# *Algemene artikels en berigte*

## Die ontwikkeling van 'n prototipe-borduurmasjien vanaf 'n huishoudelike naaimasjien

A.J. Lubbe
Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Pretoria, 0002

*Ontvang 12 Julie 1999; aanvaar 25 Oktober 1999*

UITTREKSEL

*'n Prototipe-borduurmasjien is ontwikkel deur 'n rekenaarbeheerde XY-tafel met 'n borduurring te bou wat aan 'n huishoudelike naaimasjien en 'n persoonlike rekenaar gekoppel word. Bypassende programmatuur is ontwikkel waarmee borduurpatrone, wat met 'n tekenpakket soos CorelDraw ontwerp word, omskep word in 'n formaat wat deur die beheerprogrammatuur gebruik word om die borduurmasjien te beheer. Enige borduurpatroon wat deur die gebruiker ontwerp word en wat binne die fisiese afmetings van die masjien inpas, kan geborduur word.*

*As die prys van die naaimasjien en die rekenaar buite rekening gelaat word, behoort die borduurmasjien vir ongeveer 'n derde van die prys van bestaande borduurmasjiene beskikbaar gestel te word. Huishoudelike borduurmasjiene is, anders as die prototipe-masjien, beperk tot borduurpatrone wat binne 'n sirkelradius van ongeveer 50 mm moet inpas, is beperk tot patrone wat deur die verskaffer voorsien word en maak nie gebruik van goedkoop standaard-rekenaargeheuekaarte vir die stoor van borduurpatrone nie.*

*Die volgorde van borduur word deur 'n optimiseringsprogram bepaal wat vir elke ontwerp verseker dat die minimum gare oor openinge binne die patroon gespan word en deur die gebruiker afgeknip hoef te word. Die spoed waarteen gestik kan word, hang af van die grootte van die area wat met steke gevul moet word en word outomaties deur die programmatuur beheer.*

*Nadele van die masjien is dat die akkuraatheid van die borduurpatroon afhang van die stewigheid van die XY-tafel en dat die gebruiker se rekenaargeletterdheid sodanig moet wees dat 'n tekenpakket soos CorelDraw gebruik kan word om borduurpatrone mee te ontwerp.*

ABSTRACT

***The development of a prototype embroidery machine from a household sewing machine***

*A prototype embroidery machine was developed by building a computer-controlled XY-table which is connected to a normal household sewing machine and a personal computer. Applicable software was developed that is capable of changing the output of embroidery pattern programmes, designed with a software tool such as CorelDraw, to a format that can be used by control software that drives the embroidery machine. Any embroidery pattern, designed by the user, that fits into the physical dimensions of the machine can be embroidered.*

*If the price of the sewing machine and the personal computer is disregarded, then it will be possible to market the embroidery machine at about a third of the price of existing embroidery machines. Existing embroidery machines are, unlike the prototype machine, limited to patterns that fit into a circle radius of about 50 mm, limited to designs supplied by the supplier of the machines and make use of expensive non-standard memory cards for saving embroidery software.*

*The prototype machine makes use of an optimisation programme which ensures, that for any pattern design, the minimum number of threads are tentered over gaps within a pattern and need to be cut off by the user. The sewing speed is a function of the area that must be filled with threads and is automatically controlled by the software.*

*Some disadvantages associated with the machine are, firstly, that accuracy of the embroidery is directly linked to the stiffness of the XY-table and, secondly, that computer literacy of the user must be at a level so that software such as CorelDraw can be used to design embroidery patterns.*

### 1. AGTERGROND

Doelgemaakte borduurmasjiene waarmee die huisvrou sakwapens en 'n verskeidenheid logogramme kan borduur en wat deur mikro-beheerders[1] beheer word, is reeds geruime tyd in die huishoudelike mark beskikbaar. Die goedkoopste van hierdie masjiene kos ongeveer R9 000 en verder is vir die aftas van eie ontwerpe 'n aftaster van ongeveer R4 000 nodig. Die hoë prys plaas die produk buite die vermoë van die meeste huishoudings waar die masjien nie vir kommersiële doeleindes gebruik word nie.

