

# Kumdan Mikroişlemciye Uzanan Uzun İnce Yol

Belki de yeryüzündeki hiç bir örnek geliştirmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasındaki uçurumu mikroişlemcilerin tarihçesi kadar net olarak gözler önüne seremez. Mikroişlemcilerin ana ham maddesinin kum olduğunu biliyor muydunuz? Kum günümüzde geri kalmış ve geliştirmekte olan ülkelerde sadece cam yapımı ve inşaat faaliyetleri gibi işlerde kullanılırken, gelişmiş ülkelerde yaklaşık 40 yıldan beri mikroişlemci yapımında da kullanılıyor. Şimdi buyurun, mikroişlemcilerin nefes kesen tarihçesini ve günümüz dünyasına etkisini hep beraber inceleyelim.



**1970**'li yıllarda geliştirilen mikroişlemcilerin (*microprocessor*, bazen  $\mu P$  olarak da sembolize edilir) aksine günümüzde üretilen mikroişlemciler yüz milyonlarca hatta milyarlarca transistör, güçlü bir önbellek, çoklayıcı (*multiplexer*) ve aritmetik mantık birimi (*arithmetic logic unit*) gibi bileşenlerden oluşuyor ve iç mimarileri adeta bir şehir gibi görünüyor. Bu "elektronik şehirde" bakırdan "bilgi otoyollarıyla" birbirine bağlanan bileşenler, işlem yaparken 1 ve 0 formundaki sayısal sinyalleri birbirlerine neredeyse ışık hızında gönderiyor ve insanoğlunun bazen günlerce hatta aylarca uğraşsa başaramayacağı hesaplamaları sadece saniyeler, genellikle de mikrosaniyeler içinde ve büyük bir doğrulukla hesaplıyor.



### Transistör ile birlikte gelen elektronik devrim

İlk bilgisayar işlemcisi ihtiyacı, 1940'lı yıllarda ve o zamanlar henüz devasa büyüklükteki Colossus, Z3 ve ENIAC gibi dünyanın ilk elektronik bilgisayarlarında ortaya çıkmıştı. Bugünkünden farklı olarak yarı iletken teknolojisi o günlerde henüz gelişmemiş olduğundan, o bilgisayarların işlemcilerinde ana yapı unsuru olarak transistörler değil, devasa büyüklükte elektron tüpleri kullanılıyordu. Bu nedenle de mikroişlemci kavramından söz etmek mümkün değildi. Bir bilgisayar işlemcisi bir gardrop büyüklüğündeydi, hızı

da ancak 100 kHz (yani saniyede 100.000 temel işlem) civarındaydı. Daha sonra 1950'li yıllarda yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle ve transistörlerin icadıyla elektron tüplerinin yerini hızla transistörler almaya başladı ve elektronik dünyasında yeni bir çığır açıldı. Elektron tüpleriyle karşılaştırıldığında transistörler çok daha az yer kaplar, daha az elektrik tüketir ve o nedenle daha az ısınarak, büyük bir güvenilirlikle çok daha yüksek hızda çalışır (işlemci hızı, o günlerde yeni nesil bilgisayarlarda transistörlerin kullanılmaya başlanması sayesinde 100 kHz'den yaklaşık 1 MHz'e çıkar).

Bilim dünyası, 1950'li yıllarda transistörler ile birlikte yeni bir şey daha keşfetmişti: Daha küçük, daha güçlü ve daha ekonomik bilgisayarların geliştirilmesi için özellikle transistörlerin mümkün olduğu kadar küçültülmesi gerekiyordu. Bunu ilk başaran, bilim devlerinin zamana karşı yarışında galip gelecek ve bilim dünyasına hatta belki tüm dünyaya hükmedecekti.

### İlk mikroişlemcilerin üretimi

1950'li yıllarda başlayan mikroşlemci yapımındaki yarış 1970'lara yaklaşıldıkça kesin bir sonuca ulaşmaya başlar ve 1970-1971 yıllarında neredeyse eş zamanlı olarak geliştirilen üç mikroşlemci sayesinde ABD ipi göğüsleyen ülke olur: TMS 1000 (Texas Instruments), CADC (Garret AiResearch) ve Intel 4004 (Intel).

