

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

DC/DC-omvandlarplattform med DPA-switch för telekomprodukter

Av: Johan Håkansson och Beneharo Salazar Askenberg

Examensarbete vid Chalmers tekniska högskola, Göteborg
Utfört vid ERICSSON MICROWAVE SYSTEMS AB

Handledare:

Chalmers: Torbjörn Thiringer

EMW: EMW/DD/KL Björn Isaksson

Examinator Torbjörn Thiringer

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Sammanfattning

Intåget av nya aktörer i telekombranschen de senaste åren har drastiskt ökat arbetstempot både när det gäller konstruktion och produktion. För att snabba upp konstruktionsprocessen undersöks i denna rapport den tekniska och ekonomiska potentialen hos en omvandlarplattform för DC/DC-omvandlare, i jämförelse med omvandlare av diskret typ. Företaget Power Integrations erbjuder en produkt, DPA-switchen, som möjliggör detta.

Genom att ta fram en bred DC/DC-omvandlarplattform, baserad på DPA-switchen fås många fördelar. Komponentantalet minskas med upp till 48 % och yielden ökar med upp till 2,9 %, vilket sammantaget resulterar i en kostnadsbesparing med upp till 43 %, eller 3,5 MSEK för 100 000 tillverkade omvandlare. Med en tidplan på 20 veckor utvecklades och testades två fungerande omvandlare, som visar att konstruktionsprocessen kräver en ytterst begränsad tid.

De tekniska fördelarna är även de stora. Integrationsgraden och robustheten ökar, medan komplexiteten minskar. Genom användandet av synkronlikriktning åstadkoms en verkningsgrad på över 90 % för en 16 W omvandlare.

Nackdelen vid användandet av en så pass specialiserad komponent som DPA-switchen är att det endast finns en leverantör, en så kallad "single source". Strävan är att ha flera leverantörer av samma eller likvärdig komponent, för att på så sätt säkerställa tillgång och leverans.

En utvärdering av Power Integrations har även genomförts, vilken visar att företaget har en teknisk kompetens och kundstöd som gör det intressant som potentiell leverantör och samarbetspartner till Ericsson Microwave Systems AB

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Abstract

In recent years, the penetration of new players on the telecom market has drastically increased the work pace, affecting both design and production. In this report the technical and economical potential of a DC/DC converter platform is investigated, in order to shorten the time of the design process. This is done in comparison with the present discrete type designs. Power Integrations offers a product, the DPA-Switch™, enabling this.

By developing a wide DC/DC converter platform based on the DPA-Switch™, many advantages are gained. The component count is decreased by up to 48 % and the yield increases by up to 2.9 % which in all yields a cost reduction by up to 43 % or €390 000 for 100 000 manufactured units. The time needed for the design process is shortened compared to earlier development processes as shown by the fact that two functional converters were developed and tested during less than 20 weeks.

The technical advantages are also considerable. The level of integration and the robustness increases while the complexity decreases. By using synchronous rectification, an efficiency surpassing 90 % is achieved.

The disadvantage when using a specialized component such as the DPA-Switch™ is that it only has a single source, meaning there's only one supplier. The goal is to have multiple suppliers of the same, or equivalent component, to secure availability and delivery.

An evaluation of Power Integrations has also been conducted and it's concluded that the company possesses both the technical know-how and customer support to be of interest as a potential supplier and business partner to Ericsson Microwave Systems AB.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Förord

Idén till detta examensarbete utarbetades av Ericsson Microwave Systems AB med syfte att undersöka den tekniska och ekonomiska potentialen hos en DC/DC-plattform. Examensarbetets riktlinjer och mål utformades tillsammans med Björn Isaksson, handledare på EMW samt Johan Fält och Anders Vegelius.

Examensarbetet ingår i utbildningen civilingenjör Elektroteknik med inriktning mot elteknik och omfattar 20 poäng. Examinator och handledare på Chalmers var Torbjörn Thiringer.

Förhoppningen med detta arbete är att det ska kunna ligga till grund för beslutsfattande gällande införandet av en DC/DC-omvandlarplattform i företagets produkter.

Vi vill rikta ett stort tack till alla som hjälpt till och bidragit med värdefull information under examensarbetets gång. Ett särskilt tack riktas till

Björn Isaksson

Johan Fält, Fredrik Larsson, Mikael Lind och Torbjörn Thiringer

Fredrik Johansson på Power Integrations Inc.

Övriga medarbetare på DD/K

Mölnadal juni 2005

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Innehåll

Ordförklaringar	6
1 Inledning	8
2 Ekonomiska och tekniska förutsättningar	9
2.1 Intressenter och viktiga parametrar	9
2.2 Antaganden.....	9
2.3 Six Sigma.....	10
3 DC/DC-omvandlarna	12
3.1 Kravspecifikation för omvandlarna.....	12
3.2 Beskrivning av befintlig omvandlare, +7,3V	15
3.3 Beskrivning av befintlig omvandlare, +3,3V	15
3.4 Beskrivning av DPA-switch.....	16
3.5 Beskrivning av ny omvandlare, +7,3V	18
3.6 Beskrivning av ny omvandlare, +3,3V	20
3.7 Teoretiska beräkningar.....	24
4 Verifiering av de nya omvandlarna	27
4.1 Allmänt.....	27
4.2 Testobjekt	27
4.3 Verifieringssammanfattning	28
4.4 Verifieringsresultat.....	29
4.5 Kompletterande mätningar	44
4.6 Robusthet.....	44
5 Utvärdering av leverantören Power Integrations INC.....	45
5.1 Allmän information.....	45
5.2 Bemötande.....	46
5.3 Svarstider	46
5.4 Teknisk kompetens	47
5.5 Dokumentation och verktyg	47
6 Ekonomisk utvärdering.....	49
6.1 +7,3V-omvandlare	49
6.2 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning.....	51
6.3 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning	53
6.4 Ytterligare ekonomiska aspekter	54
7 Business Case	55
7.1 Business Case: +7,3V-omvandlare	55
7.2 Business Case: +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning.....	55
7.3 Business Case: +3,3V-omvandlare med diodlikriktning	55
8 Förslag till fortsatt arbete	56
Referenser	57

Appendix A Kretsschema

Appendix B Layout och PCB-lagerbeskrivning

Appendix C Säkerhetsmarginalkorrigerings (Derating)

Appendix D EMC

Appendix E Reglerloopsanalys

Appendix F Fotografier på prototypkortet

Appendix G Beräkningar av effektförluster

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Ordförklaringar

AC
Alternating Current, växelström

CM
Common-Mode

DC
Direct Current, likström

DD/K
Avdelningen Power Systems på EMW

DM
Differential-Mode

DMM
Digital Multimeter

DPA
Distributed Power Architecture

DVD
Digital Versatile Disc

EMC
Electromagnetic Compatibility

EMI
Electromagnetic Interference

EMW
Ericsson Microwave Systems AB

FET
Field-Effect Transistor

IR
Infraröd

LCD
Liquid Crystal Display

MOSFET
Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor

MTBF
Mean Time Between Failures

PCB
Printed Circuit Board

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

PI
Power Integrations INC.

PoE
Power over Ethernet

PPL
Preferred Parts List

PWM
Pulse Width Modulation, pulsbreddsmodulering

RoHS
Restriction of Hazardous Substances

SMD
Surface Mounted, ytmonterad

TILDA
Ericsson statistical failure rate data system

TTM
Time To Market

WAP
Wireless Application Protocol

Verkningsgrad
Kvoten mellan medelvärdet av ineffekt och medelvärdet av uteffekt

VoIP
Voice-over-Internet Protocol

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

1 Inledning

Inom telekombranschen har det på senare år tillkommit flera nya aktörer som har ökat konkurrensen. Detta har lett till ett ökat arbetstempo och krav på att få ut nya produkter på marknaden fort, vilket påverkar både konstruktions- och produktionsarbetet.

För att snabba upp konstruktionsprocessen finns det fler vägar att gå. Dels kan det, i så stor utsträckning som möjligt, köpas in färdiga lösningar, med nackdelen att ett beroende av tredje part uppstår och att kostnaderna ökar, samt att flexibiliteten minskar. Ytterligare alternativ är att köpa in modullösningar som integreras i konstruktionen i fråga, även här med nackdelen av ökad kostnad och minskad flexibilitet. Ett tredje sätt är att ta fram en gemensam bred plattform för det som konstrueras och som med smärre förändringar och bra verktyg kan anpassas till specificerade krav och önskemål. Detta sätt leder, förutom till en snabbare konstruktionsprocess, till ökad flexibilitet och minskade kostnader. När det gäller produktionen kan den påverkas i positiv riktning genom att i konstruktionerna minska antalet komponenter, vilket resulterar i lägre tillverkningskostnad och snabbare tillverkning då yielden ökar och tiden för felsökning minskar.

Dessa förbättringar är givetvis av intresse för EMW och har på DD/K gett till följd att man vill undersöka möjligheten till en DC/DC-omvandlarplattform för enhetens produkter. Företaget Power Integrations INC erbjuder en produkt, DPA-switchen, som möjliggör just en sådan plattform. Produkten innehåller många inbyggda funktioner vilket medför ett färre antal komponenter i konstruktionerna.

Examensarbetets syfte är att utreda en, på DPA-switchen baserad, DC/DC-omvandlarplattformens potential både tekniskt och ekonomiskt. Dessutom utvärderas Power Integrations INC som leverantör och potentiell samarbetspartner. De ekonomiska resultaten presenteras i ett antal "business case" och de tekniska i ett verifieringskapitel.

Examensarbetet är av jämförande teknisk och ekonomisk karaktär, där två på EMW redan befintliga DC/DC-omvandlare jämförs med två av examensarbetarna utvecklade prototypomvandlare baserade på DPA-switchen. Arbetet är genomfört enligt kvalitetsmetoden Six Sigma.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

2 Ekonomiska och tekniska förutsättningar

2.1 Intressenter och viktiga parametrar

- Intressenter
 - Ericsson
 - Power Integrations INC.

De nya omvandlarna påverkar många parametrar positivt.

- Ekonomiska effekter av de nya omvandlarna
 - Lägre konstruktionskostnad
 - Lägre materialkostnad (endast +7,3V-omvandlaren)
 - Lägre monteringskostnad
 - Lägre totalkostnad
 - Ökad yield vilket ger mindre reparationskostnad
 - Färre antal komponenter vilket minskar kostnad för komponentmatare.
- Tekniska effekter av de nya omvandlarna
 - Ökad integrationsgrad
 - Ger en bred omvandlarplattform
 - Minskad komplexitet
 - Snabbare konstruktionsprocess
 - Ökad verkningsgrad
 - Färre antal komponenter
 - Mer kompakt
 - Mer robust
- Konkurrensmässiga effekter
 - Energisnålare produkter

2.2 Antaganden

- Produktionsvolym: 100 000 enheter/år
- Monteringspris per komponent samma, oavsett komponent
- Ett fåtal yield-värden uppskattade

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

- Vid användande av de nya konstruktionerna, tas vissa komponenter (läs artikelnummer) som används i de befintliga bort. Om de borttagna komponenterna är av vanlig typ, såsom motstånd och kondensatorer, antas 30 % av dess försvinna helt från kretskortet som omvandlaren är en del av. Om det rör sig om kraftkomponenter och halvledare antas siffran vara 100 %. Att en komponent tas bort innebär att det behövs en komponentmatare mindre vid monteringen.
- Dollarvärdet har låsts vid 7,0 SEK/USD

2.3 Six Sigma

Six Sigma är en kvalitetsstrategi där målet är kundens nöjdhet. Med kund menas ej enbart konsumenten av produkten/tjänsten, utan även inom ett företag. I Six Sigma delas företagets aktiviteter in i processer som i slutändan har en kund, som både kan vara en slutkonsument eller en annan process i företaget. Antalet avvikelser från de krav som kunden har, bestämmer processens "sigmanivå", där nivå sex motsvarar 3,4 avvikelser per miljon. En central del i strategin är ett koncept, eller arbetsgång, som kallas DMAIC som står för Define, Measure, Analyze, Improve och Control [1]. Här följer en kort beskrivning av dessa, samt hur de har använts i detta examensarbete.

- Define – I detta skede definieras parametrarna som man har problem med och vill förbättra. De för detta examensarbete valda parametrar är:
 - Prestanda
 - Verkningsgrad
 - Komplexitet
 - Tillverkningskostnad
 - Komponentantal
 - Yield
- Measure – Här samlas data relaterat till de definierade parametrarna in, och i detta fall det inneburit insamling av bland annat tillverkningsstatistik och prisinformation.
- Analyze – När all data har samlats in analyseras dessa för att hitta orsaken till problemen. Exempel som är relevanta här är t.ex. dyra komponenter och komponenter med dålig yield.
- Improve – Möjliga lösningar till problemet tas fram i detta steg och sedan väljs den bästa ut. Detta är vad praktiskt taget hela examensarbetet går ut på. Det har visat sig att det bästa sättet att åtgärda problemen på, är att testa en ny omvandlarlösning för att se om problemen kan minskas.
- Control – I det sista steget används en uppsättning verktyg och tekniker för att upprätthålla förbättringarna som genererades i det föregående

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

steget Improve. Denna del har ej implementerats i detta examensarbete, utan lämnas till eventuellt uppföljningsarbete.

Det bör sägas att dessa fem steg inte behöver genomföras bara en gång. Under arbetets gång upprepas vissa steg och bildar interna loopar. Som exempel med anknytning till examensarbetet kan ges att det efter genomförandet av förbättringar, ofta har varit nödvändigt att återgå till Analyze-steget för att sedan åter gå framåt till Improve-steget och så vidare tills nöjaktig förbättring uppnåtts.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3 DC/DC-omvandlarna

3.1 Kravspecifikation för omvandlarna

För definitioner, se [2].

3.1.1 Kravspecifikation för +7,3V-omvandlare

Data för kravspecifikationen är hämtad ur [5].

3.1.1.1 In- och utgångskrav

3.1.1.1.1 Ingång

Tabell 3.1 Ingångskrav, +7,3V-omvandlare

Krav	
Maximal ineffekt	≤ 32 W
Nominell spänning	+55 V
Normal spänning (Full prestanda)	+44 V till +60 V
Ickenormal spänning ¹⁾	0 V till +44 V och +60 V till 72 V
Inrusningsström	Ingångskapacitans skall vara ≤ 100 μ F
Strömbegränsning	Inström ≤ 1 A när den primära omvandlaren startar och vid kortslutning av den sekundära.

¹⁾ Utrustningen skall inte skadas och när spänningen återgår till nominell spänning skall systemet åter ha full prestanda.

3.1.1.1.2 Utgång

Tabell 3.2 Utgångskrav, +7,3V-omvandlare

Krav	
Nominell utspänning	+7,3 V @3,5 A och 25°C
Utspänningstolerans	+7,3 \pm 0,35 V ($\pm 5\%$)
Utströmsområde	0,17 – 3,5 A
Utströmsbegränsning	Kortslutning skall inte skada några komponenter eller anslutningar. Om kortslutning upphör skall spänningen återgå till normal drift
Utspänningsrippel	Max 70 mV _{pk-pk} , 30 mV _{rms} (vid 5Hz-20MHz)
Dynamiskt svar: @ 100% till 50% av maximal last.	Spänningsavvikelse <100 mV
Insvängningstid	<0,5 ms

3.1.1.2 Verkningsgrad/Effektförluster

Omvandlaren skall ha >80 % verkningsgrad.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.1.1.3 Pålitlighet

3.1.1.3.1 MTBF

Omvandlaren skall ha $MTBF \geq 330$ år som design mål (beräknat av Preditool).

3.1.1.4 Livslängd

Omvandlaren skall vara designad för en teknisk livslängd på minst 15 år vid 40°C omgivningstemperatur.

3.1.1.5 EMC

Omvandlaren skall med ett passande externt filter uppfylla EMC-kraven enligt kraven i [3]

3.1.1.6 Säkerhetsmarginalkorrigerering (Derating)

Komponenterna skall vara säkerhetsmarginalkorrigerade enligt kraven i [4]

3.1.1.7 Klimatkrav

Tabell 3.3 Klimatkrav, +7,3V-omvandlare

Tillstånd	Omgivningstemperatur, inuti kabinettet
Full prestanda	-30°C - +70°C
Nedsatt prestanda Med avseende på rippel och störningar	-40°C - -30°C

3.1.1.8 Mekanisk design

Höjden på omvandlaren får maximalt vara 10,5 mm. Värmen från interna förluster skall ledas bort från PCB genom kabinettet. Den termiska resistansen skall vara tillräckligt låg för att garantera att den maximala effektförlusten i komponenterna inte överskrider.

3.1.2 **Kravspecifikation för +3,3V-omvandlare**

3.1.2.1 Data för kravspecifikationen är hämtad ur [6].

3.1.2.1.1 Ingång

Tabell 3.4 Ingångskrav, +3,3V-omvandlare

Krav	
Effektkonsumtion	< 20 W
Nominell spänning	-48,0 VDC
Normal spänning (Full prestanda)	-38,5 VDC till -60,0 VDC
Ickenormal spänning ¹⁾	-32,0 VDC till -38,5 VDC
Spänningsändring	Maximal du/dt= (3-7) V/ms

¹⁾ Utrustningen skall inte skadas och när spänningen återgår till normal spänning skall systemet åter ha full prestanda.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.1.2.1.2 Utgång

Tabell 3.5 Utgångskrav, +3,3V-omvandlare

Krav	
Nominell utspänning	+3,3 VDC
Utspänningstolerans	+3,3 VDC \pm 0,165 VDC (\pm 5%)
Utströmsområde	0 till 4,6 A
Utspänningsrippel	< 100 mV _{pk-pk} (vid 5Hz-20MHz)
Uppstartstid (10% till 90% av U _{ut})	< 10 ms
Dynamiskt beteende ¹⁾	< 0,165 VDC
Insvängningstid ²⁾	< 10 ms

¹⁾ 50 % lastförändring mellan 10 % och 100 % av maxlasten.

²⁾ Efter 10 ms skall avvikelserna vara mindre än 1 %.

Utgången skall vara kortslutningssäker och självåterställande.

3.1.2.2 Verkningsgrad

Vid nominell inspänning (-48 V) skall verkningsgraden vara >75 % vid maximal utström.

3.1.2.3 Mekaniska data

- Maximal area är 48,0 x 28,0 mm [BxL] exklusive ingångsfilter och underspänningsskydd.
- Maximal höjd 10,5 mm
Designmål <8,5 mm.
- Inga hålmonterade komponenter. Bara SMD.

3.1.2.4 Temperaturområden

Tabell 3.6 Temperaturområde, +3,3V-omvandlare

Tillstånd	Omgivningstemp. [°C]
Normal drift: Full prestanda	-25°C till +55°C Kommentar: Krav på upstartstid och rippel kan inte garanteras i intervallet -5°C till -25°C.

Temperaturökning på PCB:t är uppskattat till 10°C.

- Maximal ändring i temperatur är 1 °C/min.

3.1.2.5 Pålitlighet

3.1.2.5.1 MTBF

Designmål: >400 år enligt TILDA vid T=50°C.

3.1.2.6 EMC

Omvandlaren skall med ett passande externt filter uppfylla EMC-kraven enligt kraven i [3]

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

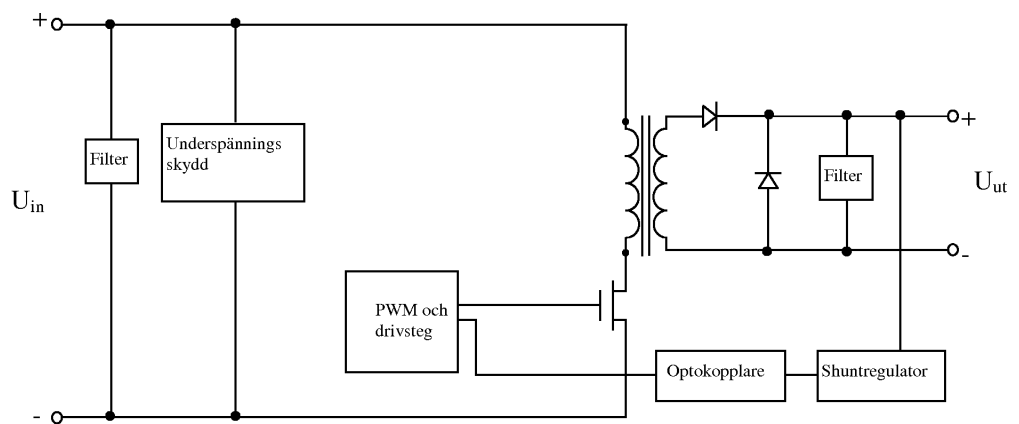
3.1.2.7 Säkerhetsmarginalkorrigerering (Derating)

Komponenterna skall vara säkerhetsmarginalkorrigerade enligt kraven i [4].

3.2 Beskrivning av befintlig omvandlare, +7,3V

Den befintliga omvandlaren är en del av ett större kraftblock med 55 V inspänning och flera olika utspänningar. Omvandlaren genererar en 7 V busspänning som används för att generera utspänningarna.

Omvandlaren är av forwardtyp med diodlikriktning. En PWM-controller med inbyggd MOSFET gate driver styr den primära MOSFET:en och drivs med 12V-spänning som tas från en AUX-lindning på primärsidan på transformatorn. Spänningen på sekundärsidan regleras med hjälp av en shuntregulator och kopplas till PWM-controllern via en optokopplare som även den drivs från AUX-lindningen. In- och utgångsfiltrena utgörs av kondensatorer och spolar. För komplett ritning, se [7].

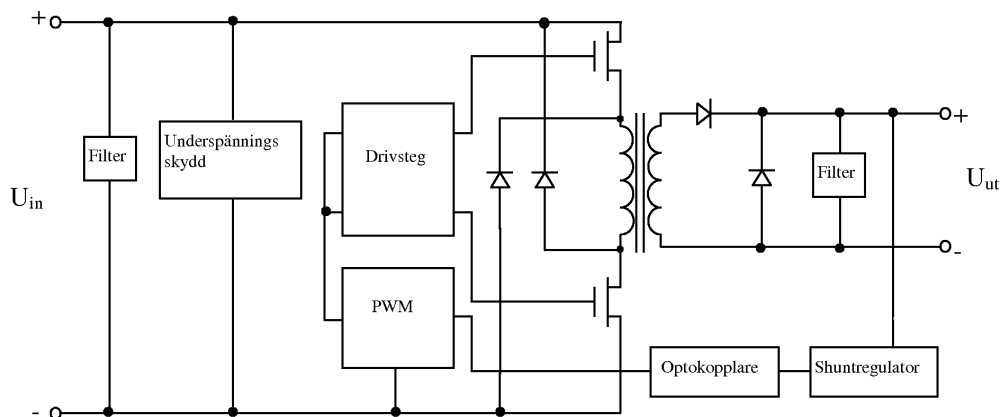


Figur 3.1 Översiktsritning, befintlig +7,3V-omvandlare

3.3 Beskrivning av befintlig omvandlare, +3,3V

Den befintliga lösningen är en Two-Switch Forward omvandlare. I denna topologi leder och spärrar de båda MOSFET:arn samtidigt. Detta ger upphov till en enkel lösning för avmagnetisering av transformatorn. När switcharna inte leder så flyter magnetiseringsströmmen genom dioderna på primärsidan tillbaka till matningen. Likriktningen på sekundärsidan sker med dioder samt ett filter på utgången. Regleringen av utspänningen sker med spänningsdelning ner till 1,24 V på ingången till en shuntregulator som i sin tur via en optokopplare ger PWM:kretsen styrsignaler. PWM:kretsen styr ett drivsteg (HIP2100) som med en styrsignal med hög ström snabbt kan tända MOSFET:arna för att därmed minimera förluster. Ett underspanningsskydd som sitter på ingången stänger av omvandlaren om matningsspänningen understiger 17,5 V. För komplett ritning, se [8].

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 3.2 Översiktsritning, befintlig +3,3V-omvandlare

3.4 Beskrivning av DPA-switch

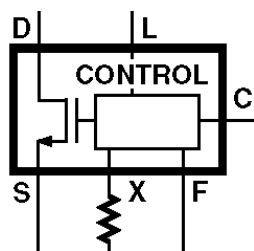
3.4.1 Funktionsbeskrivning

PI har i DPA-switchen inkorporerat många funktioner i en enda kapsel, för att på så sätt minska antalet komponenter. Förutom MOSFET:en innehåller kapseln PWM-kontroll och ett antal skydd. Funktionerna kan summeras till följande punkter:

- Inbyggd mjukstart
- Inbyggt ställbart över- och underspänningskydd
- Inbyggt ställbar strömbegränsning (strömmen mäts "cycle-by-cycle")
- Inbyggt överlast- och open-loopskydd
- Inbyggt termiskt skydd
- Programmerbar duty cycle-reducering
- Två valbara switchfrekvenser, 300 kHz och 400 kHz

3.4.2 Pin-konfigurering

Samtliga funktioner styrs via ett antal pinnar på kapseln. I Figur 3.3 visas schemasymbolen för DPA-switchen, med pinbeteckningarna utsatta. Nedan följer en kort beskrivning av pinnarna och deras funktion



Figur 3.3 Schemasymbol för DPA-switch

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

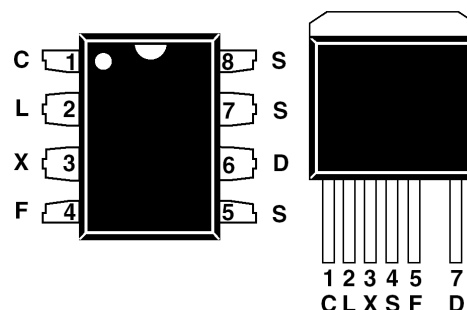
- **D-pinnen:** Utgör MOSFET:ens drain, som även används till intern strömförsörjning under uppstart och är punkten för strömmätningen.
- **L-pinnen:** Mäter inspänningen för kontroll av över- och underspänningsskyddet samt för duty cycle-reduceringen. Kan även användas för extern av- och påslagning av enheten.
- **C-pinnen:** Ingång för signal från reglerloopen. De interna kretsarna matas även via denna pinne under normal drift.
- **S-pinnen:** Detta är MOSFET:ens source samt referenspunkt för kontrollkretsarna på primärsidan. I TO-263-7C-utförande är även taben på kapseln internt kopplad till source, vilket reducerar EMI.
- **X-pinnen.** Används för att externt sätta strömbegränsningen. Detta görs genom att sätta ett motstånd mellan denna pinne och S-pinnen. Det finns även möjlighet att låta strömbegränsningen bero på inspänningen, genom att koppla X-pinnen på olika sätt. Kan även användas för extern av- och påslagning av enheten.
- **F-pinnen:** Används för att välja switchfrekvens. Kopplas pinnen till S-pinnen fås 400 kHz, och kopplas F-pinnen till C-pinnen fås 300 kHz

3.4.3 Varianter och kapseltyper

DPA-switchen finns i fyra varianter, som sträcker sig från 18 W till 100 W och i tre kapseltyper. En översikt ges i Tabell 3.7 samt Figur 3.4 nedan.

Tabell 3.7 Varianter av DPA-switchen

DPA-switch	Max uteffekt	Inspänning	Kapsel
DPA423	18W	16-75VDC	DIP-8, SMD-8, TO-263-7C
DPA424	35W	16-75VDC	DIP-8, SMD-8, TO-263-7C
DPA425	70W	16-75VDC	DIP-8, SMD-8, TO-263-7C
DPA426	100W	16-75VDC	TO-263-7C



Figur 3.4 Kapseltyper. Vänster: DIP-8/SMD-8 Höger: TO-263-7C

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.5 Beskrivning av ny omvandlare, +7,3V

3.5.1 Komponentval

3.5.1.1 DPA-switch

Baserat på effektkravet valdes DPA424R, där "R" innebär att kapseln är TO-263-7C. Denna kapsel valdes för att få en större avkylningsyta och för att den source-kopplade taben reducerar EMI.