Borduurmasjiene in die R9 000-prysklas het ook heelwat beperkings. Die vernaamste is dat die borduurpatroon binne 'n sirkel met 'n diameter van ongeveer 100 mm moet inpas. Die geheuekaarte is nie standaardrekenaarkaarte nie, kos tien maal meer en kan slegs 'n kwart van die data van standaardkaarte stoor. Die gebruiker kan nie eie patrone op 'n rekenaar ontwerp en vir die borduurmasjien aanpas nie en is van die verskaffer vir nuwe ontwerpe afhanklik.

Met hierdie projek is 'n bekostigbare XY-tafel ontwikkel wat saam met 'n persoonlike rekenaar en 'n gewone huishoudelike naaimasjien deur programmatuur geïntegreer word in 'n kombinasie waarmee eie ontwerpe geborduur kan word. Die meeste huishoudings beskik reeds oor 'n naaimasjien en daar word voorsien dat 'n persoonlike rekenaar eersdaags ook 'n alledaagse huishoudelike artikel sal word. Die gebruiker kan 'n algemene rekenaartekenpakket soos CorelDraw gebruik om eie borduurpatrone mee te ontwerp. Die programmatuur maak van die parallelpoort van die rekenaar gebruik om beheerdata na die XY-tafel te stuur wat die ring, waarbinne die materiaal gespan word, onder die naald laat deurbeweeg.

Die tegniek om stappermotors (wat die XY-tafel laat beweeg)

deur die parallelpoort te beheer, vind wye toepassing op die gebied van bewegingsbeheer en word volledig bespreek vir moontlike toepassing op ander gebiede.

## 2. KONSEPTUELE UITBEELDING

'n Huishoudelike naaimasjien (kyk figuur 1) word met 'n borduurtafel, waarvan die hoogte kan verstel, toegerus om by enige naaimasjien aan te pas. Die borduurtafel beweeg 'n borduurring, waarin die materiaal waarop geborduur moet word, gespan word, onder die naald van die naaimasjien elke keer as die naald uit die materiaal uitgelig word. Die naaimasjien word toegerus met 'n optiese sensor wat 'n puls aan die rekenaar stuur op die tydstippe waarop die naald buite die materiaal beweeg.

Die persoonlike rekenaar beheer die borduurtafel se X- en Y-beweging asook die spoed van die naaimasjien.

Die komponente is so ontwerp dat die borduurtafel, die optiese sensor en die spoedbeheerder van die naaimasjien maklik vanaf die kombinasie aangesit en afgehaal kan word.

## 3. APPARATUUR

### 3.1 Borduurtafel

Die borduurtafel bestaan uit glybane en leiskroewe om 'n XY-tafel te vorm waarvan die X- en Y-asse deur stappermotors aangedryf word. Vir die prototipetafel is die leiskroewe van 'n plotter met 'n steek van 5 mm gebruik wat aan die tafel die vermoë gee om teen plotterspoed te beweeg.

'n Borduurring, waarin die materiaal vasgeklem word, is aan die assestelsel geheg sodat die ring saam met die asse beweeg. Figuur 2 toon die borduurring met beweging na regs in die rigting van die positiewe Y-as.

Die stappermotors, drywers en spoedbeheer is aan die tafel bevestig.

### 3.2 Stappermotors

Die X- en Y-as word elk deur 'n bipolêre MATSUSHITA-stappermotor van 12 volt, 1 ampère, 0.42 N-m statiese wringkrag en 180 stappe per omwenteling aangedryf.

### 3.3 Stappermotordrywers

Die stappermotordrywers[3] is standaard CMD-40 unipolêre/bipolêre-drywers wat 2 ampère per fase vanaf 'n 12 V- tot 40 V-kragbron kan lewer. Die drywers maak voorsiening vir rigtingverandering,[2] halfstapbeweging en benodig 'n 5 V digitale sein vanaf die rekenaar om die stappermotors te puls en die spoed te beheer.

