

arm Giriş

ARM tabanlı Çip Üzerinde Sistem Tasarımı

Modül Müfredatı

SoC Konsepti Neden Geliştirildi?

SoC'lerin Avantajları ve Sınırlamaları

SoC'ler, CPU'lar ve MCU'lar arasındaki farklar

SoC Tasarım Akışı

Ticarileştirilmiş SoC'lere Örnekler

SoC Tasarım Konsepti Neden Geliştirildi?

PC sonrası bir çağda yaşıyoruz:

- Akıllı telefonlar ve tabletler
- Nesnelerin İnterneti, giyilebilir bilgi işlem ve siber-fiziksel sistemler
- Endüstri 4.0

Silikon transistör hala bu devrimin merkezinde yer alıyor.

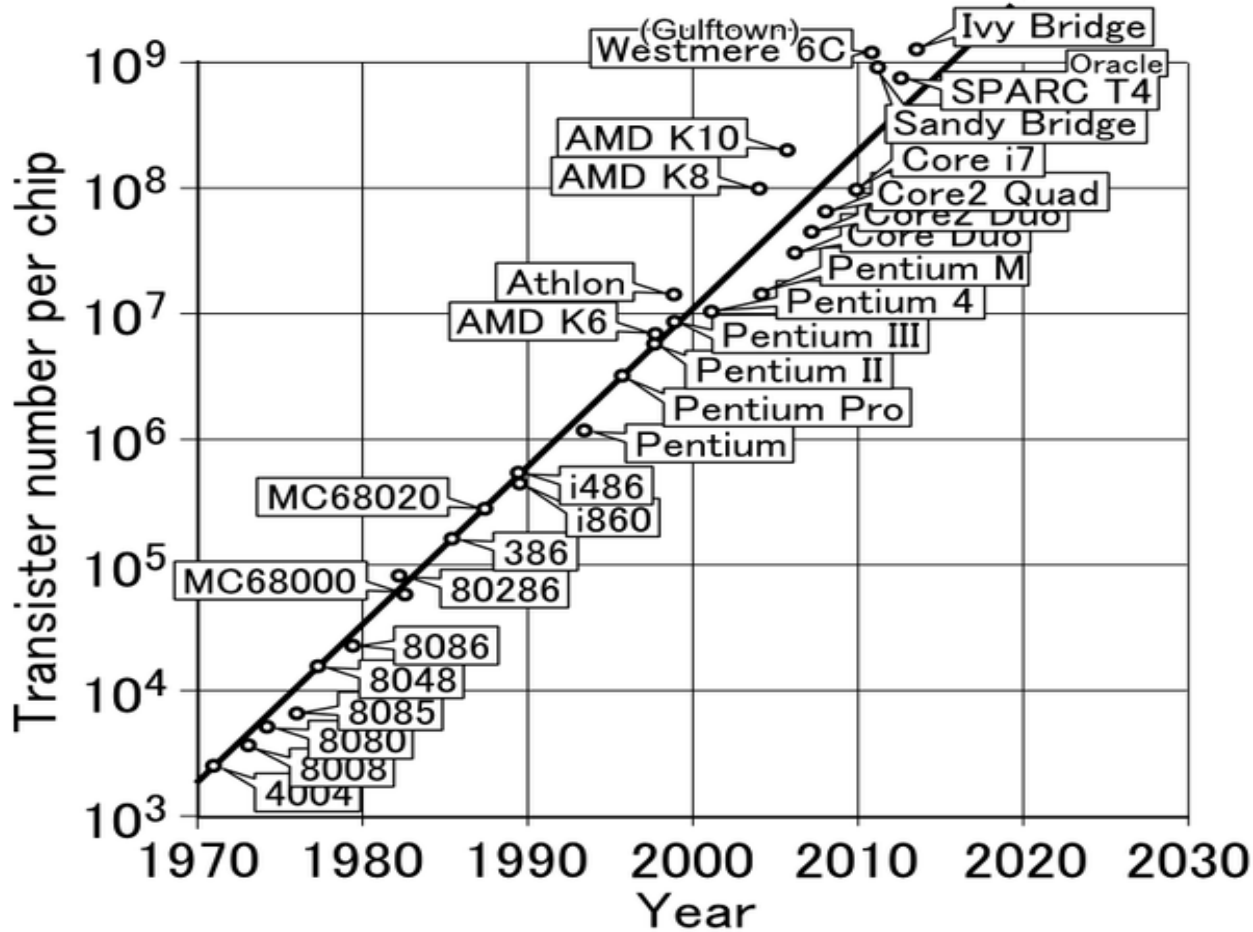
Silikon yongaların birincil ölçütleri değişti: saat frekansından maliyete, biçim faktörüne ve güce.

İşlevsel donanımın çip üzerinde entegrasyonu artık her zamankinden daha önemli.

Bu noktaya nasıl ve neden ulaştık?

Moore Yasası

Moore Yasası

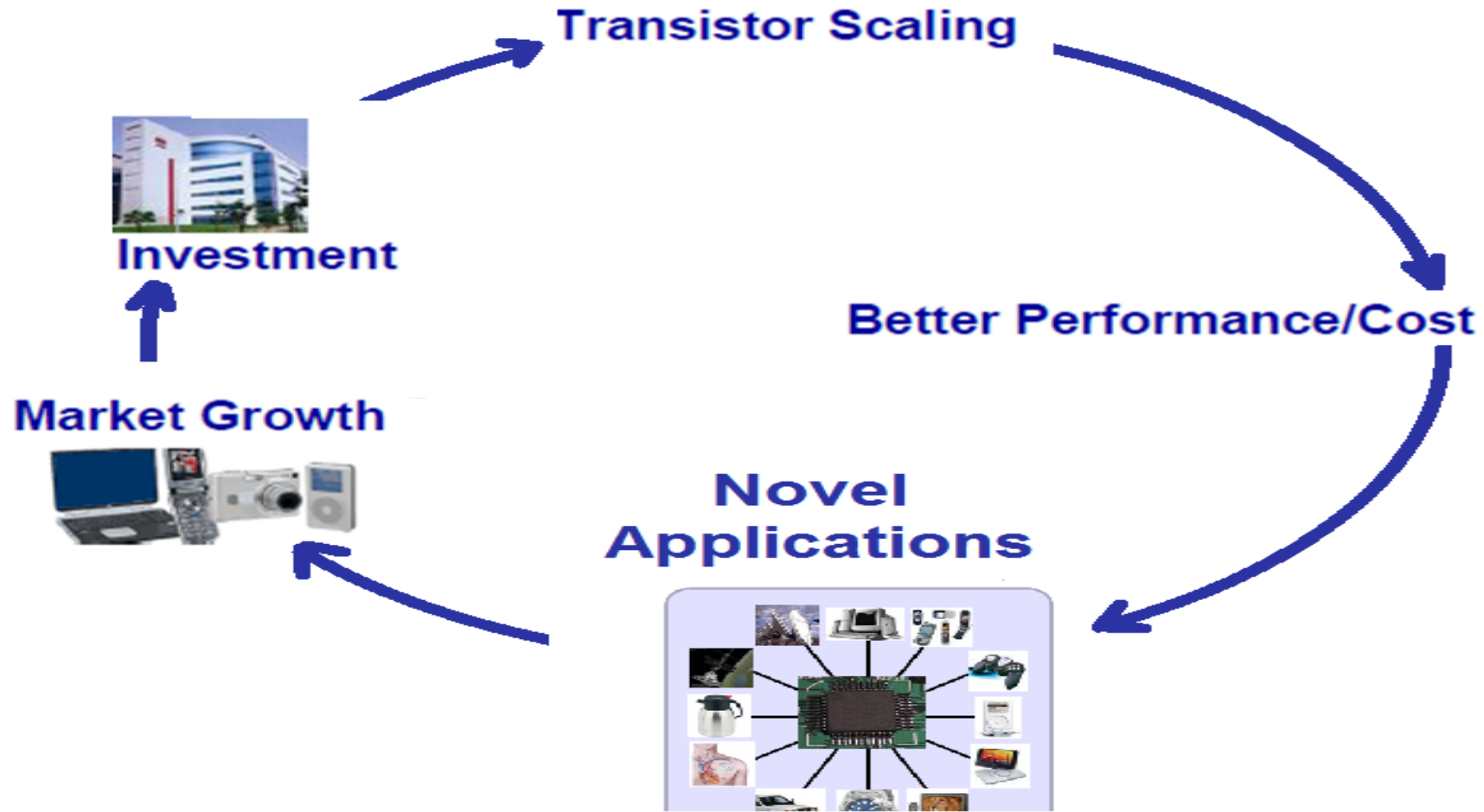


Moore Yasasının Tahmini^(*)

(*) Veriler, uluslararası yarı iletken teknolojisi yol haritasına dayanmaktadır (<http://www.itrs.net/>)

1965'te Intel'in kurucu ortağı Gordon E. Moore, Moore Yasası olarak bilinen önemli bir gözlem yaptı. **Minimum bileşen maliyeti için entegre bir devre üzerindeki transistör sayısının her iki yılda bir ikiye katlandığını belirtti.** Moore'un tahminlerinin doğru olduğu kanıtlanmıştır ve bunlar hala yarı iletken teknolojilerinin geliştirilmesinde ana itici güçlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu şekilden de görülebileceği gibi, bir çip üzerine entegre edilmiş transistörlerin sayısı şimdiden bir milyarı aştı.

Neden Ölçeklendirme?



