

Undersökning av möjligheter till optimering av CashComplete



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Avdelningen för Industriell Elektroteknik och Automation

Examensarbete:
Patrik Thoresson
Seif Tebini

Examinator: Mats Lilja
Handledare: Christian Nyberg

© Copyright Patrik Thoresson, Seif Tebini

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Avd. för Industriell Elektroteknik och Automation
Lunds universitet
Lund 2015

Sammanfattning

Detta examensarbete är gjort på SCAN COINs huvudkontor i Malmö. I arbetet undersöker vi möjligheten att optimera produkten SCAN COIN CashComplete POS. CashComplete är ett slutet system för att enkelt kunna betala med sedlar och mynt och sedan få tillbaka korrekt växel. För att göra CashComplete mer attraktiv i en självutcheckningsmiljö måste produktens pris bli lägre. Detta arbete lägger fokus på att minska priset på enheten för PC och strömförsörjning. De största kostnaderna består av ett moderkort med en integrerad processor, en adapter för att datorn ska kunna kommunicera med mynt- och sedelenheterna samt två nätaggregat.

Som en ersättare till datorn undersöktes möjligheten att använda en enkortsdator. Kompatibiliteten analyserades och prestandan testades för att avgöra om systemet fortfarande är funktionellt. Alternativa adaptrar för att kommunicera via gränssnittet CAN undersöktes. För att kunna ersätta nätaggregaten gjordes mätningar av effektförbrukning för samtliga enheter.

Resultatet blev att systemet fungerar lika bra med enkortsdatorn Raspberry Pi 2 och presterade till och med bättre i en del tester. CAN-adaptorn ersattes med ett billigare alternativ. Strömförsörjningen byttes ut och sker nu via ett nätaggregat för att försörja samtliga enheter. En fungerande konceptmodell skapades där totalkostnaden sänktes och storleken på chassit minskades.

Nyckelord: CashComplete, Enkortsdator, Raspberry Pi, PC och strömförsörjning, CAN, Chassi

Abstract

This thesis work was done in the SCAN COIN headquarters in Malmö, Sweden. In the work, we investigate the possibility to optimize the product SCAN COIN CashComplete POS. CashComplete is a closed system that makes it easy to pay with notes and coins and get the correct change back. To make CashComplete more attractive in a self-checkout environment the products price must be decreased. This work focuses on reducing the price of the device for PC and power supply. The main costs consists of a motherboard with an integrated processor, an adapter for the computer to communicate with coin and note units, and two power supplies.

As a replacement for the computer the possibility of using a single-board computer was examined. The compatibility was analysed and the performance was tested to determine if the system still is functional. Alternative adapters to communicate with the CAN interface was examined. To replace the power supplies measurements of power consumption for all units was made.

The result was that the system works equally well with the single-board computer Raspberry Pi 2 and performed even better in some tests. The CAN adapter was replaced with a cheaper alternative. The power supplies was replaced with one power supply to supply all units. A functional concept model was created where the total cost has been decreased and the size of the chassis reduced.

Keywords: CashComplete, Single-board computer, Raspberry Pi, PC and power supply, CAN, Chassis

Förord

Detta examensarbete omfattar 22,5 högskolepoäng och är den avslutande delen för högskoleingenjörsutbildningen på programmet Elektro- och Automationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola/Campus Helsingborg. Arbetet är utfört på SCAN COIN AB i Malmö.

Ett stort tack till vår handledare på företaget, Christian Strömblad, som gav oss möjligheten att utföra vårt examensarbete på SCAN COINs kontor i Malmö. Vi vill även tacka all personal på SCAN COIN som hjälpt och stöttat oss för att lyckas med projektet. Slutligen vill vi tacka vår examinator Mats Lilja och handledare Christian Nyberg på Lunds Tekniska Högskola/Campus Helsingborg.

Patrik Thoresson
Seif Tebini

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemformulering	1
1.3 Syfte	2
1.4 Målsättning	2
1.5 Metod	2
1.6 Avgränsningar	3
2 Teknisk bakgrund	4
2.1 CashComplete	4
2.1.1 PC- och strömförsörjningsenhet	4
2.1.2 CashChanger	6
2.1.3 Mynt- och sedelenhet	7
2.1.4 Transport Unit	8
2.2 Datorhårdvara	8
2.2.1 Raspberry Pi 2	8
2.2.2 Arduino	9
2.3 CAN-gränssnittet	9
2.3.1 IXXAT USB-to-CAN Compact	9
2.3.2 LAWICEL CANUSB	10
3 Analys	11
3.1 Val av enkortsdator	11
3.2 Operativsystem för Raspberry Pi 2	11
3.3 Prestanda	12
3.4 Strömförsörjning	12
4 Utförande	13
4.1 Drivrutiner	13
4.1.1 LAWICEL CANUSB	13
4.1.2 IXXAT USB-to-CAN Compact	14
4.2 Prestandatest	14
4.3 Effektförbrukning	16
5 Resultat	18
5.1 Prestandaskillnader	18
5.2 Effektförbrukning	19
5.3 Strömförsörjning	21
5.4 Prototyp	22
5.5 Prisskillnad	25
6 Slutsats	26
6.1 Framtida utvecklingsmöjligheter	27

7 Källkritik.....	28
8 Terminologi	29
9 Referenser	30

1 Inledning

SCAN COIN AB grundades år 1966 i Malmö och är en stor aktör inom kontanthantering med över 40 års erfarenhet inom branschen. Som namnet antyder bildades företaget med fokus enbart på mynthantering. I dagsläget är företaget bland de ledande leverantörerna av utrustning, systemlösningar och tjänster för kontanthantering med en komplett produktportfölj. Den globala kundbasen betjänas via ett nätverk av SCAN COIN-företag och distributionspartners som täcker cirka 120 länder. SCAN COIN utvecklar, tillverkar och marknadsför utrustning och integrerade lösningar för hantering av sedlar och mynt och har blivit världsledande på marknaden för automatisk kontanthantering. För mer information om SCAN COINs historia se referens [1].

1.1 Bakgrund

I vårt examensarbete kommer vi att optimera SCAN COIN-produkten CashComplete POS (Point of sale) som används som utcheckningsmiljö i butiker. CashComplete är ett kompakt, slutet system för att enkelt kunna betala med sedlar och mynt och sedan få tillbaka korrekt växel. För att göra detta möjligt ska POS-datorn kontrollera saldot och ange ifall kunden ska betala mer pengar alternativt att få tillbaka pengar. Enheten kontrollerar även autenticiteten på valutan vilket leder till att maskinen sorterar bort falska mynt och sedlar.

CashComplete består av tre huvuddelar: En myntenhet, en sedelenhet och en enhet för PC och strömförsörjning. Det finns även en enhet som säljs separat som heter CashComplete Transport Unit. Den används för att tömma och fylla på sedlar enligt angivna värden.

1.2 Problemformulering

CashComplete är en produkt som redan existerar i handeln men som inte har uppfyllt förväntningarna på antal sålda enheter. För att göra produkten mer attraktiv för kunderna måste den få en betydligt lägre kostnad. Den mest uppenbara nedskärningen som är rimlig att se över är PC- och strömförsörjningsenheten som består av en dator med Windows XP, USB-till-CAN-adapter för att kommunicera med mynt- och sedelenheterna, samt två nätaggregat för att driva systemet.

Ett alternativ för att sänka kostnaderna är att köra programvaran på en billigare typ av dator som till exempel enkortsdatorerna Raspberry Pi eller Arduino. En risk med att använda sig av en enkortsdator är att prestandan kan bli för låg. För att undersöka detta kommer ett prestandatest köras på

existerande hårdvara samt på den införskaffade hårdvaran för att se hur de skiljer sig åt.

Kommunikationen mellan dator och myntenhet/sedelenhet sker via gränssnittet CAN. Därför ska kompatibiliteten undersökas med den nya hårdvaran för att kommunikationen ska vara möjlig.

En annan aspekt som intresserar företaget är att minska storleken på chassit där PC och strömförsörjningen förvaras. Strömförsörjningen till hela systemet drivs av två nätaggregat. För att minska storleken ska det undersökas hur mycket effekt samtliga enheter förbrukar för att eventuellt kunna byta ut strömförsörjningen.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka möjligheterna för produkten CashComplete att köras på en billigare typ av enkortsdator. Storleken på chassit för PC och strömförsörjningen är för närvarande för stort. Om enkortsdatorn fungerar med systemet kommer storleken på chassit att minskas. Resultatet av examensarbetet kommer vara en prototyp bestående av de nya komponenterna som införskaffats.

1.4 Målsättning

Följande punkter valdes för att sammanfatta de mål som skulle uppnås under examensarbetet:

- Sänka kostnaderna för CashComplete POS.
- Undersöka om produkten fortfarande är funktionell med en enkortsdator.
- Undersöka om kommunikationen till mynt- och sedelenheterna är kompatibla med den nya hårdvaran.
- Undersöka effektförbrukningen för systemet och eventuellt byta ut strömförsörjningen.
- Tillverka en prototyp med den nya hårdvaran.