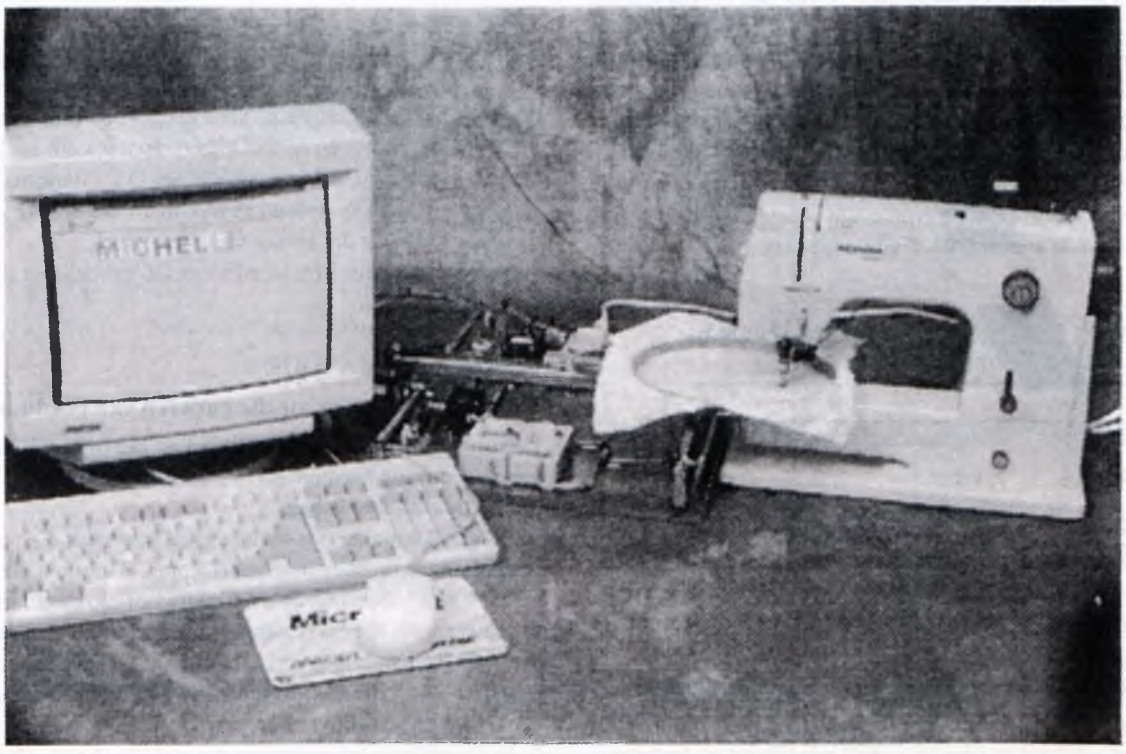
Die poortverbindings word op die drywer aangedui soos in tabel 1. Om te verseker dat die stappermotors altyd van krag voorsien word, word NRST en EN aan DGND verbind. Vir akkurate beweging word in halfstappe beweeg. 'n Eksterne 5 V-kragbron word verbind tussen VCC en DGND, terwyl DGND ook aan die parallelpoort van die rekenaar se gronddraad verbind word.

