

Türkiye’de Mikroelektronik Sektörü Neredeyiz – Neler yapılabilir?

Microelectronic Industry in Turkey Current Status – Proposals for Growth.

Günhan Dündar, Devrim Yılmaz Aksın, Selçuk Talay,
Faik Başkaya, Müştak Yalçın, Şeyda Aygın, Murat Eskişerli

Özet

Mikroelektronik sektörü, özellikle de üretimi olmayan tasarım (“fabless IC”) sektörü maalesef ülkemizde yeterince gelişmemiştir. Bu sektörün Türkiye’de gelişmesi için çok büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Bunun için de tüm kesimleri kapsayan bir ulusal plana ihtiyaç bulunmaktadır. Değişik ve sektöre özgü geliştirilmiş destekler ile çok verimli geri dönüş sağlanması mümkündür. Ülkemize benzer büyüklükteki Avrupa mikroelektronik sektörleri çok daha gelişmiş ve ülke ekonomilerine çok önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bildiri, ülkemizdeki mikroelektronik sektörünün durum değerlendirmesini yapmakta ve daha da gelişmesi için hangi adımların atılması gerektiği konusunda önermeler sunmaktadır. Bu önermeler dünyadaki başarılı örneklerden yola çıkarak yapılmıştır. Bu bildiri hem üniversite hem de sektör temsilcilerinin katkısıyla hazırlanmış, dolayısı ile her iki tarafın da görüşünü yansıtmaktadır.

Anahtar Kelime: Üretimi Olmayan Tasarım, Mikroelektronik, Mükemmeliyet Merkezi.

Abstract

Microelectronic industry, especially fabless microelectronic industry has been struggling to find its footing in Turkey. There is a great potential for growth in microelectronic industry and there is a necessity for a well-developed plan with different funding and supporting instruments. The similar size economies in Europe have a more mature microelectronic industry and as a result the overall contribution to the Compound Annual Growth Rate (CAGR) is significant. This paper briefly summarizes the current status of the industry in Turkey and proposes solutions and methods by referencing to the already successful implementations in Europe that will help the industry to excel also in Turkey. The authors of this paper are both from academia and industry and hence, this submission represents the views of both academia and microelectronic industry.

Keywords: Fabless IC, Microelectronic Production, Center of Excellence.

1. Durum Tespiti

Elektronik endüstrisi 2010 yılında toplam dünya üretiminin (Gross World Product – GWP) yaklaşık %10'una ulaşmış olup, 1980 yılında demir-çelik, 2000 yılında da otomotiv sektörünü geride bırakmıştır [1]. Tüm elektronik sektörü içinde mikroelektronik alt sektörünün payı giderek artmış, ve şu anda %30'unu geçmiştir [2][3]. Yalnızca büyüklük olarak değil, elektronik sektörü içinde rekabeti sağlayan anahtar alan olması ile de mikroelektronik alanı öne çıkılmaktadır. Mikroelektronik sektörde iddialı olmadan elektronik sektörde var olmak ve dolayısı ile dünya ekonomisinde var olmak mümkün değildir.

Elektronik endüstrisi halihazırda ABD'nin en büyük endüstri kolu olup 2,5 milyon kişiye iş imkanı sağlamakta ve 250 milyar USD gelir getirmektedir [1]. Elektronik endüstrisi Avrupa'nın önde gelen ekonomilerindeki payıyla da, örneğin Birleşik Krallık'taki 250,000 çalışan ve 23 milyar sterlin gelir ile [4], ABD ekonomisine paralellik göstermektedir. Ülkemizin ise elektronik sektörde dünya pazarından aldığı pay maalesef tüketici elektroniğindeki birtakım ürünler ile sınırlı olup ekonomisinin boyutu ile orantısız derecede küçüktür. Mikroelektronik alt sektörüne baktığımızda ise durumun daha da vahim olduğunu görmekteyiz. Bu dalda ülkemiz sektörel haritalarda görülmemektedir.

Yine ABD örneğinde otomotiv, askeri uygulamalar, havacılık ve uzay gibi alanlarda önemli oranda gelir getirici üretim sektörlerinden olsa da, bu alanlardaki başarı elektronik sektörüne bağlı olmakta ve güçlü bir elektronik sanayisi olmadan diğer sektörlerin var olması zorlaşmaktadır. Bu anlamda elektronik birçok sektör için var edici (enabling) sektör olmakta, elektronik sektörünün alt sektörü olan mikroelektronik ise elektronik sektörünü var etmektedir. Ülkemizin mikroelektronik sektöründeki faaliyetlerinin bugünkü düzeyinde kalması durumunda, gelecekte de yüksek teknoloji gerektiren alanlarda rekabetçi olması mümkün görünmemektedir.