1.5 Metod

Examensarbetet gjordes på SCAN COINs huvudkontor i Malmö där vi blev tilldelade ett eget kontor att göra arbetet på. Arbetet inleddes med att göra oss bekanta med deras produkt CashComplete. Ett testexemplar av produkten användes under hela arbetets gång för att studera komponenterna och förstå hur den är uppbyggd. Chassit för PC och strömförsörjningen öppnades för att undersöka vad den innehöll. Vi blev tilldelade en prislista över innehållet på chassit där vi fick en översikt över de dyraste komponenterna. Dessa komponenter var datorn, strömförsörjningen och adaptorn för

kommunikationen via CAN-gränssnittet. Efterforskning av kompatibilitet och anslutningsmöjligheter gjordes för val av nya produkter.

Datorn i chassit ersattes med en billigare typ av enkorts dator och en alternativ CAN-adapter valdes ut. När komponenterna anlant påbörjades installationen av enkorts datorn. Processorarkitekturen på enkorts datorn och behovet av en skrivbordsmiljö begränsade valet av operativsystem till Linux. Detta gjorde att vi behövde göra oss bekanta med Linux som operativsystem.

CashComplete är en existerande produkt och därför var programvaran för gränssnitt och kommunikation redan skriven. Eftersom programmet är skrivet i Java kunde det även köras med Linux som operativsystem. För att upprätta kommunikationen mellan datorn och myntenhet/sedelenhet behövdes drivrutinerna till CAN-adaptern installeras. Då problem med kommunikationen via CAN uppstod konsulterades supportpersonal på företaget FTDI Chip som utvecklat drivrutinerna till dessa (se referens [2]). Med deras hjälp kunde problemet lösas.

För att mäta skillnaden i prestanda mellan PC- och strömförsörjningsenheten och enkorts datorn utfördes olika tester som representerar användandet av CashComplete i verkligheten. Flera olika operativsystem testades till enkorts datorn för att avgöra vilket som var bäst för ändamålet.

För att kunna byta ut nätaggregaten utfördes mätningar av effektförbrukning för mynt- och sedelenheterna vid maximal last. Eftersom enkorts datorn ska drivas av samma nätaggregat behövdes en spänningsomvandlare anslutas. För att få rätt utspänning till enkorts datorn skulle ett motstånd kopplas till spänningsomvandlaren. Manualer och datablad studerades för att räkna ut rätt storlek på motståndet.

När de slutgiltiga komponenterna fastställts gjordes ritningar i AutoCAD för hur den nya prototypen ska se ut. Med hjälp av personal på företaget tillverkades prototypen utifrån våra ritningar. Komponenterna monterades i chassit och testades så att allt fungerade.

1.6 Avgränsningar

Enligt instruktioner från SCAN COIN kommer inga ändringar göras på själva mynt- och sedelenheterna. Fokus kommer att ligga på ändringar i PC- och strömförsörjningsenheten.

2 Teknisk bakgrund

I detta kapitel beskrivs hårdvarukomponenterna till CashComplete samt enkortsdatorena som valet stod mellan.

2.1 CashComplete

Under arbetets gång användes SCAN COIN-produkten CashComplete POS. CashComplete är ett kompakt, slutet system för att enkelt kunna betala med sedlar och mynt och sedan få tillbaka korrekt växel. Nedan beskrivs produktens komponenter.

2.1.1 PC- och strömförsörjningsenhet

Enheten som innehåller datorn och strömförsörjningen består av följande komponenter:

- Moderkortet EPIA-EK-10000G med en integrerad processor
- Hårddisk på 250 GB
- Nätaggregaten SP-200-24 och SP-320-24
- USB-till-CAN-adapter
- Två anslutningar med gränssnittet XLR för att förse mynt- och sedelenheterna med ström
- En förgrening för CAN

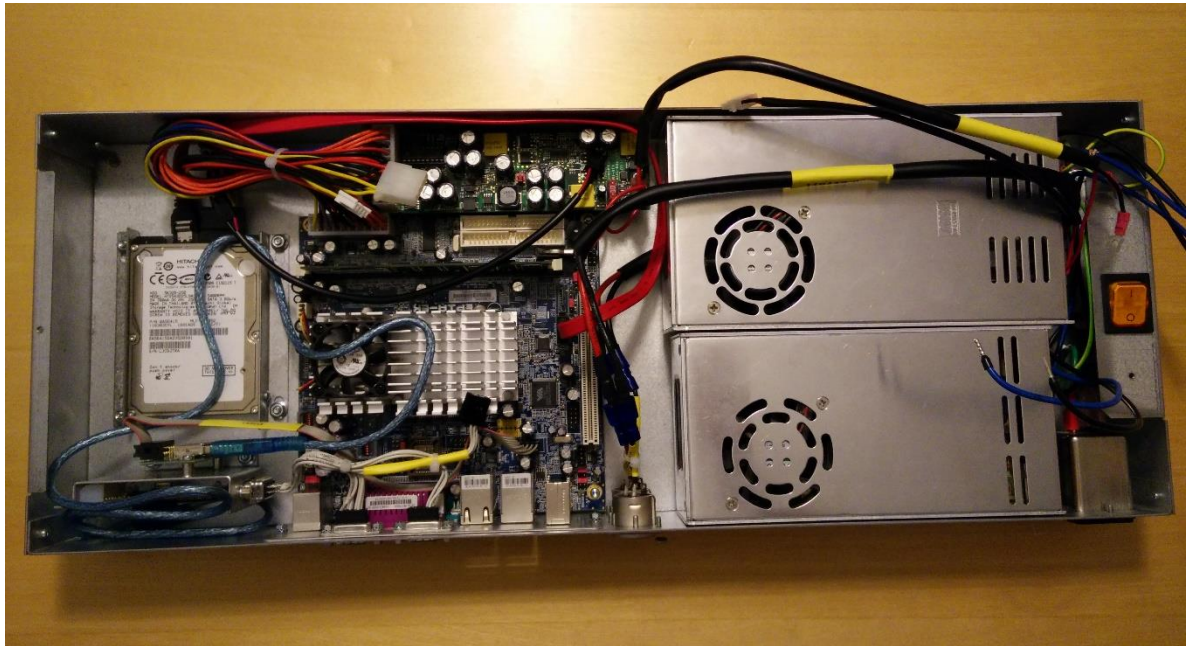
Moderkortet EPIA-EK-10000G från VIA har en integrerad 32-bitars processor med en kärna på 1GHz. Utöver moderkortet har datorn ett arbetsminne på 1GB, en 2,5 tums hårddisk på 250 GB med SATA-anslutning och kör operativsystemet Windows XP.

Nätaggregaten som driver hela systemet är produkterna SP-200-24 och SP-320-24 som är tillverkade av Mean Well och har en utspänning på 24V. SP-200-24 har en maxeffekt på 202W och används för att driva myntenheten. Den mer kraftfulla modellen SP-320-24 har maxeffekten 312W och används för att driva både sedelenheten och datorn.

Enheten för PC- och strömförsörjningsenheten ansluts till en bildskärm med gränssnittet VGA samt mus och tangentbord för att styra datorn.

USB-till-CAN-adaptern som används är tillverkad av företaget IXXAT och används för att datorn ska kunna kommunicera med mynt- och sedelenheterna via gränssnittet CAN. Kontakten för CAN förgrenas för att dela upp signalerna från mynt- och sedelenheterna och kommunicera individuellt.