3.5.1.2 Transformator

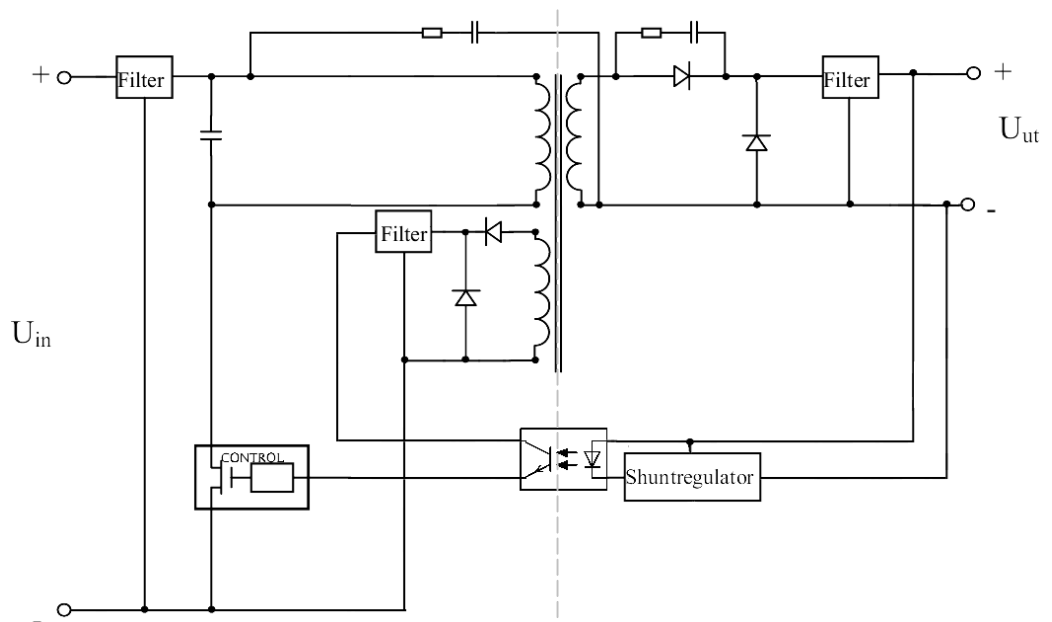
Med hjälp av programmet PI-Expert (se 5.5.2) togs transformatordata fram, och baserat på detta valdes samma transformatortyp som i ROZ104284/1. För vidare information angående transformatorn hänvisas till dess produktspecifikation [11].

3.5.1.3 Övriga komponenter

Övriga komponenter har i största möjliga mån valts ur PPL för DD/K [9] och med avseende på gällande praxis för säkerhetsmarginalskorrigerig (derating) [4]. Regleråterkopplingen har tagits direkt från den befintliga +7,3V-omvandlaren (se [7])

3.5.2 Kretsbeskrivning

Den nya omvandlaren kan delas upp i in- och utgångsfilter, DPA-switch, transformator, likriktning, och en regleråterkoppling. I Figur 3.5 nedan visas en förenklad översiktsritning, för komplett ritning hänvisas till Appendix A.



Figur 3.5 Översiktsritning, ny +7,3V-omvandlare

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.5.2.1 In- och utgångsfilter

På omvandlarens ingång sitter ett CM/DM-filter som dels ska fungera som ett vanligt ingångsfilter och dels ta hand common och differential mode-störningar. Filtret är uppbyggt av kondensatorer och spolar, med samma jordpotential som utgången.

3.5.2.2 DPA-Switch

Står för switchningen på primärsidan. Drain-pinnen är kopplad till primärlindningen på transformatorn. Line sense-pinnen (L) är kopplad via motstånd till inspänningen för att mäta och använda denna för över- och underspänningsskyddet. Med de valda motstånden sätts värdet för underspänning, UV, till $UV=33,6\text{ V}$ och för överspänning, OV, till $OV=86,0\text{ V}$. Via Control-pinnen (C) matas DPA-switchen under normal drift av bias-lindningen på transformatorn genom optokopplaren, och har en spänning på ca 12 V. Från optokopplaren kommer även styrsignalen från reglerloopen in på pinnen och styr PWM:en i DPA-switchen. Frekvenspinnen (F) är kopplad till sourcepinnen (S) vilket medför att switchfrekvensen är 400 kHz. Strömbegränsningspinnen (X) är kopplad via motstånd till source-pinnen, och med valt motståndsvärde är begränsningen satt till 1 A på primärsidan. Möjlighet finns även att koppla in ett motstånd mellan inspänningen och X-pinnen för att göra strömbegränsningen spänningsberoende. Source-pinnen (S) är kopplad till kapselns tab eftersom de elektriskt sett är samma punkt.

3.5.2.3 Transformator

Består av tre lindningar: primär-, sekundär- och Bias-lindning. Avmagnetiseringen när primär-FET:en inte leder sker genom snubberkretsen som sitter över en av likriktningsdiодerna samt i kondensatorn som sitter över primärlindningen. Kondensatorn och motståndet som sitter mellan transformatorns primär- och sekundärsida har funktionen att leda över högfrekvent common mode-brus samt dämpa den cirkulerande strömmen från primär- till sekundärsidan, som annars skulle uppträda superpositionerad på utspänningen.

3.5.2.4 Likriktning

I den här omvandlaren används vanlig shottkydiодlikriktning. När primär-FET:en leder, leder diодen med snubberkretsen över sig och när primär-FET:en är avstängd leder den andra diодen och kretsen frihjulär.

3.5.2.5 Regleråterkoppling

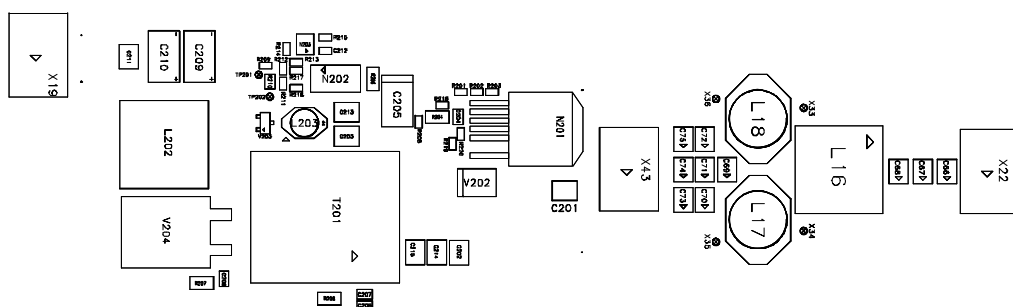
För att förenkla konstruktionsarbetet har regleråterkopplingen återanvänts från den befintliga omvandlaren [7]. Shuntregulatorn kopplas via ett antal motstånd till $+U_{ut}$. Dessa motstånd används som spänningsdelare och är dimensionerade för att regulatorn ska hålla en utspänning på +7,3V. För att galvaniskt frångörja primär- och sekundärsidan, används en optokopplare för att föra över styrsignalen till DPA-switchen.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.5.3 Layoutbeskrivning

För fotografi på det tillverkade prototypkortet se Appendix F.

3.5.3.1 Komponentplacering



Figur 3.6 Komponentplacering, ny +7,3V-omvandlare

I Figur 3.6 ovan ses komponentplaceringen för +7,3V-omvandlaren. Mellan kontakttonen X22 och X43 sitter CM/DM-filtret, och mellan X43 och X19 sitter själva omvandlaren. För att minimera förluster och störningar är det viktigt att hålla avstånden mellan kraftkomponenterna korta, vilket ses på placeringarna för DPA-switchen N201, transformatorn T201, likriktningsdioderna V204, utgångsinduktansen L202, samt utgångskondensatorerna C209, C210 och C211. Som även synes har komponenterna som hanterar signaler placerats avskilt från kraftkomponenterna för att minimera störningar.

3.5.3.2 PCB-lagerbeskrivning

Då både +3,3V-omvandlaren och +7,3V-omvandlaren i princip har samma layout när det gäller kritiska punkter hänvisas till lagerbeskrivningen för +3,3V-omvandlaren (se 3.6.3.2).

3.6 Beskrivning av ny omvandlare, +3,3V

3.6.1 Komponentval

Den nya konstruktionen är en forward-omvandlare. Komponenter till den nya omvandlaren har i första hand valts från DD/K:s PPL [9] och i andra hand från EMW:s PPL [10]. Vid val av komponenter har både funktion och pris beaktats. Pl:s designlösningar och den befintliga lösningen har varit till hjälp vid val av komponenter med avseende på typ och storlek.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.6.1.1 DPA-switch

Valet av DPA-krets föll på DPA424R där R-betäckningen står för kapseltypen TO-263-7C. Denna storlek kan leverera en uteffekt upp till 35 W, att jämföras med DPA423 med en maximal uteffekt på 18 W, vilket ger bättre verkningsgrad vid hög uteffekt. R-kapseln har source kopplat till taben, detta reducerar EMI och tabens stora yta skapar goda förutsättningar för kylning.

3.6.1.2 Transformator

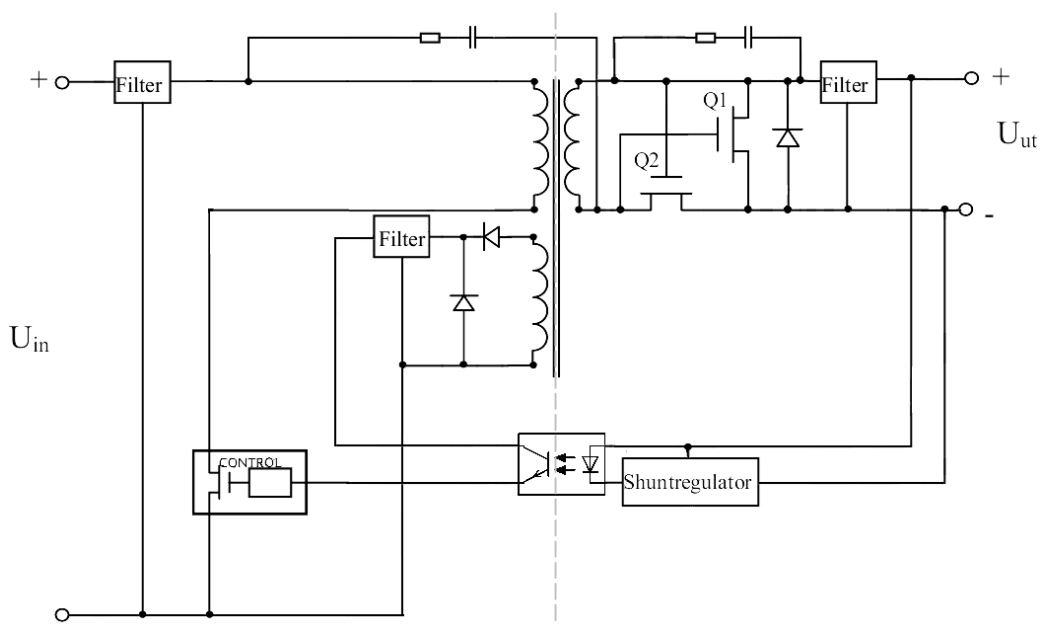
Transformatordata har erhållits genom simuleringar i PI:s programvara PI Expert (se 5.5.2). För mer information om transformatorn se dokument 1301-REG 546 2008.

3.6.1.3 Övriga komponenter

Det är viktigt att beakta att spänningen på transformatorns sekundärsida inte överstiger gränsvärdet på gate-sourcespänningen U_{gs} för synkronlikriktningstransistorerna, vilket skulle medföra att dessa förstörs. Vid val av synkronlikriktningstransistorer är det också viktigt att ta hänsyn till att drain-sourcemotståndet $R_{DS(ON)}$ och gateladdningen Q_g är låga då dessa påverkar förlusterna respektive avmagnetisering av transformatorn. Viktiga parametrar för likriktningsdioderna är att de skall tåla hög ström och ha ett lågt framspänningsfall U_f för att minimera förluster. Samma shuntregulator och optokopplare som i den gamla lösningen valdes.

3.6.2 Kretsbeskrivning

I Figur 3.7 nedan visas en förenklad översiktsritning, för komplett ritning hänvisas till Appendix A.



Figur 3.7 Översiktsritning, ny +3,3V-omvandlare

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.6.2.1 In- och utgångsfilter

Ingångsfiltret är ett CM/DM-filter som reducerar common mode-störningar och differential mode-störningar. På utgången sitter ett filter för att skapa en stabil utspänning.

3.6.2.2 Transformator

Transformatorn har en primär-, en sekundär- och en Bias-lindning. Spänningen på Bias-lindningen likriktas och filtreras till ca 12 V. Avmagnetisering av transformatorn sker i denna lösning genom kapacitansen C_{Q1gs} i transistorn Q1 samt med hjälp av snubberkretsen på sekundärsidan av omvandlaren. Kondensatorn och motståndet över transformatorns primär- och sekundärsida skapar en koppling för högfrekventa common-mode-störningar och dämpar cirkulationsströmmar mellan primär och sekundärsidan, som annars skulle uppstå superpositionerat på spänningsripplet på utgången.

3.6.2.3 Likriktning

Denna konstruktion har två valmöjligheter av likriktning, diodlikriktning eller synkronlikriktning. Med hjälp av denna lösning är det lätt att studera hur mycket verkningsgraden ökar med synkronlikriktning.

Spänningen på transformatorns sekundärsida tänder likriktningstransistorerna växelvis. MOSFET:en leder så länge spänningen mellan gate-source V_{gs} överstiger tröskelvärdet, som ligger mellan 4-5 V. När DPA-switchen leder lägger sig hela inspänningen U_{in} på transformatorns primärsida och då skapas en positiv spänning på sekundärsidan som ger positiv $U_{gs(Q2)}$, vilket tänder Q2. När DPA-switchen stänger av skiftar spänningen på transformatorns sekundärsida polaritet och skapar en negativ gate-source-spänning på Q2 och en positiv gate-source spänning på Q1. MOSFET Q2 slutar att leda och dioden som sitter parallellt över Q1 kommer att leda tills tröskelvärdet $U_{gs(Q1)}$ överstigs som då tänder Q1. Innan Q1 leder för fullt är $R_{DS(ON)}$ stor och därmed flyter frihjulströmmen först igenom dioden med lågt framspänningsfall och därmed minskas förlusterna. Synkronlikriktning kan vara komplicerat att realisera i verkligheten, därför innehåller konstruktionen omonterade komponenter så att alternativa lösningar för synkronlikriktningen kan testas.

3.6.2.4 Regleråterkoppling

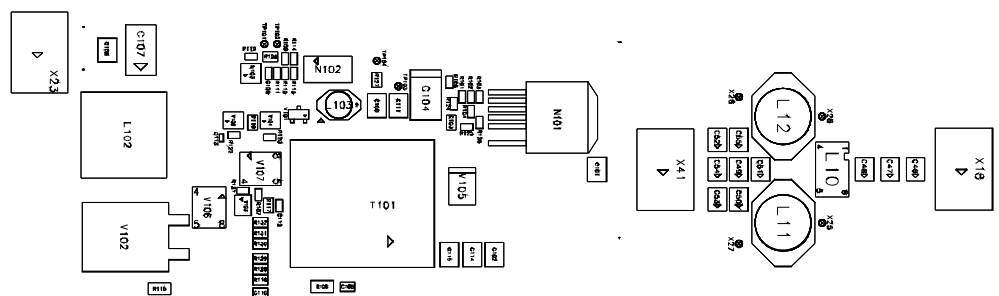
Regleringen av utspänningen sker med spänningsdelning ner till 1,24 V på ingången till en shuntregulator. Shuntregulatorn driver en optokopplare som ger styrsignaler till kontrollpinnen på DPA-switchen. Optokopplaren matas från transformatorns Bias-lindning och förser även DPA-switchen med energi under normal drift. Optokopplaren skapar ett galvaniskt snitt mellan primär- och sekundärsidan.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.6.3 Layoutbeskrivning

För fotografi på det tillverkade prototypkortet se Appendix F.

3.6.3.1 Komponentplacering



Figur 3.8 Komponentplacering, ny +3,3V-omvandlare

I Figur 3.8 ovan visas komponentplaceringen för +3,3V-omvandlaren, för komplett layout med alla fyra lager hänvisas till Appendix B. Mellan kontaktdonen X18 och X41 sitter CM/DM-filtret och själva omvandlaren sitter mellan kontaktdonen X41 och X23. Det är viktigt att i komponenter, såsom ingångsfilter, DPA-switch, transformator, likriktningstransistorer och utgångsfilter, där effektöverföringen sker, sitter nära varandra med breda banor för att reducera förluster och EMI.

För att omvandlaren skall fungera optimalt är det viktigt att kraftströmmarna är kopplade till source-taben på DPA-switchen och att source-pinnen (S), som är signaljord, inte används för detta då detta kan leda till att omvandlaren fungerar dåligt. Alla signaler skall alltså kopplas till source-pinnen (S). Komponenter som sitter kopplade mellan source-pinnen (S) och Line-sense pinnen (L) eller External current limit-pinnen (X) skall vara placerade nära dessa pinnar samt långt från banan mellan drain och transformatorn då detta förebygger kopplade störningar. Det är även viktigt att kondensatorn C103 vars uppgift är att filtrera bort högfrekvent brus sitter nära kopplat mellan (S) och (C).

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

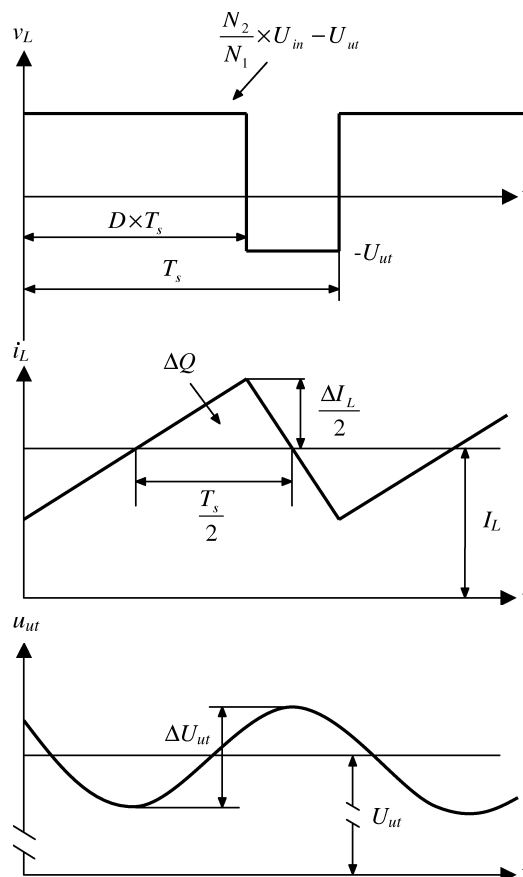
3.6.3.2 PCB-lagerbeskrivning

Kretskortet är uppbyggt av fyra lager. Banorna till själva omvandlaren ligger på lager L1 och L4. Kraften och signalerna är åtskilda så mycket som möjligt på lager L1 för att minimera störningar på signalerna orsakat av kraften. Det är viktigt med låga förluster och bra kylning för kraften och därför är kraftbanorna stora och breda. Under komponenter, som DPA-switchen, transformatorn, likriktningstransistorerna och likriktningsdioderna, där stor effekt transporteras går vior från lager L1 ner till lager L4 för att transportera bort värme. Banan mellan drain och transformatorn på lager L1 skall vara kort och smal för att reducera EMI. Lager L2 och L3 är jordplan och konstruktionen har två olika konfigurationer på dessa plan. Anledningen till detta är att studera hur olika typer av jordplan påverkar EMI. I det första fallet ligger det ett jordplan under hela omvandlaren och CM/DM-filtret och i det andra fallet är jordplanet utskuret under CM/DM-filtret och likriktningsdelen.

3.7 Teoretiska beräkningar

3.7.1 Utspänningsrippel

Vid maximal inspänning $U_{in}=60$ V är utspänningsripplet som störst. I Figur 3.9 kan spänningen över och strömmen genom utgångsspolen samt utspänningsripplet för en forward-omvandlare studeras.



Figur 3.9 Utspänningsrippel i en forwardomvandlare

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

En forward-omvandlare har en duty cycle D enligt Ekvation 3.1:

$$D = \frac{U_{ut} \times N_1}{U_{in} \times N_2}$$

Ekvation 3.1

I Figur 3.9 antas att allt strömrippel ΔI_L i utgångsspölen flyter genom utgångskondensatorerna och laddar upp dessa med en extra laddning ΔQ som bidrar till utgångsriplet. Utgångskondensatorernas serieresistans ESR bidrar också till utgångsriplet som därmed kan beräknas enligt Ekvation 3.2:

$$\Delta U_{ut} = \frac{\Delta Q}{C} + \Delta I_L \times ESR = \frac{\Delta I_L \times T_s}{8 \times C} + \Delta I_L \times ESR$$

Ekvation 3.2

Vid antagandet att transformatorn är ideal samt inget spänningsfall över likriktningsdelen kan ΔI_L beräknas genom att integrera spänningen över utgångsspölen då DPA-switchen leder enligt Ekvation 3.3:

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} \int_0^{t_{on}} v_L dt = \frac{1}{L} \int_0^{D \times T_s} \left(\frac{N_2}{N_1} \times U_{in} - U_{ut} \right) dt = \frac{D \times T_s}{L} \times \left(\frac{N_2}{N_1} \times U_{in} - U_{ut} \right)$$

Ekvation 3.3

Utspänningsriplet kan nu beräknas enligt Ekvation 3.4:

$$\Delta U_{ut} = \frac{D \times T_s^2 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \times U_{in} - U_{ut} \right)}{8 \times C \times L} + \frac{D \times T_s \times \left(\frac{N_2}{N_1} \times U_{in} - U_{ut} \right) \times ESR}{L}$$

Ekvation 3.4

Tabell 3.8 Värden på storheter för de nya omvandlarna

Storheter	Enhet	+7,3V-omvandlare	+3,3V-omvandlare
U_{in}	[V]	60	60
U_{ut}	[V]	7,3	3,3
T_s	[S]	1/400000	1/300000
N_1	[Varv]	13	18
N_2	[Varv]	5	3
L	[μ H]	10	6,8
C	[μ F]	444,7	334,7
ESR	[m Ω]	20	10

Med givna data i Tabell 3.8 fås följande resultat på utspänningsriplet för omvandlarna:

- +7,3V-omvandlare: $\Delta U_{ut} = 25,8$ mV
- +3,3V-omvandlare: $\Delta U_{ut} = 12,2$ mV

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

3.7.2 Förluster

För att få en bild över effektförlusternas distribution har beräkningar gjorts på omvandlarna. Detta görs i Appendix G och dit hänvisas för fullständiga uträkningar. I Tabell 3.9 presenteras resultaten av uträkningarna.

Tabell 3.9 Effektförluster samt verkningsgrad

Förlustställe	+7,3V-omvandlare	+3,3V-omvandlare med diodlikr.	+3,3V-omvandlare med synkonlikr.
DPA-switch	0,56 W (19 %)	0,36 W (10 %)	0,34 W (16 %)
Transformator	0,32 W (11 %)	0,27 W (8 %)	0,27 W (13 %)
Likr.dioder	1,75 W (58 %)	2,3 W (67 %)	-
Likr.transist.	-	-	1,0 W (47 %)
Utgångsspole	0,37 W (12 %)	0,51 W (15 %)	0,51 W (24 %)
Totalt	3,0 W (100%)	3,4 W (100 %)	2,1 W (100 %)
Verkningsgrad	89,5 %	81,7 %	88,0%

Värdena inom parentes anger den procentuella effektförlusten i förhållande till den totala effektförlusten. Som synes ligger stora delar av förlusterna i omvandlarnas likriktningsdelar. Det är värt att notera skillnaden i förlusteffekt mellan likriktning med dioder och likriktning med transistorer.

I Tabell 3.10 jämförs de uträknade verkningsgraderna med de uppmätta (se 4.4.3). Som synes är skillnaden liten.

Tabell 3.10 Teoretisk och uppmätt verkningsgrad

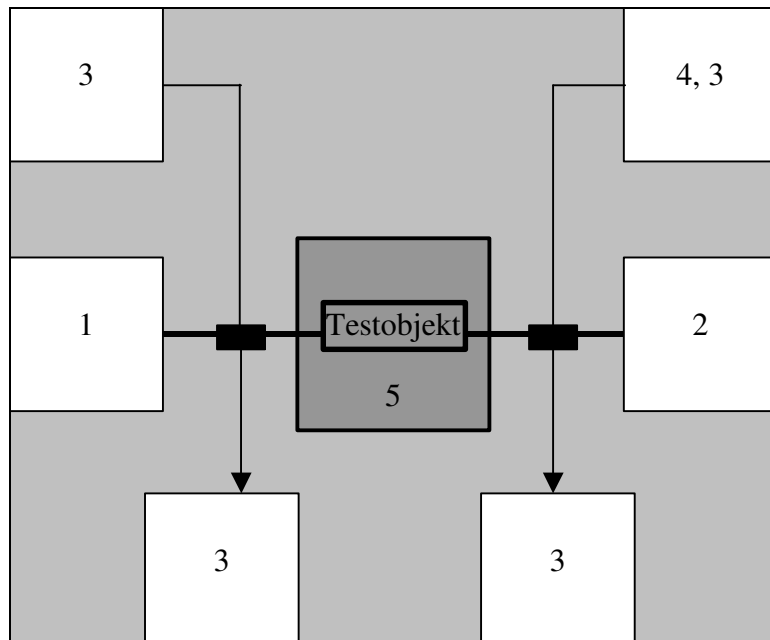
Verkningsgrad	+7,3V-omvandlare	+3,3V-omvandlare med diodlikr.	+3,3V-omvandlare med diodlikr.
Teoretisk	89,5 %	81,7 %	88,0 %
Uppmätt	88,9 %	82,1 %	88,0 %
Skillnad	0,67 %	0,49 %	0 %

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

4 Verifiering av de nya omvandlarna

4.1 Allmänt

Andra instrument än de specificerade kan användas, så länge de är ekvivalenta.



Figur 4.1 Verifieringsuppkoppling

1 Kraftaggregat DC
2 Elektronisk last
3 DMM
4 Oscilloskop
5 Temperaturkammare

DELTA electronic SM7020-D
HP 6063B
Fluke 87
LeCroy 9304AM
Vötsch VT 7004

4.2 Testobjekt

4.2.1 Testobjekt

Kortet som testas är ROA 117 5146/1 PA1.

Test-PCB som används under verifieringen:

- Testkort med nummer T580005890 används för verifiering av:
 - +7,3 V
 - +3,3 V
 - Verkningsgrad
 - Reglerloopsanalys
 - Uppstart
 - Säkerhetsmarginalkorrigering (Derating)
 - IR-bilder
- Testkort med nummer T580005889 och T580005890 används för verifiering av:
 - EMC

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

De ovan nämnda testkortet testas med följande modifieringar:

- R218 ändrad till 8,2 k Ω , REP645624/82
- 2x100 nF, keramisk X7R, monterat parallellt över R217
- R111 ändrad till 6,8 k Ω
- R112 ändrad till 8,2 k Ω
- R204 ändrad till 8,2 k Ω
- 100 nF, keramisk X7R, monterat parallellt över R114
- V106, V107 utbytta till Vishay Si4800BDY

4.2.2 Testinstrument

Tabell 4.1 Använda testinstrument

Instrumenttyp	Fabrikat/modell	Inv. nr.	Nästa kalibreringsdatum
Multimeter	Fluke 87	FS3463	08, 2005
Multimeter	Fluke 87	FS3380	07, 2006
Multimeter	Fluke 87	FS3242	07, 2006
Multimeter	Fluke 87	FS3285	10, 2006
Spänningsaggregat	Powerbox SM7020-D	GS4488	-
Oscilloskop	LeCroy 9304AM	PA3810	09, 2005
Elektronisk last	HP 6063B	A28668	-
Digital termometer	Fluke 52	KB1747	10, 2005
Temperaturkammare	Vötsch VT 7004	A28679	04-2006

4.3 Verifieringssammanfattning

Tabell 4.2 Verifieringssammanfattning för +7,3V-omvandlaren

Kap. i spec.	Funktion	GODKÄNT/ UNDERKÄNT	Kommentar
3.1.1.1.2	Uppstart	GODKÄNT se 4.4.2	
3.1.1.1.2	Nollastprov	UNDERKÄNT	
3.1.1.1.2	Lastprov	GODKÄNT	
3.1.1.1.1	Strömbegränsningsprov	GODKÄNT	
3.1.1.1.1	Kortslutningsprov	GODKÄNT	
3.1.1.1.2	Utspänningsrippel	GODKÄNT	
3.1.1.2	Verkningsgrad	GODKÄNT	
3.1.1.1.2	Steglastprov	GODKÄNT	
3.1.1.5	EMC	GODKÄNT	

Tabell 4.3 Verifieringssummering för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

Kap. i spec.	Funktion	GODKÄNT/ UNDERKÄNT	Kommentar
3.1.2.1.2	Uppstart	GODKÄNT se 4.4.2	
3.1.2.1.2	Nollastprov	UNDERKÄNT	
3.1.2.1.2	Lastprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Strömbegränsningsprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Kortslutningsprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Utspänningsrippel	GODKÄNT	
3.1.2.2	Verkningsgrad	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Steglastprov	GODKÄNT	
3.1.2.6	EMC	UNDERKÄNT	

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Tabell 4.4 Verifieringssammanfattning för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning

Kap. i spec.	Funktion	GODKÄNT/ UNDERKÄNT	Kommentar
3.1.2.1.2	Uppstart	GODKÄNT se 4.4.2	
3.1.2.1.2	Nollastprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Lastprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Strömbegränsningsprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	kortslutningsprov	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Utspänningsrippel	GODKÄNT	
3.1.2.2	Verkningsgrad	GODKÄNT	
3.1.2.1.2	Steglastprov	GODKÄNT	
3.1.2.6	EMC	GODKÄNT se 4.4.5	

4.4 Verifieringsresultat

4.4.1 Utspänningar

Mätningförhållanden:

- Om inget annat anges är inspänningen nominell, dvs 55 V för 7,3V-omvandlaren samt 48 V för 3,3V-omvandlarna och mätningen är gjord i rumstemperatur.
- Under mätningarna i rumstemperatur var testkortet på laborationsbänk.
- Under mätningarna i temperaturkammare (-40°C, -30°C, -25°C och +55°C, +70°C) var testkortet övertäckt för att inte kammarens fläkt skulle kyla kortet.
- Utspänning och utspänningsrippel mäts över den keramiska kondensatorn på utgången.
- Vid rippelmätningarna användes oscilloskopets interna bandbredds begränsning på 30 MHz.
- Bilderna tillhörande stegsvaren för omvandlarna innehåller medelvärdesbildad data för att visa dynamiken bättre, utan rippel. Data angivet i tabell är dock baserad på rå data inklusive rippel.
- Då omvandlarna med diodlikriktning ej klarar av att hålla utspänningen inom toleransbandet vid nollast, har den nedre gränsen i utströmsområdet satts till 170 mA.