### 3.4 Spoedbeheer

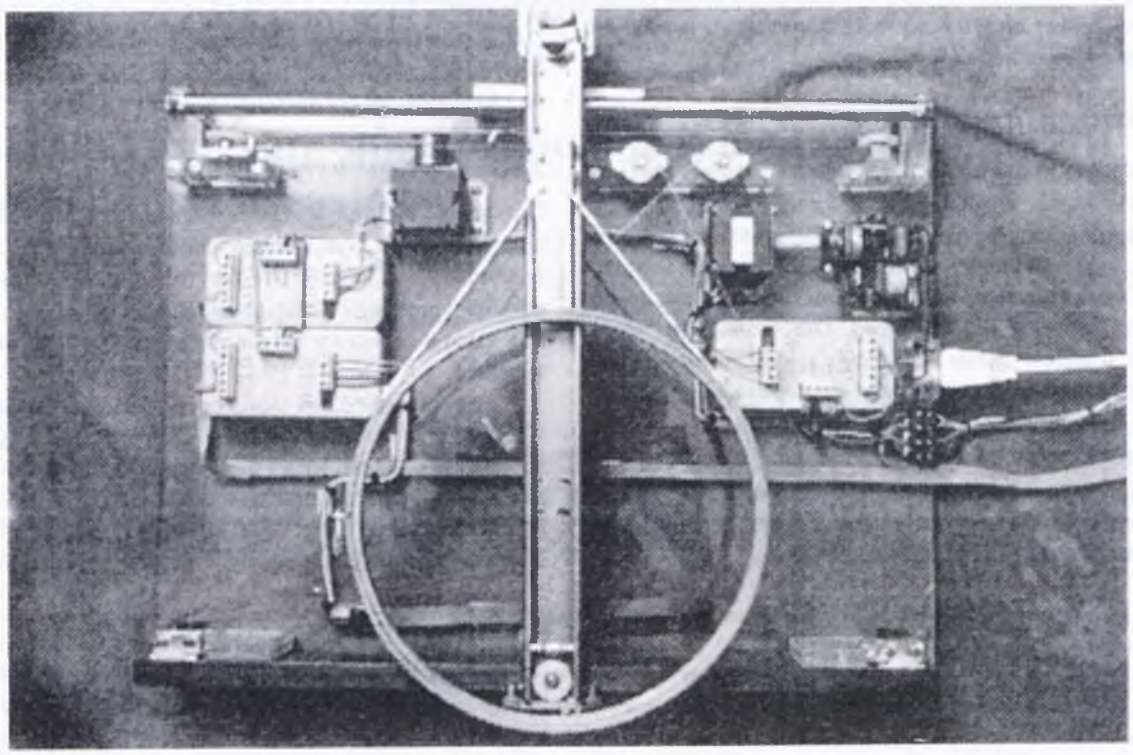
Dit is nodig dat die spoed van die naaimasjien deur die rekenaar beheer word om by die verskillende funksies wat verrig word en by die borduurpatroon aan te pas. Tydens die borduur van groot oppervlaktes kan die spoed hoër wees as tydens die borduur van klein ingewikkelde patrone, en aan die einde van 'n lyn moet stadiger gestik word sodat die naald tot stilstand gebring kan word.

Die spoedbeheerder vervang die voetbeheer van die masjien waarmee die spoed normaalweg beheer word en die verbindingsprop van die spoedbeheer pas in die sok van die voetbeheer.

Die spoedbeheerder bestaan uit 'n verstelbare weerstand van tipe 1030 van Smart Electronics LTD, 'n stappermotor identies aan die stappermotors wat die asse aandryf en 'n bypassende stappermotordrywer. Die stappermotor kan 'n verstelbare weer-



***Figuur 1**: Rekenaar, borduurtafel, borduurring en naaimasjien.*



***Figuur 2:*** *Bo-aansig van borduurtafel.*

stand draai wat dieselfde funksie verrig as die voetbeheer van die masjien.

### 3.5 Die optiese sensor

Om te voorkom dat die naald breek as die borduurring beweeg terwyl die naald nog binne die materiaal is, word 'n hoëspoed optiese sensor gebruik om die hoogteposisie van die naald te bepaal.

Die sensor[7] is van die OPB810 tipe (Wide gap slotted optical switch). Dit bestaan hoofsaaklik uit 'n diode wat 'n hoëfrekwensie-ligstraal uitstuur wat skyn op 'n fototransistor wat 'n 5 V-sein deurlaat as die ligstraal nie gebreek is nie en nul volt deurlaat tydens onderbreking van die straal. Die sensor word so aan die voetstuk van die naald bevestig dat die naald die ligstraal breek as dit in die materiaal is. Die 0 V- of 5 V-seine word gebruik as nul-een-seine wat in die beheerprogram gebruik word en skakel die nodigheid vir 'n analoog-na-digitale-omsetter uit.

