

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

# Kontrol Sistemleri Ders Notu

*Dr. Hakan TERZİOĞLU*

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975


## Ders İçerik Bilgisi

- Karmaşık Sistemlerin Tek Bir Transfer Fonksiyonuna İndirgenmesi
  1. Blok Diyagramları İle (Bu Hafta)
  2. İşaret Akış Diyagramları İle (Gelecek Hafta)
- Örnekler

Dr. Hakan TERZİOĞLU

	TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ KONYA - 2009	TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ	SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONYA - 1975
<h2>Blok Diyagramlarının İndirgenmesi</h2>			
<p>Bir kontrol sistemi birçok alt sistem meydana gelir.</p>			
<p>Eğer karmaşık bir sistemi tek bir transfer fonksiyonuna veya alt sisteme indirgeyebilirsek tüm sistemi analitik olarak daha kolay inceleyebiliriz.</p>			
<p>Karmaşık sistemleri tek bir transfer fonksiyonuna iki yöntemle indirgeyebiliriz:</p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Blok Diyagramları</li> <li>2. İşaret Akış Diyagramları</li> </ol>			
<p>Dr. Hakan TERZİOĞLU</p>			


	TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ KONYA - 2009	TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ	SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONYA - 1975
<h2>Blok Diyagramlarının İndirgenmesi</h2>			
<p>Bir sistemin blok diyagramı sistem parçalarının işlevlerinin ve işaret akışının şekilsel gösterimidir.</p>			
<p><b>Bir sistemin blok diyagramı sistemin dinamik davranışını temsil eder, sistemin fiziksel yapısı hakkında bilgi vermez.</b></p>			
<p>Birbiriyle alakasız iki ayrı sistemin blok diyagramları aynı olabilir.</p>			
<p><b>Bir sistemin blok diyagram gösterimi tek değildir. Yapılacak analize göre bir sistem farklı blok diyagramları şeklinde gösterilebilir.</b></p>			
<p>Dr. Hakan TERZİOĞLU</p>			



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

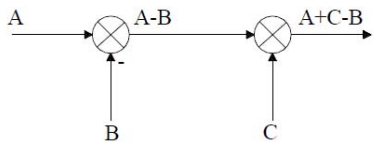


SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

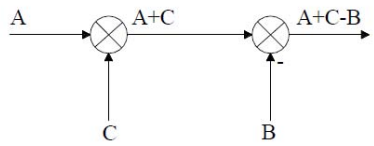
## Blok Diyagramlarının İndirgenmesi

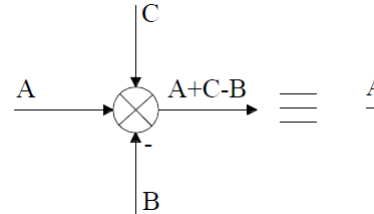
Aşağıdaki işlem kuralı blok diyagramının cebri olarak bilinir ve işlemler bu kurallara göre yapılır.

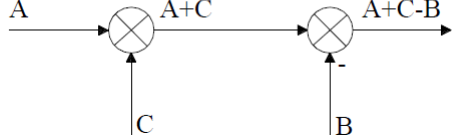
**Orijinal Blok Diyagramı**




**Esdeğer Blok Diyagramı**








Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ


MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



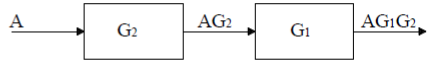
SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