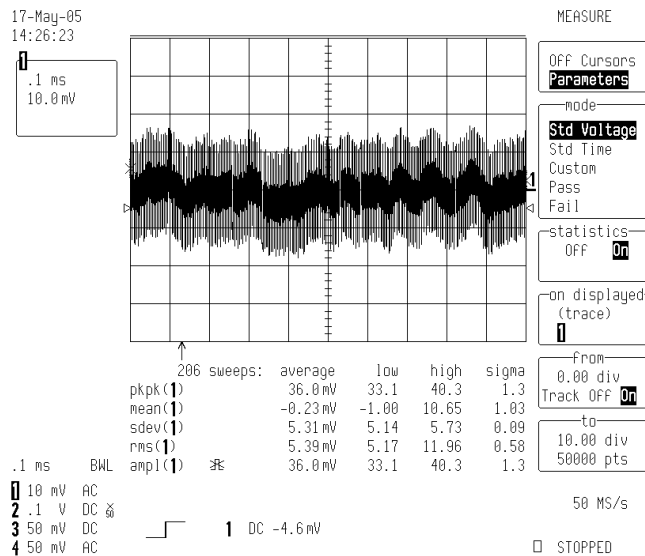
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

4.4.1.1 +7,3V-omvandlaren

Tabell 4.5 Verifieringsresultat för +7,3V-omvandlaren

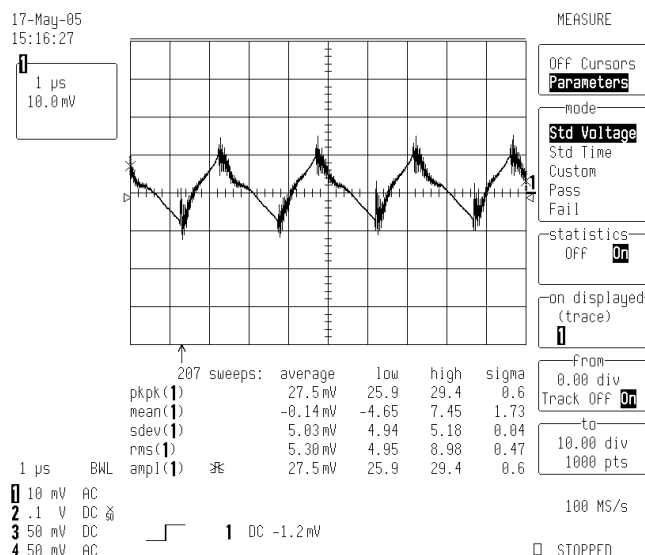
Krav		Inspänning [V]	Temp [°C]	Last [mA]	Uppmätt värde	GODKÄNT/ UNDERKÄNT
Nominell utspänning	7,3 V	Nominell	25	Nominell	7,47 V	GODKÄNT
Utspänningsområde	6,935 U_{ut} $7,665$	60	+70	3500	7,45 V	GODKÄNT
				170	7,47 V	GODKÄNT
				3500	7,47 V	GODKÄNT
			170	7,48 V	GODKÄNT	
			-40	3500	7,47 V	GODKÄNT
				170	7,48 V	GODKÄNT
		44	+70	3500	7,45 V	GODKÄNT
				170	7,48 V	GODKÄNT
				3500	7,47 V	GODKÄNT
			-30	170	7,48 V	GODKÄNT
				3500	7,47 V	GODKÄNT
			170	7,48 V	GODKÄNT	
Utspänningsområde vid nollast	6,935 V till 7,665 V	60	25		8,77 V	UNDERKÄNT
Nominell last	3500mA		25	3500	7,47 V	GODKÄNT
Lastområde	170 mA I_{ut} 3500 mA	55	25	3500	7,47 V	GODKÄNT
				170	7,48 V	GODKÄNT
Strömgräns	Max 1000 mA primärström	55	+70		670 mA	GODKÄNT
					701 mA	GODKÄNT
Kortslutningsström	Max 1000 mA primärström, ingen komponent i omvandlaren skall skadas	55	25		$I_{in}=450$ mA $I_{ut}=6,09$ A	GODKÄNT
Utspänningsrippel	<math><70</math> mV _{pk-pk} <math><30</math> mV _{rms}	60	+70	3500	42 mV_{pk-pk} 7 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	16 mV_{pk-pk} 4 mV_{rms}	GODKÄNT
				3500	35 mV_{pk-pk} 9 mV_{rms}	GODKÄNT
			-40	170	19 mV_{pk-pk} 4 mV_{rms}	GODKÄNT
				3500	36 mV_{pk-pk} 6 mV_{rms}	GODKÄNT
			170	20 mV_{pk-pk} 4 mV_{rms}	GODKÄNT	
		44	+70	3500	35 mV_{pk-pk} 12 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	13 mV_{pk-pk} 4 mV_{rms}	GODKÄNT
				3500	32 mV_{pk-pk} 5 mV_{rms}	GODKÄNT
			-30	170	14 mV_{pk-pk} 3 mV_{rms}	GODKÄNT
				3500	31 mV_{pk-pk} 5 mV_{rms}	GODKÄNT
			170	15 mV_{pk-pk} 3 mV_{rms}	GODKÄNT	
Stegsvar: Toppavvikelse översväng/undersväng	<math><100</math> mV	55	25		63 mV_{pk-pk} 50 %-steg Se Figur 4.4	GODKÄNT
Insvängningstid	<math><0,5</math> ms					
Laständring 100mA/μs	100 % till 50 % av maxlast					
Ineffekt	<math><32</math> W	55	25	3500	29,4 W	GODKÄNT
Verkningsgrad	>80 % vid maxlast	44/55/60	70/-40/-30	3500	>87 %	GODKÄNT
EMC	CISPR 22 B	56,1	25	3500	Se Appendix D	GODKÄNT

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.2 Totalt utspänningsriplet för +7,3V-omvandlaren

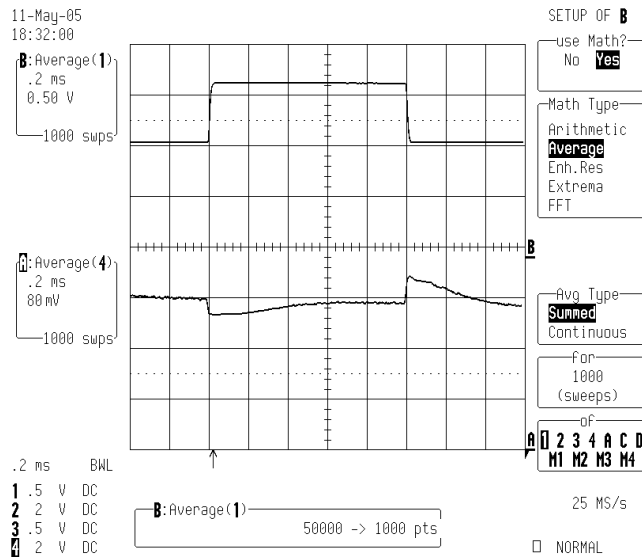
Vid analys av utspänningsriplet i Figur 4.2 ses att det finns en överlagrad svängning över switchriplet, vilket gör att det totala rippet blir högre än enbart switchriplet. Dess amplitud varierar oregelbundet, men dess frekvens är konstant runt 6 kHz. Orsaken till detta fenomen ligger i reglerloopen som inte fungerar perfekt. Inför verifieringen har dock vissa förändringar gjorts för att förbättra situationen och då speciellt adderandet av 200 nF kapacitans över R217. Eftersom svängningen är liten och håller sig väl inom specificerat maxriplet ses detta dock ej som ett stort problem.



Figur 4.3 Switchriplet för +7,3V-omvandlaren

I Figur 4.3 visas switchningens bidrag till det totala rippet och som synes ligger det runt 29 mV och alltså väl inom specifikationen.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.4 Stegsvär för +7,3V-omvandlaren. Övre kurvan: laststeg. Undre kurvan: utspänning

Figur 4.4 Visar +7,3V-omvandlarens stegsvar vid ett laststeg på 50 % från 50 % till 75 % av maxlast. Som synes ligger utspänningens avvikelse väl inom specificerat område med ett toppvärde på 63 mV (framtaget ur ej medelvärdesbildad data). Regleringen är relativt långsam, men eftersom utspänningen aldrig hamnar utanför toleransbandet blir insvängningstiden lika med noll och därmed uppfylls kravet på insvängningstid.

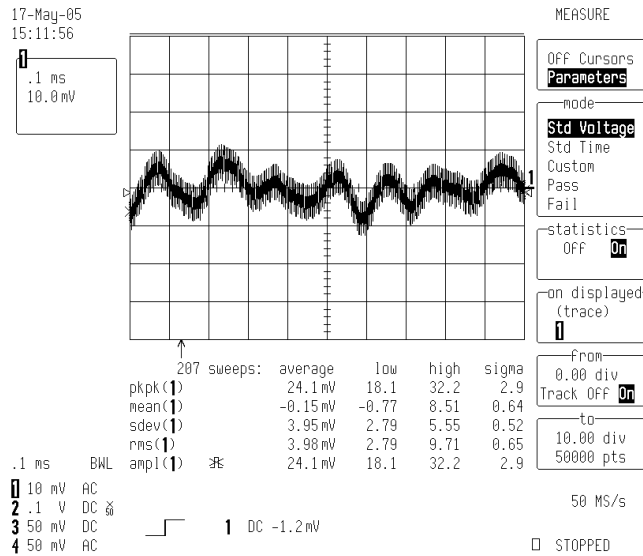
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

4.4.1.2 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning

Tabell 4.6 Verifieringsresultat för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

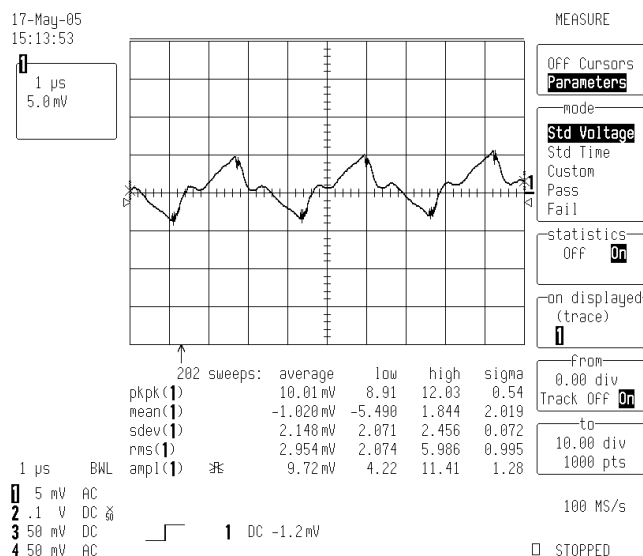
Krav		Inspänning [V]	Temp [°C]	Last [mA]	Uppmätt värde	GODKÄNT/ UNDERKÄNT
Nominell utspänning	3,3 V	Nominell	25	Nominell	3,338 V	GODKÄNT
Utspänningsområde 3,135 <U _{ut} < 3,465		60	+55	4600	3,332 V	GODKÄNT
				170	3,339 V	GODKÄNT
			-25	4600	3,334 V	GODKÄNT
				170	3,336 V	GODKÄNT
		38,5	+55	4600	3,330 V	GODKÄNT
				170	3,339 V	GODKÄNT
			-25	4600	3,333 V	GODKÄNT
				170	3,336 V	GODKÄNT
Utspänningsområde vid nollast	3,135 V till 3,465 V	60	25		5,58 V	UNDERKÄNT
Nominell last	4600 mA		25	4600	3,338 V	GODKÄNT
Lastområde	170 mA < I _{ut} < 3500 mA	48	25	4600	3,338 V	GODKÄNT
				170	3,341 V	GODKÄNT
Strömgräns	Inget krav	48	+55		I_{ut}=7,89 A	GODKÄNT
			-25		I_{ut}=8,64 A	GODKÄNT
Kortslutningsström	Ingen komponent i omvandlaren skall skadas	48	25		I_{in}=906 mA I_{ut}=8,62 A	GODKÄNT
Utspänningsrippel	<100 mV _{pk-pk}	60	+55	4600	58 mV_{pk-pk} 10 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	15 mV_{pk-pk} 3 mV_{rms}	GODKÄNT
			-25	4600	57 mV_{pk-pk} 9 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	12 mV_{pk-pk} 2 mV_{rms}	GODKÄNT
		38,5	+55	4600	31 mV_{pk-pk} 5 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	9 mV_{pk-pk} 2 mV_{rms}	GODKÄNT
			-25	4600	24 mV_{pk-pk} 7 mV_{rms}	GODKÄNT
				170	9 mV_{pk-pk} 2 mV_{rms}	GODKÄNT
Stegsvar: Toppavvikelse översväng/undersväng	<165 mV	48	25		140 mV_{pk-pk} Se Figur 4.7	GODKÄNT
Insvängningstid	<10 ms					
Laständring 100mA/μs	50 %-steg inom 10 %-90 % av lastområdet					
Uppstartstid 10% till 90% av U _{ut}	<10 ms	48	25		2,5 ms	GODKÄNT
Verkningsgrad	>75 % vid maxlast	48	+55/+25/-25	4600	>82 %	GODKÄNT
EMC	CISPR 22 B	55	25	4600	Se Appendix D	UNDERKÄNT

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.5 Totalt utspänningsripple för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

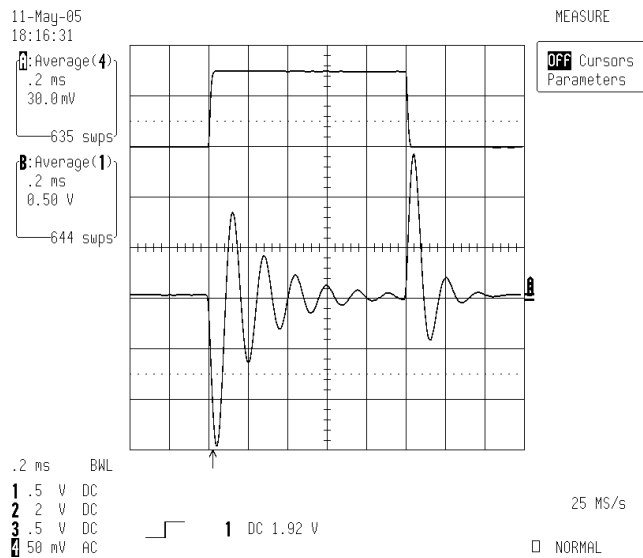
3,3V-omvandlaren med diodlikriktning har även den problem med regleringen i form av en överlagrad svängning på switchripplet. Som i fallet med +7,3V-omvandlaren varierar amplituden oregelbundet, men har en frekvens på ca 6 kHz. Även här gjordes vissa ändringar inför verifieringen som adderandet av 100 nF kapacitans över R114 och utbytandet av spänningsdelningsmotstånden till shunt-regulatorn, vilket förbättrade situationen avsevärt. Resultatet ses i Figur 4.5 och som synes ligger svängningen väl inom det specificerade maxripplet på 100 mV.



Figur 4.6 Switchrippel för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

Switchningens bidrag till det totala ripplet ses i Figur 4.6 och ligger runt 12 mV, vilket är väl inom specificerat område.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.7 Stegsvär för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning. Övre kurvan: laststeg. Undre kurvan: utspänning

Den maximala översvängningen för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning ligger runt 140 mV (framtaget ur ej medelvärdesbildad data) och kravet ligger på 165 mV, dvs. skall översvängningen ligga inom toleransbandet, vilket den också gör. Eftersom översvängningen ej når utanför toleransbandet blir även här insvängningstiden lika med noll. Omvandlarens dynamiska beteende som ses i Figur 4.7, visar att regleringen är snabb, men har ett insvängningsförlopp som är dämpat oscillerande.

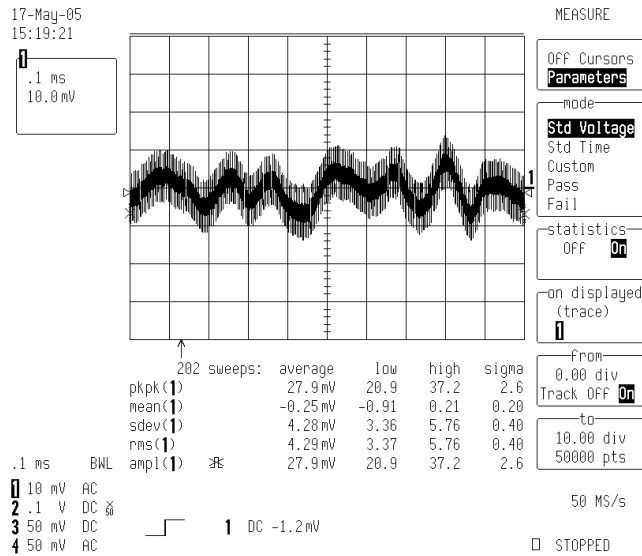
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

4.4.1.3 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

Tabell 4.7 Verifieringsresultat för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning

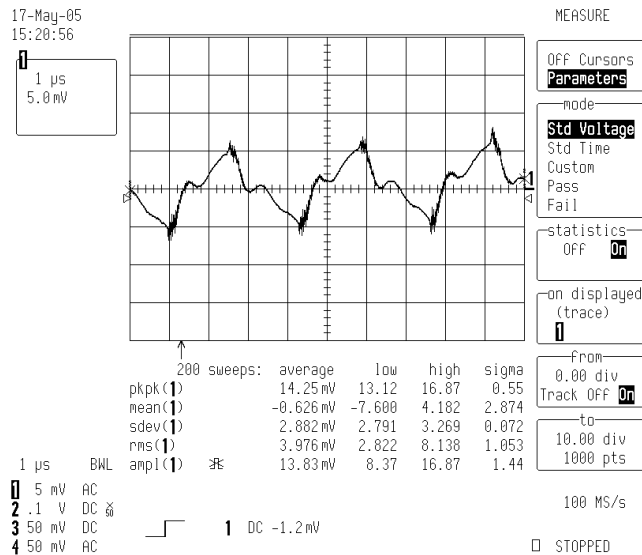
Krav		Inspänning [V]	Temp [°C]	Last [mA]	Uppmätt värde	GODKÄNT/ UNDERKÄNT		
Nominell utspänning	3,3 V	Nominell	25	Nominell	3,332 V	GODKÄNT		
Utspänningsområde	3,135 <U _{ut} < 3,465	60	+55	4600	3,337 V	GODKÄNT		
				170	3,338 V	GODKÄNT		
			-25	4600	3,317 V	GODKÄNT		
				170	3,317 V	GODKÄNT		
		38,5	+55	4600	3,337 V	GODKÄNT		
				170	3,339 V	GODKÄNT		
			-25	4600	3,317 V	GODKÄNT		
				170	3,317 V	GODKÄNT		
Utspänningsområde vid nollast	3,135 V till 3,465V	60	25		3,332 V	GODKÄNT		
Nominell last	4600mA		25		-			
Lastområde	170 mA<I _{ut} <3500 mA	48	25	4600	3,332 V	GODKÄNT		
				170	3,332 V	GODKÄNT		
Strömgräns	Inget krav	48	+55		I_{ut}=5,77 A	GODKÄNT		
			-25		I_{ut}=6,33 A	GODKÄNT		
Kortslutningsström, RMS	Ingen komponent i omvandlaren skall skadas	48	25		I_{in}=541 mA I_{ut}=6,81 A	GODKÄNT		
Utspänningsrippel	<100 mV _{pk-pk}	60	+55	4600	56 mV_{pk-pk} 7 mV_{rms}	GODKÄNT		
				170	17 mV_{pk-pk} 4 mV_{rms}	GODKÄNT		
			-25	4600	47 mV_{pk-pk} 5 mV_{rms}	GODKÄNT		
				170	13 mV_{pk-pk} 3 mV_{rms}	GODKÄNT		
		38,5	+55	4600	44 mV_{pk-pk} 6 mV_{rms}	GODKÄNT		
				170	13 mV_{pk-pk} 2 mV_{rms}	GODKÄNT		
			-25	4600	37 mV_{pk-pk} 5 mV_{rms}	GODKÄNT		
				170	14 mV_{pk-pk} 2 mV_{rms}	GODKÄNT		
		Stegsvar: Toppavvikelse översväng/undersväng	<165 mV	48	25		130 mV_{pk-pk} Se Figur 4.10	GODKÄNT
		Insvängningstid	<10 ms					
Laständring 100mA/μs	50 %-steg inom 10 %-90 % av lastområdet							
Uppstartstid 10% till 90% av U _{ut}	<10 ms	48	25		2,5 ms	GODKÄNT		
Verkningsgrad	>75 % vid maxlast	48	+55/+25/-25	4600	>86 %	GODKÄNT		
EMC	CISPR 22 B	55	25	4600	Se Appendix D	UNDERKÄNT		

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.8 Totalt utspänningsrippel för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning

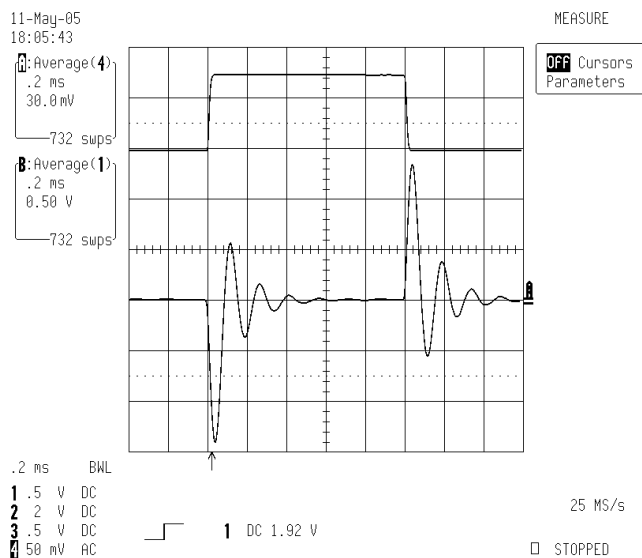
I likhet med +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning har omvandlaren med synkronlikriktning samma problem med en överlagrad svängning på utspänningen. Detta beror på att de har likadan reglerloop och ger alltså upphov till samma fenomen. Även här ligger svängningen inom området för specificerat maxrippel och är därmed godkänd. Se Figur 4.8.



Figur 4.9 Switchrippel för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning

Ripplet från switchningen, vilket kan ses i Figur 4.9 ligger runt 16 mV och godkänns.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



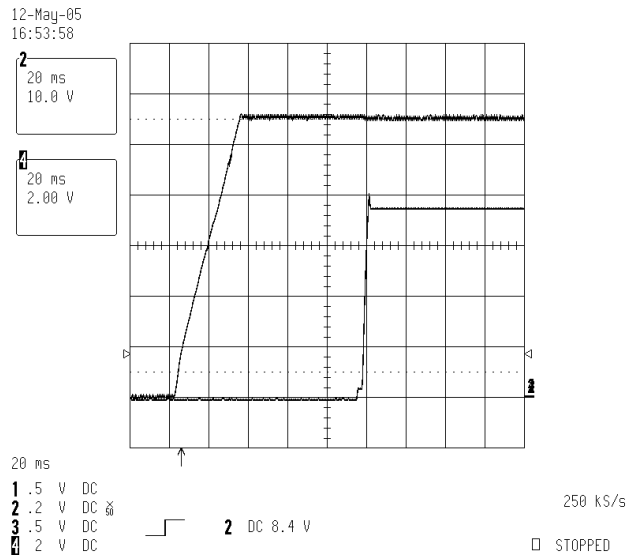
Figur 4.10 Stegsvär för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning. Övre kurvan: laststeg. Undre kurvan: utspänning

Stegsvaret för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning presenteras i Figur 4.10 och som synes är översvängningen i samma storleksordning som omvandlaren med diodlikriktning, runt 130 mV. Insvängningsförloppet är även i detta fall dämpat oscillerande, men mer dämpat än omvandlaren med diodlikriktning.

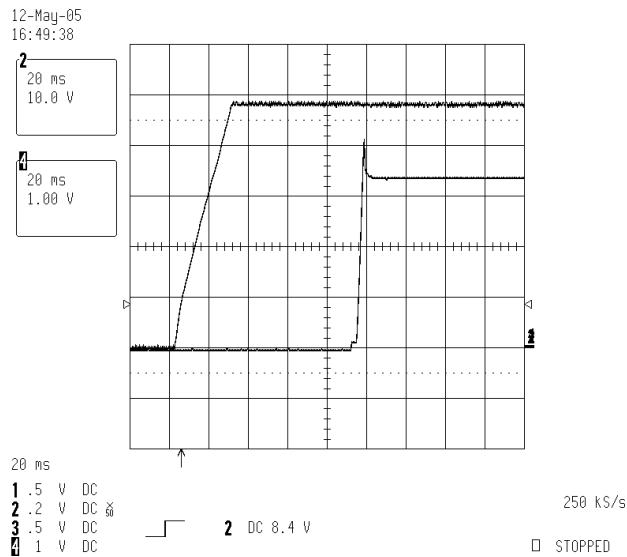
4.4.2 Uppstart

Vid uppstart av +7,3V-omvandlarna och de båda +3,3V-omvandlarna aktiveras DPA-switchens soft-startfunktion. Utspänningen rampas upp till sitt slutvärde under 5 ms, en tid som är inbyggd i DPA-switchen och kan ej ändras. Testet genomfördes med nominell inspänning och maxlast. Uppstartsförloppet för omvandlarna ses i Figur 3.1, Figur 3.2 samt Figur 3.3 och som synes får utspänningarna en översväng innan rätt utspänning uppnås. För +7,3V-omvandlaren blir översvängningen ca 670mV och för +3,3V-omvandlarna ca 750mV, men eftersom omvandlarnas insvängningstid ej överskrids, blir resultatet godkänt.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

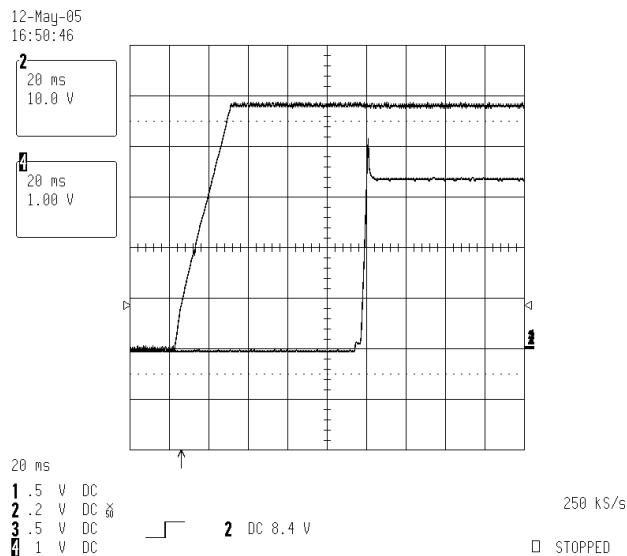


Figur 4.11 Uppstart för +7,3V-omvandlaren. Övre kurva: Inspänning. Undre kurva: Utspänning.



