

# EK1191 Mätteknik

## Kursinformation

### HT 2016

V2-2016-08-25

Kursansvarig

*Hans Sohlström*

[hans.sohlstrom@ee.kth.se](mailto:hans.sohlstrom@ee.kth.se)

08-790 90 41



**KTH Elektro-  
och systemteknik**

Mikro- och nanosystem

Osquldas väg 10, 100 44 Stockholm

# Innehåll

Mål.....	3
Kursinnehåll.....	4
Förkunskaper.....	4
Kurslitteratur.....	4
Registrering.....	4
Uppbyggnad och examination.....	5
Förberedelsedel.....	5
Web-uppgifter.....	6
Tentamen.....	7
Laborationskurs.....	7
Praktiska upplysningar.....	8
Orienteringsplan MST-signal lab, Osquldas väg 10 plan 2.....	8
Föreläsningar och övningar ht 2016.....	9
Laborationer ht 2016.....	10

Kursen *EK1190 Mätteknik* ges av avdelningen *Mikro- och nanosystem (MST)*. Där forskar vi med inriktning mot mikrosystem, speciellt sensorer baserade på mikrosystemteknik.



*Fortsättningskurser:*

*EK2350 Mikrosystemteknik* (7,5 hp) som ger en introduktion till Mikrosystemteknik /Mikro-ElektroMekaniska System (MEMS). Period 4.

*EK2360 Projektkurs i i Mikrosystemteknik* (7,5 hp) som ger erfarenhet av design, tillverkning och utvärdering a mikrosystem. Period 2.

*EK212X Examensarbete i mätteknik*

*EK213X Examensarbete i mikrosystemteknik.*

## EK1191 Mätteknik, för E3

### Mål

(Från kursplanen) Efter genomgången kurs ska studenten kunna

- redogöra för grundläggande begrepp inom mätteknik och metrologi, särskilt hur måttenheter definieras och hur spårbarhet skapas,
- beskriva hur elektriska störningar uppstår och fortplantas, hur de i enkla fall kan modelleras och hur de kan minskas,
- redogöra för uppbyggnaden av oscilloskop och multimetrar samt förstå hur deras prestanda påverkar mätresultat och användbarhet,
- redogöra för hur flera olika typer av AD-omvandlare arbetar och hur detta inverkar på deras känslighet för störningar i signalen,
- använda oscilloskop och multimeter för mätning av ström, spänning och resistans, samt dessa storheters variation i tiden,
- använda resistiva sensorer för mätning av temperatur och töjning,
- beskriva modern sensorteknik och hur sensorer baserade på piezoelektricitet, kapacitans och induktans används,
- beskriva olika de vanligaste sätten att bygga upp ett datorstött mätsystem,
- beskriva grundprinciperna för olika typer av spektrumanalysatorer samt hur olika egenskaper hos signalerna återges i tidssignalen och i signalens spektrum,
- med ledning av olika typer av osäkerhetsbeskrivningar för de ingående delstorheterna beräkna en sammansatt storhets osäkerhet och uttrycka den i termer av standardosäkerhet och konfidensintervall på det sätt som rekommenderas i GUM,
- dokumentera samt muntligen och skriftligen rapportera experimentella resultat,
- tillämpa ovan nämnda kunskaper och förmågor i beräkningar, problemlösning och laborativt arbete, både enskilt och i grupp.

## Kursinnehåll

(Från kursplanen)

- Mätteknikens grunder: enheter och normaler, spårbarhet, osäkerhetsberäkningar, dokumentation.
- Mätning av statiska och tidsvariabla elektriska storheter: sampling, digitalisering, vinkningsdistorsion, spektrumanalys. Tillämpningar med multimeter och oscilloskop.
- Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC).
- Datorn i mätsystemet: hårdvarumöjligheter, mjukvara, virtuella instrument.
- Sensorer: fysikaliska principer, vanliga typer, tillverkningsteknologier, tillämpningar.