Yukarıdaki teknoloji devlerini bir kenara bırakıp bugünlerde ekonomik sıkıntı çekmekte olduğunu düşündüğümüz Avrupa devletlerine göz atacak olursak, mikroelektronik alanında faaliyet gösteren kuruluş sayılarını Tablo 1'de görebiliriz [5].

Tablo 1: Bazı Avrupa ülkelerinde mikroelektronik sektörü büyüklükleri

Ülke	Faal Kuruluş Sayısı
Almanya	300
Birleşik Krallık	300
Hollanda+Belçika	150
İsveç	50
İsviçre	105
Türkiye	16 (Çoğu Üniversite)

Bu ülkeler arasında gerek Almanya, gerekse Birleşik Krallık nüfus büyüklüğü açısından ülkemize benzer olsalar da ekonomik büyüklük olarak birkaç katımız olduğundan, karşılaştırma yapmak doğru olmayacaktır. Hollanda'nın ekonomik büyüklüğü bize benzer olsa da Hollanda ve Belçika'nın mikroelektronikte ciddi üretim kapasiteleri söz konusudur.

Elbette üretim olmadan mikroelektronik alanında önemli bir güç olmak mümkün olmasa da, üretim ileride de görüleceği üzere yatırım ve zaman isteyen bir daldır. Öte yandan 2011 yılının BM istatistiklerine göre İsviçre yaklaşık 660 Milyar USD GSYİH ile dünya sıralamasında 770 Milyar USD GSYİH sahibi olan Türkiye'nin bir basamak gerisinde 19. sırada yer almaktadır [6]. Bu nedenle hem mikroelektronik üretim kapasitesi olmaması, hem de benzer bir ekonomik büyüklüğe sahip olması bakımından karşılaştırma yapmak için daha uygun bir örnek oluşturmaktadır.

2. Mikroelektronik Alanının Alt Alanları ve Bir Karşılaştırma

Mikroelektronik alanından bahsederken aslında birçok alt alandan söz edilmektedir. Bunlardan birisi üretimdir. Üretim macerası 1958 yılında laboratuvarında ilk transistörün yapılmasından başlayarak 2010 yılında 2,3 milyar transistör içeren Intel firmasının Core i7 tümdevresine kadar devam etmiştir. Yalnızca 2008 yılında tümdevrelerin içindekileri saydığımızda 10^{19} transistör üretilmiştir [7]. Bu rakamın büyüklüğünü takdir etmek için o tarihte dünyada yaşayan her bireye 1 milyardan fazla transistör üretildiğini söylemek yeterlidir.

Bu artan üretim Moore kanununa göre [7] giderek küçülen transistör boyutları sayesinde olmaktadır. Ancak, yaklaşık 18 ayda bir nesil (tek boyutta %70, alanda yarı yarıya) küçülen transistörlerin üretimi giderek daha zor ve pahalı hale gelmektedir. Bu nedenle birçok firma üretimden çıkmakta ya da yeni nesillere geçmemektedir. Halihazırda en son teknoloji ile üretim yapan firma sayısı dünyada 10'un altında kalmıştır ve bunlar ABD, Uzakdoğu ve Avrupa arasında dağılmıştır. Bir fikir vermesi açısından, birkaç yıl öncesinin teknolojisi olan 45nm boyutundaki transistörler kullanarak üretim yapan bir tesisin kurulması 3 milyar USD, bunun araştırması ise 2,3 milyar USD tutmaktadır [7]. Elbette ki bu araştırma hiç yoktan yapılmamakta, tam tersine bir önceki teknoloji noktası olan 65nm boyutundan 45nm'ye inebilmek için yapılmaktadır. Aynı zamanda bu tip bir araştırma yıllar sürmekte olduğundan üretim yapan bir firma herhangi bir anda üretim yaptığı boyutlardan daha küçük birkaç nesil ile ilgili araştırmayı sürdürmektedir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında ülkemizin daha küçülen teknolojilerde üretim yapma kararı merkezi otorite tarafından ekonomik fizibilite dikkate alınmadan verilmemelidir. Bu tip bir karar hem çok ciddi bir ekonomik yük getirecek, hem de örneğin 45nm noktasında ilk ciddi seri üretim yapıldığında yabancı firmalar çoktan birkaç nesil ileri gitmiş olacaktırlar. Bu çalışmanın yazarları olarak biz bu tip bir kararı önermiyoruz. Giderek küçülen teknolojilerde üretim yapmak ve bu yarışta yer almak konusundaki çalışmalara "daha fazla Moore" (more Moore) adı verilmekte olup mikroelektronik üretim sektöründe yer almanın tek yolu bu değildir.