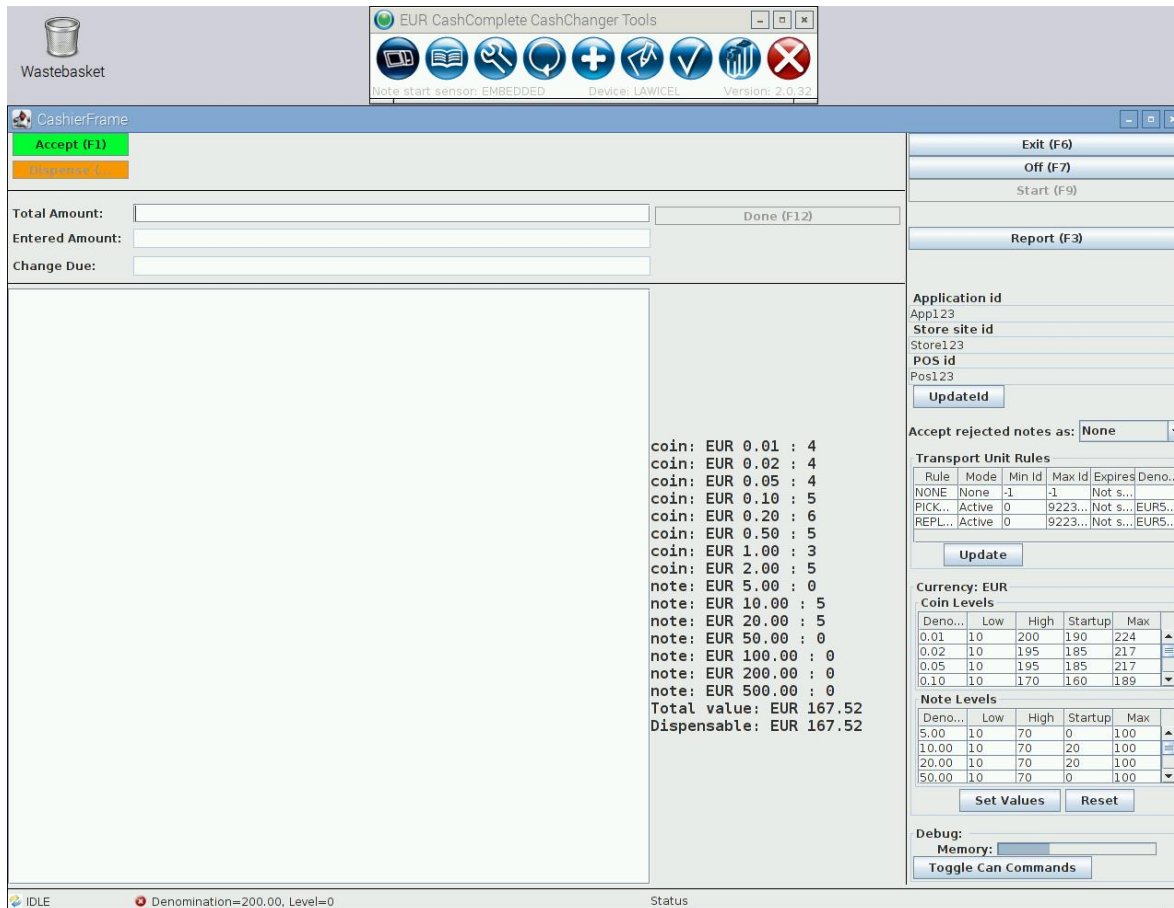
Enheten får ström genom en vanlig nätkabel och kan slås på eller av med hjälp av en strömbrytare.



Figur 1: PC- och strömförsörjningsenheten.

2.1.2 CashChanger

Mjukvaran som används för att göra transaktioner med mynt- och sedelenheten är egenutvecklade av SCAN COIN och heter CashComplete CashChanger. Programmet är skrivet i Java vilket gör att det kan köras på olika plattformar som har stöd för Java.



Figur 2: Skärmdump av mjukvaran CashComplete CashChanger.

Innan man kan börja använda programmet ska knappen "Start" tryckas som startar en initieringsprocess för enheterna. För att enheterna ska ta emot pengar skrivs en vald summa in i textfältet "Total Amount" och knappen "Accept" trycks. Om ingen summa skrivs in och "Accept" aktiveras, kommer enheten ta emot pengar tills dess att knappen "Done" trycks. För att ta ut pengar skrivs den valda summan in i fältet "Total Amount" och knappen "Dispense" trycks.

Programmet uppdaterar status i realtid för hur mycket pengar som tas ut eller sätts in. Transaktioner under sessionen visas i ett loggfält och transaktioner från tidigare sessioner sparas i loggfiler på datorn. Totala antalet mynt och sedlar som finns i maskinen finns också utskrivet för varje valör.

I fönstret på högra sidan anges ett startvärde för hur mycket av varje valör som ska finnas kvar i enheterna när transportenheten ansluts. Kassörskan har översikt på när nivåerna för varje valör blir för låga eller höga. Detta anges av ett minimum- och maximumvärde som man ställer in i programmet.

2.1.3 Mynt- och sedelenhet

Transaktionerna av kontanter sker med hjälp av två separata enheter. En för sedelhantering och en för mynthantering. Innan systemet kan användas ska en initieringsprocess köras där nuvarande saldo kontrolleras samt fjädrar och stegmotorer testas. En transaktion påbörjas genom att programmet CashChanger skickar ett initieringskommando till enheterna, då startar stegmotorerna i sedelenheten och skivan för myntinkastet börjar rotera. Mynten kan läggas i en handfull åt gången vilket snabbar upp transaktionen. Sedlar matas in via en öppning som leder in och sorterar sedlarna i sedelenheten. Detta betyder att sedlarna inte behöver sorteras manuellt. Systemet har stöd för de mest kända valutorna internationellt och det kan läggas in stöd för fler valutor. Vilken valuta som ska användas kan ställas in med hjälp av CashChanger. De kontrollerar även autenticiteten genom sensorer som väger och avgör storlek på mynten. Sedelenheten har 6 trummor med en kapacitet av 100 sedlar per trumma och myntenheten har 8 rör med en kapacitet av 200 mynt per rör. För mer information se referens [3].



Figur 3: Mynt- och sedelenheterna

2.1.4 Transport Unit

SCAN COIN Transport Unit är en enhet för att enkelt tömma eller fylla på sedelenheten. Sedlarna transporteras i ett slutet system vilket gör att transporten kan ske på ett säkrare sätt. I CashCompletes CashChanger sätts värden för hur mycket pengar av varje valör som ska finnas i sedelenheten, därefter placeras transportenheten ovanpå sedelenheten där tömning eller påfyllning av sedlarna sker automatiskt. Enheten säljs separat som en komplettering till CashComplete och kan användas på flera sedelenheter med bara en transportenhet.



Figur 4: CashComplete Transport Unit

2.2 Datorhårdvara

I detta kapitel beskrivs specifikationer och historia kring enkortsdatorerna som valet stod mellan. Raspberry Pi 2 och Arduino hade potential att ersätta datorn som fanns i gamla PC- och strömförsörjningsenheten.

2.2.1 Raspberry Pi 2

Raspberry Pi är en billig enkortsdator som skapades av det brittiska företaget Raspberry Pi Foundation, februari år 2012. Målet var att lära ut grundläggande datavetenskap i skolor runt om i Storbritannien. Den har blivit väldigt populär runt om i världen på grund av det låga priset och storleken på produkten, samt att den är väldigt effektiv och hållbar.

Enkortsdatoren finns i olika modeller men gemensamt för samtliga är att de har en processor från Broadcom med arkitekturen ARM. Den första generationen Raspberry Pi använder sig av processorarkitekturen ARMv6 (version 6). Raspberry Pi modell A brukar vara billigare och har ett minne på 256 MB RAM. Modell B är dyrare och har fler ingångar och större RAM-utrymme på 512 MB. Den har en enkärnig processor på 700 MHz med 4 USB-portar och en Ethernetport. Raspberry Pi 2 har ett arbetsminne på 1 GB, en fyrcärnig processor på 900 MHz baserat på den nyare arkitekturen ARMv7, nätverksport (100 Mbit/s), HDMI 1.4-utgång och 4 USB-portar. Den har en GPIO-kontakt med 40 pinnar och ett externt MicroSD-kort måste användas för lagring av operativsystem och data som säljs separat [4].

2.2.2 Arduino

Arduino är ett mikrokontrollerkort i storleken av ett kreditkort och används som en öppen hårdvara. Den skapades år 2005 som ett verktyg för studenterna i Ivrea, Italien, att få lära sig programmering men kom hastigt att bli en internationellt välansedd succé över hela världen. Arduino är konstruerat på ett sätt som gör det enkelt att kommunicera med olika sensorer och påverka sin omgivning genom att styra till exempel lampor, motorer och högtalare. Program till Arduino skrivs i programmeringsspråken C eller C++ och kommer med mjukvarubiblioteket Wiring för att enklare kunna hantera in- och utgångarna. Den har en enkel kretsdesign som består av en 8-bitars Atmel AVR mikrokontroller. Det finns en uppsjö av tilläggsmoduler, även kallad för sköldar, som ansluts via de digitala och analoga in- och utgångarna på en Arduino. Tilläggsmodulerna erbjuder olika funktioner som till exempel Ethernetanslutning, GPS eller LCD-skärm [5].

2.3 CAN-gränssnittet

För att kunna kommunicera med mynt- och sedelenheten behöver datorn använda en adapter till gränssnittet CAN som är en databusstandard. CAN-bussen skapades av Robert Bosch GmbH år 1983 och blev en internationell standard år 1994 [6]. Gränssnittet är vanligast förekommande i bilindustrin för kommunikation och diagnostik men förekommer även inom andra användningsområden.

2.3.1 IXXAT USB-to-CAN Compact

Den adapter som används i nuvarande dator heter USB-to-CAN Compact och är en produkt tillverkad av företaget IXXAT. Det är den största kostnaden i hela PC- och strömförsörjningsenheten. För att få ner kostnaderna behövde alternativa adapterar undersökas. Då SCAN COIN har ett antal IXXAT-

adaptrar på lager bör möjligheten att använda dessa till enkortsdatorm undersökas.