**Tabel 1** Funksies van die poortverbindings op die stappermotordrywer

| Poort | Funksie |
|---|---|
| DIR | Rigtingsein |
| NCLK | Pulssein |
| HALF | Halfstappe 0 Volstappe 1 |
| NRST | Restart (grond) |
| EN | Enable (grond) |
| VCC | +5 V-invoer |
| DGND | Digitale grond |
| AGND | Analoog grond (12 V-) |
| VS | 12-40 V-kragtoevoer (12 V+) |
| OUT1 tot OUT4 | Stappermotorkoppeling |

## 4. DIE PARALLELPOORT AS KOPPELVLAK TUSSEN PROGRAMMATUUR EN APPARATUUR

'n Parallelpoort[8] van 'n persoonlike rekenaar beskik oor agt transistor-transistor-logika (TTL)-uitsetlyne, vyf insetlyne en vier tweerigtinglyne. Die parallelpoortsok het 25 verbindingspenne waarvan penne 18 tot 25 aan grond verbind is. Seine na en van die parallelpoort word deur drie registers, nl. data-, status- en beheerregisters beheer. Die uitleg van die data- en die statusregisters en hul penverbindings word in tabel 2 en tabel 3 aangetoon.

Vir die X-stappermotor word die ooreenstemmende drywer se NCLK (dryfsein) aan die dataregister verbind deur D0 en die drywer se DIR (rigtingsein) deur D1. Op soortgelyke wyse word die Y-stappermotor en spoedbeheerstappermotor se drywers, soos getoon in tabel 2, verbind aan D2 tot D5. Die transistor van die sensor word aan D6 verbind terwyl die diode aan D7 verbind word vanwaar krag aan die sensor voorsien word.

Van die statusregister word slegs D6 gebruik vir die inlees van die sensorwaarde.

## 5. PROGRAMMATUUR

### 5.1 Programmatuur vir die ontwerp van borduurpatrone

Die programmatuur wat ontwikkel is, het twee funksies, naamlik eerstens om die borduurpatroon mee te ontwerp en tweedens om die borduurtafel te beheer.

Enige tekenpakket (soos bv. CorelDraw) wat die vermoë het om 'n tekening te omskep in stipperformaat (Hpgl) en die data te stoor in 'n '*.PLT'-lêer, kan gebruik word om die borduurpatroon mee te ontwerp. As die tekenpakket verder oor die vermoë beskik om die '*.PLT'-lêer te omskep in 'n '*.Emf'-lêer (Enhanced windows metafile), kan die borduurpatroon ook gedurende die borduurproses op die skerm vertoon word.

'n CorelDraw-tekening, en dus ook die borduurpatroon, word in 'n '*.CDR'-lêer gestoor. Om die '*.CDR'-lêer te omskep in

**Tabel 2** Dataregister (uitskryflyne D0-D7 word aan penne 2 tot 9 verbind)

| Krag vir sensor | | Spoedbeheer | | Y-stappermotor | | X-stappermotor | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| Diode | Transistor | Rigting | Puls | Rigting | Puls | Rigting | Puls |

**Tabel 3** Statusregister

| Pen 11 | Pen 10 | Pen 12 | Pen 13 | Pen 15 | Geen Pen | Geen Pen | Geen Pen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| | Sensor-waarde | | | | | | |

stipperformaat moet 'n aantal verstellings daaraan gemaak word voordat dit na die beheerprogrammatuur gestuur ('export') word. Die verstellings is nodig om te verseker dat die skaal van die tekening en die skaal op die borduurmasjien dieselfde is en om die digtheid van vulling van die borduurpatroon, wat met arsering verkry word, so te stel dat die arseerlyne op die korrekte parallelle afstand van mekaar is sodat die stiklyne aan mekaar kan raak om die patroon te vul.

Vir die stappermotors en leiskroewe van die prototipe XY-tafel is die volgende verstellings gedoen:

- Die stippereenhede wat van 10 tot 1000 verstel kan word, is op 48 gestel.
- Die stipperoorsprong word na links onder op die bladsy verskuif sodat alle waardes positief is.
- Die objekvulling (arsering) word na parallel verstel.
- Lynspasiëring word op 0,21 duim (kan slegs in duim gemaak word) gestel.
- Kromme-resolusie word gestel op 0,14 duim.

