

**İTÜ**  
**DERS KATALOG FORMU**  
**(COURSE CATALOGUE FORM)**

|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Dersin Adı                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            | Course Name                                             |                                                                    |                                              |                             |
| Mikro-Elektro Mekanik Sistemlere Giriş (MEMS)                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            | INTRODUCTION TO MICRO-ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS (MEMS) |                                                                    |                                              |                             |
| Kodu<br>(Code)                                                        | Yarıyılı<br>(Semester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Kredisi<br>(Local Credits) | AKTS Kredisi<br>(ECTS Credits)                          | Ders Uygulaması, Saat/Hafta<br>(Course Implementation, Hours/Week) |                                              |                             |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                         | Ders<br>(Theoretical)                                              | Uygulama<br>(Tutorial)                       | Laboratuvar<br>(Laboratory) |
| IML 467<br>IML 467E                                                   | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                          | 5.5                                                     | 3                                                                  | -                                            | -                           |
| Bölüm / Program<br>(Department/<br>Program)                           | Makina Mühendisliği / İmalat Mühendisliği<br>Mechanical Engineering / Manufacturing Engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
| Dersin Türü<br>(Course Type)                                          | Seçmeli<br>(Elective)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                         | Dersin Dili<br>(Course Language)                                   | Türkçe/İngilizce<br>Turkish/English          |                             |
| Dersin Önkoşulları<br>(Course Prerequisites)                          | IML 336 /336 E min DD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
| Dersin mesleki bileşene katkısı, %<br>(Course Category by Content, %) | Temel Bilim<br>(Basic Sciences)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            | Temel Mühendislik<br>(Engineering Science)              | Mühendislik Tasarım<br>(Engineering Design)                        | İnsan ve Toplum Bilim<br>(General Education) |                             |
|                                                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            | 25%                                                     | 75%                                                                | -                                            |                             |
| Dersin İçeriği<br>(Course Description)                                | Temel silisyum-esaslı mikro imalat. Gövde ve yüzey mikroişleme.<br>Mekanik sensörlerin temelleri. Diyaframlar ve membranlar. Kuvvet ve basınç sensörleri. İvme ve açısal hız sensörleri. Akış sensörleri. Elektronik arayüz oluşturma. Kılıflama                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
|                                                                       | Basic silicon-based micro fabrication. Bulk and surface micro machining.<br>Basics of mechanical sensors. Diaphragms and Membranes. Force and Pressure Sensors. Acceleration and Angular Rate Sensors. Flow sensors. Resonant Sensors. Electronic Interfacing. Packaging.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
| Dersin Amacı<br>(Course Objectives)                                   | 1.Mikro-sensörlerin imalatında kullanılan temel tekniklere giriş<br>2.Farklı mekanik sensörlerin tanıtılması ve mekanik sensörlerin imalat teknikleri kadar ölçme mekanizmalarının da öğretilmesi<br>3.Mikro ölçekte bir mekanik sensörün nasıl tasarlanacağını öğretmek                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
|                                                                       | 1. To introduce basic techniques used in manufacturing micro-sensors<br>2. To introduce different mechanical sensors and to teach their sensing mechanisms as well as their manufacturing techniques<br>3. To teach how to design a mechanical sensor in micro scale                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
| Dersin Öğrenme Çıktıları<br>(Course Learning Outcomes)                | Bu dersi başarı ile bitiren öğrenciler;<br>1. Silisyum-esaslı MEMS teknolojisinin temel imalat tekniklerini öğrenecekler, (e)<br>2. Mikro-mekanik sensörlerin nasıl imal edildiğini öğrenecekler, (e)<br>3. Mikro-ölçekte algılama mekanizmalarını anlayacaklar, (c)<br>4. Makina mühendisliği uygulamaları için bir mikro-elektromekanik sensör tasarlayabilecek. (c)                                                                                                                                                                                    |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |
|                                                                       | The students passing the course will be able to:<br>(Note: The letter(s) in parentheses addresses the relevant program outcome(s))<br>The students passing the course will be able to:<br>(Note: The letter(s) in parentheses addresses the relevant program outcome(s))<br>1. Learn basic manufacturing techniques in Si-based MEMS technology (e)<br>2. Learn how to manufacture micro-mechanical sensors (e)<br>3. Understand sensing mechanisms in micro-scale (e)<br>4. Design a micro-mechanical sensor for mechanical engineering applications (c) |                            |                                                         |                                                                    |                                              |                             |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                                                 |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Ders Kitabı<br/>(Textbook)</b>                             | 1) An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering, by Nadim Maluf and Kirt Williams, published by Artech House, ISBN: 1580535909<br>2) MEMS and microsystems : design and manufacture / Tai-Ran Hsu Boston : McGraw-Hill, c2002, ISBN: 0072393912 |                             |                                                                 |