### TMS 1000

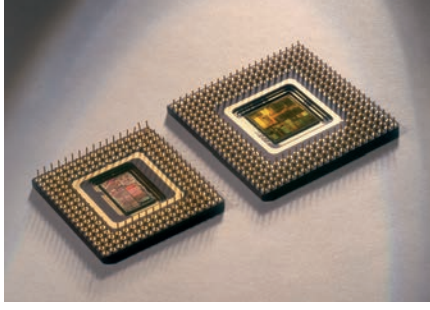
4-Bit'lik bir mikroşlemci mimarisi olan TMS 1000'in tasarımı Eylül 1971'de bitirmesine rağmen piyasaya sürülmesi 1974'ü buldu. İlk olarak 1974 yılında Texas Instruments hesap makinelerinde kullanılmaya başlandı. TMS 1000 ve daha sonra geliştirilen türevleri TMS 1070, TMS 1100, TMS 1200, TMS 1270 ve TMS 1300 sonraki yıllarda otomasyon sistemlerinde, ev aletlerinde ve bilgisayar oyunlarında çok başarılı bir şekilde kullanılmaya başlandı (80'li yıllarda üretilen ve o zamanın hayli popüler bilgisayar oyunlarından olan Sen-

so da TMS 1000 mikroşlemciye sahipti). Texas Instruments, her ne kadar 1976 yılında 16-Bit'lik bir mimarisi olan TMS 9900 ile son bir atak yapsa da, TMS 9900 yine Texas Instruments tarafından üretilen ev bilgisayarlarında kullanılmaktan öteye gidemedi.

### CADC: İlk askeri amaçlı mikroşlemci

CADC (*Central Air Data Computer*) dünyanın askeri amaçlı ilk mikroşlemcidir. ABD Deniz Kuvvetleri'nin talebi üzerine, havacılık ve uzay sanayi alanında faaliyet gösteren Garret AiResearch adlı bir Amerikan firması tarafından tasarlanmıştı. Steve Geller ve Ray Holt tarafından yönetilen bu çok gizli proje Haziran 1968'de başlamış, iki senenin ardından Haziran 1970'te başarıyla tamamlanmıştı. Gerek Intel gerekse Texas Instruments tarafından tasarlanan diğer rakip mikroşlemcilerden kat kat üstün bir elektronik yapısı olan bu CADC mikroşlemci, F-14 Tomcat savaş uçaklarında ana uçuş kontrol sistemi olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştı. 20-Bit'lik hayli modern mimari yapısının yanı sıra zamanın mekanik sistemlerinden yaklaşık 20 kat daha küçük olmasına rağmen çok daha hızlı ve güvenilirlikti.

Mikroşlemcinin başlıca görevi, F-14 Tomcat uçaklardaki statik ve dinamik basınç algılayıcılardan, pilot kabininden ve pilottan gelen sinyalleri ve komutları gerçek zamanlı olarak analiz edip uçağın mümkün olduğunca otomatik olarak yönetimini sağlamaktı. Bütün öncü F-14 Tomcat uçaklarda yıllarca başarıyla kullanılan bu mikroşlemci hakkında daha fazla bilgi yok. Mikroşlemcinin tasarımcılarından Ray Holt'un henüz 1971 yılında CADC üzerine kaleme aldığı bir makalenin yayımlanmasına, içeriği ABD ordusu tarafından askeri sır olarak değerlendirildiği için Nisan 1997'de izin verildi ve ancak 22 Eylül 1998'de *Wall Street Journal*'da "Architecture of A Microprocessor" (Bir Mikroşlemcinin Mimarisi) başlığı altında yayımlanabildi.