Figur 4.12 Uppstart för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning. Övre kurva: Inspänning. Undre kurva: Utspänning.

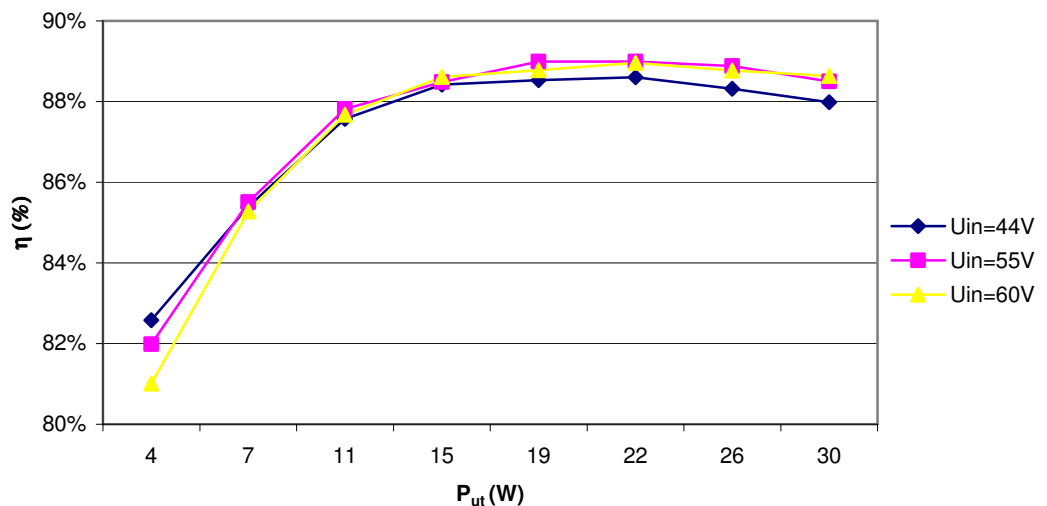
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.13 Uppstart för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning. Övre kurva: Inspänning. Undre kurva: Utspänning.

4.4.3 Verkningsgrad

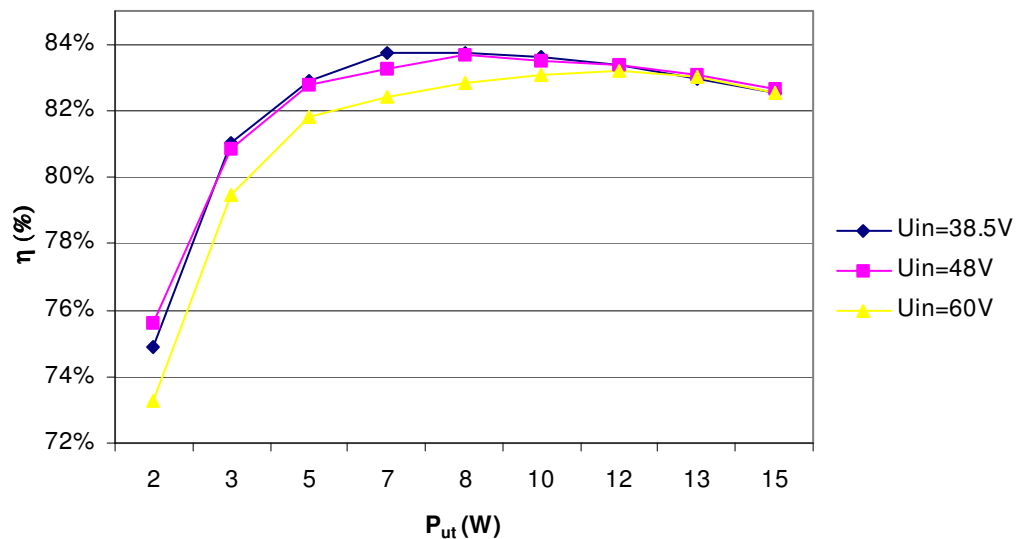
Verkningsgraden för omvandlarna är uppmätt vid rumstemperatur och vid nominell inspänning och vid gränserna för inspänningsområdet



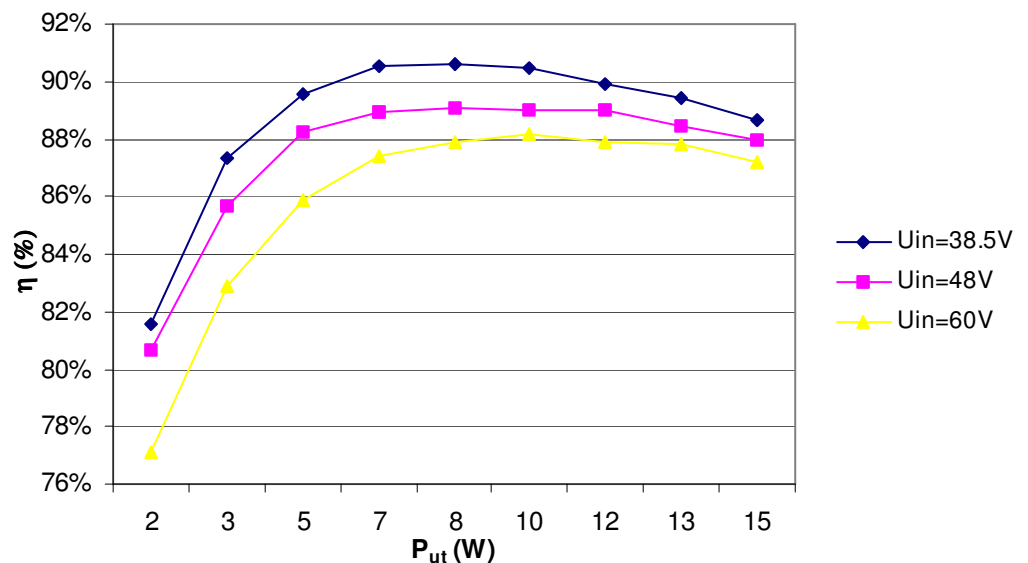
Figur 4.14 Verkningsgrad för +7,3V-omvandlaren som funktion av uteffekt och vid olika inspänningar

För +7,3V-omvandlaren återfinns, som synes i Figur 4.14, den lägsta verkningsgraden 81,0 % vid en uteffekt på ca 4 W och 60 V inspänning. Den maximala verkningsgraden fås vid 55 V inspänning från 20 W till maxeffekten 26 W och är då 88,9 %

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur 4.15 Verkningsgrad för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning som funktion av uteffekt och vid olika inspänningar



Figur 4.16 Verkningsgrad för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning som funktion av uteffekt och vid olika inspänningar

Vid jämförelse av Figur 4.15 och Figur 4.16 ses en klar skillnad i verkningsgrad hos de två +3,3V-omvandlarna. Båda omvandlarna har maximal verkningsgrad vid en uteffekt på ca 8 W, men synkronlikriktningen genererar en betydligt högre verkningsgrad på 90,6 % jämfört med diodlikriktningens 83,8 %. Vid maxlast och nominell inspänning har omvandlaren med diodlikriktning en verkningsgrad på 82,7 % och omvandlaren med synkronlikriktning 88,0 %. Denna skillnad i verkningsgrad beror på att effektförlusterna i likriktningstransistorerna är mycket mindre än i likriktningsdioderna.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

4.4.4 Säkerhetsmarginalkorrigerig (Derating)

Alla komponenters märkdata i samtliga omvandlare har säkerhetsmarginalkorrigerats i enlighet med [4]. Denna korrigerig innebär att en komponents märkdata ändras till ett lägre värde beroende på vad det är för komponenttyp. När detta korrigerade värde har tagits fram har aktuell storhet uppmätts i kretsen för att se om någon komponent utsätts för överbelastning.

Spänningen över V204 är aningen för hög med 46,9 V (gränsvärdet är 45V) och för V101 är spänningen 65 V (gränsvärde, 52,5 V) För resultat hänvisas till Appendix C.

4.4.5 EMC

Omvandlarna har EMC-testats (endast ledningsburen störning) för uppfyllande av standarden CISPR 22 B. Testerna genomfördes både med och utan ingångsfilter och resultatbilder från mätningarna kan ses i Appendix D.

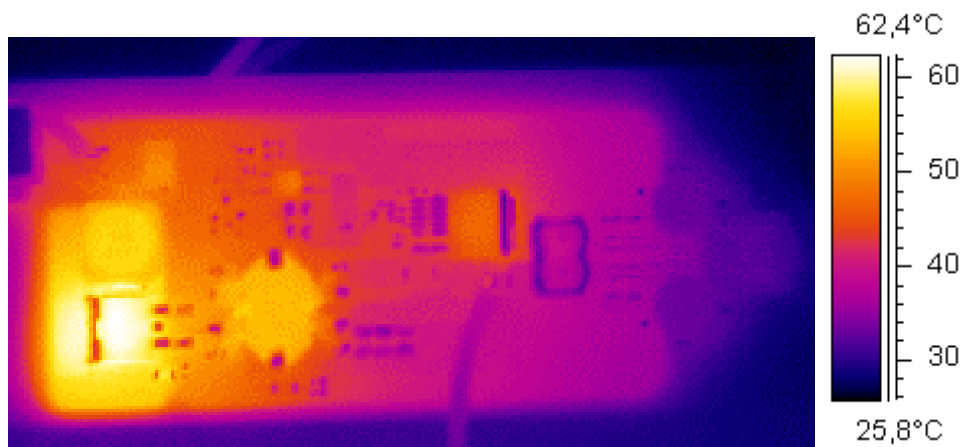
Ingångsfilterna för omvandlarna är identiska frånsett common-mode-drosseln som hos +7,3V-omvandlaren är 884 μ H och 35 μ H hos +3,3V-omvandlarna. Denna skillnad visar sig vara av vikt när det gäller uppfyllandet av EMC-krav. +7,3V-omvandlaren klarar kravet både med helt och partiellt jordplan, medan omvandlaren med diodlikriktning överstiger gränsvärdet. Omvandlaren med synkronlikriktning och helt jordplan tangerar gränsvärdet och räknas som godkänt, medan omvandlaren med partiellt jordpan överstiger gränsvärdet.

Vid vidare analys av bilderna i Appendix D ses att de olika jordplanskonfigurationerna har stor inverkan på testresultatet. Ett helt jordplan under omvandlarna är bättre ur EMC-synpunkt än ett partiellt jordplan som är utskuret under likriktningsdelen och under CM/DM-filtret.

4.4.6 IR-bilder

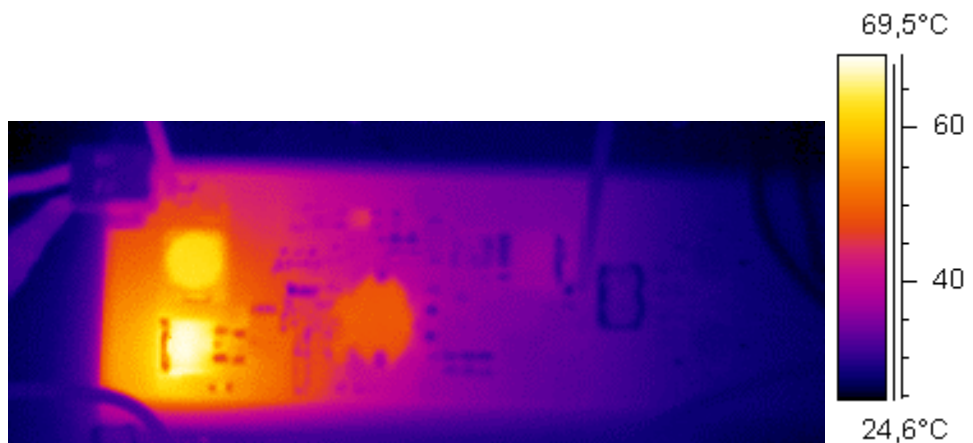
För att få en bra uppfattning över värmedistributionen i omvandlarna togs bilder, som presenteras nedan, med IR-kamera. Bilderna är tagna i rumstemperatur, med nominell inspänning och vid maxlast.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



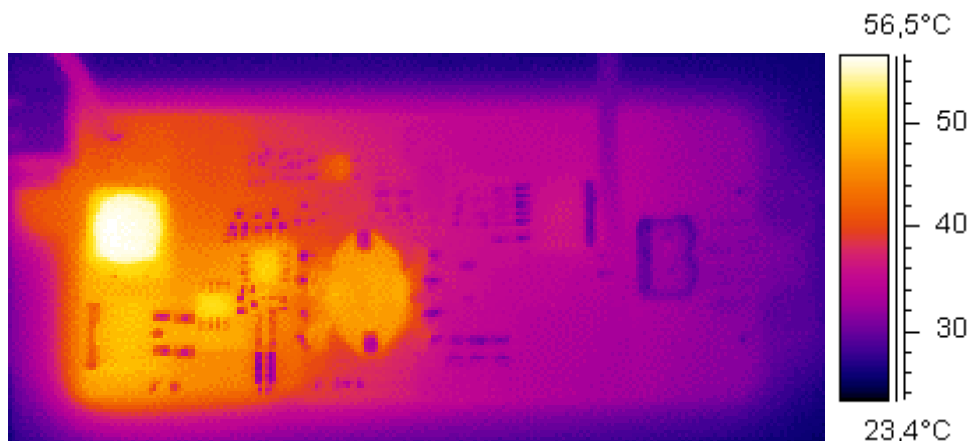
Figur 4.17 IR-bild över +7,3V-omvandlaren

Figur 4.17 visar en översikt över +7,3V-omvandlaren och som synes är det likriktningsdioderna som blir varmest med en temperatur på ca 63°C.



Figur 4.18 IR-bild över +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

För +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning blir, som synes i Figur 4.18, även här de varmaste komponenterna likriktningsdioderna, med en temperatur på ca 70°C.



Figur 4.19 IR-bild över +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Jämfört med omvandlaren med diodlikriktning i Figur 4.18 har +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning mindre värmeförluster (se Figur 4.19) med en maxtemperatur på ca 56°C, som återfinns i utgångsspolen. Likriktningstransistorerna har en temperatur på ca 51°C, vilket kan jämföras med 70°C i fallet med diodlikriktning och således ger de lägre värmeförlusterna upphov till den högre verkningsgraden hos omvandlaren med synkronlikriktning.

4.5 Kompletterande mätningar

4.5.1 Reglerloopsanalys

Ett bra sätt att åskådliggöra omvandlarnas regleregenskaper är att studera deras amplitud- och fasdiagram. Ur dessa kan amplitud- och fasmarginal samt bandbredd tas fram, vilka säger mycket om systemets dynamik och stabilitet. Detta har genomförts genom att koppla in en GNAT (General Network Analyzer Tool) i reglerloopen, som injicerar en störning och mäter vad som kommer tillbaka och på så sätt tas amplitud- och fasdiagram fram och presenteras grafiskt. GNAT-utrustningen beräknar även amplitud- och fasmarginal samt bandbredd. Resultatet från dessa mätningar kan ses i Appendix E där amplitud- och fasdiagram presenteras grafiskt. I Tabell 4.8 ges en sammanfattning av mätningarna.

Tabell 4.8 Sammanfattning av reglerloopsanalys

Omvandlare	Amplitudmarginal [dB]	Fasmarginal [°]	Bandbredd [kHz]
+7,3V	13,5	60,8	10,5
+3,3V med diodlikriktning	20,7	37,3	6,3
+3,3V med synkronlikriktning	18,6	41,6	6,8

4.6 Robusthet

Omvandlarnas konstruktion bygger på ett fåtal komponenter som därmed minskar komplexiteten och skapar en hög integrationsgrad. Detta ger upphov till tekniska fördelar då det är få saker som kan gå sönder samt att omvandlarna blir enkla att felsöka. Omvandlarna innehåller även flera skydd som ger en robust lösning. De inbyggda skydden kan sammanfattas i följande punkter:

- Kortslutningsskydd
- Ställbart över- och underspänningsskydd
- Ställbart strömbegränsningsskydd
- Termiskt skydd
- Inspänningen kan polvändas om en diod kopplas i serie med ingången (se förslag till fortsatt arbete)
- Open-loopskydd (ej verifierat)
- Inbyggd mjukstart (se förslag till fortsatt arbete)

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

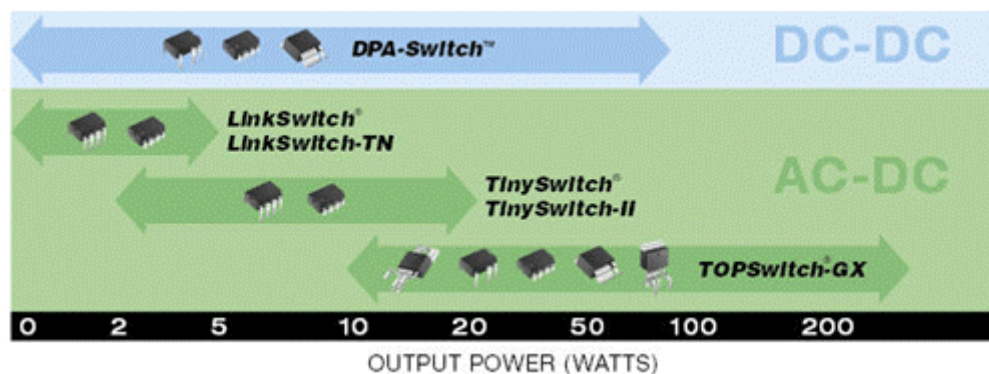
5 Utvärdering av leverantören Power Integrations INC

5.1 Allmän information

Power Integrations är ett amerikanskt företag med 290 anställda, grundat 1988 och besitter över 100 patent, vilket gjort de till ledande leverantör av integrerade kretsar som används i omvandlartopologier inom kraftelektroniken. PIs produktion är till största delen belagd i Asien. Tillverkning av kiselplattorna sker i Japan, Korea och Tyskland. Montering av kretsarna görs i Kina, Taiwan och Singapore. PI testar samtliga IC-kretsar i USA för att garantera en hög kvalitet på produkterna. 2003 fanns det över 1.5 miljarder IC-kretsar från PI i drift världen över och företagets intäkt var 127 miljoner dollar.

Ett switchat nätaggregat konstruerat med hjälp av PIs IC-kretsar kan innehålla upp till 70 % färre komponenter än en lösning baserad på diskreta komponenter, vilket gör lösningen mer kompakt, enklare att designa och tillverka, och mer tillförlitlig.

PI har en stor produktportfölj bestående av IC-kretsar som kan användas i AC/DC och DC/DC omvandlarapplikationer upp till 290 W respektive 100 W, se Figur 5.1.



Figur 5.1 Översikt, produktsortiment AC/DC, DC/DC

Detta breda användningsområde ger upphov till följande fyra huvudmarknader för PI:

- Konsument utgör 33 % av marknaden
 - Används i produkter som t ex DVD spelare, digital kameror och spelkonsoler.
- Kommunikation utgör 32 % av marknaden
 - Används i produkter som t ex mobiladdare, basstationer, VoIP, PoE, WAP och nätverksutrustning.
- Datorteknik utgör 22 % av marknaden
 - Används i produkter som t ex LCD-skärmar, persondatorer och servrar.
- Industrin utgör 9 % av marknaden
 - Används i produkter som t ex motorstyrning.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Många företag inom telekombranschen t ex Cisco, Proxim, Trapeze Networks, Acton, Filtronic Networks, Nokia Networks, ATL Telecom och Intel använder sig av PIs produkter i sina applikationer. Enligt Nokia Networks så sparar de mellan 5-8 € per kraftlösning jämfört med en lösning med diskreta komponenter.

EcoSmart™ är en patenterad teknologi, lanserad 1998 och finns i alla PIs IC-kretsar och denna uppfinning påstås ha sparat dagens konsumenter ca 900 miljoner dollar. Teknologin bygger på att vid tomgång så skall förluster minimeras i utrustning, t.ex. en mobiladdare som är inkopplad i väggen utan att ladda en mobiltelefon, skall ej bli varm.

5.2 Bemötande

Memec Unique (hädanefter refererat till som MU) heter det företag som säljer och erbjuder teknisk kompetens av PIs produkter i Sverige. Kontakten med Memec Unique har upprätthållits genom Fredrik Johansson Field Application Engineer och Mikael Källström Regional Sales Manager. De har varit tillmötesgående och positivt inställda till projektet. När frågor och brist på information uppstått under projektets gång har de bistått med hjälp. Vid tveksamheter och frågor som de inte kunna besvara har dessa vidarebefordrats till PIs för att få klarhet i problemen. MU har bistått med dokumentation och prototyper baserade på DPA-switchen samt tillhandahållit extra utrustning som t ex extra DPA-switchar när behov uppstått. Kommunikationen med MU har bedrivits mestadels över e-mail och telefon men även möte på Ericsson har förekommit.

Under examensarbetets gång började Fredrik Johansson på Power Integrations i England, men har fortsatt att vara kontaktperson.

5.3 Svarstider

Med svarstid avses den tid det tar från att en fråga, teknisk eller annan, har besvarats. Under detta projekts gång har direktkontakten hållits med PIs Sverigerepresentant Memec Unique och då i synnerhet med en av dess applikationsingenjörer. Beroende på typen av fråga, blir svarstiderna varierande. Om frågan är av enklare teknisk natur är svarstiden kort och ligger mellan 0-2 dagar. Är frågan mer komplex tar det givetvis längre tid då applikationsingenjör måste vidarebefordra frågan till PI eller annan instans inom Memec Unique. Samma sak gäller då frågan är av icketeknisk natur, såsom ekonomiska och kostnadsrelaterade frågor, eftersom det i vissa fall ligger utanför applikationsingenjörrens ansvarsområde och denne inte besitter denna information. För frågor som vidarebefordrats till PI är svarstiden ca 2-4 dagar. Svarstiden efter Fredrik Johanssons flytt har ej påverkats avsevärt.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

5.4 Teknisk kompetens

Även om den tekniska dokumentationen är god krävs en stor teknisk kompetens av applikationsingenjörerna på PI för att täcka de frågor som inte tas upp i dokumentationen. Fredrik Johansson har under arbetets gång tillhandahållit ett gott tekniskt stöd. I och med hans flytt till PI i England har avståndet till andra personer, med för examensarbetet relevant kompetens, kortats vilket har resulterat i fler förslag på lösningar till de problem som uppstått. PI besitter generellt sett en stor kompetens när det gäller strömförsörjning och har ett genomarbetat kundstöd, eftersom majoriteten av företagets kunder ej har strömförsörjning som huvudaktivitet och därför ej besitter stor kompetens inom detta område.

5.5 Dokumentation och verktyg

5.5.1 Dokumentation

Power Integration tillhandahåller flera typer av dokumentation för att underlätta designarbetet med DPA-switcharna. Allt finns tillgängligt på företagets hemsida, men kan även beställas vid behov. Dokumentationen kan kategoriseras enligt följande:

- **PI FACTS™** - Detta är ett litet sökverktyg för att snabbt identifiera den switch som kunden behöver för sin applikation.
- **Data Sheets** – Som namnet indikerar är det frågan om datablad för företagets produkter och innehåller all nödvändig information om användandet av dessa, t.ex. blockdiagram, funktionsbeskrivning och konfigurering. Även typiska prestandakarakteristika presenteras.
- **Application Notes (AN)** - Dokument som behandlar generiska, ej applikationsspecifika designfrågor rörande konstruktioner med företagets produkter och är främst riktat till systemingenjörer och kretskonstruktörer. Behandlar frågor såsom komponentval, transformatordesign, olika likriktningstopologier och PCB-layout.
- **Design Examples** – Denna kategori kan delas upp i tre delar:
 - **Design Example Reports (DER)** – Rapporter som redogör för praktiska tillämpningar av företagets produkter. Varje DER utgör en specifik tillämpning och innehåller designspecifikation, kretsschema, komponentlista, transformatordokumentation och PCB-layout. Eftersom dessa konstruktioner har byggts och testats i lab, finns plottar och data över bl.a. effektivitet, ström- och spänningsrippel och andra kurvformer.
 - **Design Ideas (DI)** – Tvåsidigt dokument som kort beskriver en specifik applikation och innehåller vissa designpunkter.
 - **Engineering Prototype Report (EPR)** – Samma som DER, med skillnaden att EPR:en följer med ett prototyppaket kallat DAK (se 5.5.2).