2.3.2 LAWICEL CANUSB

CANUSB är en adapter från LAWICEL som är ett bra alternativ till att ersätta IXXAT-adaptorn. SCAN COIN har redan programmerat in stöd för adaptorn i CashChanger vilket underlättar arbetet väsentligt. Funktionaliteten är densamma som för IXXAT USB-to-CAN Compact men till ett betydligt lägre pris. Enheten har stöd för plattformarna Windows, MacOS och Linux [7].

3 Analys

I detta kapitel beskrivs de val av hårdvara och mjukvara som gjordes. Valet av vilka tester som behövde utföras beskrivs även här.

3.1 Val av enkortsdator

Raspberry Pi 2 lanserades i februari 2015 vilket var ett halvår innan examensarbetet påbörjades. Den var i ett tidigt skede ett ledande alternativ då den är väldigt snarlik datorn som redan används i systemet. Bland fördelarna finns möjligheten att köra ett operativsystem för skrivbordsmiljöer, fyra USB-anslutningar och dessutom till en avsevärt lägre kostnad och mindre storlek. Detta var avgörande för valet av enkortsdator.

Ett annat alternativ som undersöktes var att använda sig av enkortsdatorn Arduino. Det finns flera varianter av Arduino och utbudet av tilläggsmoduler är enormt. Standardutförandet är inte lika komplett som Raspberry Pi utan tilläggsmoduler för USB och nätverk hade varit ett måste, dessutom är den inte lika anpassad att användas i en skrivbordsmiljö. Dessa aspekter gjorde att valet hamnade på en Raspberry Pi 2 modell B med 1GB RAM och ett MicroSD-kort på 32 GB.

3.2 Operativsystem för Raspberry Pi 2

Då Raspberry Pi 2 använder sig av processorarkitekturen ARMv7 är det endast operativsystem med stöd för den arkitekturen som kan användas. Under examensarbetets gång testades operativsystemen Raspbian Wheezy, Raspbian Jessie och Ubuntu Mate 15.10.

Raspbian är namnet på operativsystemet som är utvecklat av Raspberry Pi Foundation. Det är baserat på linuxdistributionen Debian och är speciellt anpassat och optimerat för hårdvaran till Raspberry Pi. När examensarbetet påbörjades fanns det endast en version av Raspbian tillgänglig. Raspbian Wheezy är baserat på Debian Wheezy vilket är version 7 av Debian. Under projektets gång lanserades uppföljaren baserad på Debian Jessie som är version 8.

Ubuntu Mate är en linuxdistribution gjord av de populära linuxutvecklarna Ubuntu, även den är baserad på Debian. Jämfört med Raspbian är en av fördelarna att det finns fler program förinstallerade men nackdelen är att det inte är lika optimerat för Raspberry Pi 2.

För att kunna avgöra det mest optimala alternativet utfördes ett antal prestandatester. Valet av operativsystem hamnade på Raspbian Jessie då prestandan visade sig vara bäst vilket beskrivs i kapitel 5.1.

3.3 Prestanda

För att kunna avgöra om prestandan på Raspberry Pi 2 är tillräcklig för ändamålet utfördes tester som jämförde prestandaskillnaden mot den existerande datorn i skarp miljö. Det beslutades att genomföra fyra kategorier av tester för att få en helhetsbild över hur CashComplete och CashChanger presterar på de olika plattformarna. Testerna som valdes ut var:

- Tiden det tar för datorn att starta.
- Tiden det tar för mjukvaran CashChanger att bli färdigladdat.
- Tiden det tar för initieringsprocessen av mynt- och sedelenheten att bli klar.
- Tiden det tar att ta ut en specifik summa pengar.

3.4 Strömförsörjning

Nättaggregaten i PC- och strömförsörjningsenheten är SP-200-24 och SP-320-24 som har en utspänning på 24V. För att minska storleken på chassit ytterligare kommer mynt- och sedelenheten att drivas av ett nättaggregat istället för två. För att säkerställa att nättaggregatets maximala effekt räcker till kommer mynt- och sedelenheternas effektförbrukning att mätas.

4 Utförande

I detta kapitel beskrivs tillvägagångssättet för installation och programmering för att få CashComplete att fungera. Även mätmetoderna för prestanda och effektförbrukning beskrivs här.

4.1 Drivrutiner

För att kunna köra CashChanger på Raspberry Pi 2 behövde vi få drivrutinerna till USB-till-CAN-adaptrarna att fungera. Detta är något som visade sig vara väldigt problematiskt då stödet för processorarkitekturen ARMv7 var långt ifrån optimalt. IXXAT USB-to-CAN Compact visade sig helt sakna stöd för ARM. Till att börja med installerades drivrutinerna till LAWICEL CANUSB då dessa fanns tillgängliga för ARMv7.

4.1.1 LAWICEL CANUSB

CANUSB använder sig av drivrutiner från företaget FTDI Chip för att kommunicera via USB. Det finns två olika drivrutiner från FTDI som fungerar med CANUSB, VCP (Virtual COM Port) och D2XX [8]. VCP är en drivrutin som skapar en virtuell nätverksanslutning och kommunicerar via den. Drivrutiner för VCP finns inbyggt i de flesta linuxdistributioner, vilket inkluderar Raspbian. Fördelen med VCP är att den är enkel att installera och använda. Nackdelen är att den är betydligt långsammare. D2XX är en drivrutin för direktkommunikation till USB-adaptern. Mjukvaran CashChanger har redan inprogrammerat stöd för D2XX-drivrutinerna, men saknar stöd för VCP. Hastighetsskillnaderna och det förinlagda stödet gjorde att valet av D2XX blev enkelt.

Enligt instruktioner från anställda på SCAN COIN skulle en D2XX-drivrutin för Raspberry Pi 2 och ARMv7 kompileras på datorn för att kunna inkluderas direkt i CashChanger. Det krävdes flera tester för att lista ut hur drivrutinerna skulle kompileras för att det skulle fungera. Inledningsvis behövde VCP-drivrutinen avaktiveras då den automatiskt körs av Raspbian när en FTDI-enhet ansluts, vilket resulterade i en konflikt drivrutinerna emellan. Ett script skrevs som automatiskt avaktiverade VCP då datorn startades.

```
sudo nano /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf  
  
blacklist ftdi_sio  
blacklist usbserial
```

Nästa problem som dök upp var att LAWICEL CANUSB-enheten inte använde sig av någon av FTDI:s standard för PID (Produkt-ID), detta gjorde att drivrutinerna inte fungerade vid detta läge. För att lösa problemet lästes

guider och manualer igenom ordentligt [9]. Till slut löstes problemet genom att lägga till en rad kod i C-programmet som användes för att kompilera drivrutinen. Koden tillåter användandet av enheter som inte använder sig av ett standard PID och placerades före kommunikationen öppnades. USB-enhetens PID fick vi reda på genom linuxkommandot ”*lsusb*”.

```
FT_SetVIDPID( 0x0403, 0xFFA8 );
```

Vid detta skede kunde drivrutinen känna av enheten när ett testprogram inkluderat i drivrutinspaketet kördes. Nästa steg var att kompilera en drivrutin som kunde inkluderas i CashChanger som inte behövde installeras i varje ny Raspberry Pi. För att detta ska vara möjligt undersöktes manualer för kompileringsprogrammet GCC. För att ett javaprogram ska kunna läsa C-kod används JNI-filer vilket behövdes för att kunna läsa den anpassade drivrutinsfilen. Slutgiltiga kompileringen som till slut fungerade var följande kod:

```
gcc -O3 -Wall -shared -lftd2xx -I/usr/lib/jvm/jdk-8-oracle-arm-vfp-hflt/include/ -I/usr/lib/jvm/jdk-8-oracle-arm-vfp-hflt/include/linux/ jftd2xx.c -o libjftd2xx.so
```

Kompileringsflaggorna som behövdes för att det skulle fungera var länken till platsen i operativsystemet där JNI-filerna befann sig samt flaggan “shared” som resulterar i att den kompilerade filen blir ett delat objekt [10].

4.1.2 IXXAT USB-to-CAN Compact

Efter att ha fått CashChanger att fungera på Raspberry Pi 2 var nästa steg att få IXXATs USB-to-CAN Compact att fungera. Då IXXAT saknade officiellt stöd för processorarkitekturen ARMv7 startade vi en mailkonversation med dem. Det visade sig att de hade drivrutiner för ARM under utveckling. Bifogat i ett mail fick vi en firmwareuppgradering och drivrutiner som var i ett tidigt utvecklingsstadium. Adaptern kunde efter installationen skicka och ta emot information genom drivrutinens testprogram.

IXXATs drivrutiner för Windows och Linux skiljer sig med att de inte har identiska API. Detta resulterar i att det inlagda stödet i CashChanger för IXXAT-adaptern endast fungerar i Windows och stöd för Linux hade behövt programmeras. Efter ett möte med personalen på företaget beslutades det att vi endast skulle använda oss av LAWICEL CANUSB.