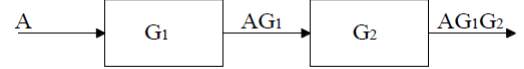
## Blok Diyagramlarının İndirgenmesi

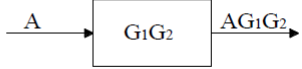
**Orijinal Blok Diyagramı**



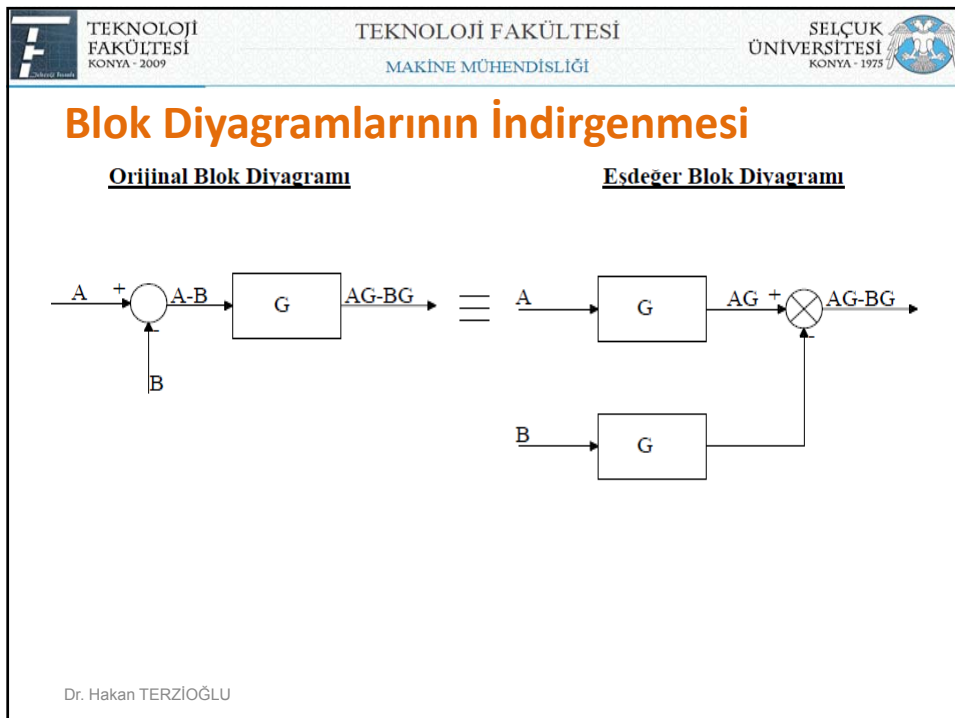
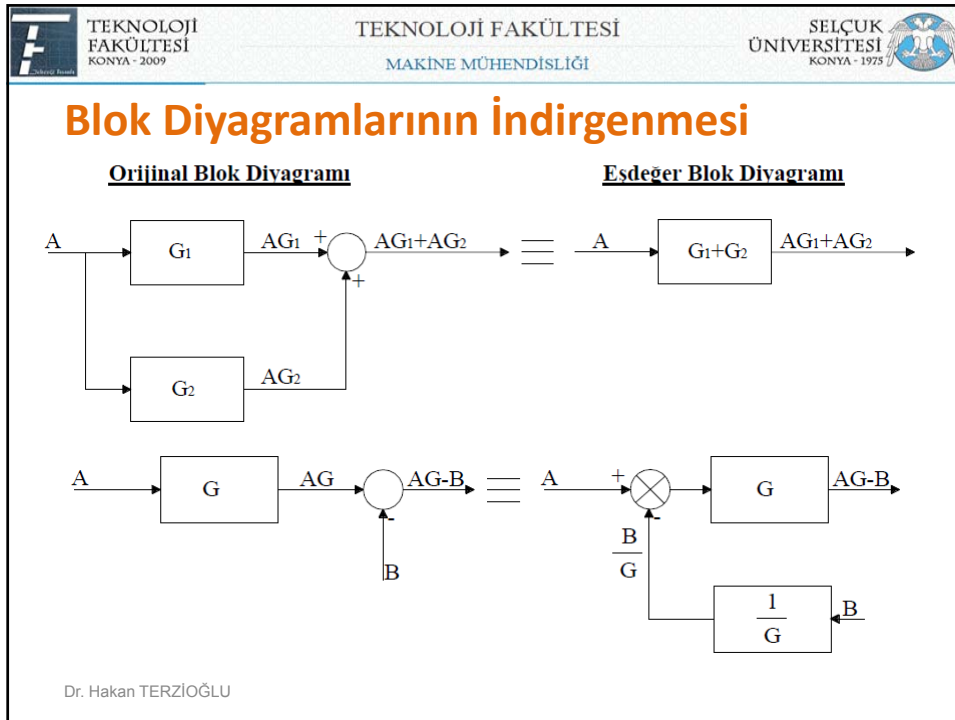
**Esdeğer Blok Diyagramı**

