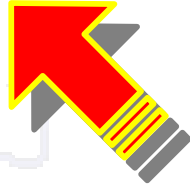


Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha **küçüğü** aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - **Nicel** bir tanıtım
 - **Doğal sıklık** kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)



Neden ?

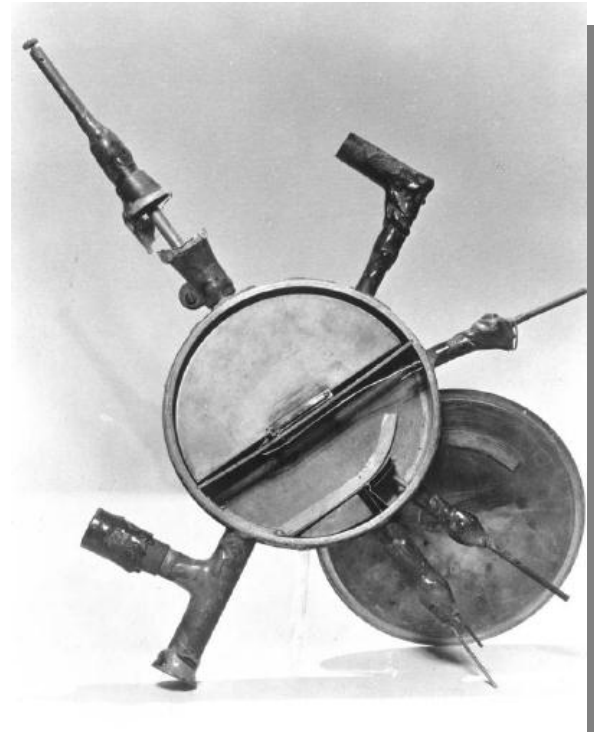
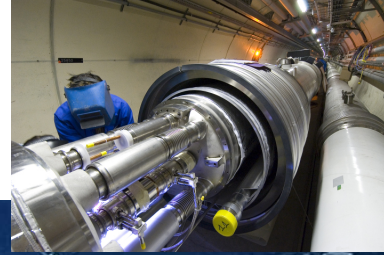
Dersin HPFBU müfredatındaki yeri

- Bazı okulların **temel fizik müfredatında** bulunmamasına karşın, (hızlandırıcı, tümleşik devre, pnomatik ve hidrolik sistemler gibi) deneysel fizik için **araç geliştiren araştırmacıların** çalıştıkları bir konudur geri besleme
- Konuların **kendi ekosistemleri** içinde ele alınması gerekir; aksi halde verilen derste, **varoluşlarını haklı göstermek** zordur
- Dolayısı ile bu ders size aşağıdakileri sunmaya çalışacaktır:
 - **Kuru ve çirkin** matematiksel ifadelerden uzak kalarak
 - İçindekiler bölümünde sıralanan konu başlıklarına **sezgisel bir yaklaşım**
- Bu ders için özel bir **alıştırma kısmı olmayacak**
 - fakat bu okulda yaptığınız hemen tüm çalışmalarda aklınızda çalışır durumda bulunması gereken bir bilgi birikimi olacaktır
- Sayfaları zaman zaman **kelimece kalabalık** bulmanız durumunda hatırlayınız ki bu derse daha sonra baktığınızda (çok mu iyimser), bir anlatıcıya **ihtiyaç duymadan** anlayabilmeniz beklenmektedir

Daha Küçüğü Aramak

Daha büyük sistemleri gerekli kılar

- 80 yılda 6 mertebelik boyut farkı
- Ülkeler arası "çok" büyük işbirlikleri
- Tüm alanlarda tersinmez değişiklik
 - Günlük yaşam, TV, MR v.b.
 - Olaylara bakışımız ?



Ernest Lawrence'ın 1930'da inşa edilen 11.4 cm çaplı ilk başarılı siklotronu, protonları 80 keV'lik bir enerjiye hızlandırdı.

80 yıl

2012 yılı itibarı ile inşa edilmiş en güçlü hızlandırıcı, 8.6 km çapı ve hızlandırılan protonların sahip olacağı 7 TeV'lik enerji ile büyük hadron çarpıştırıcısı, LHC' dir.

Deney Düzenekleri

Hızlandırıcılar üzerinde kurulu algılayıcı sistemler

- Parçacıkları hızlandırıcılar içinde **hızlandır**
- Dev algılayıcı sistemler içinde **çarpıştır**
- Algılayıcı içinde oluşanları "olay olay" **kaydet**
- Yılda **10 Peta Byte** mertebesinde veri üret
- Veriyi ayrıştır (analiz) ve doğayı daha iyi **anla**

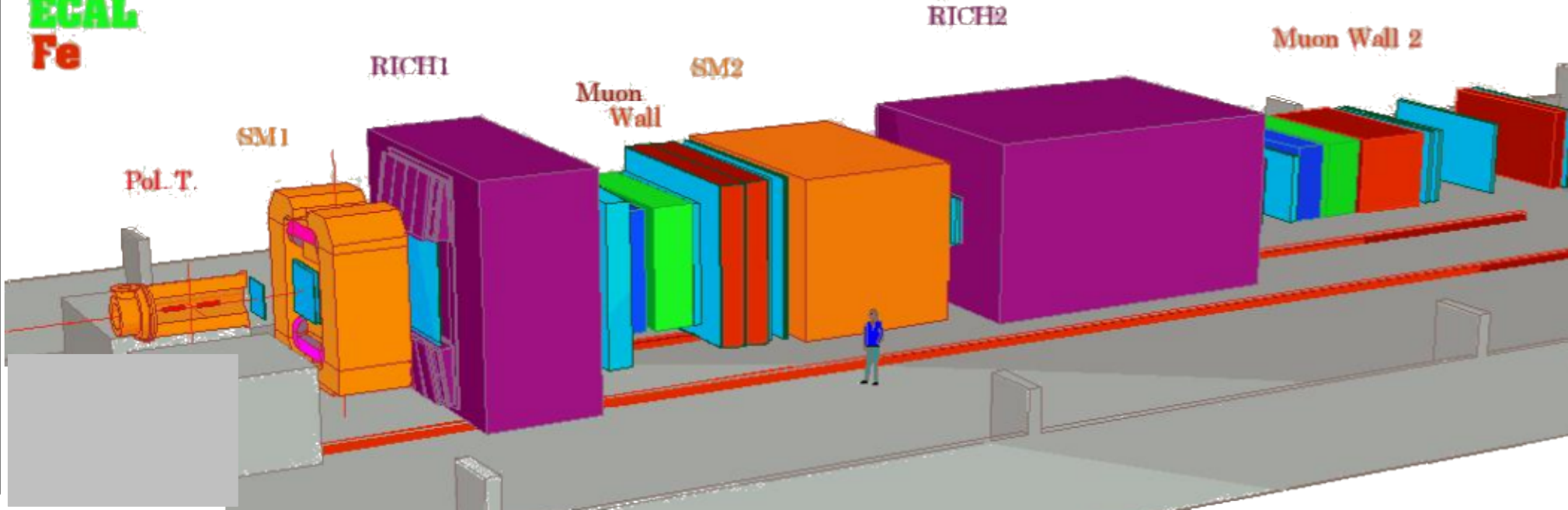


Örnek

COMPASS, CERN-SPS üzerinde hadron spektroskopisi yapmak ve hadronların yapısını incelemek için tasarlanmış bir **sabit-hedef** deneyidir.

- Ağır **radyoaktif** ortam
- **Alışılmadık** boyutlar
- Kritik **zamanlama** gerekliliği
- **Ticari** imkansızlıklar

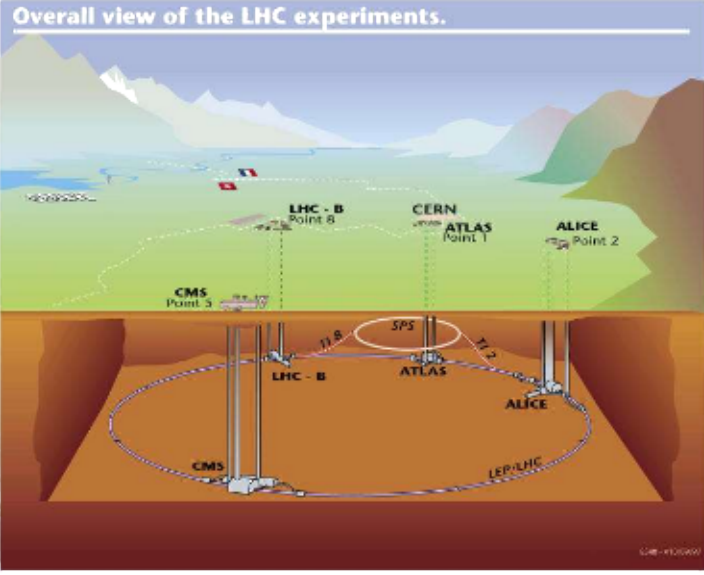
Magnets
RICH
Tracking
HCAL
ECAL
Fe



Deney Düzenekleri

Hızlandırıcılar üzerinde kurulu algılayıcı sistemler

- LHC, şu anda (2012) **en yüksek enerjili** hızlandırıcı
- ALICE, LHC üzerinde kurulu 4 büyük deneyden biri
- Yüksek enerji yoğunluklarında QGP çalışmak için
- p-p ve ağır iyon çarpışmaları gerçekleştirecek



25 m genişlik
15 m çap
15000 tonluk ağırlık

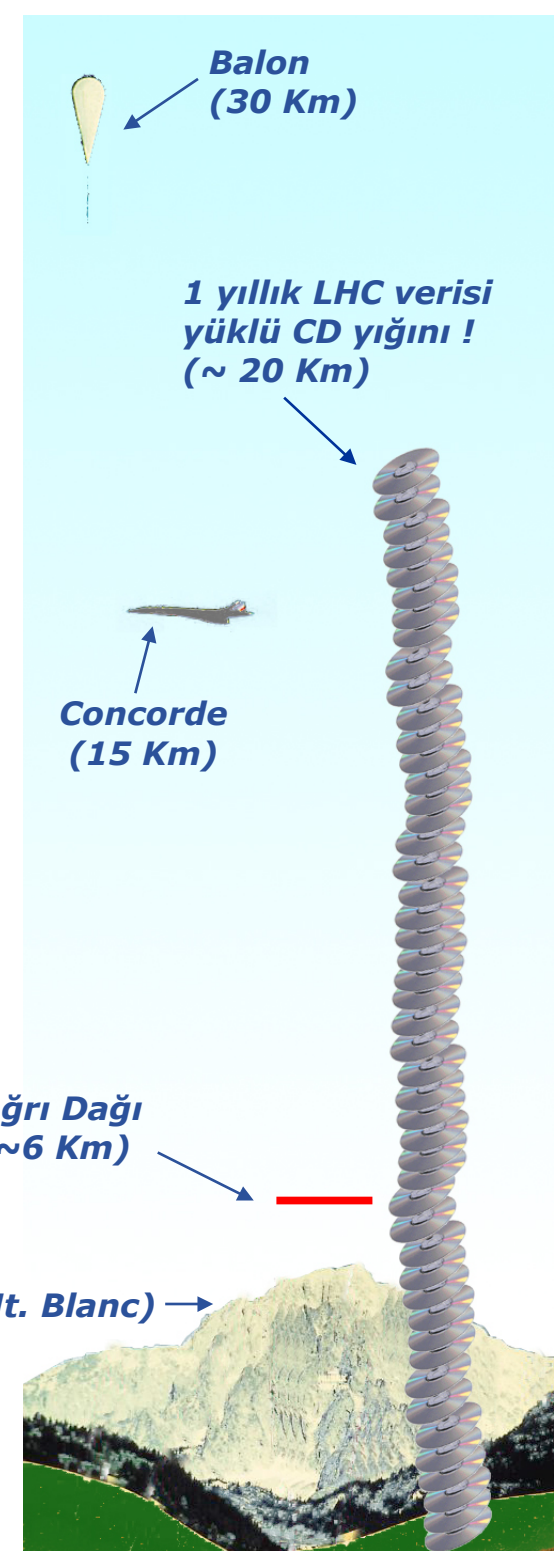


01. ITS
02. FMD
03. T.P.C.
04. T.R.D.
05. T.O.F.
06. H.M.P.I.D.
07. PH.O.S. C.P.V.
08. L3 MAGNET
09. ABSORBER
10. TRACKING CHAMBER
11. MUON FILTER
12. TRIGGER CHAMBER
13. DIPOLE MAGNET
14. PM.D.
15. COMPENSATOR MAG
16. C.A.S.T.O.R.

Tüm Sorun: Ölçek

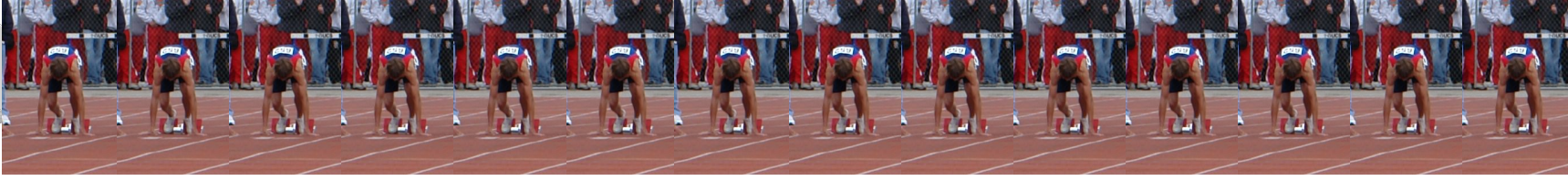
Alışılmadık boyutlar ve gerektirdikleri

- **Basit** ve üzerinde düşünmeyi dahi gereksiz görebileceğimiz şeyler, **bilimsel meydan okumalar** haline dönüşebilir
 - Müzikçalarınıza pil takmak ?
- **Radyasyona** dayanıklı veri iletimi gerekli
 - Uzaya gönderilen askeri uydular: **0.4 / 1.0 Mrad**
 - LHC deneylerindeki (bazı) bileşenler: **10 / 100 Mrad**
- **Hızlı veri iletimi** gerekli
 - ALICE toplam veri alım hızı: **2.5 Gbyte/s**
- **Teknolojinin sınırında** sıkı denetim sistemlerinin tasarımı
- **Pico** saniyelerle ölçülen zamanlama hassaslığı
 - 1 s = 1000 ms
 - 1 ms = 1000 μ s
 - 1 μ s = 1000 ns
 - 1 ns = 1000 ps
- Bazı olaylar çok **seyrek** (sıklık)

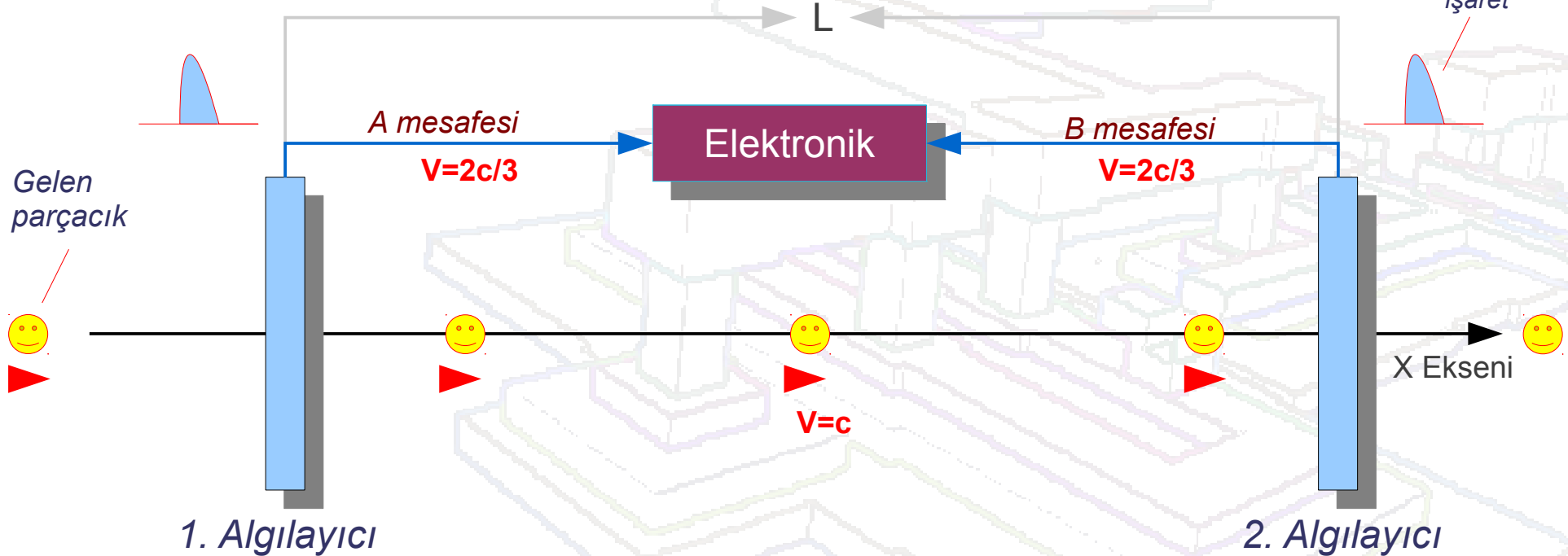


Alıştırma

Boyutlar ve karşılaştırılabilirlikleri



- Aralarında "L" mesafesi bulunan **iki algılayıcıyı ışık hızıyla geçen** parçacıklar
- Parçacıklar algılayıcıyı geçtiğinde, algılayıcı **elektriksel bir işaret** üretiyor ve "Elektronik" bileşenine gönderiyor
- **Elektronik işaret**, ışık hızının **2/3' ü** ile ilerliyor
- **Parçacıklar** ise **ışık hızıyla** ilerliyor
- 1. ve 2. algılayıcılardan gelen elektronik işareti "**eş zamanlı**" olarak "**almak**" için "Elektronik" devreyi **nereye** koymalıyım (yani A ve B mesafeleri ne olmalı)



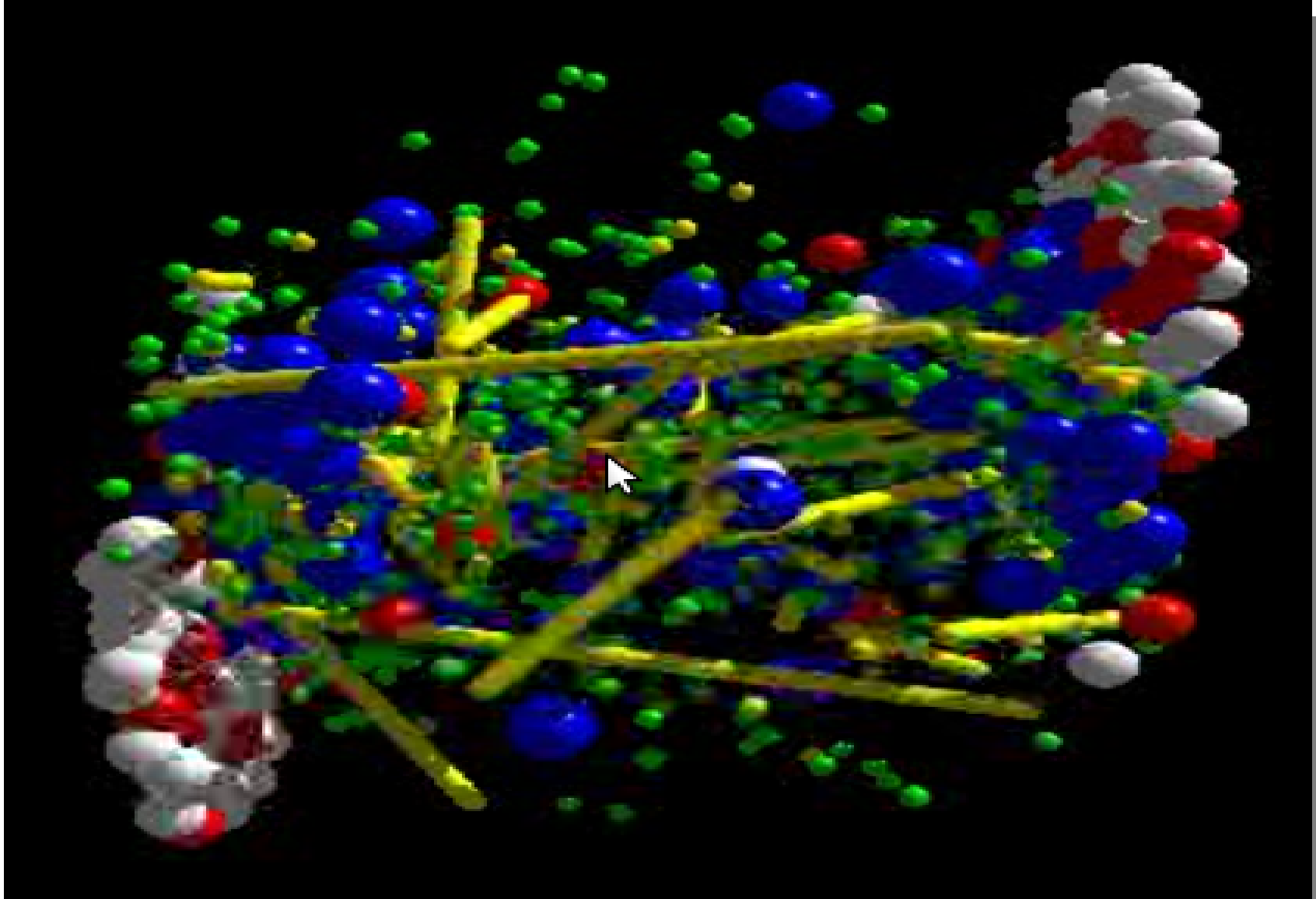
Sıradan Bir Ağır İyon Çarpışması

ALICE algıcının merkezinde çarpışan parçacıkların 5 ns'lik filmi



Sıradan Bir Ağır İyon Çarpışması

ALICE algıcının merkezinde çarpışan parçacıkların 5 ns'lik filmi



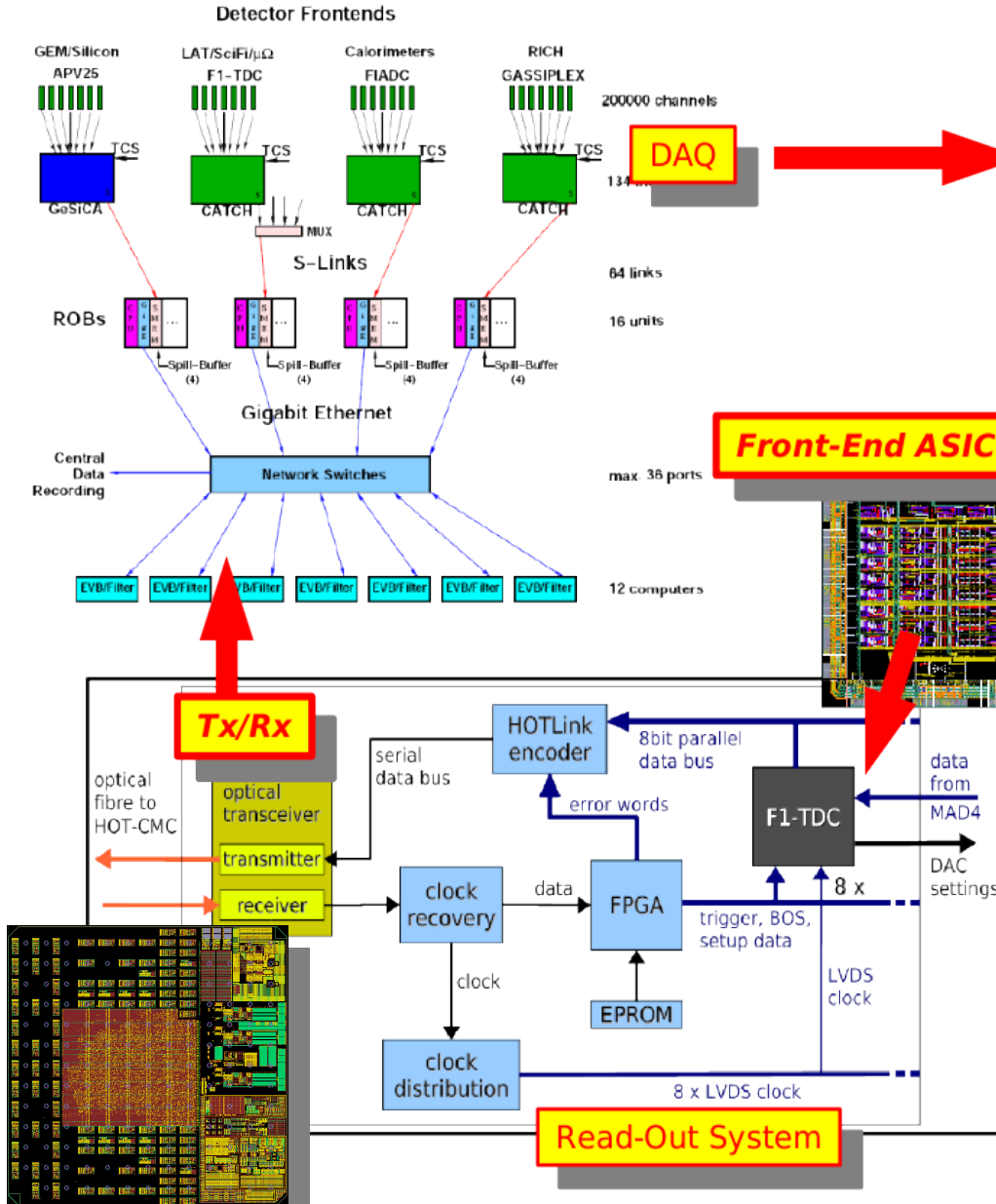
Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

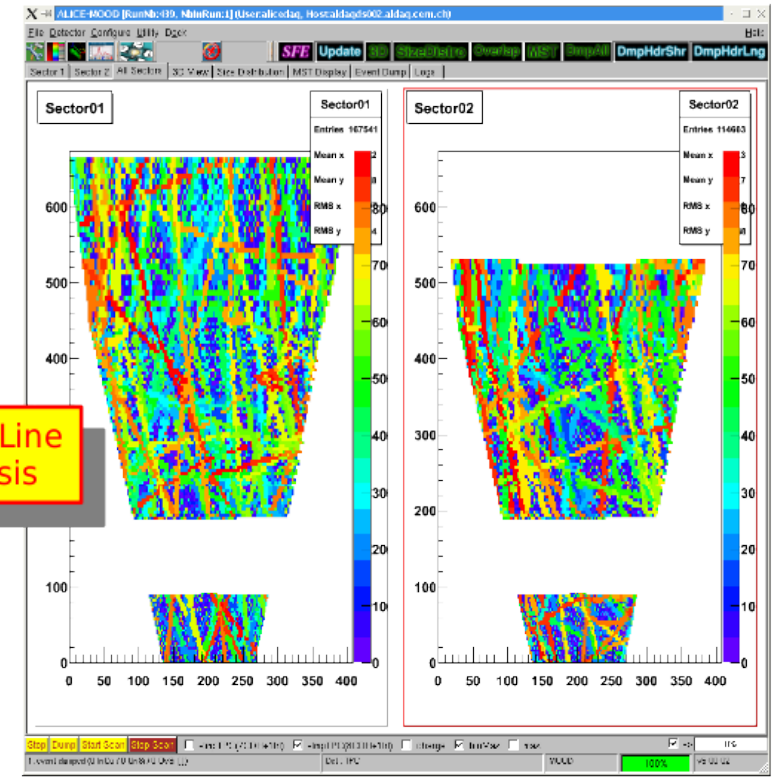
- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)

Kısaca Büyük Resim

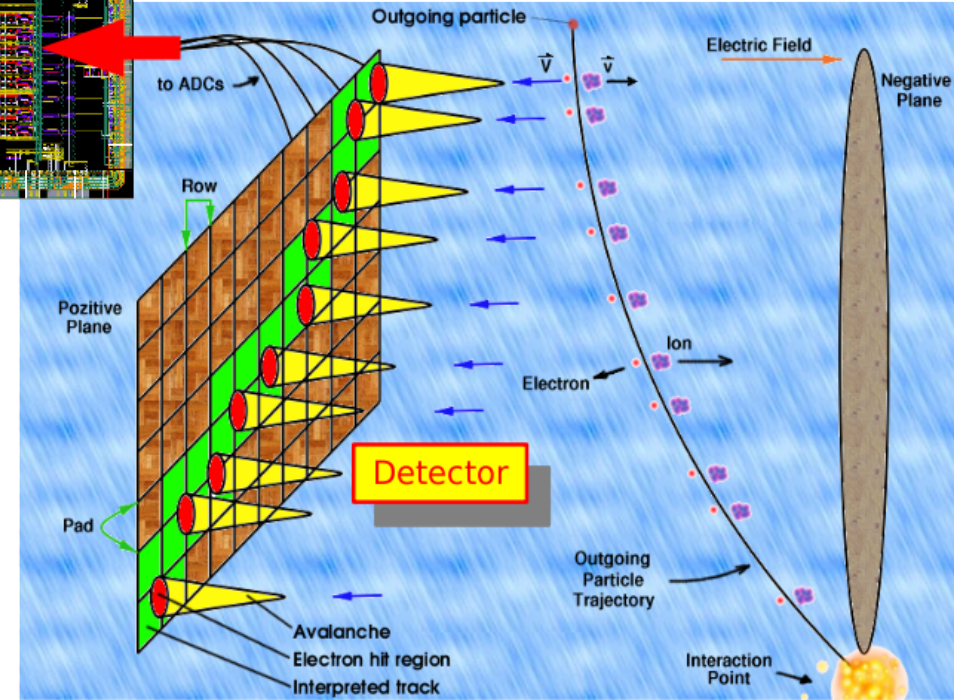
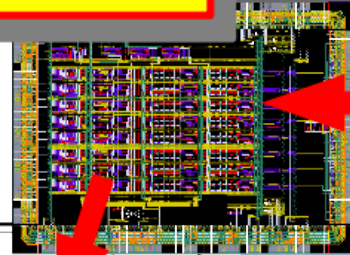
Etkileşim bölgesinde çarpışan parçacıklardan çözümlene için gerekli anlamlı verinin üretilmesine



On/Off-Line Analysis



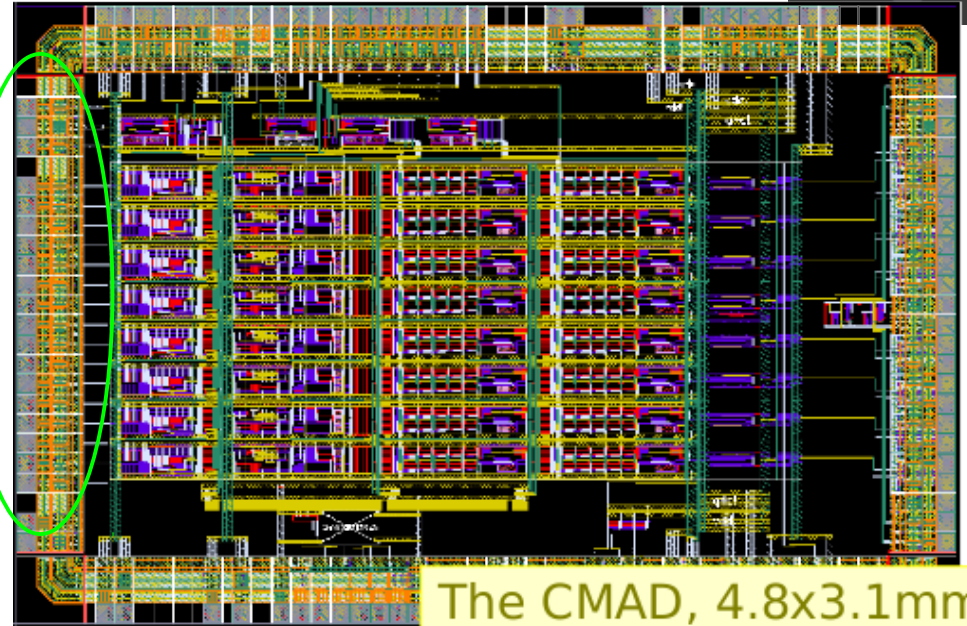
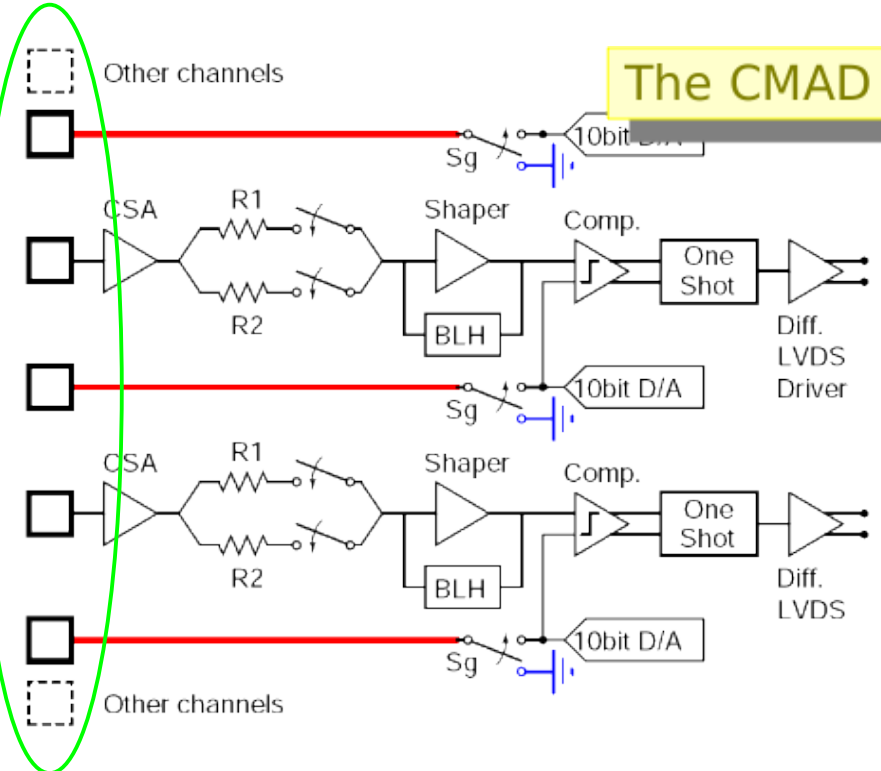
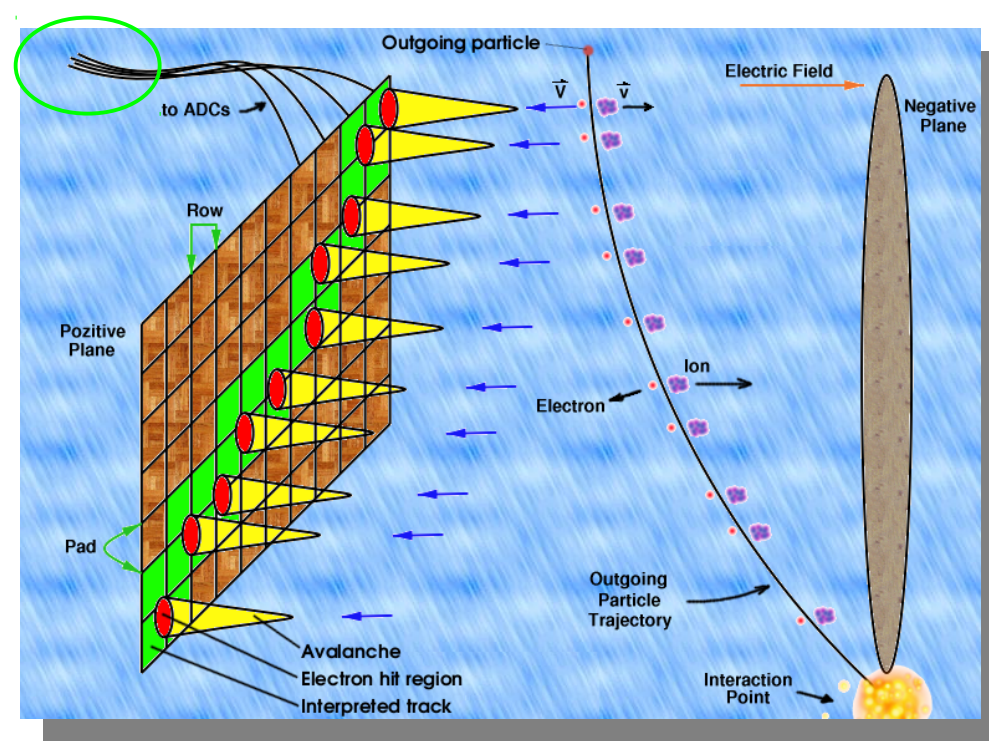
Front-End ASIC



