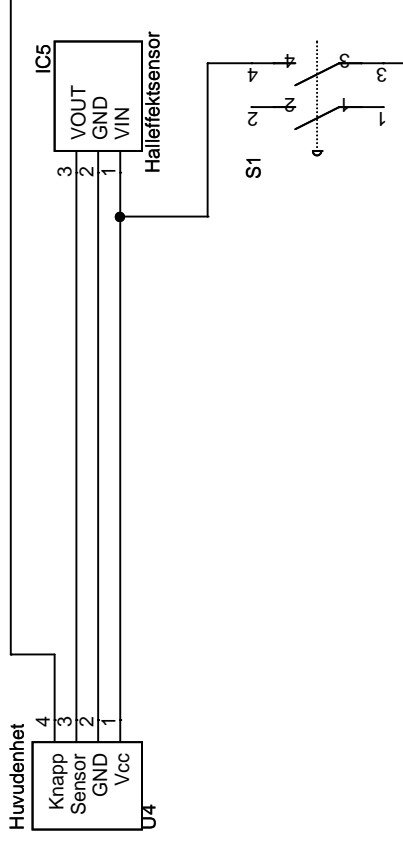
Referenser

- [1] www.macrosensors.com/lvdt_tutorial.html (2011-12-15)
- [2] <http://machinedesign.com/article/when-to-go-linear-0223> (2011-12-16)
- [3] <http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/solidstate/technical/chapter2.pdf>
(2011-12-16)
- [4] [www.faculty.iu-bremen.de/birk/lectures/PC101-2003/14usb/ FINAL%20VERSION/
usb_protocol.html](http://www.faculty.iu-bremen.de/birk/lectures/PC101-2003/14usb/FINAL%20VERSION/usb_protocol.html) (2011-12-08)
- [5] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22228B.pdf> (2011-10-10)
- [6] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf> (2011-11-07)
- [7] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.io.ports.serialport.aspx> (2011-12-4)
- [8] dixon.hh.se/bertil/Kurser/Common/AppliedMath/notes/MKMNotes.pdf (2011-12-13)
- [9] math.chalmers.se/math/Grundutb/CTH/tma021/0102/minstakvadratmetoden.pdf
(2011-12-13)
- [10] Elektriska mätsystem och mätmetoder, L. Bengtsson, ISBN: 91-44-02903-9
- [11] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads7843.pdf> (2011-10-23)
- [12] <http://www.micro4you.com/files/STM32/SSD1289.pdf> (2011-10-23)
- [13] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT373.pdf (2011-12-15)
- [14] [http://allegromicro.com/en/Products/Magnetic-Linear-And-Angular-Position-Sensor-
ICs/Linear-Position-Sensor-ICs/~/_media/Files/Datasheets/A1321-2-3-Datasheet.ashx](http://allegromicro.com/en/Products/Magnetic-Linear-And-Angular-Position-Sensor-ICs/Linear-Position-Sensor-ICs/~/_media/Files/Datasheets/A1321-2-3-Datasheet.ashx)
(2011-12-15)
- [15] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.io.ports.serialport.getportnames.aspx>
(2011-12-15)