Mikroelektronik üretiminde en azından bazı uygulamalarda yer almanın bir başka yolu da "Moore ötesi" (more than Moore) üretimdir. Bu terimin anlamı artık giderek küçülen transistör yapma yarışından vazgeçerek belirli bir boyutta kalma ama tümdevreye MOS transistör haricinde bir şeyler ekleyebilme yeteneğini kazanmadır. Tümdevreye Bipolar transistörler eklenebileceği gibi, optik ya da MEMS aygıtlar da eklenebilmekte ve bu tip yapılar yepyeni uygulamalar ve ufuklar açabilmektedir. Ayrıca, silisyum tabanlı üretim de bir kenara bırakılarak çok ucuz polimer aygıtlar ya da infrared görüş amacı ile III-V birleşik

aygıtlar üretilmektedir. Kanımızca eğer üretim yapılacaksa zaten şu anda treni çoktan kaçırdığımız “daha fazla Moore” yerine rekabetin yeniden başladığı “Moore ötesi” teknolojilere gitmeliyiz. Ancak, yine de stratejik bir üretim kapasitemizin olduğu, örneğin 0,25 mm CMOS gibi bir üretim teknolojisine de sahip olmalıyız.

Mikroelektronik sektörü yalnızca üretimden ibaret değildir. Sektörün bugün ulaştığı tümdevreye sığdırılabilen transistör sayıları, tasarımı kolaylaştırıcı yazılım araçlarının kullanımını da zorunlu hale getirmiştir. Yaklaşık 15 milyar USD’lık bu pazarın 12 Milyar USD’lık kısmını üç büyük firma kontrol etmektedir. Ayrıca içinde milyarlarca transistörü barındıran bu karmaşık tümdevreleri tasarlamak hayli zor bir mühendislik problemi olup uzmanlık gerektirmektedir. Yalnızca tasarım yaparak üretimi “tasarısız üreticilere” bırakan firmalara “fabless IC” firmaları adı verilmektedir. 2011 yılında dünyada bu sektörün yıllık satış miktarı yaklaşık 65 Milyar dolardır [8]. Bu tip tasarım firmaları ya küçük firmalar olup uzmanlaştıkları tasarımları “IP” (Intellectual Property) olarak daha büyük firmalara satmakta, ya da anlaştıkları üreticilere ürettirdikleri kendi tasarımları olan tümdevreleri satmaktadırlar. Bu tip firmalarda tasarımcı başına yıllık satış miktarı olarak ortalama 1 milyon USD getiri hedeflenmektedir.

Ülkemiz maalesef üretimde ve tasarım yazılımında olmadığı gibi tasarım konusunda da sektörde neredeyse mevcut değildir. Türkiye ile benzer ekonomik büyüklüğe sahip olan İsviçre, tümdevre üretimi yapmadığı halde çok canlı bir mikroelektronik sektörüne sahiptir. Ülkede faal olan 105 mikroelektronik firmasının 15 tanesi uluslararası firmaların açmış oldukları tasarım ofisleri iken geri kalan 90 firma ise yerlidir. Türkiye’de ise bu sayıların her ikisi de 5’in altındadır. Aradaki bu farkı açıklayacak nedenler şunlardır:

Mikroelektronik ürünlerin ara ürün olması: Elektronik tümdevreler birçok sektörde ara üründür. Son kullanıcı genellikle tümdevre almaz ya da tümdevre ile ilgilenmez. Bu nedenle mikroelektronik sektörü, diğer sektörlerle karşılıklı bir tetikleme içindedir. İsviçre örneğinde güçlü bir tıp elektroniği sektörü ya da hassas mekanik sektörü mikroelektronik tasarımlara ihtiyaç duymakta ve bu tasarımlar da ülkenin adı geçen sektörlerde lider durumda olmasına yol açmaktadır. Ülkemizde maalesef yerli olarak yüksek teknoloji üreten firmalar çok azdır. Bu nedenle ara ürünlere ihtiyaç duymamaktadırlar.

Yetişmiş insan gücü: İsviçre, eğitimde güçlü bir geleneği olan ve her zaman Avrupa’nın en iyi 10 teknik okulu içerisine 2 üniversite (ETH Zürich ve EPF Lausanne) sokabilen bir ülkedir. Kendi genç nüfusu yetersiz olduğundan nüfusunu arttırmaya çalışmak yerine dünyanın en kaliteli gençlerinden bazıları üniversitelerine çekebilen ve mezun olduklarında da onlara imkanlar sunabilen bir ülkedir. Bu nedenle gerek yabancı firmalar, gerekse ulusal firmalar her zaman çalışabilecek kaliteli elemanlar bulabilmektedirler. Gerekirse de yüksek ücretlerle ülke dışında eğitim almış olanları da işe alabilmektedirler. Ülkemizde ise mikroelektronik konusunda eğitim verebilen üniversite sayısının çok kısıtlı olması, ülkemizde tasarım evi açmış yabancı firmaların eleman bulmasını zorlaştırmakta, firma sayısının artmaması ise yumurta-tavuk problemini andırıcısına bu alana emek ve zamanını yatırarak yetişmiş işgücüne dönüşecek öğrencilerin sayısını kısıtlamaktadır.