Kısaca Algıçokuyan

Verinin ilk yorumunun yapılması (FE)

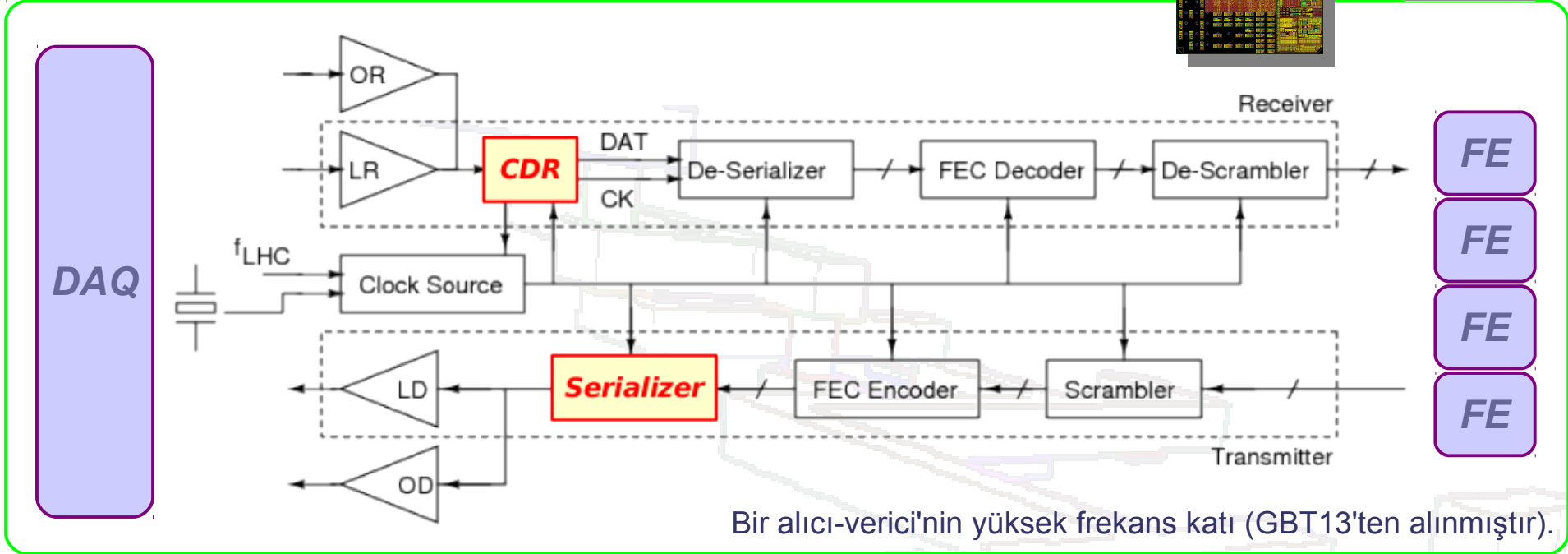
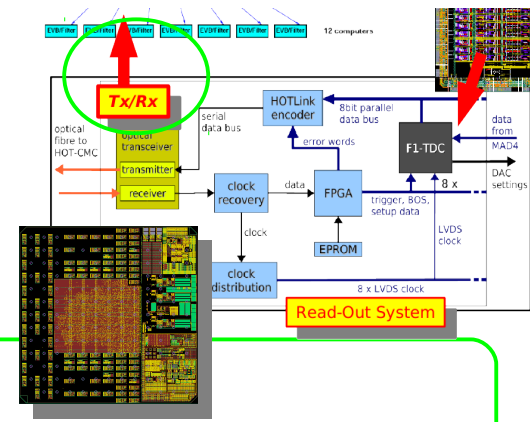
- **Yükleri** bir **atkıya** topla
- **Atkının şeklini** düzelt
- 1) Atkı **yükseklğini eşik** ile **karşılaştır** :
→ Yüksek ? Evet : Hayır
- 2) Veri işlemek için atkıyı **dijitale çevir** :
→ Dijital süzgeçler, düzelticiler v.b.
- Sonucu **Verigönderen'e** ilet



Kısaca Verigönderen

Veriyi algıçokuyandan alıp verigönderene (RO) iletmek

- Alıçokuyanlarca üretilmiş veriye **başlık / imza** ekle
- Veri parçaları** 'nı **olay** 'a topla ve veri toplama sistemine **yolla**

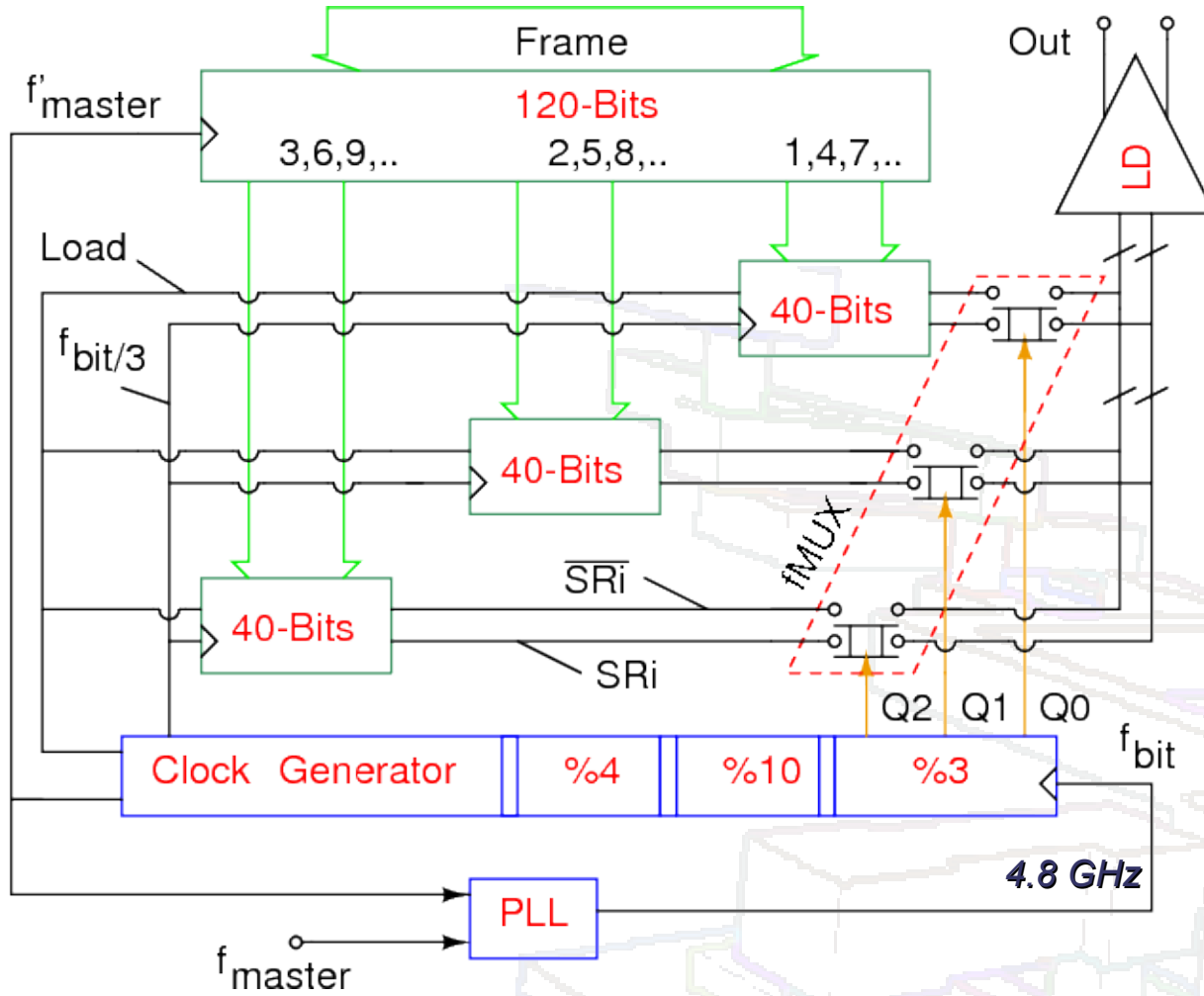
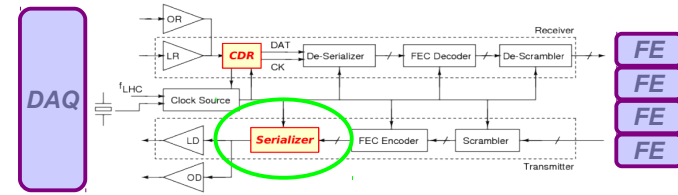


Bir alıcı-verici'nin yüksek frekans katı (GBT13'ten alınmıştır).

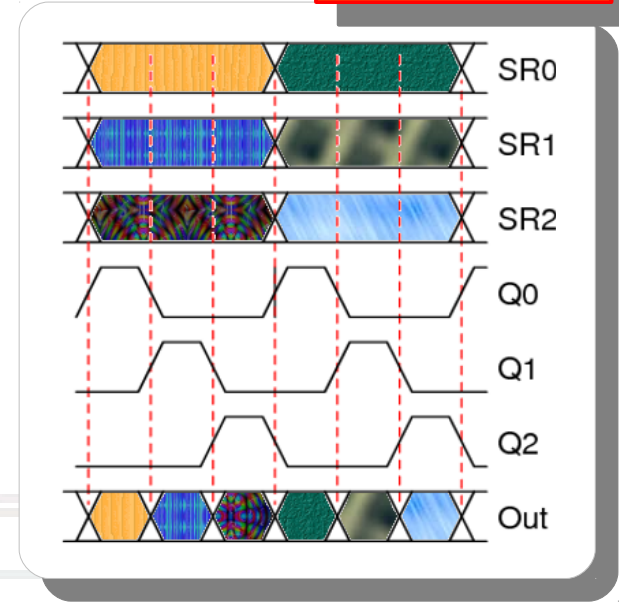
- Alıcı**
 - Optik liften, seri veriyi temsil eden **ışık işaretlerini** al
 - FEC** kodunu denetle ve hata olması durumunda **mümkünse** onu **düzeltil**
 - Veriyi **paralleleştire**
 - Veriyi bir sonraki sisteme **aktar** (ör. FE)
- Verici:**
 - Veriyi **algıçokuyandan al**
 - gönderim hatalarına karşı FEC** hesapla ve olay'a ekle
 - (Yavaş) paralel veriyi (hızlı) **serileştir**
 - Veri toplama sistemine giden bir **optik lifi sür**

Kısaca SER

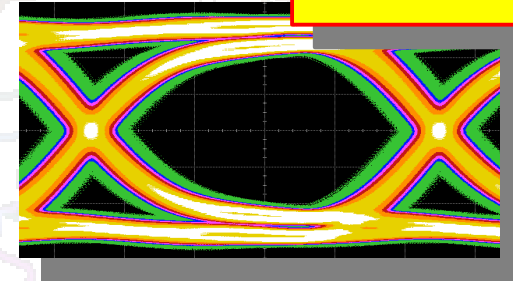
Paralel → Seri



Zamanlama



Göz Diyagramı

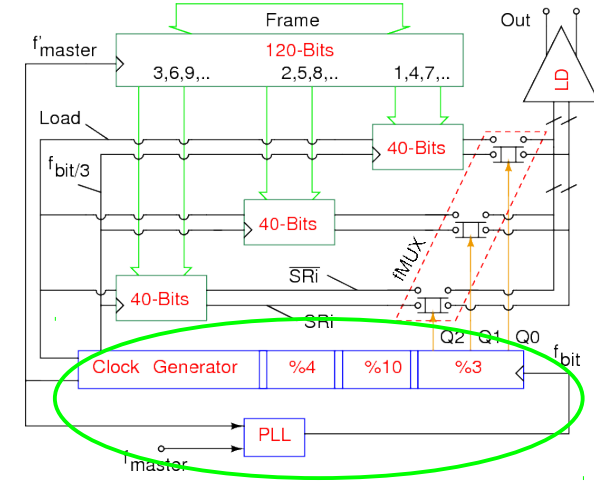
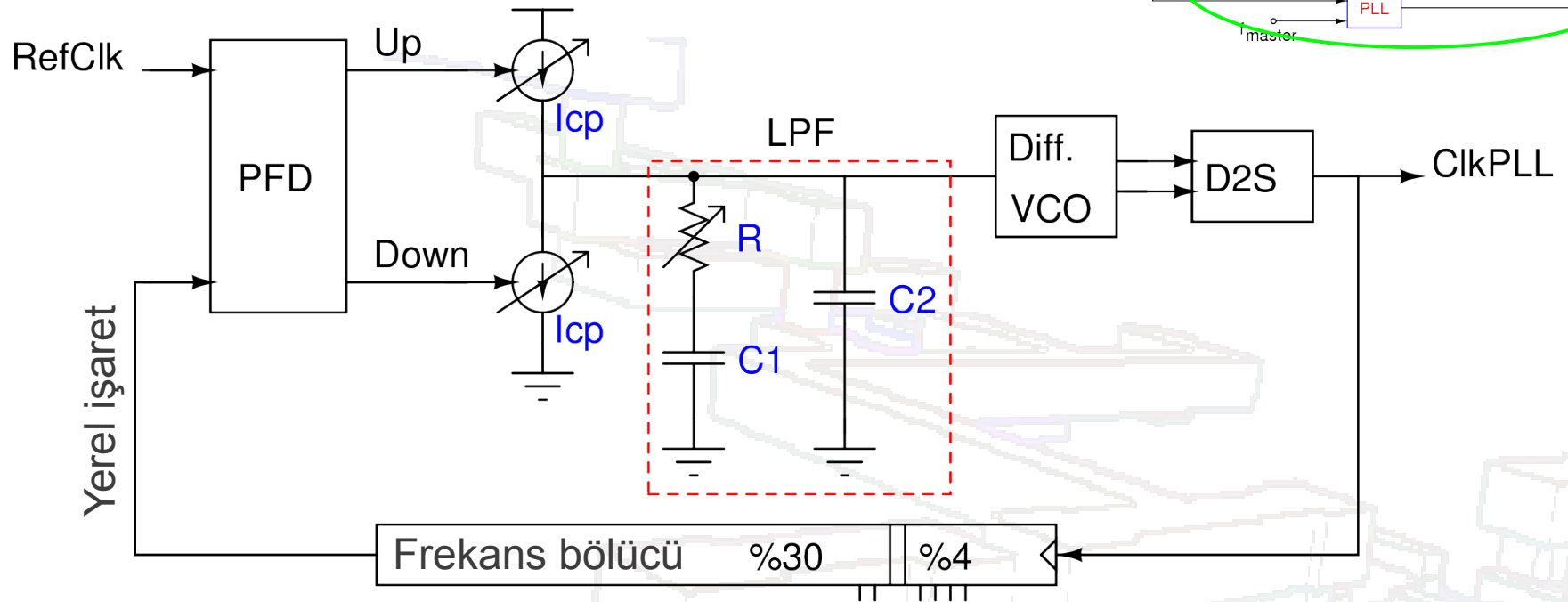


- Her f_{master} ' da (yükselen köşe) **120-bitlik** kelimeyi **yükle**
- Her **Load** ' ta (yükselen köşe) bu büyük kelimeyi **3 tane 40-bitlik** kelimeye **böl**
- 40-bitlik** küçük kelimeleri sırasıyla **sağa doğru kaydır** ($f_{BIT}/4$ yükselen köşe ile)
- Her kaydırmada ilgili biti **çıkışa aktar** (Q1' den Q3' e kadar olan)

Kısaca PLL

Açı kilitli döngü

- Amaç, **tekrarlayan** iki işareti birbirine **kilitlemek**
- Bu iki işaretten biri **RefClk** ve diğeri bizim üretecek olduğumuz **ClkPLL**



- Tekrarlayan bir işareti **yerel olarak** üret (VCO ile) ve verilen referans ile arasındaki **zamanlama hatasını** ölç (PFD ile)
- Bu hata ölçüsünde bir **düzeltilme işareti üret** (Up, Down)
- Düzeltilme işaretini kullanarak gerekli adımı at (Icp) ve yerel işaretin açısını **hata ölçüsünde düzelt** ki PFD' nin ölçtüğü **hata sifıra yaklaşsın**

Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

■ Bu ders neden var ?

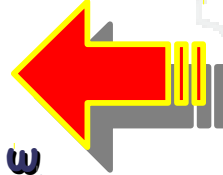
- HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak

■ Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi

- Kısaca **front-end** - FE ASIC
- Kısaca **read-out** - RO sistemi
- Kısaca **serializer** - SER
- Kısaca **phase-lock loop** - PLL

■ Geri Besleme Fikri

- Nicel bir tanıtım
- Doğal sıklık kavramı - ω_n
- Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
- Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)



■ Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler

- **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
- **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
- **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi

■ Yarı-iletken Üretim Yöntemi

- **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
- **VLSI** tasarım akışı
 - Asalak devre **hesabı**
- Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri

■ Radyasyona Dayanıklılık

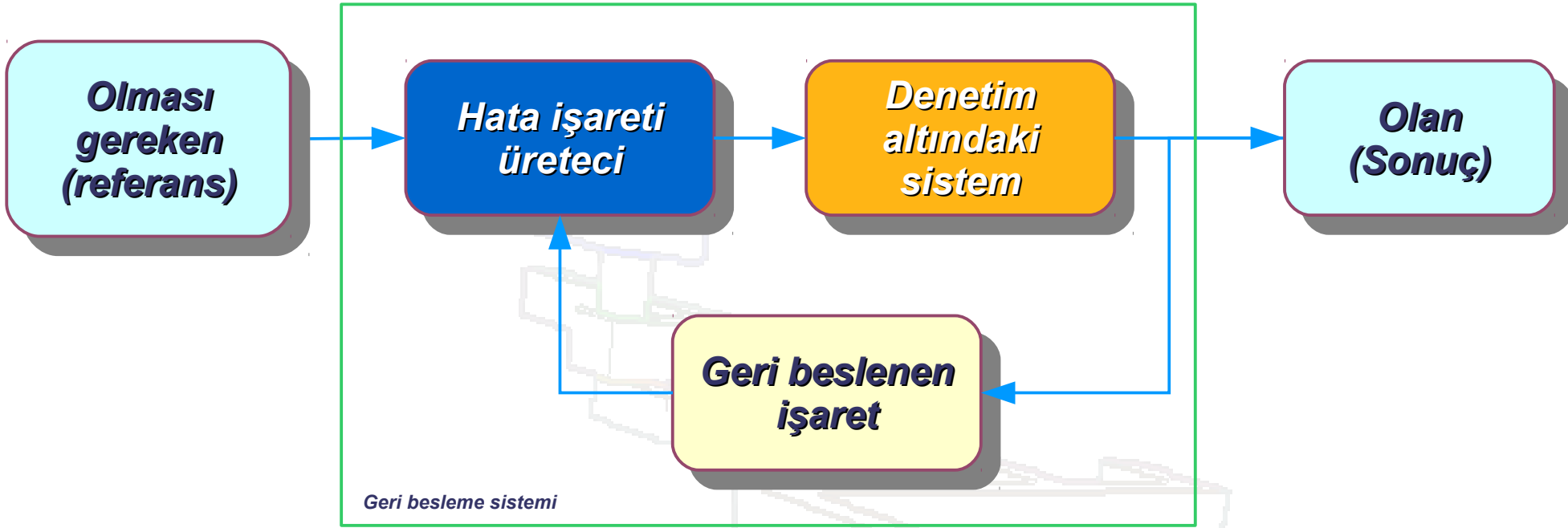
- Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
- Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması

■ CMOS'un Yerine Gececekler(?)

- **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)

Geri Besleme

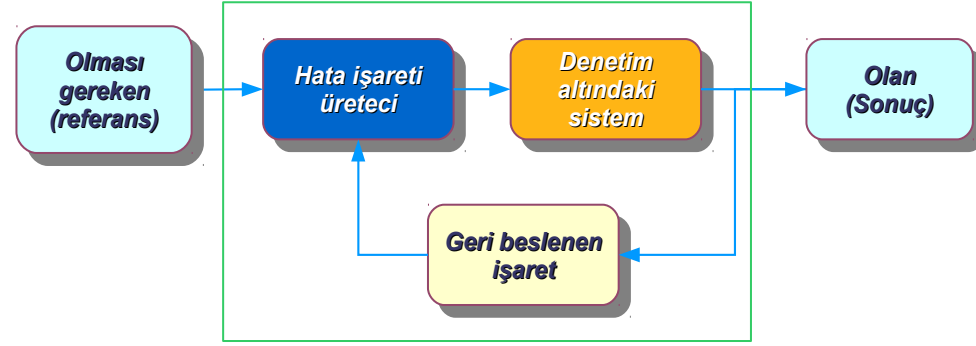
Aslında günlük yaşamdan çok aşina olduğumuz bir kavram



- Amaç, **olması gerekenle olan şey** arasındaki **farkı azaltmak**
- Nasıl ? Her **çevrimde**:
 - Olanın "**bir kısmını**" geri besle: sistemin, sonucun sadece bir kısmından **haberdar olmasını** sağla
 - Oluyor **olanın geri beslenen kadarı** ile **olması gereken** arasındaki **farkı ölç**
 - Bu **farka göre** bir **düzeltilici** adım at
 - Çevrimi **tekrarla**

Geri Besleme

Aslında günlük yaşamdan çok aşina olduğumuz bir kavram



■ Islık çalmak veya bir müzik aleti çalmak:

- Çaldığım notanın bir "Do" değil de bir "Re" olduğunu nasıl biliyorum ?
- "Ben daha iyi islik çalıyorum" demek anlamlı mı ?
- Belirli bir parça için doğru taksimi/soloyu ararken beynimizde hangi süreç çalışır ?

■ Bardaktan su içmek:

- Bardağın açığı ve konumunu ayarla ki suyun akış hızı sabit kalsın
- Hatırlayın: bazen su yere dökülürdü (Hatanın nasıl oluştuğunu düşünün)

■ Yürümek veya bisiklete binmek:

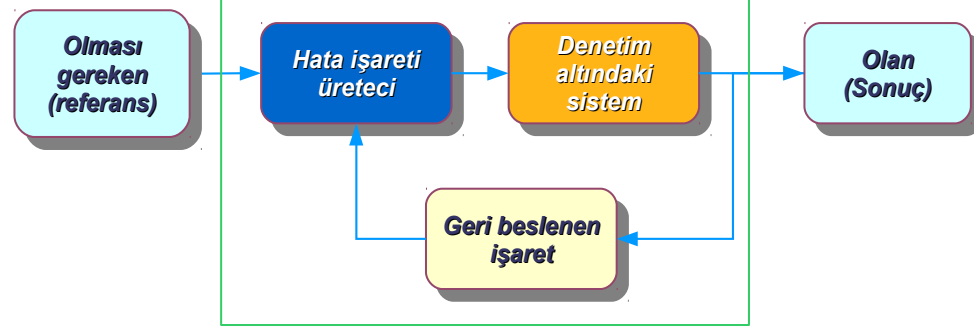
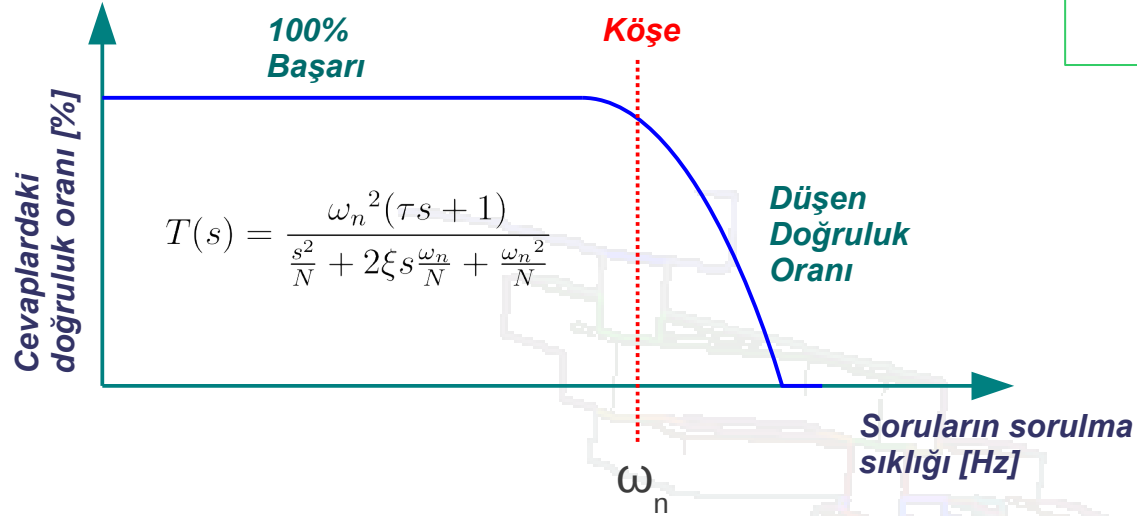
- Düşmemek veya belli bir yere gidebilmek için hangi frekansta ve hangi yöne doğru ne kadar büyüklükte adım atmam gerektiğine nasıl karar veriyorum ?
- Bu iki şeyi sarhoşken yaptığınızı hayal edin (Hatanın nasıl oluştuğunu düşünün)

■ Ülke yönetmek:

- Acaba "referendum" kelimesi denetim teorisi'nden ödünç alınmış bir terim mi ?
- Tamamen aynı görüşteki politikacıların nasıl bambaşka kararlar alabildiğini düşünün (Hatanın nasıl oluştuğunu düşünün)

Gerri Besleme

Doğal sıklık kavramı - ω_n

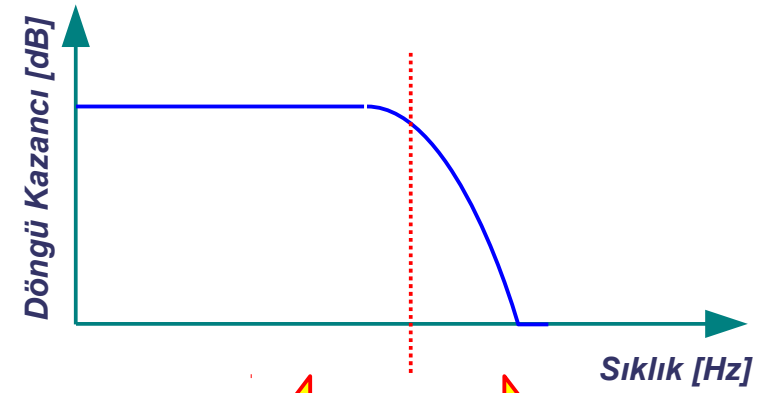


- Sürekli sorulan sorulara **cevap veren** bir düzenek (sistem) olsun
- Üstel (logaritmik) ölçekte çizilmiş, **soruların sorulma sıklığının** bir islevi olarak düzenegin **başarı oranı** (transfer fonksiyonu)
- **Yeterince yavaş** soru sorulduğunda düzenegin **başarısı %100**
- Soru sorma **sıklığı arttığında** başarı oranı **düşmeye başlıyor**
- **Köşe, doğal sıklık:** düzenegin **kabul edilemez** derecede **yanılmaya başlaması**

Gerri Besleme

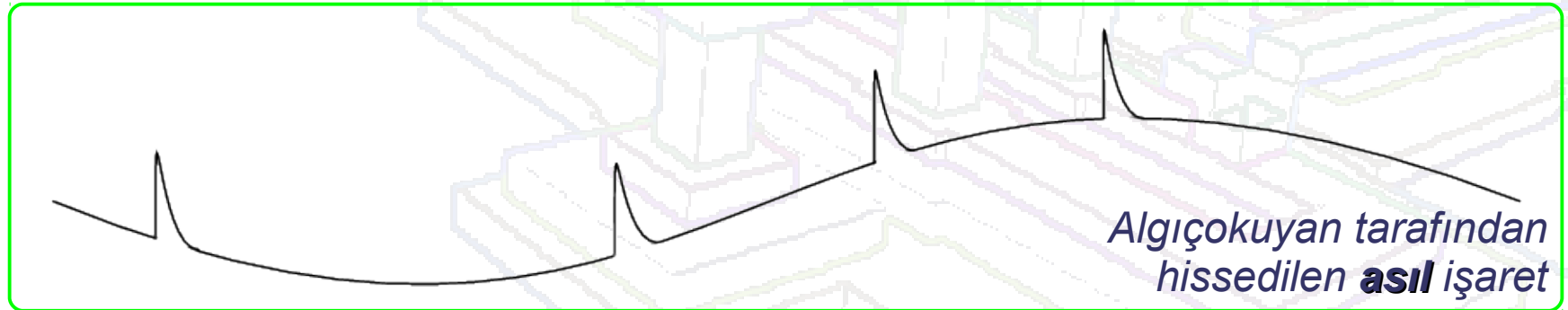
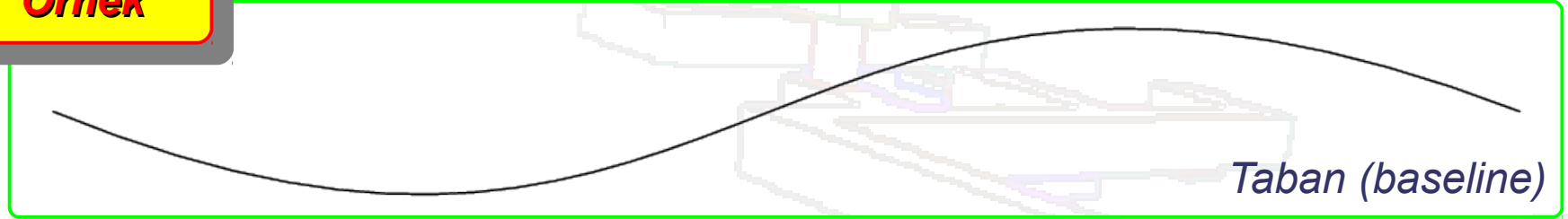
Neye hassas olunacağına karar vermek

- Küçük ω_n → Yavaş değişimlere hassas
 - + Döngü yavaş değişen işaretler üzerine etkir
 - + Darbant - yavaş geribesleme (eşanlamlılar)
- Büyük ω_n → Hızlı değişimlere hassas
 - + Döngü hızla değişen işaretler üzerine etkir
 - + Genişbant - hızlı geribesleme (eşanlamlılar)



Düşük ω_n ← Seç: ω_n → Yüksek ω_n

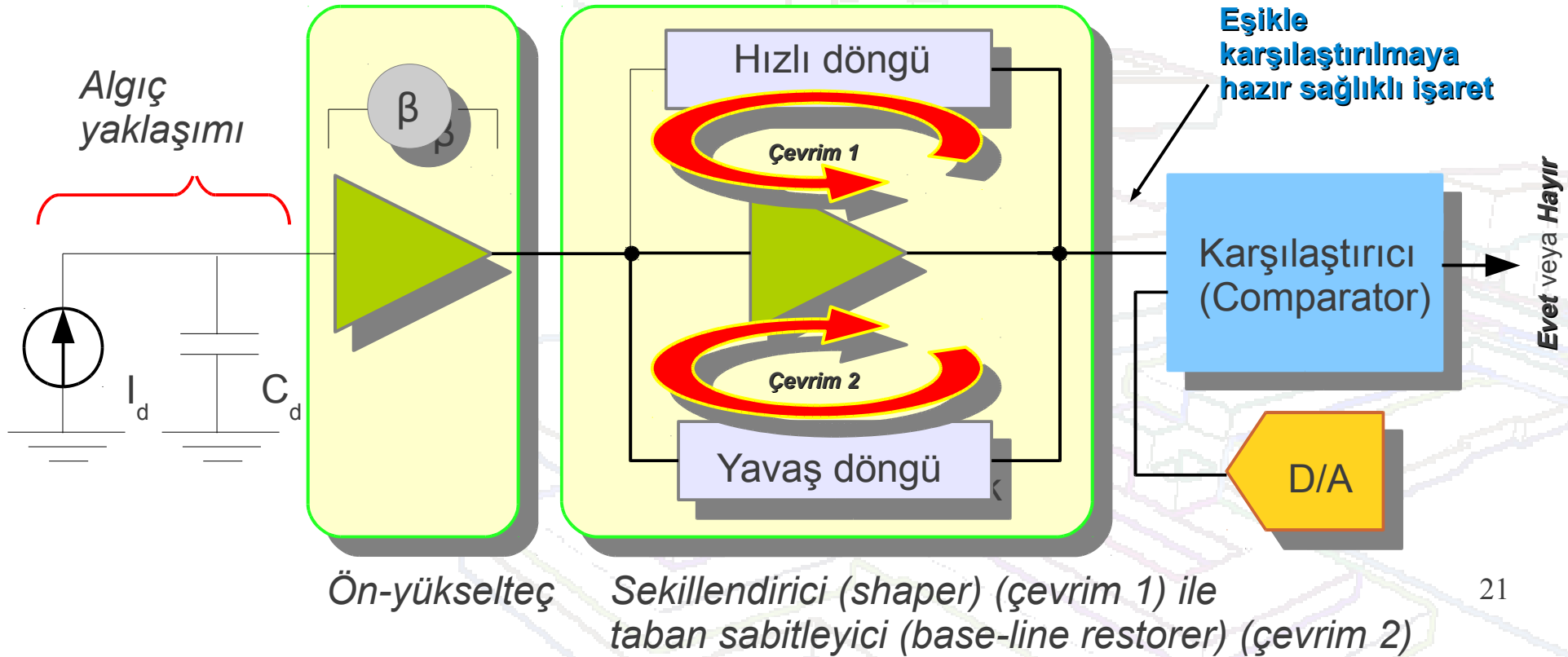
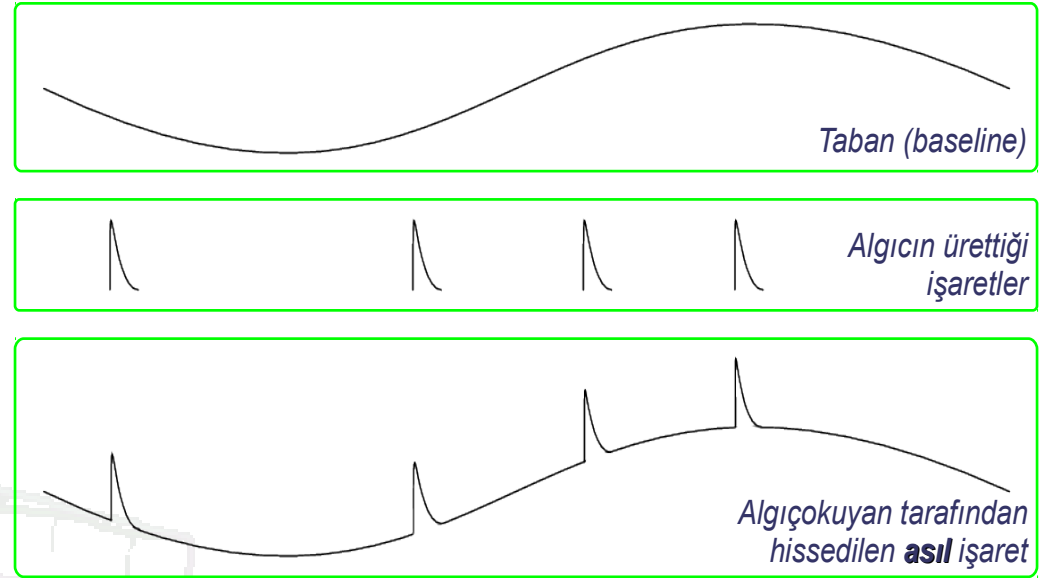
Örnek



Örnek

Evet / Hayır Veri Okuma

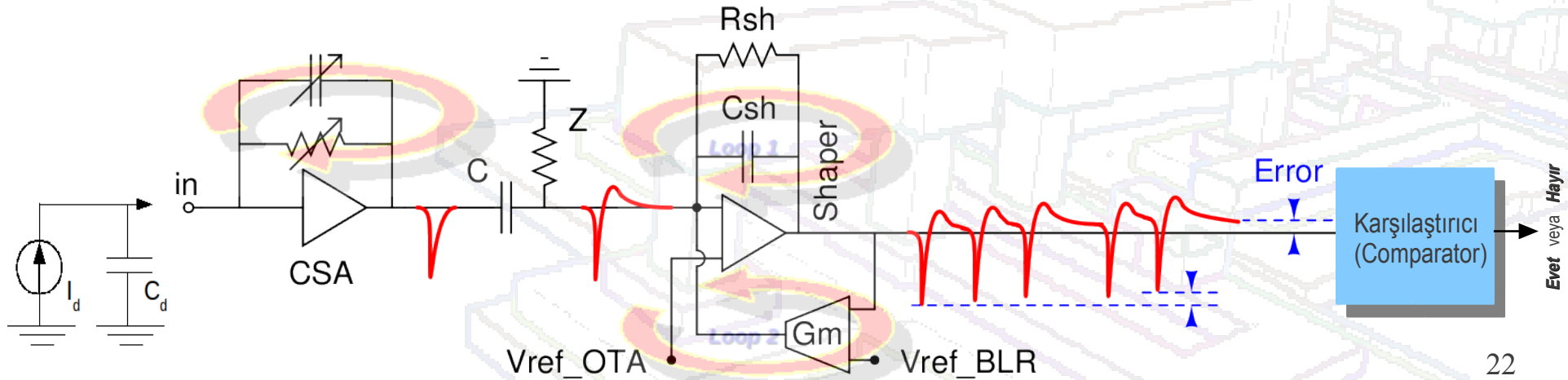
- Taban'ın kararlı olmasını gerektiren ki **doğru** karşılaştırılabilir
- Taban **yavaş değişir**
- **Darbant** gerek (Çevrim 2)
- İşaret şekillendirici **hızlı olmalı**
- Algıç atkılarını **hızla değişir**
- **Genişbant** gerekli (Çevrim 1)



Gerçek Dünyadan Bir Örnek

Eşik Üzerinde Zaman ölçümü için Evet / Hayır Okuma

- Birkaç **MHz** sıklık ile üretilen **rastgele** algıç **atkıları** olsun; o halde...
 - ➔ Hızlı döngü **ne kadar** hızlı olmalı ?
 - ➔ Yavaş döngü **ne kadar** yavaş olmalı ?
- Değişkenlerin **en iyi değerleri**, okuma hızına ve çevresel koşullara göre belirlenir:
 - ➔ **Doğal sıklıklar** ve döngü **kazançları**, atkılarının **iniş/tırmanış** zamanları v.b.
 - ➔ Karar seviyesine **yakınsama davranışı**, **radasyona dayanıklılık**, **sönümlenme** sabiti, **güç** bütçesi v.b.
 - ➔ Devrenin **büyükölç** kısıtlaması, **güvenilirlik**, kanal **etkinliği**, v.b.