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

5.5.2 Verktyg

En viktig del i designprocessen, förutom dokumentation, är verktyg som underlättar och effektiviserar arbetet. PI tillhandahåller två kategorier verktyg:

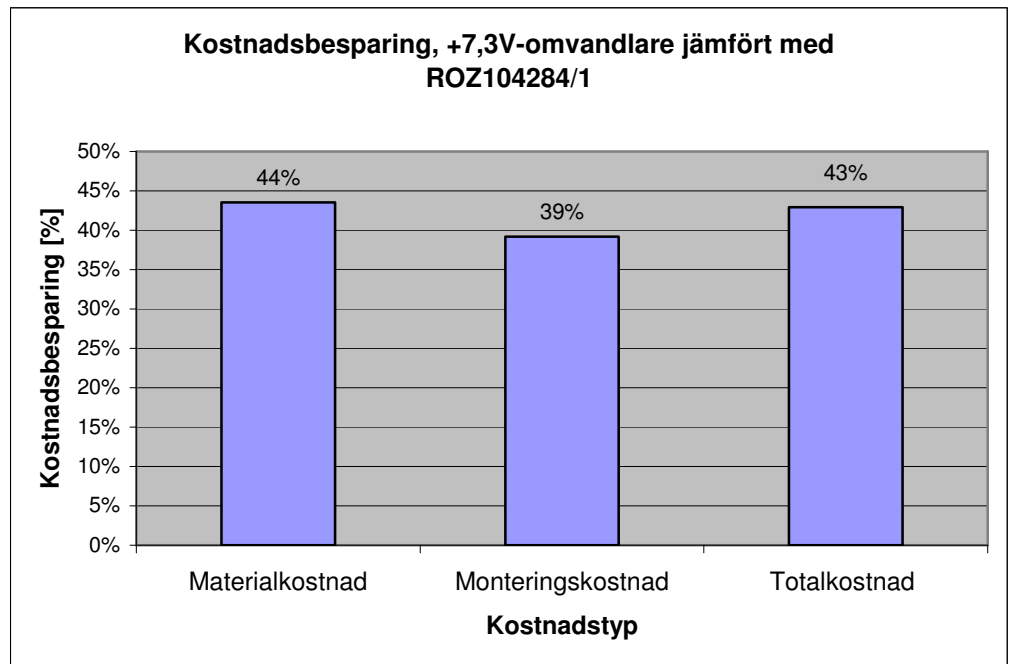
- **Reference Designs** – PI har ett antal referensdesigner kallade Design Accelerator Kits (DAK) vilka utgörs av en EPR med medföljande fungerande prototypomvandlare avsedd för testning och mätning, samt ett PCB utan komponenter för eget laborerande.
- **Design Software** – För att göra designarbetet snabbare har PI tagit fram datorprogrampaketet PI Expert™ Design Software Suite vilket utgörs av tre delprogram:
 - **PI Expert** – Ett interaktivt program där användaren anger en designspecifikation och sedan tar programmet automatiskt fram kritiska komponentdata, inklusive transformatorspecifikation. Programmet optimerar även lösningen med avseende på antingen kostnad eller effektivitet. Vissa värden kan ändras manuellt, och programmet varnar vid olämpliga val. Om så önskas kan även en tabell över viktiga data genereras med bl.a. transformatordata.
 - **PI Xls Designer** – En förenklad version av PI Expert där designspecifikationen skrivs in i ett Excel-liknande kalkylblad och där resultatet sedan ses direkt. I detta program finns även nya komponenter som ännu inte har inkorporerats i PI Expert.
 - **PI Transformer Designer** – Detta program tar data från en design skapad med PI Expert och genererar en mer komplett transformatorspecifikation, innehållandes bl.a. area på lindningsledare, lindningslayout samt information om kärnan och bobinen.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6 Ekonomisk utvärdering

6.1 +7,3V-omvandlare

6.1.1 Material- och monteringskostnader

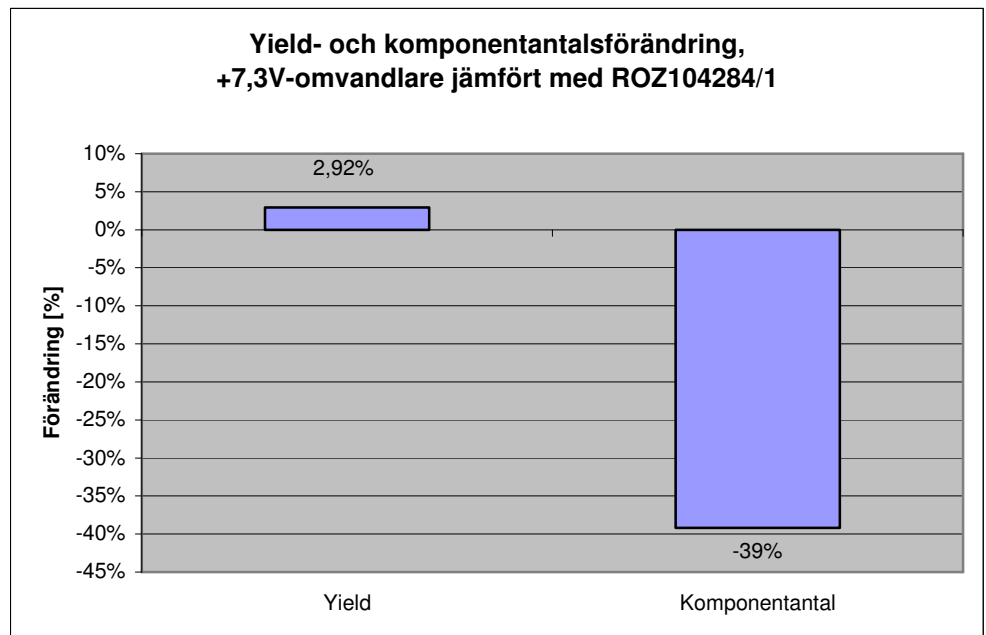


Figur 6.1 Kostnadsbesparing, +7,3V-omvandlare jämfört med ROZ104284/1

I Figur 6.1 presenteras kostnadsbesparingen i materialkostnader och monteringskostnader för +7,3V-omvandlaren. Materialkostnaden minskar med 44 % och det kan hänföras till det faktum att ett stort antal komponenter försvinner i den nya konstruktionen samt att den befintliga omvandlaren har ett par dyra kondensatorer i ingångsfiltret. Det minskande antalet komponenter reflekteras också i att monteringskostnaden minskar med 39 %. Totalkostnadsbesparingen för den nya konstruktionen i avseende på material- och monteringskostnad summeras till 43 %.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6.1.2 Yield- och komponentantalsförändring



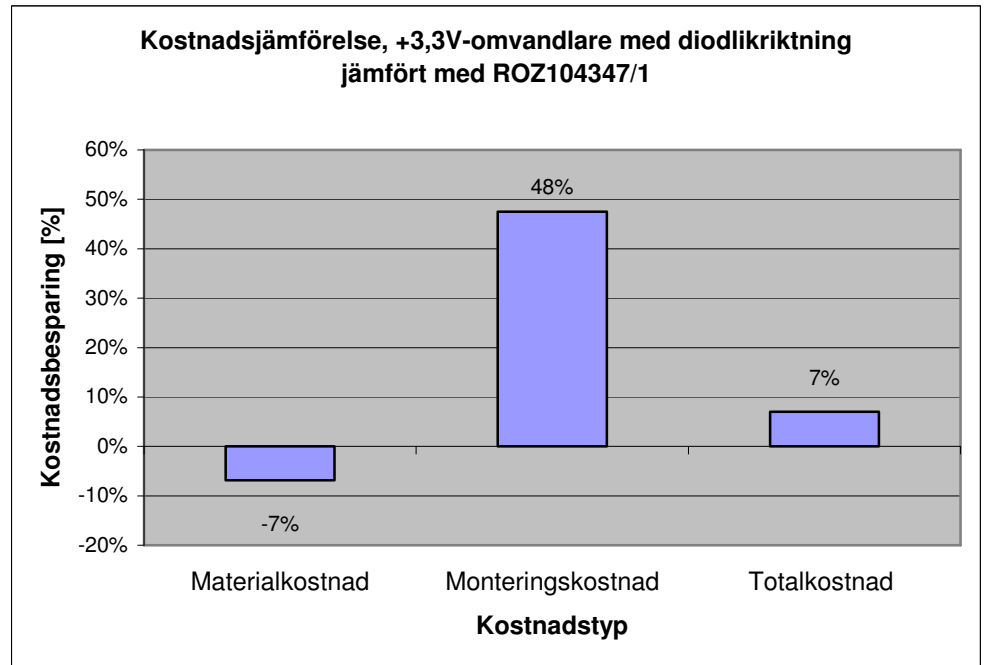
Figur 6.2 Yield- och komponentantalsförändring, +7,3V-omvandlare jämfört med ROZ104284/1

I Figur 6.2 redovisas förändringen i avseende på yield och komponentantal. Den ökande yelden på 2,92 % motsvarar ca 3000 färre felaktigt monterade kretskort/år. Komponentantalet minskar med 39 % och anledningen till detta är att DPA-switchen innehåller funktioner, som i den befintliga konstruktionen kräver ett antal diskreta komponenter för att realisera.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6.2 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning

6.2.1 Material- och monteringskostnader

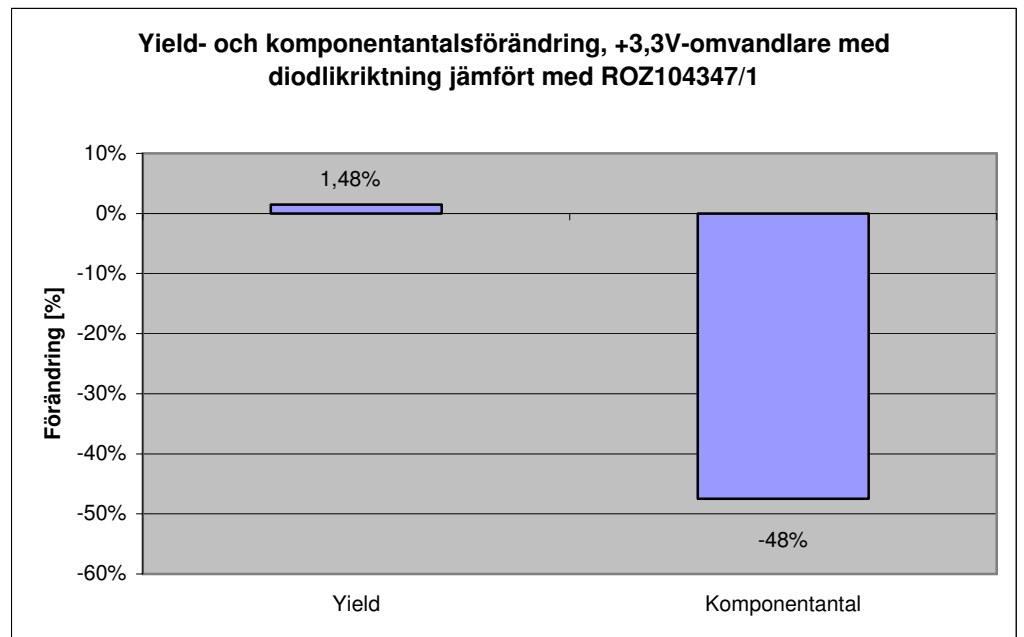


Figur 6.3 Kostnadsjämförelse, +3,3V-omvandlare med diodlikriktning jämfört med ROZ104347/1

Materialkostnaden för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning ökar med 7 %, och monteringskostnaden minskar med 48 % jämfört med den befintliga lösningen. Sammantaget uppgår den totala kostnadsbesparingen till 7 % på grund av att monteringsbesparingen överstiger materialkostnadsökningen, vilket kan beskådas i Figur 6.3.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6.2.2 Yield- och komponentantalsförändring



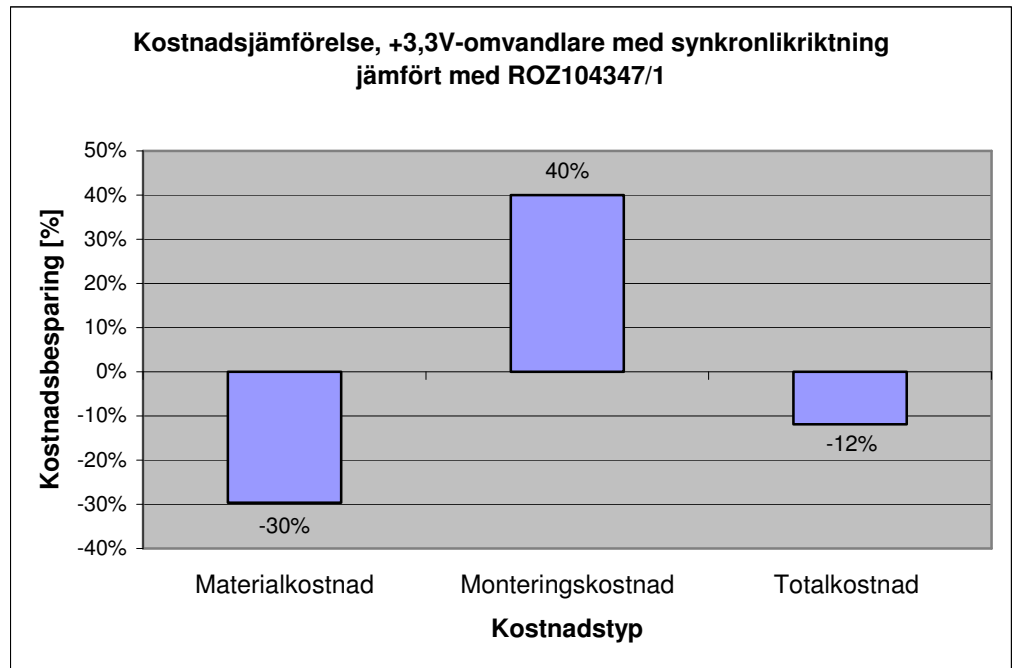
Figur 6.4 Yield- och komponentantalsförändring, +3,3V-omvandlare med diodlikriktning jämfört med ROZ104347/1

I Figur 6.4 presenteras att yelden stiger med 1,48 %, då komponentantalet minskar med 48 %, vilket medför ca 1500 färre kretskort med felaktigt monterade komponenter/år.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6.3 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

6.3.1 Material- och monteringskostnader

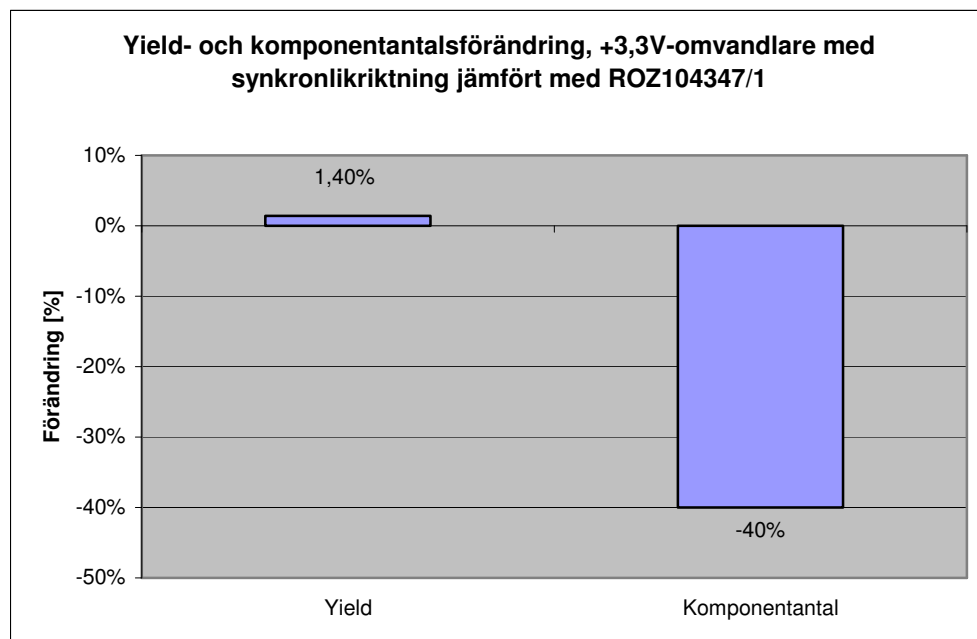


Figur 6.5 Kostnadsjämförelse, +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning jämfört med ROZ104347/1

Som synes i Figur 6.5 så ökar materialkostnaden med 30 %, vilket kan hänföras till dyra likriktningstransistorer samt låg materialkostnad för den befintliga konstruktionen. Monteringskostnadsbesparingen uppgår till 40 % på grund av det minskade antalet komponenter i den nya konstruktionen. Priset för ökad verkningsgrad ger upphov till att totalkostnaden för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning stiger med 12 % med avseende på material- och monteringskostnad.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

6.3.2 Yield- och komponentantalsförändring



Figur 6.6 Yield- och komponentantalsförändring, +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning jämfört med ROZ104347/1

I Figur 6.6 presenteras att yelden stiger med 1,40 %, då komponentantalet minskar med 40 %, vilket medför ca 1400 färre kretskort med felaktigt monterade komponenter/år.

6.4 Ytterligare ekonomiska aspekter

Utöver ovan nämnda ekonomiska faktorer finns det ytterligare aspekter att beakta som är av ekonomiskt intresse. DPA-switchens höga integrationsgrad förenklar konstruktionsarbetet och därmed förkortas produktens TTM, vilket skapar konkurrensfördelar då marknadsandelar tidigt kan säkras. Eftersom konstruktionsarbetet för omvandlarna har tagit mindre än tjugo veckor att genomföra, vilket kan anses vara en kort tid, kommer även konstruktionskostnaden att minska. Den höga integrationsgraden gör även omvandlarna enklare att hantera i produktion samt att felsöka, vilket minskar omkostnaderna. Skalbarheten skapar en bred omvandlarplattform som är mer flexibel än en modullösning. Den ökade verkningsgraden för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning ger upphov till konkurrensfördelar då den skapar ett mervärde för kunden i form av sparade kWh. Behovet att kyla utrustning minskar med ökad verkningsgrad och därmed kompenseras kostnadsökningen med minskade kylningskostnader. Ett "grönt pr-värde" kan i framtiden komma att vara betydelsefullt eftersom mer och mer fokus riktas mot energibesparing. Eftersom PI är ensam tillverkare av DPA-switchen så blir komponenten singel source, dvs. den har bara en leverantör, vilket är en nackdel. Det är viktigt att en komponents tillgänglighet är hög, något som säkerställs med fler leverantörer av samma eller likvärdig komponent.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

7 Business Case

För mera detaljerade siffror gällande detta Business Case så hänvisas till [13].

7.1 Business Case: +7,3V-omvandlare

Resultat:

- Kostnadsbesparing för ny omvandlare **3 500 000 SEK** (45 %)

7.2 Business Case: +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

Resultat:

- Kostnadsökning för ny omvandlare **400 000 SEK** (9 %)

7.3 Business Case: +3,3V-omvandlare med diodlikriktning

Resultat:

- Kostnadsbesparing för ny omvandlare **600 000 SEK** (12 %)

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

8 Förslag till fortsatt arbete

- Minska materialkostnaden för +3,3V-omvandlaren genom att ersätta DPA-switchen med varianten DPA423 och kapseltypen SMD-8. Denna modifikation skulle ge en besparing på 2,8 SEK men ge en negativ effekt på verkningsgrad och kylning.
- Avlägsna alla onödiga komponenter i kretsschemat samt minimera arean på layouten för +3,3V-omvandlaren. Placera en kondensator på 200 nF parallellt med R114 för att ytterligare reducera utspänningsripplet och översvängningen vid steglaster.
- Modifiera kretsschemat och layout för +7,3V-omvandlaren genom att byta R204 från 15 kΩ till 8,2 kΩ samt placera en kondensator på 200 nF parallellt med R217. Ta bort komponenterna R218 och R219 från lösningen.
- Då +3,3V-omvandlaren överskrider kravet på säkerhetsmarginalkorrigeringen för dioden V104 bör den ersättas med en diod som klarar 100 Volt.
- Flytta kondensatorn C103 så nära som möjligt C-pinnen och S-pinnen för att reducera störningar i fallet med +3,3V-omvandlaren.
- För att klara EMC-kraven för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning bör induktansen på CM/DM-drosseln L10 ökas.
- Testköra +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning med switchfrekvensen 400 kHz.
- I fallet med synkronlikriktning ersätta den dubbla dioden V102 med en enkeldiod som därmed minskar materialkostnaderna och ger en mindre omvandlare.
- Analysera reglerloopen mer för att få bort den överlagrade oscillationen på utspänningsripplet.
- Modifiera det partiella jordplanet genom att ta bort jordplanet under DPA-switchen.
- Undersöka hur kondensatorn som sitter parallellt med shuntregulatorn påverkar översvängningen på utspänningen vid uppstart.
- Verifiera att open-loopskyddet fungerar samt testa att öka temperaturen i temperaturkammaren för att se vad som händer med omvandlaren.
- Minska höjden på omvandlarna genom att undersöka möjligheten att ersätta den befintliga transformatorn med en planartransformator.
- Utvärdera PI nya kapseltyp W-Package som har en lägre bygghöjd, lägre termisk resistans och är RoHS kompatibel.
- Byta storlek på DPA-switchen för att utvärdera andra effektklasser.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

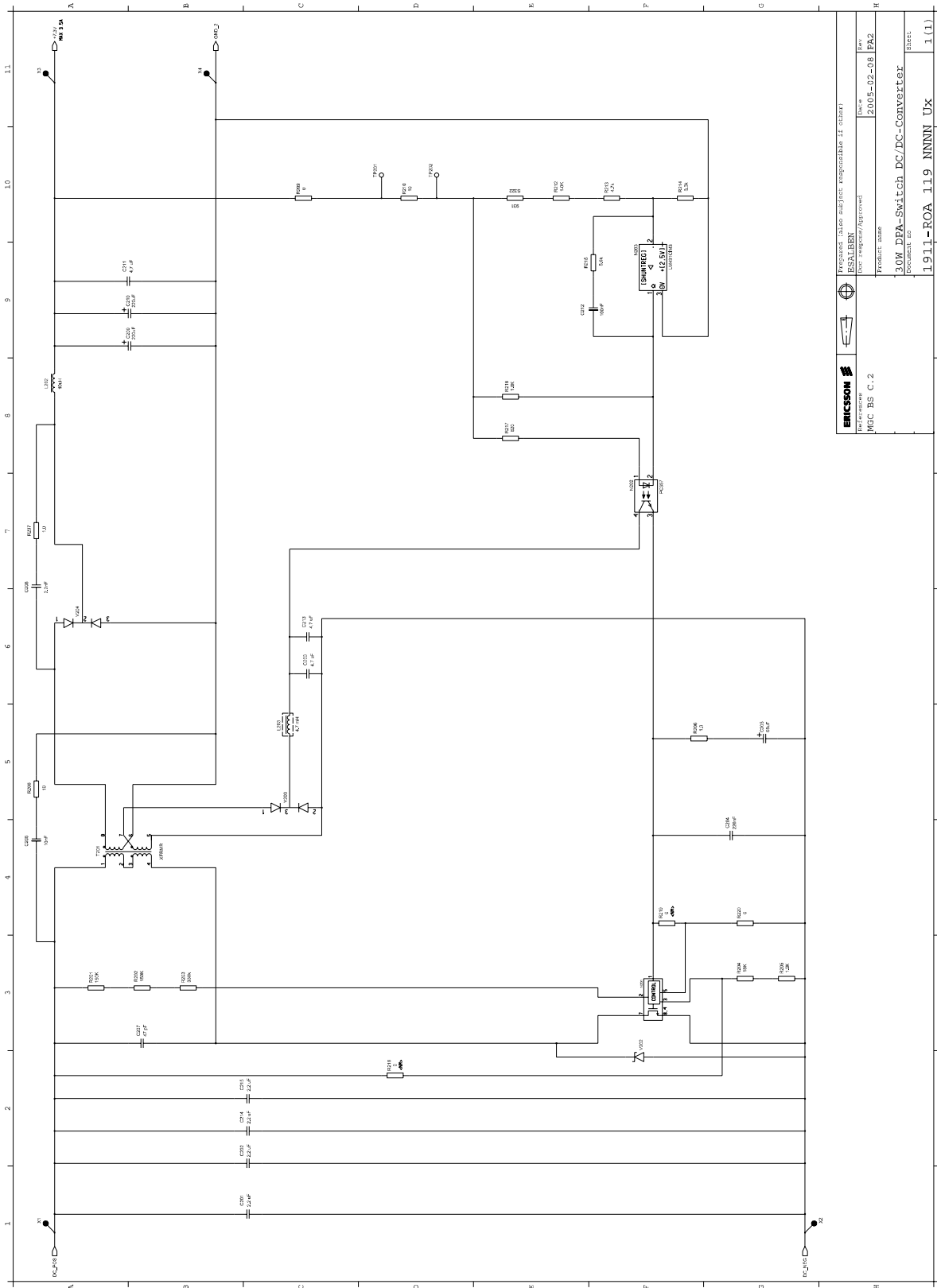
Referenser


- [1] George Eckes, 2003, *Six Sigma for Everyone*, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-28156-5
- [2] EMW/FS-02:029 Uen
Definitions for Power Specifications
- [3] 3/102 60-1/CSH 109 32/1
ML-TN: FA General: EMC Basic Requirement for XF NE on Board Level
- [4] EMW 1080-1000 Rev. G
Derating Guidelines for Electronic Components
- [5] 102 62-ROZ 104 284/1
Design Specification for ROZ 104 284/1
- [6] 102 62-ROZ 104 347/1
Design Specification for Wide Range Power on NPU2
- [7] 1911-ROZ 104 284/1 Uen
Circuit Diagram Power Block 48/8V
- [8] 1911-ROZ 104 347/1
- [9] 1/131 30-FEA 202 254
Preferred Parts List – FS
- [10] <http://ecos.ericsson.se:25280/emwportal/>
EMW Component Technology
- [11] 1301-REG 546 2007
Product Specification for Transformer
- [12] 1301-REG 546 2008
Product Specification for Transformer
- [13] EMW/DD/K-05:015
Business Case för examensarbetet DC/DC-omvandlarplattform med DPA-switch för telekomprodukter

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Appendix A Kretsschema

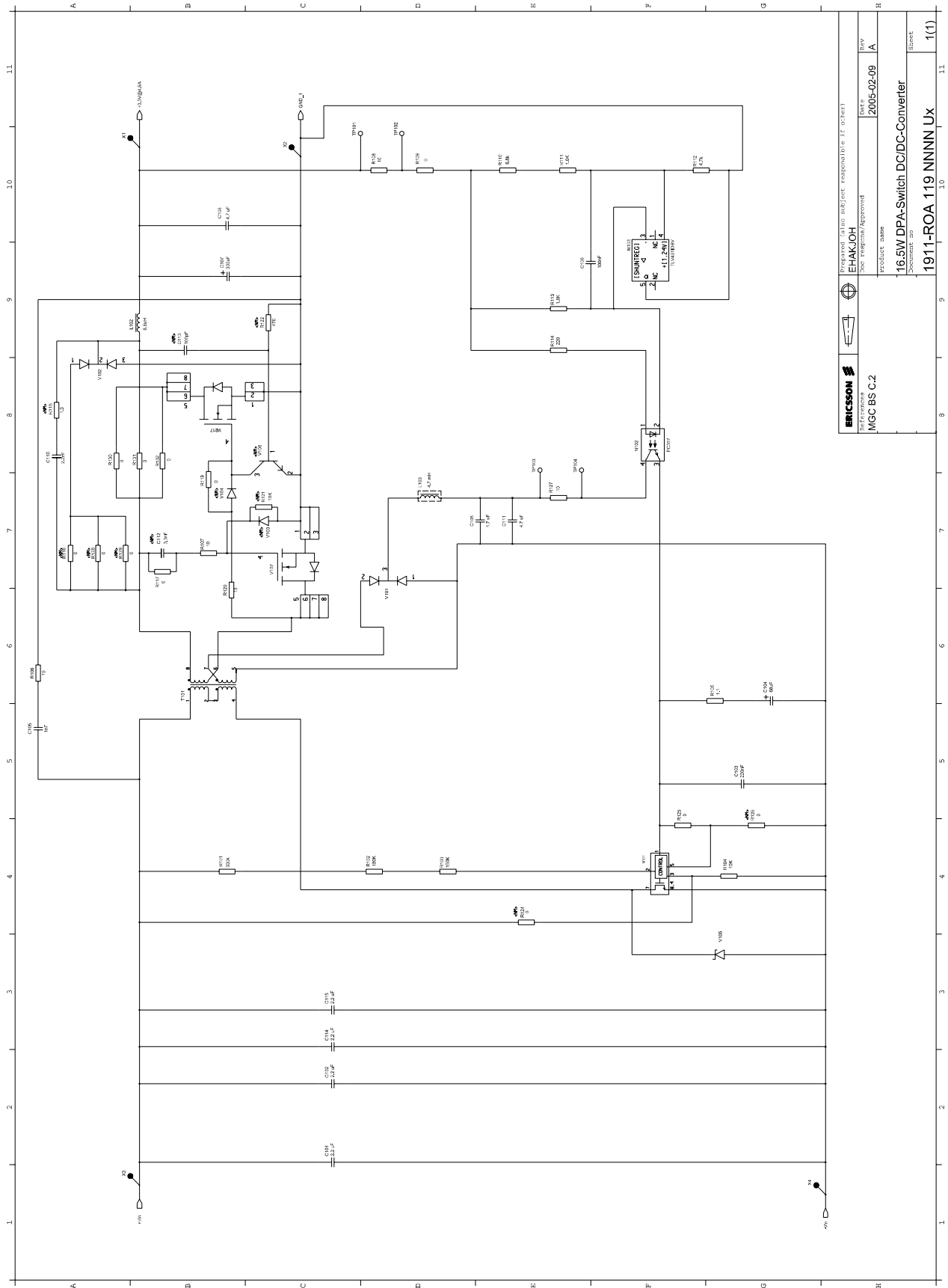
Kretsschema för +7,3V-omvandlare



		Prepared (also subject responsible if other) BSA/LBEN Not Registered/Approved Date: 2005-02-08 Rev: PA2	
MGC BS C.1.2		Product name 3.0W DPA-Switch DC/DC-Converter (Pre-serial)	
1911-ROA 119 NNNN UX		Sheet: 1 (1)	

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv	
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A
		Reference	

Krettschema för +3,3V-omvandlare

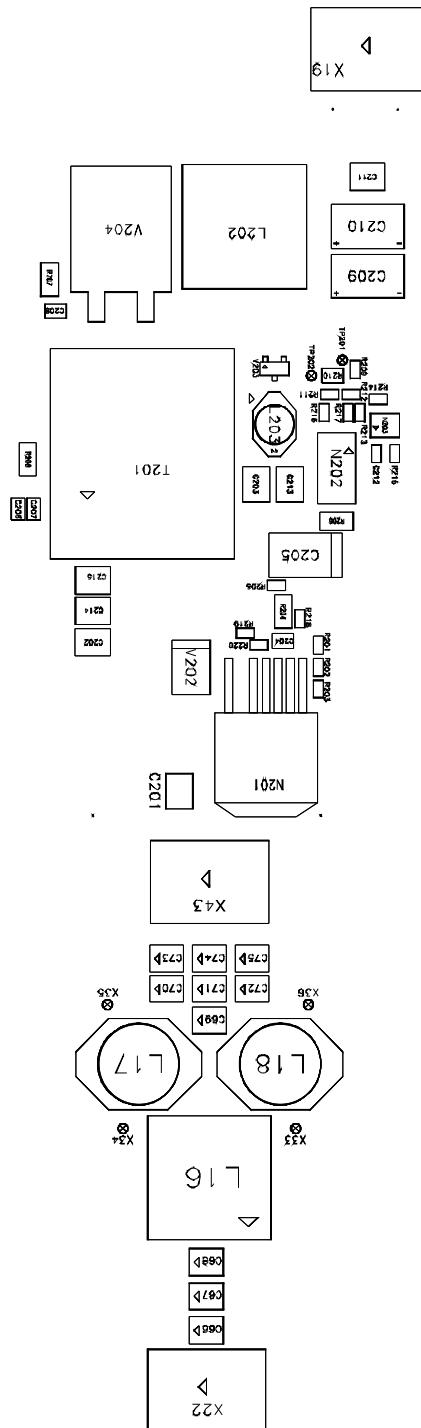


ERICSSON		Prepared (also subject responsible if other) EHAKJOH	
MGC BS C.2		Doc. Insp./Approved	
		Date	
		2005-02-09	
		Rev	
		A	
		Product name	
		16.5W DPA-Switch DC/DC-Converter	
		Document no	
		1911-ROA 119 NNNN LX	
		Sheet	
		1 (1)	