Fiziksel yakınlık ve dil: İsviçre, Avrupa’nın merkezinde yer almakta, bu nedenle hem çalışan bulmakta, hem de gerektiği takdirde gününbirlik ziyaretler yapabilmek çok kolay olmaktadır. Ayrıca, çalışanların çoğu İngilizce harici en az bir Avrupa dilini

konusmaktadırlar. Ülkemiz ise Avrupa'nın kenarında kalmıştır. Sektördeki hemen hemen tamamı İngilizce bilmekte ama ikinci bir dil çok yaygın olmamaktadır. Ancak ulusal havayolumuzun son yıllardaki atakları nedeni ile İstanbul bir ulaşım merkezi olmuştur.

Mikroelektronik ortamı: Mikroelektronik konusunda çalışan çok sayıda firmanın olması yenilerin açılmasını desteklemektedir. Yeni açılan firmalar bu sayede deneyimli çalışanlar bulabilmekte, eksik kaldıkları alanlarda başka firmalardan danışmanlık alabilmekte ya da ortaklığa gidebilmektedirler. Ancak, ülkemizde az sayıda firmanın bulunması bu imkanları ortadan kaldırmakta, yeni firmaların açılmasının önünü kesmektedir.

Destekler ve bürokrasi: İsviçre, çok liberal gümrük yasalarına sahip bir ülkedir. Aynı zamanda, yabancı yatırımı çekmek için çok esnek destek mekanizmaları vardır. Bu nedenle gerek yabancı firmalar, gerekse yerli girişimciler çok rahat iş kurabilmekte ve yurt dışı ile çalışabilmektedirler. Ülkemizde maalesef bu konularda sıkıntılar vardır. Destek mekanizmaları mikroelektronik endüstrisine özel geliştirilmediğinden çok etkin geri dönüşüm olmamaktadır. Destek enstrümanlarının az ama nitelikli çalışmaları olan firmaları kapsamaması, ya da verimli olarak kullanılmasının mümkün olmaması dış yatırımların ve yerli girişimcilerin rekabet gücünü düşürmektedir. Bu nedenle mikroelektronik sektörü zaten kısıtlı olan iç pazara satış yapamadığı gibi dış pazara da ulaşamamaktadır.

Koordinasyon: İsviçre'de gerek merkezi otorite, gerek yerel otoriteler, gerekse değişik sektörler koordinasyon konusunda ülkemizde olduğundan çok daha aktiftirler. Ülkemizde mikroelektronik sektörü için bir çalışma planı ne kamusal alanda ne de özel sektör bazında hazırlanmamıştır.

3. Çözüm Önerileri

Ülkemizde mikroelektronik sektörünü güçlendirmek için çeşitli adımlar atılmalıdır. Temel stratejimiz avantajlarımızdan faydalanmak, dezavantajlarımızı giderici adımlar atmaktır.

İnsan gücü: Yukarıda da bahsedildiği üzere ülkemizde mikroelektronik alanında tecrübeli mühendis sayısı çok azdır. Ancak, var olan ya da üniversitelerimizde yetişmekte olan mühendisler ülkemizin en iyi üniversitelerinde yetişmekte olup genellikle en yüksek puanlarla üniversiteye giren lise mezunları arasında yer almaktadırlar. Bu nedenle, sayıları az olsa da çok kaliteli mühendisler yetiştirilmektedir. Ayrıca, ülkemiz özellikle ABD'ye ciddi bir beyin göçü vermektedir. ABD'de lisansüstü eğitim yapan yabancılar arasında Türkler, Çinliler ve Hintlilerin ardından Koreliler ile birlikte 3. sırada gelmektedirler. Bu öğrencilerin bazıları mikroelektronik alanında eğitim görmekte, ardından da Türkiye'deki imkanların kısıtlı olmasından dolayı yurt dışında kalmakta, dünyanın en önemli mikroelektronik firmalarında çalışmaktadırlar. Sonuç olarak, insan gücü faktörünü iyileştirmek için kaliteyi bozmadan mezun sayısını arttırmak ve yurt dışındaki tecrübeli mühendisleri Türkiye'ye çekmek gerekmektedir. Bu amaç için geliştirilmiş enstrümanlar (Tubitak 2322 desteği gibi) sadece sınırlı katkı sağlamaktadır. Yurtdışında bulunan tecrübeli mühendislerin geri dönüş için esas aradığı, büyüklük olarak sınırlı olsa da sağlıklı işleyen, üniversitesiyle ve endüstrisiyle sağlıklı bir mikroelektronik ekosistemidir.