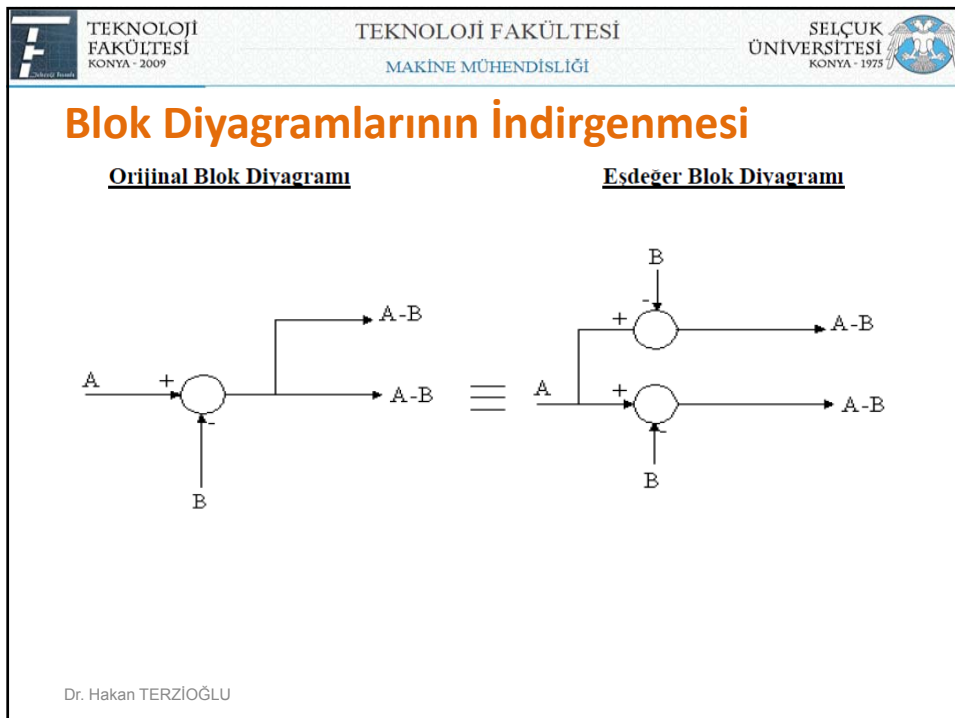
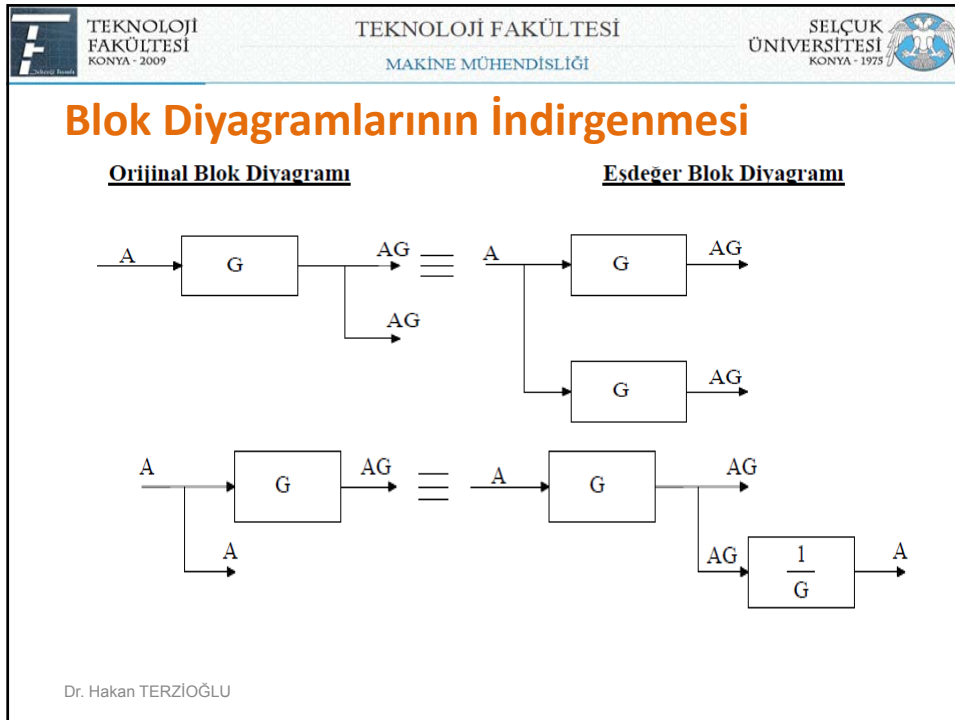