Yarı iletken endüstrisinin yaşam çemberi

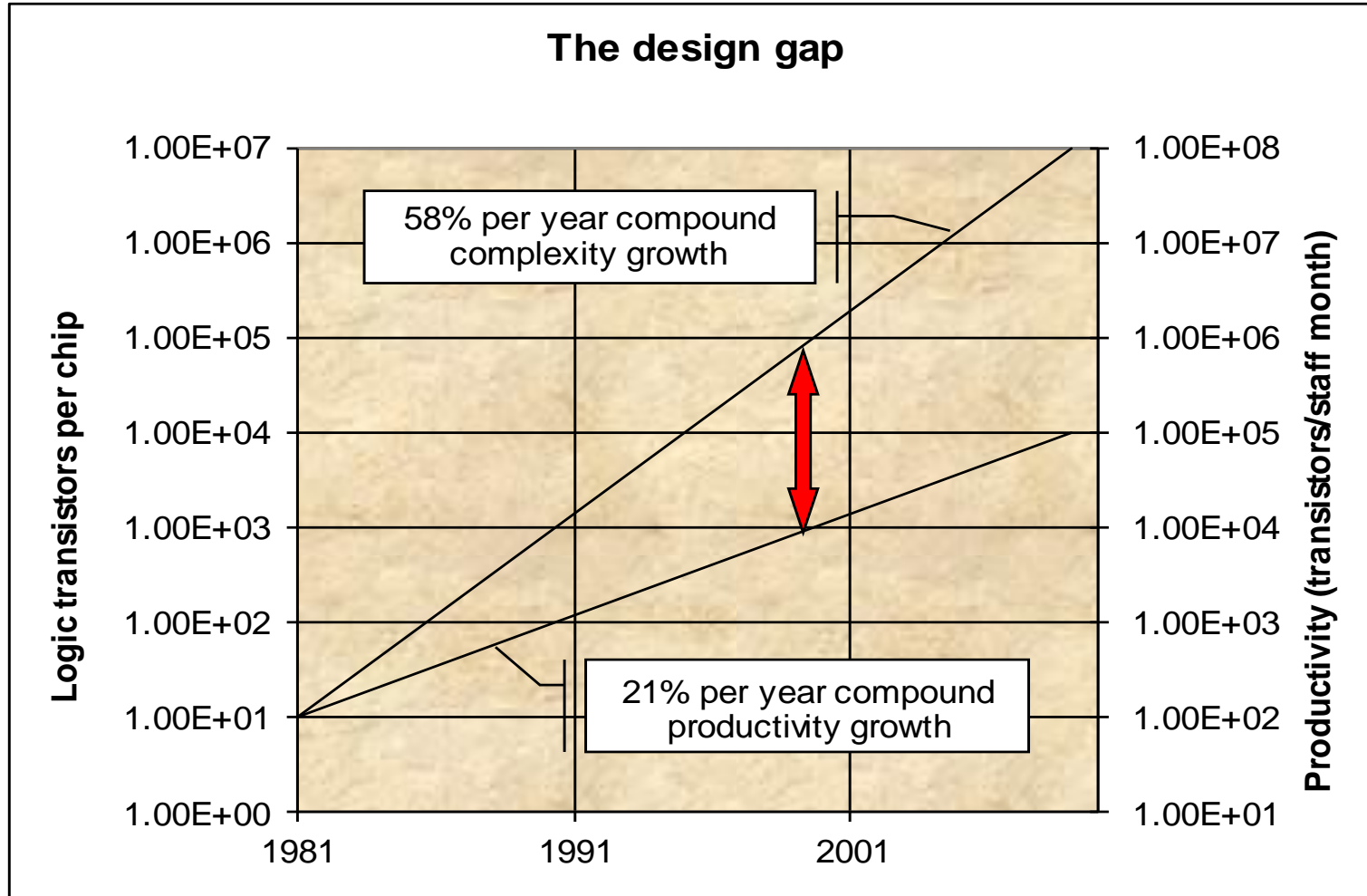
Bu eğilimi devam ettiren nedir? Başka bir deyişle, yarı iletken endüstrisini her iki yılda bir çipteki transistör sayısını ikiye katlamaya iten şey nedir? Kısa cevap paradır.

Aslında, bu eğilimi sürdürmek için, yarı iletken teknolojisinin her nesilde 0,7 boyutunda küçülmesi gerekiyor. Bu ölçeklendirme olarak bilinir ve her nesil ile çip başına iki kat daha fazla işlevi entegre edebileceği anlamına gelir. Çip üretiminin kendisi önemli ölçüde artmaz. Bu, esasen bir fonksiyonun maliyetinin 2 kat azaldığı anlamına gelir. İndirgeme İşlev başına üretim maliyetleri, bir çip üzerinde gelişmiş performansa sahip daha karmaşık sistemler tasarlamayı mümkün kılar.

Daha iyi performansın ve daha ucuz yarı iletken yongaların sürekli gelişimi, modern yaşamın her köşesinde bu teknolojilerin yaygınlaşmasına yol açmıştır. Günümüzde yarı iletken çipleri her yerde bulabilirsiniz: cep telefonlarında, TV'lerde, ev aletlerinde, arabalarda, çocuk oyuncakları ve hatta insan vücudunda (örneğin kalp pillerinde). Yarı iletken teknolojileri uygulamalarının bu yaygın kullanımı, pazarın büyümesine yol açar. Bu kazançlı endüstri, 2000 yılında 250 milyar dolara ulaştı. Bu kârın bir kısmı, genellikle boyutları daha küçük ve fiyatı daha ucuz olan yeni yarı iletken cihazlar geliştirmek için kullanılır, bu da daha yeni uygulamaların yaratılmasına ve kullanıcı sayısı ve dolayısıyla daha fazla kar elde edilmesi.

Bu yarı iletken endüstrisinin erdemli çemberi elli yıldan fazla bir süredir devam ediyor.

Tasarım Verimliliği Açığı



Karmaşıklık, tasarım üretkenliğini geride bırakır

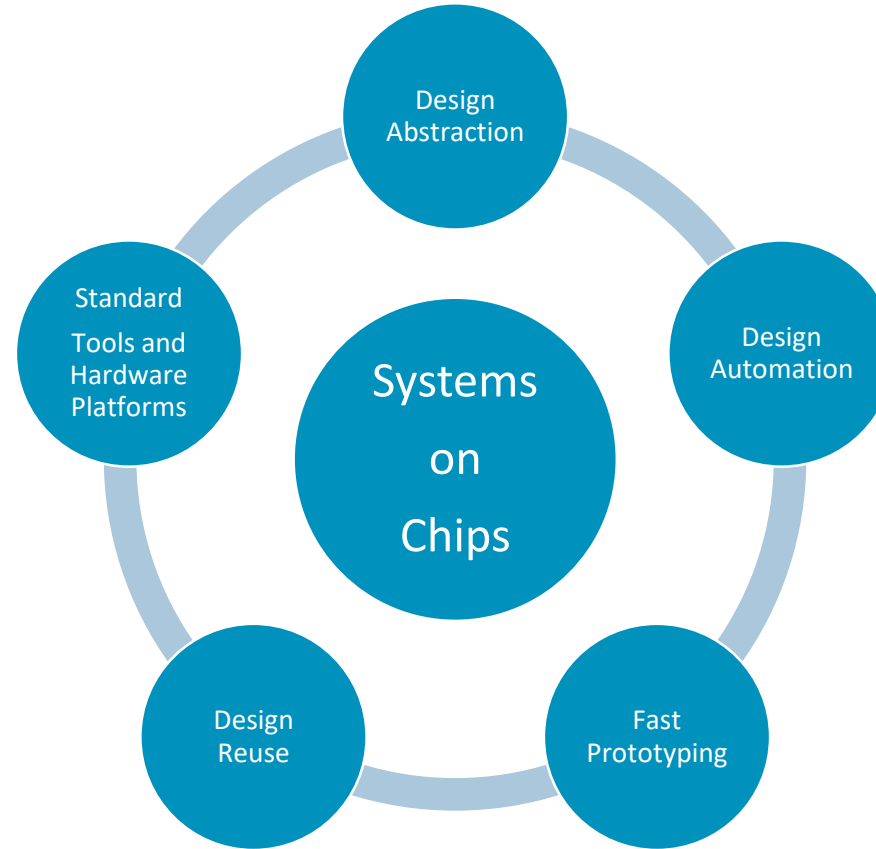
Ama, daha fazla işleve sahip çipleri nasıl tasarlayabiliriz? Tasarım mühendisliği nüfusu iki yılda bir ikiye katlanmıyor.

Bu şekilde x -axis, zaman içinde ilerlemeyi gösterirken, y -aksinin iki çizgisi vardır: Üst satır, çip karmaşıklığındaki büyüme oranını gösterir (çip başına transistör sayısı ile ölçülür), alt satır ise tasarımcı üretkenliğini yakalar (bir personel mühendisi tarafından bir ay içinde tasarlanan ortalama transistör sayısı ile ölçülür).

Tasarım karmaşıklığının artması, tasarım üretkenliğini geride bırakıyor. Buna *tasarım üretkenliği açığı* denir.

Tasarım Verimliliği Açığını Kapatmak

Tasarım üretkenliği açığını azaltmak için çeşitli stratejiler vardır, bunlar:



Tasarım üretkenliği açığını kapatmak için, sistemlerin geliştirme süresini hızlandırmak için IC tasarım mühendislerinin üretkenliğini artırmamız gerekiyor. Aslında, tasarım mühendislerinin üretkenliğini artırmak için birkaç strateji vardır:

Tasarımın yeniden kullanımı: standart hücrelerden karmaşık donanım ve yazılım işlevsel bloklarına (örneğin, özel hızlandırıcı ve işlemci çekirdeği) tasarım kitaplığı öğelerinin ayrıntı düzeyini artırarak tasarım üretkenliğini artırın.

Design soyutlama, tasarım sürecinin birkaç aşamaya bölünmesine izin verir. En üst sistem düzeyinde, kullanıcı gereksinimlerini karşılamak için sistem özelliklerine karar verilir; ayrıca bu aşamada sistemin farklı mimarileri araştırılır. Düşük seviyeli uygulama aşamaları, geleneksel mantık / kayıt aktarım seviyesine (RTL) ve fiziksel tasarıma odaklanır. Tasarım sürecinin bu şekilde bölünmesi, pazara sunma süresinin azaltılmasına yardımcı olur.

Tasarım otomasyonu, IC tasarım araçlarının yardımıyla bazı tasarım görevlerini otomatikleştirerek tasarım üretkenliğini artırır.

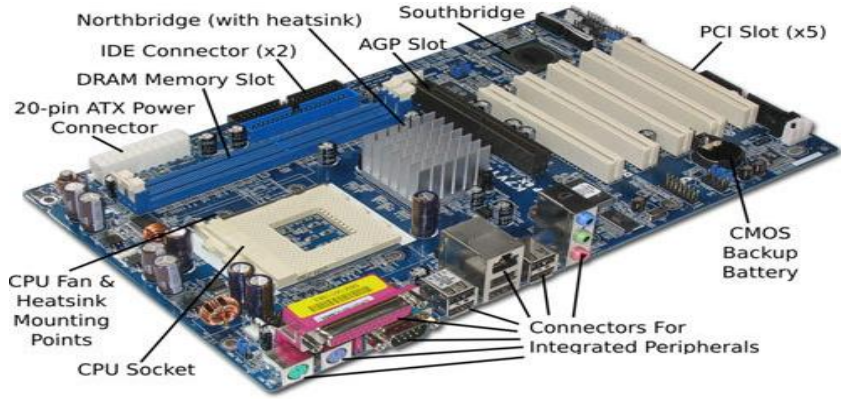
Standartlaştırılmış araçlar ve donanım platformları: Bu, değerlendirme ve test için sistemlerin hızlı bir şekilde prototiplenmesine izin vermek için çok önemlidir.

Hızlı Prototipleme: SoC tasarımları, donanım, aygıt yazılımı ve uygulama yazılımı işlevlerinin daha hızlı doğrulanması için FPGA üzerinde prototiplenebilir.