Gerri Besleme

En iyi döngü davranışına ulaşmak

Olması gereken (referans)

Hata işareti üretici

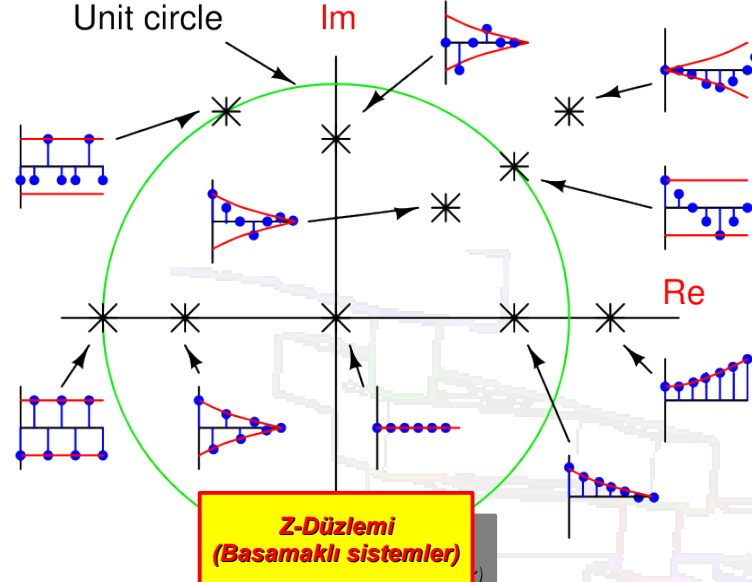
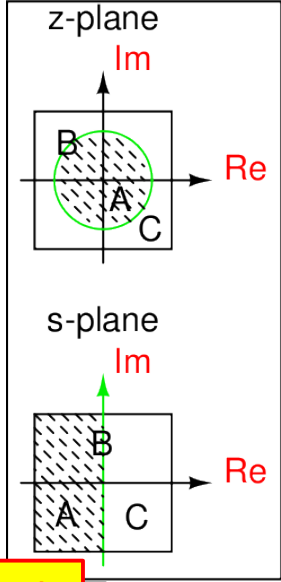
Denetim altındaki sistem

Olan (Sonuç)

Gerri beslenen işaret

Transfer fonksiyonu

$$T(s) = \frac{\omega_n^2 (\tau s + 1)}{s^2 + 2\zeta s \frac{\omega_n}{N} + \frac{\omega_n^2}{N}}$$



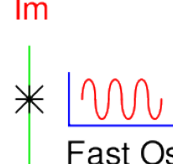
Kararlı Bölge

Z-Düzlemi (Basamaklı sistemler)

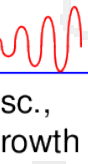


Osc., Decay

*

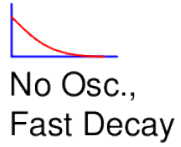


Fast Osc., No Growth



Osc., Growth

*



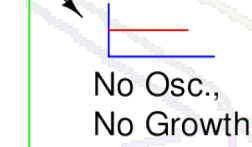
No Osc., Fast Decay

*



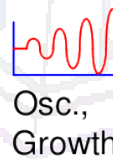
Osc., Decay

*



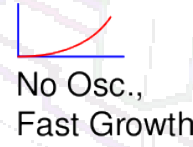
No Osc., No Growth

*



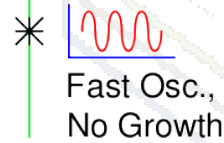
Osc., Growth

*



No Osc., Fast Growth

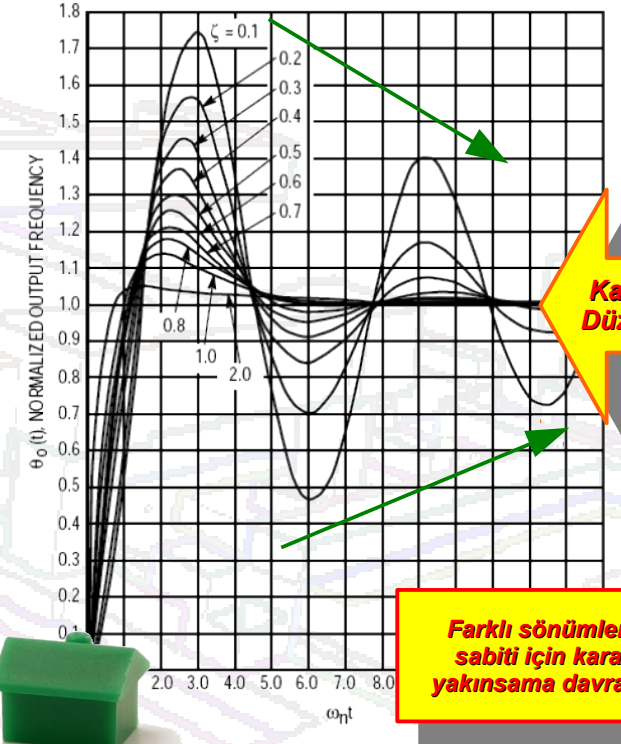
*



Fast Osc., No Growth

*

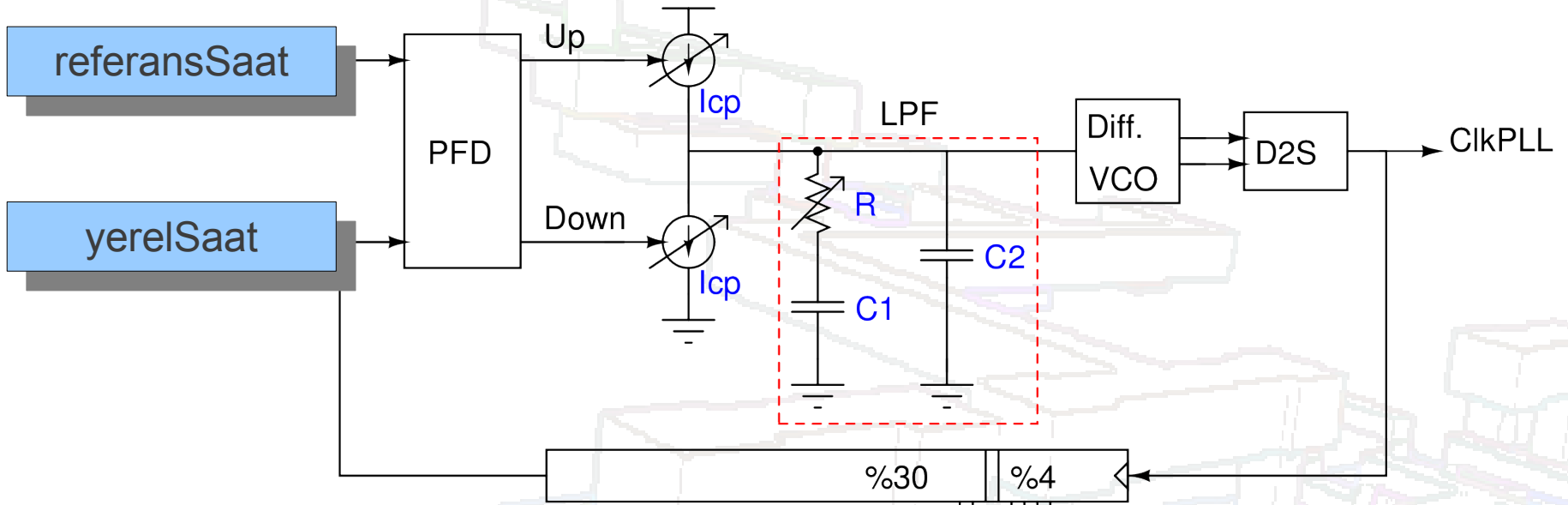
S-Düzlemi (Devamlı Sistemler)



Farklı sönümlenme sabiti için karara yakınsama davranışı

Benzetim Sonuçları ve Küçük bir Sınav

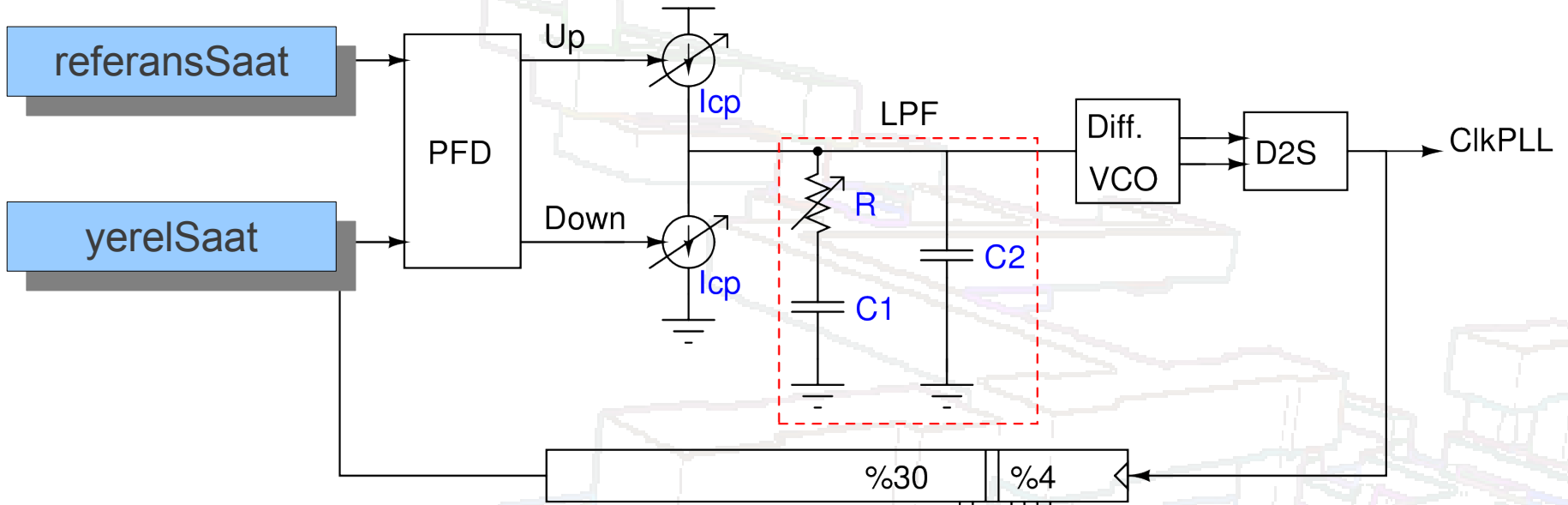
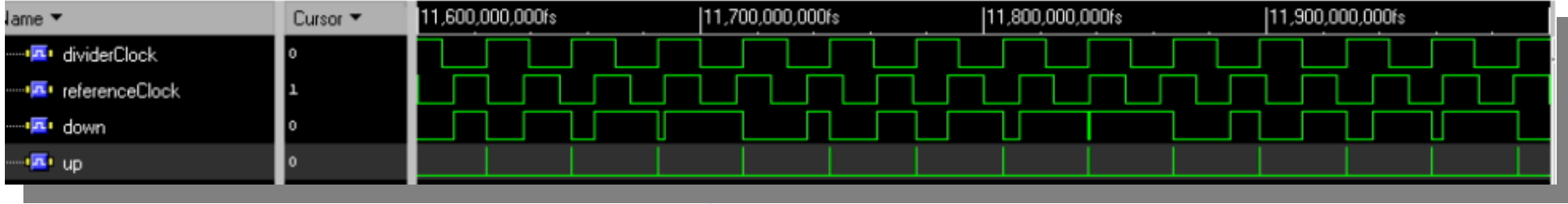
PLL 'yi hatırlayın



- yerelSaat, referansSaat'e göre ilerleyerse, VCO'yu yavaşlat
- yerelSaat, referansSaat'e göre geri ise, VCO'yu hızlandır

Benzetim Sonuçları ve Küçük bir Sınav

PLL 'yi hatırlayın

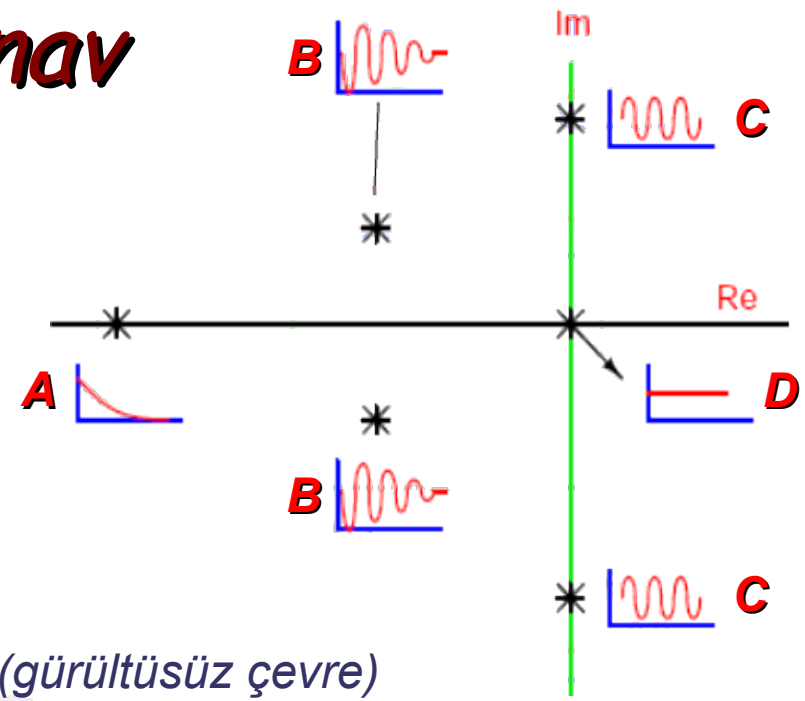


- yerelSaat, referansSaat'e göre ilerleyerse, VCO'yu yavaşlat
- yerelSaat, referansSaat'e göre geri ise, VCO'yu hızlandır

Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



? - **Küçük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)

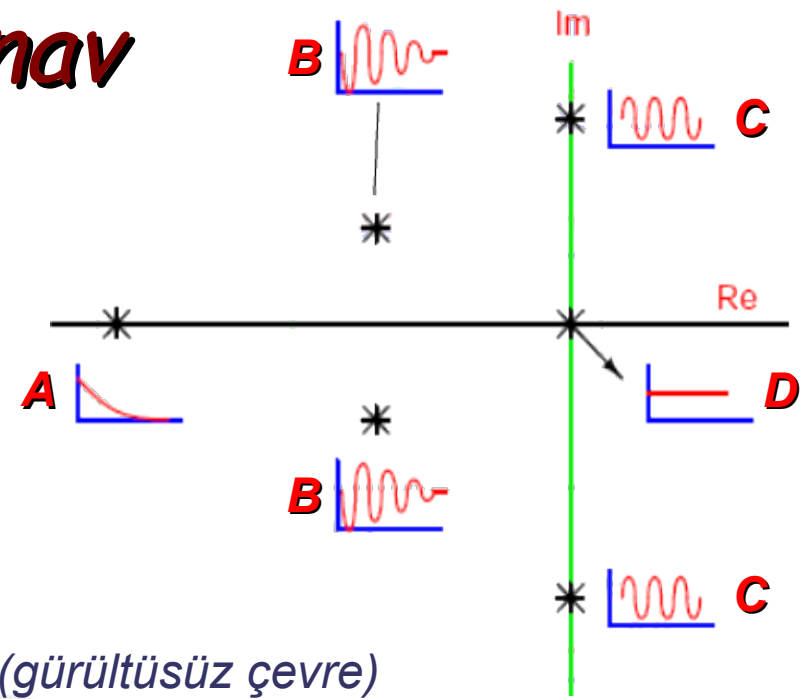
? - **Büyük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)

? - **Küçük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültülü çevre)

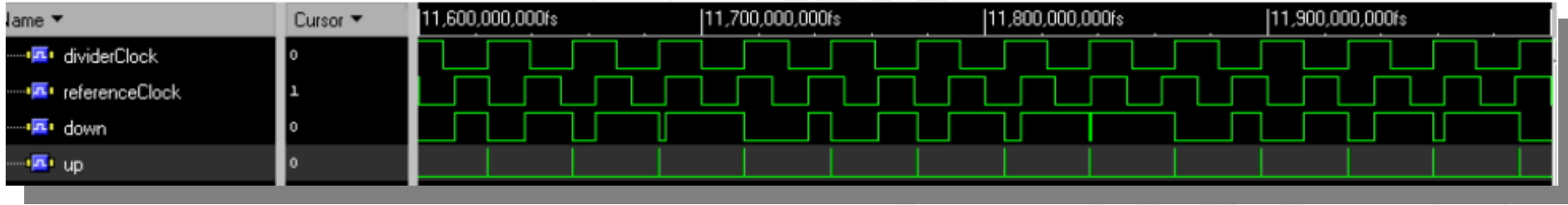
Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



? - **Küçük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)



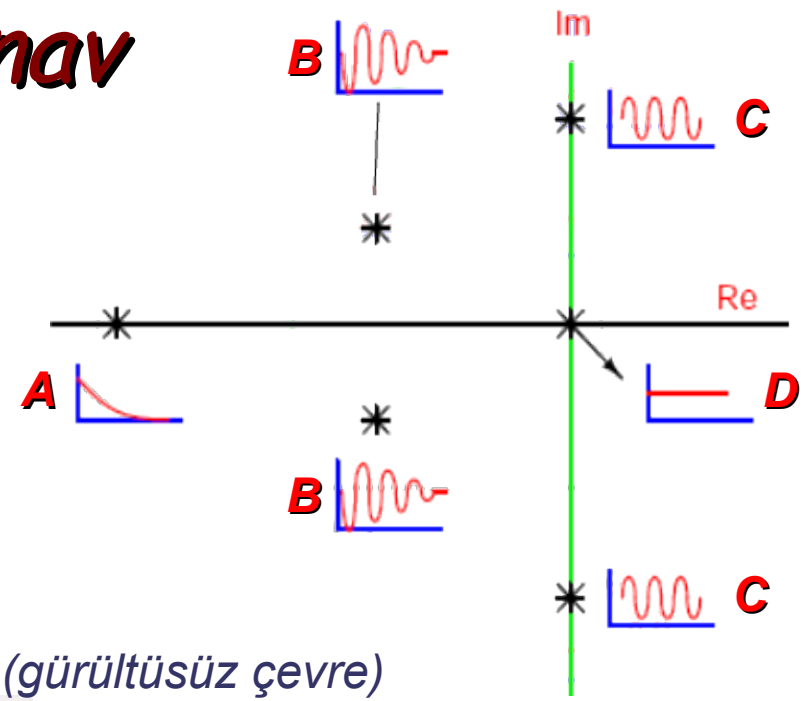
? - **Büyük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)

? - **Küçük sönümlenme** katsayısı ile **yavaş döngü** (gürültülü çevre)

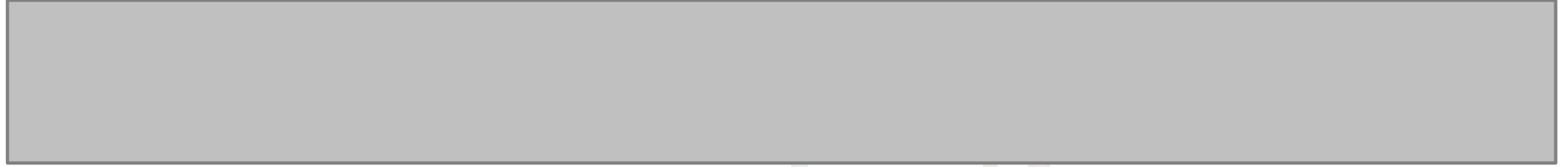
Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



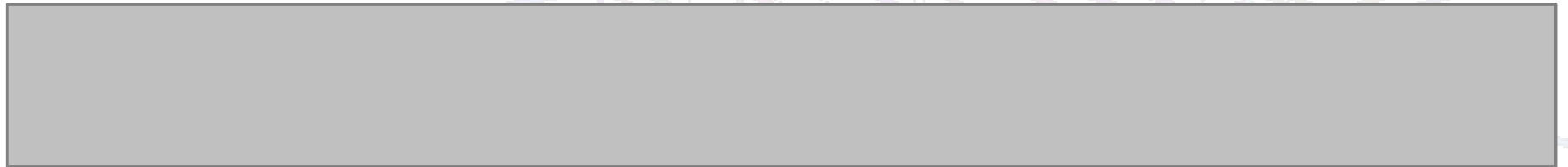
B - **Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)



? - **Büyük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü** (gürültüsüz çevre)



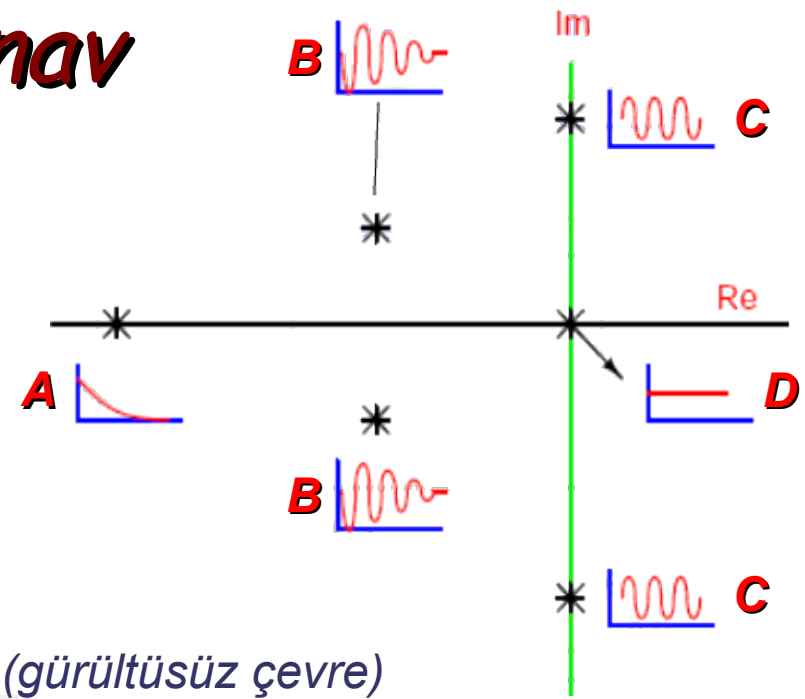
? - **Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü** (gürültülü çevre)



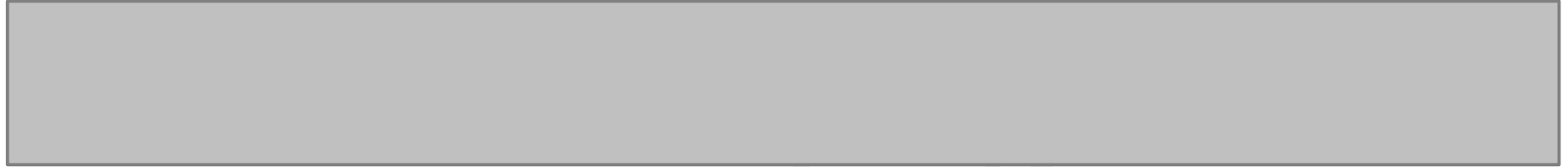
Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

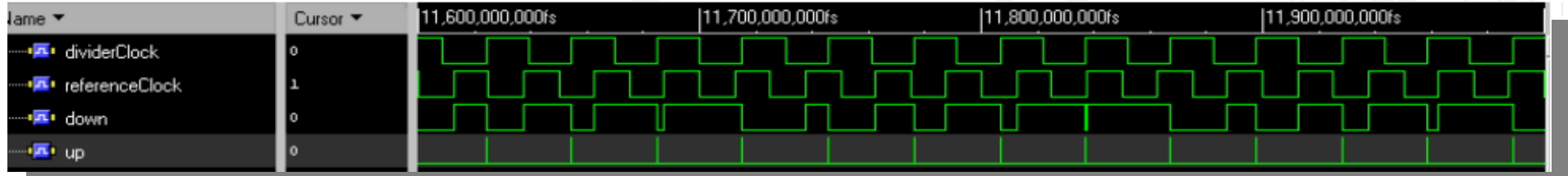
- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



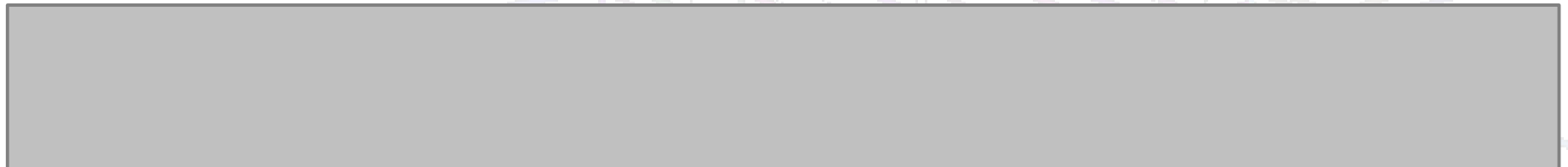
B - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



? - Büyük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



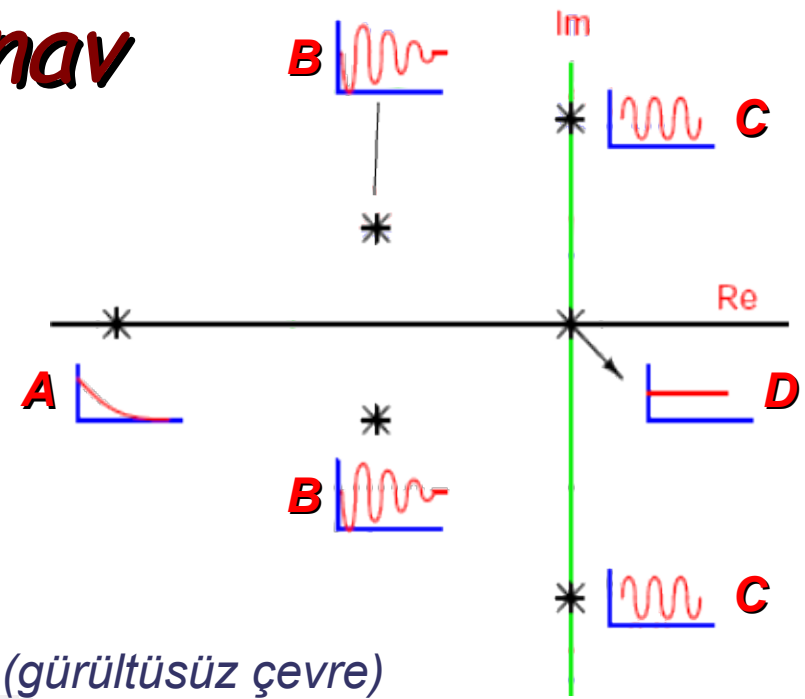
? - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültülü çevre)



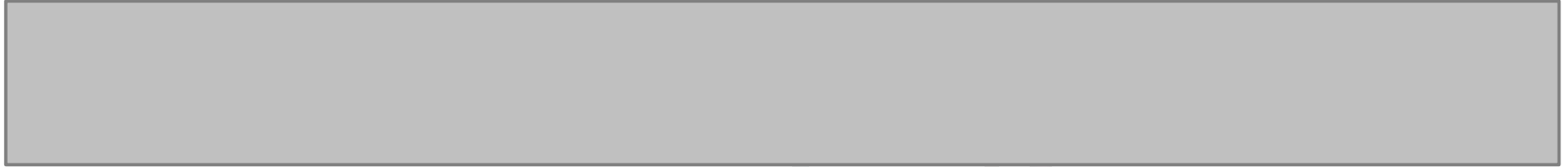
Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



B - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



A - Büyük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



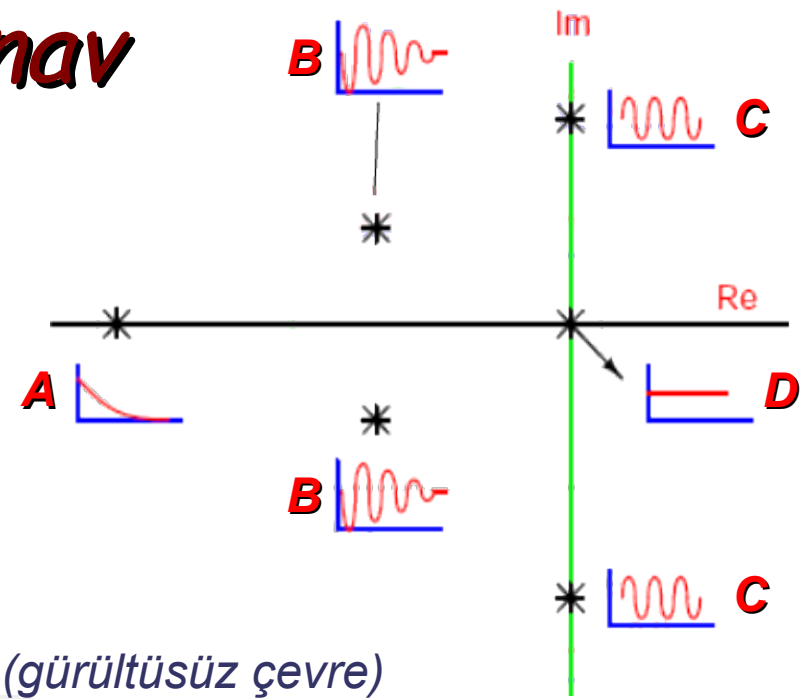
? - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültülü çevre)



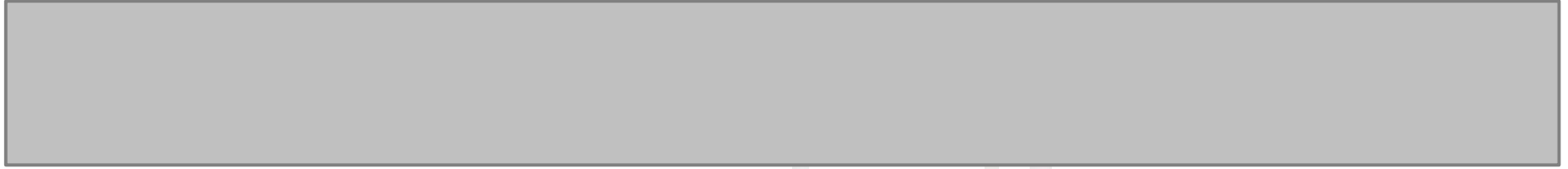
Benzetim Sonuçları ve Sınav

Farklı yakınsama davranışı

- Aşağıdaki **filmlere** dayanarak, ilgili sistemin **s-düzlemi** üzerinde bulunan ve yakınsama **davranışına** karşılık gelen **sonsuzlarını** (pole'lerini) bulun
- Sezgilerinizi kullanın



B - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



A - Büyük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültüsüz çevre)



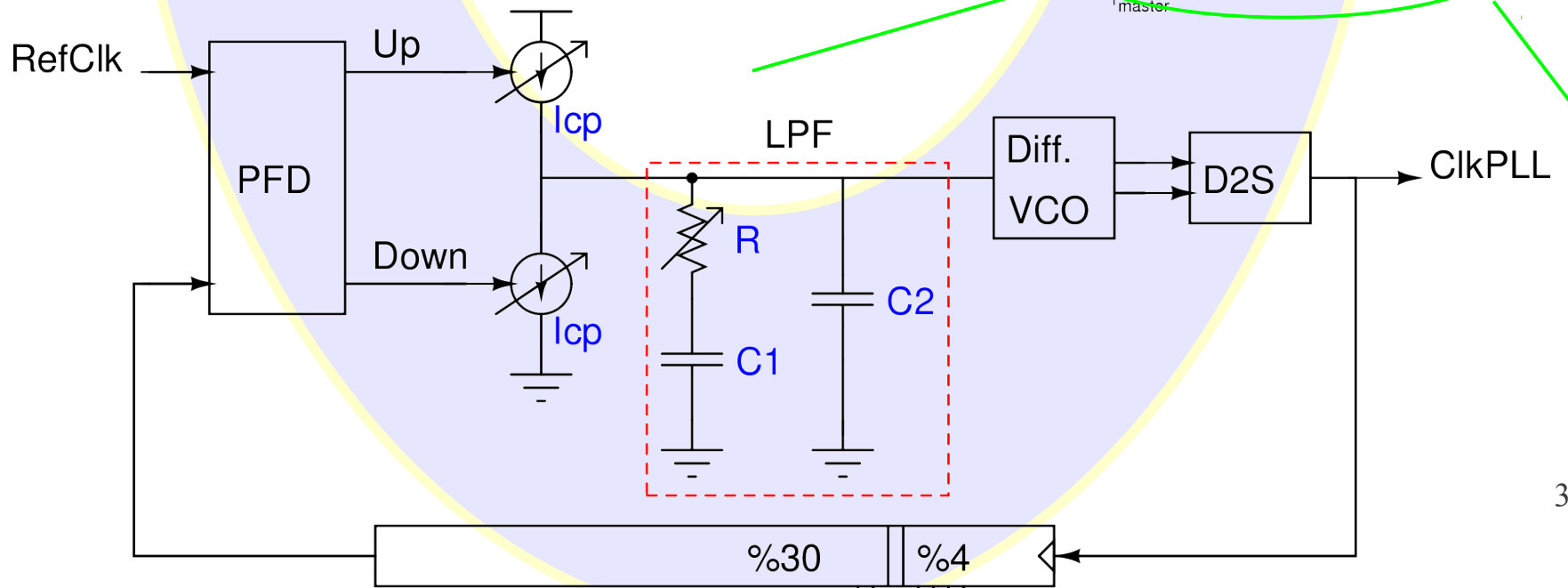
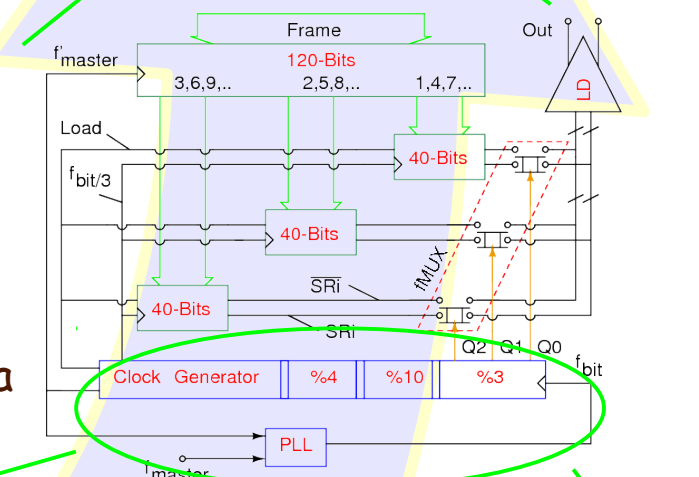
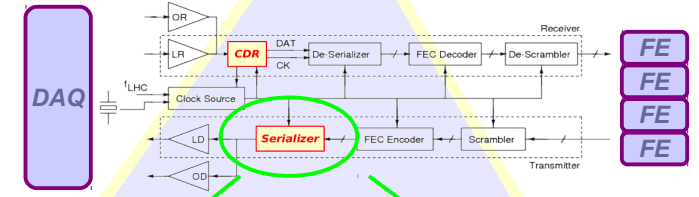
? - Küçük sönümlenme katsayısı ile yavaş döngü (gürültülü çevre)



Büyük Resme Geri Dönelim

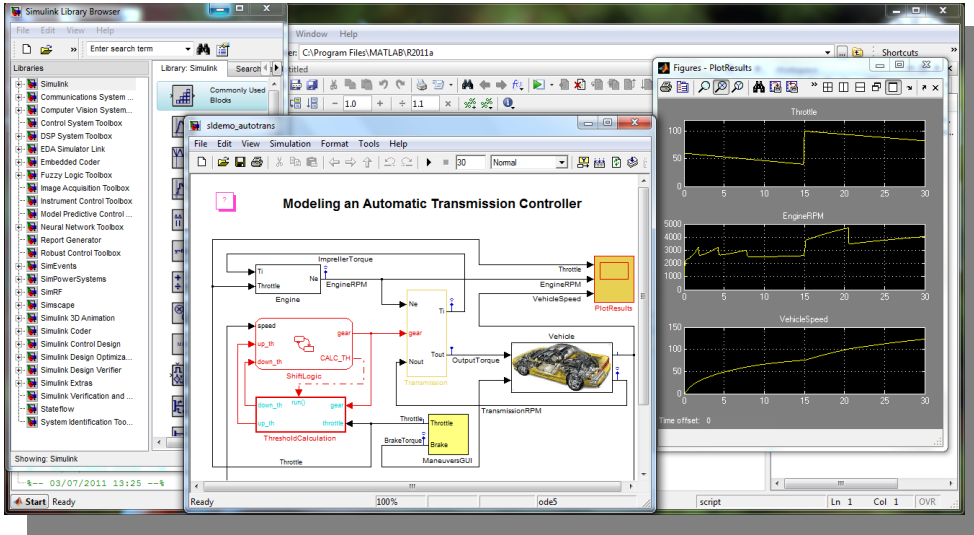
PLL çalışmazsa hiçbir şey çalışmaz !..