## Intel 4004: İlk genel amaçlı mikroişlemci

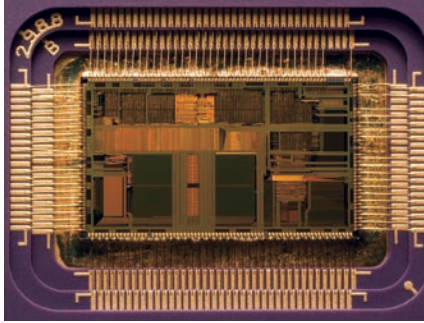
Intel tarafından Kasım 1971’de üretilen ve 4-Bit’lik bir mimarisi olan Intel 4004 mikroşlemci, genel amaçlar için üretilen ilk mikroşlemci olarak kabul ediliyor. Intel 4004 sahip olduğu sadece 2300 transistör ve 740 kHz’lik işlemci hızıyla gerçekten güçlü bir mikroşlemci sayılmazdı. Her ne kadar piyasaya sürülmesinden çok kısa bir süre sonra tahtını yine Intel tarafından üretilen ve Nisan 1972’de piyasaya sürülen Intel 8008 mikroşlemciye bırakacağı düşünülse de bu gerçekleşmedi ve piyasada tutunduğu için üretimine 1981 yılına kadar devam edildi (Intel 4004’den daha farklı bir mimarisi olan, 8-Bit’lik Intel 8008 mikroşlemci, toplam 3500 transistörden oluşuyordu fakat sadece 500-800 kHz arasında değişen bir işlemci hızına sahipti). Üretiminden tam 35 yıl sonra (Kasım 2006) tasarım planları kamuoyu ile paylaşılan ve ticari amaçlı olmayan kullanımlar için serbest bırakılan Intel 4004 mikroşlemci günümüzde koleksiyoncular tarafından en çok aranan mikroşlemciler listesinde başı çekiyor.

## Moore kanunu

Yarı iletken teknolojisinin gelişmesinden ve böylece zamanın işlemcilerinde kullanılan elektron tüplerinin yerini transistörlere bırakmasından sonra, bir mikroşlemcinin sahip olduğu transistör sayısı o mikroşlemcinin hızı konusunda en önemli kriterlerden biri olmuştur. 1970’lerin sadece bir kaç bin transistörü olan “güçsüz” mikroşlemcilerinin yerini günümüzde milyarlarca transistörü olan fakat daha küçük, daha ekonomik ve iş-

lemci gücü çok daha yüksek mikroşlemciler almıştır (2011 yılında piyasaya sürülen Intel Core i7’nin toplam 2.270.000.000 transistörü vardı).

Daha küçük ama bir o kadar güçlü mikroşlemcilerin üretilmesini sağlayan asıl faktörün, günümüzde transistörlerin sadece 90 nanometre gibi, 1970’lerde hayal bile edilemeyecek kadar küçük olmasıyla doğrudan ilgili olduğunu söylersek abartmış olmayız. Zira bu sayede modern mikroşlemcilere daha fazla entegre bellek yerleştirilebiliyor, bu da mikroşlemcilerin bilginin büyük bir kısmına işlem süresi boyunca doğrudan erişimini sağlıyor. Bu şekilde, yani sürekli olarak bilgisayarın dış bellekle bilgi alışverişi yapma zorunluluğu olmadan, mikroşlemcinin ve dolayısıyla tüm sistemin hızı olağanüstü denilebilecek kadar artıyor.



Bilindiği gibi günümüzde bilgisayarların işlemesi gereken bilgi miktarı sürekli artıyor ve buna bağlı olarak piyasalar, teknoloji dünyasından sürekli daha “güçlü” ve ekonomik bilgisayar sistemleri talep ediyor. Bu talebi karşılamak da ancak, en başta transistörler olmak üzere, bir bilgisayar meydana getiren bileşenlerin daha da küçülmesine bağlı.

Intel’in kurucularından Gordon Moore bu gerçeği daha 1960’lı yıllarda öngörmüş ve bu konuda bir makale kaleme almıştı. *Moore Electronics Magazine* adlı

teknoloji dergisinde 19 Nisan 1965’te yayımlanan ve içeriği tarihe Moore Kanunu olarak geçen bu makalede, bir mikroşlemcinin içindeki transistör sayısının her yıl iki katına çıkacağını belirten Moore, 1975 yılında bu öngörüsünü güncellemesi gerektiğini hissederek, gelecekte bir mikroşlemci içindeki transistör sayısının her iki yılda bir-iki kat artacağını savunmuştur. Gordon Moore’un kendi tecrübelerinden ve deneysel gözlemlerinden yola çıkarak bulduğu bu kanunun geçerliliği tecrübelerle de doğrulanmıştır. Kanunun günümüze kadar geçerliliğini korumasını sağlayan en önemli faktörlerin başında, günümüz yarı iletken teknolojisinin temelini oluşturan silisyum elementinin kullanımında doğal sınırlara henüz ulaşılmamış olması geliyor (bu arada transistör üretiminde nanoteknolojinin sağladığı desteği de unutmamak gerekir).