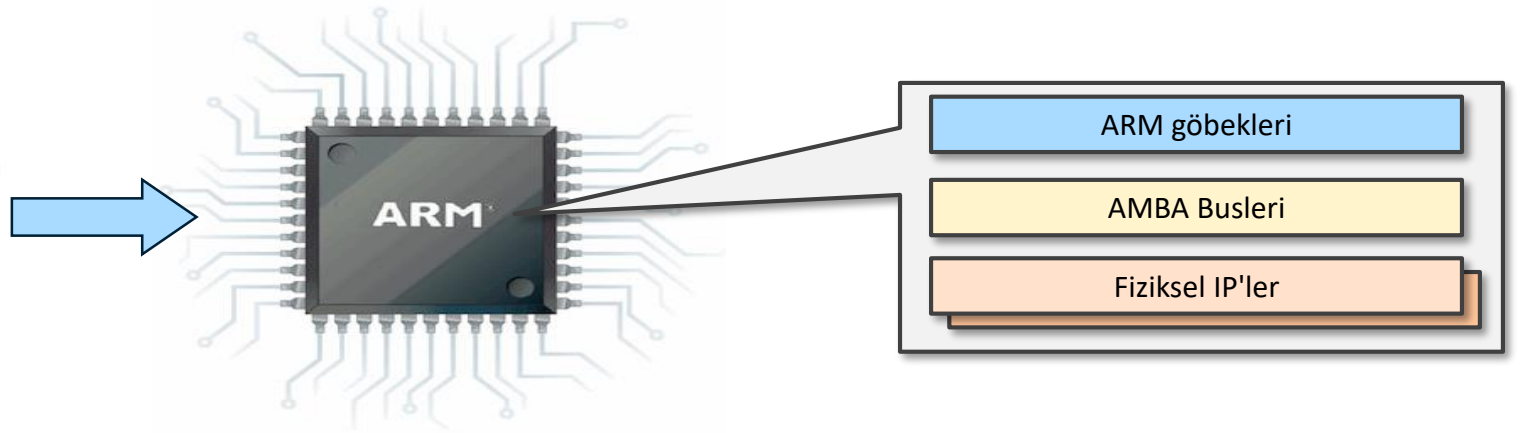
SoC nedir?

Bir SoC, temel bilgi işlem bileşenlerini tek bir çipte paketleyen entegre bir devredir.

Bir SoC, bir bilgisayara güç verecek bileşenlerin çoğuna sahiptir.



Bir PC'nin anakartı



SoC

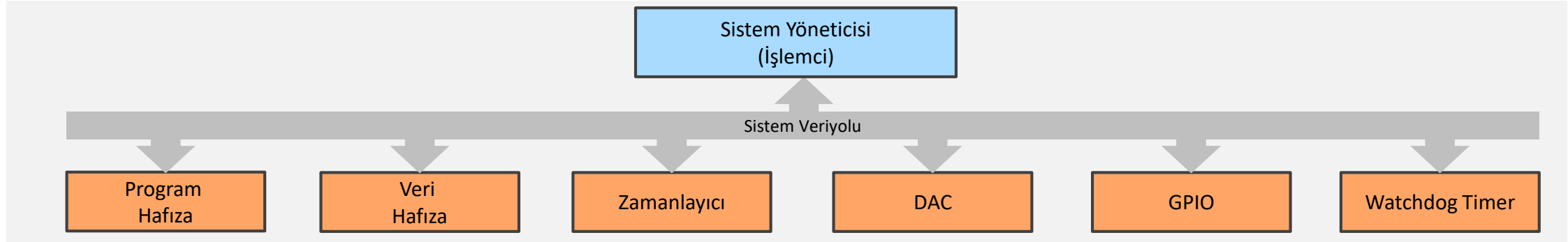
Resim kaynağı: <http://thecustomizewindows.com/>, <http://www.adafruit.com/>

Önceki stratejilerin uygulanması, özellikle tasarım soyutlaması, SoC tasarım çerçevesi fikrine yol açmıştır.

SoC nedir? Cep telefonları gibi belirli bir uygulama için tam işlevsellik sağlamak üzere önceden var olan blokları (yani IP'ler veya çekirdekler) birleştirerek tasarlanmış entegre bir devredir. Tüm sistem tek bir çip üzerine entegre edilmiştir.

Yukarıdaki şekil, bir bilgisayara güç sağlamak için gereken bileşenlerin çoğunu içeren bir Arm SoC'yi göstermektedir.

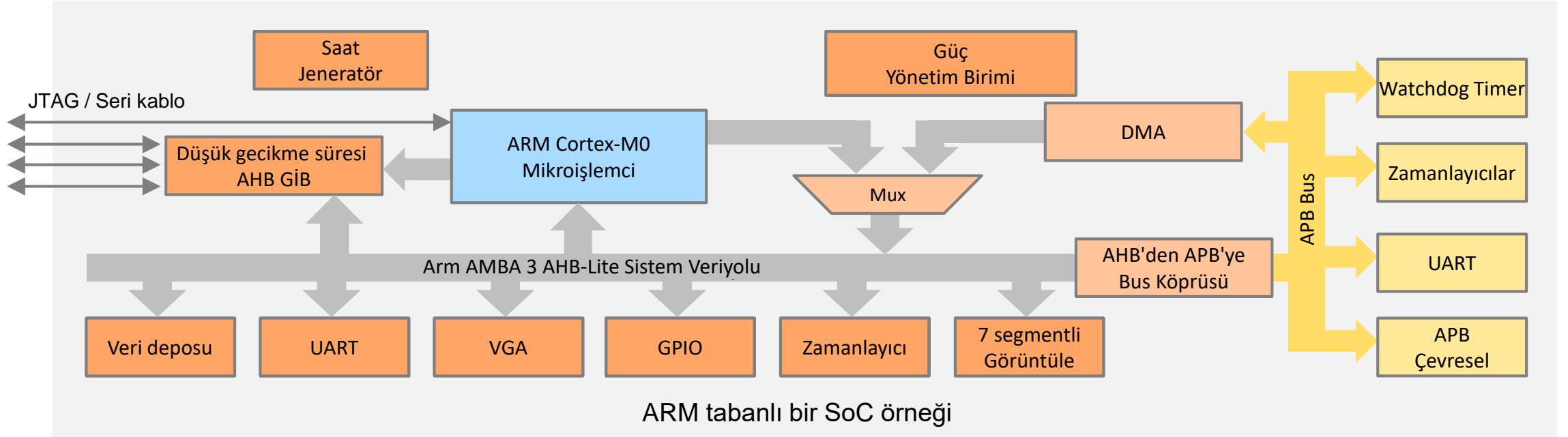
SoC'nin İçinde Ne Var?



Bir SoC'nin temel bileşenleri şunları içerir: mikroİşlemci veya DSP gibi sistem yöneticisi; bellek bloğu, zamanlayıcı veya harici dijital / analog arabirimler gibi sistem evre birimleri; ve ana ve evre birimleri belirli bir veri yolu protokolü kullanarak birbirine bağlayan bir sistem veri yolu.

Modern SoC'ler ayrıca dijital sinyal işlemcileri, kript çekirdekleri, özel grafik işlemcileri ve benzerlerini içerebilecek daha karmaşık mimarilere sahiptir. Bu nedenle, bu sistemlerde kullanılan iletişim şemalarının basit bir veri yolundan daha karmaşık olması gerekir. Bu durumlarda, iletişim şeması, yongalar üzerinde köprüler veya ağlar bulunan çoklu veri yollarından oluşur.

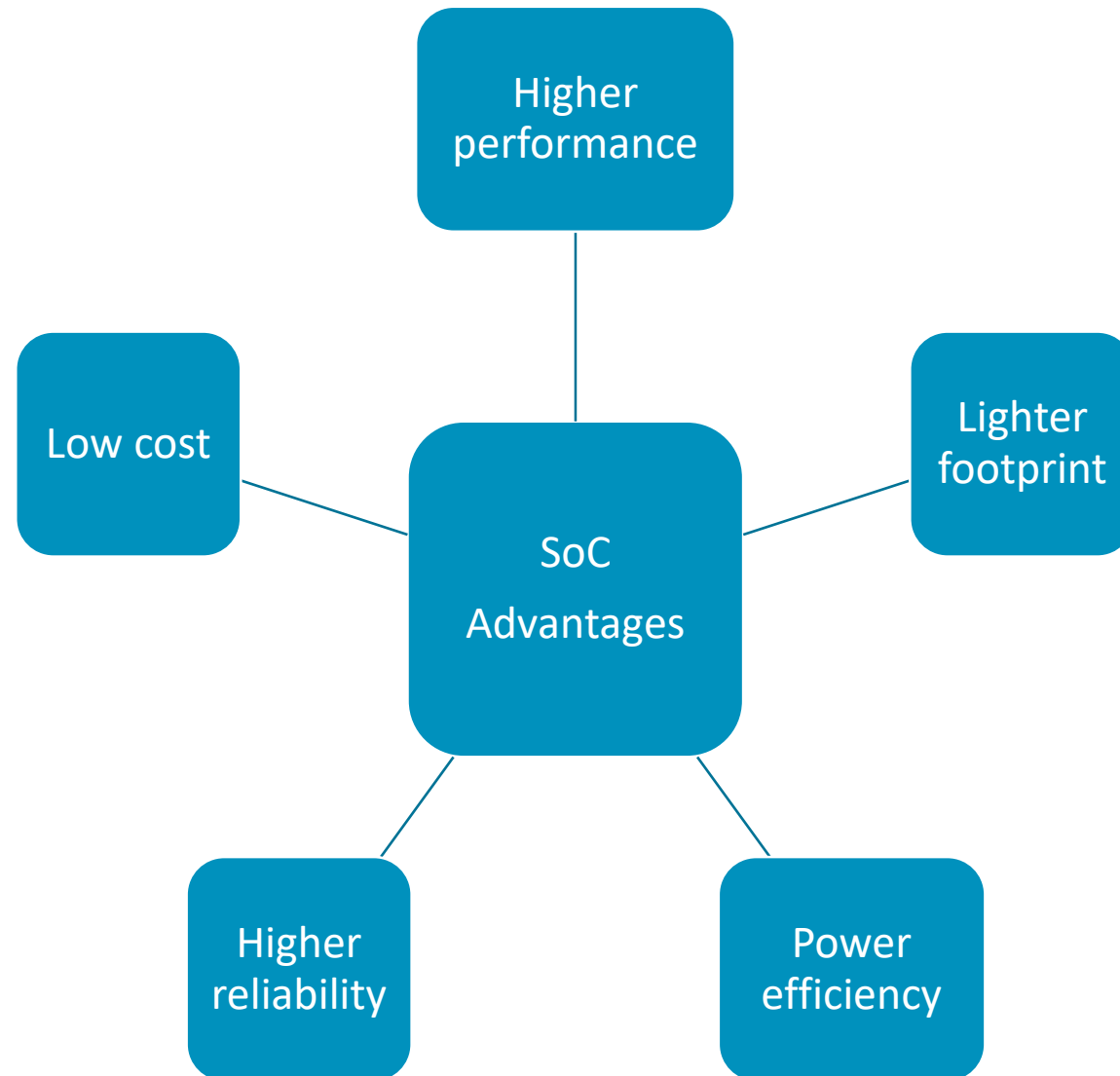
Örnek ARM tabanlı SoC



Temel bir Arm tabanlı SoC, genellikle Cortex gibi bir Arm işlemciden oluşur. M0; gelişmiş mikro denetleyici veri yolu mimarisi (AMBA), örneğin AMBA3 veya AMBA4; ve Arm veya üçüncü tarafların fiziksel IP'leri (veya çevre birimleri).