## Förkunskaper

Kursen utnyttjar kunskaper från en rad kurser i utbildningsprogrammet:

EI1110 Elkretsanalys, utökad kurs	<i>viktigt i hela kursen</i>
SF1901 Sannolikhetsteori och statistik I	<i>för osäkerhetsberäkningar</i>
IF1603 Klassisk fysik, mekanik och våg	<i>för sensordelen och EMC</i>
EI1220 Teoretisk elektroteknik E	<i>hela tiden, men tydligast för EMC</i>
EQ1110 Tidskontinuerliga signaler och system	<i>för filter och spektrum</i>
EQ1120 Tidsdiskreta signaler och system	<i>för sampling, vinkning och FFT</i>
IE1207 Analog Elektronik (går parallellt)	<i>OP-kopplingar, mm</i>

De som inte går CELTE-programmet eller av andra skäl ej läst dessa eller motsvarande kurser uppmanas kontakta kursansvarig för en bedömning av förkunskaperna.

Kursen i Elkretsanalys har först under läsåret 2015/2016 anpassats för att ge helt fullgoda förkunskaper till EK1191, varför en särskild förberedelsedel kommer att erbjudas i EK1190 2015/2016 och 2016/2017, se nedan.

## Kurslitteratur

Kursbunt, säljs på STEX för 200 kr (inkluderar också det som utdelas under kursens gång):

Metrologi – läran om mått

Instrumentanvisningar

Laborationsanvisningar

Lab 1 Mätning med multimeter och oscilloskop

Lab 2 DA-omvandling, AD-omvandling, mätsystem, elmiljö

Lab 3 Sensorer

Lab 4 Mätning i frekvensdomänen

## Registrering

Registrering på kurs sker på vanligt sätt via webben. Tillgången till Bilda, som används för vissa uppgifter i kursen, fungerar först efter registrering, så det är viktigt att registrering sker direkt efter kursstart.

Doktorander hänvisas till *EK3230 Elektrisk mätteknik för forskarstuderande*, som samläses med EK1191, men har annan examination. Kontakta Hans Sohlström för information.

## Uppbyggnad och examination

Kursen är indelad i fyra block som vardera innehåller föreläsningar, övningar, räknestuga, webbuppgift/KS och en laboration. Därutöver ingår en avslutande skriftlig tentamen som behandlar både teorin från kurslitteraturen och från laborationerna.

En del av examinationen sker genom webbuppgiften. Webbuppgiften kan göras vid valfri tidpunkt sedan systemet öppnats för det aktuella avsnittet fram till strax före laborationen. Den som blir underkänd på webbfrågesystemet har möjlighet att i stället skriva KS vid tillfälle enligt nedan. Gör därför Webfrågan helt klar *före* KS. Webfråga eller KS måste vara godkänd *före* laborationstillfället.

Webbuppgifterna är individuella så var och en måste lösa sina uppgifter. Samarbete är tillåtet så länge den inloggade själv skickar ett svar som han ansvarar för och förstår.

Användningen av valfria hjälpmedel är tillåten. För ledning hänvisas i första hand till räknestugorna, i andra hand till kursansvarig. Doktorander på MST kan eventuellt också ge hjälp. Vi kommer dock inte att ge färdiga svar till uppgifterna.

Kontrollskrivningen är alltså endast ett alternativ för den som inte vill göra webbfrågan eller som misslyckats med den. Kurslitteraturen får medföras på KS, men uppgiften löses strikt individuellt. Kurslitteratur i EK1191 samt räknare får användas. Skrivtid 45 min.

För godkänt på kursen krävs följaktligen

- EK1191 Lab1: Webbuppgift/KS och laboration i per 1 (1 hp).
- EK1191 Lab2: Webbuppgift/KS och laboration i per 1 (1 hp).
- EK1191 Lab3: Webbuppgift/KS och laboration i per 2 (1 hp).
- EK1191 Lab4: Webbuppgift/KS och laboration i per 2 (1 hp).
- EK1191 Tentamen (förhandsanmälan) efter period 2 (2 hp)

Den som blir underkänd på Webfråga/KS kan efter anmälan skriva ny KS under våren. För den som har godkänd webbuppgift eller KS finns igentagningstillfällen för laborationer.