Yerleşim: Yukarıda da bahsedildiği üzere, özellikle ulusal havayolumuzun son yıllardaki büyük gelişimi nedeni ile İstanbul bir ulaşım merkezi haline gelmiştir. Bu olguyu yabancı firmaların da anlaması sağlanmalı, İstanbul'da çok sayıda kongre, eğitim, vb toplantılar düzenlenmelidir.

Eşgüdüm: Üniversitelerimizde yapılan çalışmalar çıkan yayınlardan da görülebileceği üzere dünya çapında önemli sonuçlar vermektedir. Ancak, bunlar hep dar alanlarda ve birbiri ile ilgisiz olmakta, sonuçların pratiğe dönmesi için gerekli firmalar kurulmamaktadır. Zaman zaman üniversiteler küçük çaplı üretime gitmeye çalışmakta, o zaman da asli görevlerinden uzaklaşmaktadırlar. Ciddi bir eşgüdüm eksikliği göze çarpmaktadır. Hali hazırda kullanılan destek yöntemleri bu eşgüdümü sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Bu konuda ciddi bir planlama ve gerekli eşgüdüm destek enstrümanlarının sektörün işleyişini de gözönüne alarak çeşitlendirilmesi ile çok verimli sonuçlar elde edilebilir. Bu konuda faaliyet gösteren ve göstermek isteyen firmaların da ihtiyaçlarını dile getirebileceği bir temsil yeti oluşturulması son derece faydalı olacaktır.

Yabancı firmalar: Yabancı firmaların ülkemizde tasarım ofisleri açması için merkezi bir otorite tarafından çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin bir çalıştay düzenlenerek bu firmaların temsilcileri davet edilmeli, kendilerine ülkemizdeki ortam anlatılmalı, destekler vaad edilmeli ve olası şartları ve sorunları dinlenmelidir. Yabancı tasarım evlerinin ilk aşamada doğrudan ülke ekonomisine katkısı düşük olsa da bu firmalar hem yurt dışındaki tecrübeli Türk mühendislerin ülkeye dönmelerini sağlayacak, hem de bu firmalarda çalışarak tecrübe kazanan tasarımcılar zaman içinde kendi yerli firmalarını kuracaklardır. Ayrıca yabancı firmalar yurtdışındaki alıcılarla ülkemiz arasında köprü oluşturarak dünya mikroelektronik pazarında yer almamızı hızlandıracaklardır. Bu konuda örnek olarak İstanbul'da en son yatırım yapan Dialog Semiconductor firması verilebilir. Kuruluşu ile yurtdışında çalışmış tecrübeli mühendisler yurtdışından geri dönmüş ve bu firmada çalışmaya başlamıştır. Bu gibi örneklerin çoğaltılması için girişimler yapılmalı ve ülkemizin çekiciliği artırılmalıdır.

Eğitim: Üniversitelerimizin çoğunda mikroelektronik konusundaki eğitimde sıkıntılar vardır. Mikroelektronik eğitimi lisansüstü düzeyde verilmektedir ve öğrencilerin tez aşamasında profesyonel tasarım yazılımları kullanmaları ve tasarımlarını ürettirerek ölçüm yapıp döngüyü kapatmaları gerekmektedir. Çoğu üniversite ise amatör yazılımlarla benzetim aşamasında kalmakta, bu nedenle de verdikleri eğitim mikroelektronik eğitimi olmamaktadır. Bunun üç temel nedeni vardır: Birincisi tasarım yazılımlarının çok pahalı olması, ikincisi üretim yaptırmanın çok pahalı ve zahmetli olması, üçüncüsü ise ölçümün zaman zaman çok özel ekipman gerektirmesidir. Tasarım yazılımları ile ilgili öneriler aşağıda yapılacaktır. Üretim ile ilgili olarak iki çözüm mevcuttur. Birisi yerli üretim olup yine aşağıda verilmiştir. İkincisi ise kar amacı gütmeyen tüm mikroelektronik tasarımlarının yurt dışında üretilmesinin gümrükten muaf olmasının sağlanmasıdır. Bu sayede, hem üniversitelerin masrafları azalmış olacak, hem de öğretim üyeleri kendi işleri olmayan bürokrasi ile uğraşmak zorunda kalmayacaklardır. Üçüncü neden olarak saydığımız ölçüm sorununun çözümü ise merkezi laboratuvarlar kurulmasıdır.