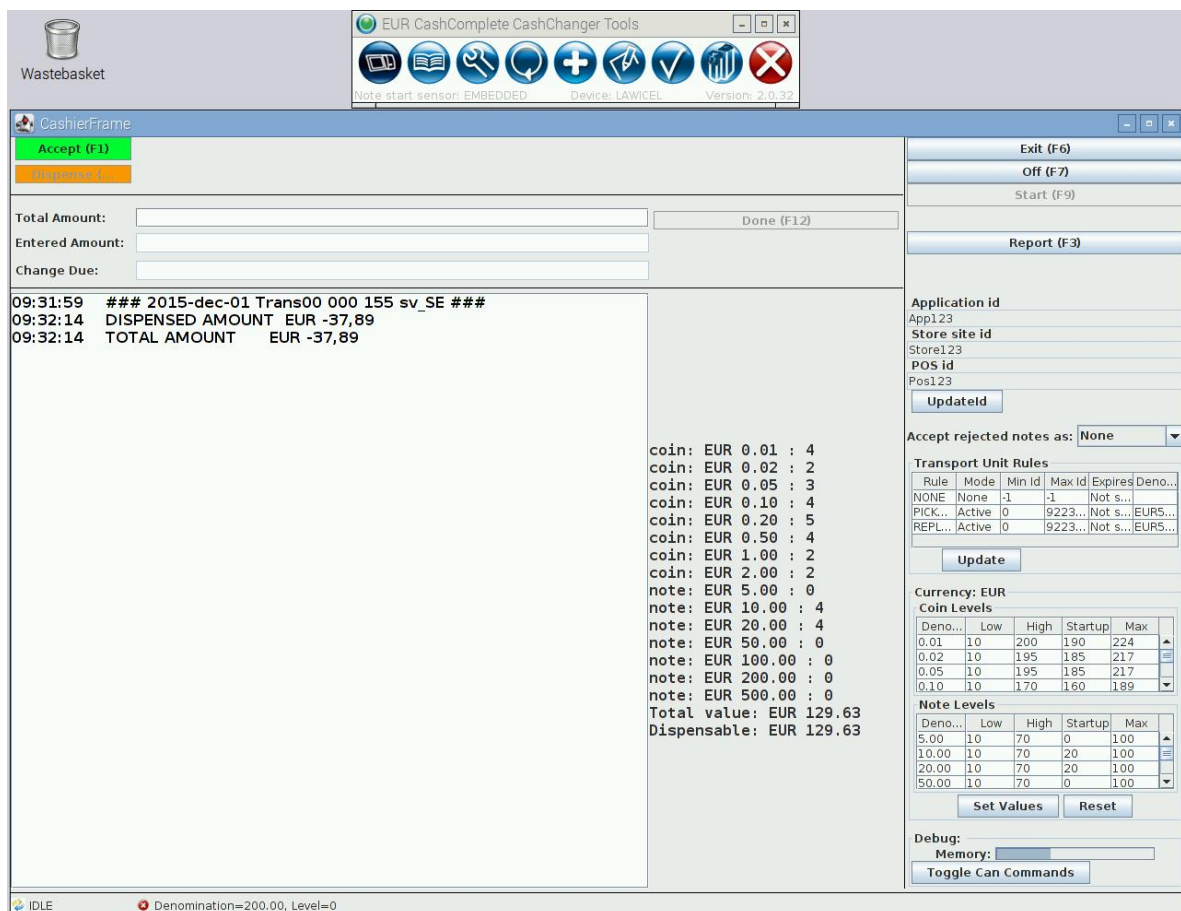
4.2 Prestandatest

För att mäta skillnaden i prestanda mellan PC- och strömförsörjningsenheten och Raspberry Pi 2 utfördes olika tester som representerar användandet av

CashComplete i verkligheten. För att mäta tiden använde vi oss av ett stoppur. För att få ett noggrant resultat gjordes mätningarna först tre gånger, sedan stängdes datorn av. Strömbrytaren bröts i några sekunder för att säkerställa att datorns cacheminne rensats. Därefter genomfördes testerna ytterligare tre gånger och snittvärdet av alla mätningar beräknades.

De fyra testerna som användes är följande:

- Uppstart - Tiden det tar för datorn att starta och ladda klart.
- Exekveringstest - Tiden det tar från det att CashChanger startas tills menyerna blir klickbara.
- Initieringstest - Tiden från det att man trycker på "Start" tills den är redo att användas.
- Responstid - Tiden det tar att ta ut en specifik summa sedlar och mynt. I vårt fall valdes summan € 37,89.

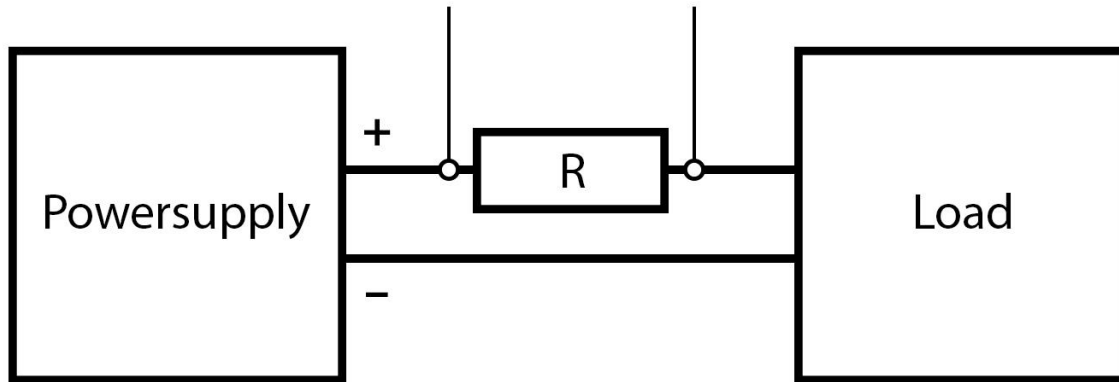


Figur 5: Exempel på en transaktion i CashComplete CashChanger.

Operativsystemen som testerna utfördes på var Raspbian Wheezy och Raspbian Jessie för Raspberry Pi 2 medan Windows XP testades för den ursprungliga datorn. Ubuntu Mate testades aldrig då den vid ett tidigt skede kändes alldeles för långsam.

4.3 Effektförbrukning

För att veta hur stor effektförbrukning mynt- och sedelenheterna har behövs vi mäta effekten vid maximal last. För att göra detta kopplades ett motstånd in före XLR-anslutningen och spänning över motståndet mättes med hjälp av en multimeter.



Figur 6: Mätmetod för effektförbrukning.

Mätningar utfördes i en rad olika utfall och därefter beräknades hur stor effekten var i dessa. Varje mätning utfördes tre gånger och snittvärdet beräknades för att få ett mer noggrant resultat. Tre olika motstånd testades för att avgöra vilket som gav det mest noggranna resultat. Motstånden var på 1Ω , $0,1\Omega$ och $0,01\Omega$. Mätningarna skedde separat för mynt- och sedelenheterna. Beräkningarna gjordes med hjälp av följande formler:

Ohms lag:

$$I = \frac{U}{R}$$

Formel 1: U är den uppmätta spänningen över motståndet.

Joules lag:

$$P = U \times I$$

Formel 2: U är utspänningen från spänningskällan.

Då multimetern har en relativt långsam uppdateringsfrekvens användes även ett oscilloskop för att upptäcka eventuella spikar som kan uppstå. Fördelen med att använda sig av ett oscilloskop är att uppdateringsfrekvensen är högre och man får samtidigt en graf över hur spänningen varierar.

Mätning av effektförbrukning för transportenheten gjordes genom att ansluta den till sedelenheten och mäta den totala effektförbrukningen för både sedelenheten och transportenheten. Vi kunde konstatera att värdena inte var högre än under normal drift.

