

# Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

<b>Datum för tentamen</b>	2013-01-08
<b>Sal</b>	T1
<b>Tid</b>	14-18
<b>Kurskod</b>	TSBB31
<b>Provkod</b>	TEN1
<b>Kursnamn/ Benämning</b>	Medicinska Bilder
<b>Institution</b>	ISY
<b>Antal uppgifter som ingår i tentamen</b>	21
<b>Antal sidor på tentamen (inkl. försättsblad)</b>	11 dubbelsidiga sidor => 6 papper
<b>Jour/Kursansvarig</b>	Maria Magnusson, Maria.Magnusson@liu.se
<b>Telefon under skrivtid</b>	177786, 281336 073-804 38 67
<b>Besöker salen ca kl.</b>	14.50 och 16.50
<b>Kursadministratör</b>	Carina Lindström, Carina.E.Lindstrom@liu.se 284423
<b>Tillåtna hjälpmedel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Miniräknare</li><li>• Blank OH-film</li><li>• Medskickad formelsamling</li><li>• Physics Handbook</li><li>• Transformteori sammanfattning formler &amp; lexikon (blå färg)</li></ul>

# Anvisningar

Tentamen består av 6 delar om totalt 50p:

- Del 1: Grundläggande 2D signalbehandling (14p)
- Del 2: Röntgen och CT (9p)
- Del 3: Gamma-kamera, SPECT och PET (11p)
- Del 4: Mikroskopi, mm (3p)
- Del 5: Ultraljud (5p)
- Del 6: MRI (8p)

Notera att Del 1-6 har mycket gemensamt. Ibland kan en fråga passa in på flera ställen.

Tentamen innehåller frågor av olika typ:

- Kortare frågor som innebär att kunna beskriva begrepp, fenomen. Svaren skrivs direkt under frågan i tentamen.
- Längre fråga som innebär att kunna visa lite djupare förståelse, t ex redogörelser och räkneuppgifter. Svaren behöver ofta ges på lösa blad som bifogas tentamen.

Betygsgränser:

- 3:a 21-30p
- 4:a 31-40p
- 3:a 41-50p

## DEL 1: Grundläggande 2D signalbehandling

### Uppgift 1 (2p)

- Vad krävs av en signal för att den ska vara hermitisk i fourierdomänen?
- Vad krävs av en signal för att den ska vara jämn och reell i fourierdomänen?

**Uppgift 2 (2p)** Antag att du vill falta  $256 \times 256$ -bilden  $f(x, y)$  med  $15 \times 15$ -filterkärnan  $h(x, y)$  enligt

$$g_1(x, y) = f(x, y) * h(x, y).$$

Ett alternativ till detta är att använda 2D DFT enligt

$$g_2(x, y) = \text{IDFT}_2[\text{DFT}_2[f(x, y)] \cdot \text{DFT}_2[h(x, y)]].$$

Blir det någon skillnad på resultatbilderna  $g_1(x, y)$  och  $g_2(x, y)$ ? I mitten? Längs kanterna?

**Uppgift 3 (3p)** Bestäm den faltningsskärna som bildas om nedanstående faltningar och additioner utförs. Origo har markerats med en kraftigare ram.

$$\left( \begin{array}{c} \boxed{1} \\ \boxed{0} \\ \boxed{0} \\ \boxed{0} \\ \boxed{1} \end{array} * \begin{array}{c} \boxed{1} \\ \boxed{1} \\ \boxed{1} \end{array} + \boxed{1} \right) * \left( \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} * \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} + \boxed{1} \right)$$

Filtret ska användas för medelvärdesbildning (lågpassfiltrering). Det bör då skalas med en faktor - Vilken?