| <b>Diğer Kaynaklar<br/>(Other References)</b>                 | 1) The MEMS Handbook, Mohamed Gad-El-Hak, ISBN: 0849300770<br>2) Microsensors, MEMS and Smart Devices, by Julian W. Gardner and Vijay K. Varadan. ISBN: 047186109X                                                                                               |                             |                                                                 |
| <b>Ödevler ve Projeler<br/>(Homework &amp; Projects)</b>      | 5 ödev, 1 dönem projesi.                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                                                                 |
|                                                               | 5 homework, 1 term project.                                                                                                                                                                                                                                      |                             |                                                                 |
| <b>Laboratuvar Uygulamaları<br/>(Laboratory Work)</b>         | Yok                                                                                                                                                                                                                                                              |                             |                                                                 |
|                                                               | None                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                                                 |
| <b>Bilgisayar Kullanımı<br/>(Computer Use)</b>                | -                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                                                 |
|                                                               | -                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                                                 |
| <b>Diğer Uygulamalar<br/>(Other Activities)</b>               | -                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                                                 |
|                                                               | Visit to ITU MEMS LABORATORY FACILITIES                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                                                 |
| <b>Başarı Değerlendirme Sistemi<br/>(Assessment Criteria)</b> | <b>Faaliyetler<br/>(Activities)</b>                                                                                                                                                                                                                              | <b>Adedi<br/>(Quantity)</b> | <b>Değerlendirmedeki Katkısı, %<br/>(Effects on Grading, %)</b> |
|                                                               | <b>Yıl İçi Sınavları<br/>(Midterm Exams)</b>                                                                                                                                                                                                                     | 2                           | Öğretim üyesine bırakılmıştır<br>(Up to instructor)             |
|                                                               | <b>Kısa Sınavlar<br/>(Quizzes)</b>                                                                                                                                                                                                                               | -                           | -                                                               |
|                                                               | <b>Ödevler<br/>(Homework)</b>                                                                                                                                                                                                                                    | 5                           | Öğretim üyesine bırakılmıştır<br>(Up to instructor)             |
|                                                               | <b>Projeler<br/>(Projects)</b>                                                                                                                                                                                                                                   | 1                           | Öğretim üyesine bırakılmıştır<br>(Up to instructor)             |
|                                                               | <b>Dönem Ödevi/Projesi<br/>(Term Paper/Project)</b>                                                                                                                                                                                                              | -                           | -                                                               |
|                                                               | <b>Laboratuvar Uygulaması<br/>(Laboratory Work)</b>                                                                                                                                                                                                              | -                           | -                                                               |
|                                                               | <b>Diğer Uygulamalar<br/>(Other Activities)</b>                                                                                                                                                                                                                  | -                           | -                                                               |
|                                                               | <b>Final Sınavı<br/>(Final Exam)</b>                                                                                                                                                                                                                             | 1                           | 40 % min., 60 % max.                                            |