Tasarım yazılımları: Tasarım otomasyonu yazılımları, mikroelektronik tasarım firması kurmak isteyen kişiler için ya da bu alanda faaliyetlerini sürdüren firmalar için son derece masraflı ve zahmetli olmaktadır. Zaman zaman bu kalem, firma kurulmasının önündeki ilk engel olarak ortaya çıkmaktadır. Yazılım lisanslarının fiyatları yabancı firmalarla

pazarlık konusu olmakta, Türk firmaları küçük olduğundan pazarlık gücü olmamaktadır. Bu nedenle lisans başı yıllık maliyet 50,000 ile 200,000 TL arasında değişebilmekte, firmalar bu maliyeti karşılamak amacı ile TEYDEB'den ya da TÜBİTAK'tan destek aramaktadırlar. TEYDEB'den destek almak için başvuran mikroelektronik projelerinin maliyetinin büyük bir kısmını yazılımlar oluşturduğu durumda verilen destekler gerçek maliyetlerin ancak %5'i ile %30 arasında bir büyüklüğe karşı gelmektedir. Üniversiteler ise çok daha uygun koşullarla lisans alsalar bile her yıl düzenli olarak bu ücretleri karşılayamayabilmektedirler. Firmaların ve üniversitelerin yıllık toplam lisans ücretleri kolaylıkla milyonlarca lirayı bulmaktadır. Bunun yerine, Tayvan modelinde olduğu gibi yazılımlar ihtiyaç duyulacağı öngörülen lisans sayısı (örneğin 200 lisans) için toplu bir meblağ ödenerek yurt dışından alınmalı, yerli firmalara çok düşük bir ücretle, üniversitelere ise ücretsiz olarak dağıtılmalıdır. Bu yaklaşımla şu anda bu yazılımlar için yurtdışına ödenen toplam bedel düşecektir.

Yerli üretim: En son teknolojiye olmasa da yukarıda söz edildiği gibi örneğin 0.25mm teknolojisinde üretim bandı kurulmalı ve bu bant hem yerli firmalara hem de üniversitelere düşük bir ücret karşılığında açılmalıdır. Ancak, böyle bir bantın çalışır hale gelmesi ve çalışır tutulması için gerekli maddi destek sağlanmalıdır. Üretim yapan kurum ise üretim tarihlerini önceden ilan edip bu tarihlere uymalı, ticari yazılımlar üzerinde modellerini sağlamalı ve üretimler arasındaki parametre saçılımlarını en aza indirmelidir. Bu cins profesyonel bir üretimle zaman içinde çok sayıda tasarımı kendine çekecektir. Ayrıca, üretim yapan kurum, tasarımcıların üretim için teslim ettikleri IP'lerinin gizliliği konusunda endişe yaşamamaları için eğer mümkünse tasarımdan uzak durmalıdır. Fakat üretim sonrasında test ve ölçüm imkanları sunulabilir ya da ölçüm için gerekli bilgi birikimi merkezi ölçüm laboratuvarları vasıtasıyla sunulabilir.

Meslek içi eğitim: İstanbul'un özellikle Ortadoğu için merkezi yerleşiminden faydalanarak dünya çapında uzmanlar Türkiye'ye getirilmeli, kendilerinden dersler ve seminerler vermeleri istenmelidir. Zaman içinde bu tip kurslar gelenekselleştikçe özellikle Ortadoğu'dan ve Türkiye içindeki firmalardan katılımcılardan alınacak ücretler ile kursların finansmanı sağlanmış olacaktır. Hali hazırda faaliyet gösteren firmalar eğitimlerini yurtdışından almakta ve yurtdışındaki kurumlara bunun için azımsanmayacak ücretler ödemektedirler. İsviçre'de bulunan "Mead" [9] bu konuda çok güzel bir örnek oluşturmaktadır.

Destekler: Dialog Semiconductor firmasının bir tasarım merkezi de 2007 yılında İskoçya Edinburg'da kurulmuştur. Bu merkez için İskoçya hükümeti 1.3 milyon GBP destek sağlamıştır [10]. Bu destek için hazırlanan başvuru yaklaşık 30 sayfadan oluşmaktadır. Benzeri yaklaşımların ülkemizde de kullanılması sektörün mevcut desteklere ulaşımını arttıracak ve destekler daha verimli bir şekilde kullanılacaktır. Sağlanacak planlı desteklerin etkisi oldukça önemlidir. Örnek olarak, Malezya hükümeti yakın zamanda kendi üretimi olmayan tasarım merkezlerini destekleme ve sayılarını 50'ye arttırmak için planlı yatırımlar yapmaya başlamıştır [11].