LÖS UPPGIFTEN PÅ SEPARAT BLAD

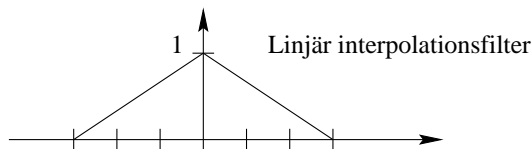
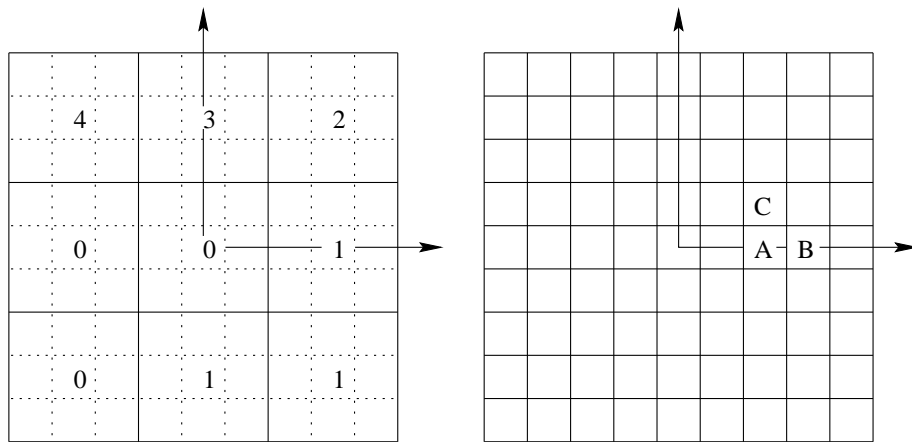
**Uppgift 4** (4p) Se nedanstående filter  $h_1(m, n) * h_2(m, n) = h(m, n)$ , där fet stil (t ex **6**) noterar kärnans centrum.

$$\begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \mathbf{2} \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} / 4 * \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 4 & \mathbf{6} & 4 & 1 \\ \hline \end{array} / 16 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ \hline 2 & 8 & \mathbf{12} & 8 & 2 \\ \hline 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ \hline \end{array} / 64$$

- Beräkna filtrets *kontinuerliga* Fouriertransform genom följande förfarande: Sätt en dirac-spik  $\delta()$  på varje sampelpunkt. Sätt sampelavståndet till  $T = 1$  och kalla den erhållna funktionen  $h_{1T}(x, y) * h_{2T}(x, y) = h_T(x, y)$ . Beräkna detta filters kontinuerliga Fouriertransform  $H_T(u, v)$ .
- Skissa  $H_T(u, 0)$  i intervallet  $-0.5 \leq u \leq 0.5$  och  $H_T(0, v)$  i intervallet  $-0.5 \leq v \leq 0.5$ . Tala med ledning av skisserna om vilken typ av filter  $H_T(u, v)$  är (lågpass, högpass, bandpass, bandspärr eller deriverande). Tala även om vad det är för skillnad på filtrets uppförande i u- och v-led.

LÖS UPPGIFTEN PÅ SEPARAT BLAD

**Uppgift 5** (3p) Nedan till vänster visas en liten  $3 \times 3$ -bild. Den ska interpoleras upp till 3 gånger så hög samplingstäthet, dvs  $9 \times 9$ -bilden som visas till höger. Interpolationen ska ske med bilinjär interpolation, dvs 2D linjär interpolation. Beräkna värdet på pixlarna markerade med A, B och C.