- Geri besleme değişkenlerinin değerleri yanlışsa:
 - PLL doğru bir saat işareti üretemez
 - Sıklık ve açı ile kilitlenmis CLKPLL işareti yok
 - LHC saati yokmuş gibi, eşzamanlılık yok
- SER işlevi başarısız olur
 - Bazı bit'ler kaybolur veya tekrarlanır
 - Yüksek zamanlama belirsizliği göz diyagramının kapalı olmasına yol açar
- Verigönderen (Read-Out) başarısız olur ve algıçokuyan (Front-End) ile veri toplama ağı arasında bilgi gönderimi yapılamaz → **Ölümcül hata** !..

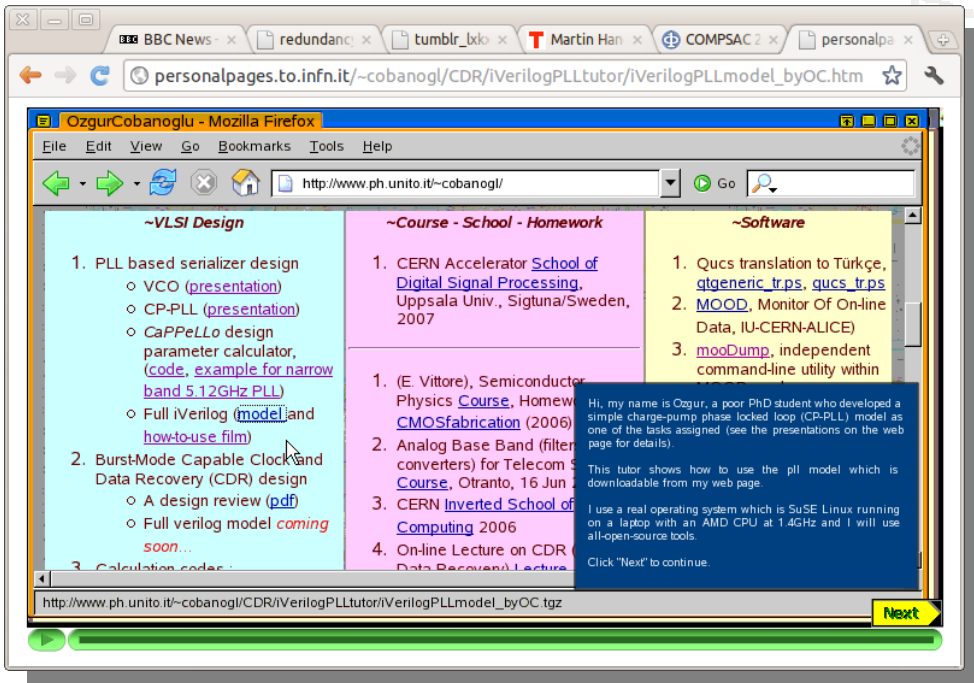


Tasarım Araçları ve Alıştırmalar

Geri besleme tasarımında kullanılan yazılım araçları



Bağlantılar: Octave, scilab, matlab



Geri besleme sistemi tasarımında analitik (transfer fonksiyonları üzerinden hesap) ve zaman adımı hesaplarının ve benzetimlerin yapılabildiği **matlab/simulink**, **octave** ve **scilab** ortamları, benzer **betik** programlama dilleri (m-betik dili), **blok diyagram** yeteneği ile **etkileşimli** çalışma ortamları sunar

CP-PLL **tasarımı** benzetimi için hazırlanmış bir tanıtım **film**i: Verilog **HDL** dilinde bir **PLL modelinin** yazılması, **benzetimi**, dalga şekillerinin görüntülenmesi ve yorumlanması (bir önceki sayfalardaki sınav için sunulan filmleri üreten model), benzetim sonuçlarının hesaplanması ve yorumu ile her aşamada kullanılan **yazılım araçlarının** tanıtıldığı yaklaşık 10 dakika süren **etkileşimli** bir alıştırma.

Bağlantı: http://personalpages.to.infn.it/~cobanogl/CDR/iVerilogPLLtutor/iVerilogPLLmodel_byOC.swf

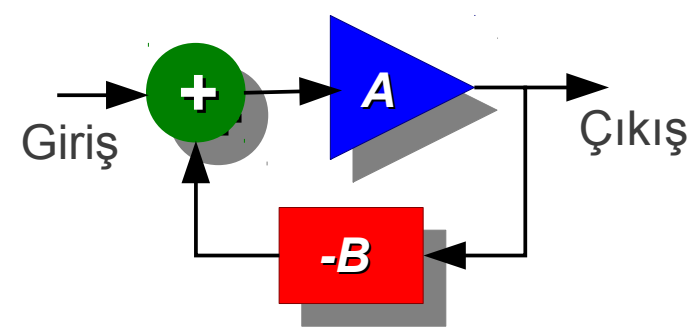
Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)

Ön-Yükselteç (Pre-Amp)

Yorumun ilk basamağı

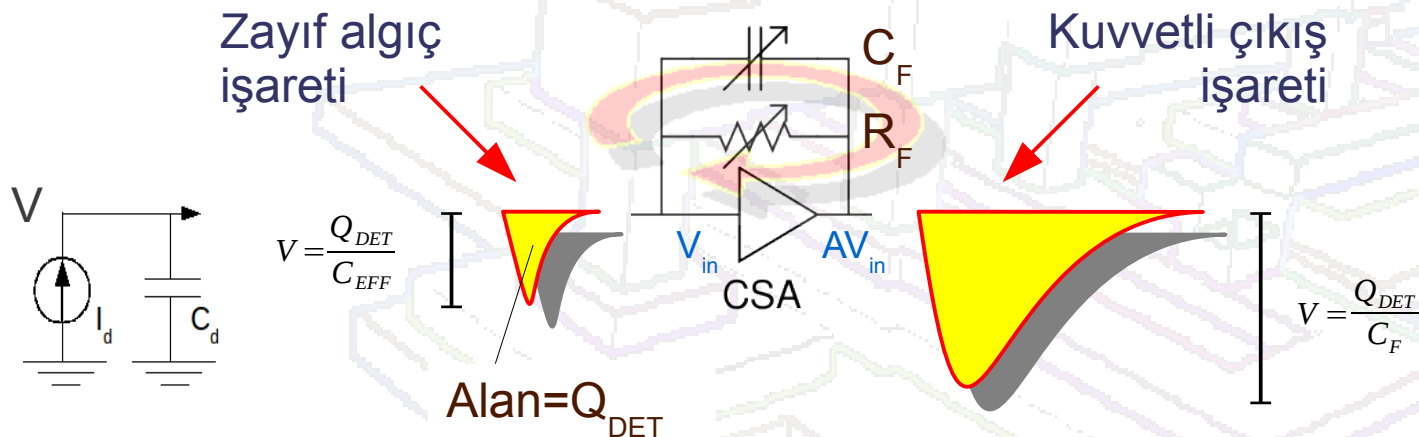


$$T = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{A}{1 + AB}$$

sage: $T(A, B) = A / (1 + A * B)$
sage: $T.limit(A=infinity)$
(A, B) | --> 1/B

- Zamanla **standartlaşmış** deneysel yöntem
- Burada: **sezgisel** ve **tanım ile yetinen**
- Temelde üç çeşit önyükselteç var:

- **Gerilime hassas**: çoğunlukla **tercih edilmez** algıçta üretilen belirli bir (Q_{DET}) yükü için algıcın **çıkış gerilimi** (V), **etkin sığa'nın** (C_{EFF}) bir **işlevidir** ki bu değişkendir
- **Akıma hassas**: **tercih edilmez** çünkü bunlar **düşük** dirençli aletlerle kullanılmaya uygundur, **halbuki** radyasyon **algıçları** çoğunlukla **yüksek** dirençlidir
- **Yüke hassas**: **tercih edilir** çünkü **kazanç yeterince yüksek** ise çıkışı **sadece ve sadece** algıcın ürettiği yükün (Q_{DET}) ve C_F 'nin işlevidir ki C_F sabit kılınabilir



Temelde Yükselteçler

Bir şeyi yükseltmek / büyötmek

- İstiyoruz ki girişteki küçük değişiklik çıkışta büyük değişiklik yaratsın

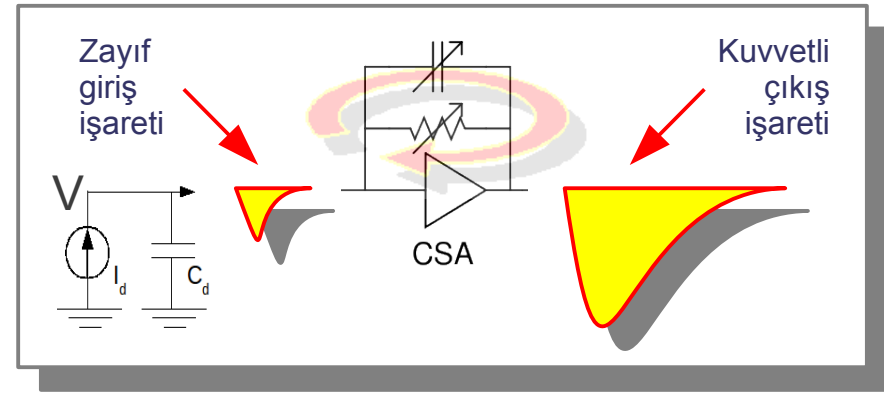
→ Yükselteç isminin nedeni

- Halbu ki girişteki işaret aslında ölü / yok olur; bu yüzden aslında:

→ Çıkış, girişin daha büyükçe yeniden üretilmiş bir "taklittir"

→ Çıkış, girişin sahip olmadığı başka bazı özelliklere sahip olabilir

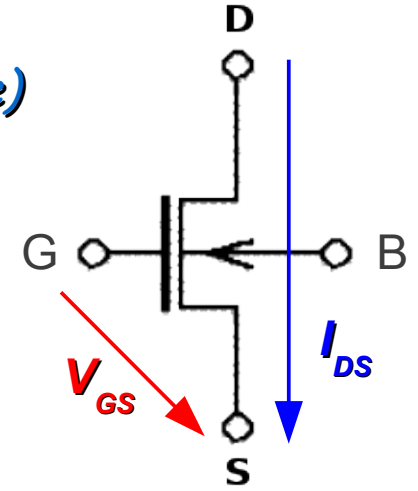
→ Farklı esneklikteki çubuklar ve/veya destek(?)



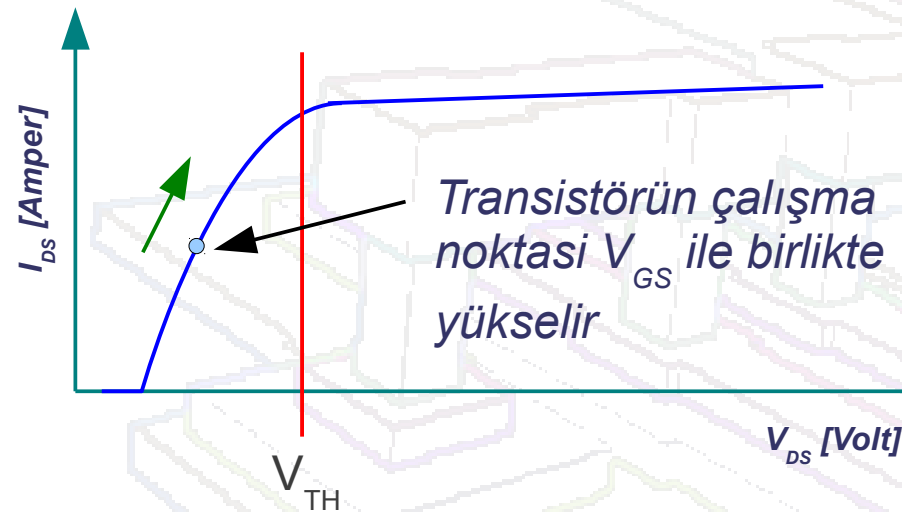
Transistör Kazancı - g_m

Bir transistor için Figure-Of-Merit (FOM = transconductance)

- Tek bir nMOS transistor için fayda (FOM) tanımlayalım
 - Giriş gerilimini çıkış akımına ne kadar iyi çeviriyor
 - Yani V_{GS} 'den I_{DS} 'ye kazanç ne kadar ?



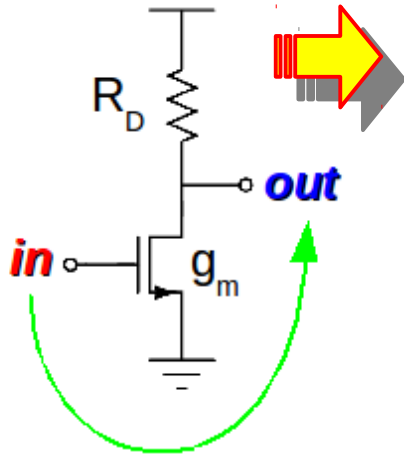
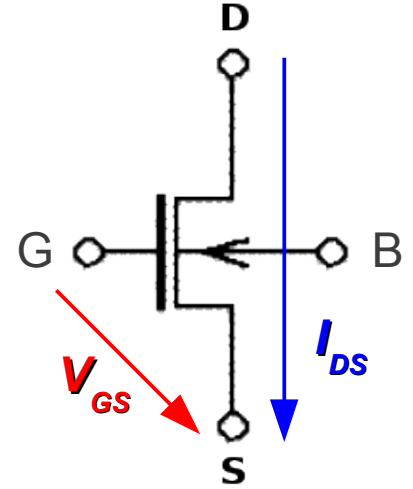
$$g_m = \frac{dI_{DS}}{dV_{GS}} = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$



Temel CMOS Yükseltici

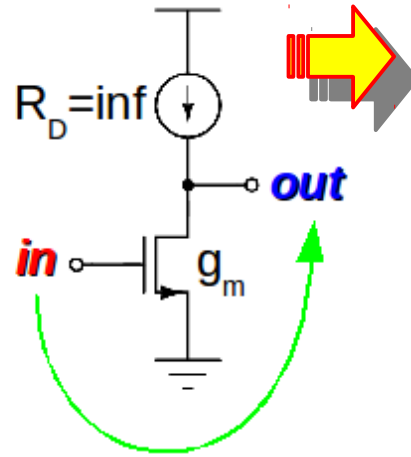
Tek katlı *common-source* yükseltici ve uygulamada kullanılabilir haline evrimi

- R_D boyunca akım çek
- ➔ Yükselen **in**, düşen **out** demek (ve daha hızlı)
- $-g_m R_D$ bize, **gerilim kazancını** artırmak için **yük direncini** artırmamız gerektiğini anlatıyor
- ➔ Biliyoruz ki **ideal** bir akım kaynağı **sonsuz dirence sahiptir**
- Akım aynası (**current mirror**) uygulamada bir **akım kaynağı** olarak kullanılabilir
- ➔ Temelde akım kaynağı olarak kutuplanmış tek bir transistör
- Transistörün kazancı (g_m), akım ile **artar**
- ➔ Transistörüne **fazladan akım** sağlarsam kazanç artar



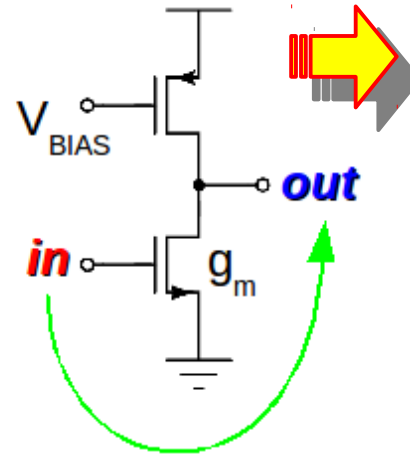
$$A_V = -g_m R_D$$

Common-source amplifier



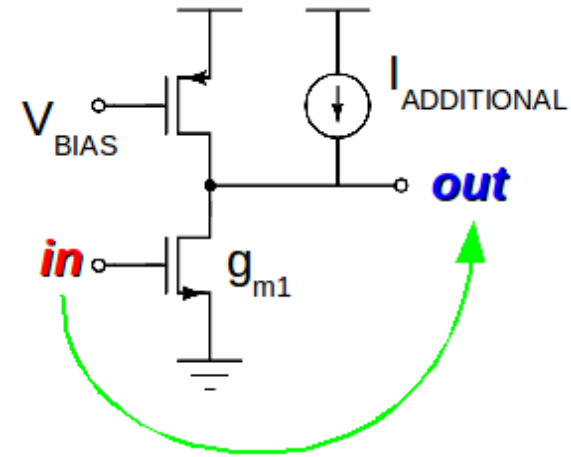
$$A_V = -g_m r_o$$

Common-source amplifier



$$A_V = -g_m (r_{o1} || r_{o2})$$

Common-source amplifier



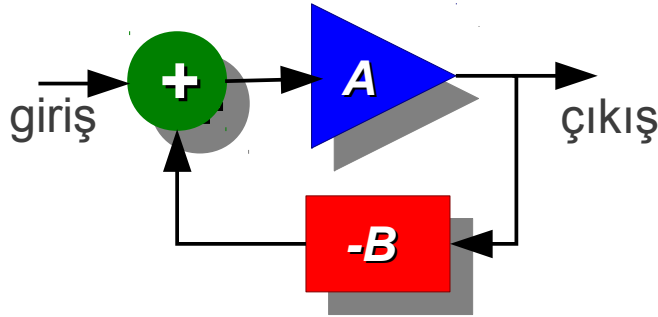
$$A_V > -g_m (r_{o1} || r_{o2})$$

Common-source amplifier with current source load featuring higher gain due to increased current

Temel CMOS Yükseltici

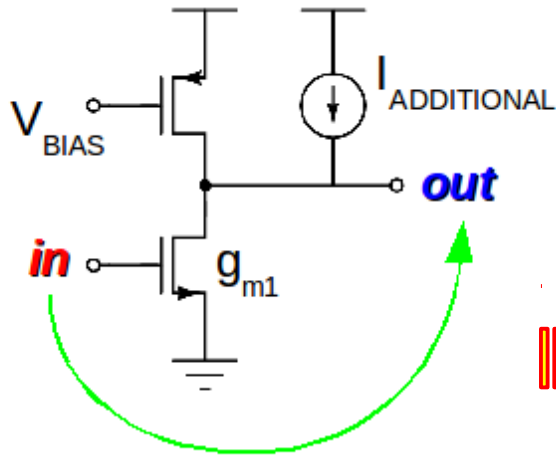
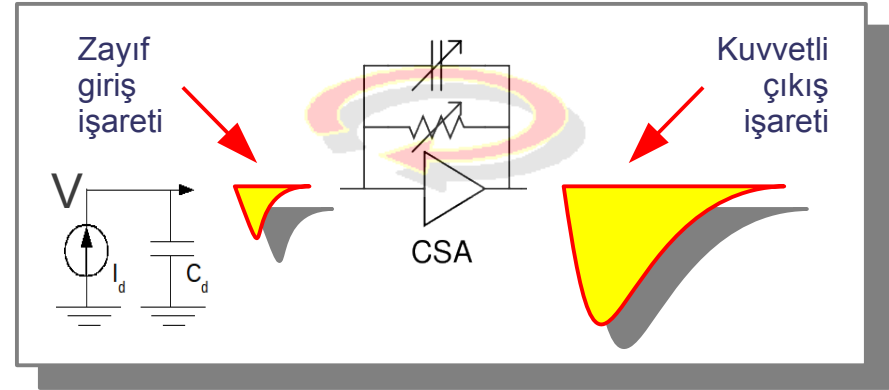
Tek katlı *common-source* yükseltici ve uygulamada kullanılabilir haline evrimi

- Devre üyelerini (C_F & R_F) ekle ki geri besleme B var olsun, böylece:
 - Eğer A_V yeterince büyükse, tüm sistemin kapalı çevrim kazancı $1/B$ olur



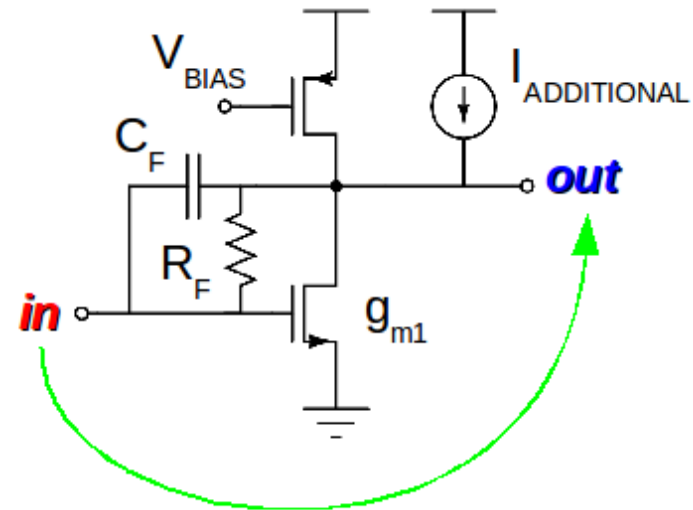
$$T = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{A}{1+AB}$$

sage: $T(A, B) = A/(1+A*B)$
 sage: $T.limit(A=infinity)$
 (A, B) |--> 1/B



$$A_V > -g_m(r_{o1} || r_{o2})$$

Common-source amplifier with current source load featuring higher gain due to increased current

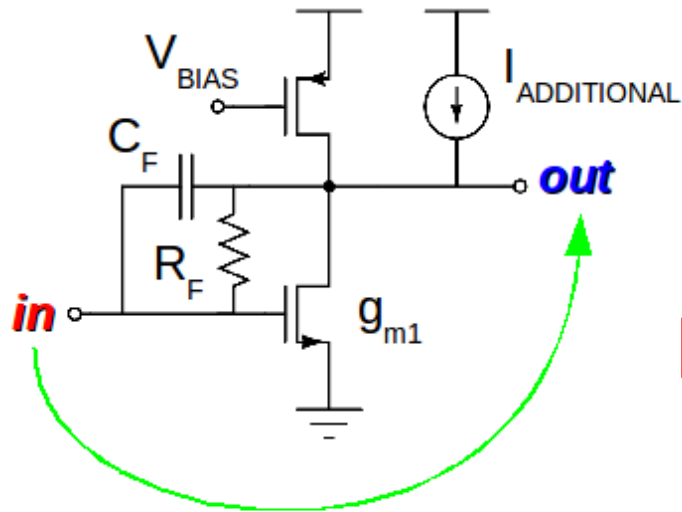
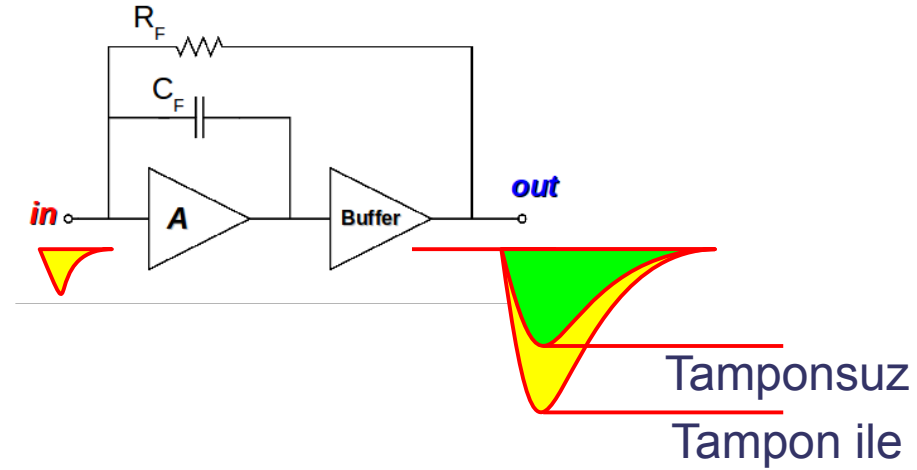


Full circuit with feedback network

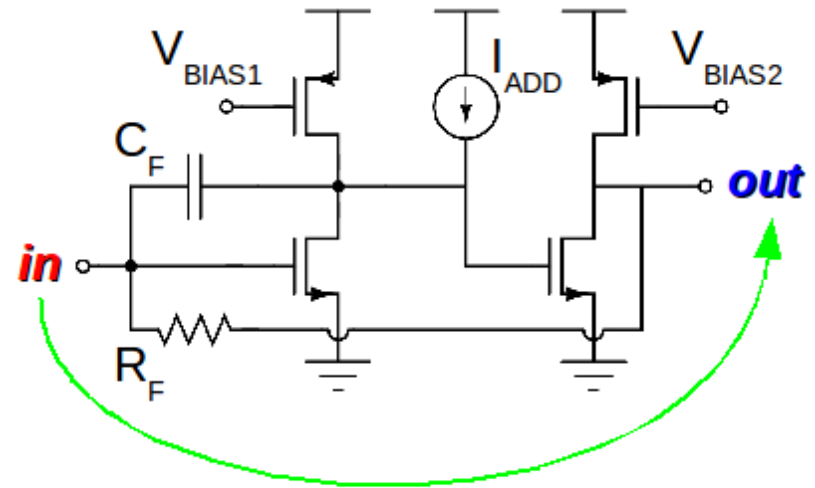
Temel CMOS Yükseltici

Geribesleme direncinin yüklem etkisinden kurtulmak için

- Sorun: C_F dolarken, R_F aynı süreçte onu boşaltmaya çalışıyor
- - Gerilim kazancını düşürür
 - Bu yüklem etkisinden kurtulmak lazım
 - Yük toplama ve boşaltma süreçleri ayrılmalı (De-couple)
 - Bir tampon bu iş için uygun olabilir



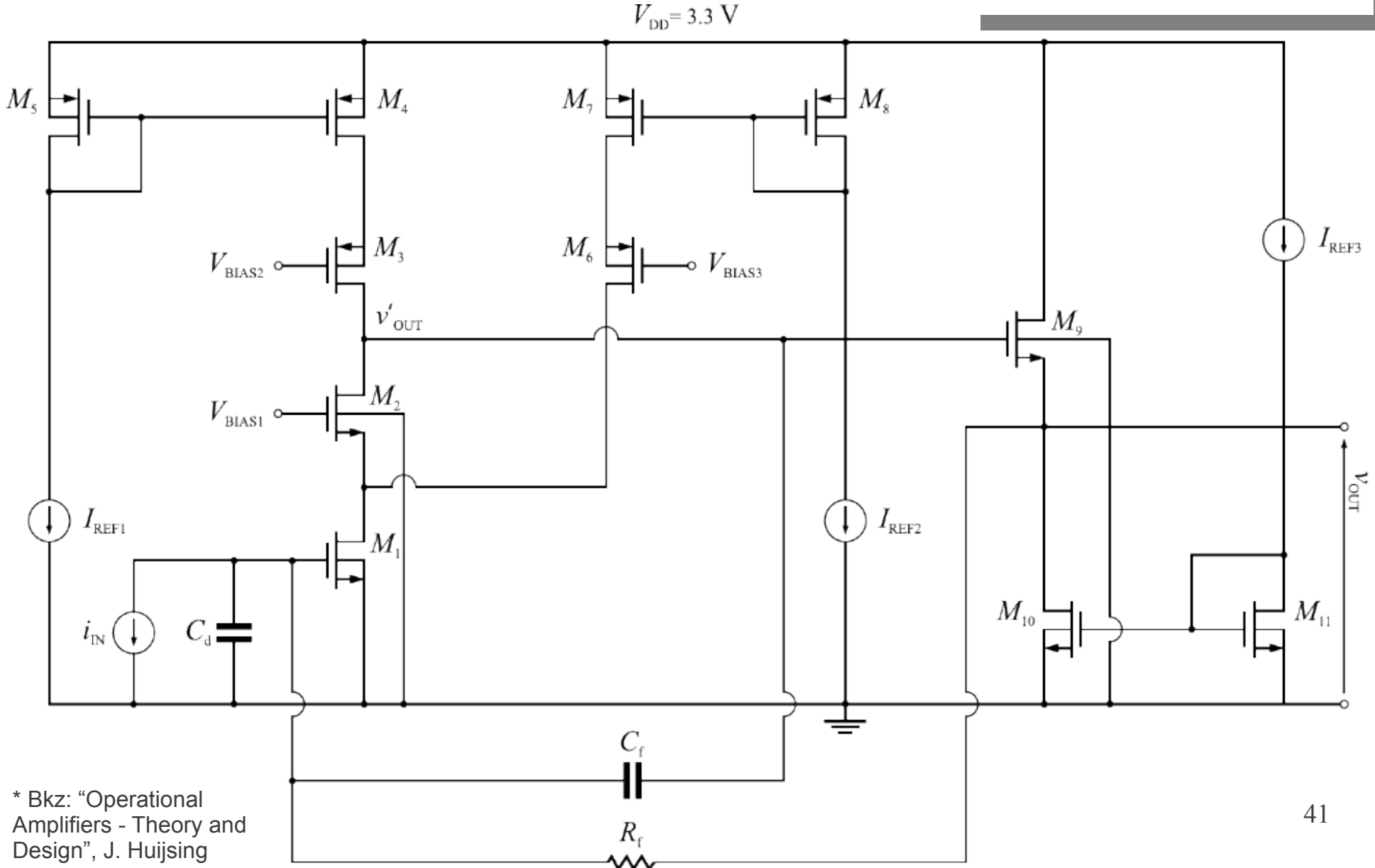
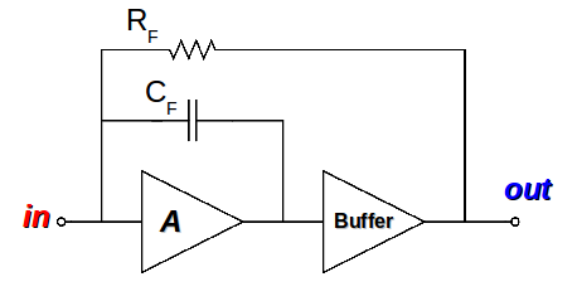
Full circuit with feedback network



Full circuit avoiding resistor loading effect

Önyükselteç

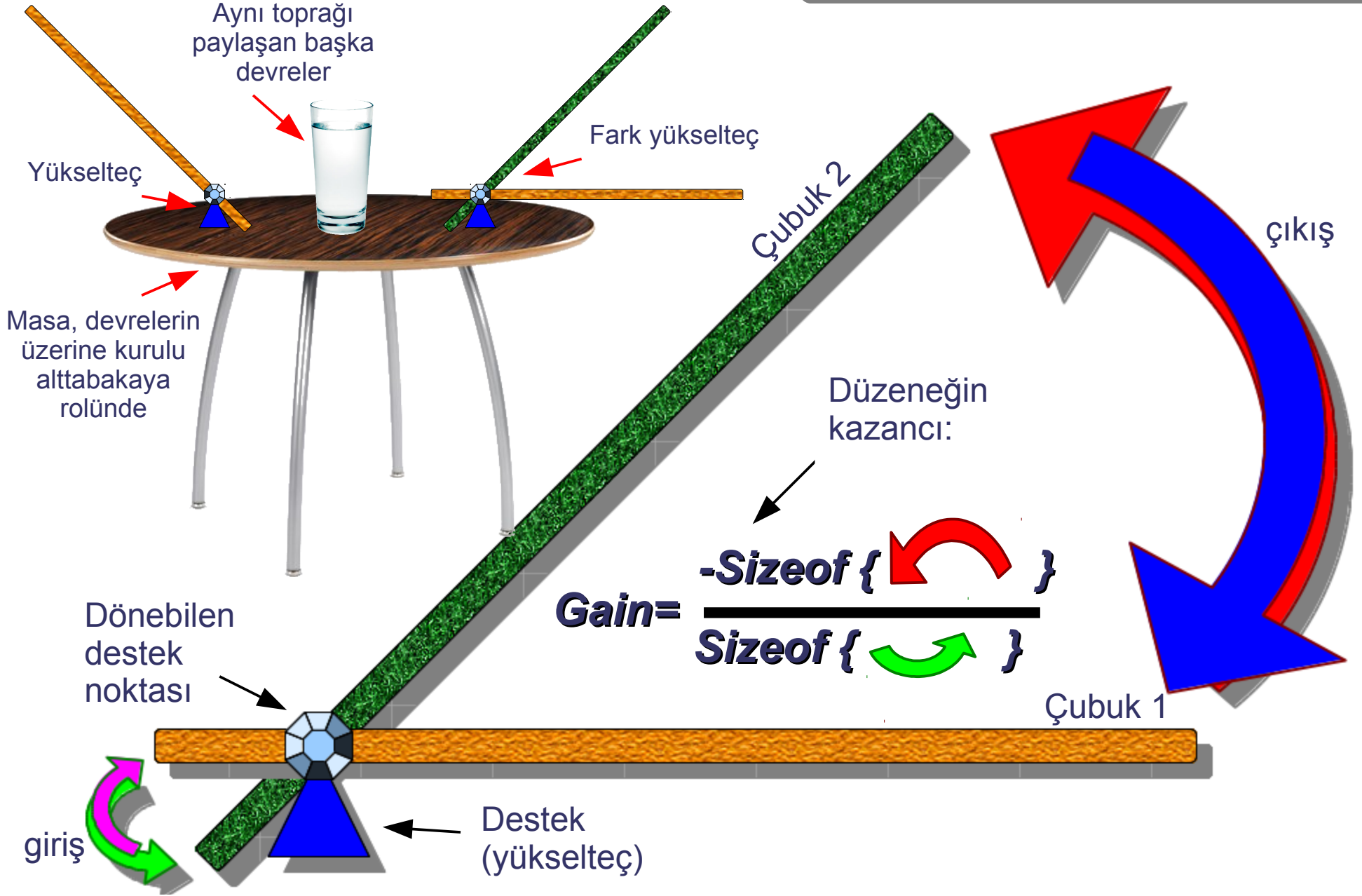
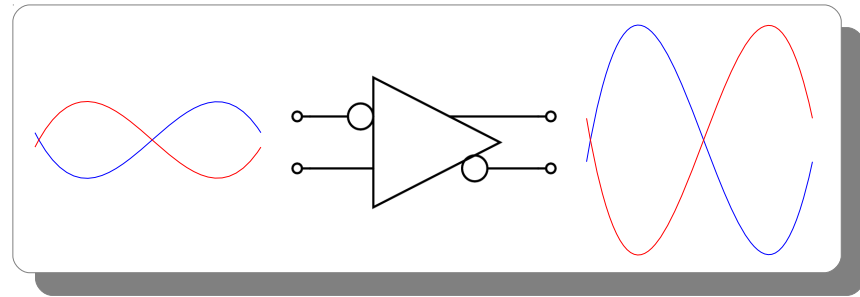
Bitmiş tümleşik devre (şu anda **COMPASS** deneyinin **RICH-I** algıcında kullanılıyor)