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

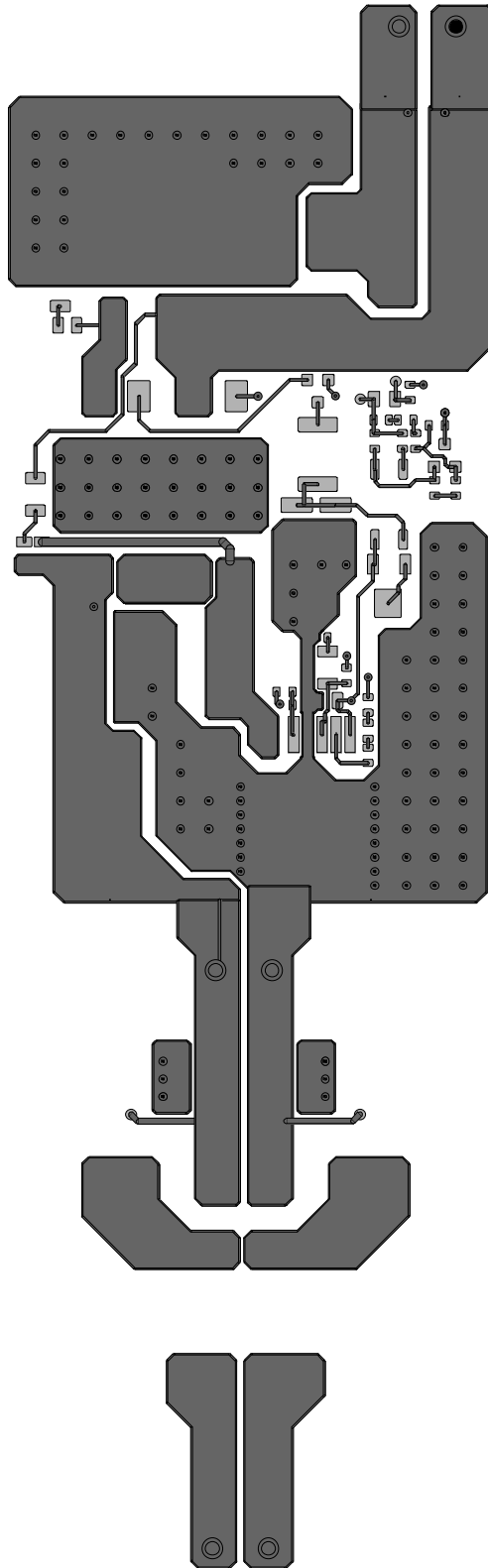
Appendix B Layout och PCB-lagerbeskrivning

Layout och PCB-lagerbeskrivning för +7,3V-omvandlaren



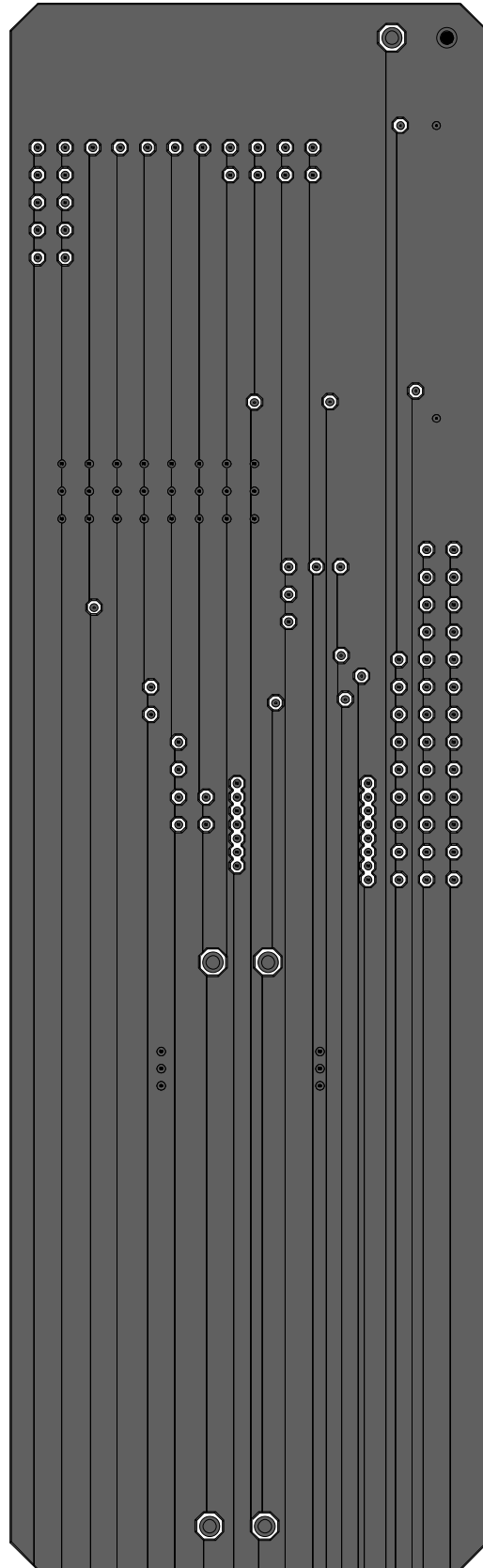
Figur B 1 +7,3V-omvandlare komponentplacering

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



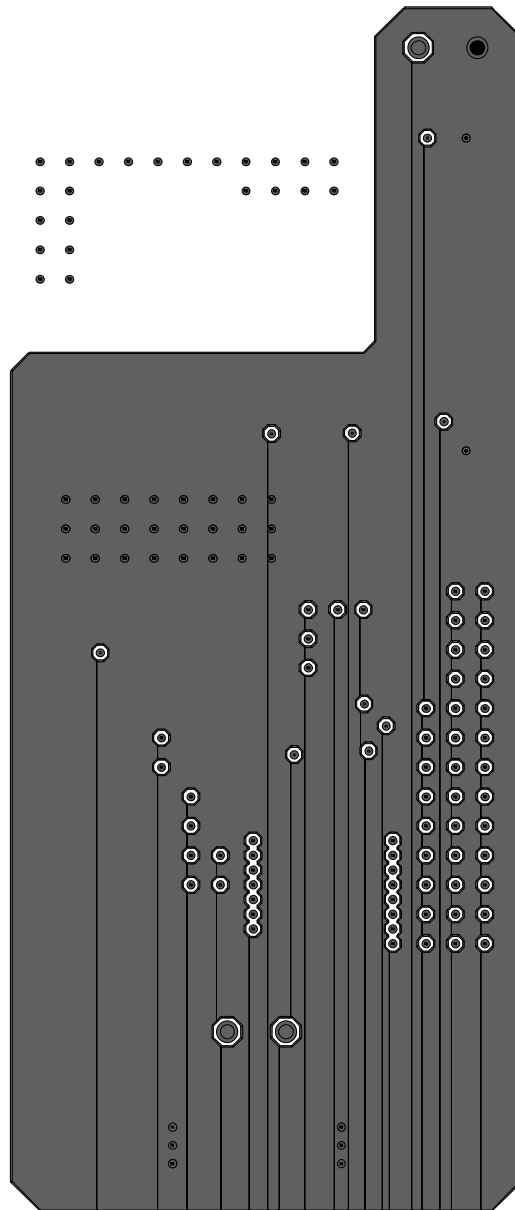
Figur B 2 +7,3V-omvandlare lager 1 kraft- och signalbanor

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



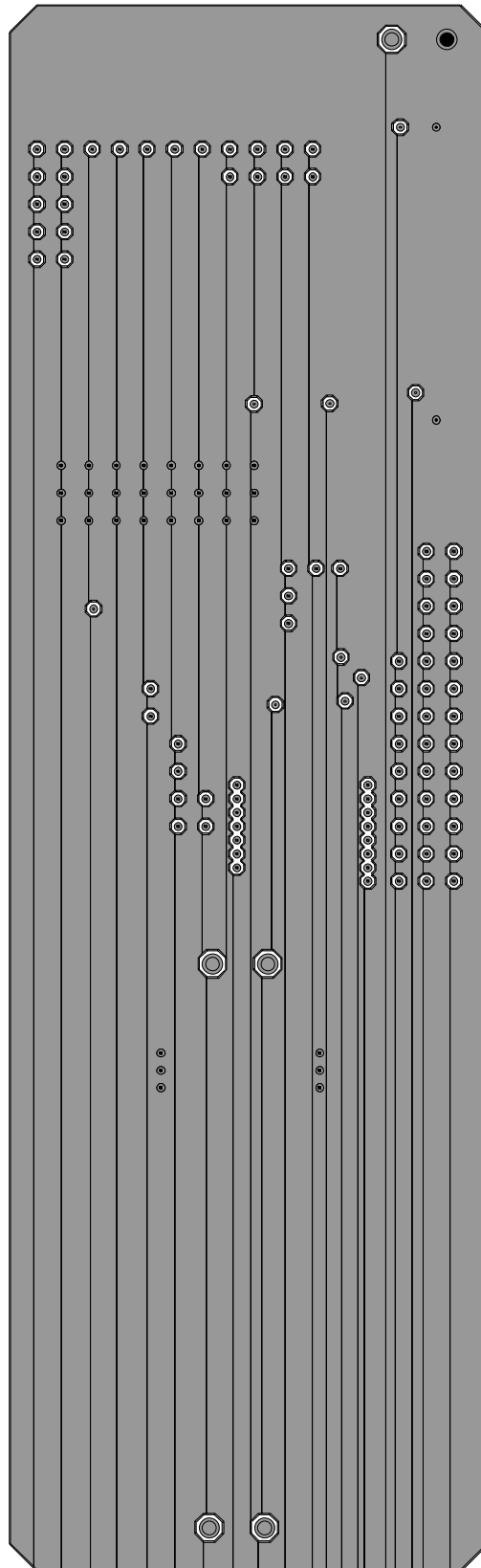
Figur B 3 +7,3V-omvandlare lager 2 helt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



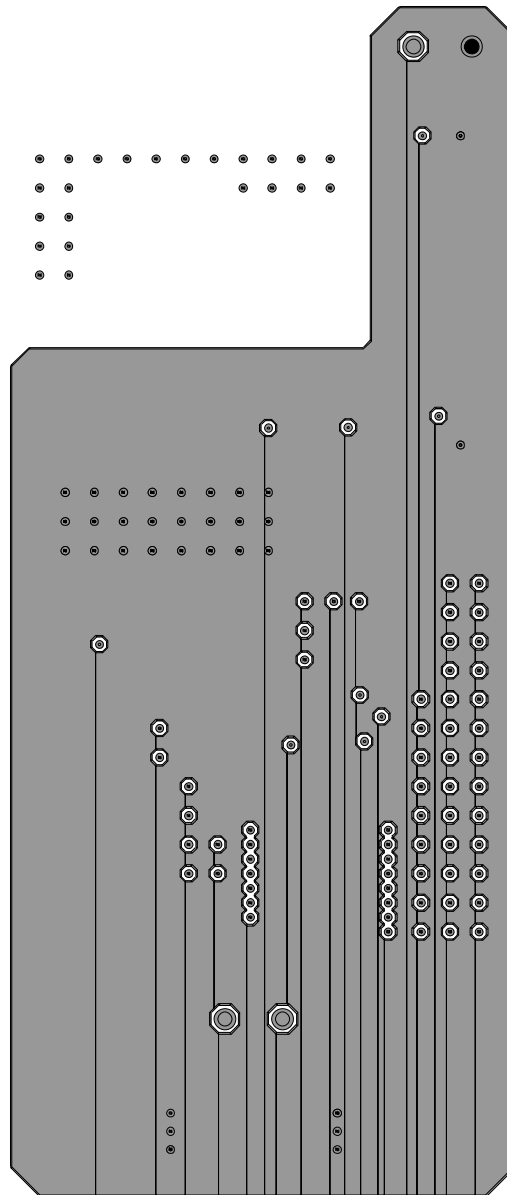
Figur B 4 +7,3V-omvandlare lager 2 partiellt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



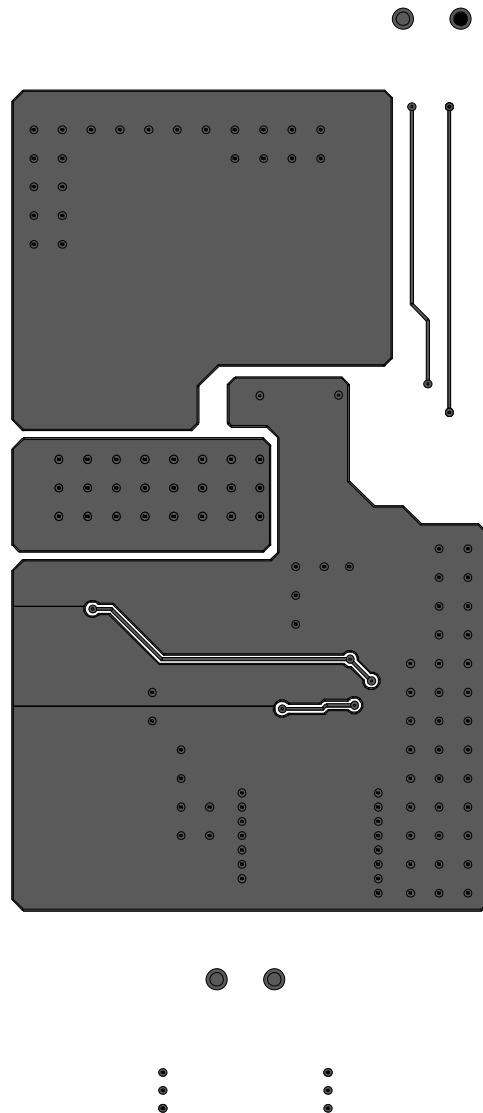
Figur B 5 +7,3V-omvandlare lager 3 helt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur B 6 +7,3V-omvandlare lager 3 partiellt jordplan

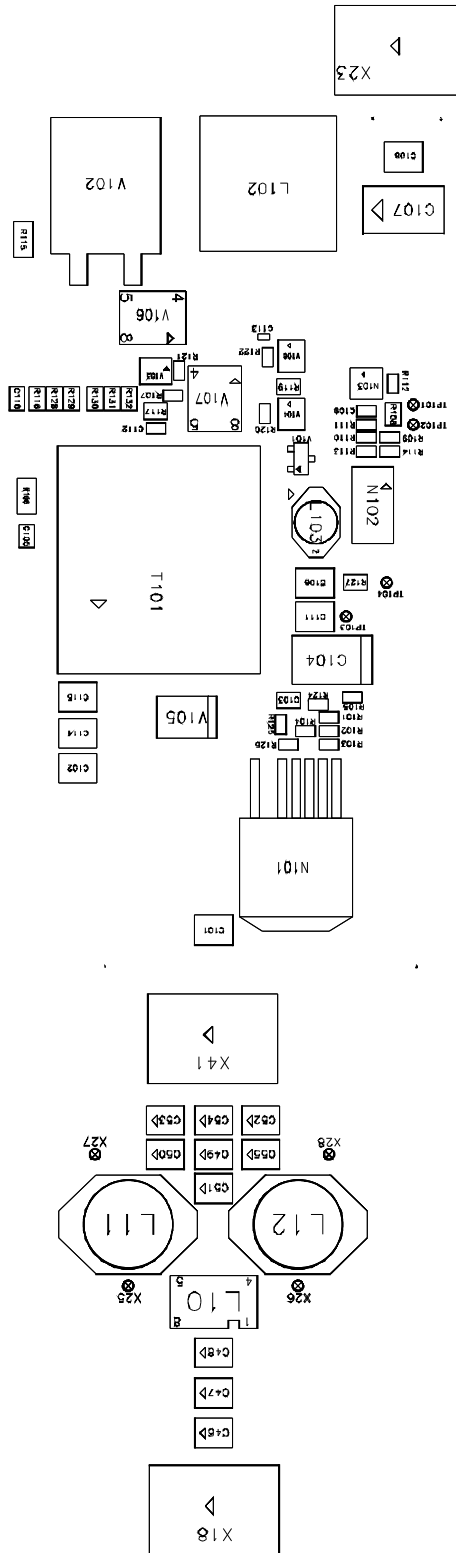
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur B 7 +7,3V-omvandlare lager 4 kraft- och signalbanor

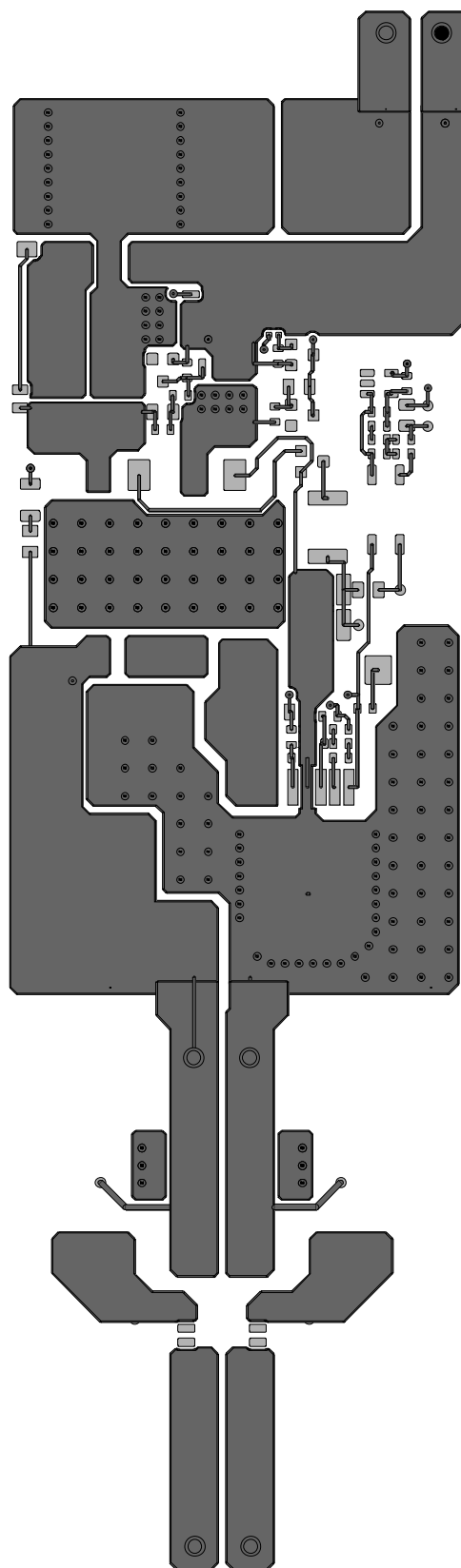
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Layout och PCB-lagerbeskrivning för +3,3V-omvandlare med synkron- och diodlikriktning



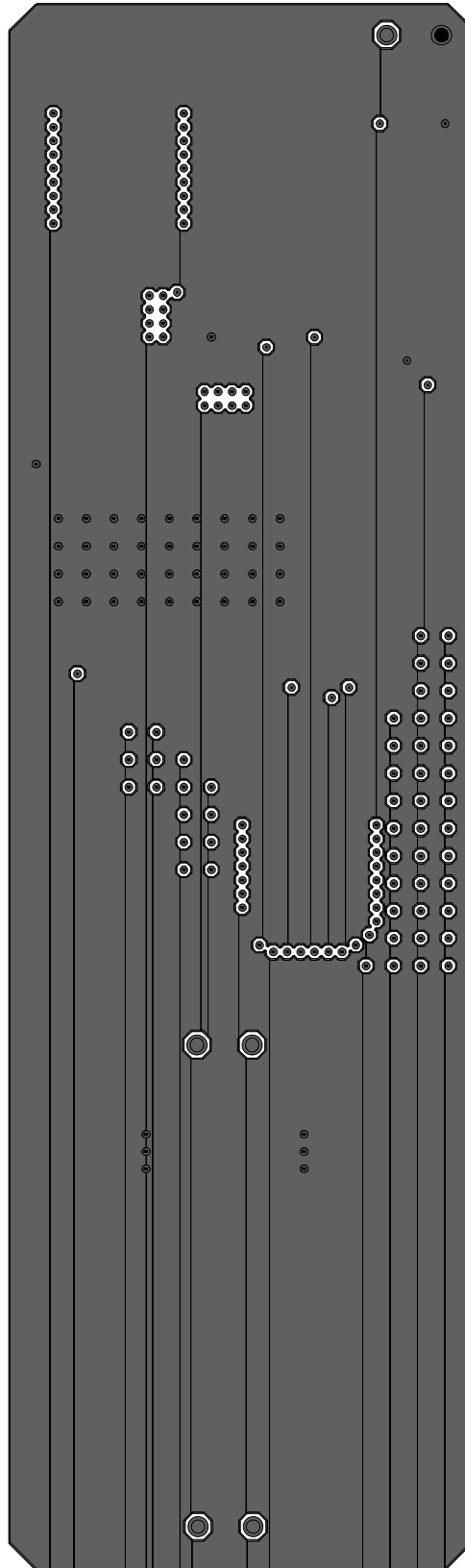
Figur B 8 +3,3V-omvandlare komponentplacering

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



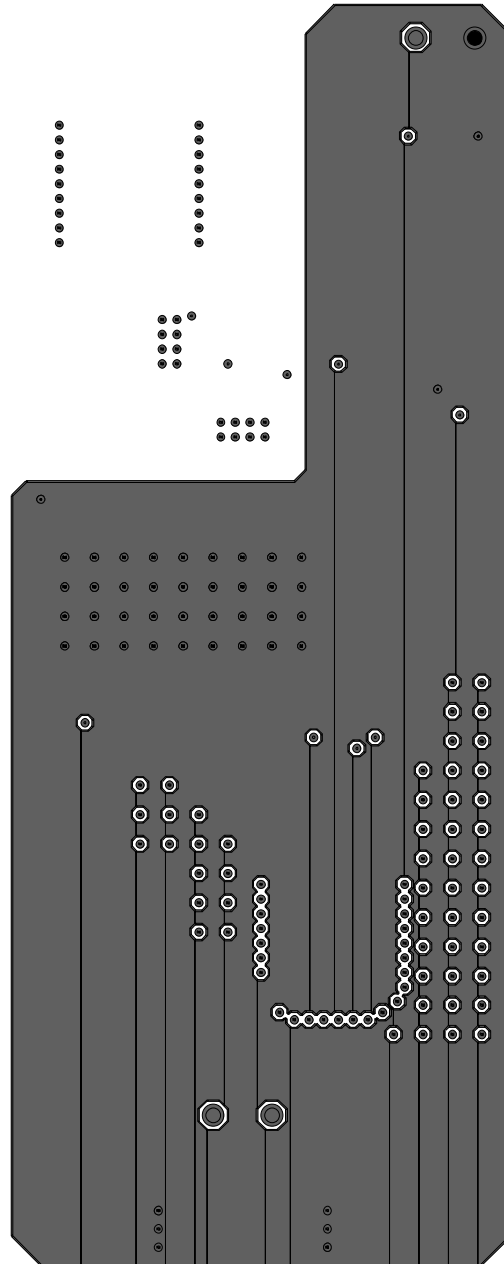
Figur B 9 +3,3V-omvandlare lager 1 kraft- och signalbanor

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



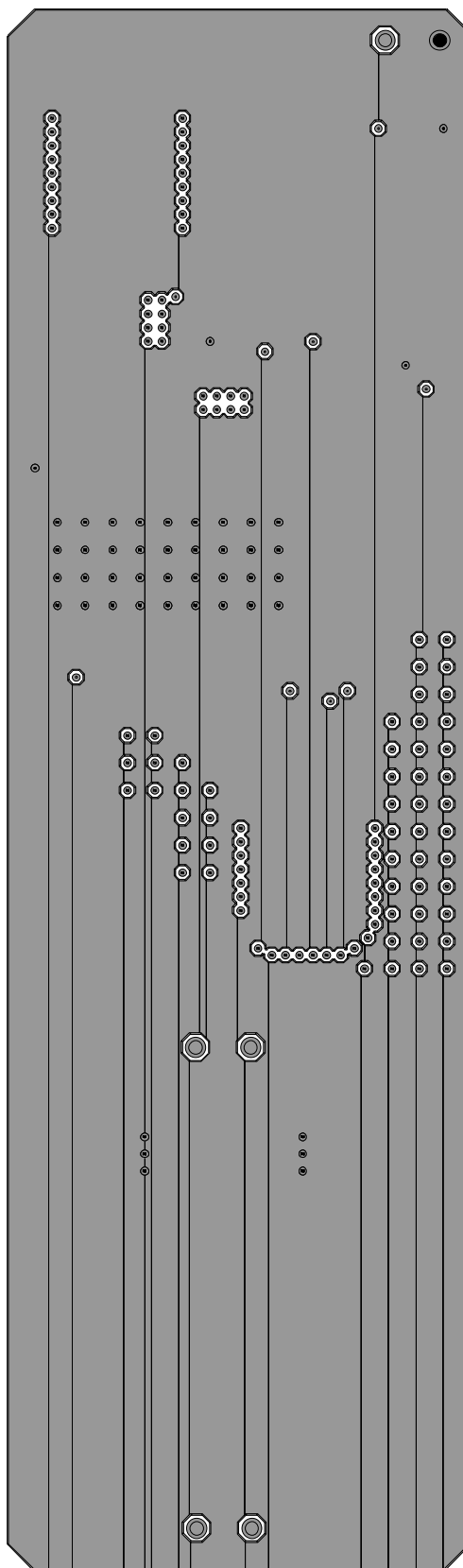
Figur B 10 +3,3V-omvandlare lager 2 helt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



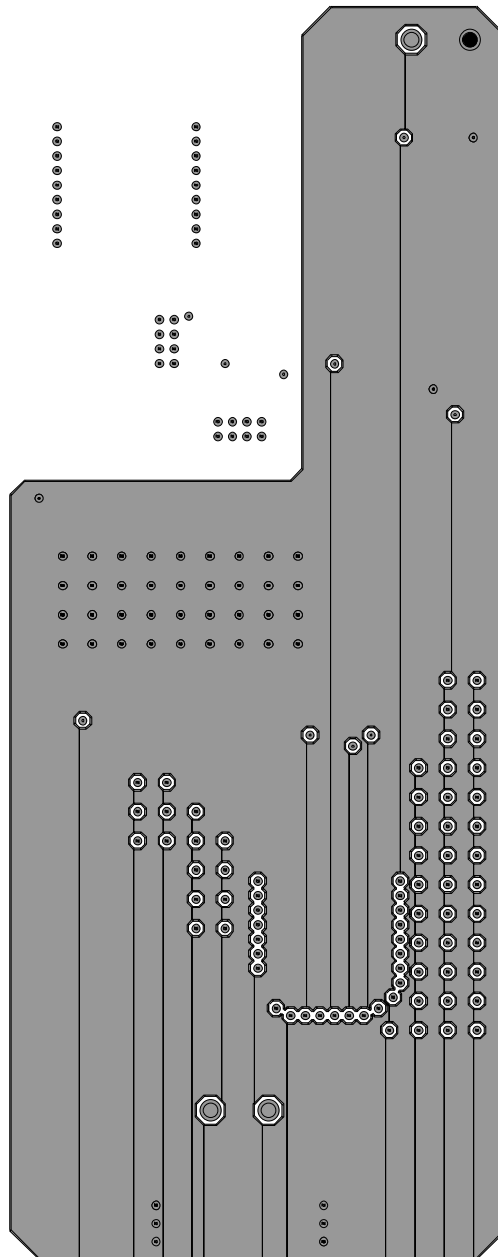
Figur B 11 +3,3V-omvandlare lager 2 partiellt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



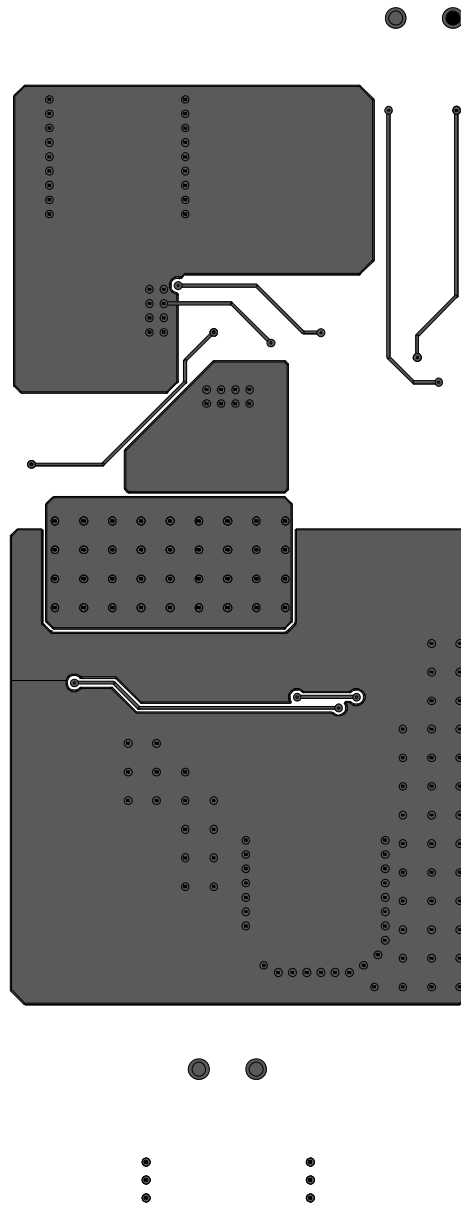
Figur B 12 +3,3V-omvandlare lager 3 helt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur B 13 +3,3V-omvandlare lager 3 partiellt jordplan

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur B 14 +3,3V-omvandlare lager 4 kraft- och signalbanor

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Appendix C Säkerhetsmarginalkorrigerig (Derating)

I Tabell C 1 presenteras säkerhetsmarginalkorrigeringen för +7.3V-omvandlaren. I de fall Komponenter har samma produktnummer redovisas den med högst uppmätt värde.