### *Stöd via Funka*

KTH har en central enhet för studenter med funktionsnedsättning, FUNKA:

<https://www.kth.se/en/student/studentliv/funktionsnedsattning>. Vi rekommenderar dig att också informera kursansvarig om dina behov. Funka informerar inte kursansvarig.

## Förberedelsedel

Under läsåret 2015/2016 och 2016/2017 erbjuds en frivillig förberedelsedel bestående av en videoinspelad föreläsning, en webbfråga och ett öppet labbtillfälle. Anledningen är att *EI1110 Elkeretsanalys, utökad kurs* först under läsåret 2015/2016 kompletterats med grundläggande mätteknik. De som tittar på video-föreläsningen och svarar på de frågor som finns i den samt blir godkänd på den extra web-frågan och närvarar på det extra labbtillfället, får 2 p bonus på tentan i EK1191, förutsatt att poängen före bonus minst ger Fx. För denna webfråga erbjuds inte KS som alternativ.

Videoföreläsningen finns i plattformen Scalable learning. Om du inte redan använt den plattformen så måste du registrera dig på

<http://www.scalable-learning.com/#/users/student>

Följ sedan instruktionerna och logga in. Obs att du måste registrera dig med fullständigt

namn och din KTH-mail för att du ska kunna få bonuspoängen. Sedan du registrerat dig så kan du anmäla dig till kompletteringuppgiften med kursnyckeln KZXXS-20573.

Ett antal flervalfrågor är infogade i föreläsningen och du måste besvara dessa för att komma vidare i föreläsningen. Du kan hela tiden backa och ta om avsnitt. Det finns också möjlighet att skriva frågor och att trycka på en ”förvirrad-knapp”. Dessa frågor och oklarheter registreras och kommer att tas upp i samband med laborationen. Observera också att videotittande och webfråga måste vara klara före 16-09-08 kl 8.00 för att ge bonus.

## Web-uppgifter

### Bilda

Webfrågorna har implementerats i utbildningsplattformen Bilda (PING PONG). Troligen har du stött på Bilda tidigare under dina studier på KTH.

Logga in på [bilda.kth.se](http://bilda.kth.se). Välj sedan aktiviteten EK1190 Mätteknik H16.

Om du inte hittar den så kan det hända att du inte är kursregistrerad eller att det är problem med uppdateringen av deltagarlistan i Bilda. Kontakta i så fall STEX.

### I fortsättningen

När du läst den introducerande texten så kan du vilja olika webfrågetester. Välj rätt test, läs informationen i början och välj sedan ny sida så kommer den första frågan.

Då får du en fråga som valts slumpmässigt ur en bank av frågor. Försök efter bästa förmåga att lösa den och skicka ditt svar. Systemet försöker förstå vad du skrivit och kommenterar svaret samt godkänner eller underkänner det. I vissa fall kan systemet ignorera svaret. Kommentaren är då en begäran om ett förtydligande eller en ledning. När du då begär en ny fråga får du frågan igen och kan svara på ett bättre sätt. Du har högst 30 min på dig med varje fråga. Vill du logga ut för att fortsätta senare så du göra det när du lämnat in ditt svar, innan du begär en ny fråga.

Under vissa ovanliga förhållanden tycks det kunna hända att en fråga räknas som underkänd om förbindelsen mellan webbläsaren och servern bryts. Kontakta kursansvarig om detta skulle hända. Alla svar loggas och kan bedömas i efterhand.

Förutom text innehåller en del frågor bilder. Det är därför viktigt att din läsare hämtar bilderna utan problem från servern. Om bilder inte laddas eller laddas mycket långsamt så bör du undvika att använda systemet.

Eftersom frågorna slumpas ut, så kan det hända att du får samma fråga flera gånger – kanske med nya parametervärden. Det lönar sig därför att förstå varför ett svar underkänts.

Systemet letar efter ord, kombinationer av ord, tal eller tal åtföljda av en enhet. Formulera dig tydligt och *stava rätt*. Enheter måste skrivas i förkortad form i enlighet med normerna. (exempel: mV – inte millivolt, MHz – inte Mhz). Undantaget är prefixet  $\mu$  och enheten  $\Omega$  som ska skrivas med gemena (små) bokstäver som *mikro* resp *ohm* (exempel: mikroV resp Mohm). Systemet känner inte igen enheter om de direkt följs av något annat tecken. Detta gäller även skiljetecken. Sätt därför inte exempelvis punkt eller komma direkt efter enheten.