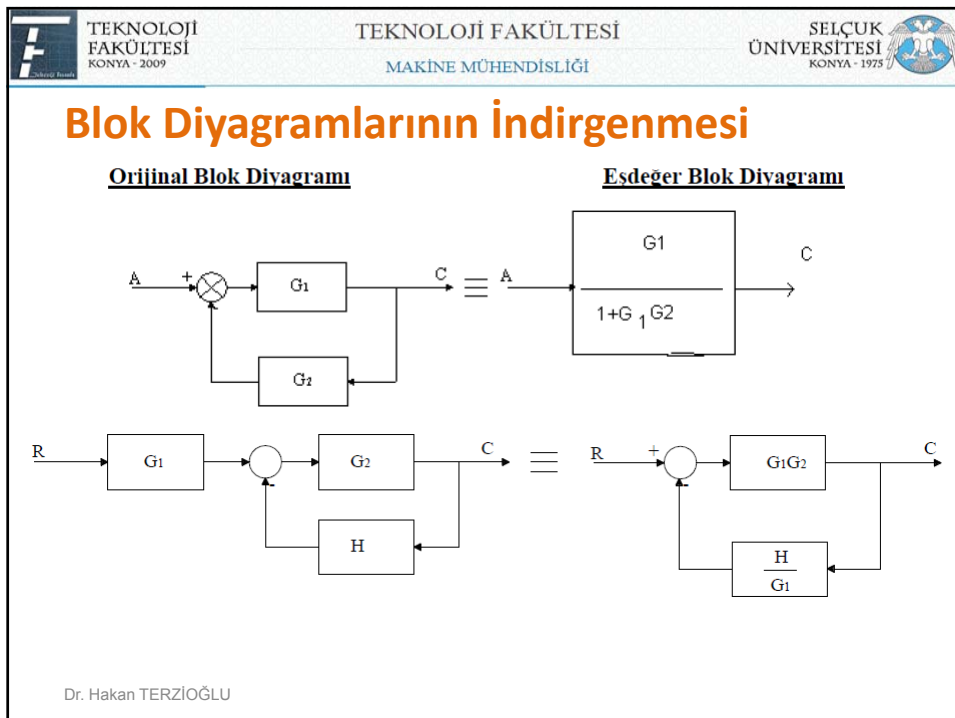
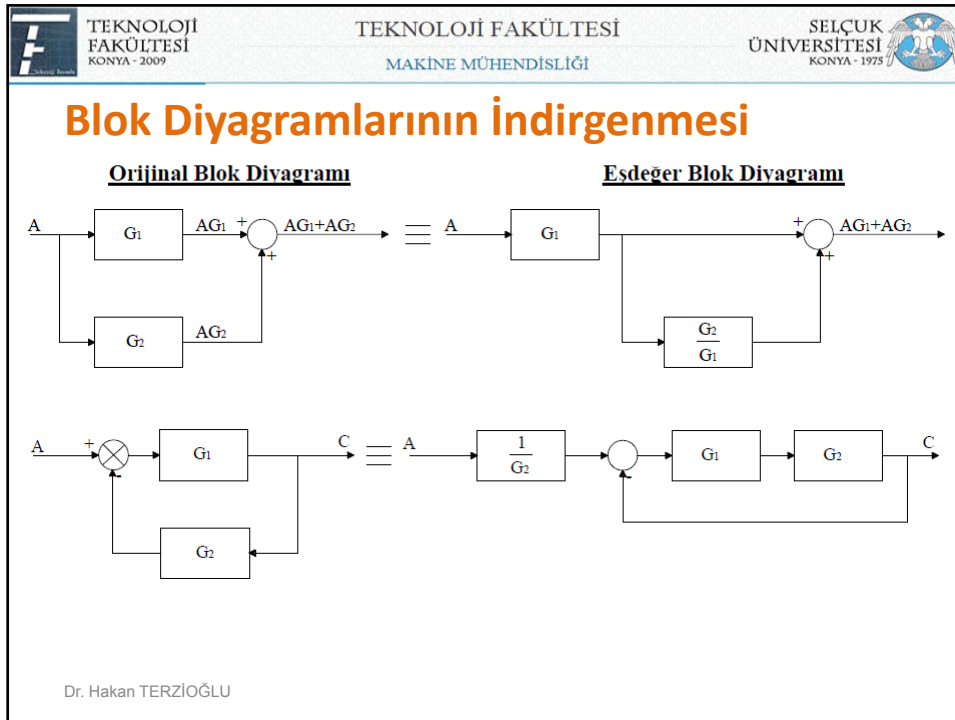