Ek olarak, bazı SoC'ler, veri yolu köprüsüne sahip çoklu veri yolu sistemi, DMA motoru, saat ve güç yönetimi vb. Gibi daha gelişmiş bir mimariye sahip olabilir.

SoC'lerin Avantajları



Kartlardaki geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, tüm sistemin tek bir çip üzerine entegrasyonu çok sayıda avantaj sağlar, yani:

Daha yüksek performans: aynı çip üzerindeki sistem bloklarının yoğun entegrasyonu, bunları birbirine bağlamak için gereken kabloların uzunluğunu azaltacaktır; bu da tel yayılma gecikmesini azaltarak tüm sistem performansını iyileştirir.

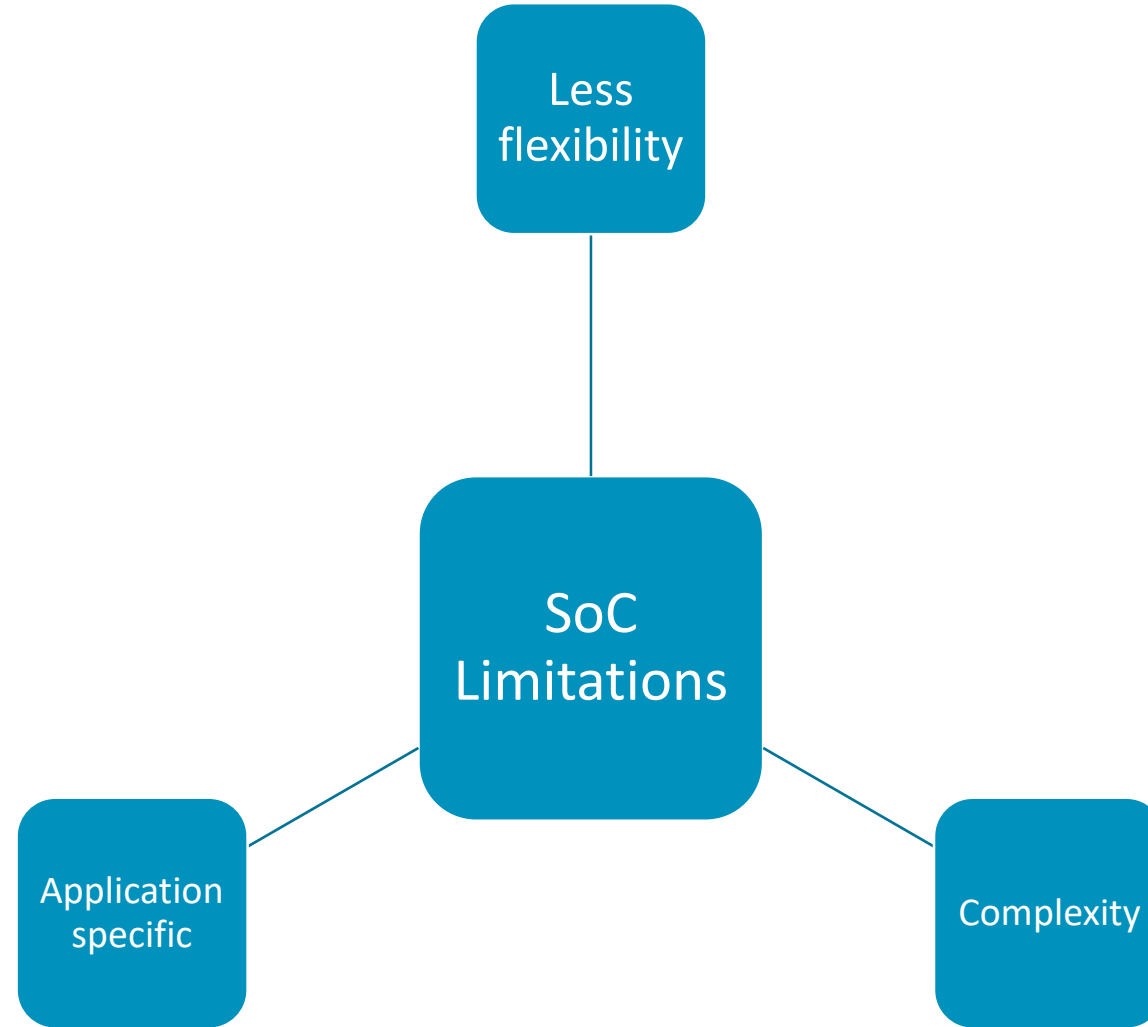
Güç verimliliği: Bu, kartlardaki sistemler için gereken harici yonga voltajına (tipik olarak > 3.0 volt) kıyasla SoC'ler için gereken voltajın (tipik olarak < 2.0 volt) daha düşük olması nedeniyle elde edilir. Güç verimliliğinin bir başka nedeni, çip içi tellerin çipler arası kablolardan daha az kapasitansa sahip olmasıdır.

Daha hafif ayak izi: Tüm sistem blokları aynı çip üzerine entegre edildiğinden cihaz boyutu ve ağırlığı azalır.

Daha yüksek güvenilirlik: Bunun başlıca nedeni, tüm sistem saatlerinin tek bir yonga paketinde toplanması ve bu nedenle dış dünyadan gelen parazit ve gürültüye karşı daha iyi korunmasıdır.

Düşük maliyet: Tek bir yonga tasarımı büyük hacimlerde üretilebildiği için birim başına maliyet azalır.

SoC'lerin Sınırlamaları



SoC tasarım çerçevesinin bir dizi sınırlaması vardır, çünkü temel olarak bir SoC'deki tek tek blokları değiştirmek mümkün değildir, bu nedenle hatalı bir alt devre varsa tüm yongayı değiştirmeniz gerekebilir. Dahası, çip dış pimlerinden ayrı bloklara erişim çok sınırlıdır. SoC'lerin sınırlamaları şu şekilde özetlenebilir:

Daha az esneklik: RAM veya grafik kartı gibi tek bir bileşeni yükseltmenize izin veren bir PC veya dizüstü bilgisayarın aksine, bir SoC, üretimden sonra kolayca yükseltilemez.

Uygulamaya özel: çoğu SoC belirli uygulamalara özeldir; bu nedenle diğer uygulamalara kolayca adapte edilemezler.

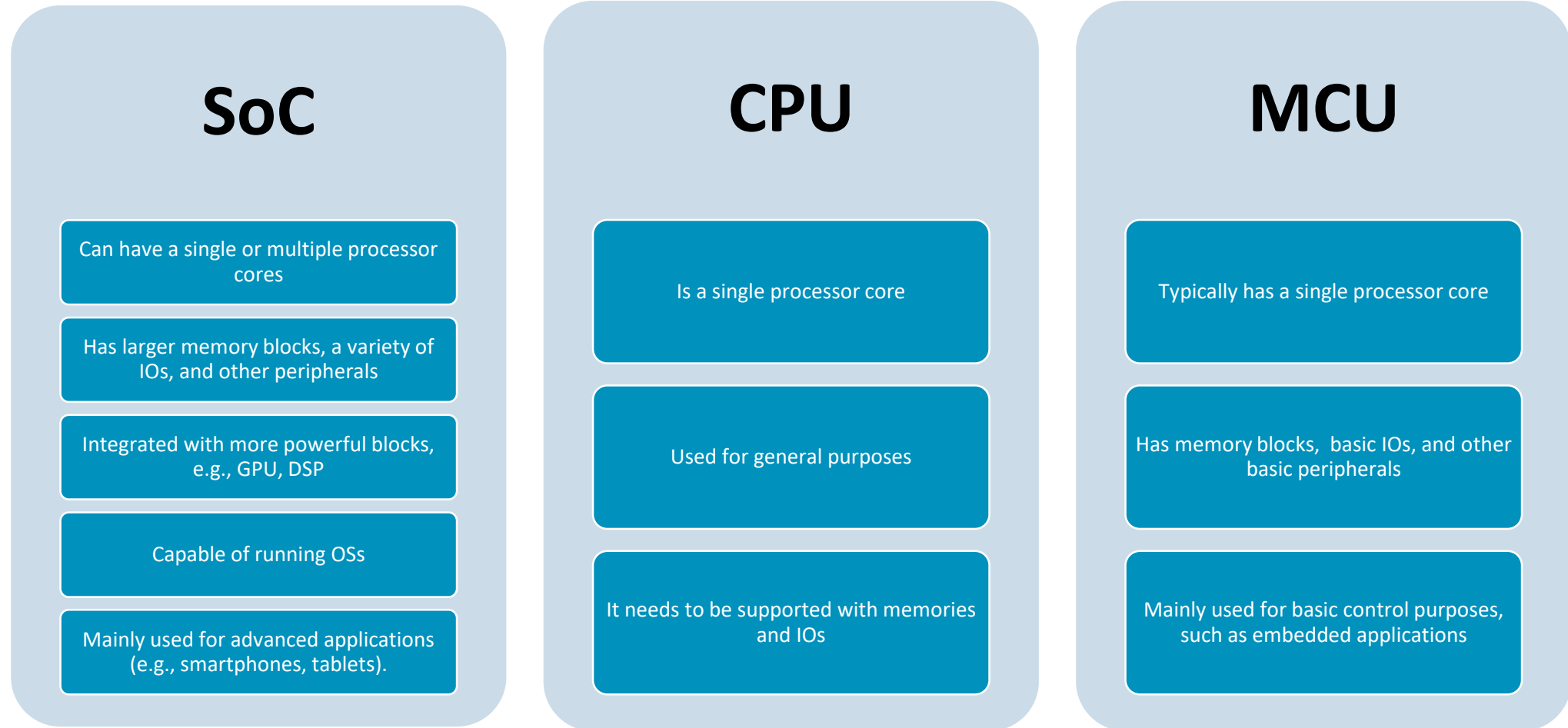
Karmaşıklık: Bir SoC tasarımı, genellikle yönetim kurulu düzeyinde geliştirmeye kıyasla gelişmiş beceriler gerektirir:

Tüm sistemin tek bir çip üzerinde geliştirilmesi, tasarımcıların bir dizi farklı tasarım akışını kullanmasını gerektirir: özel tasarım akışı, karışık sinyal tasarım akışı ve standart hücre tasarımı akışı. Aynı kalıp üzerinde bir dizi dijital ve analog bloğu da entegre etmeleri gerekir. Bu, sistemin güvenilirliğini ve performansını etkileyebilecek bloklar arası girişim nedeniyle özellikle zor olabilir. Örneğin, işlemciler gibi dijital bloklar genellikle çok yüksek frekanslarda çalışır. Bu yüksek frekanslı sinyallerden bazıları, silikon substrat yoluyla saat üreticine (bir analog blok) müdahale edebilir. Bu, zamanlama hatalarına ve / veya performansın düşmesine neden olabilecek saat seğirmesine yol açar.