Godkäntkriteriet kräver en viss andel (tex 80%) riktiga svar, i kombination med ett visst minsta antal riktiga svar, så det lönar det sig att vara noggrann från början. Varje felaktigt besvarad fråga måste kompenseras med ett stort antal riktiga svar. När kriteriet är uppfyllt så aktiveras en knapp i websidan där du kan lämna i testet som godkänt. Den som gjort 30 frågor utan att uppfylla kriteriet underkänns i stället och hänvisas till KS. Även om du inser att du omöjligt kan klara testen så rekommenderar vi att du ändå slutför testet som träning inför KS eller nästa försök (nästa termin). KS innehåller samma typ av frågor. Dock är KS strikt individuell. Vid underkänd KS så måste webfråga eller KS göras om påföljande termin efter anmälan till kursansvarig.

Problem med Bilda hänvisas till KTHs datorsupport. Problem med webfrågorna hänvisas till Hans Sohlström.

## Tentamen

Kursen avslutas med en tentamen som ger 2 hp. Den innehåller 1 uppgift i vilken man ska skriva en redogörelse för ett laborationsmoment och ytterligare 5 tentamensfrågor. Kurslitteratur och anteckningar i laborationshäftena får användas vid tentamen. Se därför till att göra ordentliga anteckningar om utförande och resultat vid laborationerna och spara dessa till tentamenstillfället. Typtenta och extentor finns tillgänglig på kursens websida.

KTH har en central tentamensamordning för studenter med funktionsnedsättning, FUNKA. Den som har särskilda behov i samband med tentamen bör vända sig dit <https://www.kth.se/en/student/studentliv/funktionsnedsattning>

## Laborationskurs

### Anmälan.

Vi använder en funktion i Bilda för labbokningen. Troligen kräver den kursregistrering. Vi kommer att skicka ut email som inbjudan till registreringen. Anmäl dig till minst 1 laboration senast 2015-09-05. Vid förhinder ska du ta bort din anmälan så att någon annan kan ta din plats. Ej borttagna anmälningar kan leda till att andra teknologer avvisas från laborationstillfällena trots att det finns lediga platser. Vi kommer stickprovsmässigt att jämföra bokning och närvaro i labbet.

### Förkunskaper

Före varje laboration skall anvisningen noga studeras. *Labanvisning* och häftet *Instrument-anvisningar* ska medföras till laborationen. Varje laborant ska ha ett eget exemplar av utförandedelen i labhandledningen. Den som finner sig sakna anvisning kan vända sig till kursansvarig. Laborationshandledningar med förifyllda resultat får ej förekomma på laboratoriet. Teknologer som utnyttjar en sådan kommer att omedelbart avvisas från labbet. Laborationen börjar enligt schemat, 15 min efter hel timme. För deltagande i laborationen krävs att webfråga eller KS godkänns före labtillfället.

### Att laborera

Laborationen är i första hand ett tillfälle till inläring. Förutsättningen för laborerande är dock goda förberedelser. Vi svarar naturligtvis på frågor och hjälper till under laborationen. Teknologer som uppenbart inte har förberett sig tillräckligt kan dock komma att avvisas.

All bearbetning av mätresultat görs under laborationen. Mätningarna dokumenteras i alla labhäften så noggrant så att en tydlig redovisning vid laborationens eller momentets slut underlättas. *De behövs också vid tentamen.* Alla gruppmedlemmar skall vara beredda att redogöra för laborationen. När hela laborationen godkänts skall labanvisningen stämplas och signeras av handledaren och godkänt resultat införs i labjournalen.

