

하나의 '칩' 에 IT · 나노 · Bio가

기획연재순서

- ① DNA
- ② 반도체
- ③ 자동차
- ④ 로봇
- ⑤ 항공기술

글_ 유희준 한국과학기술원 전자과 교수 hjwoo@ee.kaist.ac.kr

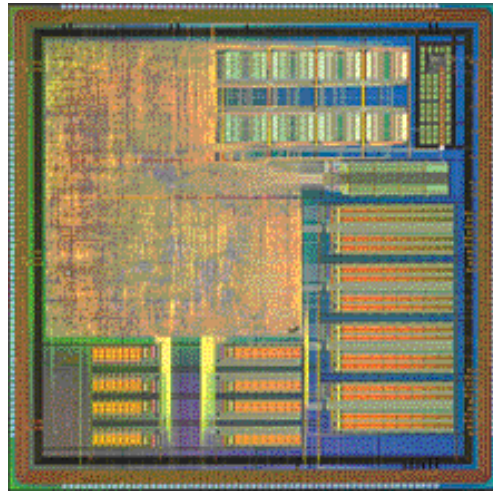
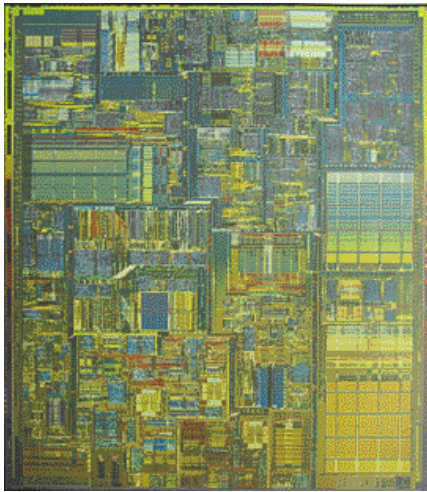
미 래 성장동력의 하나로 차세대 반도체가 선정되었다. 차세대 반도체란 무엇을 말하는 것일까? 현재의 반도체와 무엇이 다를까? 반도체라는 단어는 우리에게 고수의 첨단 기술이면서도 우리나라가 세계적인 기술 수준을 보유하고 있으며 시장 지배력도 큰 자랑스런 '먹거리 산업'이라는 인식이 국민들에게 심어져 있어서 이를 막연히 미래형으로 투사한 것을 차세대 반도체라 인식되고 있는 것 같다. 산업의 내용이 변하였다기보다는 단순히 시간 축이 바뀌었다는 정도의 개념으로 사용되는 것은 아닌지 궁금하다. 정말 기술의 내용과 산업의 환경에는 변화가 없는 것일까? 만일 기술과 산업이 과거의 것과 다른 것이라면 우리는 과연 어떻게 경쟁력을 유지해 나아가야 할 것인가? 이러한 의문에 대해 공정, 설계 및 응용 측면에서 답을 해 보며 또한 국가의 정책 방향에 대해서도 살펴보자.

지식집약적 산업으로의 산업 환경 변화

DRAM이라는 메모리 반도체로 대표되는 종래의 반도체 산업은 2조원 정도가 소요되는 공장이 여러 개가 필요한 자본 집약적이며 노동 집약적인 장치 산업이다. 대기업의 과감한 투자, 정부의 지원 정책 그리고 국가 인재들의 열과 성에 의해 70년대 미국, 80년대 일본에 이어 90년대 중반부터 한국이 세계의 주도권을 잡으면서 최첨단 산업에 대한 자신감을 한국민에게 심어주고 있다. 64M DRAM부터 256M DRAM 그리고 1G DRAM에 이르기까지 한국의 기업들이 세계 기술과 시장에서 선두를 달리고 있는데 이들 기업의 특징은 공정, 제조 기술 및 설계에 이르기까지의 일관된 산업군을 내부 또는 계열사 형태로 거느리고 있다는 점이다. 즉, 자체에서 기획한 메모리 제품을 자체 설계팀에서 설계한 뒤 자체 공장에서 자체 공정으로 제조하