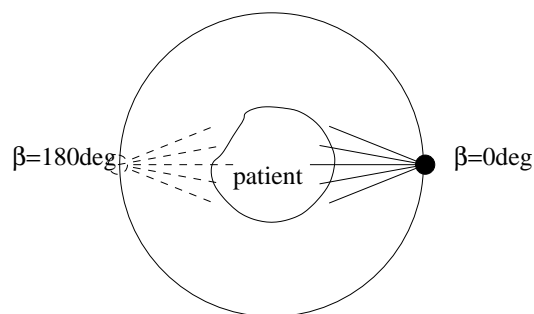
LÖS UPPGIFTEN PÅ SEPARAT BLAD

## DEL 2: Röntgen och CT

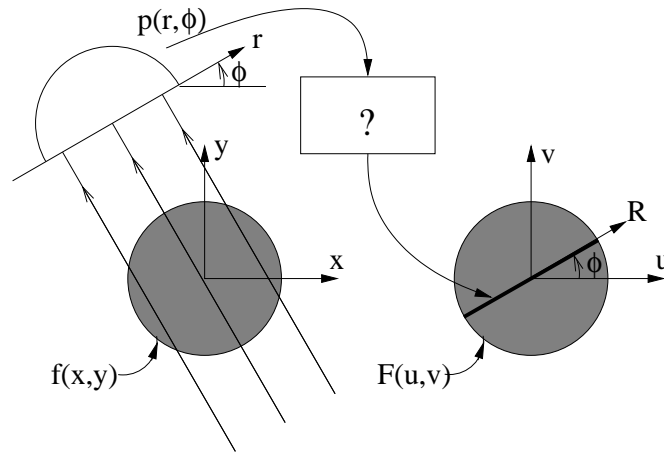
**Uppgift 6** (2p) Om ramp-filtret utesluts från den filtrerade återprojektionsmetoden, blir den erhållna bilden lika med den önskade bilden faltat med en 2D-filter. Vilket? Beskriv det med en skiss och en formel.

**Uppgift 7** (2p) Moderna medicinska CT-scannern producerar högkvalitativa 3D volymer. Det är då vanligt att använda en helix-formad bana för röntgenkällan. Beskriv hur en sådan källbana erhålles i termer av hur röntgenkällan, detektorn och patienten rör sig.

**Uppgift 8** (2p) Figuren nedan illustrerar en fan-beam röntgenkälla för två värden på rotationsvinkeln  $\beta$ . I fallet parallella projektioner krävs minst ett projektionsintervall på  $\beta \in [0^\circ, 180^\circ[$ . Vad är det minimala projektionsintervallet i fan-beam fallet? Är det samma som för parallella projektioner, eller är det mindre eller större? Motivera ditt svar!



**Uppgift 9** (3p) Figuren nedan illustrerar ett teorem. Beskriv detta teorem! Referera till figuren och dess beteckningar  $f(x, y)$ ,  $F(u, v)$  och  $p(r, \theta)$ , i din berättelse. Tala också om vad som görs i boxen med frågetecknet!



### DEL 3: Gamma-kamera, SPECT och PET

**Uppgift 10** (2p) På SPECT-laboration använde vi ett Butterworth-filter. Ekvationen för ett sådant filter är

$$BW(r) = \frac{1}{\sqrt{1 + (r/D_0)^{2n}}}, \quad r = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2},$$

där  $D_0$  är gränshfrekvensen (cut-off frequency).

- Hur behandlar detta Butterworth-filter höga och låga frekvenser (frekvenser tydligt under respektive över gränshfrekvensen)?
- Varför var det bra att filtrera SPECT-volymer med detta filter?

**Uppgift 11** (3p) På SPECT-laboration segmenterade vi ut lungorna. Först tröskelsatte vi CT-volymer. Den tröskelsatta CT-volymer etiketterades och genom att välja rätt etikett erhöles en binär volym av bara lungorna (`ctvolbin`) med värde 1 i lung-voxlar och värde 0 i övriga voxlar. Den binära lungvolymen `ctvolbin` kunde sedan användas för att markera var lungorna befann sig i SPECT-volymer.

Vi gjorde dock en liten justering av `ctvolbin` med hjälp av nedanstående MATLAB-kod (där `convn` utför faltning):

```
se = zeros(3,3,3);
se1 = [1 1 1; 1 1 1; 1 1 1];
se2 = [0 1 0; 1 1 1; 0 1 0];
se(:,:,1) = se2;
se(:,:,2) = se1;
se(:,:,3) = se2;
ctvolbin = convn(ctvolbin, se, 'same') == 19;
```

Vad gör koden, vad blir det för effekt på de binära lungorna och varför var det bra att göra detta?

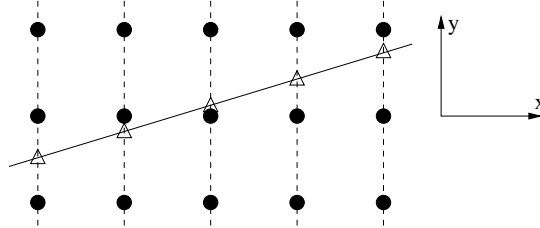
**Uppgift 12** (1p) För SPECT gäller att iterativ rekonstruktion med ML-EM algoritmen (eller hellre OS-EM) ger bättre bildkvalitet än filtrerad återprojektion. Det gäller att