* Bkz: "Operational Amplifiers - Theory and Design", J. Huijsing

Fark Yükselteci

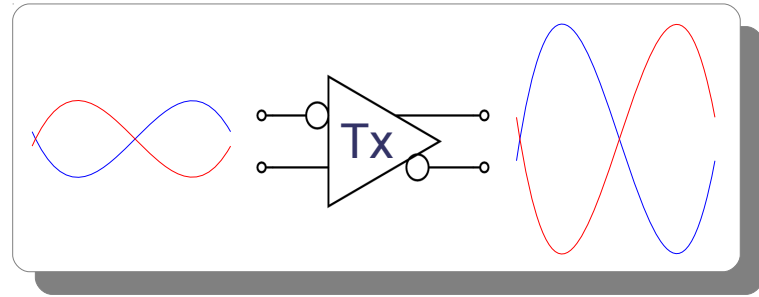
Başkaları için daha az gürültülü
fakat daha karmaşık tasarım



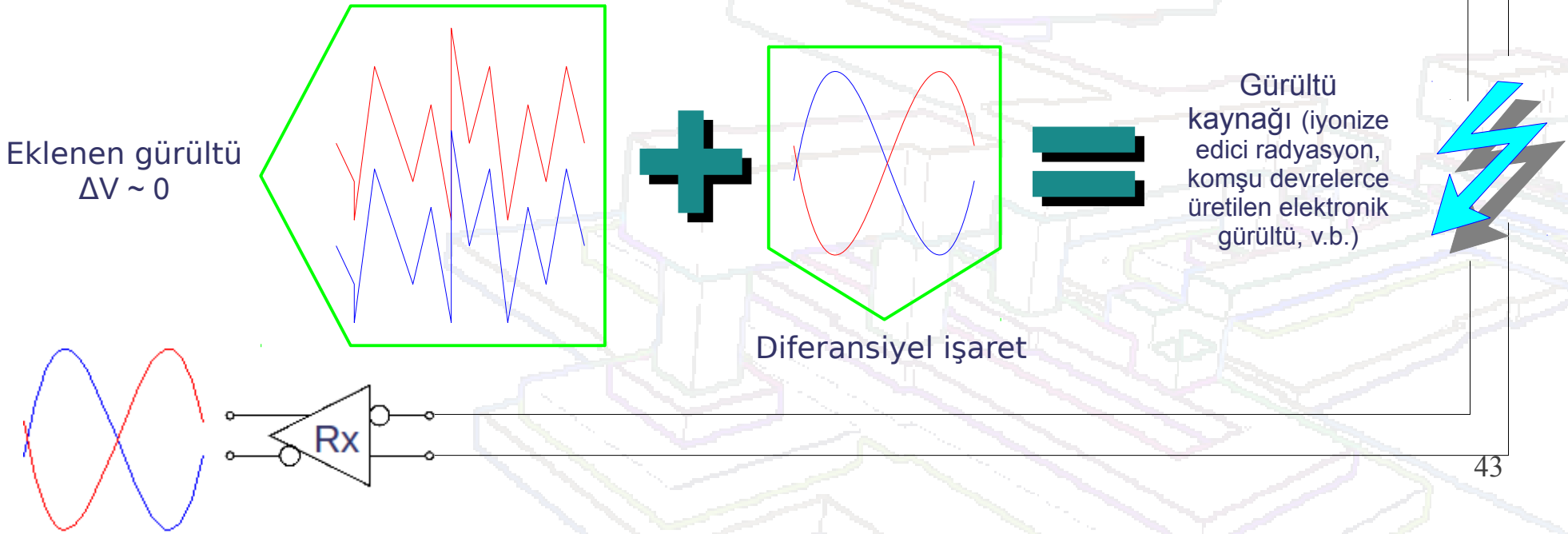
Farkla Bilgi İletimi

Diferansiyel elektriksel işaret

- Tx'in ürettiği **bilgi**, iki işaret arasındaki **farkta**
 - ➔ Böyle işaretler, tümleşik devrenin üzerine kurulu olduğu alttabakada **birbirinin ayna görüntüsü** olan **akım dağılımları** oluştururlar ve komşu devreler için **daha az gürültü** üretirler
- Alıcı (Rx) iki işaretin gerilimlerini **karşılaştırır**
- Herhangi bir **gürültü kaynağı**, her iki işareti de **benzer şekilde** etkiler
 - ➔ Bu da işaretler üzerinde **neredeyse aynı bozukluklara** neden olur çünkü
 - ➔ İşaretleri taşıyan teller fiziksel olarak **yakındır** ve işaretler arası **fark değişmez**

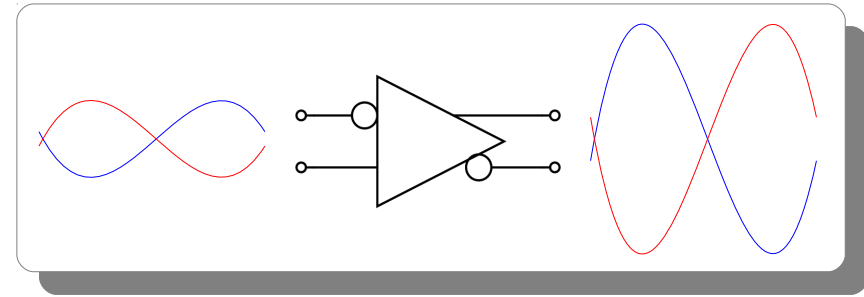


Metal teller

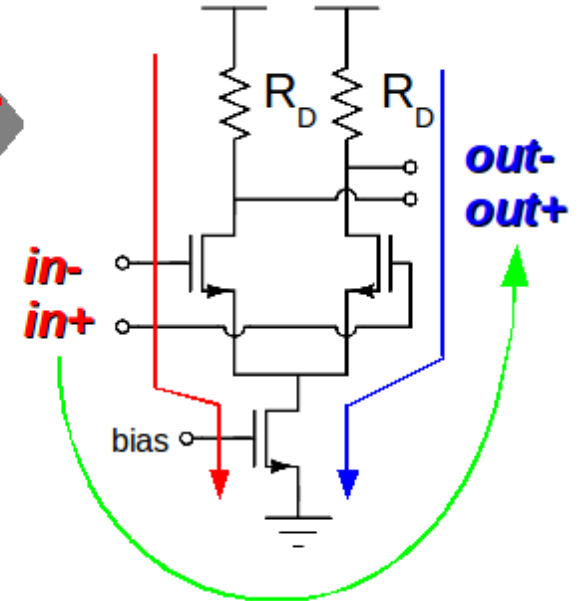
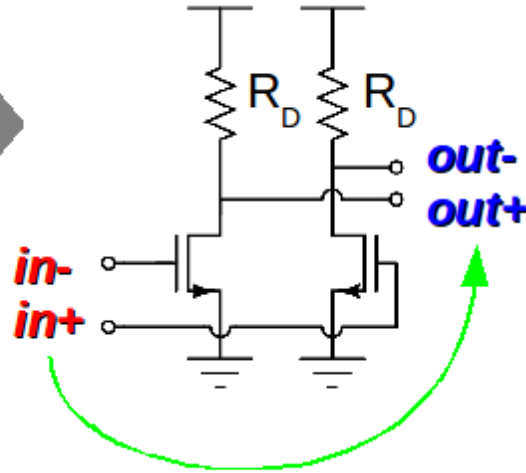
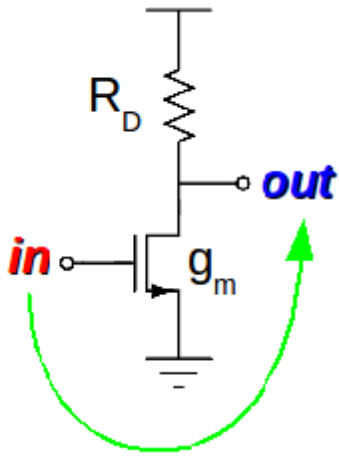


Farkla Bilgi İletimi

Diferansiyel yükselteç (fark yükselteci)



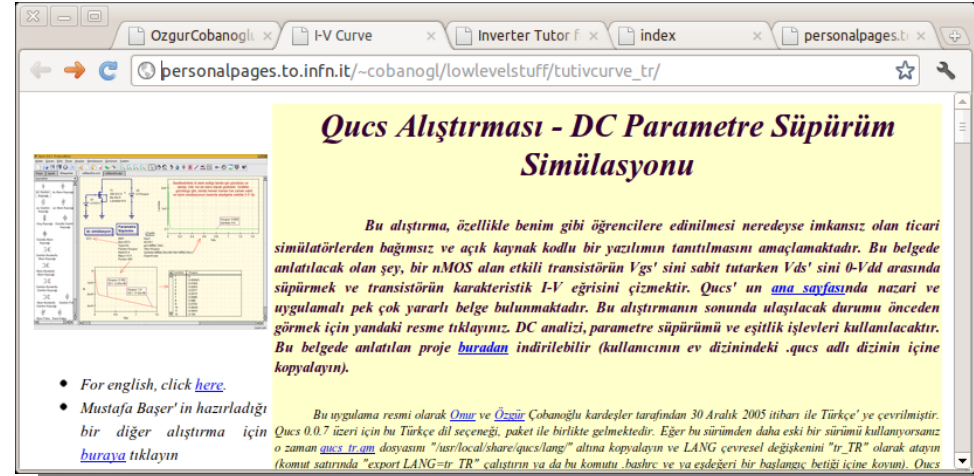
- R_D boyunca akım çek
 - Eğer **in** yükselirse, **out** düşer (daha hızlı)
- İki işaret üzerine etkimesi için bunlardan **iki tane** koy
 - Sorun: işaretler **aynı olabilir** (fark bilgisi anlamsız olacaktır)
- Akımı ya soldaki ya sağdaki koldan (yükselteçten) gitmeye **zorla**
 - Girişin değişmesi, akımın aktığı **kolun değişmesi** demek
 - Kararlılık şartı sağlanırsa, yükselteç çıkışı **her zaman** diferansiyel bilgi taşır



Tasarım Araçları ve Alıştırmalar

Analog/Dijital devre/sistem tasarım yazılım ortamları

Geri besleme sistemi tasarımı mimari olarak gerçekleştirildikten sonra, tasarımı hayata geçirecek olan **asıl sistemin** yani geri besleme devre çiziminin yapılması gerekir. Burada devre tasarımında kullanılacak biri **açık kaynak** (qucs^{GPL}) diğeri **ticari** (cadenceTM) olan iki yazılım aracı için üç farklı alıştırma, **adım adım** ve **ayrıntılı açıklamalarla** birlikte verilmiştir. Hangi araca erişiminiz olduğuna bağlı olarak birini seçin ve takibedin; ilgili yazılım bileşenleri ve kullanım ayrıntılarını bulacaksınız.



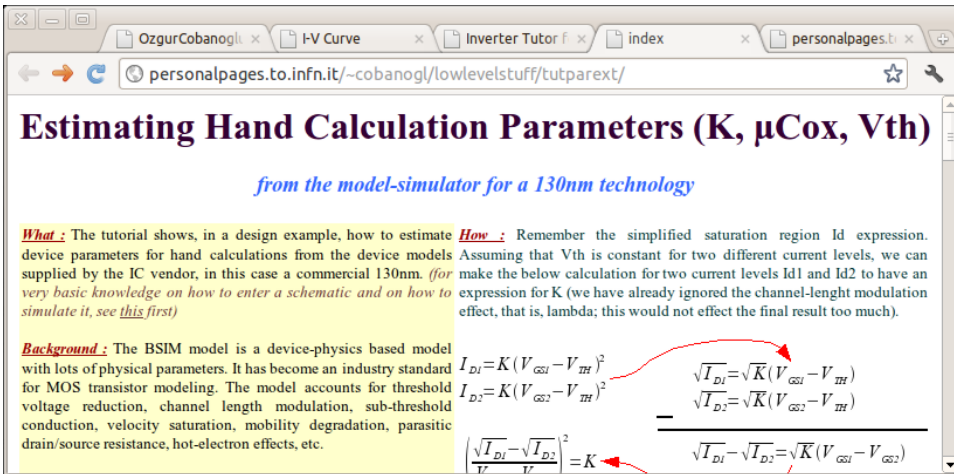
Qucs Alıştırması - DC Parametre Süpürüm Simülasyonu

Bu alıştırma, özellikle benim gibi öğrencilere edinilmesi neredeyse imkansız olan ticari simülatörlerden bağımsız ve açık kaynak kodlu bir yazılımın tanıtılmasını amaçlamaktadır. Bu belge anlatılacak olan şey, bir nMOS alan etkili transistörün V_{gs} ' sini sabit tutarken V_{ds} ' sini 0-V_{dd} arasında süpürmek ve transistörün karakteristik I-V eğrisini çizmektir. Qucs' un [ana sayfasında](#) nazari ve uygulamalı pek çok yararlı belge bulunmaktadır. Bu alıştırmanın sonunda ulaşılacak durumu önceden görmek için yandaki resme tıklayınız. DC analizi, parametre süpürümü ve eşitlik işlevleri kullanılacaktır. Bu belgede anlatılan proje [buradan](#) indirilebilir (kullanıcının ev dizinindeki .qucs adlı dizinin içine kopyalayın).

- For english, click [here](#).
- Mustafa Başer' in hazırladığı bir diğer alıştırma için [buraya](#) tıklayın

Bu uygulama resmi olarak Ömer ve Özgür Çobanoğlu kardeşler tarafından 30 Aralık 2005 itibarı ile Türkçe' ye çevrilmiştir. Qucs 0.0.7 üzeri için bu Türkçe dil seçeneği, paket ile birlikte gelmektedir. Eğer bu sürümünden daha eski bir sürümü kullanıyorsanız o zaman qucs_tr.om dosyasını "/usr/local/share/qucs/lang/" altına kopyalayın ve LANG çevresini "tr_TR" olarak atayın (komut satırında "export LANG=tr_TR" çalıştırın ya da bu komutu .bashrc ve ya eşdeğeri bir başlangıç betiği içine koyun). Qucs

http://personalpages.to.infn.it/~cobanogl/lowlevelstuff/tutivcurve_tr/



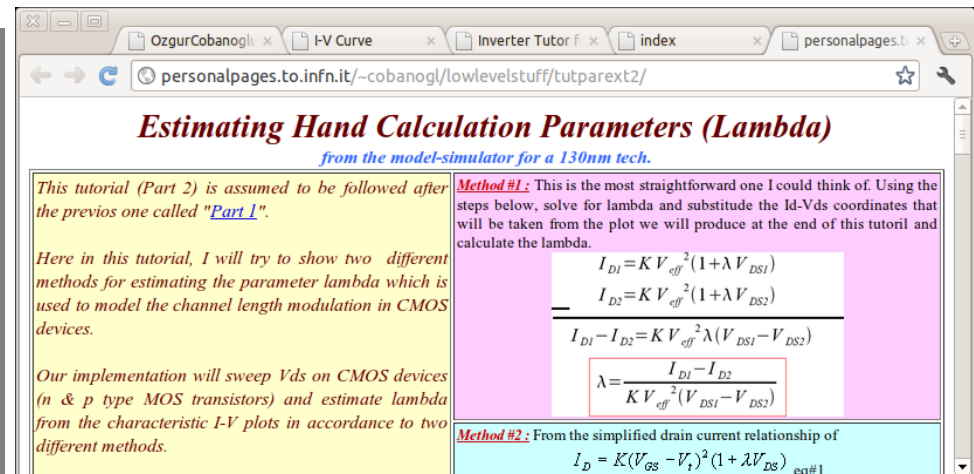
Estimating Hand Calculation Parameters (K, μ_{Cox} , V_{th})
from the model-simulator for a 130nm technology

What : The tutorial shows, in a design example, how to estimate device parameters for hand calculations from the device models supplied by the IC vendor, in this case a commercial 130nm. (for very basic knowledge on how to enter a schematic and on how to simulate it, see [this first](#))

How : Remember the simplified saturation region I_D expression. Assuming that V_{th} is constant for two different current levels, we can make the below calculation for two current levels I_{D1} and I_{D2} to have an expression for K (we have already ignored the channel-length modulation effect, that is, lambda; this would not effect the final result too much).

$$I_{D1} = K (V_{GS1} - V_{th})^2$$
$$I_{D2} = K (V_{GS2} - V_{th})^2$$
$$\frac{(\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{D2}})^2}{V} = K$$
$$\frac{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{D2}}}{\sqrt{V_{GS1} - V_{th}}} = \sqrt{K}$$
$$\frac{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{D2}}}{\sqrt{V_{GS2} - V_{th}}} = \sqrt{K}$$

<http://personalpages.to.infn.it/~cobanogl/lowlevelstuff/tutparext/>



Estimating Hand Calculation Parameters (Lambda)
from the model-simulator for a 130nm tech.

This tutorial (Part 2) is assumed to be followed after the previous one called "Part 1".

Here in this tutorial, I will try to show two different methods for estimating the parameter lambda which is used to model the channel length modulation in CMOS devices.

Our implementation will sweep V_{ds} on CMOS devices (n & p type MOS transistors) and estimate lambda from the characteristic I-V plots in accordance to two different methods.

Method #1: This is the most straightforward one I could think of. Using the steps below, solve for lambda and substitute the I_D - V_{ds} coordinates that will be taken from the plot we will produce at the end of this tutorial and calculate the lambda.

$$I_{D1} = K V_{eff}^2 (1 + \lambda V_{DS1})$$
$$I_{D2} = K V_{eff}^2 (1 + \lambda V_{DS2})$$
$$I_{D1} - I_{D2} = K V_{eff}^2 \lambda (V_{DS1} - V_{DS2})$$
$$\lambda = \frac{I_{D1} - I_{D2}}{K V_{eff}^2 (V_{DS1} - V_{DS2})}$$

Method #2: From the simplified drain current relationship of

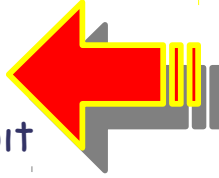
$$I_D = K (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{eq\#1}$$

<http://personalpages.to.infn.it/~cobanogl/lowlevelstuff/tutparext2/>

Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör anahtar** - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)

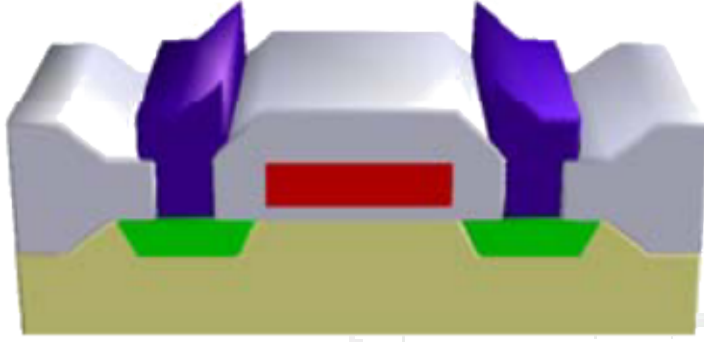


Yarıiletken Anahtar - Transistör

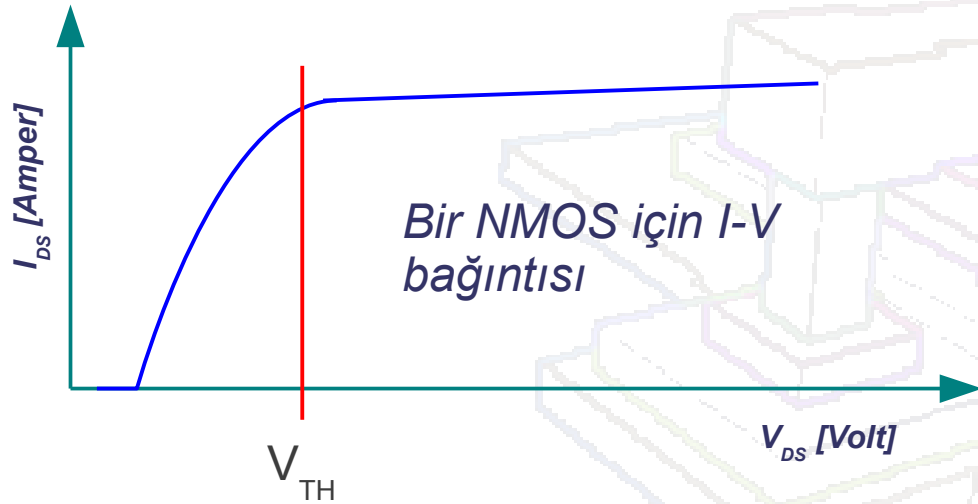
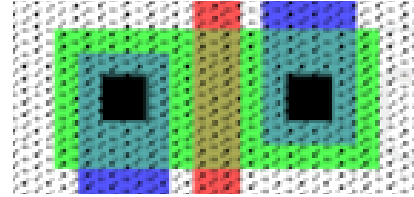
Bir başyapıt

- D-S arası akım **Kapı-S** gerilim değerinin bir işlevidir

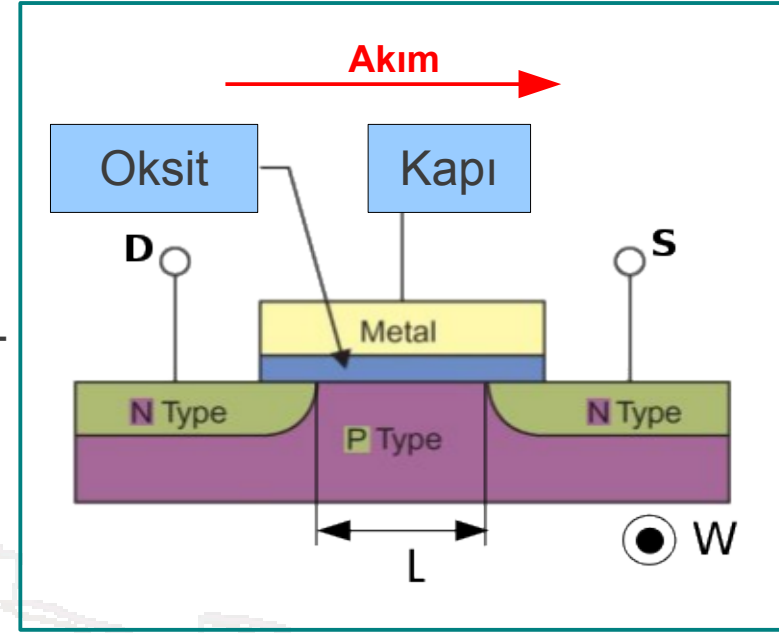
MOS
transistörün
3B resmi



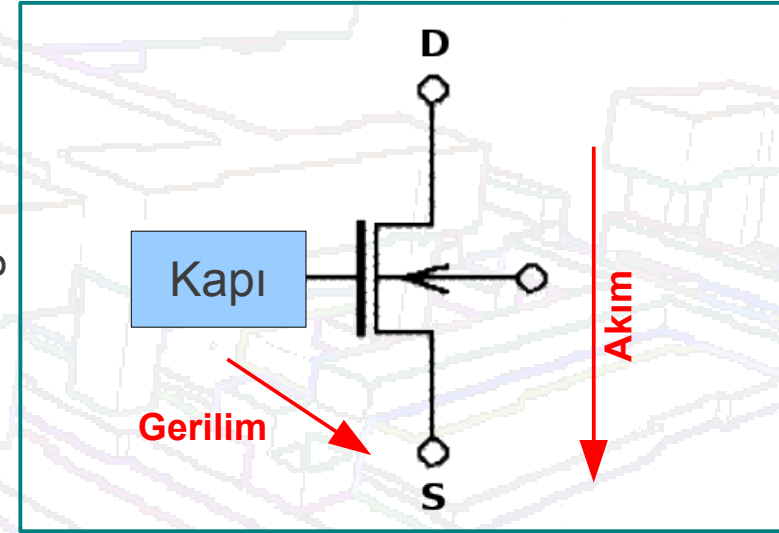
MOS transistör,
tasarımcının çizdiği
şekilde



Yapı



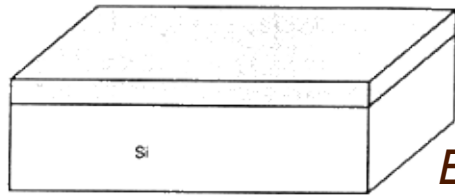
Simge



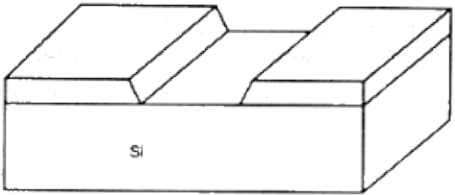
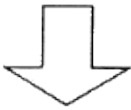
Litografi

Işıklı katman şekillendirme sanatı

- Tümleşik devreler, çok ve farklı şekildeki katmanlardan oluşan bir **gofret** gibidir
- **Herbir katman için** ayrı birer **maske** gereklidir
- Örnek olarak **oksit tabakası** üzerinde **bir çizgi** oluşturacağız

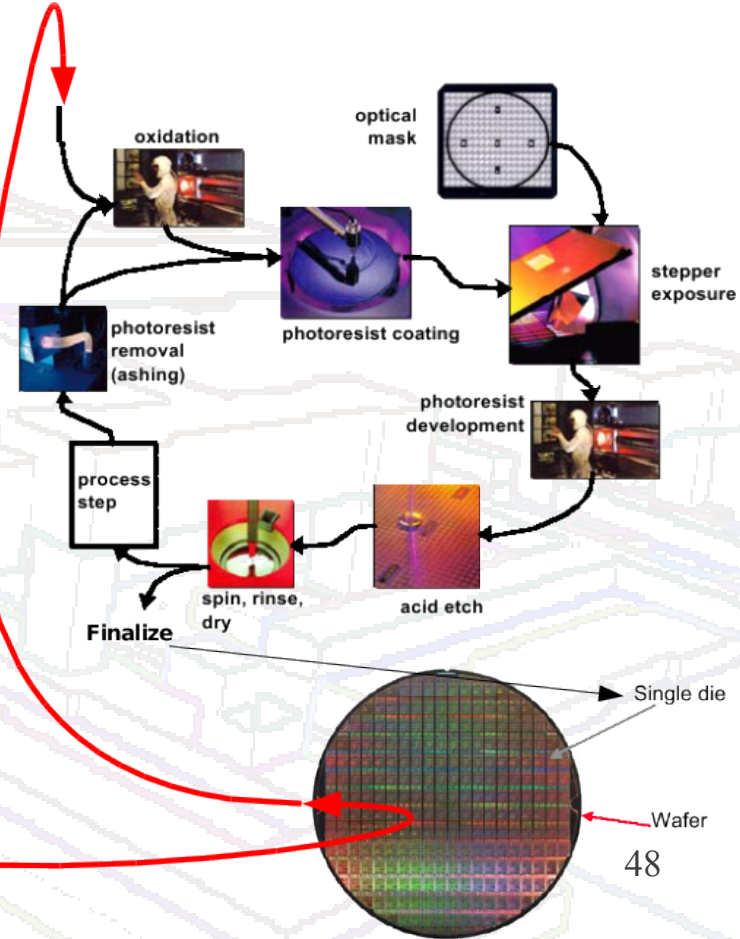


Başlangıç



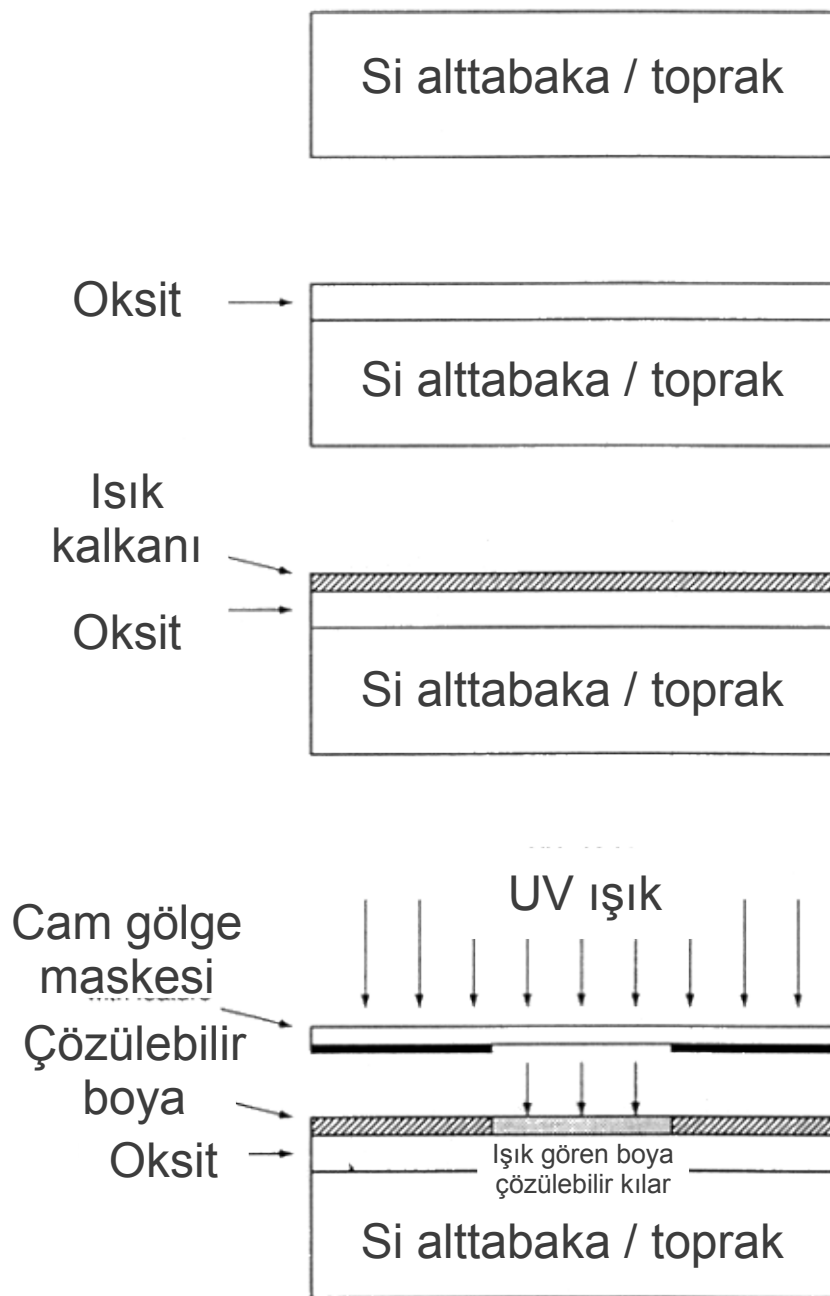
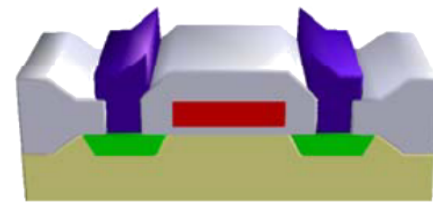
Hedef

Alttabaka 'lara kesilecek olan **tomruk**



Tek Bir Çizgi Çizmek İçin

Tek bir katmanı şekillendirmek için 7 adım

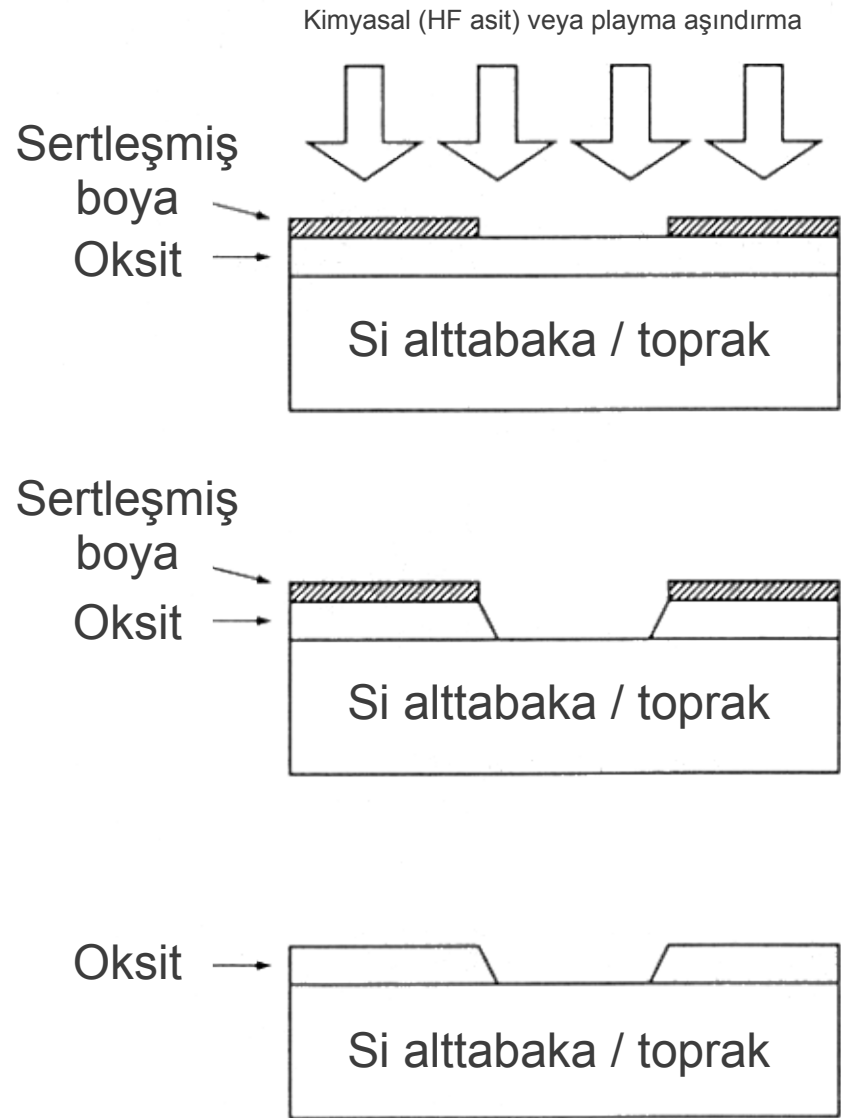


A

B

C

D



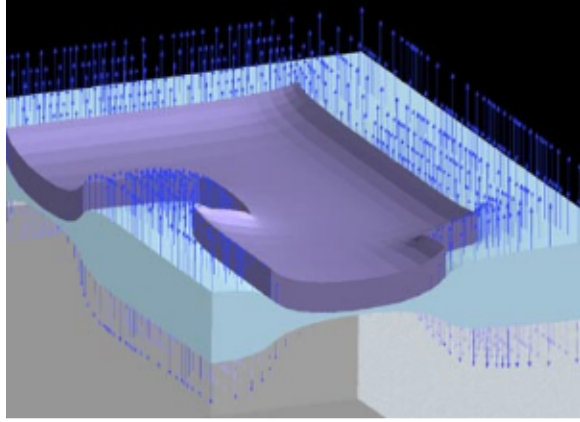
E

F

G

nMOS Üretimi

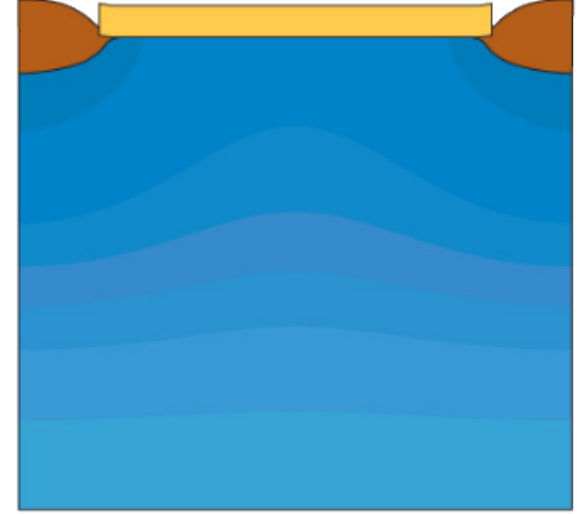
Sadeleştirilmiş adımlar - Kısım I



A – Etkin alanın belirlenmesi



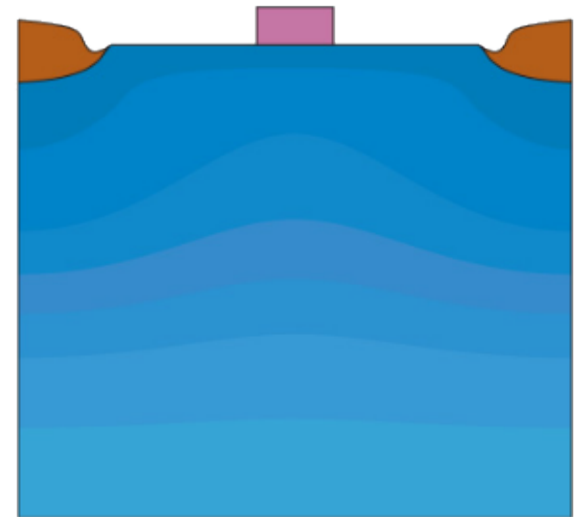
B – Zaşlandırma ve oksitleme



C – Kanalın oluşturulması



D – Kapının oluşturulması (polisilikon)