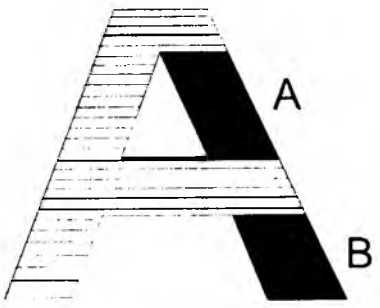
Tabel 4 toon 'n gedeelte van 'n PLT-lêer en die funksies wat elke instruksie verteenwoordig. Die beheerprogrammatuur gebruik die X- en Y-waardes na die 'PU'-funksie as die koördinaatwaardes waarheen beweeg moet word as nie gestik word nie, en die waardes na 'PD' as die koördinaatwaardes waarheen beweeg moet word terwyl gestik word.

**Tabel 4** Voorbeeld van 'n PLT-lêer

| Lêerinhoud | Funksie |
|---|---|
| IN; | Begin van lêer |
| VS32,1; | Pensnelheid (word nie gebruik nie) |
| VS32,8; | |
| PW0,350,1; | Penwydte (word nie gebruik nie) |
| PW0,350,8 | |
| SP1; | Kleurkode vir gare |
| PU151,345; | Pen Op X- en Y-waarde |
| PD151,349; | Pen Af X- en Y-waarde |
| SP1; | Kleurkode vir gare |
| PU212,220; | Pen Op X- en Y-waarde |
| PD214,221; | Pen Af X- en Y-waarde |
| SP0; | Einde van lêer |

Gare wat gespan word terwyl die naald deur die lug beweeg (tydens PU) sonder om te stik, moet deur die gebruiker afgesny word. Dit impliseer dat elke keer as 'n PU-instruksie voorkom waar die stipper veronderstel is om die pen op te lig, word 'n garedraad tussen hierdie punt en die eerste PD-instruksie gespan. Om die aantal kere wat gare afgesny moet word, te beperk, is 'n minimiseringsprogram ontwikkel wat die volgorde van borduur manipuleer.

In figuur 3 stel die gearseerde gedeelte van die letter 'A', wat as voorbeeld geborduur moet word, daardie gedeelte voor wat eerste, al op die arseerlyne langs, gestik word. Hierdie gedeelte kan gestik word sonder om enige gare af te knip. Die koördinate van die swart gedeeltes, A en B, word tydelik gestoor en nadat die gearseerde gedeelte gestik is, word eers gedeelte A en daarna gedeelte B gestik. As hierdie volgorde van borduur gevolg word, is dit slegs nodig om twee drade gare af te knip, nl. tussen die gearseerde gebied en A en tussen A en B. Indien die prosedure nie gevolg sou word nie, sou al die garedrade oor die twee openinge tussen die bene van die 'A' uitgeknip moes word. Die optimum volgorde van borduur word outomaties vir enige patroon deur die optimiseringsprogram bepaal.




***Figuur 3:*** *Grafiese voorstelling van borduurvolgorde.*

Die optimiseringsprogram kontroleer by elke PU of die koördinate van die volgende PD op dieselfde helling lê as die voorgaande lyn en indien dit die geval is, word die koördinate van die lyne wat ná die PD gestik moet word in 'n aparte lêer gestoor.

## 5. Programmatuur vir die beheer van die XY-tafel

Om enige area van 'n borduurpatroon te vul, word die area opgedeel in reguitlyne deur die area m.b.v. die tekenpakket te arseer. Die borduurmasjien stik altyd op 'n reguitlyn (arseerlyn)

tot by die end van die lyn waar dit die wydte van die arseeropening oor beweeg na die volgende arseerlyn en terugstik. Die grootte van die borduursteek word deur die gebruiker gekies.