Mätningarna som utfördes var följande:

- Vid spänningstillförel (maskinen slås på)
- När maskinen är i viloläge
- När initieringsprocessen körs
- Uttag av pengar
- Insättning av pengar
- Överföring via Transport Unit

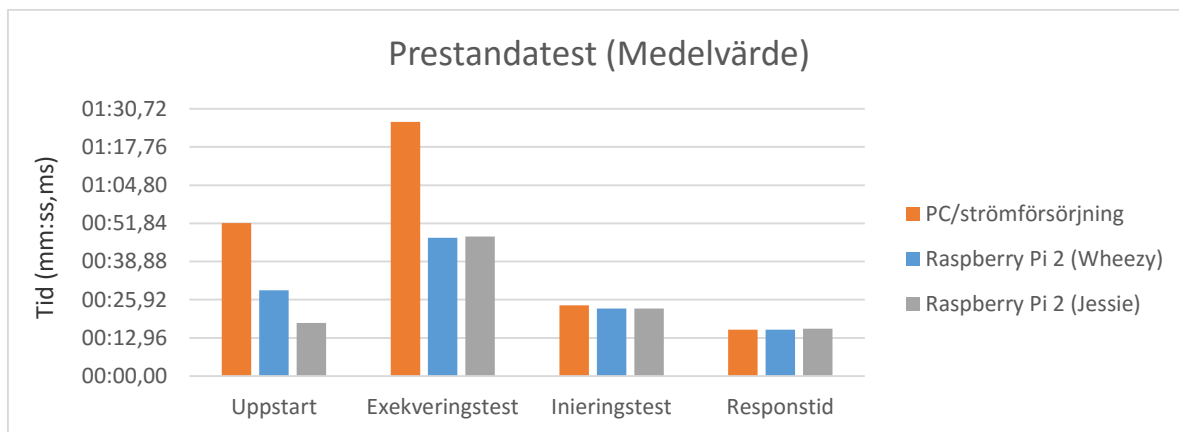
För att kontrollera att nätaggregatet klarade av lasten och att inget spänningsfall inträffar mättes utspänningen för att säkerställa att den var konstant på 24V.

5 Resultat

I detta kapitel kommer resultaten av de utförda testerna att sammanställas. Val av strömförsörjning och en genomgång av den färdiga produkten presenteras även här.

5.1 Prestandaskillnader

Prestandatesterna visade en tydlig fördel för Raspberry Pi 2 vid uppstart och exekveringstid medan initiering- och responstiden gav snarlika resultat för båda plattformarna. Raspbian Jessie har optimerat tiden för uppstart av operativsystemet jämfört med Raspbian Wheezy men skiljde sig inte i övriga tester. Vid användandet av CashChanger efter exekveringstestet var marginalerna i prestanda bättre, men med en försumbar tidsskillnad.



Figur 7: Graf för medelvärde av prestandan i olika scenarion. Angivet i tid där lägst värde är bäst.

Uppstart för PC- och strömförsörjningsenheten tog 52 sekunder medan uppstart av Raspbian Jessie tog endast 18 sekunder. Exekvering av CashChanger tog 1 minut och 26 sekunder för PC- och strömförsörjningsenheten och 47 sekunder för Raspbian Wheezy och Jessie. Initieringstestet för plattformarna hade likartade resultat och låg på 22 sekunder. Sammanlagt visade resultatet en total tidsvinst på 1 minut och 13 sekunder för att få igång systemet och börja utföra transaktioner.

5.2 Effektförbrukning

Vid mätning av effektförbrukning användes motstånd på 1Ω , $0,1\Omega$ och $0,01\Omega$. Motståndet på 1Ω gav bra mätvärden men var inte tillräckligt noggranna. Motståndet på $0,01\Omega$ visade så pass mycket brus att mätvärdena blev oanvändbara. Det motstånd som passade bäst för ändamålet visade sig vara $0,1\Omega$ som visade noggranna mätvärden med lite brus.

Strömförsörjningen till mynt- och sedelenheterna kopplades om på ett sätt som gör att båda drivs av nätdelen på $312W$. Mätningarna av enheterna utfördes under samma tidpunkt men mättes separat.

Tillstånd	Effekt (W)		
	Myntenhet	Sedelenhet	Totalt
Spänningstillförsel	105	229	334
Uttag	65	211	276
Insättning	37	215	252
Ut från transportenhet	33	207	240
In till transportenhet	34	221	255

Tabell 1: Maximalt uppmätta effektförbrukningen vid olika tillstånd.

Resultaten som presenteras i tabellen är baserade på de maximalt uppmätta spänningarna och därefter uträknat till effekt. Övriga tillstånd som nämndes i kapitel 4.3 anses inte nödvändiga att redovisa då mätvärdena visade låga resultat. Mätningarna gjordes genom att frysa bilden på ett oscilloskop. Oscilloskopet vi använde oss av hade en funktion som visade de uppmätta maxvärdena istället för att vi skulle urskilja dem manuellt. Resultaten är avrundade till närmste heltal för att ta in felmarginalerna som till exempel brus och är därför en uppskattning.

Beräkningarna såg ut på följande sätt. (Exempel "Ut från transportenhet"):

Myntenhet:

$$I = \frac{0,136 V}{0,1 \Omega} = 1,36 A$$

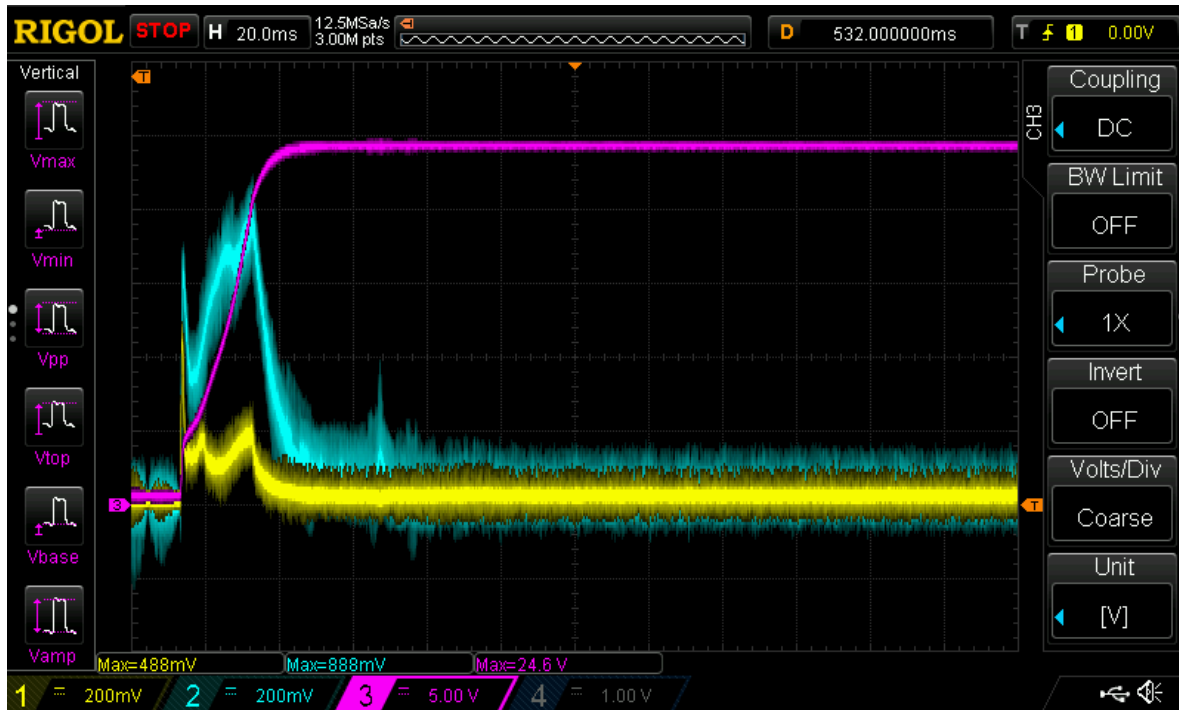
$$P = 24 V \times 1,36 A = 32,64 W \approx 33 W$$

Sedelenhet:

$$I = \frac{0,864 V}{0,1 \Omega} = 8,64 A$$

$$P = 24 V \times 8,64 A = 207,36 W \approx 207 W$$

Den högst uppmätta effekten sker när maskinen slås på och hamnade på 334W. Då nätaggregatet som användes under testerna endast hade en kapacitet på 312W behövde detta undersökas. Grafen från oscilloskopet såg ut enligt följande:



Figur 8: Den gula kurvan är ansluten till myntenheten, den cyanfärgade till sedelenheten och den lila är nätaggregatets utspänning.

Det som gör att enheterna drar stor effekt precis vid spänningstillförseln är framför allt att kondensatorerna börjar laddas upp. Enheterna innehåller även flertal switchade spänningsregulatorer som förbrukar stor effekt när strömmen tillsätts.

Tidsintervallet från det att maskinen slås på till att enheterna vilar är cirka 60 ms. Vid samtliga försök upptäcktes tre stycken spikar. När varje spik förstörades till tidsintervallet 0,5-2 ms per ruta kunde det urskiljas att den totala effekten aldrig överskrider 312W vid samma tidpunkt. Som man kan se på kurvan för utspänningen av nätaggregatet (lila kurvan i Figur 8) uppstår en väldigt snabb spänningstillförsel under en kort period. När nätaggregatet får så stor belastning under en kort period slår ett överbelastningsskydd igång och saktar ner spänningstillförseln. Den höga uppmätta effekten är fullt normal under tidsintervallet 60 ms. Efter upprepade försök med att maximera lasten kunde vi konstatera att enheten fungerade utan problem. Nätaggregatets utspänning understeg aldrig 24V under samtliga tester.

5.3 Strömförsörjning

Av resultaten i effektförbrukningen kunde det avgöras att mynt- och sedelenheten tillsammans kommer klara sig på nätaggregatet Mean Well SP-320-24 på 312W.