- ◆ Nitrit ile etkin alan belirlenir
- ◆ FOX oksidi oluşturulur
- ◆ Nitrit çözülür
- ◆ Polisilikon biriktirilir

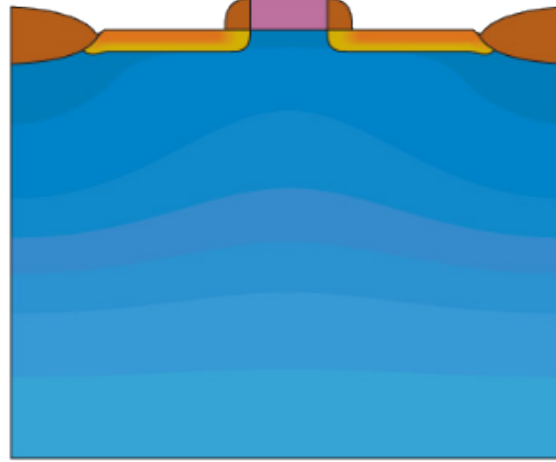
10 ²⁰
10 ¹⁹
10 ¹⁸
10 ¹⁷
10 ¹⁶
10 ¹⁵
-10 ¹⁵
-10 ¹⁶
-10 ¹⁷
Net[/cm ³]
PO
OX
SI

nMOS Üretimi

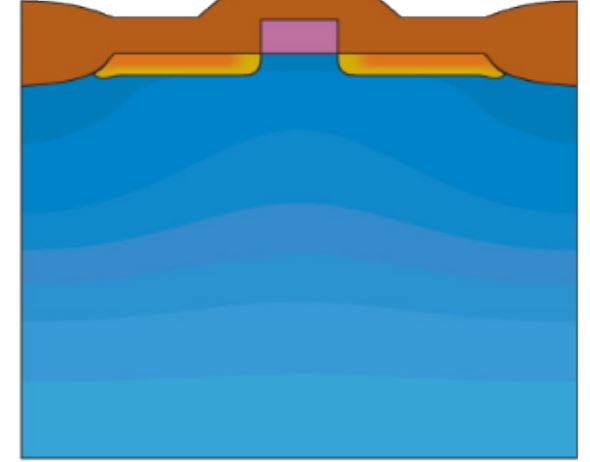
Sadeleştirilmiş adımlar - Kısım II

- ▶ **Etkin bölgelerin** oluşması
- ▶ Oksitleme
- ▶ **Bağlantı** deliklerinin oluşumu
- ▶ **Metal** biriktirilir

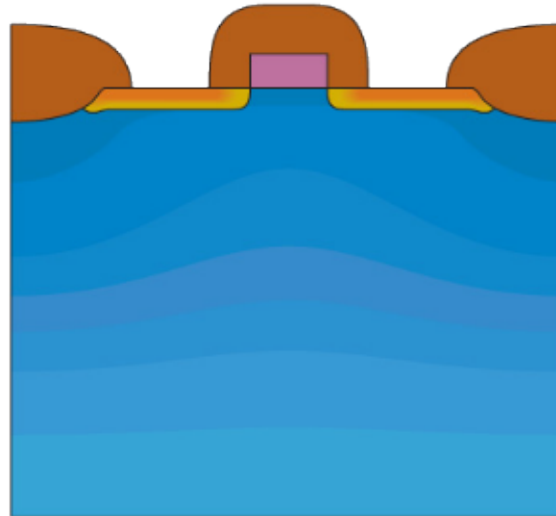
E – Ayıraç pası ve S/D bölgelerinin oluşturulması



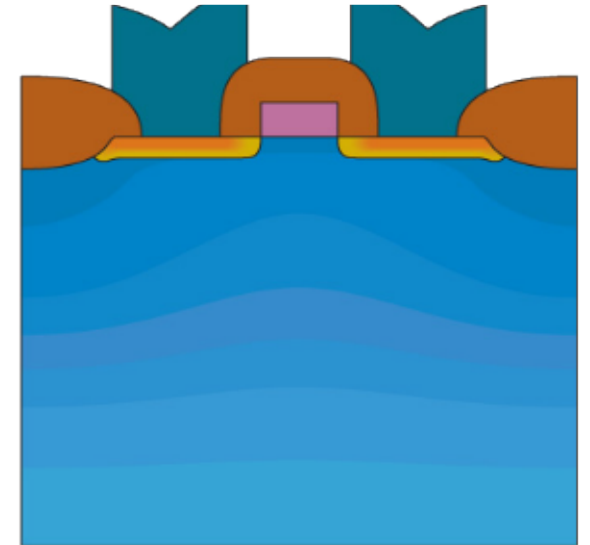
F - Oksitleme



G – Bağlantı deliklerinin oluşturulması



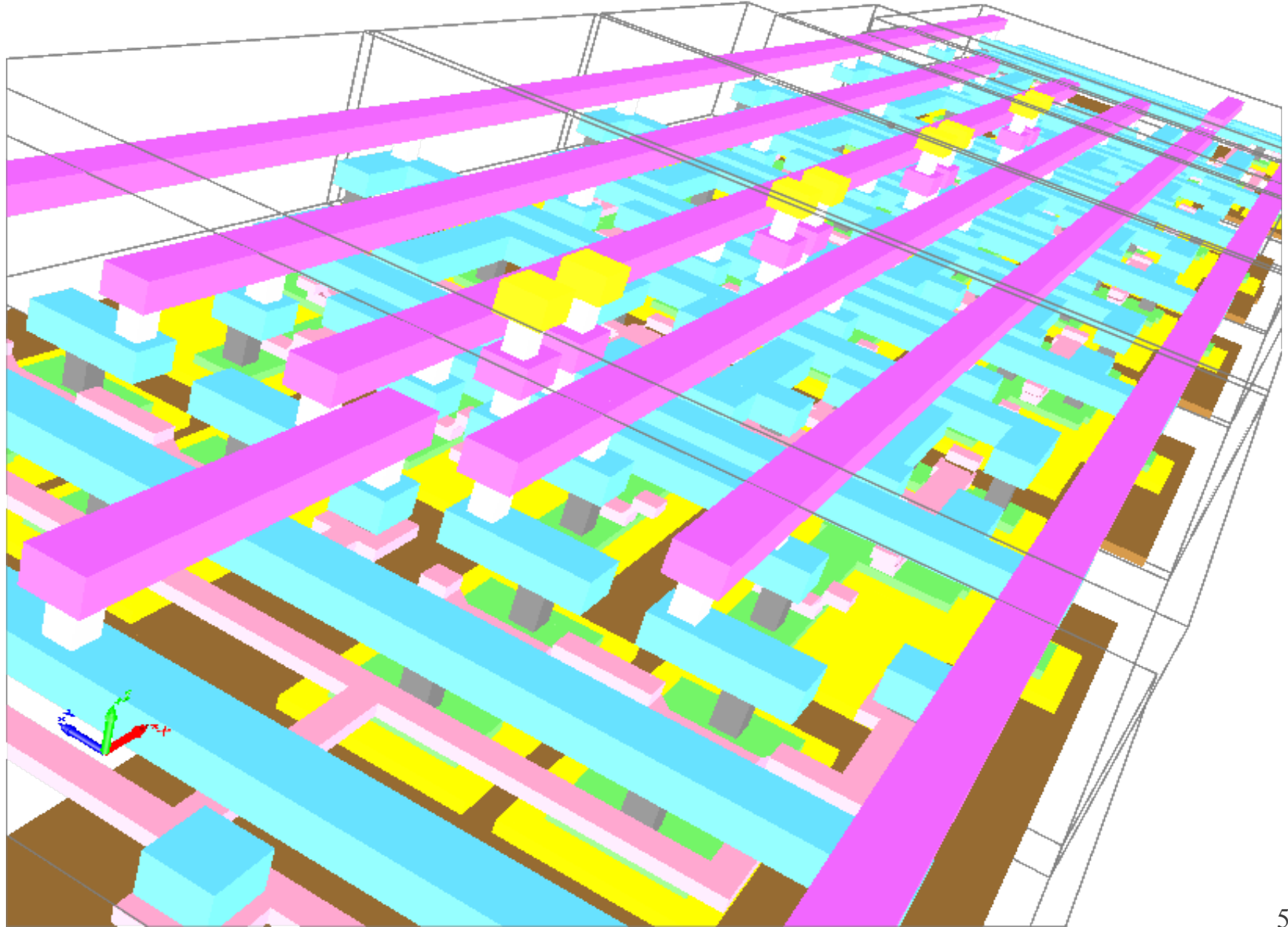
H – Metal biriktirme



pn
10 ¹⁹
10 ¹⁸
10 ¹⁷
10 ¹⁶
10 ¹⁵
0
-10 ¹⁵
-10 ¹⁶
-10 ¹⁷
Net[cm ³]
AL
PO
OX
SI

Kaç Katman Görüyorsunuz ?

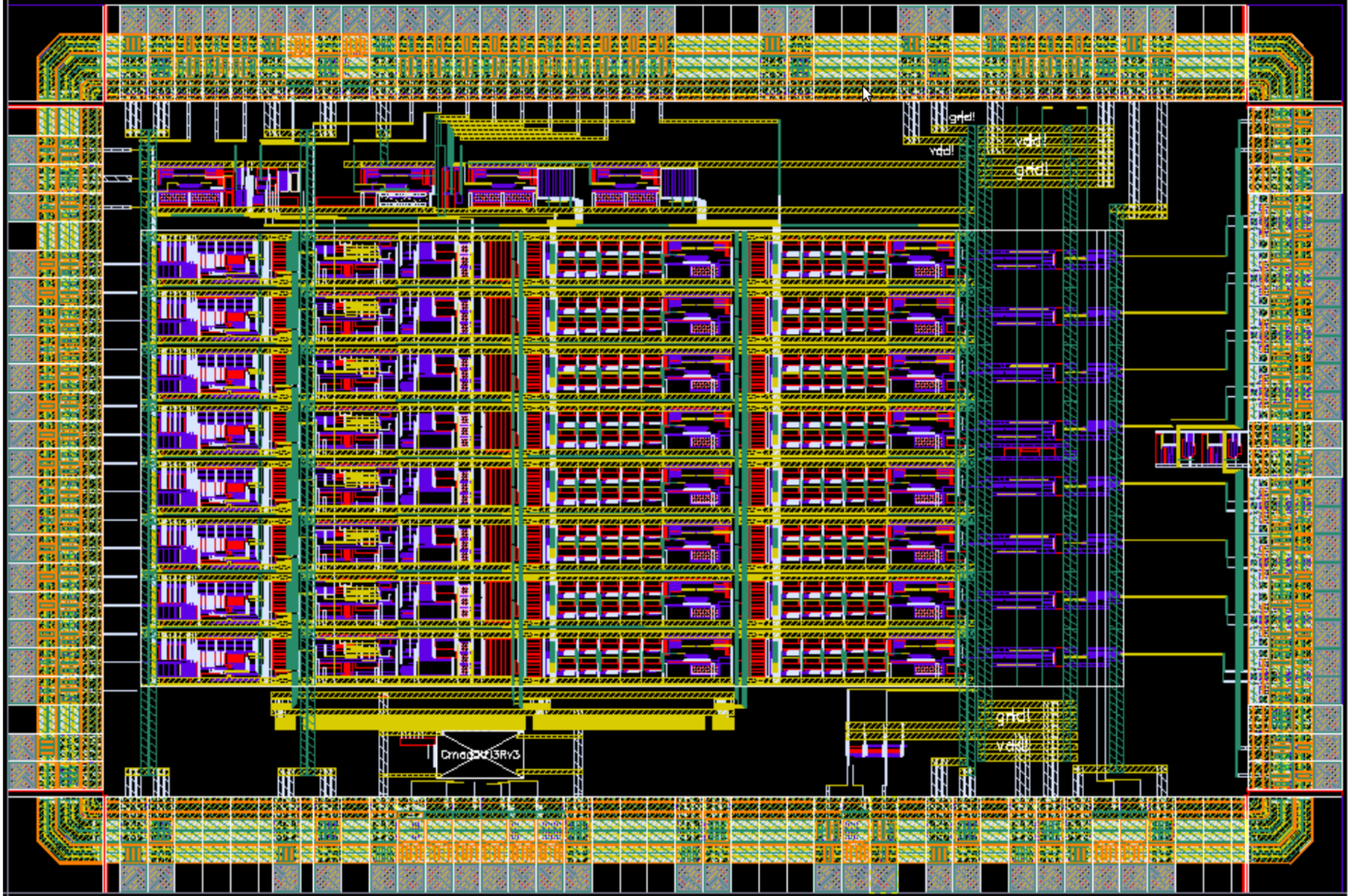
Birkaç yüz kez tekrarlanan süreç



Electric adlı **açık kaynak** bir tümleşik devre **tasarım yazılımı** (CAD) ile 3B olarak görüntülenen halka tipli salıncı tasarımı (üst katmanlar gösterilmemiştir).

Kaç Katman Görüyorsunuz ?

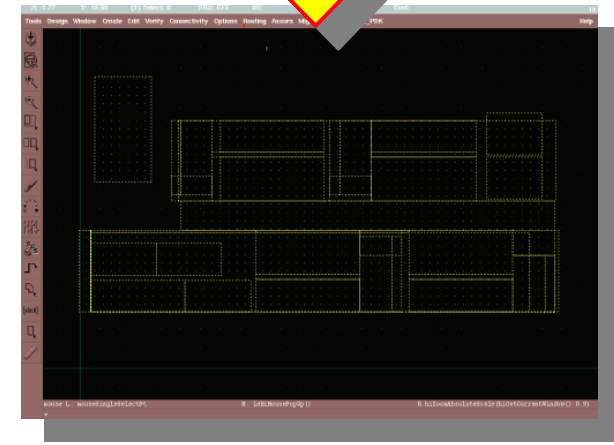
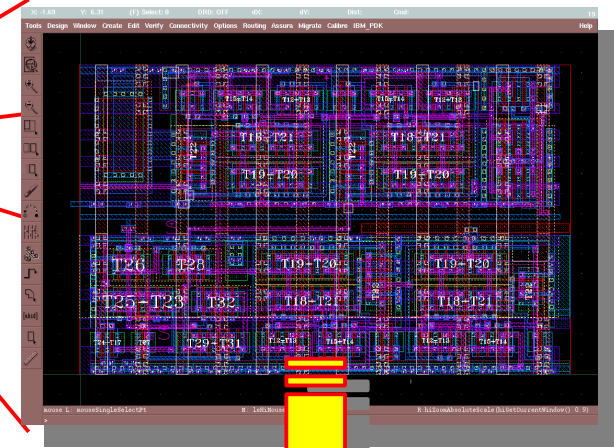
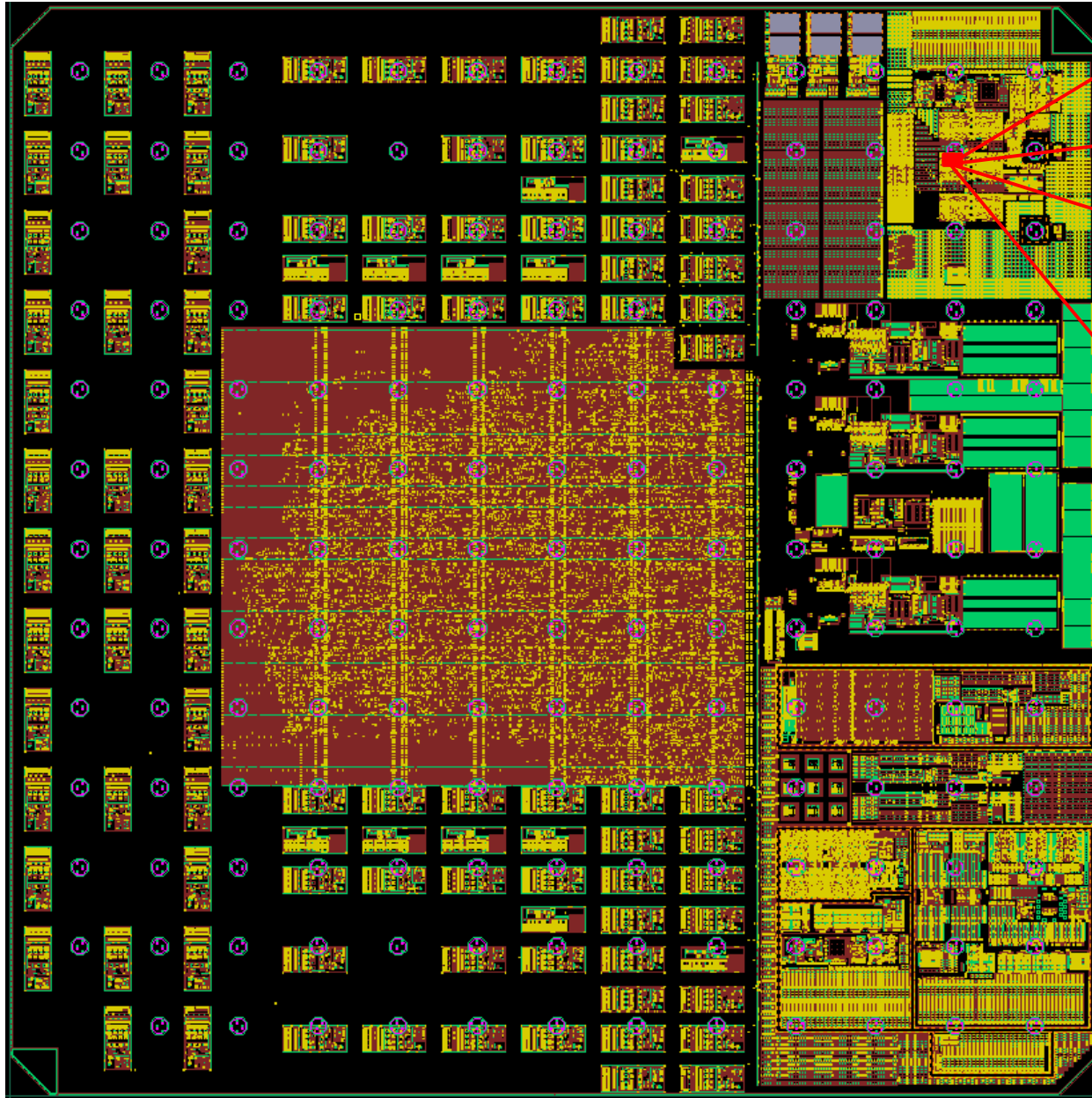
Birkaç yüz kez tekrarlanan süreç



CERN'deki COMPASS deneyinin RICH-I'i için tasarlanmış olan, CMAD isimli, algıçokuyan tümleşik devre (350 nm CMOS teknoloji, ticari bir CAD olan Cadence editöründe, tüm katmanlar gösteriliyor).

Kaç Katman Görüyorsunuz ?

Birkaç yüz kez tekrarlanan süreç



Yukarıdaki yaygıyı
oluşturan alt katmanlar
(Hareketli GIF resmi)

Süper-LHC için 130 nm CMOS ile geliştirilmiş olan GBT13 tümleşik devre ailesinin ilk SER-DES prototipi (Sadece en alt katmanlar gösterilmiştir).

Uygulamada VLSI Tasarım

Tümleşik devre tasarımcısının
sıradan bir günü

- Süreç mühendisi ile tasarımcı arasındaki arayüz
- Güvenilir biçimde üretilebilirlik

Contact		
5.1	Exact contact size	2 λ
5.2	Min. poly overlap	1.5 λ
5.3	Min. spacing	2 λ
5.4	Min. spacing to gate	2 λ

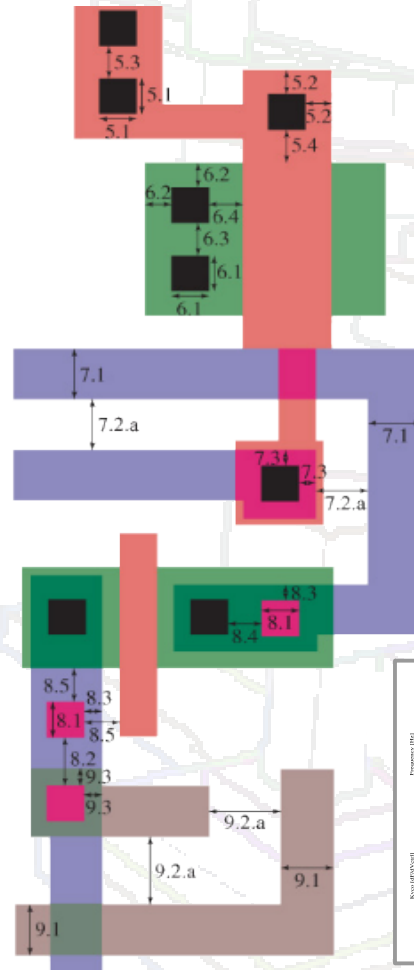
6.1	Exact contact size	2 λ
6.2	Min. active overlap	1.5 λ
6.3	Min. spacing	2 λ
6.4	Min. spacing to gate	2 λ

Metal1		
7.1	Min. width	3 λ
7.2.a	Min. spacing	3 λ
7.3	Min. overlap of any contact	1 λ

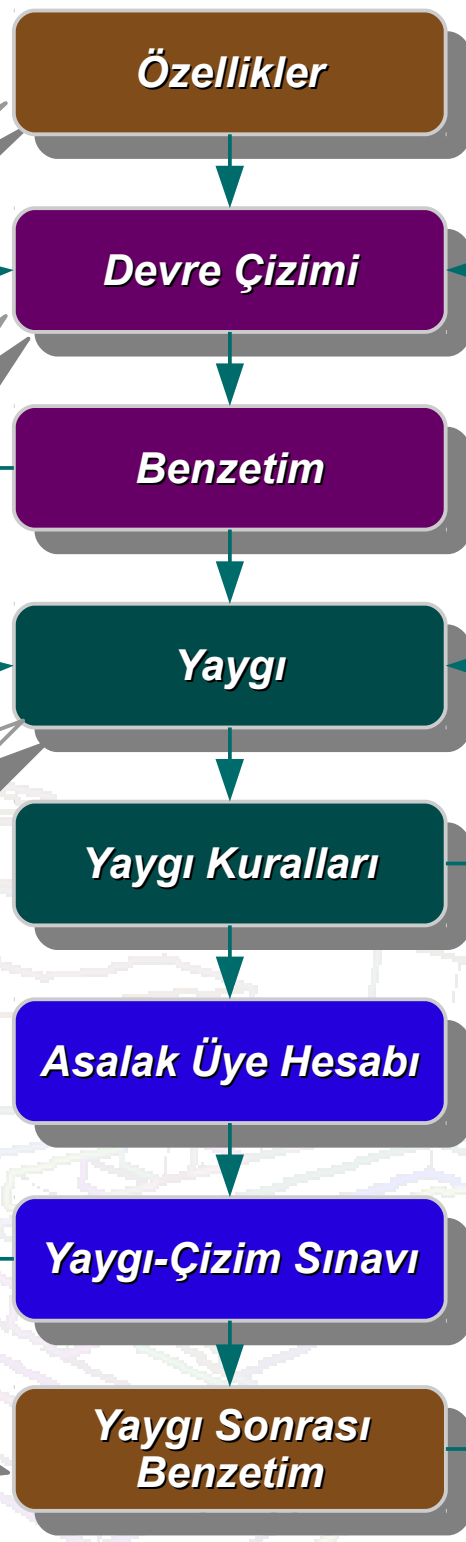
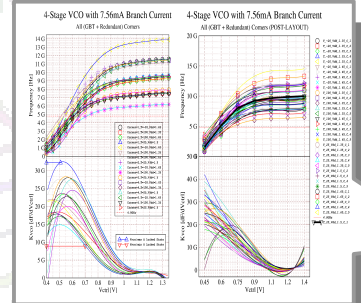
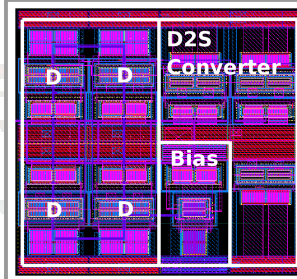
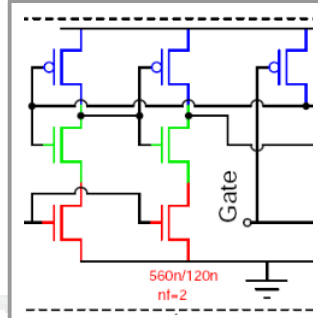
Vial		
8.1	Exact size	2 λ
8.2	Min. spacing	3 λ
8.3	Min. overlap by metal1	1 λ
8.4	Min. spacing to contact	2 λ
8.5	Min. spac. to poly or act. edge	2 λ

Metal2		
9.1	Min. width	3 λ
9.2.a	Min. spacing	4 λ
9.3	Min. overlap to vial	1 λ

(*) Not Drawn



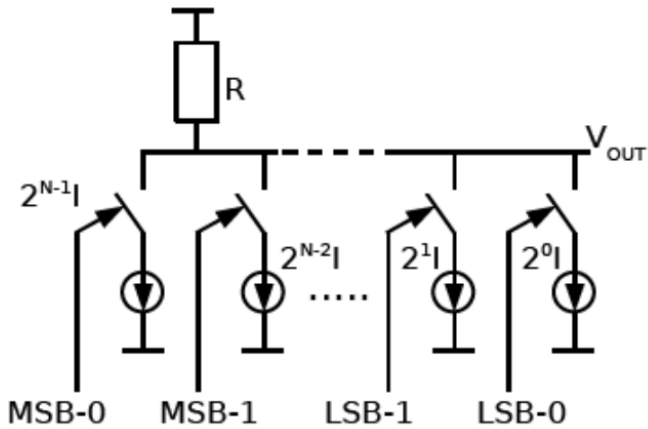
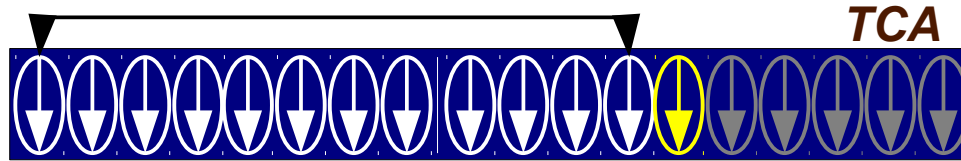
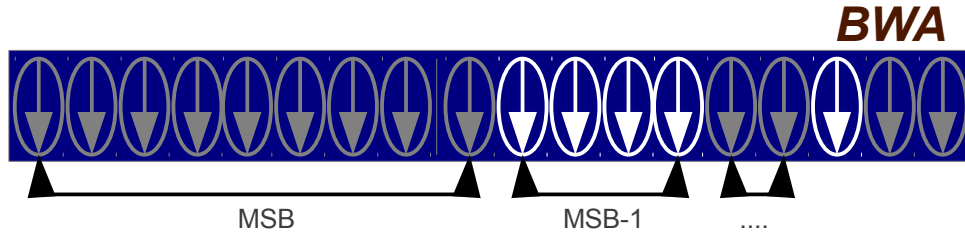
$$T(s) = \frac{\omega_n^2(\tau s + 1)}{\frac{s^2}{N} + 2\xi s \frac{\omega_n}{N} + \frac{\omega_n^2}{N}}$$



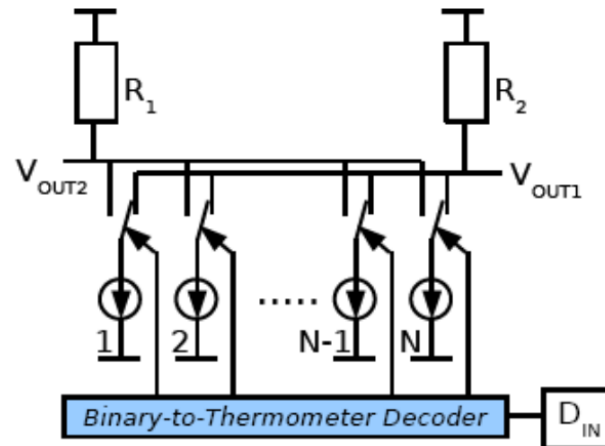
Mimari Seçimi

Farklı yaklaşımlar arasında nicel seçim

- 10 bit'lik akım kipinde çalışan D/A çevirici
- İki olası mimari; biri seçilmeli
- Nicel bir karşılaştırma gerekli: MC benzetimi



İkili düzende ağırlıklandırılmış (BWA)



Termometre Kodlu (TCA)

Özellikler

Devre Çizimi

Benzetim

Yaygı

Yaygı Kuralları

Asalak Üye Hesabı

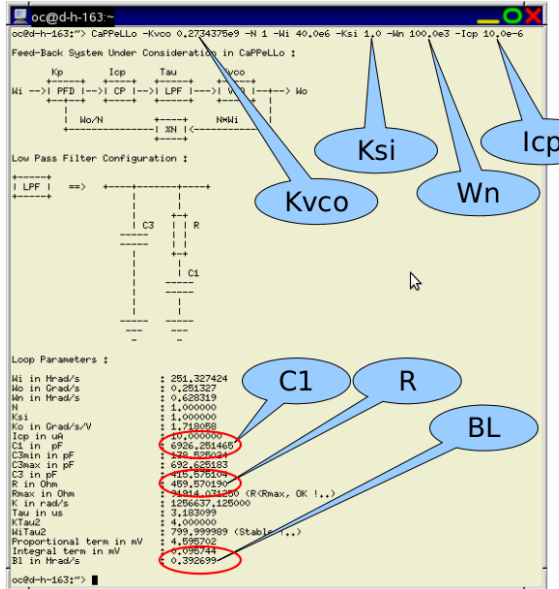
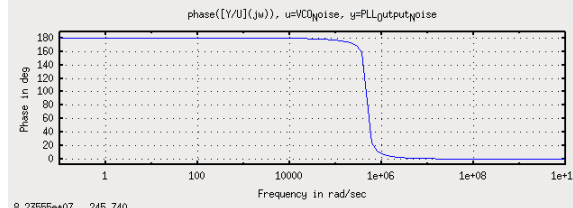
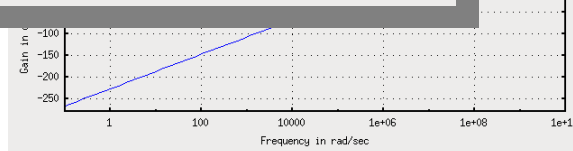
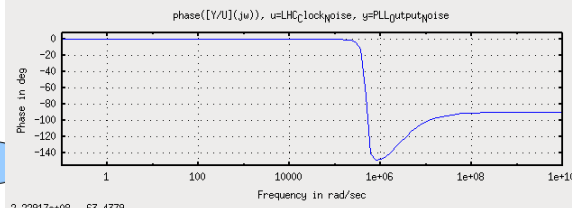
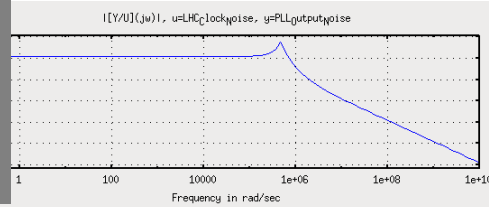
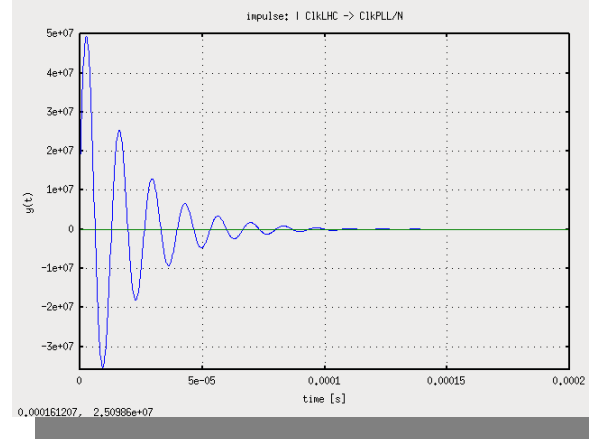
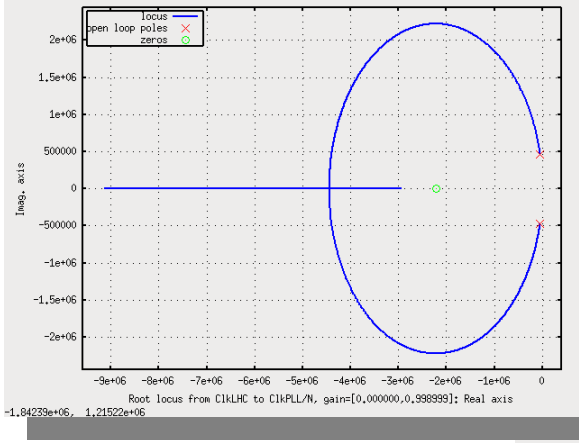
Yaygı-Çizim Sınava

Yaygı Sonrası Benzetim

Değişkenlerin Ayarlanması

Uygulamaya göre değişkenlerin en iyi değerlerinin hesabı

- El hesapları
- Karşılık gelen **frekans** ve **zaman uzayı** benzetimleri
- **Değerlendirme**



Özellikler

Devre Çizimi

Benzetim

Yaygı

Yaygı Kuralları

Asalak Üye Hesabı

Yaygı-Çizim Sınavı

Yaygı Sonrası Benzetim

Kullanıcı Girdisi

Sonuçta Hesaplanan Değişkenler

Hesabi Yapılan Geri Besleme Mimarii

Harici Araçlar

Seçilmiş Çalışma Noktaları (Parametrizasyon)

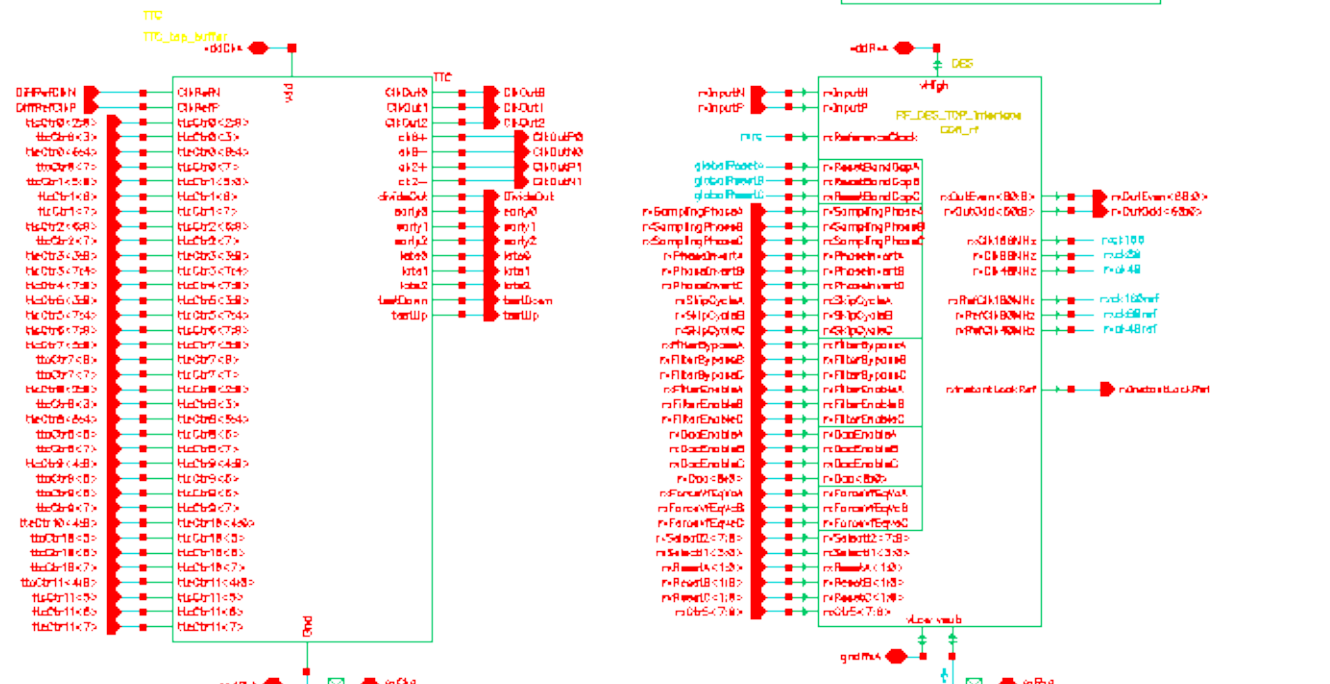
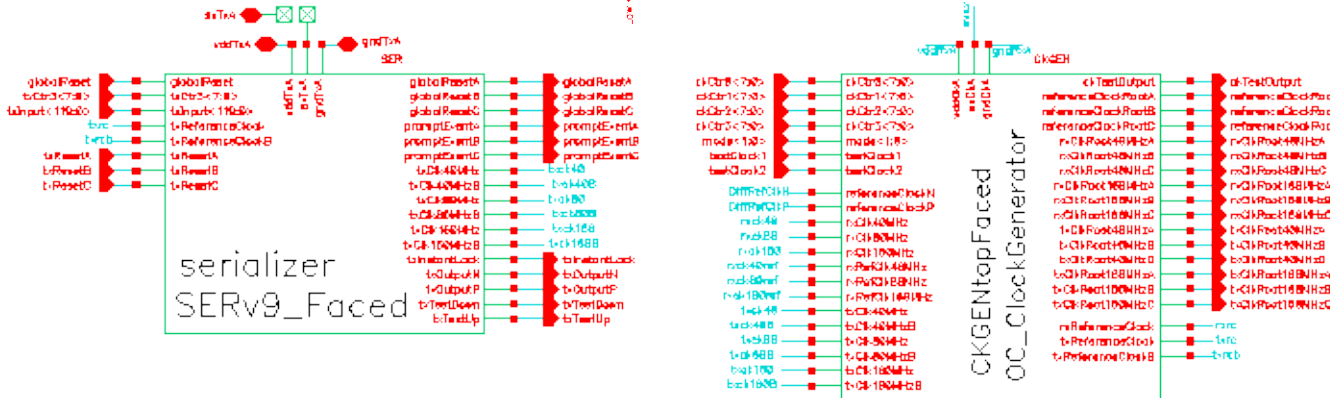
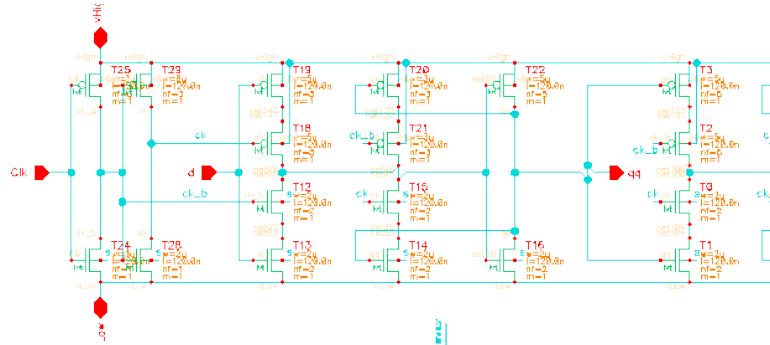
Not Defteri

The screenshot shows the QaPeLLO software interface. The 'Inputs' section includes parameters like Kvco [GHz/V], N (divider), Wi [MHz], Wn [MHz], Ico [μA], and Ksi (damp). The 'results' section displays various calculated values such as Wz [MHz], C3max [pF], C3min [pF], C3 [pF], C1 [pF], R [Ohm], Rm [KOhm], BI [MHz], Wo [GHz], K [Hz], Tau [μs], KTau, WiTau, Vpro [mV], Vint [mV], Loop stable, # of OPs, and Edit File. The 'External Tools' section lists various tools like M-interpret, Report Comp., TiSeAn, Verilog, Comp. Switches, Editor, Editor Switches, Plotter, Plotter Switches, VCD Viewer, and Viewer Switches. The 'Not Defteri' section shows a log of operations and extracted parameters for different operating points (OP).

