

UNIVERSITY OF OSLO

FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES

Exam in: FYS4260 Microsystems and Electronic Packaging & Interconnection Technologies

Day of exam: Monday, June 4th, 2012

Exam hours: 09:00 – 12:00 (3 hours)

This examination paper consists of 6 page(s)

Appendices: No appendices

Permitted materials: None except the general allowed aids as for instance approved electronic calculators. For instance, tables and programmed data in calculators not allowed.

Make sure that your copy of this examination paper

is complete before answering.

Additional information:

Course responsible Per Øhlckers might not be present at University of Oslo on exam day but can be reached on cell phone 9590 3989. / Kursansvarlig Per Øhlckers vil kanskje ikke være tilstede på Universitetet i Oslo på eksamensdagen men kan nåes på mobiltelefon 9590 3989.

The test questions are given in Norwegian and English, and can be answered in either Norwegian or English. Use maximum 1 page for each question; that is for the sum of both the a) and the b) answers. Each question is equally weighed when grading the answers / Hvert spørsmål gis både med norsk og engelsk tekst. Besvarelsen kan gis valgfritt på norsk eller engelsk. Bruk maksimum 1 side på hver oppgave, dvs. summert for både a) og b) besvarelsen. Hvert spørsmål vektet likt ved bedømming av svarene.

Question 1: Trends/Wire Bonding/Failure Mode and Effect Analysis

Background information for question a): Figure 1 shows the tear down of the iPhone 3G S, where one can see that the battery is located at the bottom inside of the phone's housing, so that the entire phone must be dismantled to replace the battery. The designers have probably had good reasons for such a design, but the result is that it will be complicated and expensive to replace a defective battery, which is a Li-ion battery that has a typical lifespan of 3-400 charges or about 2 years of normal use. Maybe a bit exaggerated, we can say that the iPhone 3G S is not profitable to repair when the battery is worn out, giving the phone a typical lifetime of 2 years.



Fig 1: Sammenstilling av/Assembly of iPhone 3G S. Fra/From <http://www.techspot.com/news/35215-isuppli-apples-iphone-3g-s-costs-179-to-make.html>



Fig 2: Batteriskifte/Battery replacement for iPhone 4S. Fra/From <http://www.ifixit.com/Guide/Installing-iPhone-4-Battery/3141/1>

Additional comment: Battery replacement in the Apple 4S is greatly simplified, as Apple has, in retrospect, realized that this was a structural weakness. See Figure 2.

- In general we see that more and more electronics products are constructed and manufactured in such a way that it becomes difficult or virtually impossible to repair them, for instance a remote control for a TV cannot be opened for repair because the cabinet parts are glued together, or to replace a defective battery in an Apple iPhone mobile phone is technically complex and expensive. Provide an analysis of this trend towards that electronics products are not repairable or difficult to repair and give 3 other examples of such products that are not designed for easy repair. Also, give an example of a product that is designed to be repair friendly and explain why.
- Describe the two main techniques for wire bonding, and explain how we can test that the wire bonding has been successful, both non-destructive and destructive. Make an FMEA analysis of the wire bonding process for a case in which the wire bonding was not strong enough. Calculate process capability for a wire bonding process where the wire breaking strength is to be between 40 and 70 mN, when the mean value is 51 mN and standard deviation is 5 mN. We assume that the statistical variations are normally distributed. Is this a process that is in control?

Formula help:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}\right)$$

Oppgave 1: Trender/Trådsveising/Feilmode- og effektanalyse

Bakgrunn for spørsmål a): Figur 1 ovenfor viser sammenstillingen av iPhone 3G S, hvor en kan se at batteriet ligger helt underst i telefonkabinettet, slik at hele telefonen må demonteres for å skifte batteri. Konstruktørene har sikkert hatt gode grunner for en slik design, men resultatet er at det blir komplisert og kostbart å skifte et defekt batteri, som er et Li-ione batteri som har en typisk levetid på 3-400 ladninger eller ca 2 års normal bruk. Satt på spissen kan vi si at iPhone 3G S ikke er lønnsom å reparere når batteriet er utslitt, noe som gir telefonen en typisk levetid på 2 år.

Tilleggskommentar: Batteriskifte i Apple 4S er sterkt forenklet, så Apple har nok i ettertid innsett at dette var en konstruksjonssvakhet. Se figur 2 ovenfor.