$$f_i^{k+1} = \frac{f_i^k}{\sum_{j=1}^m A_{ji}} \sum_{j=1}^m A_{ji} \frac{p_j}{\sum_{j=1}^m A_{ji} \cdot f_i^k},$$

där  $f_i$  är en pixel i bilden,  $A_{ji}$  är en stor  $m \times n$ -matris, som bestämmer vilka pixlar  $f_i$ , som korresponderar mot ett visst uppmätt projektningsvärde  $p_j$ .  $\sum_{j=1}^m A_{ji} \cdot f_i^k$  är alltså ett beräknat projektningsvärde.

Vad händer när det beräknade projektningsvärdet blir samma som det uppmätta?

**Uppgift 13** (2p) Se föregående uppgift. Projektionsvärden måste alltså beräknas genom bilden om och om igen, vilket t ex kan göras med Joseph's metod. Se nedanstående figur och beskriv i anslutning till den Joseph's metod.



Tala också om vilken uppgift nedanstående värde har i samband med Joseph's metod.

$$\frac{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}}{|x_1 - x_2|}$$

**Uppgift 14** (1p) Inom nukleärmedicinen mäter vi radioaktivt sönderfall. Det radioaktiva sönderfallet är Poisson-distibuerat. Hur förhåller sig den uppmätta signalens väntevärde  $\mu_N$  och standardavvikelse  $\sigma_N$  till varandra?

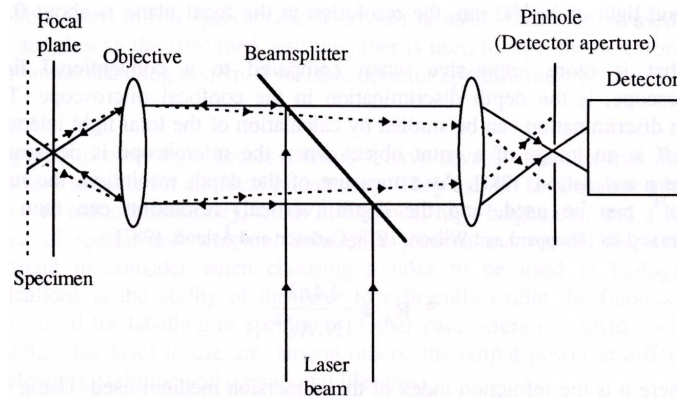
**Uppgift 15** (2p) PET-rekonstruktion kan göras på enklaste vis med vanlig filtrerad återprojektion, men resultatet blir ofta inte så bra. En orsak är att man då ignorerar PET-fotonernas dämpning på deras väg genom kroppen. Om man kompenserar för denna attenuering blir resultatet bättre. Hur kan man praktiskt mäta denna attenuering? Ordet *keV* ska inkluderas i din beskrivning.



## DEL 4: Mikroskopi, mm

**Uppgift 16** (3p) Figuren visar en principskiss över ett konfokalt fluorescencemikroskop.

- Vilken är den viktigaste fördelen med ett konfokalt mikroskop?
- Vad gäller för levande celler och konfokal mikroskopi?
- Vilken funktion har “*Pinhole (Detector aperture)*” i figuren?



## DEL 5: Ultraljud

**Uppgift 17** (3p) Förklara en enkel metod för datakompression på en bandbegränsad signal

$$s_m(t) = \cos(\omega_0 t) s(t),$$

där  $s(t) \geq 0$ , bandbredden för  $s(t) = 10\text{kHz}$  och  $\omega_0 = 2\text{MHz}$ .

- Vilken är den lägsta samplingsfrekvens som kan användas om man vill undvika vinkningsdistortion?
- Informationen i signalen  $s_m(t)$  kan representeras med en en samplingsfrekvens på 20kHz. Förklara hur detta kan göras utgående från  $s_m(t)$ .