SoC, genellikle farklı satıcılardan alınan çekirdekler kullanılarak oluşturulur. Bunların tek bir sisteme entegrasyonu, güvenilir arayüzler tasarlamak için çok fazla uzmanlık gerektirir.

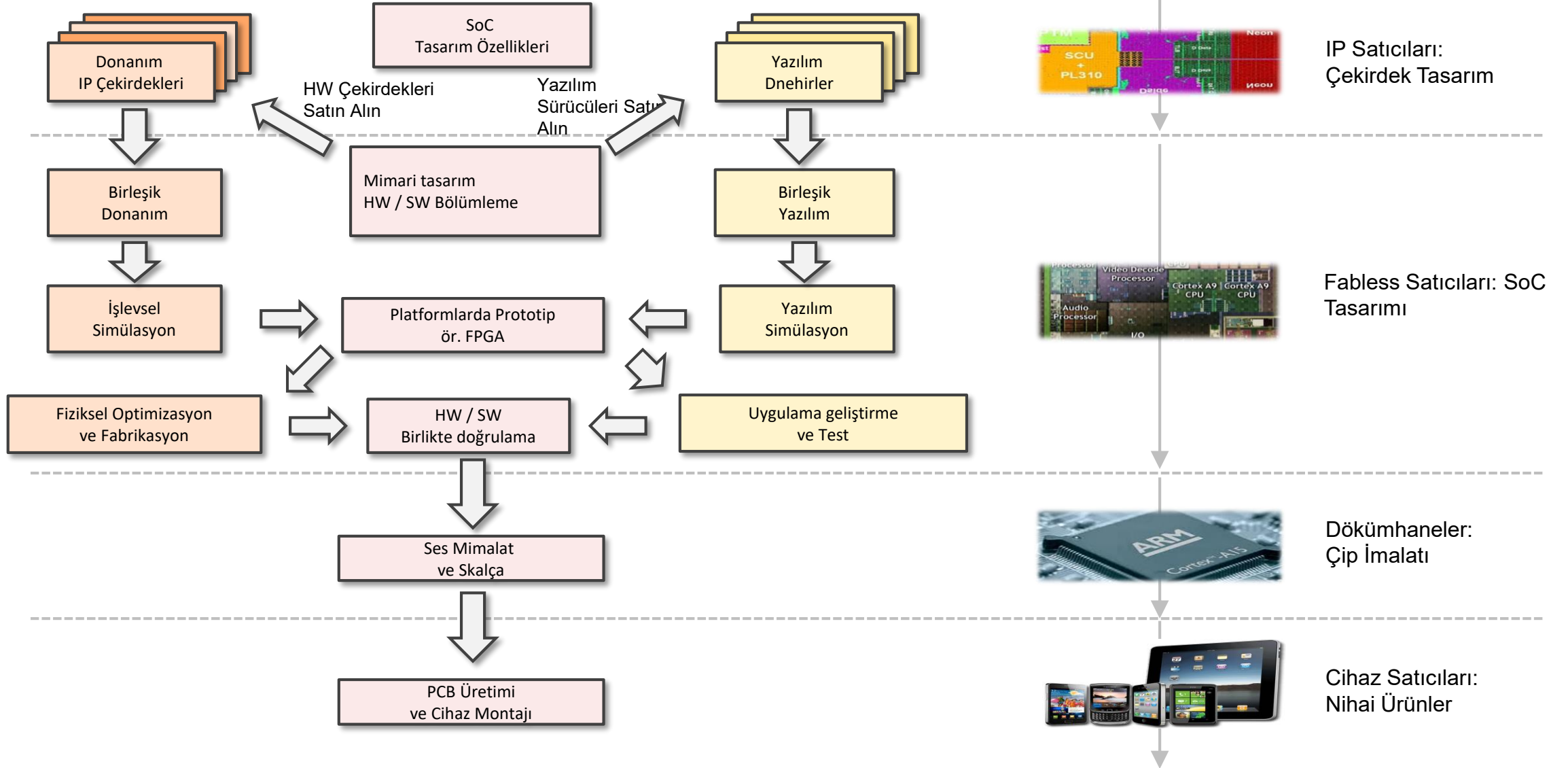
Bir SoC tasarımını test etmek de zorlu ve karmaşık bir görevdir. Bu genellikle, farklı blokların birlikte doğru bir şekilde iletişim kurmasını ve birbirlerinin performansını ve güvenilirliğini etkilememesini sağlamak için dikkatli bir entegrasyon yaklaşımı gerektirir.

SoC v Mikrodenetleyici v İşlemci



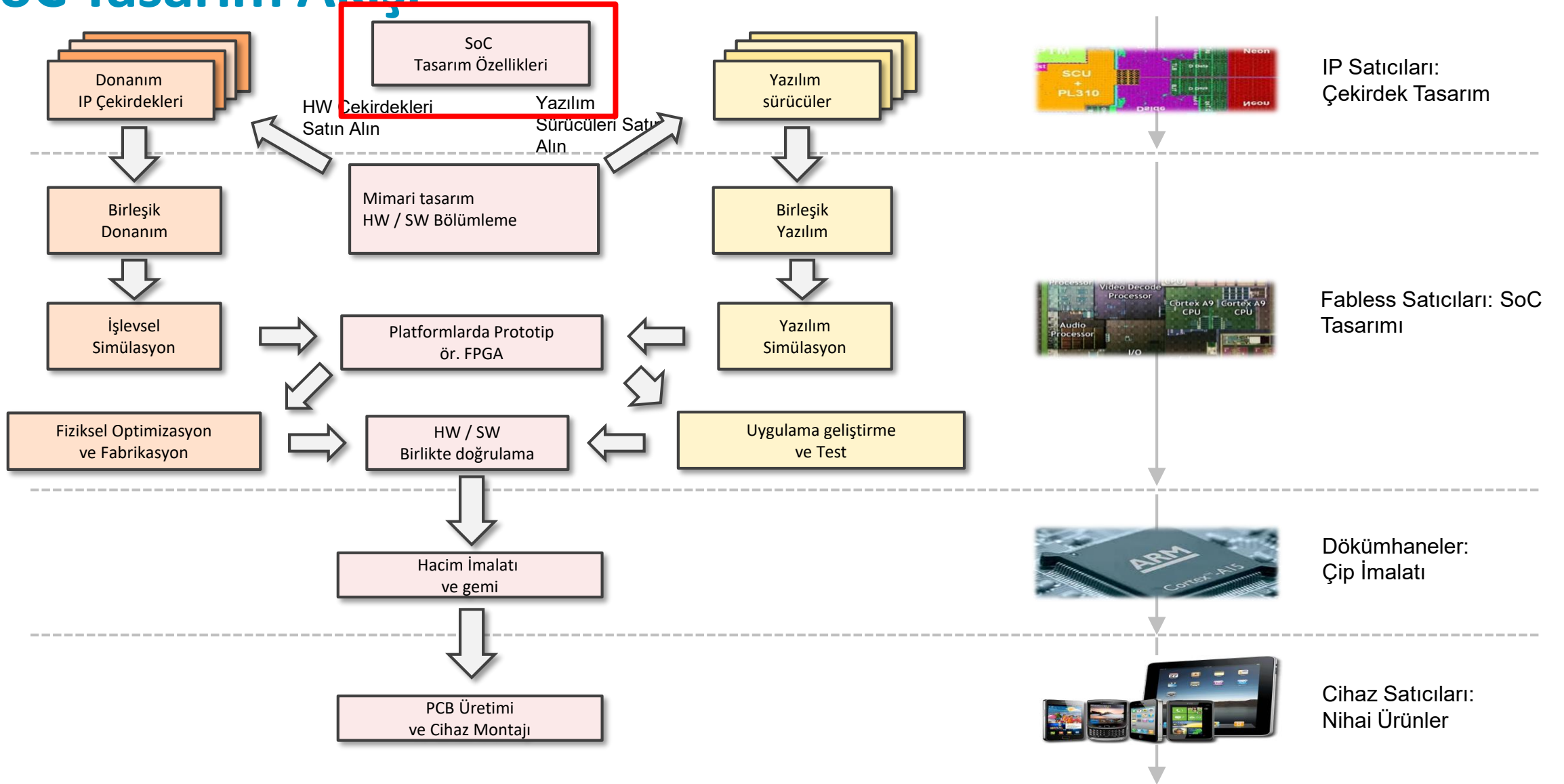
O SoC, CPU ve MCU arasındaki farkları netleştirmek için bu aşamada önemlidir. Hepsi tek bir çip paketinde uygulanmaktadır, ancak bazı farklılıkları vardır. Bu slayt, önemli özelliklerinin bir karşılaştırmasını gösterir.