- ➔ **CaPeLLO** sadece birkaç sayı okur ve **herşeyi otomatik** olarak hesaplar:
- ➔ Kullanıcı girdisini **karşılıyan değişken değerlerini** ve **kararlılık eğrisini** hesaplar
- ➔ Geri besleme davranışını frekans uzayında hesaplar:
 - ➔ **Bode ve root locus** eğrileri, **basamak (step)** ve **atki (impulse)** cevapları, **gürültü iletim işlevi** (noise transfer function) v.b.
- ➔ Mimarinin **verilog HDL** modelini, hesaplanan değişken değerlerine dayanarak üretir:
 - ➔ Modeli **derler** ve **çalıştırır**, sonuç olarak her bir işareti kullanıcıya **gösterir**
 - ➔ Benzetim sonucunda üretilen bu işaretlerin **analizini** gerçekleştirir
- ➔ **Zaman serisi** analizi yaparak, sistemde **kaos** arar ve **çekici (attractor)** hesaplar
- ➔ Tüm yukarıdaki etkinliklerin özetlendiği otomatik bir **rapor hazırlar**

Devre Çizimi

- Devre üyelerini yerleştir
- Uçları bağla
- Hiyerarşi kur



Özellikler

Devre Çizimi

Benzetim

Yaygı

Yaygı Kuralları

Asalak Üye Hesabı

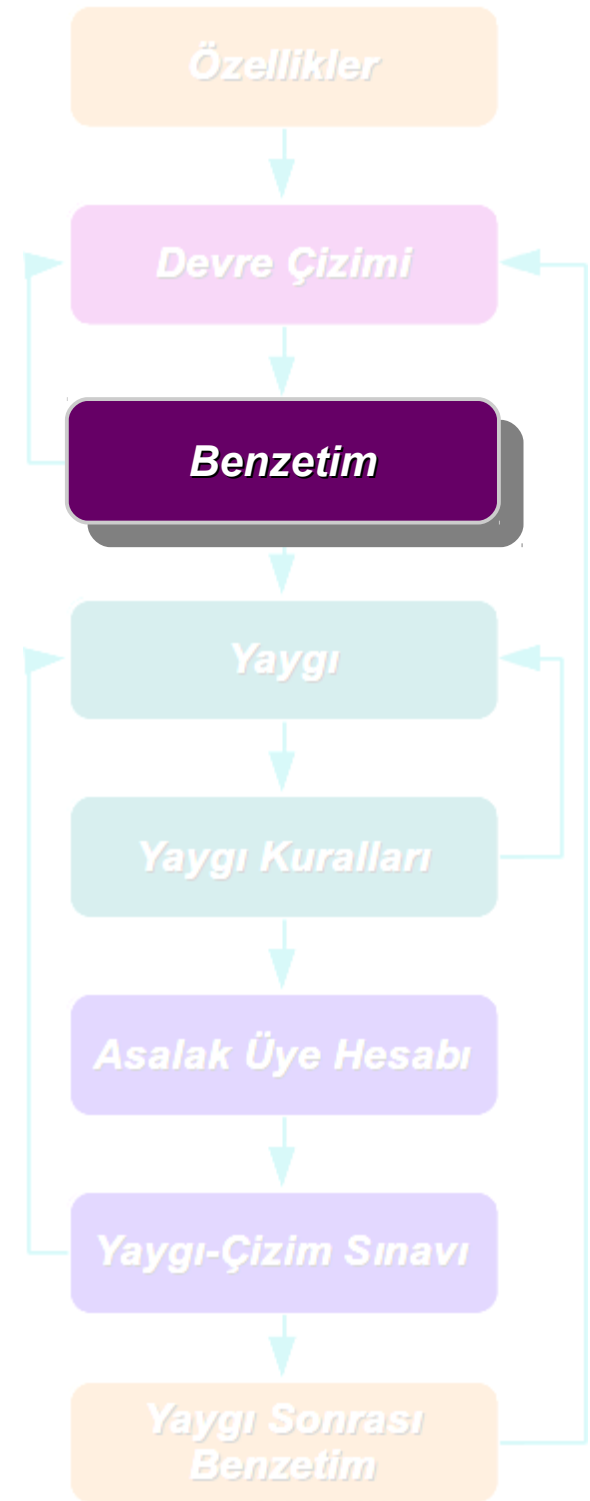
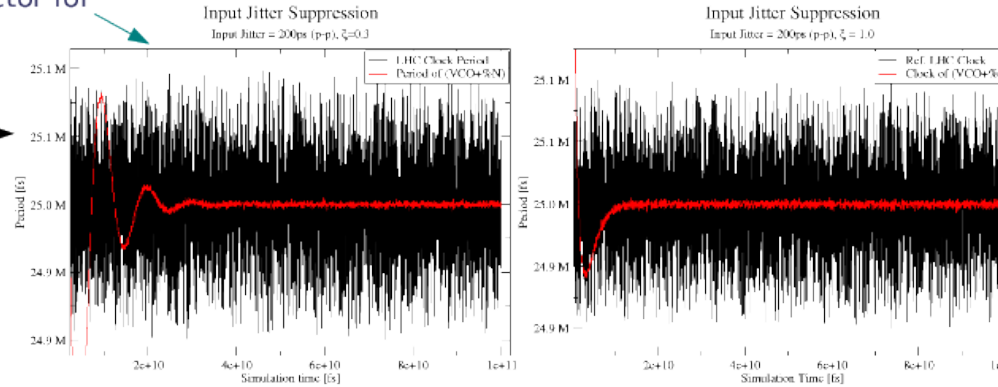
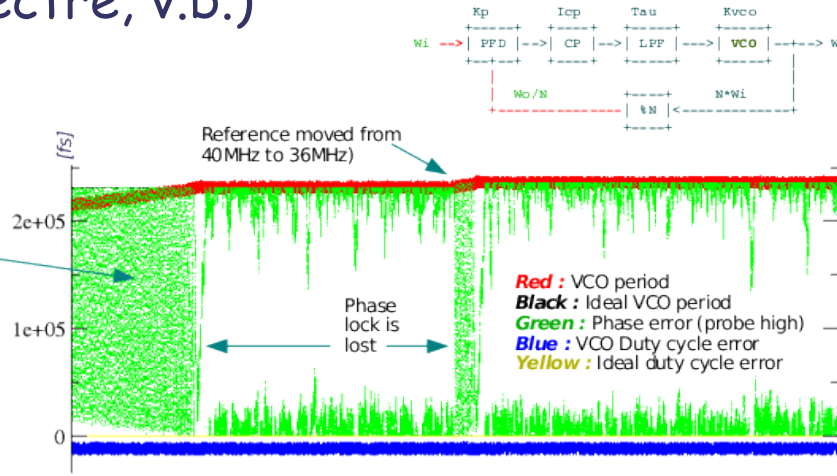
Yaygı-Çizim Sınavı

Yaygı Sonrası Benzetim

Benzetim

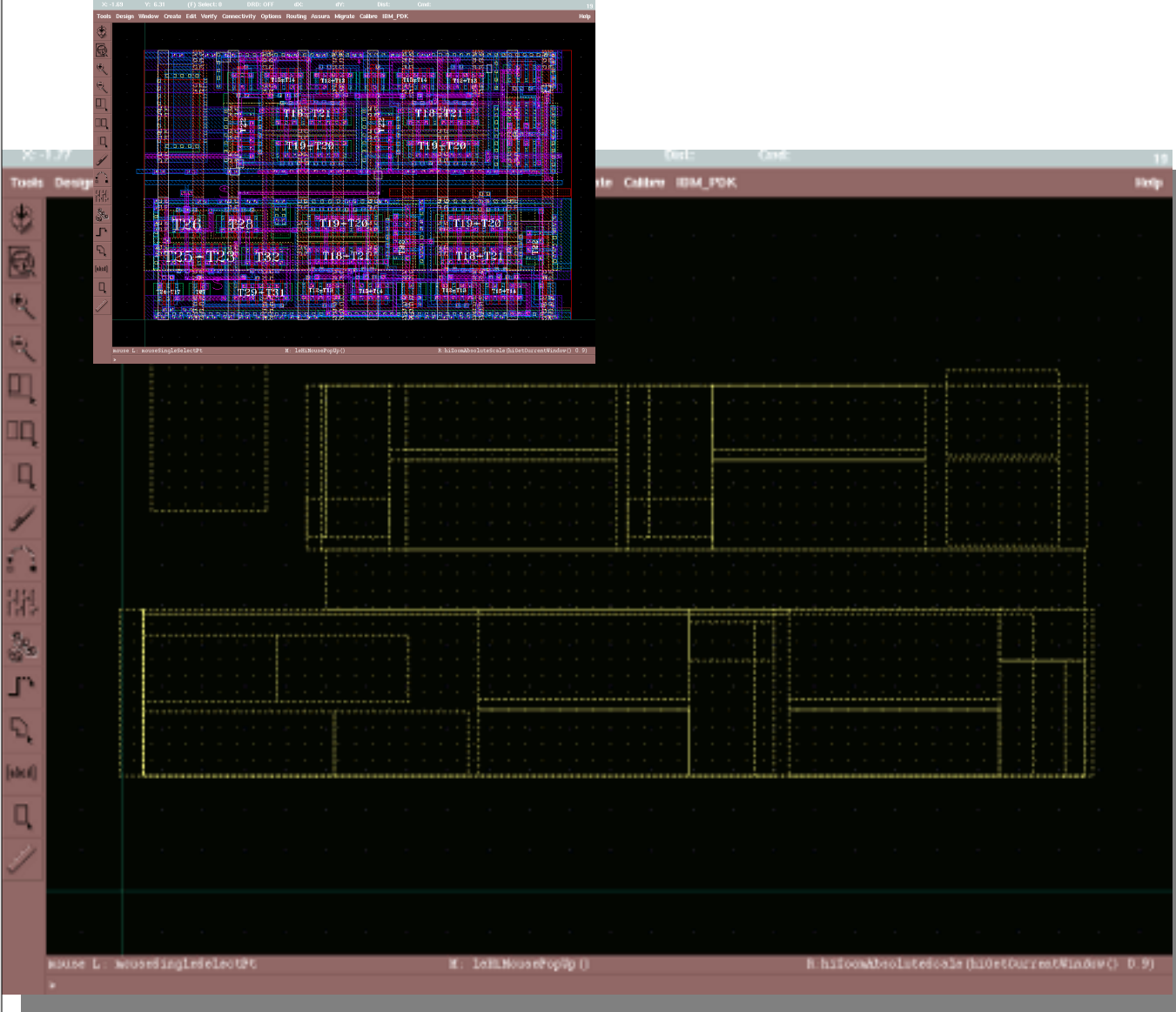
- **Modele dayalı** zaman adımı benzetimleri (HDLs, MatLab, Octave, Cadence, v.b.)
- **Transistör seviyesinde** SPICE benzetimleri (Spectre, UltraSim, v.b.)
- **Radyasyon** benzetimleri (üretim süreci benzeticileri, Spectre, v.b.)

- Very noisy VCO + very noisy reference
- Initially not locked
- Reference frequency step of 10% some time after locking
- Low bandwidth CP-PLL filters out the noise at the reference input (i.e. slow loop)
- Effect of damping factor for 0.3 and 1.0







Yaygı

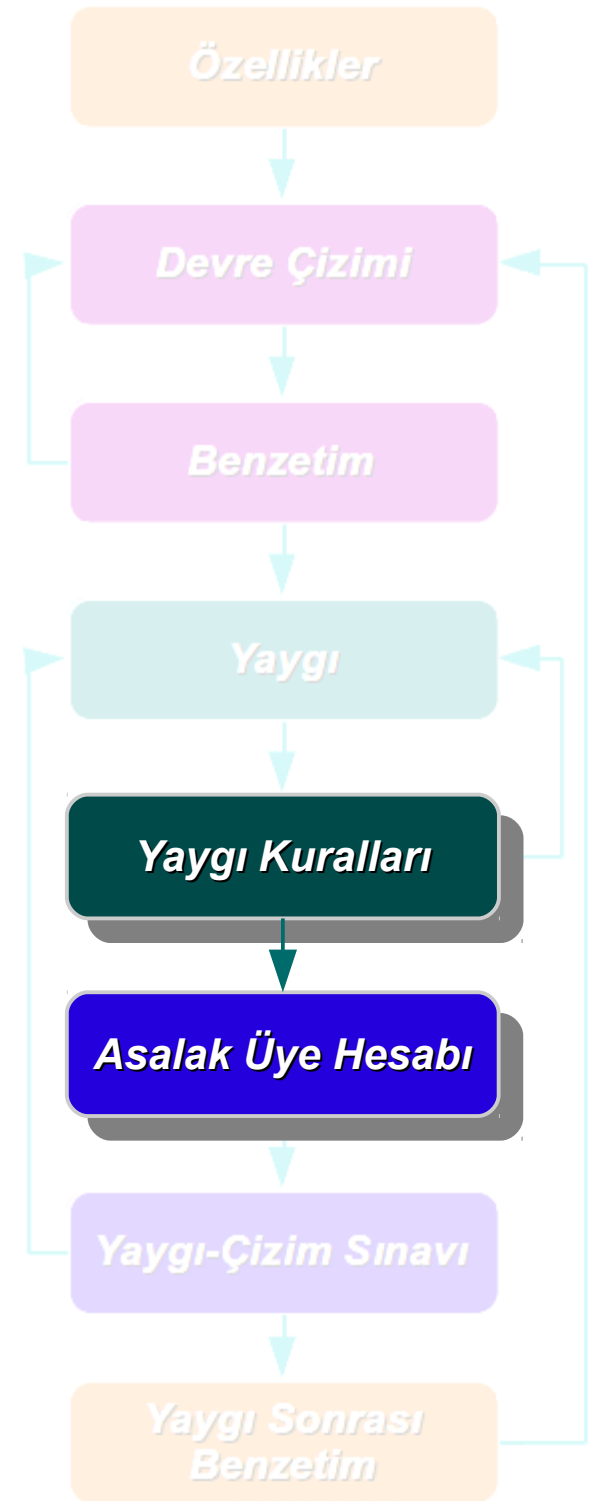
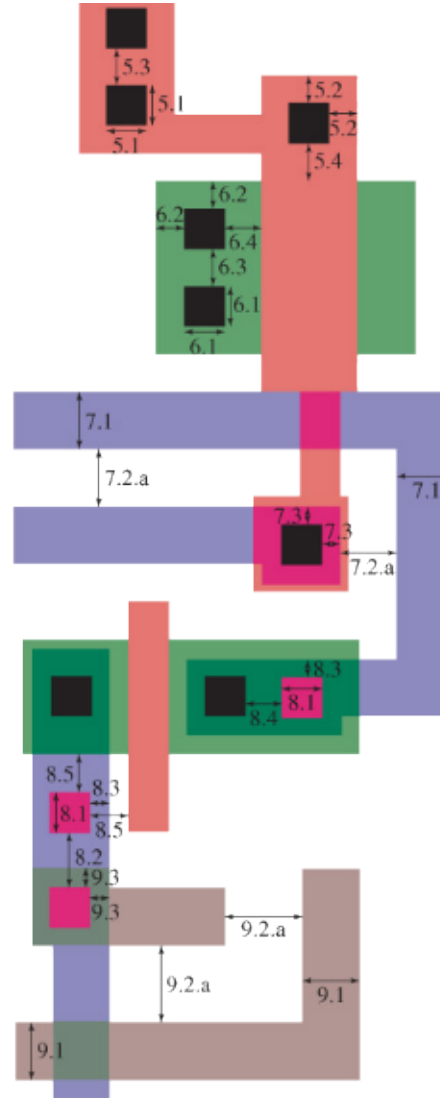
- Litografik **maskeler** tasarlanır
- Devrenin alttabaka üzerindeki **asıl temsili**



Yaygı Kuralları

- Devre çizimine karşılık gelecek **sonsuz** olası yaygı çizilebilir (sanat seçimde gizli)

	Contact		
5.1	Exact contact size	2λ	
5.2	Min. poly overlap	1.5λ	
5.3	Min. spacing	2λ	
5.4	Min. spacing to gate	2λ	
6.1	Exact contact size	2λ	
6.2	Min. active overlap	1.5λ	
6.3	Min. spacing	2λ	
6.4	Min. spacing to gate	2λ	
	Metal 1		
7.1	Min. width	3λ	
7.2.a	Min. spacing	3λ	
7.3	Min. overlap of any contact	1λ	
	Via 1		
8.1	Exact size	2λ	
8.2	Min. spacing	3λ	
8.3	Min. overlap by metal 1	1λ	
8.4	Min. spacing to contact	2λ	
8.5	Min. spac. to poly or act. edge	2λ	
	Metal 2		
9.1	Min. width	3λ	
9.2.a	Min. spacing	4λ	
9.3	Min. overlap to via 1	1λ	
(*)	Not Drawn		



Asalak Devre Hesabı

Tasarlanan devrenin daha gerçekçi bir temsili

- İki basit/masum bağlantı gerçekleştirin:

→ **Metal-1** ile **A** ucunu **B** ucuna bağlayın

→ **Metal-2** ile **C** ucunu **D** ucuna bağlayın

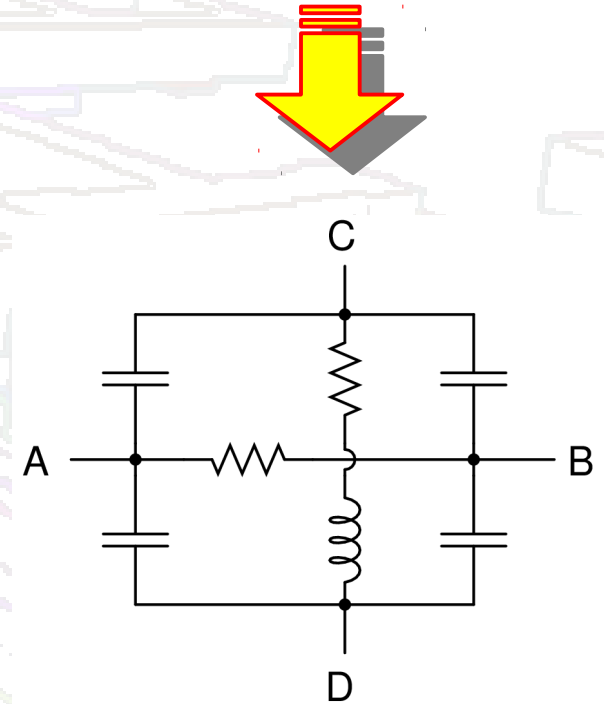
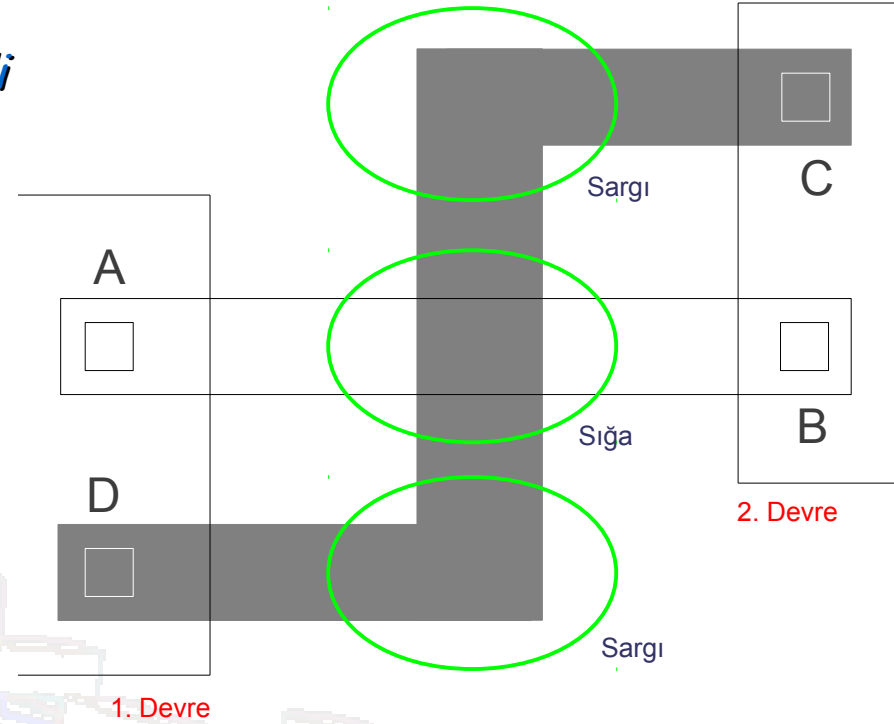
- **Etkin devre**, tasarımcının hiçbirini çizmediği aşağıdaki devre üyelerini de **ister istemez** içerecektir:

→ **4** sığa + **2** direnç + **1** sargı

- Asalak devre üyelerinden kurtulmak **mümkün değildir**; fakat bunların değerlerini yararımıza değiştirebilir ve **faydayı artırabiliriz**:

→ Ör. bir **algıçokuyanın giriş sığası** veya dijital bloklar arası **bağlantıların sığalarını en küçük** değerlerinde tutmak isteriz

→ Ör. **dar-bant bir PLL'nin süzgeç sığası** veya herhangi bir ASIC'in **Vdd-Gnd** arası **sığasını en yüksek** değerinde tutmak isteriz

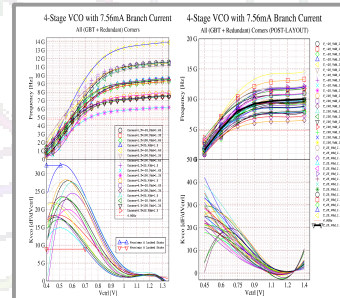
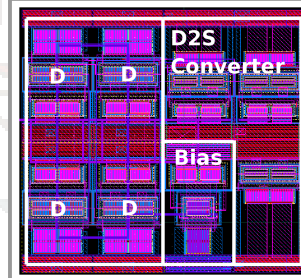
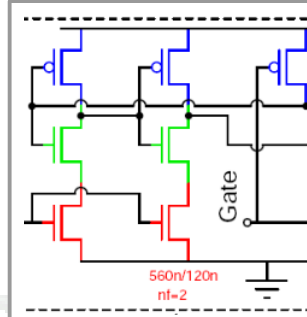


Uygulamada VLSI Tasarım

Tümleşik devre tasarımcısının
sıradan bir günü

- Süreç mühendisi ile tasarımcı arasındaki arayüz
- Güvenilir biçimde üretilebilirlik

$$T(s) = \frac{\omega_n^2(\tau s + 1)}{\frac{s^2}{N} + 2\xi s \frac{\omega_n}{N} + \frac{\omega_n^2}{N}}$$



Color	Layer	Parameter	Value
Black	Contact	5.1 Exact contact size	2 λ
		5.2 Min. poly overlap	1.5 λ
		5.3 Min. spacing	2 λ
		5.4 Min. spacing to gate	2 λ
Green	Metal1	6.1 Exact contact size	2 λ
		6.2 Min. active overlap	1.5 λ
		6.3 Min. spacing	2 λ
		6.4 Min. spacing to gate	2 λ
Blue	Metal1	7.1 Min. width	3 λ
		7.2.a Min. spacing	3 λ
		7.3 Min. overlap of any contact	1 λ
Pink	Vial	8.1 Exact size	2 λ
		8.2 Min. spacing	3 λ
		8.3 Min. overlap by metal1	1 λ
		8.4 Min. spacing to contact	2 λ
		8.5 Min. spac. to poly or act. edge	2 λ
Brown	Metal2	9.1 Min. width	3 λ
		9.2.a Min. spacing	4 λ
		9.3 Min. overlap to vial	1 λ
(*)	Not Drawn		

Özellikler

Devre Çizimi

Benzetim

Yaygı

Yaygı Kuralları

Asalak Üye Hesabı

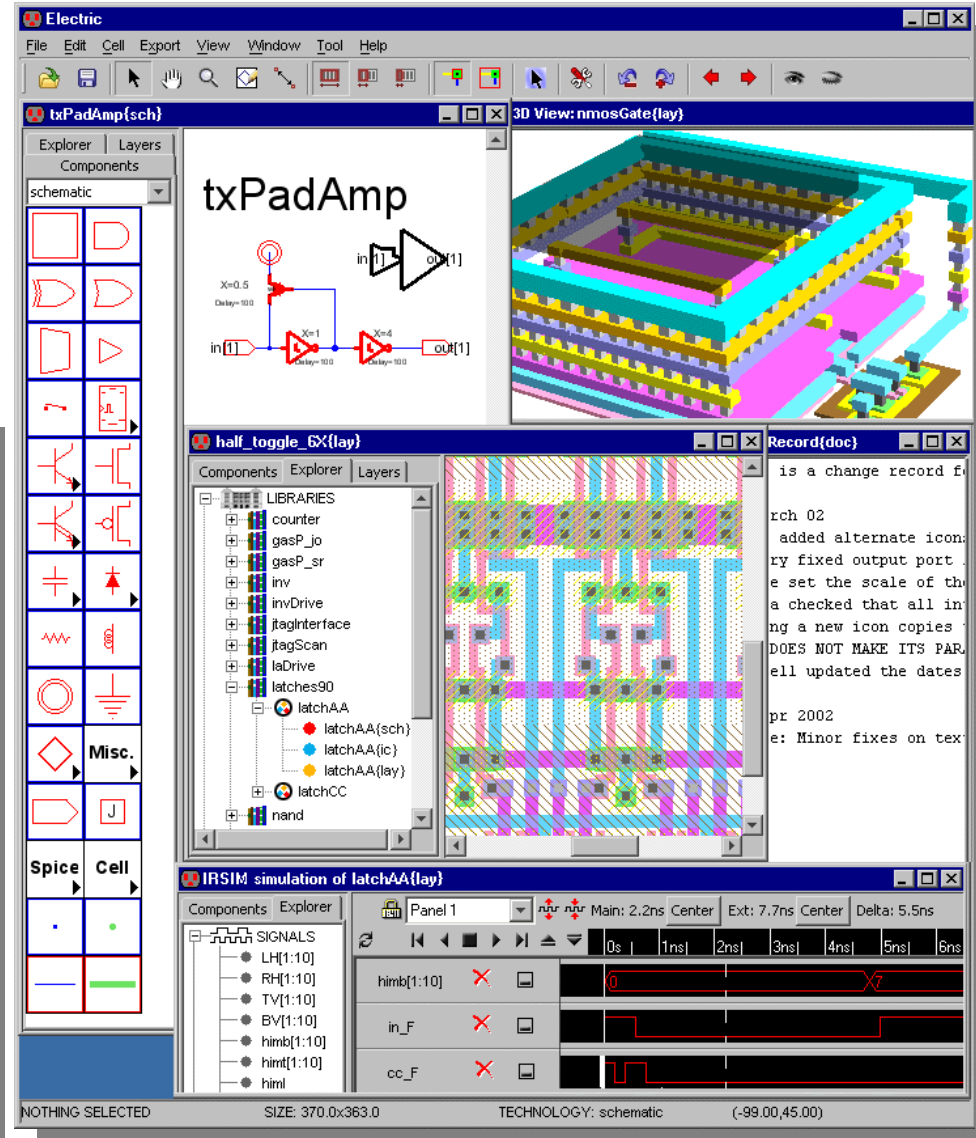
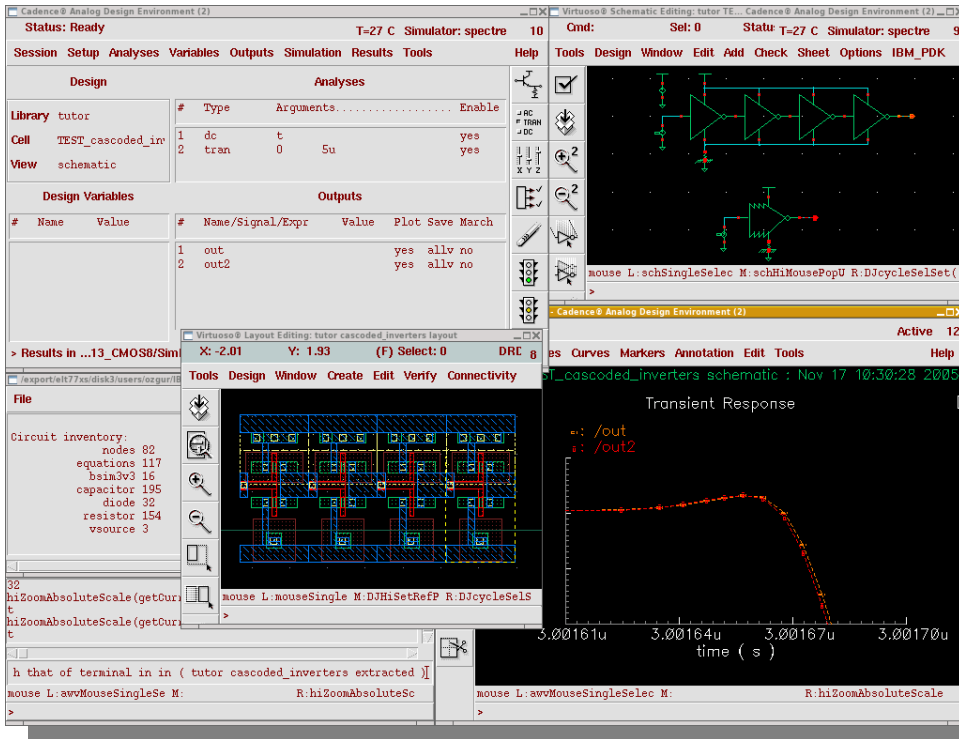
Yaygı-Çizim Sınavı

Yaygı Sonrası
Benzetim

Tasarım Araçları ve Alıştırmalar

Devre çizimi, benzetimi ve karşılık gelen yaygının tasarıldığı yazılımlar

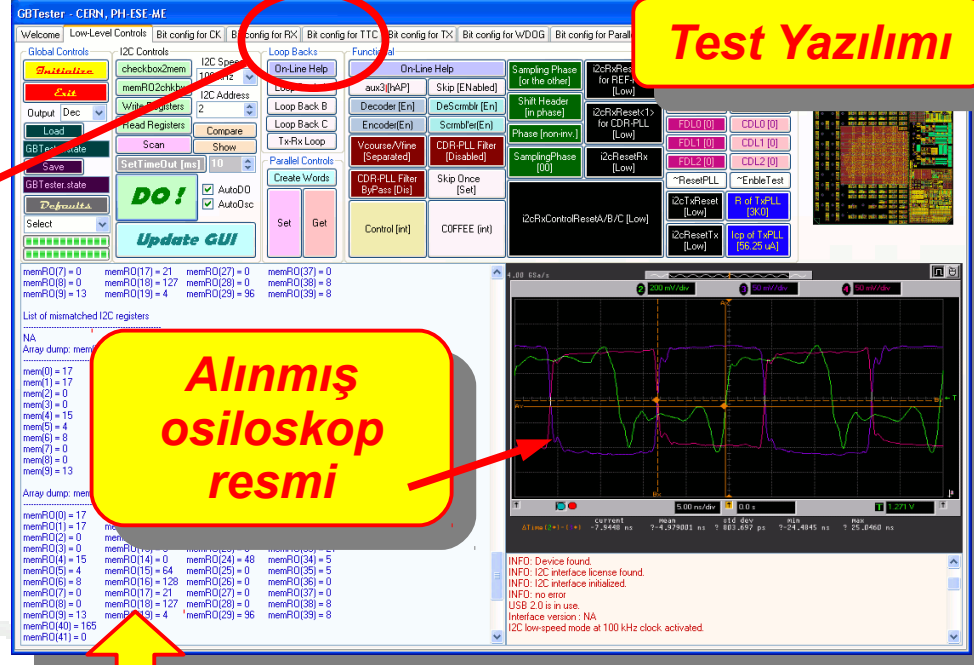
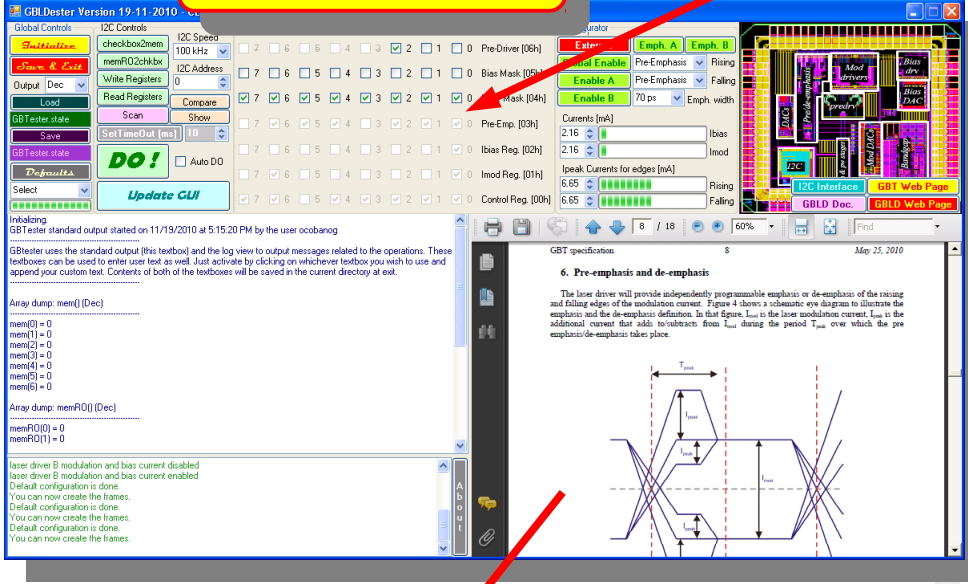
Geri besleme sisteminin mimarii ve devre çizimi tamamlandıktan sonra, tasarıma karşılık gelen yaygının hazırlanması ve asalak devre üyelerinin hesaplanarak, devrenin yeniden bir benzetiminin gerçekleştirilmesi gerekir. Burada bu iş için kullanılabilir biri açık kaynak (electric^{GPL}) diğeri ticari (cadenceTM) olan iki yazılım aracı için alıştırmalar, adım adım ve ayrıntılı açıklamalarla birlikte verilmiştir. Hangi araca erişiminiz olduğuna bağlı olarak birini seçin ve takibedin; ilgili yazılım bileşenleri ve kullanım ayrıntılarını bulacaksınız.