Die beheerprogrammatuur deel die lyn (met lengte tussen PD en PU) op in gelyke borduursteeklengtes en bepaal aan die einde van die lyn watter breuk van die borduursteek aan die einde van die lyn bygevoeg moet word om die korrekte lengte te verseker. Die stappermotors beweeg elke keer as die naald uit die materiaal uit is sodanige afstande dat die naald presies een borduursteeklengte op 'n keer beweeg tot een steek, of 'n breuk van 'n steek, voor die einde van die lyn waarna dit die afrondingsteek doen. Omdat die helling van die arseerlyne dieselfde is, is dit slegs nodig om een keer die stapgroottes te bereken, en daarna slegs die grootte van die afrondingsteke en die oorgangsteek tussen arseerlyne te bereken. Die beheerprogram bepaal hoeveel stappe elke stappermotor moet beweeg om te verseker dat die naald 'n borduursteekafstand beweeg.

Die drywer van 'n stappermotor benodig 'n 0 V- tot 5 V-vierkant-dryfsein en 'n rigtingsein[1] soos getoon in skets 1 van figuur 4. Die drywer laat die stappermotor een stap aan beweeg met elke opgaan van die dryfsein, terwyl 'n 5 V-rigtingsein die motor kloksgewys laat draai en 'n 0 V-dryfsein die motor antikloksgewys laat draai. Hoe hoër die frekwensie van die dryfsein, hoe vinniger beweeg die motor. Die parallelpoort kan beide seine gelyktydig na die drywer uitstuur, maar indien die drywer die rigtingsein en die pulssein gelyktydig ontvang soos by stap 3 in skets 1 van figuur 4, vind die rigtingverandering eers met die volgende opgaan van die dryfsein[6] plaas en veroorsaak dat die XY-tafel een stap te ver beweeg voordat dit van rigting verander. Om hierdie probleem te ondervang, moet die rigtingverandering plaasvind voordat die pulssein ontvang word, soos getoon by stap 3 in skets 2 van figuur 4.

Die programmatuur vir die verwerking van die PLT-lêer, asook vir die beheer van die XY-tafel is in Visual Basic geskryf en die volledige kode is beskikbaar op die tuisblad van die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese, Universiteit van Pretoria by die adres: http://ie.up.ac.za./ onder die opskrifte Faculty and Staff/ André Lubbe.

### 5.3 Borduurprogrammatuur

Vir die beheer van die borduurmasjien is 'n hoofprogram[4,5] ontwikkel wat aan die gebruiker verskeie skerms met gebruikersvriendelike keuse-opsies bied. So kan die gebruiker op een skerm al die tegniese verstellings soos steeklengte, stikdigtheid, kleur, ens., aanbring en op 'n volgende skerm word die gebruiker versoek om die naald na die nulpunt van die materiaal te neem.

Die hoofprogram lei die gebruiker deur al die nodige stappe om die masjien korrek op te stel, te begin borduur en gee 'n waarskuwing as die gare geruil moet word vir 'n volgende kleur.

## 6. KOSTE

Die totale vervaardigingskoste van die prototipe-borduurtafel was ongeveer R1 500, waarvan R750 vir onderdele en materiaal en R750 vir arbeidskoste was. Na raming sal die finale produk vir ongeveer R3 000 op die mark geplaas kan word. Dit is ongeveer 'n derde van die prys van vergelykbare bestaande produkte.

## 7. RESULTATE

### 7.1 Die borduurtafel

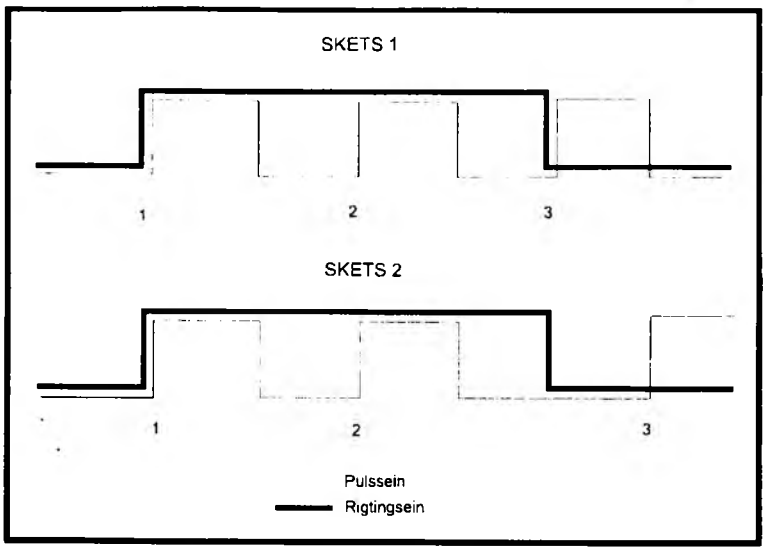
Die borduurtafel is op verskeie naaimasjiene getoets en die volgende is waargeneem:

- Dit is baie maklik om die tafel aan enige naaimasjien te verbind.
- Storings, soos gare wat breek, is as gevolg van die naaimasjien en nie van die borduurtafel nie.
- In geval van baie kleure in 'n ontwerp neem die omruil van gare baie tyd in beslag.
- Enige motief kan suksesvol geborduur word.
- Klein onakkuraathede het soms voorgekom weens 'n speling tussen die borduurraam en die glybane.

### 7.2 Die programmatuur

Verskeie gebruikers is gevra om die borduurmasjien te toets sonder dat opleiding vooraf aan hulle verskaf is en die volgende is waargeneem:

- Die programmatuur funksioneer foutloos.
- 'n Handleiding sal nodig wees om gebruikers op te lei.
- Die borduurproses kan somtyds vergemaklik word deur alreeds gedurende die ontwerp van die borduurpatroon die helling waarteen gestik moet word oordeelkundig te kies. Gebruikers sal dus meer vaardig word namate meer




*Figuur 4: Dryfsein en rigtingsein*

borduurpatrone ontwerp word.

- Dit is noodsaaklik dat die gebruiker wat eie patrone wil ontwerp, vertroud is met 'n tekenpakket soos CorelDraw.

## GEVOLGTREKKINGS

Die doelwit om 'n bekostigbare, werkende borduurmasjien, bestaande uit 'n naaimasjien, 'n rekenaar en 'n XY-tafel, te ontwerp, te bou en te toets, is bereik.

Die programmatuur funksioneer volgens die spesifikasies waarop vooraf besluit is. Dit is egter moontlik om die beskikbare funksies verder uit te brei. As voorbeeld van sulke verdere funksies kan die gebruiker moontlik die keuse gebied word om eers die buite-omtrek van die patroon te stik voordat die borduurproses begin. Nog 'n moontlikheid sou wees om die opsie te kan uitoefen dat slegs elke tweede lyn gedurende die borduurproses gestik word en dat die openinge daarna met 'n ander kleur gevul kan word.

Die borduurtafel is slegs 'n prototipe wat gebou is om die konsep te bewys, die leiskroewe en elektronika is byvoorbeeld nie toegebou soos vir 'n produksiemodel nie. Verdere ontwikkelingswerk is nodig om die prototipetafel produksiegereed te kry. Nadat die finale XY-tafel gebou is, behoort dit eers aan kwaliteitstoetse onderwerp te word om die betroubaarheid daarvan te bepaal.

## LITERATUURVERWYSINGS


1. Lubbe, A.J. (1997). Die ontwikkeling van 'n opleidingsmikrobeheerder vir nie-elektroniese ingenieurs. *S. Afr. Tydskr. Natuurwetenskap en Tegnologie*, 16 (3), 135–139.
2. Tooley, M. (1993). *PC-based Instrumentation and Control* (Newness, London).
3. Yahya, B. (1995). *Stepper motor control*. Elector Electronics, 36–39.
4. Potts, S., Monk, T.S. (1994). *Borland C++4 by example* (Que Corporation, New York).
5. Shammas, N., Craig, A., Mulray, E. (1996). *Teach yourself Borland Delphi 2 in 21 days* (SAMS Publishing, New York).
6. Nachum, A. (1998). *Principles of Micro controllers with the 8051* (Scientific Education Systems, Tel Aviv).
7. Optec Technology, Inc. (July 1996). *Product Bulletin OPB800L*. 12.68–12.69.
8. Communications Concepts (1998). *US Robotics Product Bulletin*. 3.1–3.18.