SoC Tasarım Akışı

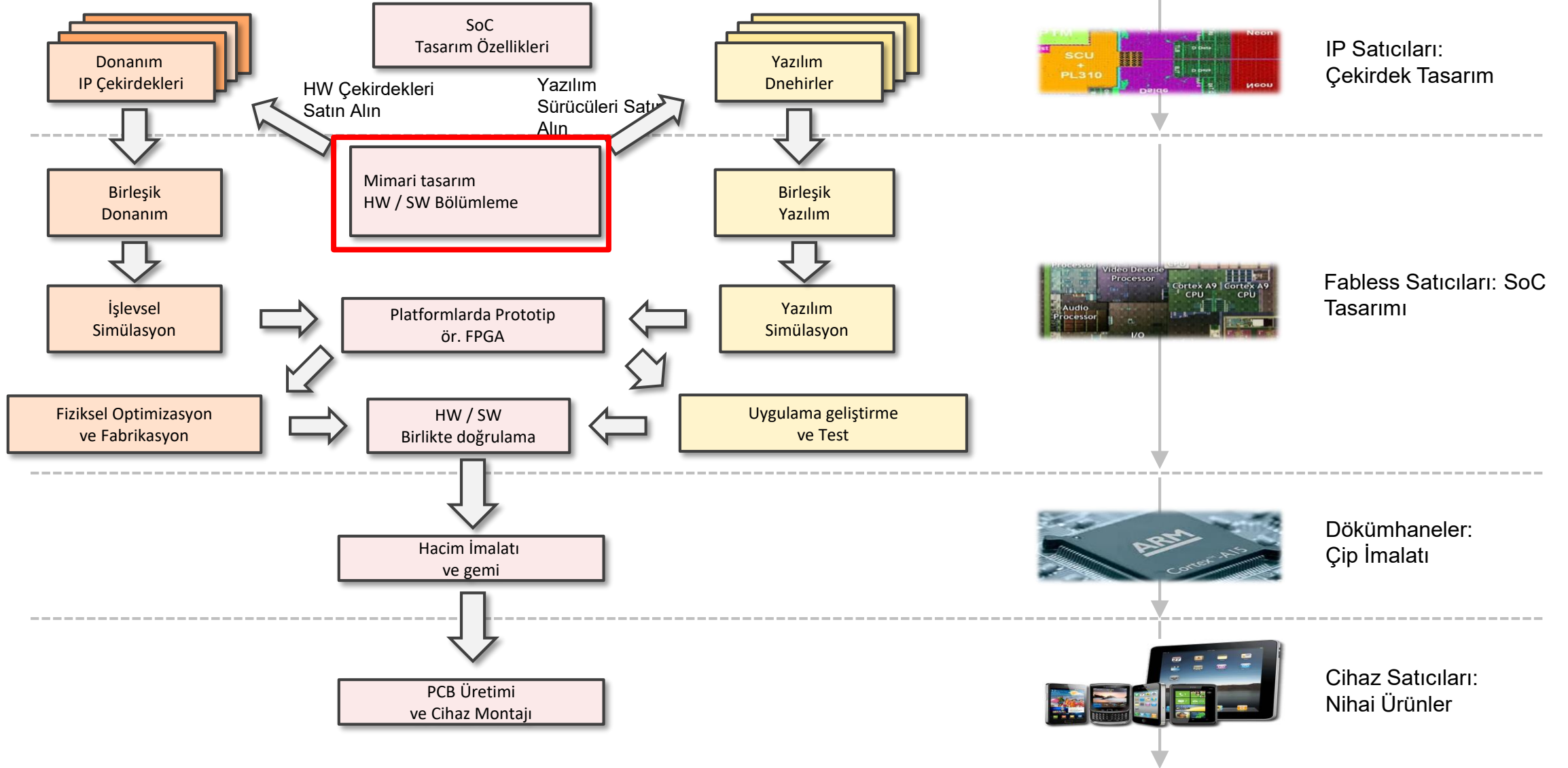


Tipik bir SoC tasarım akışında, spesifikasyondan son paketlemeye kadar atılması gereken bir dizi anahtar adım vardır. Gerçekte, tasarım süreci daha karmaşıktır ve kısmen eşzamanlı yinelemeli döngülerden oluşur. IC tasarım araçları bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır.

SoC Tasarım Akışı



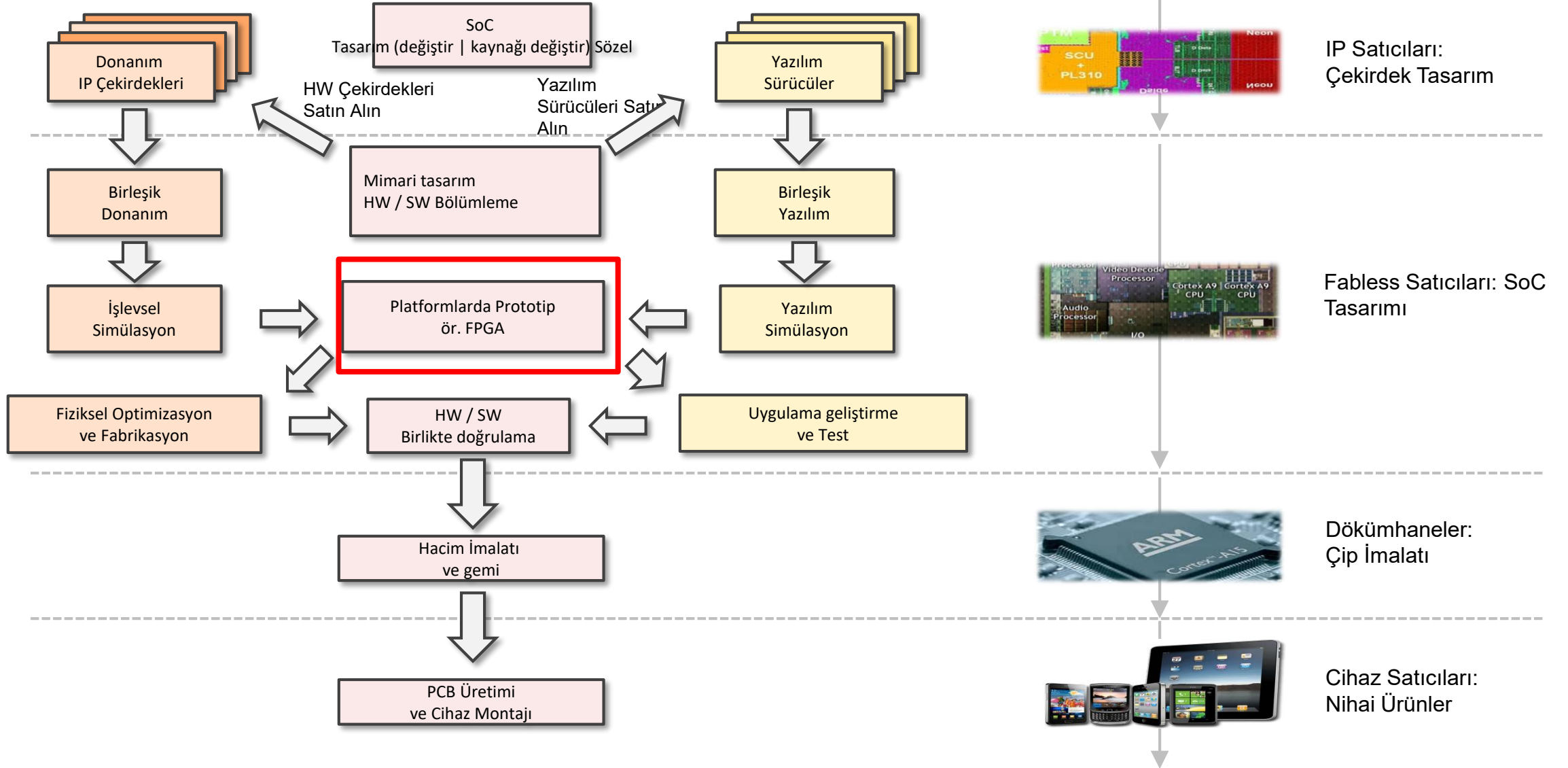
SoC Tasarım Akışı



Bu aşamada; sistem mimarı hangi işlevlerin donanım tarafından gerçekleştirilmesi ve hangilerinin yazılım tarafından gerçekleştirilmesi gerektiğine karar verir .Ayrıca donanım ve yazılım arasındaki arayüz ve protokolleri tanımlar.

Sistemin donanım ve yazılım şeklinde bölümlenmesi tasarım sürecini hızlandırmaya yardımcı olabilir çünkü ekip üyeleri arasındaki çalışmaları paralel hale getirilir yani donanım ekibi donanımı hazırlarken yazılım ekibi aynı anda yazılımı hazırlarlar. Bu tasarım aşamasında, sistemi gerçekleştirmek için gereken üçüncü taraf donanım IP çekirdekleri ve yazılım sürücüleri de tanımlanır ve uygun satıcılardan temin edilir.

SoC Tasarım Akışı



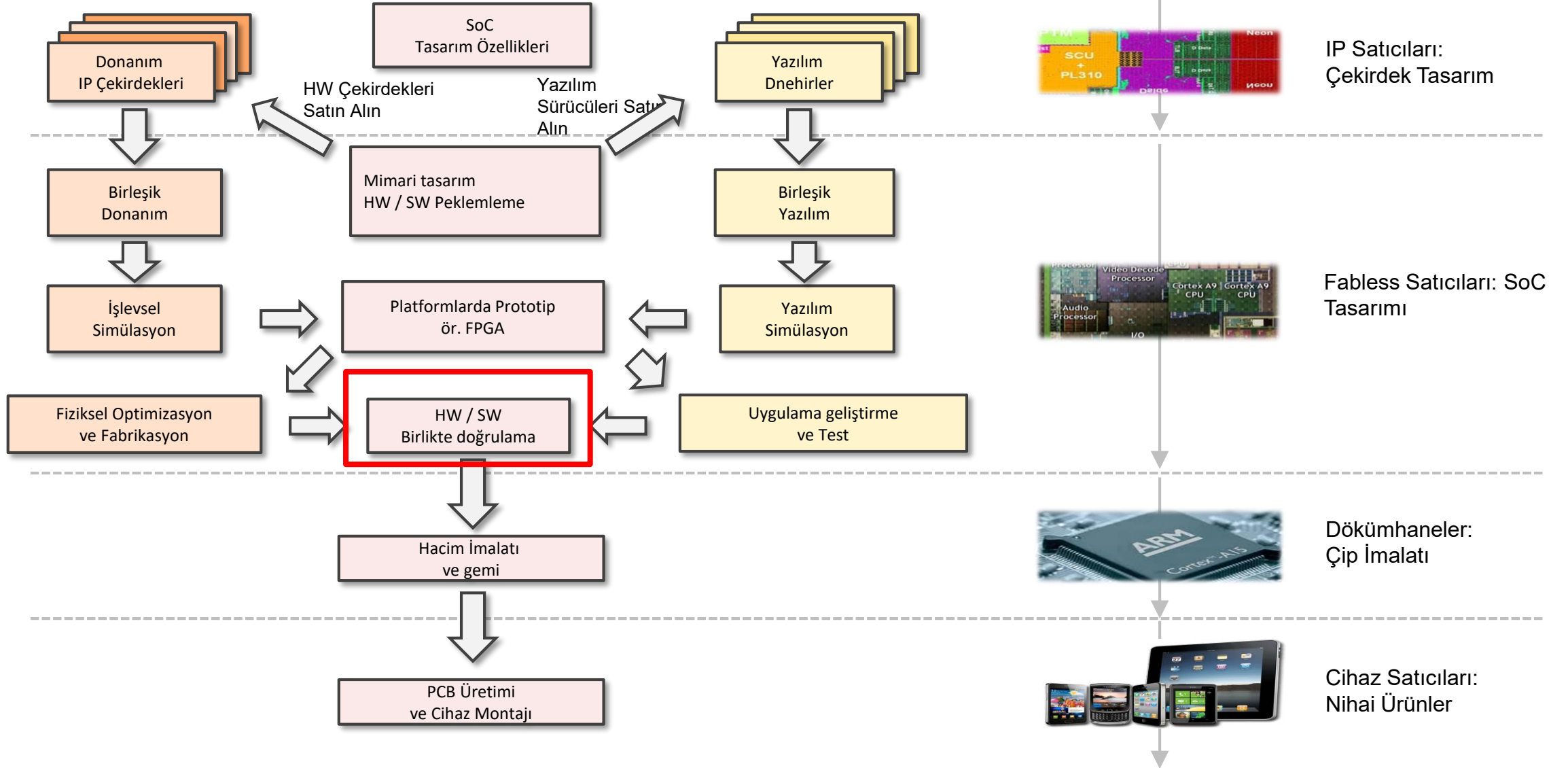
Bu aşamada, sistemin bir donanım prototipi, sahada programlanabilir bir kapı dizisi (FPGA) kartı üzerinde uygulanır. Bazı durumlarda, sistem prototipi özel bir silikon çip üzerinde gerçekleştirili. Bu uygulama aşaması genel olarak üç aşamaya bölünmüştür: Fonksiyonel, devre ve fiziksel.