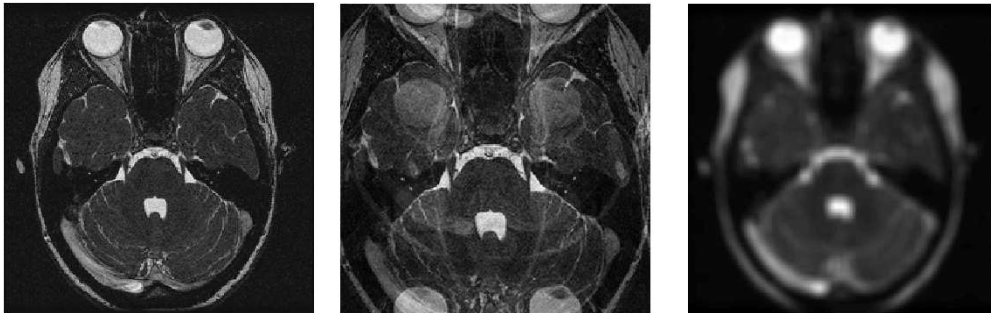
AID nummer: \_\_\_\_\_

**Uppgift 18** (2p) Vid en ultraljudsmätning sänder vi ut ett pulståg med längden 5 perioder och frekvensen 2MHz. Ljudhastigheten i kroppen kan antas vara 1500m/s.

Vilken är det minsta avståndet mellan två bakom varandra liggande vävnadsövergångar som kan mätas? Kravet för mätbarhet är att de reflekterade pulsernas envelopp inte överlappar tidsmässigt.

## DEL 6: MRI

**Uppgift 19** (2p) Maria håller på att skapa några fina MR-bilder men hon har lite problem och behöver din hjälp. Hon försöker få fram bilden längst till vänster.

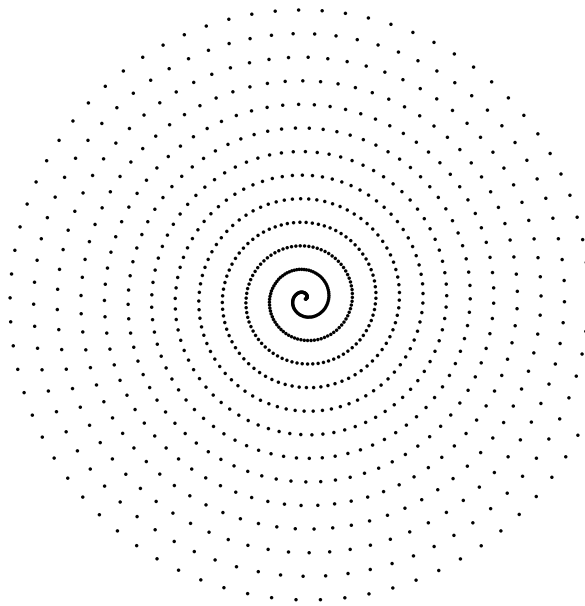


- Vad är det för fel på mittenbilden och hur ska samplingen ändras?
- Vad är det för fel med den högra bilden och hur ska Maria ändra samplingen?

**Uppgift 20** (2p) Nedan finns två fundamentala steg inom MRI uppräknade. Beskriv för vart och ett av stegen vad som händer med väteatomernas spinnvektorer inuti objektet.

- Objektet placeras i ett stationärt magnetfält på 1.5 Tesla.
- En stark elektromagnetisk puls med frekvensen 63.9 MHz träffar objektet.

**Uppgift 21** (4p) Ett sätt att vid i MR undersökning göra en extra snabb skanning av k-space är att använda spiralavsökning, se figur.



Koordinaterna i k-space som funktion av radie och vinkel beror av,  $t$ , och ges av:

$$\begin{aligned}k_\rho &= \alpha t \\k_\varphi &= \beta t\end{aligned}$$

Bevara följande 2 frågor.

- Ange hur x- och y-gradienterna ( $g_x, g_y$ ), varierar som funktion av tiden  $t$ .
- Vi samplar 256 varv av spiralen och samplen tas var  $10\text{:e } \mu\text{s}$  ( $\Delta t = 10^{-5}$ ). Konstanten,  $\alpha$ , är vald så att samplingstätheten i radiell led är tillräckligt tät för att inte orsaka vikning. Beräkna  $\beta$  så att avstånden mellan samplen i vinkelled och i radiell led är lika stora för samplen längst ut i k-space.

LÖS UPPGIFTEN PÅ SEPARAT BLAD