Bazı iyimser görüşlere göre Moore kanununun 2029 yılına kadar geçerliliğini koruması beklense de, 2007 yılında bir Intel konferansında konuşan Moore, kanunun 10-15 yıl içinde geçerliliğini yitirmesini beklediğini açıklamıştır.

## En büyük yarı iletken üreticileri

Günümüzde dünya ekonomisi her ne kadar küreselleşmiş olsa da, tahmin edileceği gibi yarı iletken (dolayısıyla mikroşlemci) üretimi hâlâ her ülkenin harcı değil ve şüphesiz mikroşlemci üretimi ile gelişmişlik düzeyi arasında doğru orantı var. 2011 satış rakamlarına göre dünyanın en büyük mikroşlemci üreticileri arasında sırasıyla şu ülkeleri görüyoruz: Intel (ABD), Samsung Electronics (Güney Kore), Texas Instruments (ABD), Toshiba (Japonya), Renesas Electronics (Japonya), Qualcomm (ABD), STMicroelectronics (Hollanda/İsviçre), Hynix (Güney Kore), Micron Technology (ABD), Broadcom (ABD), AMD (ABD), Infineon Technologies (Almanya), Sony (Japonya), Freescale Semiconductor (ABD), Elpida Memory (Japonya), NXP Semiconductors/Philips (Hollanda), Nvidia (ABD), Marvell Technology (ABD), ON Semiconductor (ABD) ve Panasonic (Japonya)

Yukarıdaki listeden de anlaşıldığı gibi mikroişlemci üretimi yarışının açık ara galibi -on yarı iletken üreticisi firmayla- günümüzde de ABD.



## Intel'in dünyayı fethi

1968 yılında Gordon Moore ve Robert Noyce tarafından Kaliforniya da kurulan Intel Corporation, en başından itibaren Motorola, AMD gibi zamanın en büyük yarı iletken ve mikroişlemci üreticileriyle büyük bir teknolojik mücadeleye girmiş ve dünya piyasalarındaki yerini ancak 2005 yılında perçinleyebilmiştir (2005 yılında Apple, ünlü Motorola 68000 mikroişlemciler ve yine Motorola ve IBM tarafından ortaklaşa üretilen PowerPC mikroişlemciler yerine Intel mikroişlemcileri kullanmaya karar vermiştir).

## Neden Apple da sonunda Intel'i seçti?

Bir bilgisayarda yeni bir işlemci kullanılmasına karar verilmesi kolay alınabilecek bir karar değildir. Tıpkı yeni bir işletim sistemi yazılmasına benzer, çünkü söz konusu bilgisayarın mimarisinin yeni kullanılmaya başlanacak olan mikroişlemciye uyarlanması gerekir. Nitekim Apple ürünlerinde artık Intel mikroişlemciler kullanılması kararı da bizzat Steve Jobs tarafından, 18 ay süren araştırmalar ve tartışmalar sonucu verilmişti. Motorola mikroişlemcilerin işlem gücü açısından zamanla Intel tarafından üretilen "rakiplerine" yenik düşmesi ve Apple bilgisayarlarının endüstri standardı haline gelen Intel mikroişlemcilerle çalışan diğer bilgisayarlarla uyumsuz hale gelmekte oluşu, Apple'ın uzun bir direnişten sonra Intel ürünlerini seçmesinin en önemli nedenleriydi.