Bilaga 1 elektriskt schema huvudenhet



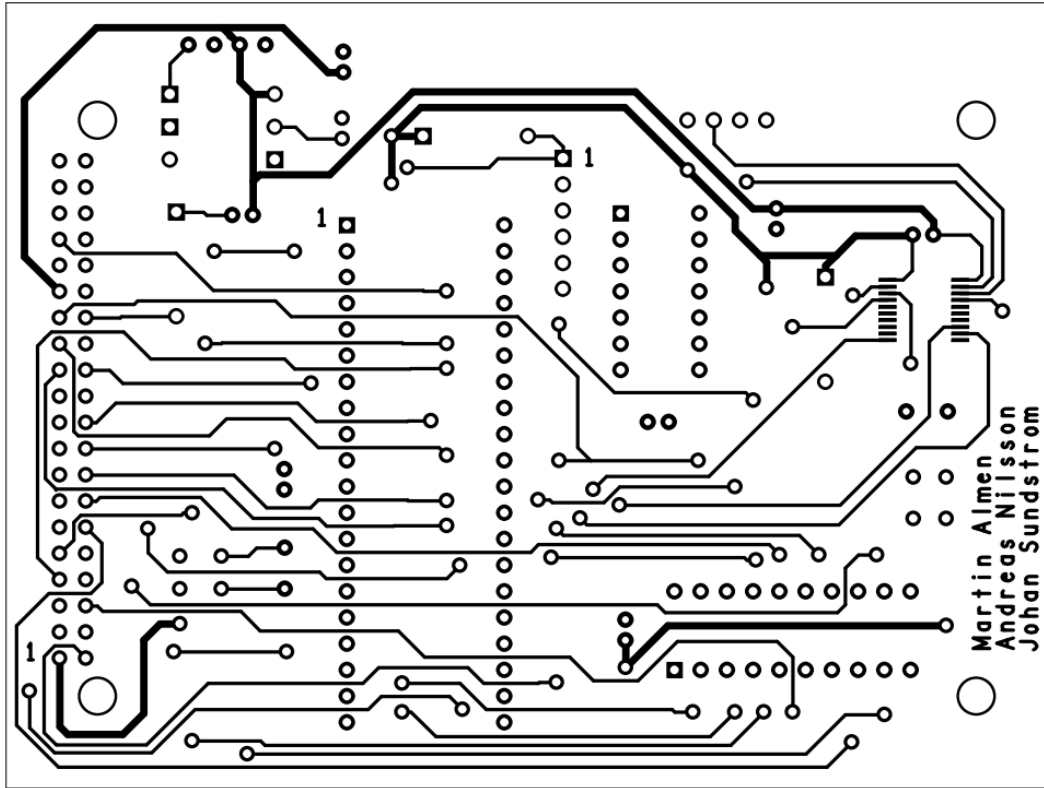
Title		Huvudenhet	
Size	A	Document Number	1
Date:	16/12-2011	Sheet	1 of 1
Rev	2		



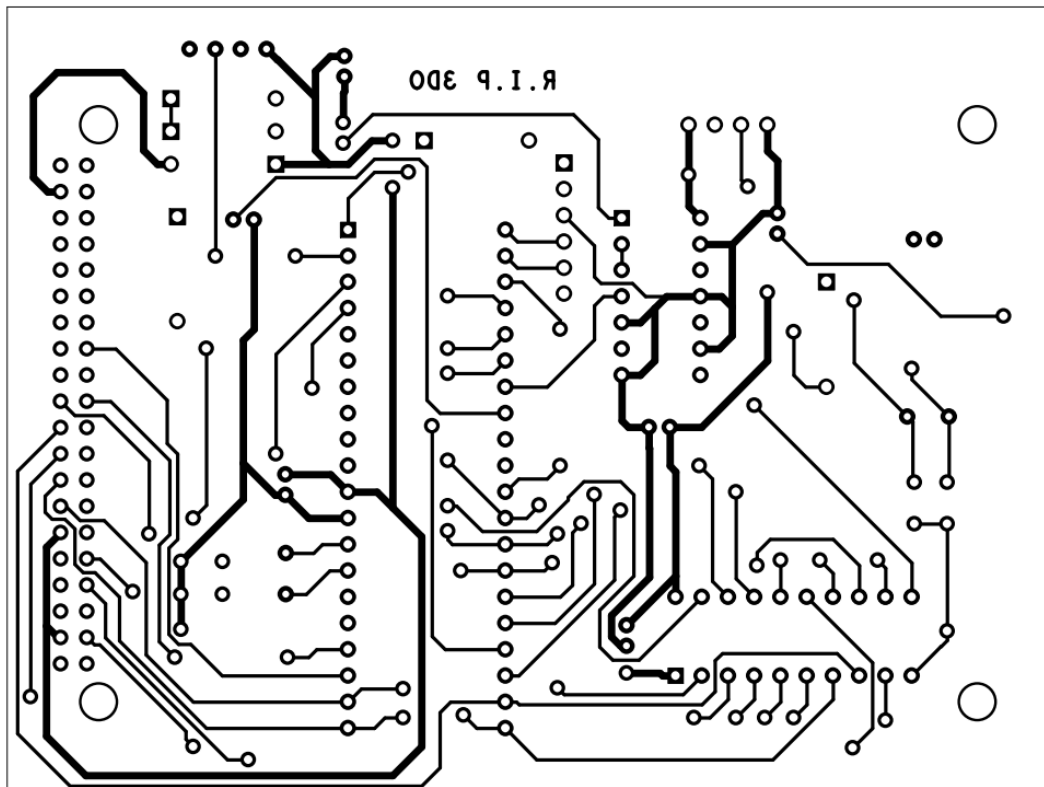
Title		Sond	
Size	A	Document Number	2
Rev	1	Date:	16/12-2011
Sheet 1 of 1		Sheet 1 of 1	

Bilaga 2 PCB-layout

Etslager kretskortets översida



Etslager kretskortets undersida



Komponentplacering