- Generelt ser vi at flere og flere elektronikkprodukter konstrueres og fremstilles på en slik måte at det blir vanskelig eller tilnærmet umulig å reparere, som f.eks. at en fjernkontroll for et TV ikke lar seg åpne for reparasjon fordi dekslet er limt sammen, eller at det å skifte et defekt batteri i en Apple iPhone mobiltelefon er teknisk komplisert og kostbart. Gi en analyse av denne trenden til at elektronikkprodukter er ureparerbare eller vanskelig å reparere, og gi 3 andre eksempler på slike produkter som ikke er konstruert for enkel reparasjon. Gi også et eksempel på et produkt som er konstruert reparasjonsvennlig og begrunn hvorfor.
- Beskriv de to viktigste teknikkene for trådsveising, og forklar hvordan vi kan teste at trådsveisingen har blitt vellykket, både ikke-destruktivt og destruktivt. Foreta en FMEA-analyse av trådsveiseprosessen for et tilfelle hvor trådsveisingen ikke er sterk nok. Beregn prosessdugeligheten når bruddstyrken skal være mellom 40 og 70 mN, når middelveidien er 51 mN og standardavviket er 5 mN. Vi antar at variasjonene statistisk er normalfordelt. Er dette en prosess som er i kontroll?

Formelhjelp:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}\right)$$

Recommended number of pages for this problem is 1-2 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven er 1-2 håndskrevne sider.

Question 2: Comparison of substrate technologies

- The choice of assumed best substrate technology for an electronic product involves a consideration of several factors, where the technical characteristics and production costs may be the most important. Set up a comparison table as shown below, and fill in for respectively printed wiring board technology, high temperature thick film technology and flexible circuit board technology.

Characteristics	Printed Circuit Board Technology	High Temperature Thick Film Technology	Flexible Circuit Board Technology
Typical substrate material			
Typical material for conductor lines			
Pattern definition technique			

Possibility for integrated resistors and capacitors in the substrate (yes/no)			
Suitability for high-speed operation * = poor ** = medium *** = premium			
Typical application area(s)			
Production costs * = low ** = medium *** = high			

Table 1. Comparison table for substrate technologies. /

- b. Based upon the findings in the above table, explain which technology would be a good choice for the electronics for the space sonde "Rosetta", which is a research space sonde made by the European Space Agency (ESA). It was launched on March 2nd, 2004 with an "Atlas 5G" Payload Rocket from Kourou in Guyane Française, to observe the asteroids "Steins" (passed the Earth in 2008) and "Lutetia" (2010). A picture of the sonde shown to the left below, with a polar projection image of the "Lutetia" asteroide to the right.



Fig 3: A picture of the space sonde "Rosetta" sonde / Et bilde av romsonden "Rosetta"

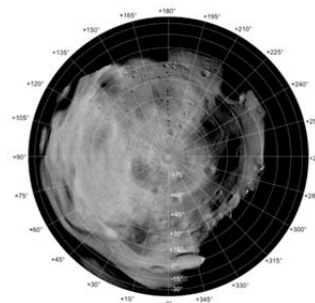


Fig 4: Polar projection image of "Lutetia" / Polarprojeksjon av "Lutetia"

Oppgave 2: Sammenligning av substratteknologier

- a. Å velge beste substratteknologi for et elektronikkprodukt er en avveining av flere forhold. Tekniske egenskaper og produksjonskostnader er kanskje de viktigste. Lag en sammenlikningstabell som vist under og fyll inn for hhv rigide kretskort teknologi, høytemperatur tykkfilmtknologi og fleksible kretskort teknologi.

Egenskaper	Rigide kretskort-teknologi	Høytemperatur tykkfilmtknologi	Fleksible kretskort-Teknologi
Typisk substratmateriale			
Typisk materiale for lederbaner			
Mønsterdefinisjons-			

teknikk			
Mulighet for å integrere motstander og kondensatorer i kretskortet (ja/nei)			
Egnethet for høyhastighetsoperasjon * = dårlig ** = middels *** = godt			
Typisk(e) anvendelsesområde(r)			
Produksjonskostnad * = lav ** = middels *** = høy			

Tabell 1. Sammenligningstabell for substrat-teknologier.

- b. Basert på tabellen over, begrunn hvilken teknologi som ville være naturlig å velge for elektronikk til romsonden “Rosetta”, som er en forskningsromsonde laget av den europeiske romfartsorganisasjonen ESA. Den ble skutt opp 2. mars 2004 med en “Atlas 5G” bærerakett fra Kourou i Guyane Française for observere asteroidene “Steins” (passerte jorden i 2008) og Lutetia (2010). Sonden til venstre i figur 1 overfor, til høyre en polarprojeksjon av asteroiden “Lutetia”.

Recommended number of pages for this problem is 1-2 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven er 1-2 håndskrevne sider.

Question 3: Reflow soldering

- Explain the basic principles of vapour phase soldering for reflow soldering in surface mount technology for assembly of printed circuit boards. This is best done by combining text and graphical presentations.
- Set up a table with alternative methods for reflow soldering in surface mount technology for assembly of printed circuit boards, where vapour phase soldering is one of the alternative methods. Make a comparison list in the table with 2 advantages and 2 disadvantages for each soldering method. Specifically, explain why vapour phase soldering is not in widespread industrial use, but mostly used for laboratory prototyping work like your own surface mount technology project.