Dr. Hakan TERZİOĞLU










TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

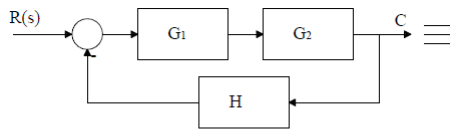
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

## Blok Diyagramlarının İndirgenmesi

**Orijinal Blok Diyagramı**




$$T(s) = \frac{G_1 \cdot G_2}{1 + G_1 \cdot G_2 \cdot H}$$

**Esdeğer Blok Diyagramı**

?


Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

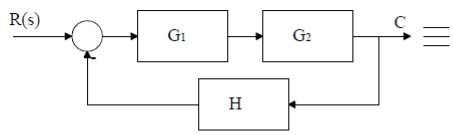
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

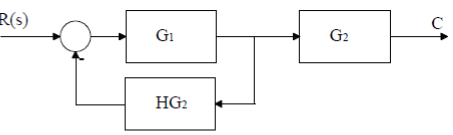
## Blok Diyagramlarının İndirgenmesi

**Orijinal Blok Diyagramı**



$$T(s) = \frac{G_1 \cdot G_2}{1 + G_1 \cdot G_2 \cdot H}$$

**Esdeğer Blok Diyagramı**



$$T(s) = \frac{G_1 \cdot G_2}{1 + G_1 \cdot G_2 \cdot H}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 1:** Aşağıda verilen kapalı çevrim sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

Dr. Hakan TERZİOĞLU


TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

**Örnek 2:** Aşağıda verilen kapalı çevrim sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.


Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ




SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

Öncelikle  $H_1$  'in bulunduğu dal sağa kaydırılır.


Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

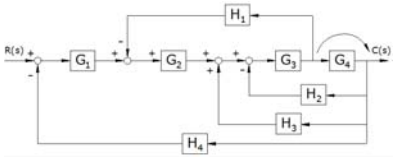
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

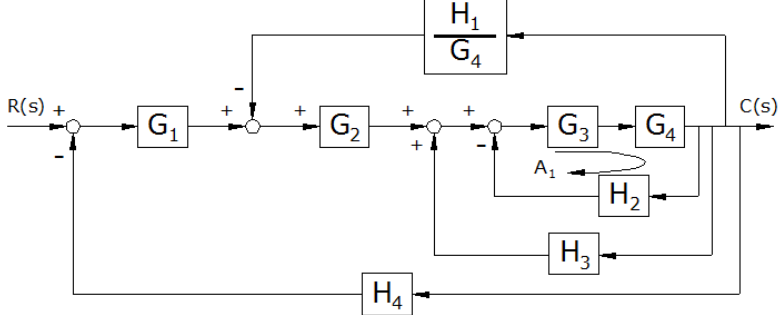
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...



$$A_1(s) = \frac{G_3(s)G_4(s)}{1 + G_3(s)G_4(s)H_2(s)}$$


Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

$$A_2(s) = \frac{A_1(s)}{1 - A_1(s)H_3(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

$$A_3(s) = \frac{G_2(s)A_2(s)}{1 + \frac{H_1(s)G_2(s)A_2(s)}{G_4(s)}}$$

$$A_4(s) = \frac{G_1(s)A_3(s)}{1 + G_1(s)A_3(s)H_4(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

$$A_3(s) = \frac{G_2(s)A_2(s)}{1 + \frac{H_1(s)}{G_4(s)}G_2(s)A_2(s)}$$

$$A_4(s) = \frac{G_1(s)A_3(s)}{1 + G_1(s)A_3(s)H_4(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009


TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 3:** Aşağıda verilen kapalı çevrim sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.


Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

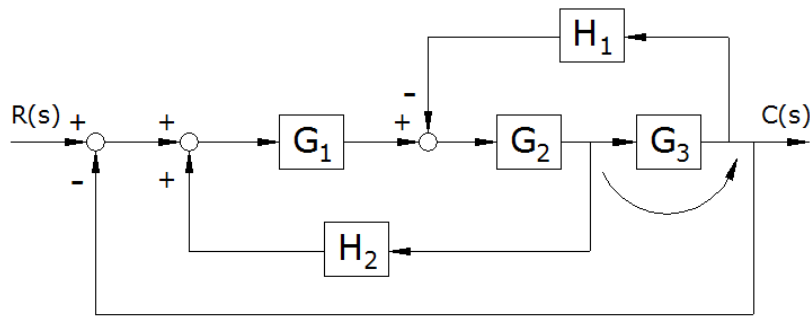
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ




SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

Öncelikle  $G_3$  'ün önünde bulunan geri besleme noktası  $G_3$  'ün arkasına kaydırılarak  $G_2$  ile  $G_3$ 'ün tek blok olması sağlanır.




Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

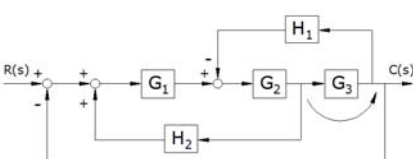
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

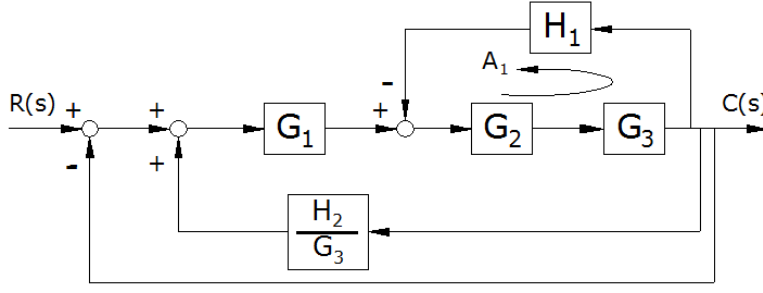


SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...



$$A_1(s) = \frac{G_2(s)G_3(s)}{1 + G_2(s)G_3(s)H_1(s)}$$



Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

$$A_2(s) = \frac{G_1(s) A_1(s)}{1 - G_1(s) A_1(s) \frac{H_2(s)}{G_3(s)}}$$

$$A_3(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{A_2(s)}{1 + A_2(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