4. **Mikroelektronik Mükemmeliyet Merkezi (MiMüM)**

Yukarıda sözü geçen çözümleri gerçekleştirmek amacı ile başlangıçta kamu finansmanı ile İstanbul'da Ulusal Mikroelektronik Enstitüsü kurulmalıdır. Bu enstitünün uygun boyutlarda bir binası ve uygun bütçesi olmalıdır. Bu enstitü şunları yapmalıdır:

Mikroelektronik araştırmaları: Bu enstitü üniversitelerdeki akademik çalışmalardan farklı olarak mikroelektronik konusunda yapılan araştırmaları desteklemeli ve bu araştırmaların ticarileşmesini sağlayacak işbirliği olanaklarını geliştirmelidir. Örneğin İsveç'teki Acreo Enstitüsü kar amacı gütmeyen bir organizasyon olarak bilişim teknolojileri alanında araştırmaya dayalı olarak sektörün servis ve teknoloji geliştirmesini arttırmayı hedeflemektedir [12]. Acreo'nun 150'ye yakın çalışanı bulunmaktadır. Bu tip enstitülere başka bir örnek ise Fransa'da kurulan CEA'dır [13]. CEA'nın 15000'in üzerinde çalışanı bulunmaktadır. Bütçesi 4,5 milyar Avro kadardır ve bu bütçenin %49'u Fransa hükümeti tarafından %30'u ise CEA ile ortak proje yürüten şirketler ile Avrupa Birliği tarafından sağlanmaktadır. CEA da endüstrinin gelişmesi için gerekli araştırma faaliyetlerinin koordinasyonu, uluslararası proje organizasyonları gibi görevleri yerine getirmektedir. Örneğin Türkiye'de Ericsson Araştırma Geliştirme ve Bilişim Hizmetleri A.Ş. bünyesinde mikroelektronik tasarım faaliyetlerinin sürdüren Ericsson Microelectronics Design Center bir çok uluslu projede CEA ile ortaklık yapmaktadır. Benzeri ortaklıkların ulusal projelerde de yapılabilmesi CEA ya da Acreo benzeri bir enstitünün Türkiye'de faaliyete geçmesi ile mümkün olabilir.

Yazılım sağlamak: Tümdevre tasarım yazılımları için ülke lisansı almaya çalışmalı ve yukarıda açıklandığı üzere bunu üniversitelere ücretsiz olarak ve küçük firmalara düşük ücretlerle aktarmalıdır. Bu şekilde, üniversitelerdeki eğitimin önündeki engeli düşürecek ve yeni firmaların büyük masraflar yapmadan yazılımları elde etmesini sağlayacaktır. Aktarılan lisansların amacına uygun kullanımı periyodik faaliyet raporları ile kontrol edilebilir.

Yeni firmalar kurulmasını sağlamak: Özellikle yurt dışında çalışmakta olan tecrübeli mühendislerin Türkiye'ye dönmesini aktif olarak desteklemelidir. Bu tip mühendislerin aklındaki tasarım fikirlerini değerlendirerek başarılı olacağına inandığı projeleri maddi olarak desteklemelidir. Bu destek, mekan, yazılım, küçük bir sermaye ve ilk bir yıl için maaş desteği şeklinde olacaktır. Firmalar büyüdükçe kira ödemeye başlamalı, yazılım desteği hariç diğer desteklerden çıkmalıdır. Bu destek karşılığı, **MiMüM** yeni kurulan firmanın karına ortak olmalı, firmanın belirli bir boyuta gelmesini müteakip firma sahipleri öncelikli olmak üzere hissesini satmalıdır. Bu tip bir iş modeli sayesinde birkaç yıl içinde **MiMüM**'in desteklediği yeni firmalar olduğu gibi gelir elde ettiği bazı firmalar ve hisselerini devretmesi sonucu biriktirmiş olduğu sermaye olacaktır. Uzun vadede **MiMüM**'in kamu kaynaklarını kullanmayarak kendi kendine yeterli hale gelmesi beklenebilir.

Eğitime katkıda bulunmak: Mikroelektronik tasarımı ile ilgili eğitim ülkemizde birkaç üniversitede verilmekte olup bu konuya ilgi duyan diğer üniversite öğrencileri, bu üniversitelerdeki dersleri misafir öğrenci olarak takip etmek durumunda kalmaktadırlar. Diğer illerden gelen öğrenciler için bu da mümkün olmamaktadır. Mikroelektronik ile ilgili açılan dersler **MiMüM** bünyesinde açılmalı, uzaktan eğitim ile diğer üniversite

öğrencilerinin bu dersleri almaları sağlanmalıdır. Ayrıca, **MiMüM** bünyesinde firma kurmuş doktoralı mühendislerin de ders açmaları sağlanmalı, böylece ders profili genişletilmeli ve bu kişilerin uzmanlığından faydalanılmalıdır.