Samtliga moment i laborationen ska behandlas och redovisas på ett nöjaktigt sätt. Undantag är endast de moment som markerats ”i mån av tid” eller enligt handledarens anvisningar. Dessa moment behöver endast slutföras om det kan göras inom ramen för laborationstiden. Laborationen avslutas vid schematidens slut eller så snart som möjligt därefter. Om de obligatoriska momenten inte är behandlade vid laborationstidens slut eller inom den tid som handledaren anvisar, måste ni boka ett kompletteringstillfälle som omfattar 2 tim och återkomma då för att slutföra laborationen.

### Igentagning.

Den som på grund av sjukdom eller annan anledning missar det labtillfälle som hen är anmäld till skall i första hand försöka göra laborationen vid ett återstående ordinarie tillfälle. Ny labtid bokas enligt ovan sedan det tidigare tillfallets avbokats. Ett par särskilda igentagningstillfällen finns också i labschemat. Dessa bokas genom ett e-postmeddelande med angivande av orsak via epost till [hans.sohlstrom@ee.kth.se](mailto:hans.sohlstrom@ee.kth.se).

### Praktiska upplysningar



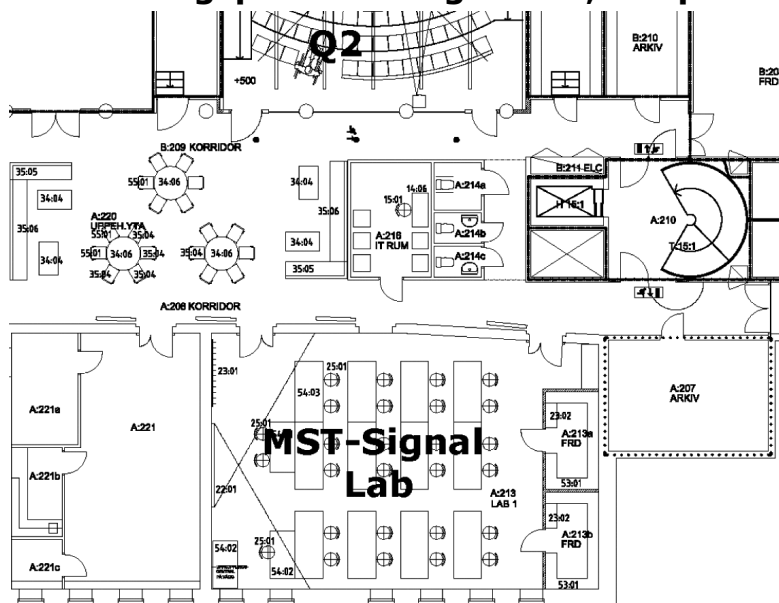
*Kursansvarig:* Hans Sohlström, Osquldavägen 10 plan 5,  
tel 08-790 90 41, [hans.sohlstrom@ee.kth.se](mailto:hans.sohlstrom@ee.kth.se).

*WWW:* <https://www.kth.se/social/course/EK1190/>

*Webbfrågesystem:* Länk från <https://www.kth.se/social/course/EK1191/>

*Expedition:* STEX, Osquldavägen 10, plan 3.

### Orienteringsplan MST-signal lab, Osquldavägen 10 plan 2





## Föreläsningar och övningar ht 2016

(Enligt information vid kursstart. För uppdaterad information, se KTH schema.)