## Gelecek neler getirecek?

Yazımız boyunca mikroişlemcilerin tarihçesine kısaca değindik. Yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerden, bu gelişmeler sonucunda transistörlerin icadından ve zamanın bilgisayar işlemcilerinde kul-

lanılan elektron tüplerinin yerine transistörlerin kullanılmaya başlamasından sonra, bilgisayar işlemcileri gittikçe küçülmeye, daha az ısı üretmeye, daha güvenilir bir şekilde çalışmaya ve her şeyden önce daha ekonomik olmaya başladı ve böylece günümüzün yüksek teknolojisine ulaşıldı. Yukarıda da belirtildiği gibi, bütün bu gelişmeleri özellikle transistörlerin her geçen yıl daha da küçültülebilmesine borçluyuz. Transistörlerin küçültülmesinde son yıllarda nanoteknolojiden de faydalanılmaya başlanmışsa da, artık doğal sınırlara yaklaşmıştır (Moore kanununun en geç 10-15 yıl içinde geçerliliğini yitirmesini bekleniyor). Bu doğal olarak transistörlerin daha fazla küçültülemeyeceği anlamına geliyor.

Bu gelişmelere paralel olarak yarı iletken üreticileri de mikroişlemcilerin mimarisini sürekli olarak güçlendirmeye çalışıyor ve yeni planlar geliştiriyor. Son olarak 64-Bit'lik mikroişlemcilerin üretilmesi, RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) mimarisi ve bir bilgisayarın aynı anda birden fazla mikroişlemci kullanmasını mümkün kılan çok çekirdekli işlemciler kavramı bunun en güzel örnekleri, çünkü bir mikroişlemcinin işlem gücünün yüksek olması sadece sahip olduğu transistör sayısının fazla olmasına değil, aynı zamanda doğru bir mimariye sahip olmasına da bağlı. Buna en iyi örnekler 500 MHz işlemci hızına ve 9.5 milyon transistöre sahip 1. nesil Pentium III mikroişlemci ile 1000 MHz (1 GHz) ve 28.5 milyon transistöre sahip 2. nesil Pentium III mikroişlemcidir. Görüldüğü gibi birbirine yapısal ve işlevsel olarak bu kadar benzeyen iki mikroişlemcide bile, daha fazla transistör kullanılması otomatik olarak daha yüksek işlemci gücüne ulaşılmasını sağlamamıştır (2. nesil Pentium III mikroişlemcide, 1. nesil Pentium III mikroişlemciden tam üç kat daha fazla transistör kullanılmaya rağmen, söz konusu mikroişlemcinin işlem gücü üç değil, yalnızca iki kat artmıştır).

Mikroişlemcilerde doğru bir mimari her şeyden önde geliyor, kolaylıkla tahmin edilebileceği gibi doğru bir mimariye sahip olmayan, optimize edilmemiş bir mikroişlemcinin kaderi kendinden beklenen performansı sergileyememek olur. Bu nedenle, en azından kuantum bilgisayarlar ve benzeri başka teknolojiler geliştirilene kadar, daha güçlü mimariye sahip mikroişlemcilerin üretimine en azından daha küçük transistörlerin üretimine verildiği kadar önem verilmelidir. Bu konuda kat edilecek daha çok yol olduğu açıktır.

### Kaynaklar

David, A. P. ve Hennessy, J. L., *Computer Organization & Design*, Morgan Kaufmann, 2. Basım, 1998.  
From sand to circuits - How Intel makes integrated circuits chips, Intel Corporation, 2008.

Holt, R. M., The F14A Central Air Data Computer and the LSI Technology State-of-the-Art in 1968 (*Architecture Of A Microprocessor*), 1971, güncelleme 22 Eylül 1998.  
Isaacson, W., *Steve Jobs*, Domingo Yayıncılık, 2011.



Börtçin Ege, Viyana Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra, yüksek lisans öğrenimini de 2005 yılında aynı üniversitede tamamladı. Yüksek lisans çalışması kapsamında birbiriyle bilgi alışverişinde bulunabilen iki ilişkisel veri tabanını modelleyerek programladı. 2007 yılında, günümüzde üye sayısı 3500'i bulan ve halen Almanya'nın en büyük semantik web topluluğu olma özelliği taşıyan grubu ve Ekim 2011'de İstanbul, Ankara ve İzmir Semantik Web Topluluklarını kurdu. <http://semweb.meetup.com/>