Görünürlüğü ve meslek içi eğitimi sağlamak: **MiMüM**, yukarıda bahsi geçtiği şekilde her yıl en az bir kurs açmalı, bu kursa yurt dışından önemli bilim insanlarını getirmelidir. Türk öğrencilere ücretsiz olan bu kurslar Avrupa üniversitelerinin ders programlarının kabul edebileceği şekilde (EuroDOTS) olmalıdır. Zaman içinde Avrupa ve Ortadoğu'dan katılımcıların artması ile kursların maddi olarak kendi kendisini döndürmesi sağlanabilir. **MiMüM**, bu kurslara organizasyon, mekan ve bütçe olarak destek vermeli, ileriki yıllarda bütçe desteği ortadan kalkmalıdır. Aynı zamanda **MiMüM**, hem enstitü olarak, hem de üniversitelere sponsor olarak mikroelektronik konusundaki önemli konferansların Türkiye'de yapılmasını sağlamalıdır.

Kamu harici bütçeler aramak: **MiMüM**, ilk yıllarında hem firma destekleri, hem yazılım alımı, hem de diğer idari destekleri açısından kamu kaynaklarına bağımlı olacaktır. Bu bağımlılığı bir nebze olsun azaltabilmek için **MiMüM** Türkiye'de zaten küçük olan mikroelektronik endüstrisinden kaynak bulmaya çalışmanın yanı sıra AB programlarına başvurmalı ve destek almaya çalışmalıdır.

Yabancı tasarım firmaları ile temaslar: **MiMüM**, yukarıda anlatılan imkanlarından yararlanmak amacıyla yabancı tasarım firmalarını Türkiye'ye çekmeye çalışmalıdır. Ancak, bu firmalara maddi destek vermek **MiMüM**'in görevleri arasında olmamalıdır.

Temsiliyet: **MiMüM** aynı zamanda sektörde faaliyet gösteren firmaları temsil de edecektir. Şu anda hali hazırda faaliyet gösteren firmalar sorunlarını ve mikroelektronik konusunda önerilerini bürokratlara dile getirecek bir yol bulamamaktadırlar. **MiMüM** çatısı altında bu temsiliyet sorunu giderilebilir ve firmalar da mikroelektronik sektörünün gelişmesini sağlayacak önerilerini dile getirebilir. Böylece sektörün gelişmesi için daha verimli adımlar çok daha kısa sürede atılabilir.

5. **Son Söz**

Yukarıda anlatıldığı üzere Türkiye'de mikroelektronik sektörünün kendiliğinden gelişmesi çok zordur. Eğer bu konuda Türkiye'nin söz sahibi olması isteniyorsa bu konuda aktif olarak çalışılmalıdır. Yeni firmalar kurulmasını sağlayacak Para-Ürün-Para döngüsünü yaratacak kazan-kazan iş modelleri üretilmelidir. Dünya çapında ürün/endüstri ancak emeğe ve alt yapıya dünya çapında yatırımla mümkündür.

Kaynakça

- [1] G.S. May, S.M. Sze, "Fundamentals of Semiconductor Fabrication" Wiley, April 11, 2003, (ss. 1-2)
- [2] World Electronic Industries 2008 – 2013, Executive summary, April 2009 http://www.decision.eu/doc/brochures/exec_wei_current.pdf

- [3] Microelectronics and systems: A Key Enabling Technology for Europe,
<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/documents/10157/130815/130620%20A4%20Fiche%20KETs%20Micro%20electronics%20-%2018%20June%20v1.pdf>
- [4] National Microelectronics Institute, press release,
<http://www.nmi.org.uk/news/press-releases/nmi-announces-uk-electronics-skills-foundation-to-address-threat-of-diminishing-skills>
- [5] <http://semiconductorconnect.org>
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(nominal\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal))
- [7] N. Weste, D. Harris, “CMOS VLSI Design”, Addison-Wesley, 3/e, 2004
- [8] <http://electroiq.com/blog/2012/04/top-25-fabless-ic-companies-in-2011/>
- [9] <http://mead.ch/MEAD/>
- [10] <http://www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-scotland-business-12277560>
- [11] http://www.btimes.com.my/Current_News/BTIMES/articles/20131017235103/Article/index_html
- [12] <https://www.acreo.se/about-us>
- [13] <http://www.cea.fr/english-portal/cea/identity>