Tabell C 1 Säkerhetsmarginalkorrigerig för +7,3V-omvandlare

Positionsnummer	Prod. nr.	Märkdata [V]	Korrigeringsfaktor	Korrigerat värde [V]	Max spänning [V]	Märkdata [A]	Korrigeringsfaktor	Korrigerat värde [A]	Max ström [A]
Kondensatorer									
C201	RJC5443 077/22	100	60 %	60	60				
C203	RJC4643 577/47	50	60 %	30	13,9				
C204	RJC4643 246/22	25	60 %	15	5,81				
C205	RJE5843 208/68	20	80 %	16	5,81				
C206	RJC5443 575/1	100	60 %	60	26				
C207	RJC5434 582/47	200	60 %	120	110				
C208	RJC4634 044/22	50	80 %	40	7,5				
C209	RJE3762 103/22L	10	80 %	8	7,5				
C212	RJC4643 036/1	16	60 %	9,6	2,63				
Spolar									
L202	REG7245 322/1					5,4	80 %	4,3	3,5
L203	REG7242 84/47					0,06	80 %	0,048	0,0037
Dioder									
V202	RKZ2236 15/5	243	75 %	182	110	50	50 %	25	
V203	RKZ1230 3/3	70	75 %	52,5	50	0,2	50 %	0,1	0,0037
V204	RKZ3236 046/1	60	75 %	45	46,9	15	50 %	7,5	3,5
Resistorer									
R203	REP6236 46/33	50	80 %	40	29				
Mikrokretsar									
N201	DPA424 R	220	80 %	176	110				
N202	RYR3512 10/2	35	80 %	28	8				
N203	RYT1130 08/3C	37	80 %	29,6	2,7				

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

I Tabell C 2 presenteras den gemensamma säkerhetsmarginalkorrigeringen för +3.3V-omvandlaren med diodlikriktning samt synkronlikriktning.

Tabell C 2 Säkerhetsmarginalkorrigering för både +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning samt synkronlikriktning

Positionsnummer	Prod. nr.	Märkdata [V]	Korrigeringsfaktor	Korrigerat värde [V]	Max spänning [V]	Märkdata [A]	Korrigeringsfaktor	Korrigerat värde [A]	Max ström [A]
Kondensatorer									
C101	RJC5443 077/22	100	60 %	60	60				
C103	RJC4643 246/22	25	60 %	15	5,8				
C104	RJE5843 208/68	20	80 %	16	5,8				
C106	RJC4643 577/47	50	60 %	30	14,8				
C107	RJE3762 063/33A	6,3	80 %	5,04	3,3				
C109	RJC4643 036/1	16	60 %	9,6	0,7				
Spolar									
L102	REG 724 5321/68					6,4	80 %	5,1	4,6
L103	REG7242 84/47					0,06	80 %	0,048	0,0037
Dioder									
V101	RKZ1230 3/3	70	75 %	52,5	65	0,2	50 %	0,1	0,0037
V102	RKZ3236 046/1	60	75 %	45	27,2	15	50 %	7,5	4,6
V105	RKZ2236 15/5	243	75 %	182	160	50	50 %	25	
Resistorer									
R101	REP6236 46/33	50	80 %	40	29,9				
Mikrokretsar									
N101	DPA424R	220	80 %	176	160				
N102	RYR3512 10/2	35	80 %	28	8,8				
N103	RYT1134 001/C	7	80 %	5,6	1,94				
Transistorer									
V106	RYN1236 028/1	25	75 %	18,6	18,4	9	75 %	6,75	4,6

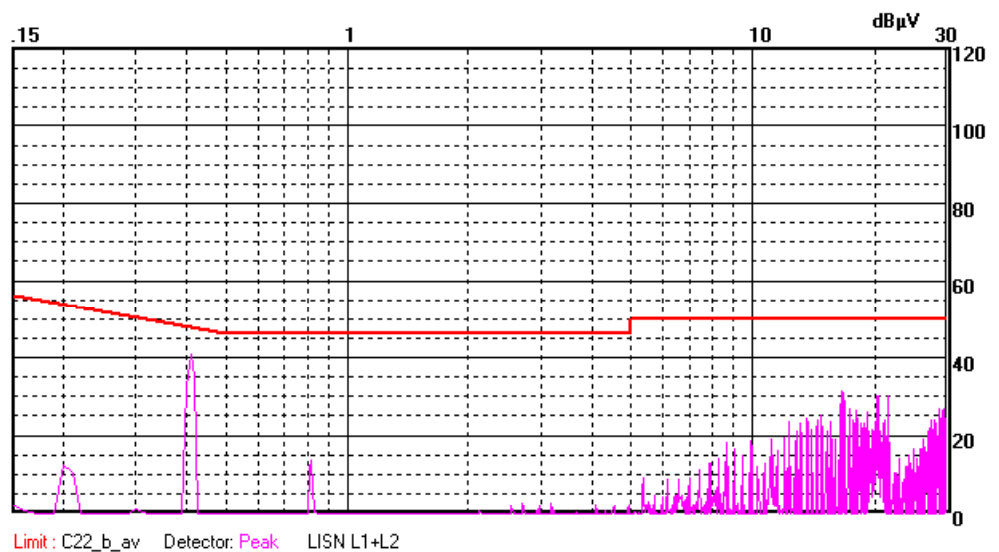
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Appendix D EMC

Den röda kurvan i graferna är gränsvärdet för EMC-standarden CISPR 22 B. Den ledningsbundna störningen som presenteras i graferna är summan av de största störningarna i fasledare L1 och nolledare L2.

EMC för +7,3V-omvandlaren

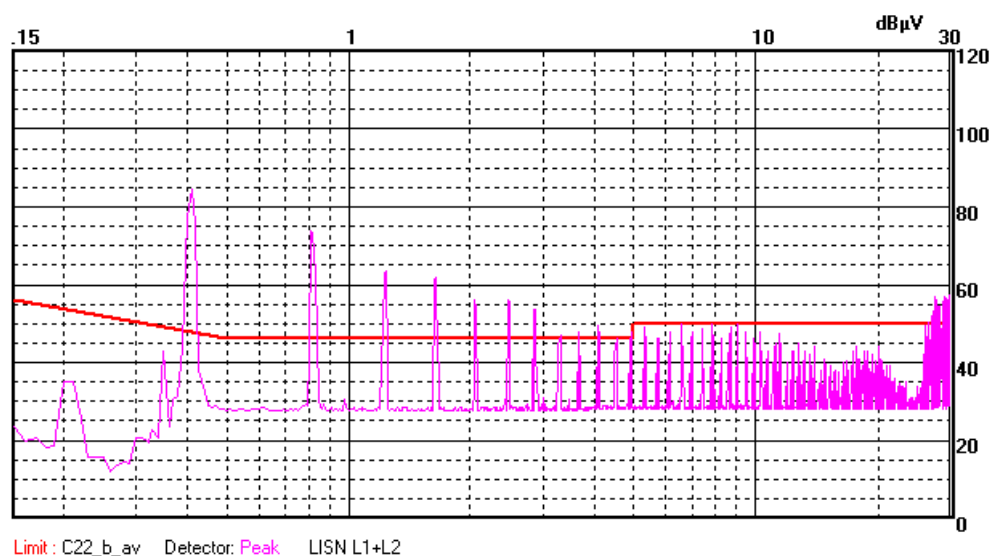
P M M 7 0 0 0 Name: 6_f Date: 2005-05-13 Time: 15:38



Figur D 1 +7,3V-omvandlare helt jordplan med filter

I Figur D 1 presenteras resultatet med helt jordplan och med filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 6_nof Date: 2005-05-13 Time: 15:42

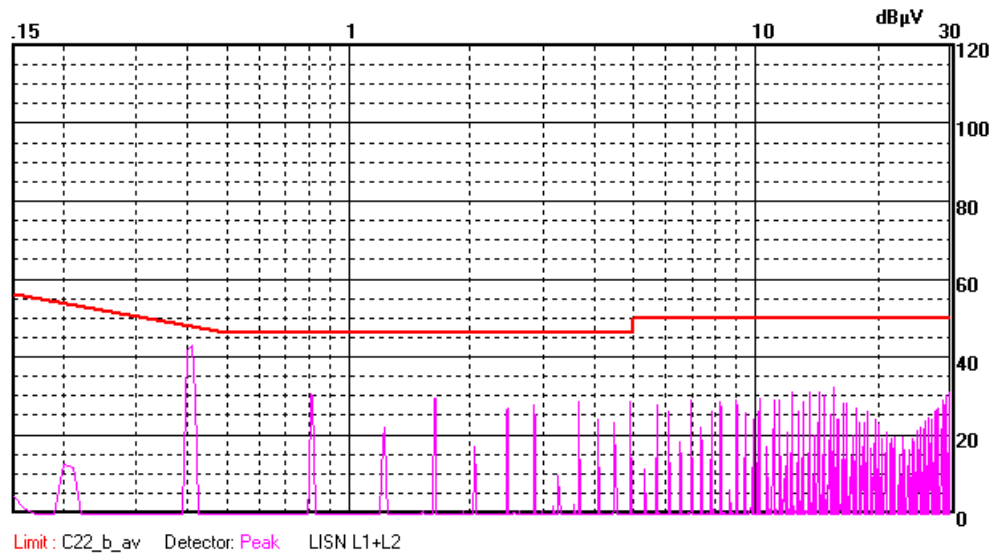


Figur D 2 +7,3V-omvandlare helt jordplan utan filter

I Figur D 2 presenteras resultatet från mätningen med helt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

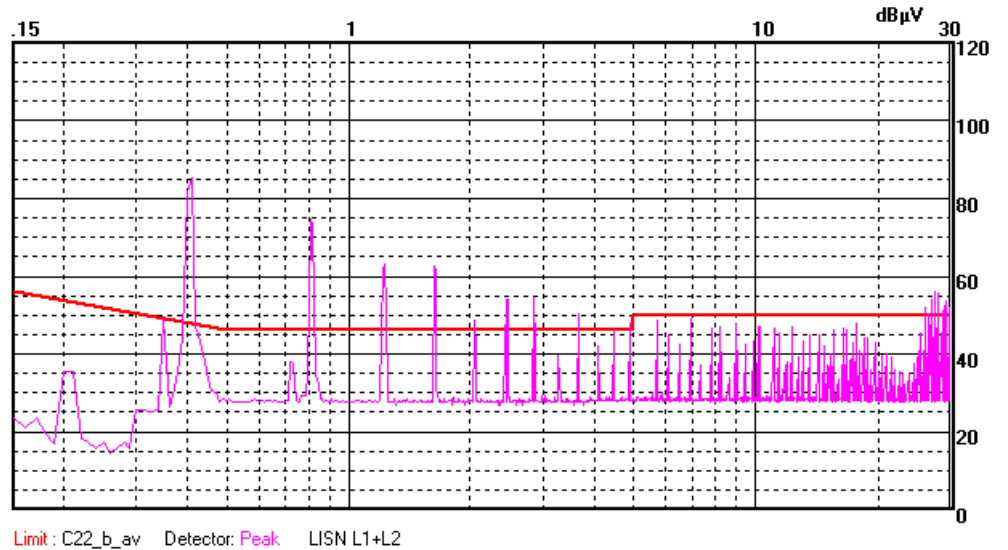
P M M 7 0 0 0 Name: 1_f Date: 2005-05-13 Time: 13:50



Figur D 3 +7,3V-omvandlare partiellt jordplan med filter

I Figur D 3 presenteras resultatet från mätningen med partiellt jordplan och med filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 1_nof Date: 2005-05-13 Time: 13:57



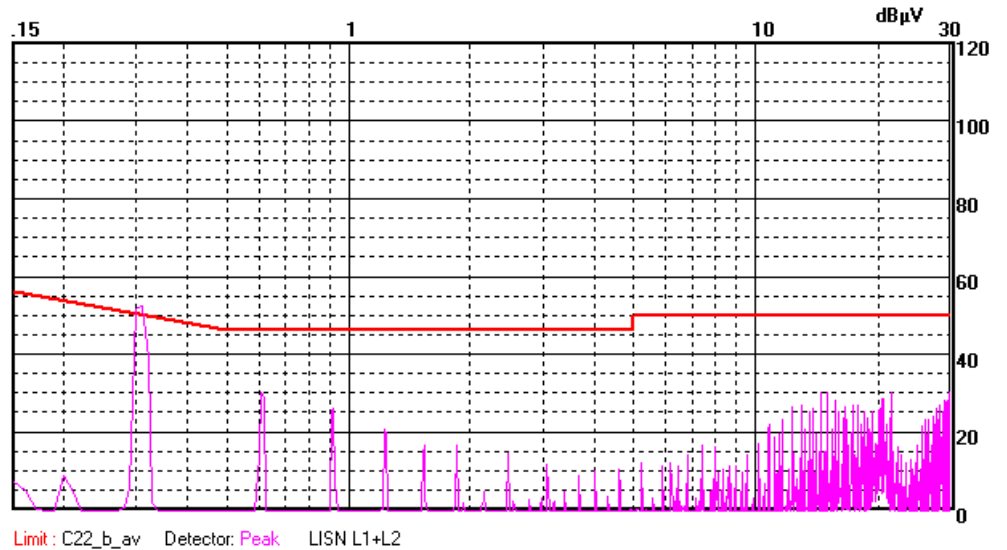
Figur D 4 +7,3V-omvandlare partiellt jordplan utan filter

I Figur D 4 presenteras resultatet från mätningen med partiellt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

EMC för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning

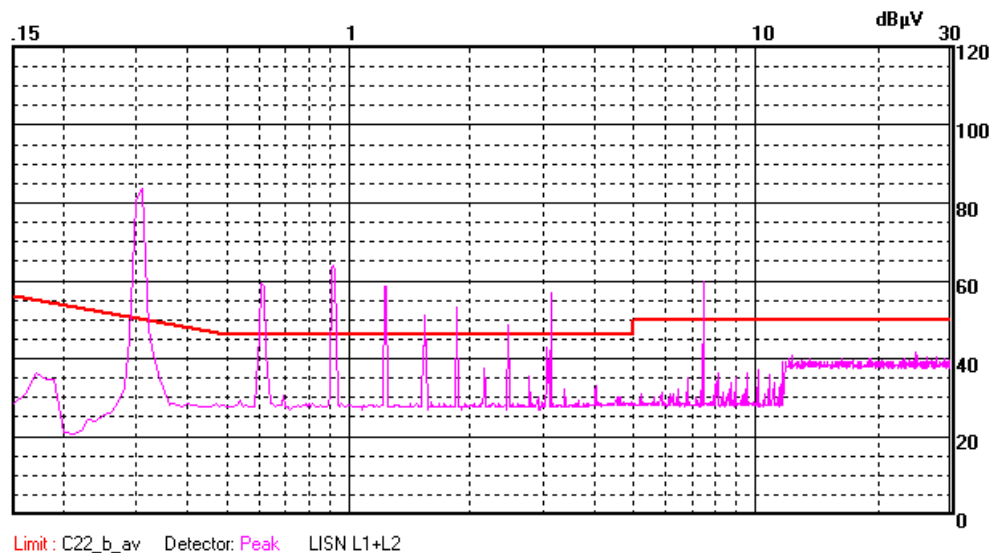
P M M 7 0 0 0 Name: 3_f Date: 2005-05-13 Time: 14:22



Figur D 5 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning helt jordplan med filter

I Figur D 5 presenteras resultatet med helt jordplan och med filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 3_nof Date: 2005-05-13 Time: 14:25

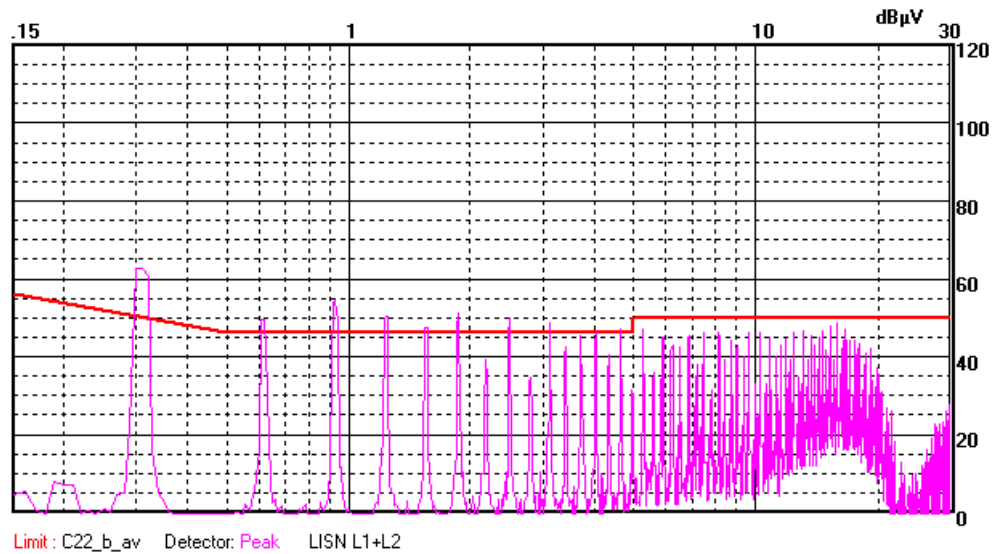


Figur D 6 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning helt jordplan utan filter

I Figur D 6 presenteras resultatet med helt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

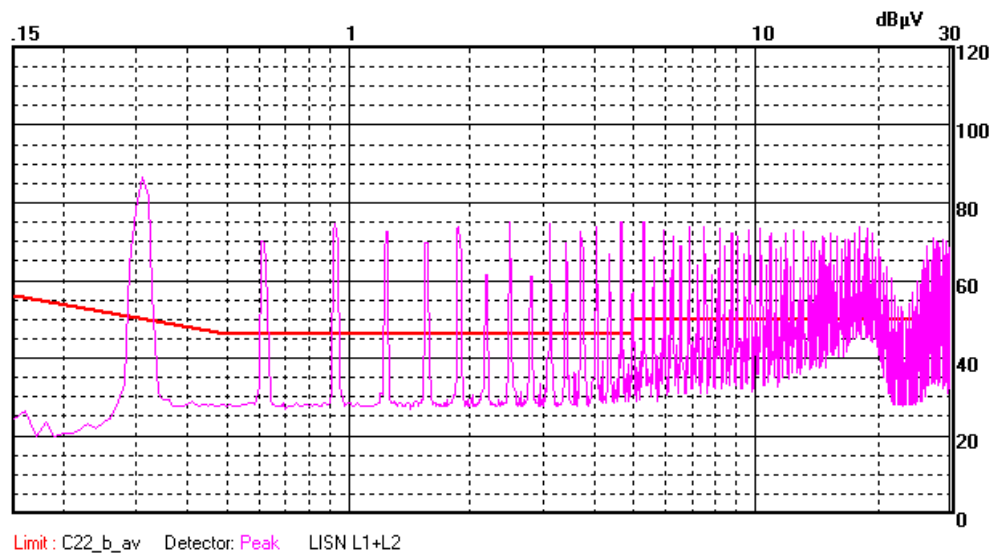
P M M 7 0 0 0 Name: 8_f Date: 2005-05-13 Time: 16:23



Figur D 7 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning partiellt jordplan med filter

I Figur D 7 presenteras resultatet med partiellt jordplan och med filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 8_nof Date: 2005-05-13 Time: 16:26



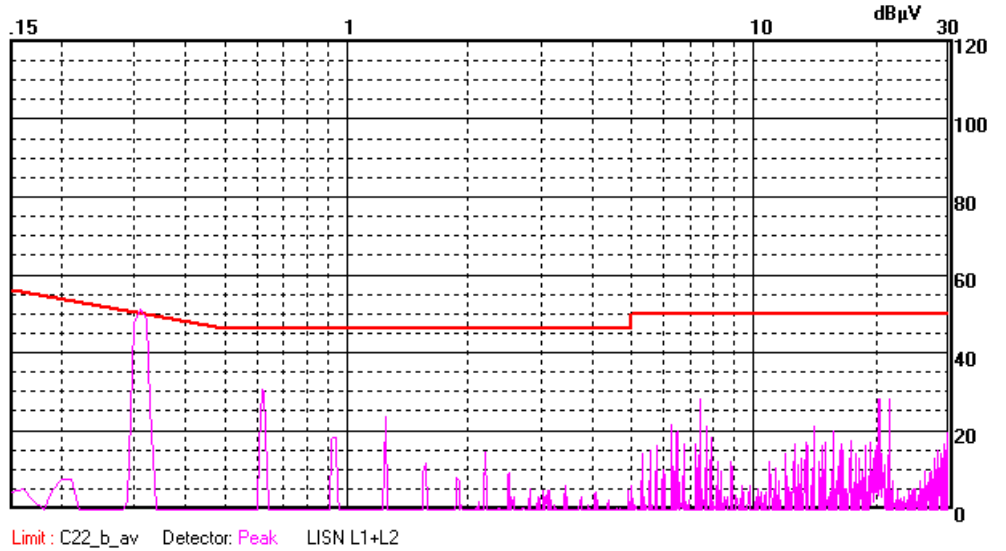
Figur D 8 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning partiellt jordplan utan filter

I Figur D 8 presenteras resultatet med partiellt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

EMC för +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

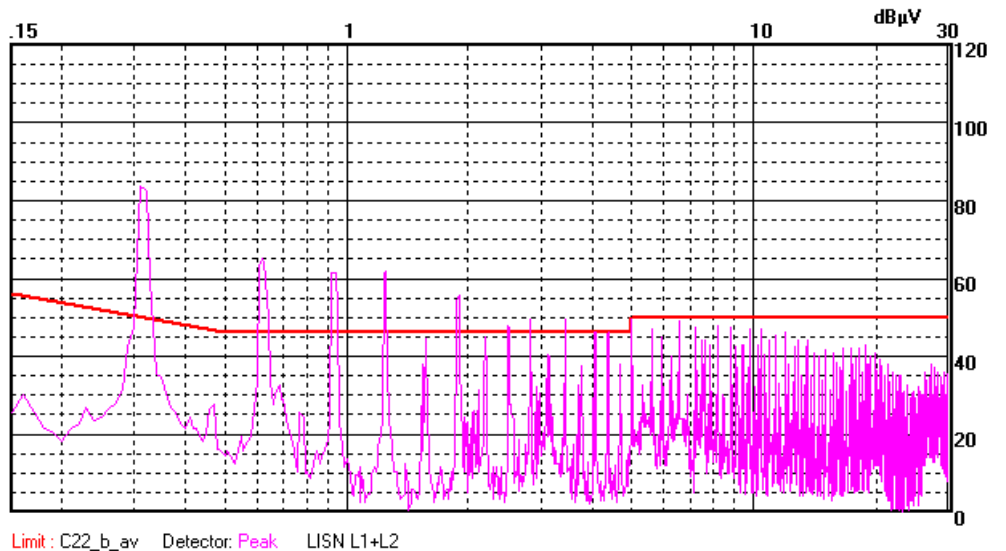
P M M 7 0 0 0 Name: 7_f Date: 2005-05-13 Time: 16:10



Figur D 9 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning helt jordplan med filter

I Figur D 9 presenteras resultatet från mätningen med helt jordplan och filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 7_nof Date: 2005-05-13 Time: 16:13

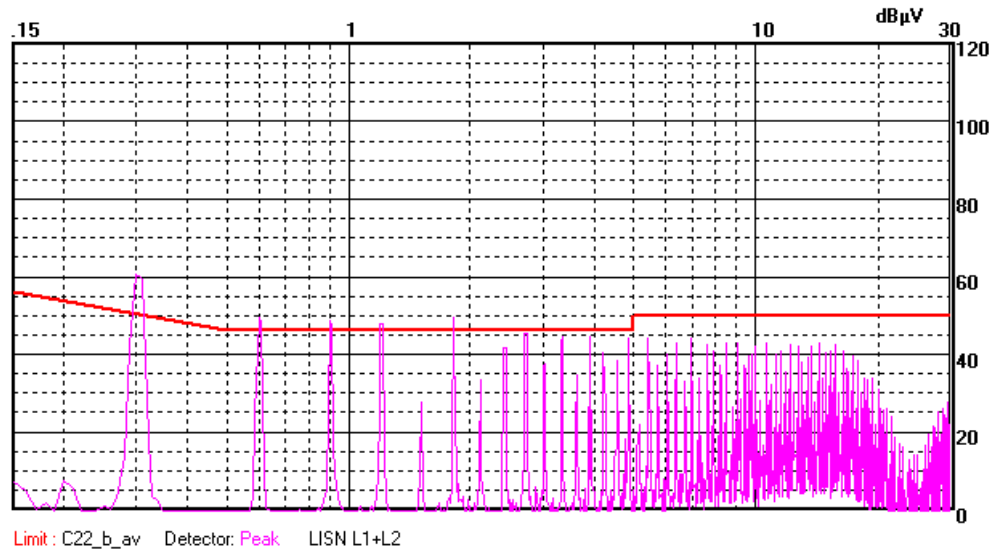


Figur D 10 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning helt jordplan utan filter

I Figur D 10 presenteras resultatet med helt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

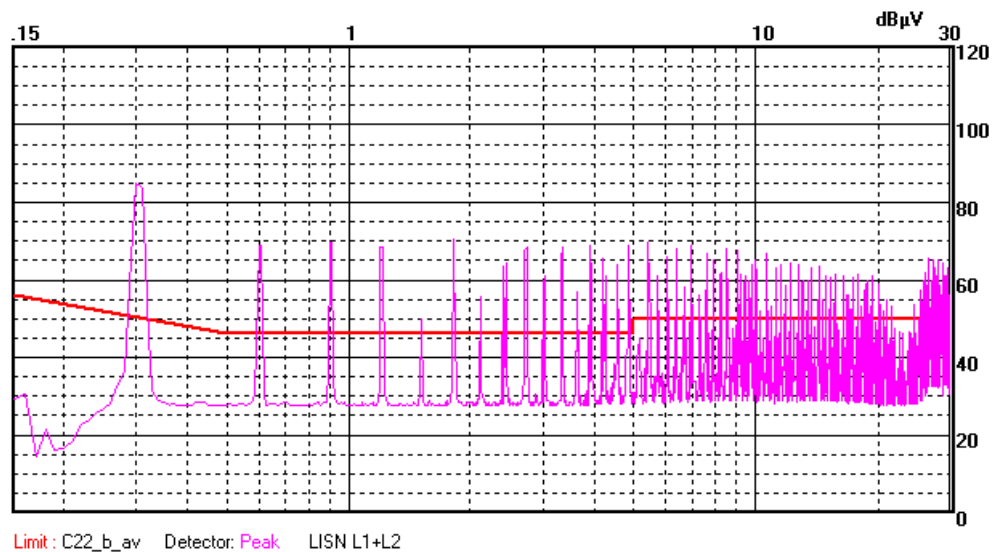
P M M 7 0 0 0 Name: 4_f Date: 2005-05-13 Time: 15:25



Figur D 11 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning partiellt jordplan med filter

I Figur D 11 presenteras resultatet från mätningen med partiellt jordplan och med filter på ingången.