Test Sistemleri ve gerekli yazılımların geliştirilmesi

Test Yazılımı

Denetim bitleri



Alınmış
osiloskop
resmi



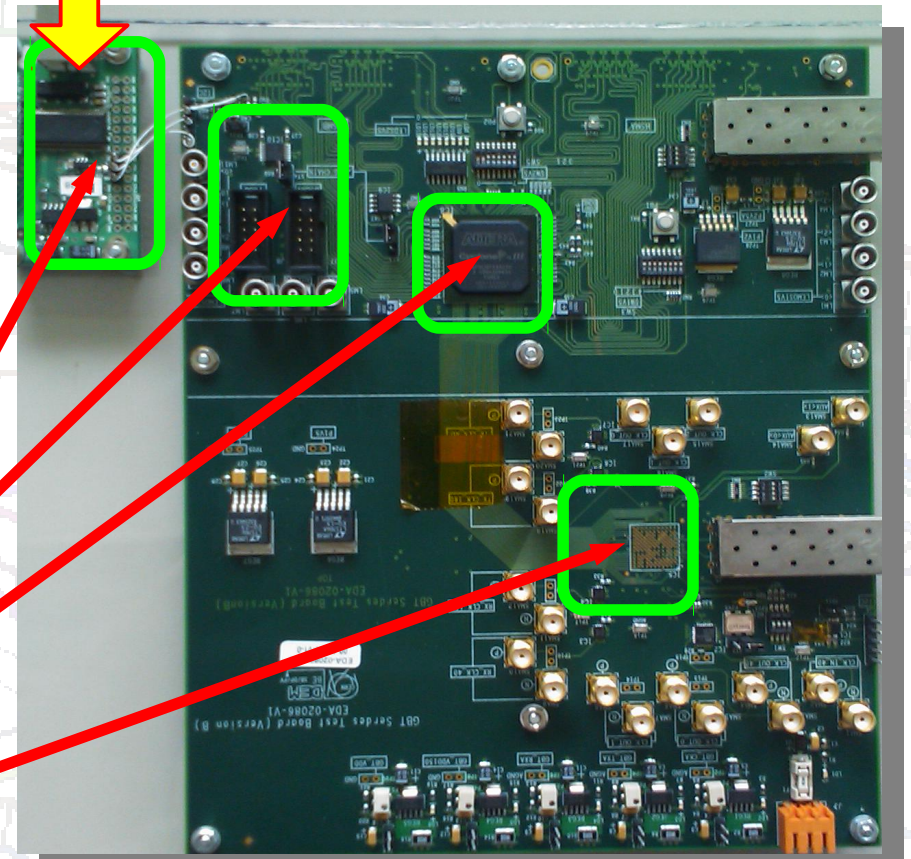
Kullanım
kılavuzu

USB → I2C çevirici

I2C ve JTAG uçları

FPGA (Cyclon-III)

DUT'un bulunduğu yer
(DUT: Device Under Test)

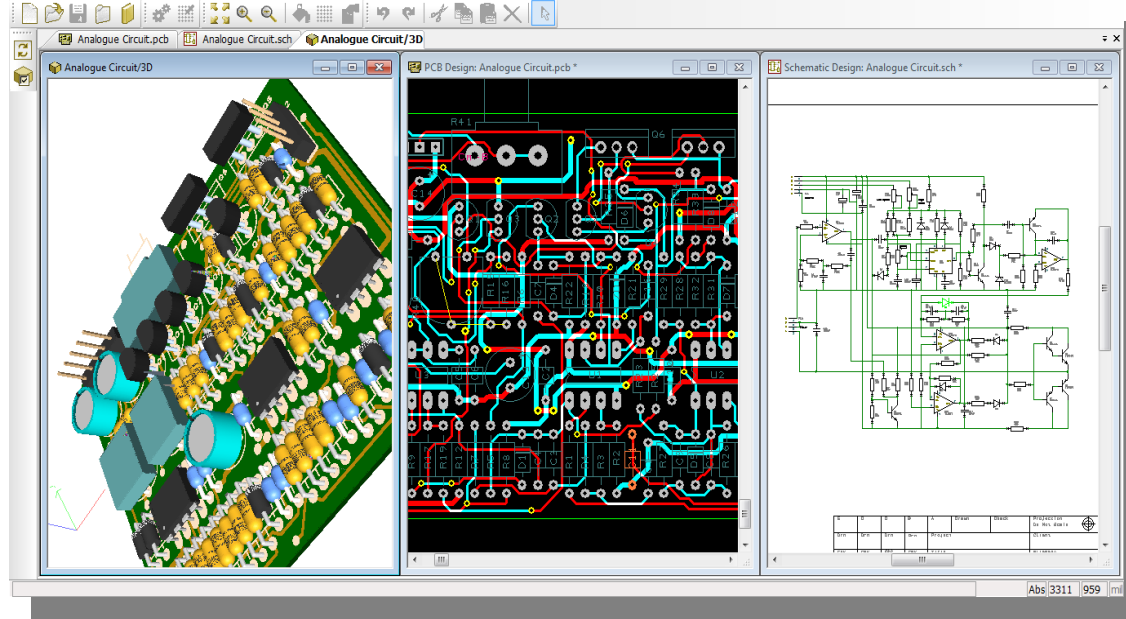


Tasarım Araçları ve Alıştırmalar

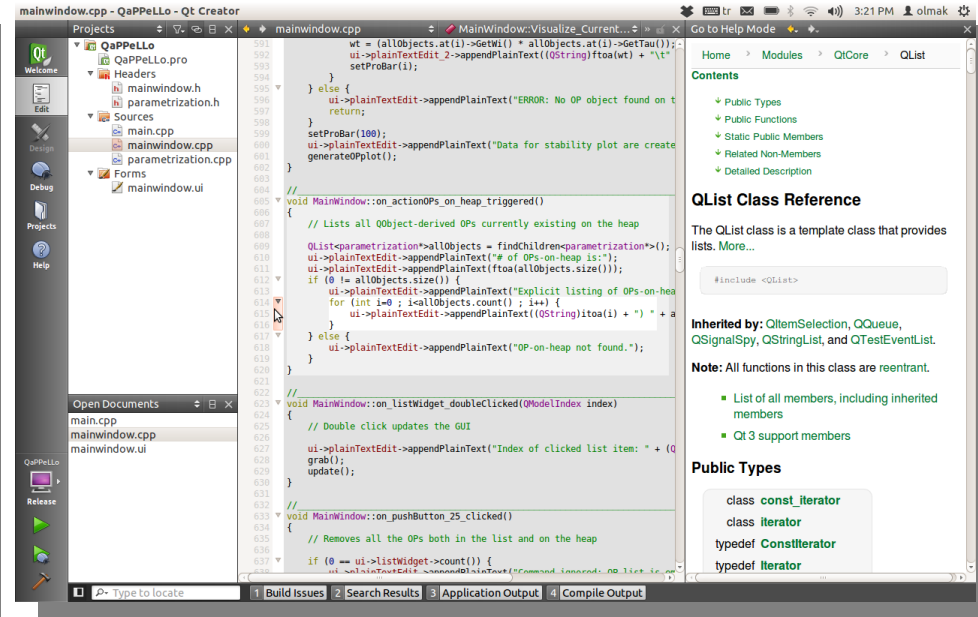
PCB tasarımı ile test yazılımı geliştirme

Test baskı devre tasarımı için ticari cadence, LT spice, design spark gibi bileşenlerin ayrı ayrı alınıp bir baskı devreye (PCB) lehimlendiği (discrete) tipteki devrelerin tasarımında kullanılan herhangi bir yazılım kullanılabilir. Yanda devre çizimini, baskı devreyi ve bitmiş sistemin beklenen fiziksel durumunu 3B olarak gösteren ücretsiz bir yazılım görülmekte.

Test yazılımı için QtCreator, Visual Studio, GAMBAS, MONO gibi IDE'ler, GPIB gibi kütüphanelerle sıklıkla kullanılmaktadır.



<http://www.designspark.com> ve/veya <http://www.linear.com/designtools/software/>



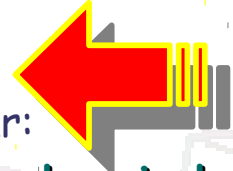
<http://qt.nokia.com/products/developer-tools/> ve/veya

<http://www.microsoft.com/visualstudio/en-us/products/2010-editions/visual-basic-express>

Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)



Radyasyon Meselesi

Tanımlar ve hataya yol açan fiziksel süreçler

Single Event Transient (SET)

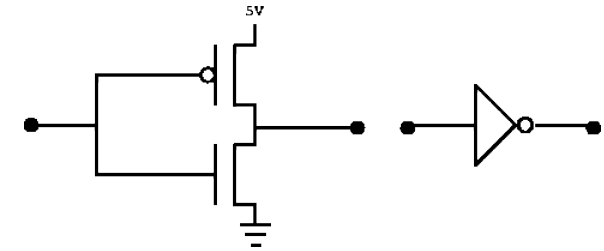
→ İyonize edici radyasyonun etkisi ile hareket eden yüklerin, **analog bir işaret** üzerindeki geçici etkisidir.

Single Event Upset (SEU)

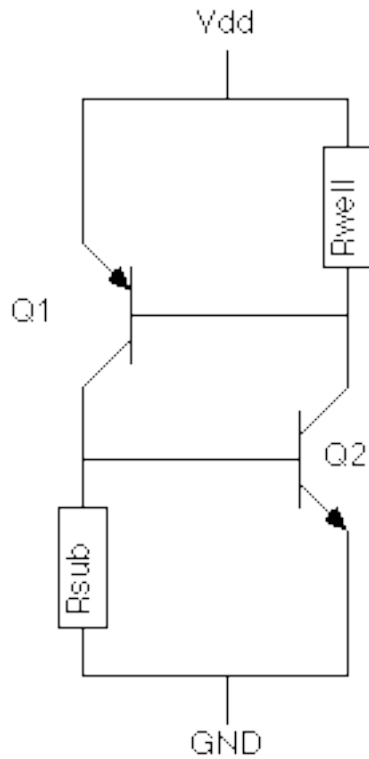
→ İyonize edici radyasyonun etkisi ile hareket eden yüklerin, **dijital bir devrenin durumunu** (state) değiştirmesidir (0'dan 1'e veya tersi)

Latch-Up (LU)

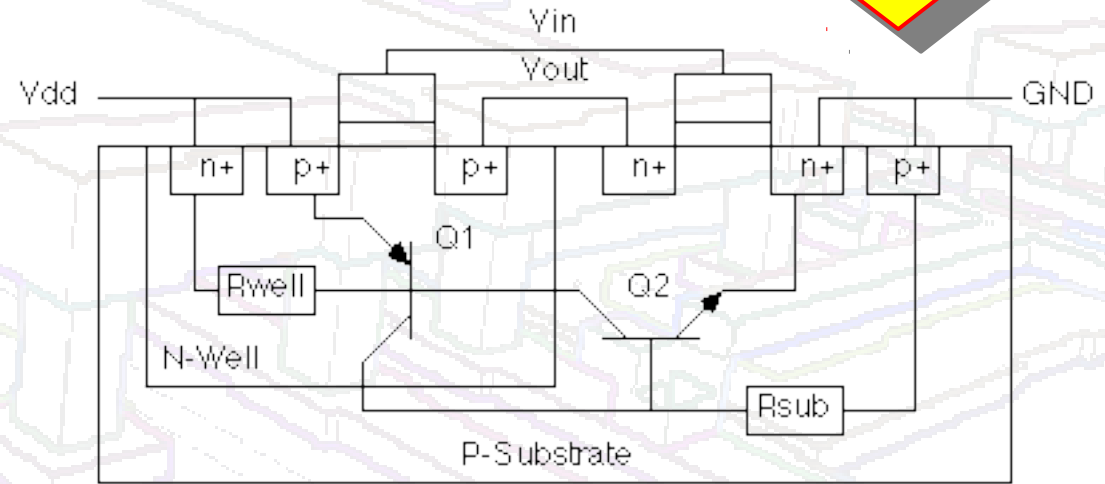
→ **Asalak devre üyelerinin**, Vdd ve Gnd arasında **düşük dirençli bir yolu** meydana getirmeleridir



CMOS deęilleyici ve simgesi



Deęilleyiciye eklenen eşdeęer BiPolar devre



vertical PNP

lateral NPN

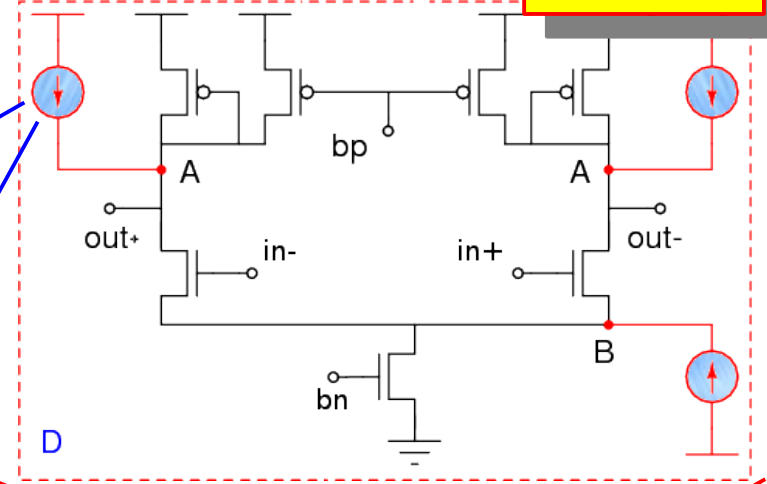
CMOS deęilleyicinin olası alttabaka kesiti

Radyasyonun Modellenmesi

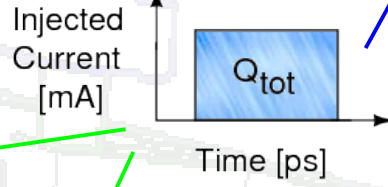
Radyasyon etkilerinin benzetime katılması

- Radyasyon = akım atkısı
 - Ör.: 130 nm CMOS için 0.3 pC
- Eğri'yi çiz: Q'un işlevi olarak etki
 - Beklentileri tanımla/sına
 - Çevrimi tekrarla

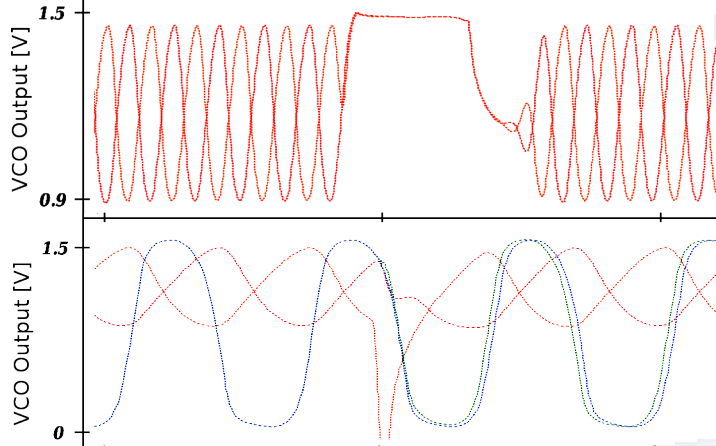
Devre



Q

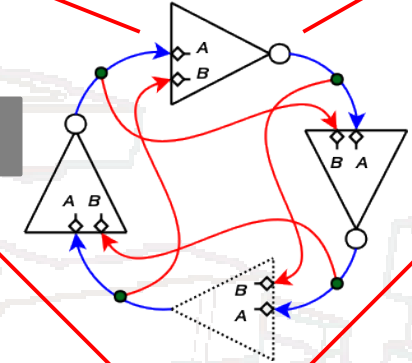


SET'ler

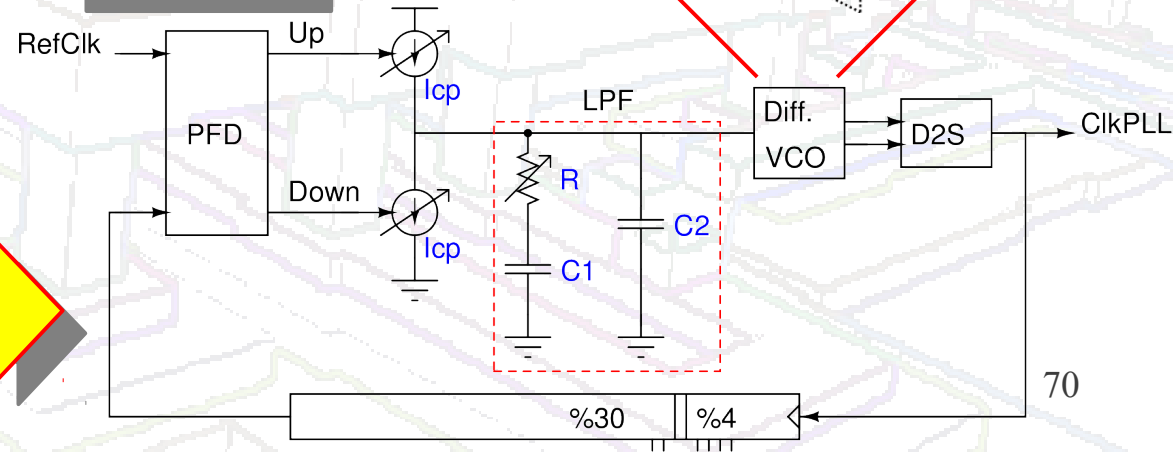


Buradasınız

VCO

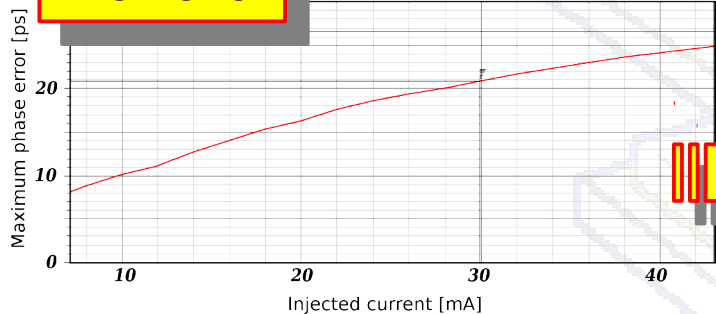


Sistem



70

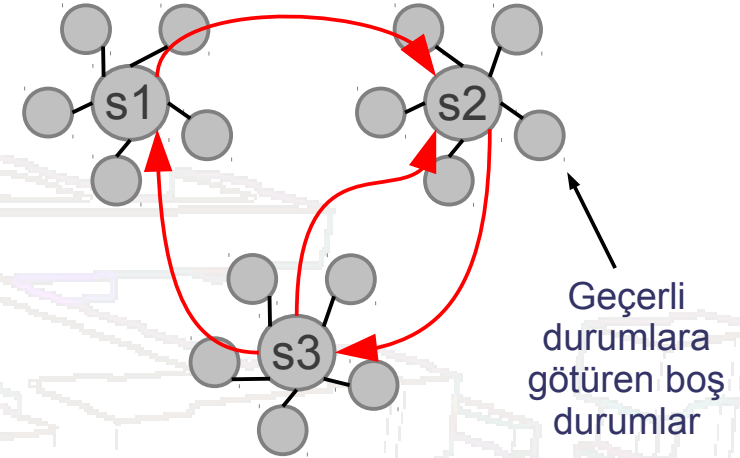
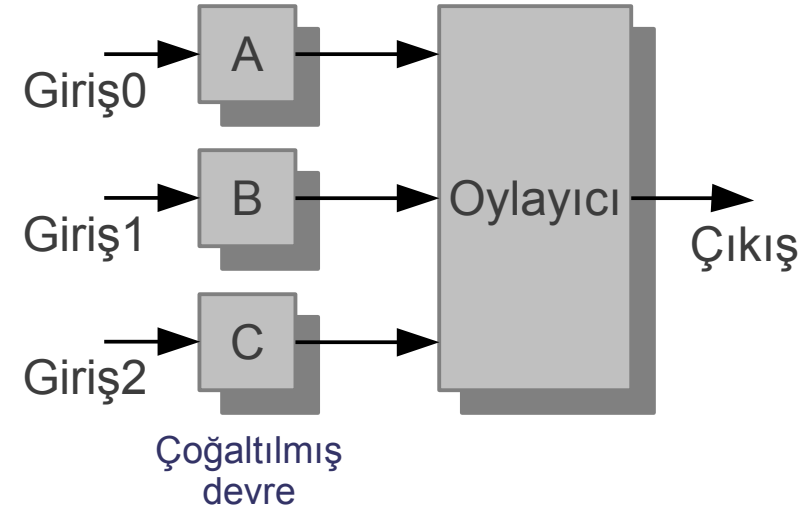
Beklenti



Radyasyona Dayanıklılık

Devreler radyasyona nasıl dayanıklı kılınır ?

- Daha **yüksek akım** ve/veya **büyük transistörler** kullanın
 - Radyasyonun yaratacağı **akım/gerilim dalgalanmaları** göreceli olarak **küçük kalsın**
 - **Bedel:** daha büyük devre ve güç tüketimi, yavaş çalışan devreler v.b.
- Çoklu kuyu (**triple-well**) ve/veya koruma yapılarını (**guard-ring**) sıklıkla kullanın
 - Gürültüyü, hassas devrelere ulaşmadan önce topraklayabilmek için
- Demokrasi kullanın (**Modular Redundancy** veya nMR)
 - Aynı **devreyi çoğaltın** ve çıkışta **oylayın**, en yaygın kullanılanı 3'lü demokrasidir
 - Radyasyonun üç devreyi **aynı zamanda** ve **aynı şekilde** etkileme olasılığı düşüktür; bu yüzden **SEU'ya karşı** koruma sağlar
- Sonlu durum makinelerinde (FSM) SEU'ya karşı, kendiliğinden geçerli durumlara geçmeye ayarlanmış "**boş durum**"lar kullanın
 - Radyasyondan kaynaklanan bir durum değişikliği olursa, sistem boş olmayan geçerli bir duruma kendiliğinden geçebilir
 - **Bedel:** daha karışık FSM tasarımı, güç harcaması ve devre büyüklüğündeki artış
- Mümkünse tümleşik devreleri **gölgelere** (mıknatıs, demir blok v.b.) **yerleştirin**
 - Radyasyona dayanıklılık gereksinimini azaltmak için



Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)

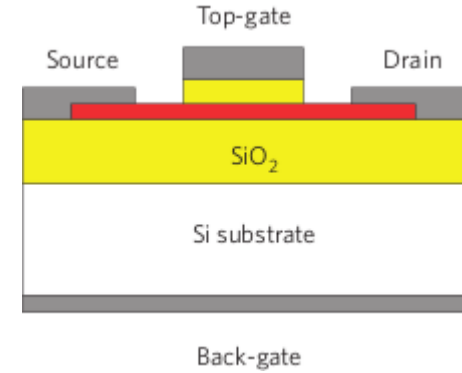
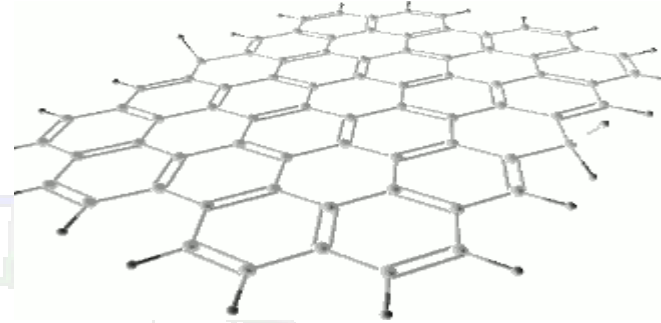


CMOS Yerine Geçecek Olası Teknolojiler(?)

Yeni nesil **Tek Atom** veya **Molekül Kalınlığındaki** Devrim Niteliğinde Teknolojiler

♦ Tek atom kalınlığında düz **karbon (C)** örgü: **Grafen**

- **2010 Nobel** ödülünü getirdi
- **Grafen tabanlı** devre üyeleri (transistör gibi) pekçok araştırma grubu tarafından çalışılmaktadır



1969'daki ilk gözlem: Platinum Surface LEED Rings, Surface Science 17 267-270

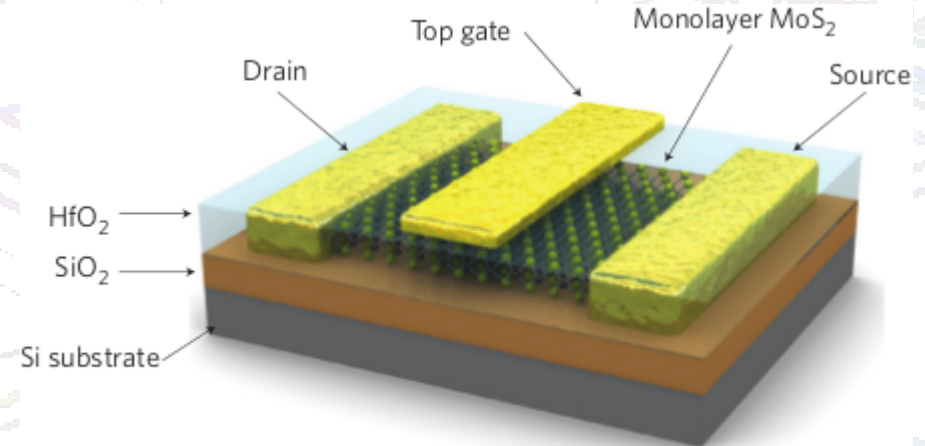
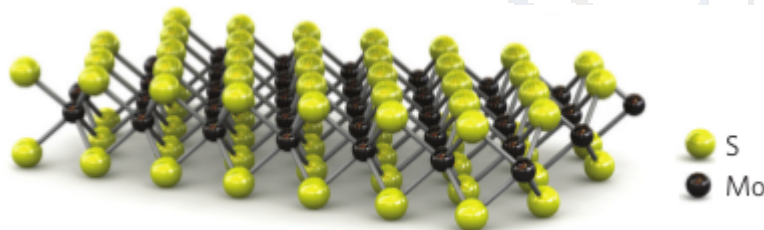
Nobel getiren 2004'teki çalışma: Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films, K. S. Novoselov, I. A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov

Sağdaki transistör: <http://www.nature.com/nnano/journal/v5/n7/full/nnano.2010.89.html>

♦ Tek molekül kalınlığında **molibdenit (MoS₂)** örgü

- Kendiliğinden **yarı-iletken**
- **Yakın zaman önce** karakterize edildi
- **N-tipi** devre tasarımına uygunluğu gösterildi:

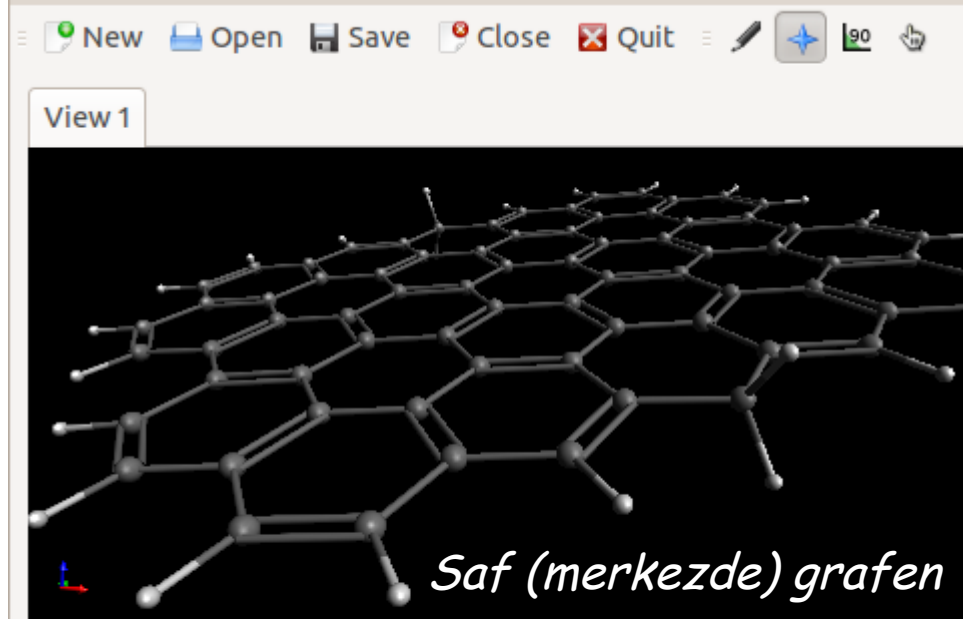
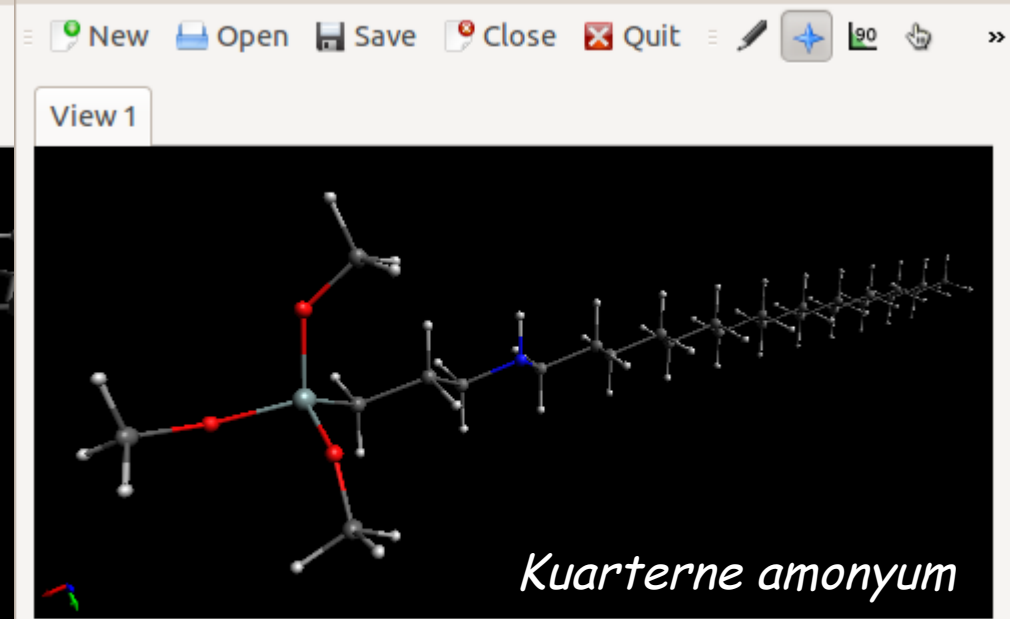
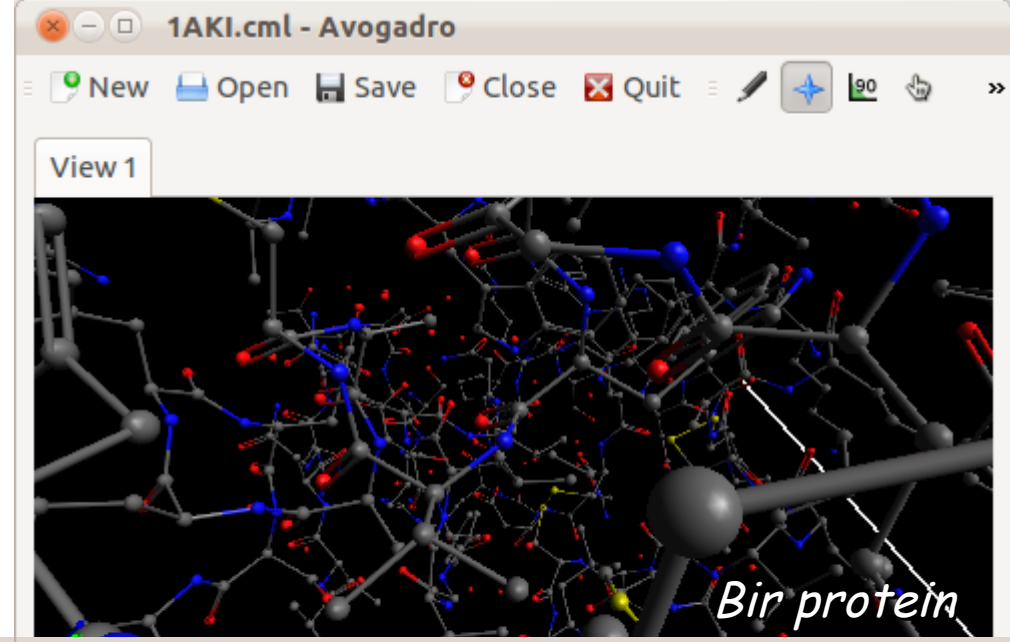
<http://www.nature.com/nnano/journal/v6/n3/full/nnano.2010.279.html>



Tasarım Araçları ve Alıştırmalar

Molekül tasarımı ve benzetim yazılımları

Hesaplamalı fiziko-kimya yazılımları ve/veya computational (quantum) chemistry tools araması **yüzlerce** uygulamanın adını döndürecektir. Bunlar temel olarak **molekül tasarımı**, **benzetim** ve **görüntüleme** başlıkları altında toplanır. Bu işlevlerin birden fazlasına yetenekli olan, ticari ve açık kaynak olanlar da mevcuttur. Bu yazılımlar deneyin yerini **alamamakla** beraber, **çok zayıf** da olsa, isabetli moleküler potansiyellerin seçilmesi durumunda bir **öngörü yeteneği** oluşturabilmektedir.



Uygulama: **Molekül/ortam tasarımı** → **Hesaplamalı fiziko-kimya** → **Görüntüleyici**

Netagif Geri Besleme Fikri ve Deneysel Fizikteki Bazı Uygulamalarına Örnekler

İçindekiler

- **Bu ders neden var ?**
 - HPFBU içeriği ve daha küçüğü aramak
- **Kısaca Deneysel Fizik'in Büyük Resmi**
 - Kısaca **front-end** - FE ASIC
 - Kısaca **read-out** - RO sistemi
 - Kısaca **serializer** - SER
 - Kısaca **phase-lock loop** - PLL
- **Geri Besleme Fikri**
 - Nicel bir tanıtım
 - Doğal sıklık kavramı - ω_n
 - Gerçek dünyadan örnekler:
 - **Evet/Hayır** (binary) read-out
 - **Eşik üstünde zaman** (Time-over threshold)
 - Geri besleme çevrim davranışını iyileştirme
 - **Söndürme katsayısı** (damping ratio, ξ)
- **Algıç-okuyan (FE) Tümlleşik Devreler**
 - **Önyükselteç**: temel fikir - $T = V_{out} / V_{in}$
 - **Transistör verimi** (transconductance, g_m)
 - **Tek katlı bir yükselticinin** gerçek dünyada kullanılan bir uygulamaya evrimi
- **Yarı-iletken Üretim Yöntemi**
 - **Transistör** anahtar - bir başyapıt
 - **Litografi**
 - **nMOS** transistörün inşası
 - **VLSI** tasarım akışı
 - **Asalak devre hesabı**
 - Gerçek dünyadan tümlleşik devre örnekleri
- **Radyasyona Dayanıklılık**
 - Bazı uluslararası tanımlar:
 - **Single event upset, analog single event transient, latch-up**
 - Tümlleşik devrelerdeki **radyasyon etkilerinin benzetimlere** katılması
- **CMOS'un Yerine Gececekler(?)**
 - **Tek-katman** kalınlığında devre üyeleri
 - **Grafen'ik** (benzen örgü)
 - **Molibden'ik** (MoS_2 örgü)