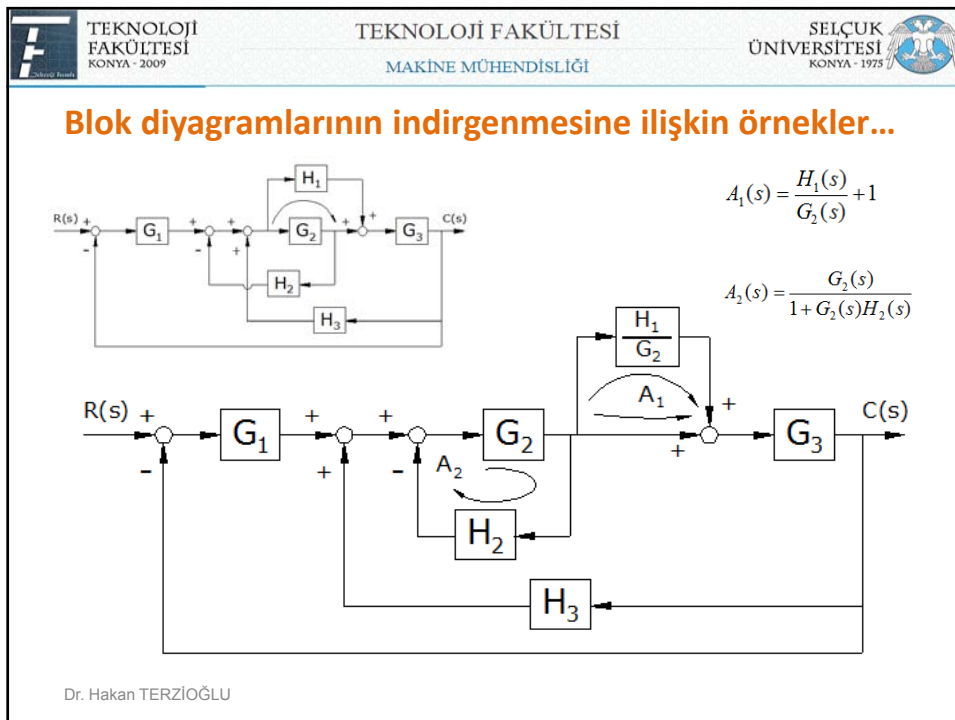
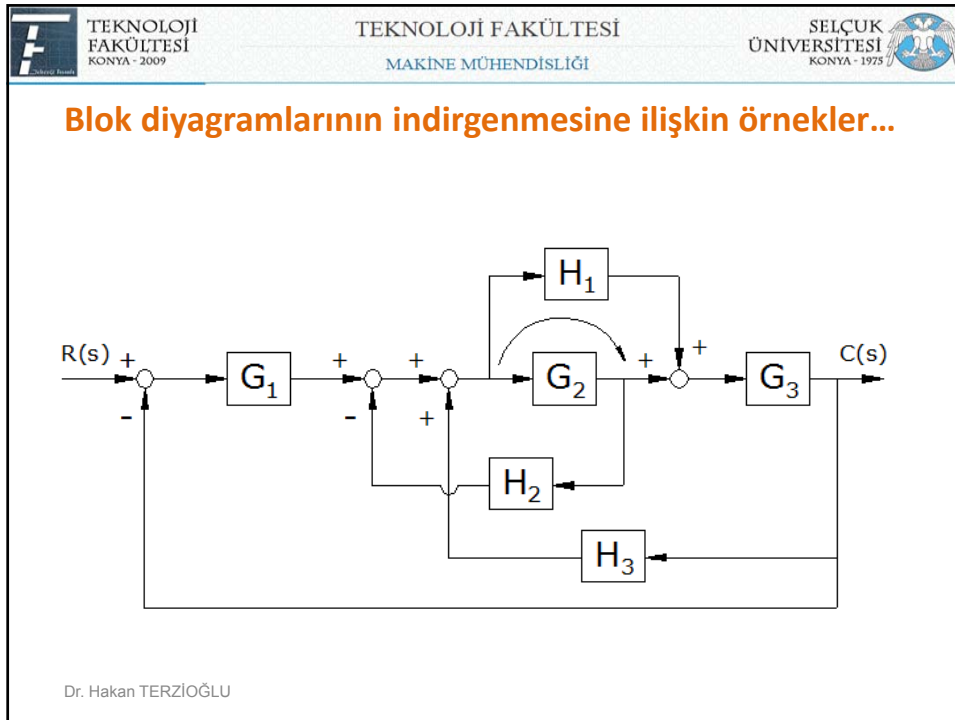
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 4:** Aşağıda verilen kapalı çevrim sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.

Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

$$A_3(s) = \frac{A_1(s) A_2(s) G_3(s)}{1 - A_1(s) A_2(s) G_3(s) H_3(s)}$$

$$A_4(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_1(s) A_3(s)}{1 + G_1(s) A_3(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

### Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...

$$A_3(s) = \frac{A_1(s) A_2(s) G_3(s)}{1 - A_1(s) A_2(s) G_3(s) H_3(s)}$$

$$A_4(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_1(s) A_3(s)}{1 + G_1(s) A_3(s)}$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 5:**

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 5:**

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 5:**

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 6:**

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 6:**

Dr. Hakan TERZİOĞLU

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009


TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

**Blok diyagramlarının indirgenmesine ilişkin örnekler...**

**Örnek 6:**


Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

## İki Girişli Sistemler

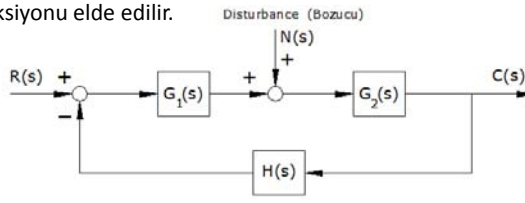
### (Gürültü Sinyali $N(s)$ veya Bozucu giriş $D(s)$ 'in Sistem Üzerindeki Etkisi)

Kontrol sistemleri çalışmalarında önemli bir konu da sisteme bozucu bir sinyal girişi olması durumudur.