P M M 7 0 0 0 Name: 4_nof Date: 2005-05-13 Time: 15:29



Figur D 12 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning partiellt jordplan utan filter

I Figur D 12 presenteras resultatet från mätningen med partiellt jordplan och utan filter på ingången.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

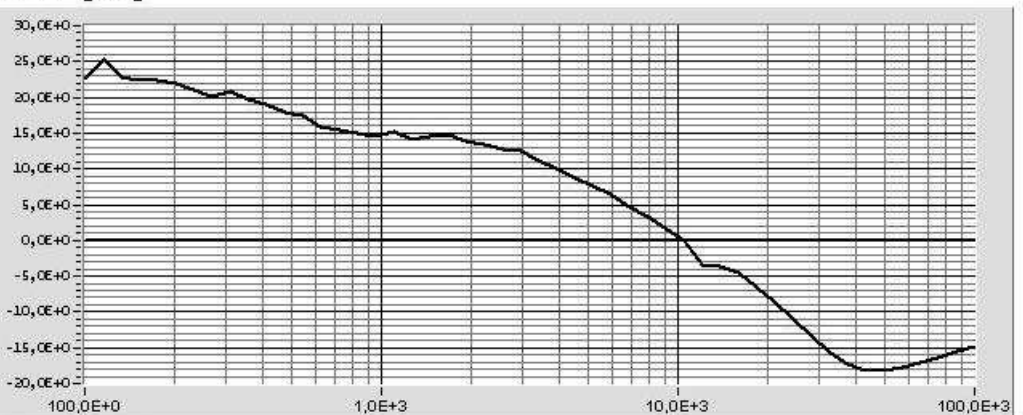
Appendix E Reglerloopsanalys

Mätningarna är utförda vid nominell spänning och maxlast. Den injicerade effekten är 0,0 dBm och upplösningsbandbredden (RWB) är 30 Hz.

Reglerloopsmätning för +7,3V-omvandlare

Bandwidth	10,5 kHz	RBW	30 Hz
Phase margin	60,8 °	Power	0,0 dBm
Amplitude margin	13,5 dB		

Gain [dB]



Phase [°]



Figur E 1 +7,3V-omvandlare amplitud- och fasdiagram

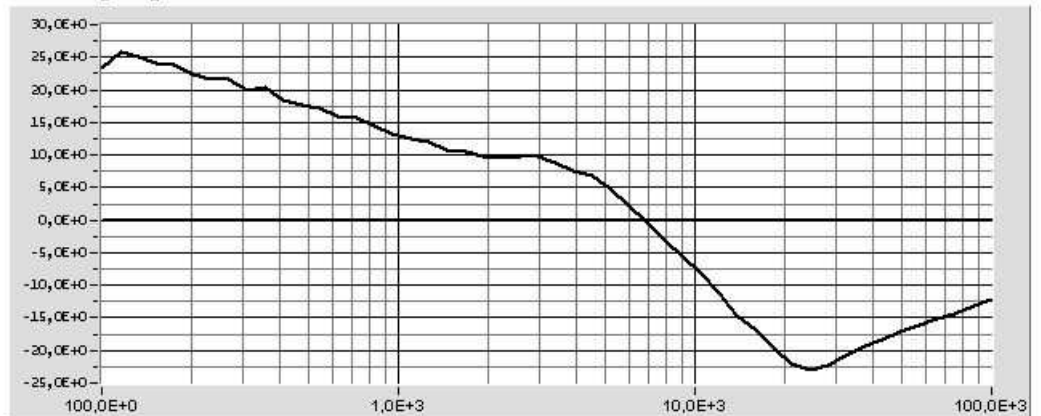
I Figur E 1 presenteras amplitud- och fasdiagram för +7,3V-omvandlaren.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

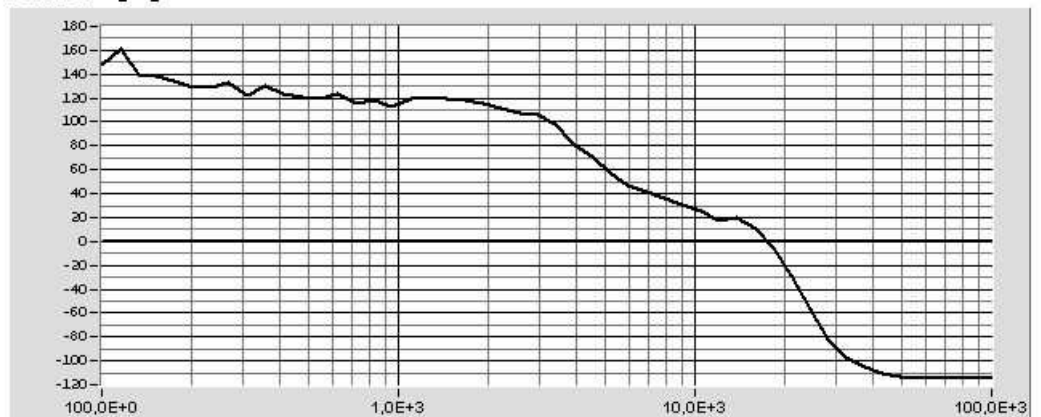
Reglerloopsmätning för 3,3V-omvandlare med diodlikriktning

Bandwidth **6,8 kHz** RBW **30 Hz**
Phase margin **41,6 °** Power **0,0 dBm**
Amplitude margin **18,6 dB**

Gain [dB]



Phase [°]



Figur E 2 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning amplitud- och fasdiagram

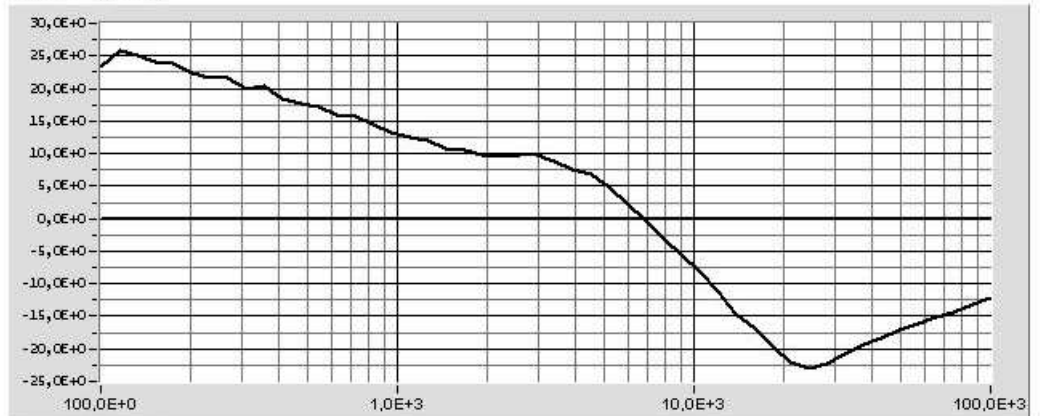
I Figur E 2 presenteras amplitud- och fasdiagram för +3,3V-omvandlaren med diodlikriktning.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

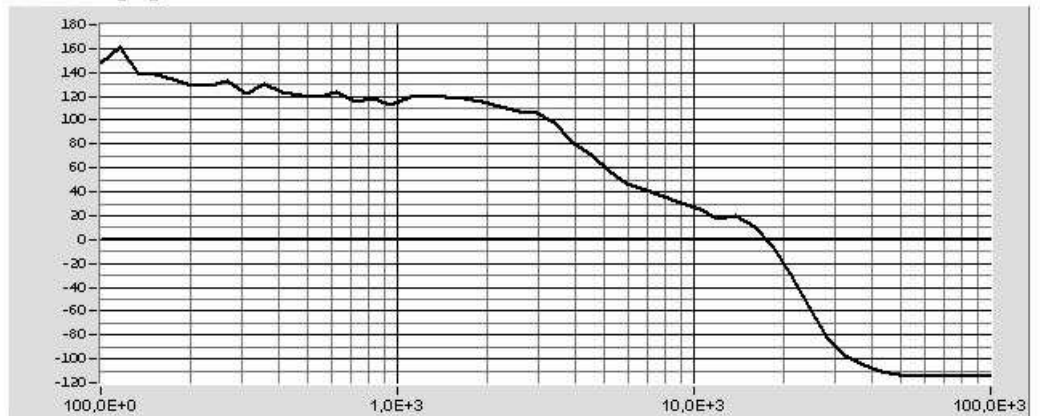
Reglerloopsmätning för 3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

Bandwidth **6,8 kHz** REW **30 Hz**
 Phase margin **41,6 °** Power **0,0 dBm**
 Amplitude margin **18,6 dB**

Gain [dB]



Phase [°]

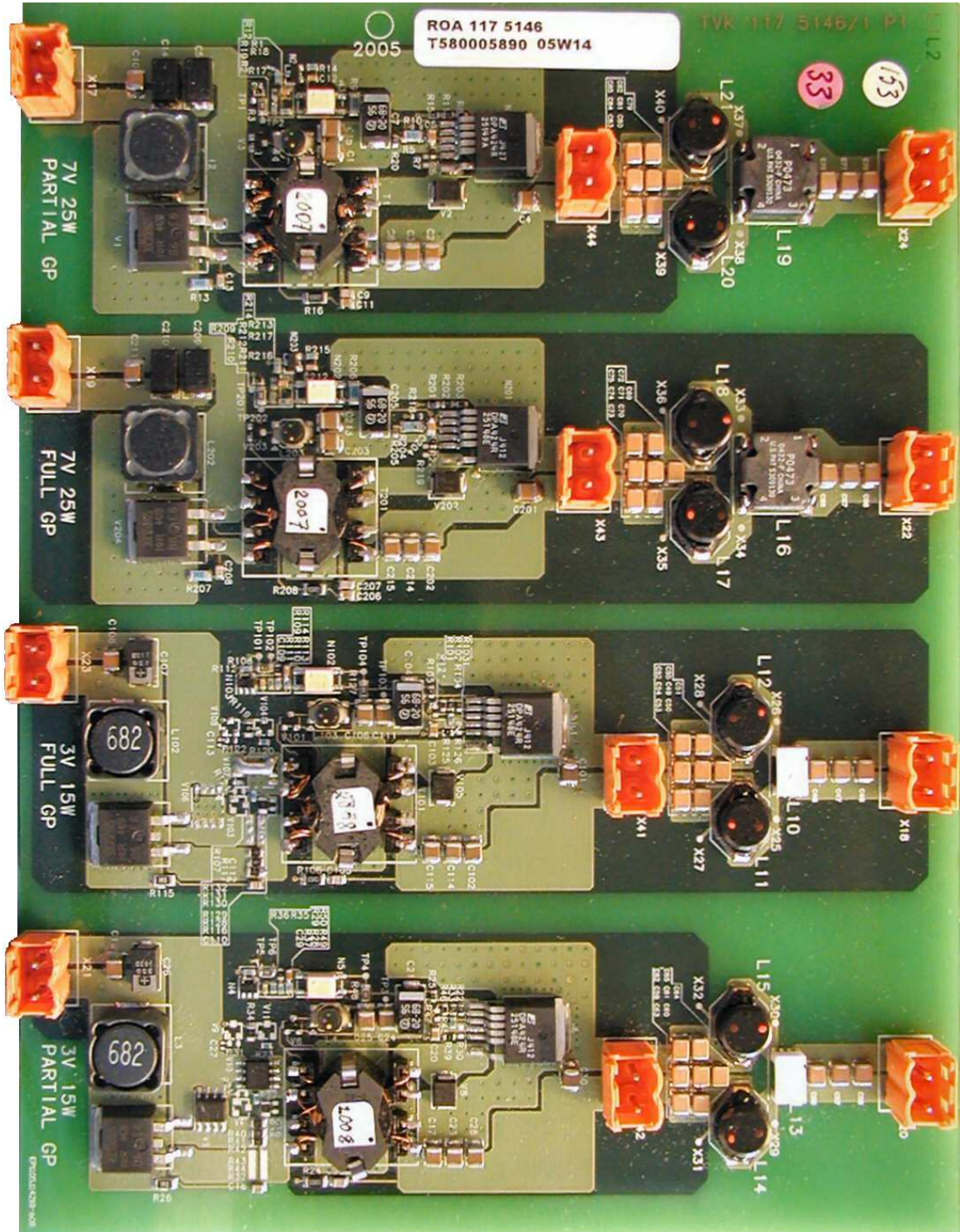


Figur E 3 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning amplitud- och fasdiagram

I Figur E 3 presenteras amplitud- och fasdiagram för +3,3V-omvandlaren med synkronlikriktning.

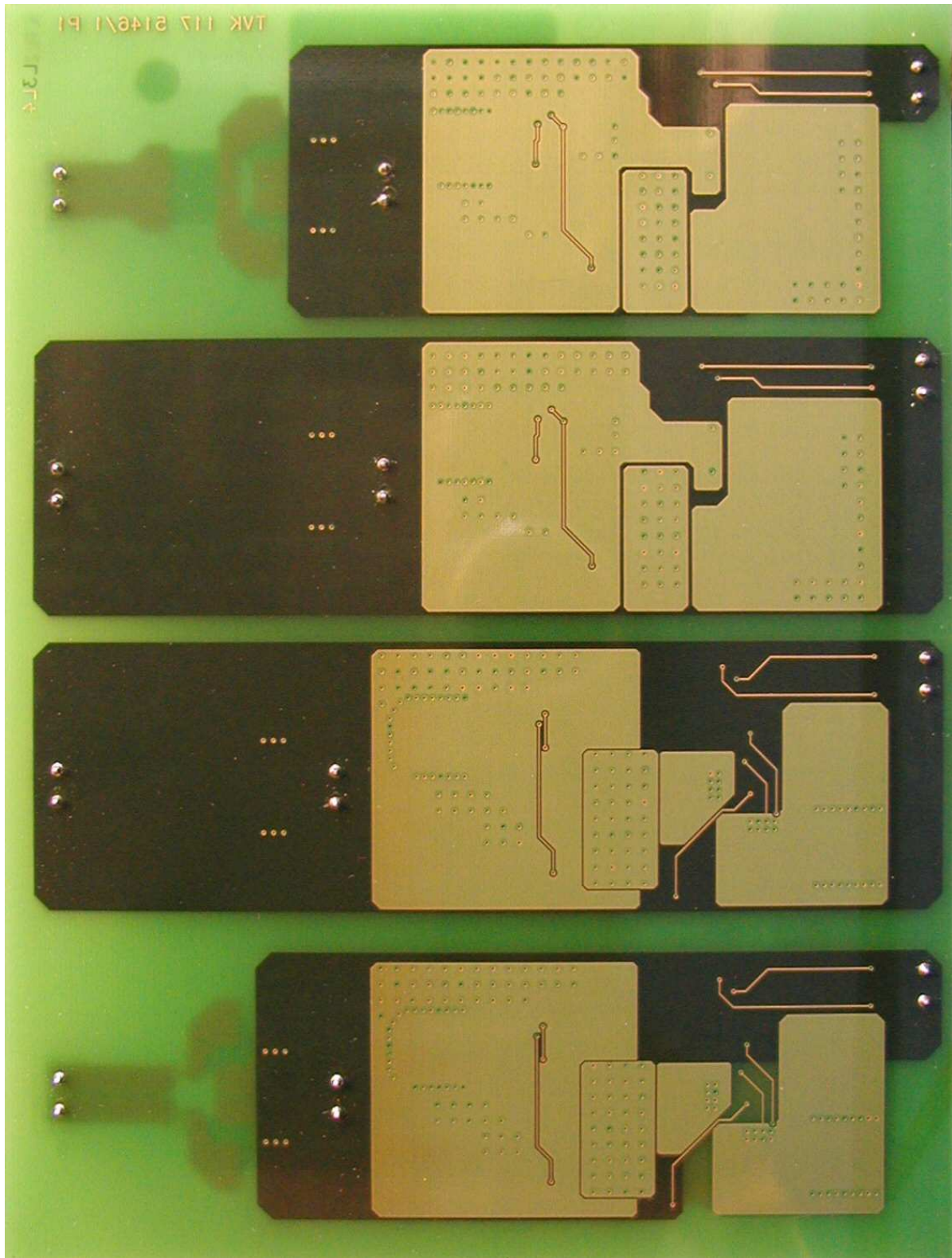
Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Appendix F Fotografier på prototypkortet



Figur F 1 Ovansidan av prototypkortet

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference



Figur F 2 Undersidan av prototypkortet

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

Appendix G Beräkningar av effektförluster

I samtliga beräkningar är gjorda i rumstemperatur och vi nominell inspänning och last. Strömrippel försummas och nominella komponentvärden används. Förlusterna som bildas i optokopplaren och i bias-lindningen, samt shuntregulatorn har försummats. Detta gjordes efter att initial beräkning visade att de förlusterna var försumbara. Beräkningarna syftar till att ge en kvantitativ bild över effektförlustsfördelningen i omvandlarna, samt att få en uppfattning om verkningsgraden.

G1 Transformator och spolar

G1.1 Kärnförluster

Kärnförlusterna i en transformator beror på frekvens, kärnans material och kärnans geometri, vilket leder till att förlustberäkningar blir komplicerade. För att underlätta anger ofta tillverkarna av kärnorna data i anpassad form så att enklare ekvationer kan användas och nyckeltal räknas ut. Dessa används sedan i kombination med grafer för att få fram effektförlusterna. Nyckeltalet som krävs för att räkna ut effektförlusten i de kärnor som använts i detta projekt är den maximala magnetiska flödestätheten. Den ges av:

$$\hat{B} = \frac{\hat{U}}{4f_s N A_e}$$

Ekvation G 1

Som synes beror B på applicerad spänning, switchningsfrekvens, antalet varv och den effektiva kärnarean. När detta värde har tagits fram kan kärnförlusten ses i graf i kärnmaterialets datablad där förlusten är angiven per m³. Detta värde multipliceras slutligen med kärnans effektiva volym V_e, för att få fram den totala kärnförlusten.

G1.2 Kopparförluster

Kärnförlusterna uppstår på grund av resistans i transformatorlindningarna, vilka i sin tur beror på lindningarnas längd, material och tvärsnittsarea. Förlusteffekten ges då av

$$P_{Cu} = I^2 R$$

Ekvation G 2

där I är strömmen genom lindningen och R lindningsresistansen. På grund av den höga switchningsfrekvensen kommer dock lindningsresistansen vara något högre, ett fenomen som kallas skineffekt. Vid höga frekvenser går strömmen i den yttre delen av ledaren, vilket medför en mindre ledningsarea och såldes en högre resistans. Skineffekten har dock försummats i detta fall.

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

G2 Diod

Källan till effektförlusten i en diod är framspänningsfallet U_f och förlusten ges av

$$P_{diod} = U_f I$$

Ekvation G 3

där I är strömmen genom dioden. Som synes är det viktigt att använda en diod med lågt framspänningsfall för att minimera förlusterna. Dioden har även en resistiv förlust men denna försummas för att förenkla beräkningarna.

G3 MOSFET

G3.1 Ledningsförlust

Ledningsförlusterna i transistorn ges av

$$P_{R_{DSON}} = I_D^2 R_{DSON}$$

Ekvation G 4

där I_D är drainströmmen och R_{DSON} är drain-source-motsåndet.

G3.2 Switchningsförlust

Ges av

$$P_{sw} = \frac{1}{2} V_D f_s I_D (t_{c(on)} + t_{c(off)})$$

Ekvation G 5

där V_D är drainspänningen, f_s är switchningsfrekvensen, I_D drainströmmen, och $t_{c(on)}$ och $t_{c(off)}$ är tiderna då förlusterna uppstår, dvs. under stig- och falltid

G4 Beräkninggång

Först räknas förlusterna på sekundärsidan ut och sedan läggs kärnförlusterna i transformatorn till. Detta värde adderas sedan till den önskade uteffekten och man får då den effekt, P_{sec} som måste genereras på primärsidan. Nu återstår att räkna ut primärströmmen I_{in} . Efter som denna ström även beror på förlusterna i primärlindningen och primär-MOSFET:en får följande samband

$$P_{sec} = P_{L,kärna} + P_{Cu,N2} + P_{L,likr.dioder} + P_{L,induktor} + P_{ut}$$

Ekvation G 6

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

$$P_{in} = P_{sec} + P_{Cu,N1} + P_{R_{DSON}} + P_{sw} \Rightarrow$$

$$U_{in} I_{in} = P_{sec} + I_{in}^2 R_{N1} + I_{in}^2 R_{DSON} + \frac{1}{2} U_{in} f_s I_{in} (t_{c(on)} + t_{c(off)}) \Rightarrow$$

$$(R_{N1} + R_{DSON}) I_{in}^2 + \left(\frac{1}{2} U_{in} f_s (t_{c(on)} + t_{c(off)}) - U_{in} \right) I_{in} + P_{sec} = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} A &= R_{N1} + R_{DSON} \\ B &= \frac{1}{2} U_{in} f_s (t_{c(on)} + t_{c(off)}) - U_{in} \end{aligned} \right\} \Rightarrow A I_{in}^2 + B I_{in} + P_{sec} = 0 \Rightarrow$$

$$I_{in} = - \frac{B \pm \sqrt{B^2 + 4AP_{sec}}}{2A}$$

Ekvation G 7

När I_{in} har räknats ut, tas förlusterna i primärlindningen på transformatorn och primär-MOSFETen fram. Slutligen adderas alla förluster och verkningsgraden tas fram

$$\left. \begin{aligned} \eta &= \frac{P_{ut}}{P_{in}} \\ P_{in} &= P_{förlust} + P_{ut} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta = \frac{P_{ut}}{P_{förlust} + P_{ut}}$$

Ekvation G 8

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

G5 Beräkningar

G5.1 +7,3V-omvandlare

$$D = \frac{U_{ut} N_1}{U_{in} N_2} = \frac{7,3 \times 13}{55 \times 5} \approx 0,345$$

$$\hat{B} = \frac{U_{in}}{4 f_s N_1 A_e} = \frac{55}{4 \times 400000 \times 13 \times 3,75 e^{-5}} = 70 \text{ mT} \Rightarrow P_{L,kärna} \approx 0,2 \text{ (ur datablad)}$$

$$P_{Cu,N2} = I_{ut}^2 R_{N2} = 3,5^2 \times 0,345 \times 0,0157 \approx 0,066$$

$$P_{L,likr.dioder} = U_f I_{ut} = 0,5 \times 3,5 = 1,75 \text{ W}$$

$$P_{L,induktor} = I_{ut}^2 R_{induktor} = 3,5^2 \times 0,030 \approx 0,368 \text{ W (data för kärna saknas)}$$

$$P_{ut} = U_{ut} I_{ut} = 7,3 \times 3,5 = 25,55 \text{ W}$$

$$P_{sec} = P_{L,kärna} + P_{Cu,N2} + P_{L,likr.dioder/transistorer} + P_{L,induktor} + P_{ut} = 27,89 \text{ W}$$

$$A = R_{N1} + R_{DSON} = 0,095 + 0,650 = 0,745$$

$$B = \frac{1}{2} U_{in} f_s (t_{c(on)} + t_{c(off)}) - U_{in} = \frac{1}{2} \times 55 \times 400 e^3 (2 \times 10 e^{-9} + 2 \times 10 e^{-9}) - 55 \Rightarrow$$

$$B = -54,56$$

$$I_{in} = -\frac{B \pm \sqrt{B^2 + 4AP_{sec}}}{2A} = \frac{54,56 \pm \sqrt{(-54,56)^2 + 4 \times 0,44 \times 27,89}}{2 \times 0,44} \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{in1} = 72,7 \text{ A} \\ I_{in2} = 0,515 \text{ A} \end{array} \right\} \Rightarrow \{I_{in1} \text{ förkastas}\} \Rightarrow I_{in} = 0,515 \text{ A}$$

$$P_{Cu,N1} = I_{in}^2 R_{N1} = 0,515^2 \times 0,095 = 0,049 \text{ W}$$

$$P_{R_{DSON}+sw} = I_{in}^2 R_{DSON} + \frac{1}{2} U_{in} I_{in} f_s (t_{c(on)} + t_{c(off)}) \Rightarrow$$

$$P_{R_{DSON}+sw} = 0,515^2 \times 0,650 + \frac{1}{2} \times 55 \times 0,515 \times 400 e^3 (2 \times 10 e^{-9} + 2 \times 10 e^{-9}) = 0,56 \text{ W}$$

$$P_{förlust} = P_{L,kärna} + P_{Cu,N2} + P_{L,likr.dioder/transistorer} + P_{L,induktor} + P_{Cu,N1} + P_{R_{DSON}+sw} \Rightarrow$$

$$P_{förlust} = 0,2 + 0,066 + 1,75 + 0,368 + 0,0049 + 0,56 = 3,0 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_{förlust} + P_{ut}} = \frac{25,55}{3,0 + 25,55} \Rightarrow \eta = 89,5 \%$$

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

G5.2 +3,3V-omvandlare med diodlikriktning

Samma beräkningar som i G5.1 har genomförts för 3,3V-omvandlaren fast ned följande ändrade värden

Tabell G 1

Storhet	Värde
U_{in}	48 V
U_{ut}	3,3V
N_1	18
N_2	3
I_{ut}	4,6 A
$R_{induktor}$	24 m Ω
R_{N1}	130 m Ω
R_{N2}	6,8 m Ω
f_s	300 kHz

Resultatet blir då

$$D \approx 0,417$$

$$\hat{B} = 759mT \Rightarrow P_{L,kärna} \approx 0,16 \text{ (ur datablad)}$$

$$P_{Cu,N2} \approx 0,060$$

$$P_{L,likr.dioder} = 2,3W$$

$$P_{L,induktor} \approx 0,508W \text{ (data för kärna saknas)}$$

$$P_{ut} = 15,18W$$

$$P_{sec} = 18,39W$$

$$I_{in} = 0,388 A$$

$$P_{Cu,N1} = 0,050W$$

$$P_{R_{DS(on)+sw}} = 0,364W$$

$$P_{förlust} = 3,44W$$

$$\eta = 81,7\%$$

Prepared (also subject responsible if other) EMW/DD/KB Johan Håkansson, Beneharo Salazar		No. EMW/FS-05:009 Usv		
Approved EMW/DD/KL Björn Isaksson	Checked	Date 2005-06-22	Rev A	Reference

G5.3 +3,3V-omvandlare med synkronlikriktning

I omvandlaren med synkronlikriktning finns används likriktningstransistorer istället för likriktningsdioder, vilket innebär att det endast är denna förlust som ändras i jämförelse med G5.2. Parallellt över frihjulningstransistorn sitter en diod som leder innan transistorn är helt tänd. Detta leder till att switchningsförlust vid tillslag ej uppstår. Det är svårt att veta hur lång tid dioden leder, vilket gör det svårt att beräkna förlusteffekten i denna. Således försummas dioden och beräkning inklusive tillslagsförluster görs.

$$P_{L,likr.transistorer} = I_{ut}^2 R_{DSON} + 2 \times \frac{1}{2} \frac{U_{in} N_2}{N_1} I_{ut} f_s (t_{c(on)} + t_{c(off)}) \Rightarrow$$

$$P_{L,likr.transistorer} = 4,6^2 \times 0,02 + 2 \times \frac{1}{2} \times 8 \times 4,6 \times 300 e^3 (26 + 26) e^{-9} = 1W$$

$$P_{förlust} = 2,1W$$

$$\eta = 88,0\%$$