Oppgave 3: Omsmelte lodding

- Forklar basisprinsippene for dampfaselodding brukt ved omsmelte lodding ved montasje av overflatemontasje teknologi kretskort. Dette gjøres best ved å kombinere bruk av tekst og grafiske presentasjoner.
- Lag en tabell med alternative metoder for omsmelte lodding i overflatemontasje-teknologi for montasje av kretskort, hvor dampfaselodding er en av de alternative metodene. Lag en sammenligningsliste i tabellen hvor 2 fortrinn og 2 ulemper for hver loddemetode settes opp. Forklar spesielt hvorfor dampfaselodding ikke er i omfattende industrielt bruk, men benyttes mest for laboratoribasert prototypefremstilling, slik ditt eget overflatemontasje-teknologi prosjekt.

Recommended number of pages for this problem is 1-2 handwritten pages. / Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven er 1-2 håndskrevne sider.

Question 4: Micromachined devices and packages

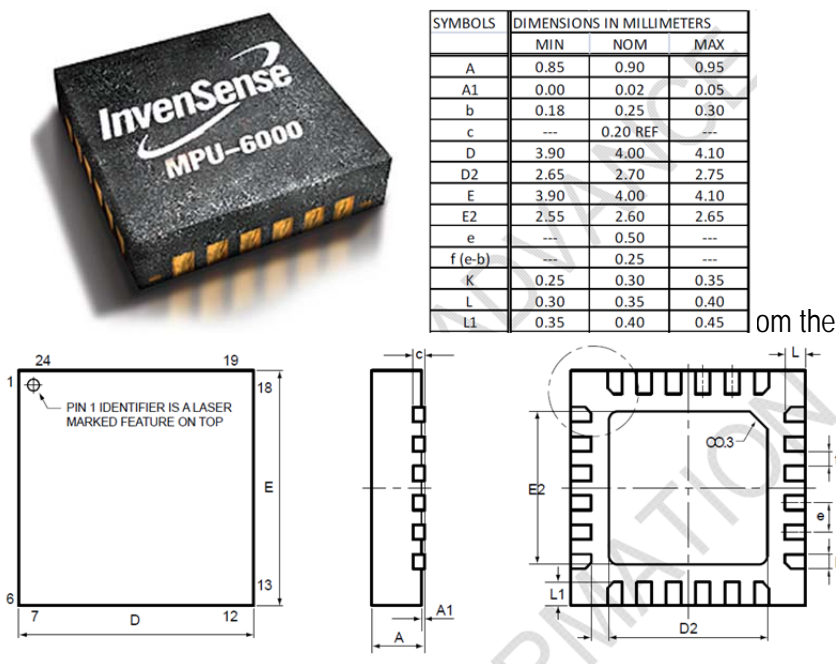


Fig 5: From the datasheet of The MPU-6000 from InvenSense is a 6-axis MotionTracking Device (Inertia Measurement Unit - IMU)

- The MPU-6000 from InvenSense is a 6-axis MotionTracking Device (Inertia Measurement Unit - IMU) designed for the low power, low cost, and high performance requirements of smartphones, tablets and wearable sensors. Pictures from the data sheet are shown above in figure 5. What kind of package is used for this MEMS-sensor? Propose two different methods which could be used for electrical and mechanical bonding this sensor to a PCB substrate. The lead material is NiPdAu (nickel-palladium-gold).
- When using such MEMS IMU components in plastic packages, PCB mounting and assembly can cause package stress. This package stress in turn can affect the output offset and its value over a wide range of temperatures. What causes this stress? How can it be reduced or avoided?

Oppgave 4. Mikromaskinerte komponenter og pakke/innkapsling

- MPU-6000 fra InvenSense er en 6-akse bevegelsessensor (Treghets Måle Enhet - TME) designet for bruk i produkter med krav til lav effekt, lav kost og høy ytelse som smarttelefoner, lesebrett og sensorer i klær. Figur 5 over er hentent fra databladet. Hva for pakke/innkapsling er benyttet for denne MEMS-sensoren? Foreslå to forskjellige metoder som kan benyttes for elektrisk og mekanisk bonde denne sensoren til et mønsterkort. Komponentens ben er av NiPdAu (nikkel-palladium-gull).
- Når slike MEMS TME'er settes inn i en plast kapsel, kan sammenstilling og lodding på mønsterkort forårsake pakkestress. Dette pakkestresset kan igjen innvirke på utgangssignalet's offset og dets verdi over et større temperaturområde. Hva forårsaker dette stresset? Hvordan kan dette reduseres eller unngås?

Anbefalt omfang på besvarelsen av denne oppgaven er 1-2 håndskrevne sider./ Recommended number of pages for this problem is 1-2 handwritten pages.

----- End / Slutt-----