Bozucular genellikle kontrol sistemlerinin performanslarını kötü yönde etkilerler.

Çok girişli sistemlerde blok diyagramlarının sadeleştirilmesi yapılırken süperpozisyon yöntemi kullanılır. Yani:

Sırasıyla girişlerden birisi yok sayılır ve mevcut haliyle sistemin transfer fonksiyonu bulunur. Daha sonra diğer giriş yok sayılarak mevcut sistemin transfer fonksiyonu bulunur. Son olarak her iki transfer fonksiyonu toplanarak iki girişli sistemin nihai transfer fonksiyonu elde edilir.




Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

## İki Girişli Sistemler

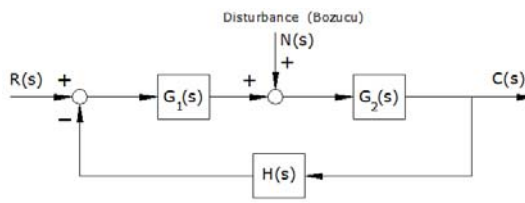
### (Gürültü Sinyali $N(s)$ veya Bozucu giriş $D(s)$ 'in Sistem Üzerindeki Etkisi)

Önce bozucu giriş  $N(s) = 0$  alınarak sadece referans giriş  $R(s)$ 'in ürettiği sistem çıkışı  $C_R(s)$  elde edilir.


Sonra referans giriş  $R(s) = 0$  olarak alınarak bozucu giriş  $N(s)$ 'in ürettiği sistem çıkışı  $C_N(s)$  elde edilir.

Son olarak her iki girişin eş zamanlı sistem üzerine etki etmesi durumu, Süperpozisyon yöntemiyle **elde edilen çıkışların toplanması** ile bulunur:

$$C(s) = C_R(s) + C_N(s)$$




Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



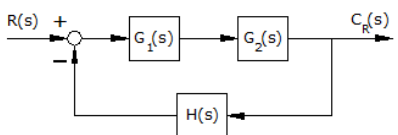
SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

## İki Girişli Sistemler

### (Gürültü Sinyali N(s) veya Bozucu giriş D(s)'in Sistem Üzerindeki Etkisi)

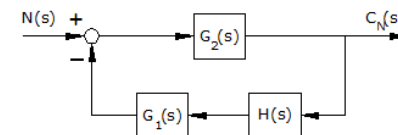
(i)  $C_R(s)$  : R(s)'in tek başına sisteme etki ettiği durumdaki sistem çıkışı (N(s)=0):

$N(s) = 0$  olduğunda, blok diyagramın basitleştirilmiş hali,


$$N(s) = 0 \Rightarrow \frac{C_R(s)}{R(s)} = \frac{G_1(s)G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)}$$


(ii) Benzer şekilde sadece N(s) olduğu durumda elde edilen çıkış  $C_N(s)$  (R(s)=0)

$R(s) = 0$  olduğunda, blok diyagramın basitleştirilmiş hali,

$$R(s) = 0 \Rightarrow \frac{C_N(s)}{N(s)} = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)}$$



Dr. Hakan TERZİOĞLU



TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ  
KONYA - 2009

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ



SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ  
KONYA - 1975

## İki Girişli Sistemler

### (Gürültü Sinyali N(s) veya Bozucu giriş D(s)'in Sistem Üzerindeki Etkisi)

Doğrusal sistemler için sistemin toplam çıkış cevabı ayrı ayrı girişler için elde edilen çıkış cevaplarının toplamı ile bulunabilir:


$$C(s) = C_R(s) + C_N(s) \Rightarrow C(s) = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} [G_1(s)R(s) + N(s)]$$

$G_1(s)G_2(s)H(s)$  açık çevrim transfer fonksiyonudur.


Sistemin karakteristik denklemi kapalı çevrim transfer fonksiyonunun paydasıdır:

$$1 + G_1(s)G_2(s)H(s)$$

Dr. Hakan TERZİOĞLU

 **TEKNOLOJİ  
FAKÜLTESİ**  
KONYA - 2009

**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

**SELÇUK  
ÜNİVERSİTESİ**  
KONYA - 1975 

**Bu günlük bu kadar...**  
**Teşekkürler**

Dr. Hakan TERZİOĞLU