## DERS PLANI

| Hafta | Konular                                                            | Dersin Çıktıları |
|-------|--------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1     | MEMS'e genel bakış ve Mikro-sistemler                              | 3                |
| 2     | Mikro-sistemlerin çalışma prensipleri                              | 3                |
| 3     | Mikro-sistem Tasarımı ve İmalatının Mühendislik Bilimi ve Mekaniği | 1                |
| 4     | MEMS malzemeleri                                                   | 1                |
| 5     | Ölçeklendirme kuralları                                            | 3                |
| 6     | Temel proses ve araçlar, vakum altında imalat                      | 1                |
| 7     | Optik litografi                                                    | ARASINAV I       |
| 8     | Malzemelerin kuru ve ıslak aşındırılması                           | 1-2              |
| 9     | Si-gövde mikro işleme imalat                                       | 1-2              |
| 10    | Si-yüzeysel mikro işleme imalat                                    | 1-2              |
| 11    | Sensörlerin tipleri ve uygulamaları                                | 3                |
| 12    | Bir mekanik sensörün tasarımı (I)                                  | 4                |
| 13    | Bir mekanik sensörün tasarımı (II)                                 | 4                |
| 14    | MEMS'in kılıflanması ve güvenilirliği                              | ARASINAV II      |

## COURSE PLAN

| Weeks | Topics                                                                   | Course Outcomes |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Overview of MEMS and Microsystems                                        | 3               |
| 2     | Working Principles of Microsystems                                       | 3               |
| 3     | Engineering Science and Mechanics for Microsystem Design and Fabrication | 1               |
| 4     | Materials for MEMS                                                       | 1               |
| 5     | Scaling Laws in Miniaturization                                          | 3               |
| 6     | Basic Processing and tools, manufacturing under vacuum                   | 1               |
| 7     | Optical Lithography                                                      | MIDTERM I       |
| 8     | Dry and wet etching of materials                                         | 1-2             |
| 9     | Si-bulk micromachining                                                   | 1-2             |
| 10    | Si-surface micromachining                                                | 1-2             |
| 11    | Types of sensors and applications                                        | 3               |
| 12    | Designing a mechanical sensor (I)                                        | 4               |
| 13    | Designing a mechanical sensor (II)                                       | 4               |
| 14    | Reliability and packaging of MEMS                                        | MIDTERM II      |

### Dersin İmalat Mühendisliği Programıyla İlişkisi

|          | Programın mezuna kazandıracığı bilgi ve beceriler (programa ait çıktılar)                                                                                   | Katkı Seviyesi |   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---|
|          |                                                                                                                                                             | 1              | 2 |
| <b>A</b> | İmalat problemlerinin çözümüne temel ve mühendislik bilimlerinin prensiplerini uygulama becerisi                                                            |                |   |
| <b>B</b> | Deney tasarlayıp yürütebilme, sonuçlarını analiz edip yorumlayabilme becerisi                                                                               |                |   |
| <b>C</b> | Bir makinayı, parçasını veya prosesi, beklenen performansı, imalat özelliklerini ve ekonomikliğı sağlayacak şekilde seçme, geliştirme ve tasarlama becerisi |                | x |
| <b>D</b> | Çok disiplinli takımlarda çalışabilme ve/veya liderlik yapma becerisi                                                                                       |                |   |
| <b>E</b> | İmalat Mühendisliği problemlerini tanımlama, formüle etme ve çözme becerisi                                                                                 |                | x |
| <b>F</b> | Mesleki ve etik sorumluluk anlayışına sahip olma                                                                                                            |                |   |
| <b>G</b> | Türkçe ve İngilizce etkin yazılı ve sözlü iletişim kurma becerisi                                                                                           |                |   |
| <b>H</b> | İmalat mühendisliğinin ulusal ve küresel boyutlardaki etkileri hakkında bilgi sahibi olma                                                                   |                |   |
| <b>I</b> | Yaşam boyu (sürekli) öğrenimin önemini algılamış olma                                                                                                       |                |   |
| <b>J</b> | İmalat mühendisliğinin güncel ve çağdaş konularına ilişkin bilgi sahibi olma                                                                                |                |   |
| <b>K</b> | Mühendislik tasarım ve analizlerinde bilgisayar yazılımları gibi modern mühendislik yöntemlerini ve çağdaş bilgi erişim olanaklarını kullanabilme becerisi  |                |   |

● Tam    ○ Kısmi

### Relationship between the Course and Manufacturing Engineering Curriculum

|          | Program Outcomes                                                                                                                                                                    | Level of Contribution |   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|
|          |                                                                                                                                                                                     | 1                     | 2 |
| <b>a</b> | An ability to apply knowledge of mathematics, science and engineering on manufacturing engineering problems                                                                         |                       |   |
| <b>b</b> | An ability to design and conduct experiments as well as to analyze and interpret data and use modern tools and equipment                                                            |                       |   |
| <b>c</b> | An ability to select develop and/or design a system, component or process to meet desired performance manufacturing capabilities and economic requirements                          |                       | X |
| <b>d</b> | An ability to function on and/or develop leadership in multi-disciplinary teams                                                                                                     |                       |   |
| <b>e</b> | An ability to identify, formulate and solve manufacturing engineering problems                                                                                                      |                       | x |
| <b>f</b> | An understanding of professional and ethical responsibility                                                                                                                         |                       |   |
| <b>g</b> | An ability for effective written and oral communication in Turkish and English                                                                                                      |                       |   |
| <b>h</b> | An ability to understand and comment on the impact of manufacturing engineering solutions in a national and global context                                                          |                       |   |
| <b>i</b> | A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning                                                                                                       |                       |   |
| <b>j</b> | A knowledge of contemporary issues in manufacturing engineering                                                                                                                     |                       |   |
| <b>k</b> | An ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools, such as computer programs, necessary for engineering design and analysis and use modern information systems |                       |   |

● Full    ○ Partial

|                                                                                                  |                                        |                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| <u><b>Düzenleyen (Prepared by)</b></u><br>Program Yürütme Kurulu<br>(Program Steering Committee) | <u><b>Tarih (Date)</b></u><br>8/1/2010 | <u><b>İmza (Signature)</b></u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|