Raspberry Pi 2 får sin strömförsörjning via en MicroUSB-kontakt och en separat nätdel. Då även nätaggregatet är i behov av strömtillförsel hade detta lett till att två separata nätkablar hade behövt anslutas till chassit. För att gå runt problemet beslutades det att även Raspberry Pi 2 skulle anslutas till samma nätaggregat. Detta kan göras via GPIO-pinnarna som kan användas som en alternativ strömtillförsel genom att ansluta V_{IN} och jord till nätaggregatet.

Då mynt- och sedelenheterna använder sig av en spänning på 24V samt att inspanning till Raspberry Pi 2 ska vara cirka 5V behövde en spänningsomvandlare införskaffas. Valet blev LM22677 från TEXAS INSTRUMENTS som klarar av en inspanning på 4,5-42V och kan ge en ström på 0-5A. Den har som standardutförande en utspänning på 3,3V men kan justeras med hjälp av ett motstånd. För att spänningsomvandlaren skulle ge 5V istället utfördes beräkningar enligt databladet för att avgöra hur stort motstånd som skulle användas. Databladet finns i referens [11].

$$R_{FBT} = \left[\frac{V_{OUT}}{1,285} - 1 \right] \times R_{FBB}$$

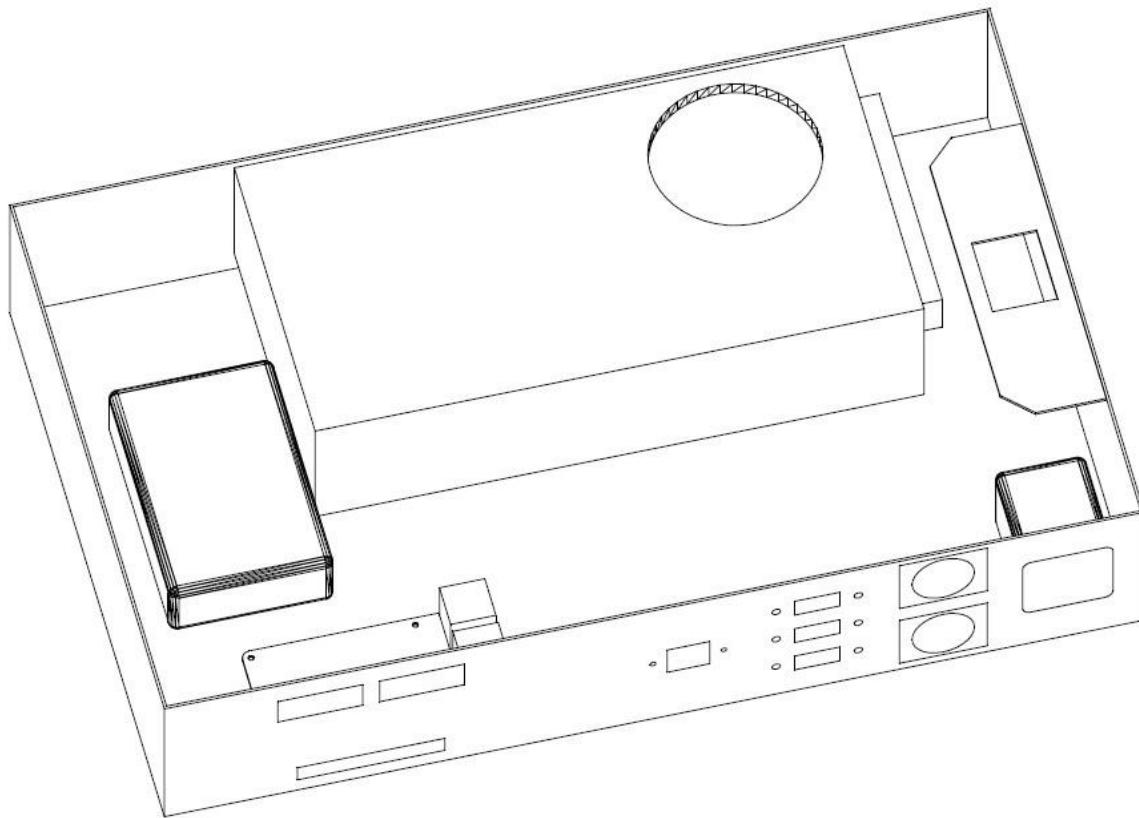
Formel 3: Ekvation från databladet för att räkna rätt storlek på motståndet för önskad utspänning.

$$R_{FBT} = \left[\frac{5}{1,285} - 1 \right] \times 976 = 2821,67 \Omega \approx 2800 \Omega$$

Ett motstånd på 2,8 k Ω löddes fast. Utspänningen testades med multimeter och verifierades till 5V.

Vid nätanslutning via MicroUSB har Raspberry Pi 2 ett överbelastningsskydd som bryter strömtillförseln vid för hög ström. Denna funktionalitet finns inte inbyggd när strömtillförseln sker via GPIO-pinnarna. För att inte riskera att förstöra Raspberry Pi 2 kopplades även en säkring mellan spänningsomvandlaren och Raspberry Pi 2 som bryter strömmen då den överstiger 1,1A.

5.4 Prototyp



Figur 9: Prototyp av nya PC- och strömförsörjningsenhet ritad i AutoCAD.

På den nya PC- och strömförsörjningsenheten används nätaggregatet Mean Well SP-320-24 som driver samtliga enheter. IXXAT USB-to-CAN Compact ersattes med LAWICEL CANUSB. En spänningsomvandlare lades till för att få inspanningen för Raspberry Pi 2 till 5V. För att kunna ha USB-portarna internt i chassit användes förlängningskablar för chassimontering till tre USB- och en Ethernetanslutning. Inga ändringar gjordes på anslutningarna för CAN och XLR. Precis som på den ursprungliga modellen ansluts chassit med en nätkabel och en strömbrytare för att slå på eller av strömmen.

Noggranna mätningar utfördes av chassit och en ritning i AutoCAD med exakta mått verkställdes. Ritningen överlämnades till personalen i SCAN COINS verkstad som tillverkade chassit. Därefter monterades det ihop och testades ifall den är funktionell.

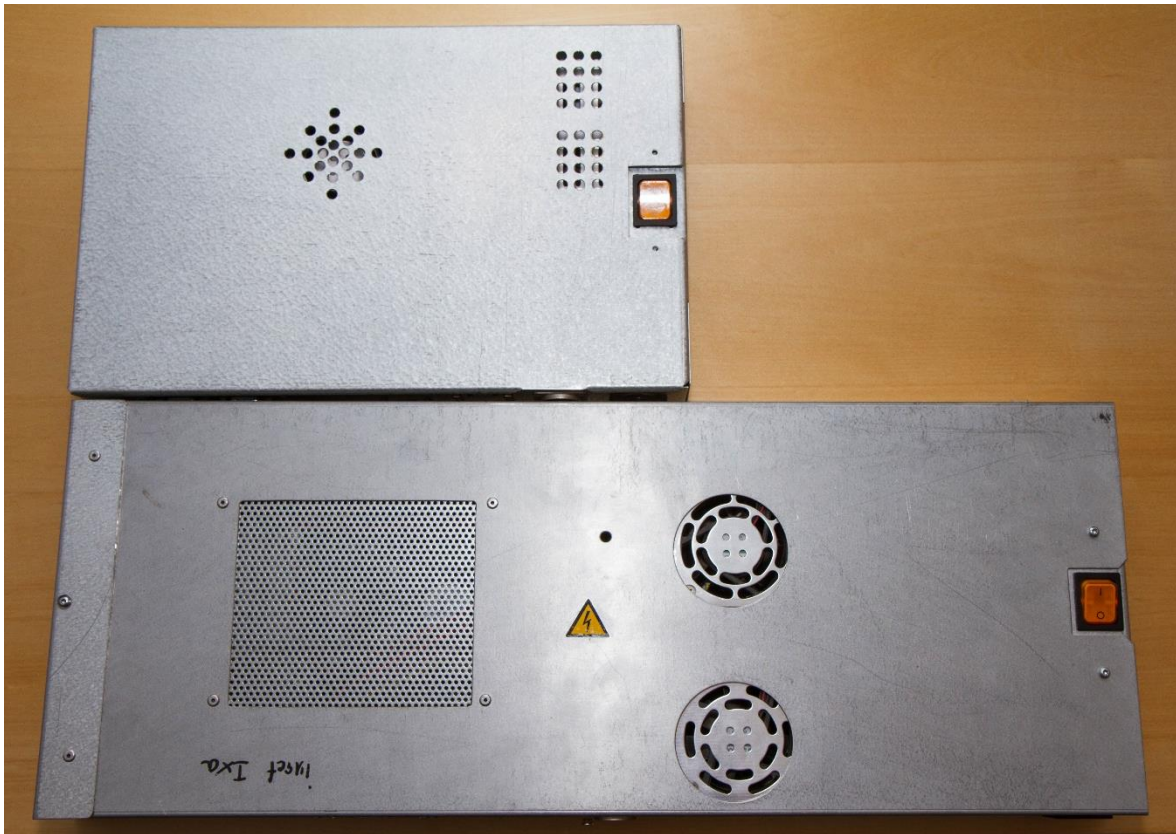


Figur 10: Den färdigbyggda prototypen.