Fonksiyonel tasarım aşamasında, Donanımın davranışsal modeli, çalışan bir yazılım prototipi ile birlikte oluşturulur

Devre tasarımı aşamasında, fonksiyonel bloklar devrelere aktarılır. Dijital bloklar için bu işlem otomatiktir ve sentez algoritmalarına dayanır. Analog bloklar için bu elle yapılmalıdır; Analog tasarım sürecini otomatikleştirmek için araştırmalar devam etmektedir.

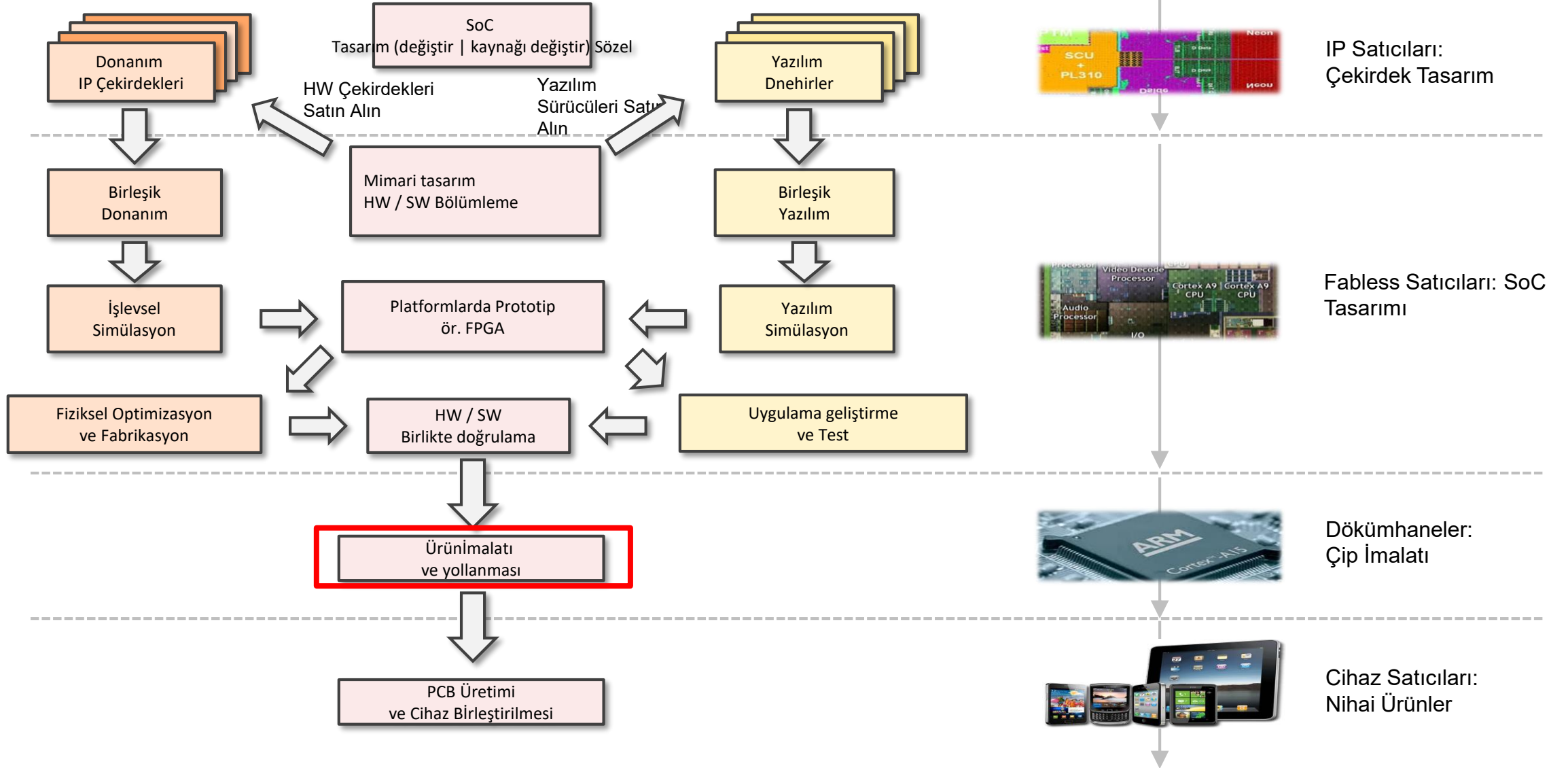
Fiziksel tasarım aşamasında, ana tasarım görevleri arasında zemin planlama, yastık halkası tasarımı, yerleştirme, saat ağacı tasarımı, güç ve IR düşme analizi (dinamik ve statik), yönlendirme ve tasarım kuralı kontrolleri bulunur. Yarı iletken teknolojileri küçüldükçe, tasarım seviyesi aşaması daha karmaşık hale gelir ve zamanlama ve güç analizi için ek araçlar gerektirebilir. Ayrıntılı işlevsel simülasyon ve yazılım doğrulaması genellikle bu uygulama sürecinin her adımından sonra gerçekleştirilir.

SoC Tasarım Akışı

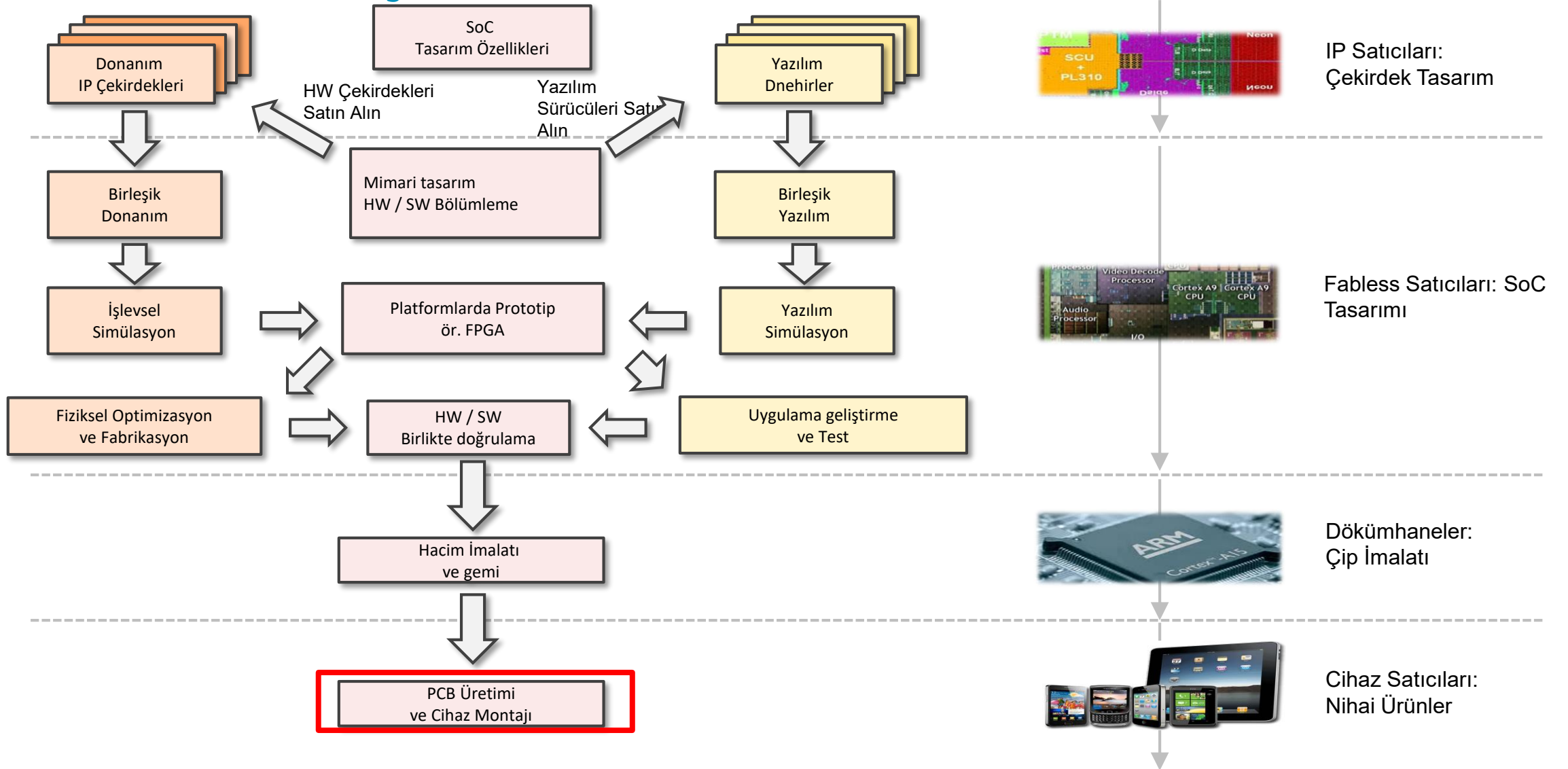


Sistem uygulandığında, donanım ve yazılımın birlikte simüle edilerek bileşenlerin iyileştirilmesi önemlidir. Bu doğrulama aşaması yinelemeli bir süreçtir ve bazen ek yazılım geliştirme ve donanım optimizasyonları gerektirir.