<i>Datum</i>	<i>tid</i>	<i>sal</i>	<i>lär</i>	<i>preliminärt innehåll</i>	
Må	16-08-29	8–10	L51	HS	F1 Intro, elsäkerhet, metrologi
Ti	16-08-30	10–12	Q34	HS	F2 Metrologi – osäkerhetsberäkning
On	16-08-31	10–12	M23	HS	Ö1a Osäkerhetsberäkning
On	16-08-31	13–15	D32	HS	Ö1b Osäkerhetsberäkning
Må	16-09-05	8–10	M33	HS	F3 Multimetern, oscilloskop
Ti	16-09-06	8–10	L51	HS	F4 Multimetern, oscilloskop
Ti	16-09-06	15–17	Q24	HS	Ö2a Multimetern, oscilloskop
To	16-09-08	8.00			<i>Deadline webfråga 0</i>
To	16-09-08	10–12	Q24	HS	Ö2b Multimetern, oscilloskop
Fr	16-09-09	10–12	M33	HS	RS1 Metrologi – osäk , multim, osc.
Ti	16-09-13	8.00			<i>Deadline webfråga 1</i>
Ti	16-09-13	8–9	Q21	HS	KS1 Metrologi – osäk, multim, osc.
To	16-09-22	15–17	L51	HS	F5 EMC
Må	16-09-26	13–15	Q31	HS	F6 AD
Ti	16-09-27	10–12	Q31	HS, N	F7 AD, mätsystem
On	16-09-28	17–19	B21	HS	Ö3a EMC, AD, mätsystem
To	16-09-29	10–12	L51	HS	Ö3b EMC, AD, mätsystem
Fr	16-09-30	8–10	L51	HS	RS2 EMC, AD, mätsystem
To	16-10-06	13–14	L51	HS	KS2 EMC, AD, mätsystem
Må	16-10-10	8.00			<i>Deadline webfråga 2</i>
Må	16-10-31	10–12	L51	HS/KG	F8 Sensorer
Ti	16-11-01	13–15	Q33	HS/KG	F9 Sensorer
On	16-11-02	10–12	Q15	HS/KG	Ö4a Sensorer
On	16-11-02	15–17	L51	HS/KG	Ö4b Sensorer
To	16-11-03	13–15	V33	HS/KG	RS3 Sensorer
On	16-11-09	8–9	M33	HS	KS3 Sensorer
Må	16-11-14	8.00			<i>Deadline webfråga 3</i>
Ti	16-11-22	8–10	V3	HS	F10 Spektrum, filter, mm
On	16-11-23	8–10	Q21	HS	Ö6a Spektrum, filter, mm
To	16-11-24	15–17	K53	HS	Ö6b Spektrum, filter, mm
Fr	16-11-25	8–10	L52	HS	RS4 Spektrum, filter, mm
On	16-11-30	8.00			<i>Deadline webfråga 3</i>
Ti	16-11-29	8–9	Q21	HS	KS4 Spektrum, filter, mm
Fr	16-12-16	8–10	L51	HS	RS5 Mätrapporter, sammanfattning
On	17-01-13	8–13	L51, 52	HS	Tentamen, <i>Obs förhandsanmälan!</i>
HS: Hans Sohlström,		KG: Kristinn Gylfason		N: XX, National Instruments	

## Laborationer ht 2016

Lab 0 Frivillig öppen lab (jfr Förberedelsedel ovan)

Lab 1 Elsäkerhet, Mätning med multimeter och oscilloskop

Lab 2 DA-omvandling, AD-omvandling, mätsystem, elmiljö

Lab 3 Sensorer

Lab 4 Mätning i frekvensdomänen

Bokstäver A–C indikerar tillfälle enligt anmälan,

Reservtillfälle med **grå text** kommer endast att genomföras om övriga tillfällen är fullbokade.

X indikerar igentagningstillfälle med separat anmälan via e-post för dem som missat sitt ordinarie tillfälle, se ovan.

<i>vecka</i>	<i>dag</i>	<i>dat</i>	<i>tid</i>	<i>Lab 0</i>	<i>Lab 1</i>	<i>Lab 2</i>	<i>Lab 3</i>	<i>Lab 4</i>
v 36	To	16-09-08	8–10 (2h!)	A				
	Fr	16-09-09	15–17(2h!)	B				
v 37	Må	16-09-12	8–10 (2h!)	<b>C</b>				
	Ti	16-09-13	13–17		A			
v 38	Ti	16-09-20	13–17		B			
	On	16-09-21	8–12		<b>C</b>			
v 41	Må	16-10-10	8–12			A		
	To	16-10-13	8–12			B		
	To	16-10-13	13–17			<b>C</b>		
v 44	To	16-11-03	13–17	X	X	X		
v 46	Må	16-11-14	8–12				A	
	Ti	16-11-15	8–12				B	
	On	16-11-16	8–12				<b>C</b>	
v 48	On	16-11-30	8–12					A
	To	16-12-01	8–12					B
	Fr	16-12-02	8–12					<b>C</b>
v 50	Ti	16-12-13	8–12	X	X	X	X	X