Storleken på chassit minskade väsentligt i bredd och vikt medan höjd och djup fick snarlika mått.

	Gamla	Nya
Bredd	580 mm	346 mm
Djup	224 mm	220 mm
Höjd	65,7 mm	63 mm
Vikt	6 kg	3 kg

Tabell 2: Dimensioner och vikt för den äldre och nya PC- och strömförsörjningsenheten.



Figur 11: Jämförelse mellan nya och gamla PC- och strömförsörjningsenheten.

5.5 Prisskillnad

De största utgifterna till den ursprungliga PC- och strömförsörjningsenheten var USB-till-CAN-adaptern, datorn och en licens till Windows XP. Samtliga av dessa produkter har ersatts med billigare produkter. USB-till-CAN-adaptern är den dyraste produkten i gamla PC- och strömförsörjningsenheten och genom att ersätta den med en LAWICEL CANUSB kan företaget spara cirka 2000 kr. Genom att byta ut datorn till Raspberry Pi 2 behövdes inte längre någon licens. Bytet av dator och licens ger en besparing på cirka 2400 kr. Sammanlagt blev den nya PC- och strömförsörjningsenheten cirka 5600 kr billigare.

Komponent	kr (exkl. moms)	
	Gamla	Nya
USB-till-CAN-adapter	2775	787
Dator	1466	296
Licens operativsystem	1190	0
Lagring	535	172
Spänningsomvandlare	597	173
RAM-minne	279	0
Nätaggregat 200W	306	0
Förlängning USB	0	88
Förlängning Ethernet	0	37
SATA-kabel	18	0
Totalt	7166	1553

Tabell 3: Prisjämförelser mellan gamla och nya enheten.

Endast kostnader som skiljer enheterna åt visas i tabellen. Gemensamma kostnader som till exempel strömbrytare, XLR-anslutningar och kablage redovisas inte.

6 Slutsats

Valet av enkortsdator stod mellan Raspberry Pi 2 och Arduino. Arduino uteslöts tidigt i arbetet och valet hamnade på Raspberry Pi 2. Testerna av hårdvaran visade att CashComplete fortfarande är funktionell med enkortsdatorn. Prestandan visade sig vara likvärdig när CashChanger används men vid uppstart av dator och mjukvara gav Raspberry Pi 2 ett bättre resultat. Raspberry Pi 2 visade sig bli en bra ersättare till den nuvarande datorn i CashComplete.

Kommunikationen till mynt- och sedelenheterna via CAN fungerar med LAWICEL CANUSB. Stöd för IXXAT USB-to-CAN Compact går att implementera men kostnadsskillnaderna gör att CANUSB är det bästa alternativet av dem då funktionaliteten är densamma.

Undersökning av effektförbrukningen för mynt- och sedelenheten visade att samtliga komponenter i systemet tillsammans kan drivas av nätaggregatet Mean Well SP-320-24 som har en maxeffekt på 312W. För att kunna driva Raspberry Pi 2 användes en spänningsomvandlare för att konvertera nätaggregatets utspänning på 24V till 5V.

En prototyp tillverkades med de nya komponenterna. Genom bytet till en enkortsdator och att samtliga enheter drivs av ett och samma nätaggregat har storleken på chassit minskat väsentligt. De största skillnaderna blev vikten som halverades och bredden som minskade från 580mm till 346mm. Prototypen som skapades är fullt fungerande och genom att ändra på produkten till komponenterna vi använt oss av kan SCAN COIN spara cirka 5600 kr per enhet.

Samtliga mål som sattes upp i början av examensarbetet har uppnåtts.

6.1 Framtida utvecklingsmöjligheter

Utvecklingen för enkortsdatorer går väldigt snabbt framåt gällande både prestanda och storlek. Förutsatt att drivrutiner finns för processorarkitekturen kan framtida enkortsdatorer ersätta Raspberry Pi 2 för att ytterligare förbättra pris och storlek på enheten.

Nätaggregatet SP-320-24 klarar av att driva samtliga komponenter i produkten, men är hårt belastat. Detta resulterar i att nätaggregatets fläkt arbetar på högvarv vilket gör att ljudnivån blir hög. För att minska ljudnivån kan nätaggregatet ersättas med ett tystare alternativ. Om ett fläktlöst nätaggregat används kommer PC- och strömförsörjningsenheten att vara helt tyst.

Det finns även alternativ till IXXAT USB-to-CAN Compact och LAWICEL CANUSB till ett billigare pris. För att få dessa att fungera med CashChanger behövs fungerande drivrutiner och integrering i mjukvaran.

7 Källkritik

CashComplete är en existerande produkt som är tillverkad av SCAN COIN, därför har information om produkten hämtats från deras hemsida [1] [3]. Informationen från FTDI Chip anses vara pålitlig eftersom de själva skapat drivrutinerna till de manualer som användes [2] [9]. Raspberry Pi Foundation anses pålitliga då Raspberry Pi 2 som användes var skapade av dem [4]. Detsamma gäller för Arduino [5]. Information om CAN-standarden är tagen från företaget Vector [6]. Då de utvecklar och säljer produkter med standarden anses de vara tillförlitliga. Källor för CAN-adaptern från LAWICEL är tagna från företagets egen hemsida vilket också gör den säker att använda [7] [8]. Flaggorna för kompilatorn GCC är hämtade från deras officiella manual vilket gör källan betrodd. Databladet för spänningsomvandlaren är taget från tillverkarens egen hemsida vilket gör denna källa pålitlig [11].

8 Terminologi

CAN – Controlled Area Network – Gränssnitt för kommunikation

POS – Point of Sale – Kassaapparat där betalning sker i en butik

XLR – Elektriskt anslutningsgränssnitt

Raspberry Pi – Enkortsdator

Arduino – Enkortsdator

ARM – Acorn RISC Machine – En processorarkitektur

GPIO – General-purpose input/output

HDMI – High-Definition Multimedia Interface – Anslutningsgränssnitt för bild och ljud

VGA – Video Graphics Array – Anslutningsgränssnitt för bildskärmar

SATA – Serial ATA – Anslutningsgränssnitt för hårddiskar

Firmware – Inprogrammerad mjukvara avsedd för hårdvara

API – Application Programming Interface – En uppsättning programmeringsinstruktioner för att kunna anropa ett specifikt program med dessa inbyggda funktioner

VCP – Virtual COM Port – Virtuellt nätverksanslutning

PID – Product ID

GCC – GNU Compiler Collection – Kompilator för flera olika programmeringsspråk

JNI – Java Native Interface – Används för att Java ska kunna läsa filer skrivna i andra programmeringsspråk som t.ex. C och C++

9 Referenser

- [1] SCAN COIN, "Vår historia - Om SCAN COIN," 2 december 2015. [Online]. Available: http://www.scancoin.se/sv-SE/About_Us/About_SCANCOIN/Our_history.aspx.
- [2] FTDI Chip, "Contact FTDI," 2 december 2015. [Online]. Available: <http://www.ftdichip.com/FTContact.htm>.
- [3] SCAN COIN, "CashComplete® POS Product Sheet," 3 December 2015. [Online]. Available: http://www.scancoin.com/~media/Scancoin_com/Pdf/Product%20Leaflets/CashComplete/CashComplete_POS_eng_Low.ashx.
- [4] RASPBERRY PI FOUNDATION, "What is a Raspberry Pi?," 3 december 2015. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>.
- [5] Arduino, "Introduction," 3 december 2015. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [6] Vector, "Controller Area Network (CAN)," 4 december 2015. [Online]. Available: https://vector.com/vi_controller_area_network_en.html.
- [7] LAWICEL, "Products - CANUSB," 3 december 2015. [Online]. Available: http://www.can232.com/?page_id=16.
- [8] LAWICEL, "Downloads - CANUSB," 3 december 2015. [Online]. Available: http://www.can232.com/?page_id=75.
- [9] FTDI Chip, "D2XX Programmer's Guide," 3 december 2015. [Online]. Available: [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/ProgramGuides/D2XX_Programmer's_Guide\(FT_000071\).pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/ProgramGuides/D2XX_Programmer's_Guide(FT_000071).pdf).
- [10] GCC, "Option Summary - Using the GNU Compiler Collection (GCC)," 3 december 2015. [Online]. Available: <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Option-Summary.html>.
- [11] TEXAS INSTRUMENTS, "LM22677 Evaluation Board - Data sheet," 3 december 2015. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/snvs582o/snvs582o.pdf>.