SoC Tasarım Akışı

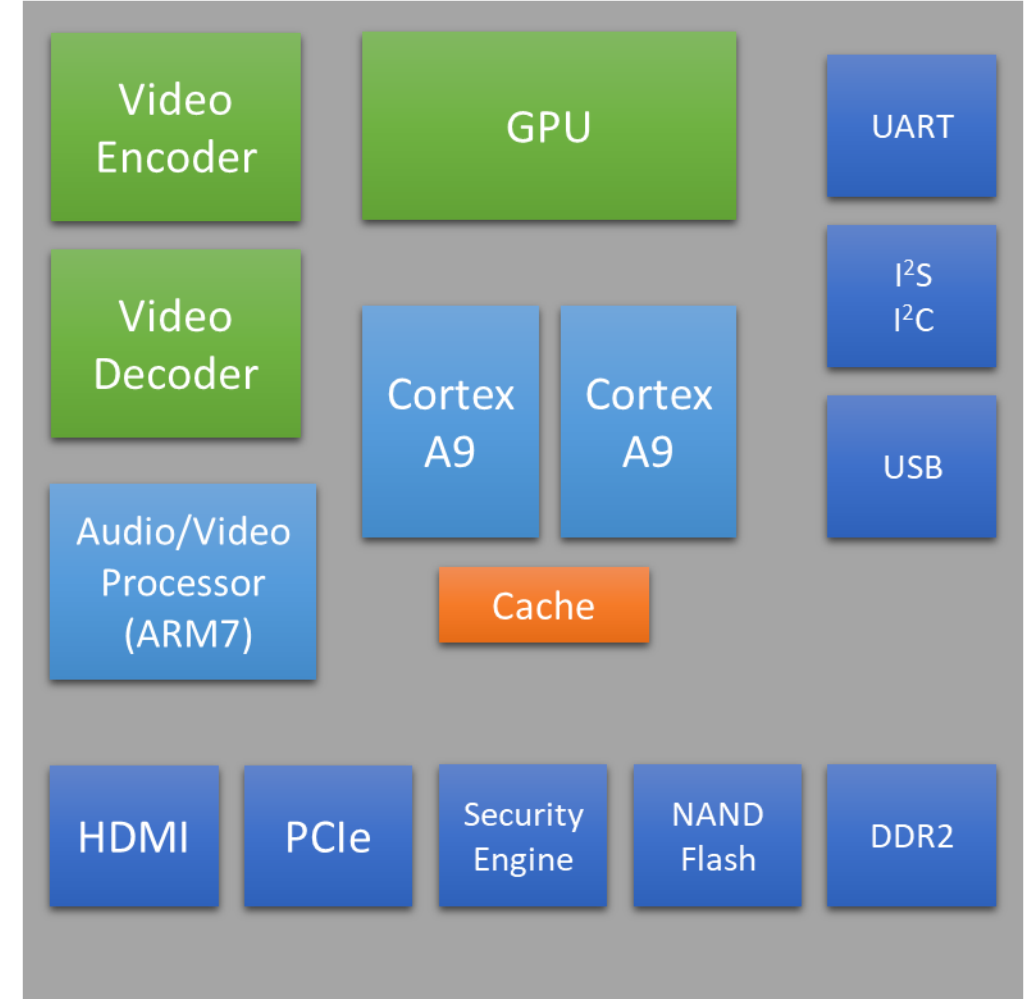


SoC Tasarım Akışı



SoC Örneği: NVIDIA Tegra 2

Tasarımcı	NVIDIA
Yıl	2010
İşlemci	ARM Cortex-A9 (çift çekirdek)
Sıklık	1.2 GHz'e kadar
Hafıza	1 GB 667 MHz LP-DDR2
Grafikler	ULP GeForce
İşlem	40 nm
Paket içeriği	12 × 12 mm (pakette paket)
Tabletlerde kullanılır	Acer Iconia Tab A500 Asus Eee Pad Transformer Motorola Xoom Motorola Xoom Aile Sürümü Samsung Galaxy Tab 10.1 Toshiba Gelişir



SoC Örneği: Apple SoC Aileleri

SoC	Modeli Hayır.	İşlemci	CPU ISA	Teknoloji	Kalıp ölçüsü	Tarih (değiştir kaynağı değiştir)	Cihazlar
Yok	APL0098	Kol11	Armv6	90 nm	Yok	6/2007	iPhone iPod Touch (1. nesil)
A4	APL0398	ARM Cortex-A8	Armv7	45 nm	53,29 mm ²	3/2010	iPad, iPhone 4, Apple TV (2. nesil)
A5	APL0498	ARM Cortex-A9	Armv7	45 nm	122,6 mm ²	3/2011	iPad 2, iPhone 4S
	APL2498	ARM Cortex-A9	Armv7	32 nm	71,1 mm ²	3/2012	Apple TV (3. nesil)
	APL7498	ARM Cortex-A9	Armv7	32 nm	37,8 mm ²	3/2013	Apple TV 3
A5X	APL5498	ARM Cortex-A9	Armv7	45 nm	162,94 mm ²	3/2012	iPad (3. nesil)
A6	APL0598	Swift	Armv7s	32 nm	96,71 mm ²	9/2012	iPhone 5
A6X	APL5598	Swift	Armv7s	32 nm	123 mm ²	10/2012	iPad (4. nesil)
A7 (64 bit)	APL0698	Siklon	Armv8-A	28 nm	102 mm ²	9/2013	iphone 5s, iPad mini (2. nesil)
	APL5698	Siklon	Armv8-A	28 nm	102 mm ²	10/2013	iPad Air



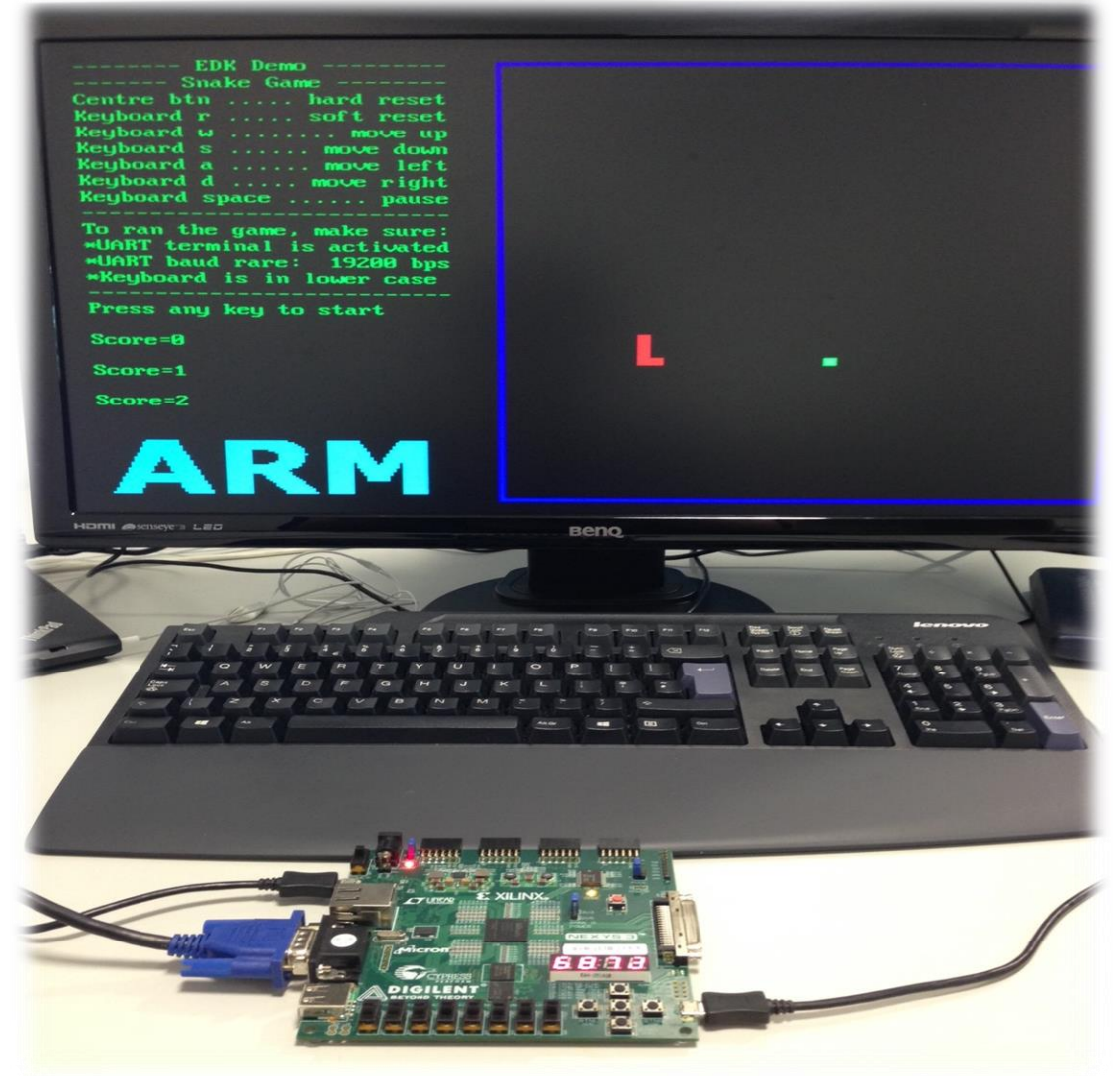
Güç verimliliğinden faydalanan SoC'ler, akıllı telefonlar, tabletler ve dijital kameralar gibi mobil cihazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu mobil SoC, daha az güç tüketimi ile yüksek performans sağladıkları için ARM tabanlı mikroişlemciler kullanır.

Ticari bir SoC örneği, Acer Iconia Tab A500 ve Motorola Xoom gibi bir dizi tablette kullanılan NVIDIA Tegra 2'dir. Arm Cortex-A9 çift çekirdekli işlemciye dayanmaktadır. Şema burada NVIDIA Tegra 2'nin sistem mimarisini göstermektedir. Arm tabanlı SoC'lerin diğer örnekleri arasında Apple tarafından Ax ve Qualcomm tarafından Snapdragon.

Kurs Özeti

Aşağıdaki modüllerde olacaksınız:

- Arm Cortex-M0 işlemci mimarisi ve AMBA3 AHB veri yolu protokolü hakkında bilgi edinme
- Cortex-M0 ve AHB veri yolunu kullanarak temel bir Arm tabanlı SoC uygulamak ve bunları bir FPGA yongasına prototiplemek
- Kendi donanım çevre birimlerinizi geliştirmek
- Fiziksel IP'leriniz için yazılım sürücüleri geliştirme
- SoC'nizi bir oyun uygulaması aracılığıyla göstermek (sağdaki resimde gösterildiği gibi SNAKE oyunu)



Yararlı Kaynaklar

Bu kurs boyunca, daha derine inmek istiyorsanız, referanslara başvurabilirsiniz. altında.

- LEM Brackenbury, Plana, LA ve Pepper, J., 2010. "Yonga Üzerinde Sistem Tasarımı ve Uygulaması" *Eğitimde IEEE İşlemleri* 53, no. 2 (Mayıs).
- Steve Furber, *Yonga Üzerinde ARM Sistemi Mimarisi*, (Londra: Addison Wesley, 2000).
- Joseph Yiu, *ARM Cortex-M0 için Kesin Kılavuz*, (Amsterdam: Newnes, 2011).
- *ARM AMBA 3 AHB-Hafif Protokol Spesifikasyonu*
- *Arm Cortex-M0 Devices Genel Kullanıcı Kılavuzu*
- *Arm Cortex-M0 Teknik Referans Kılavuzu*
- *ARM v6-M Mimarisi Referans Kılavuzu*
- *Nexys3 Board Referans Kılavuzu*