김지현



〈SoC의 예〉

여 패키지하여 자체 영업망을 통해 판매하는 수직 계열형의 기업 (IDM: Integrated Device Manufacturer)들이다. 또한 메모리 제품은 PC로 대표되는 컴퓨터의 주메모리라는 확실한 대량 소비 시장이 존재하고 있어 제조사가 해당 표준에 맞추어 제조를 하면 대량 판매가 가능한 '제조 중심'의 시장 구조가 형성되어 있다. 물론 이의 배경에는 '윈텔'로 대표되는 마이크로 소프트웨어의 윈도우 OS와 인텔사 펜티엄 CPU의 표준이 이미 시장에 형성되어 있기 때문에 이 표준에 발빠르게 대응하여 고품질의 메모리를 제조하면 대량 소비가 가능하다는 점이다.

또한 하나의 제품이 시장을 석권하면 수조원의 이익이 남는, 단일품이면서도 대량의 소비가 이루어지는 매력적인 시장임이 틀림없지만 '윈텔'로 대표되는 표준화 주도 그룹의 제품 즉 PC 시장의 상황에 따라 엄청난 적자를 볼 수도 있는 리스크가 매우 큰 산업인 것이다. 이러한 메모리 반도체 시장은 엄청난 규모의 투자, 전체 공정의 자체 소유 및 소품종 다량 생산이 그 특징이다. 하지만 시장 상황이 나빠질 때 발생하는 큰 적자, 게다가 PC 시장 상황의 불확실성 등이 기업에는 너무 큰 부담이 되어 과거에 미국과 일본이 그러했듯 우리나라에서도 메모리 회사의 합병 그리고 회사의 불안정 등이 큰 사회 문제가 되기도 했었다.

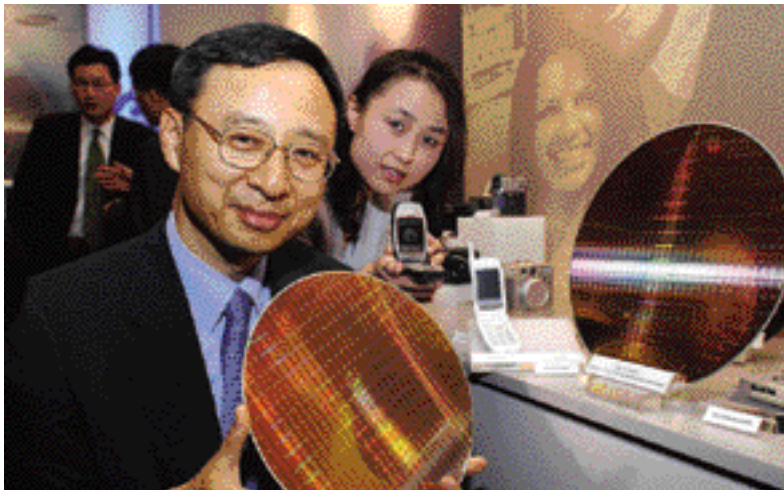
이에 비해 최근의 반도체 산업은 'IT SoC'로 대표되는데 상대적으로 '소규모 투자', '분업화', '다품종 소량생산' 및 '소비자 중심'의 시장이 그 특징이다. 이제 더 이상 PC 분야가 반도체를 가장 많이 소비하는 시장이 아니다. 휴대폰이나 게임기와 같은 디지털 가전 제품 등에서 PC보다 더 복잡하고 더 성능이 좋은 반도체들이 더 많이 사용되고 있다. 이러한 시장에서는 각 제품군

이나 기술군별 소비자 중심으로 '표준화'가 진행되며 초기 선점 시 메모리만큼이나 큰 이익을 얻게 되는 다양한 시장이 형성되고 있다. 이러한 정보 통신 기기라는 제품 수명이 짧고 변덕스런 시장에서의 요구를 반도체에 직접 반영하기 위해서는 전문화된 설계 회사가 전력으로 제품을 기획하고 설계하여야만 한다. 이후 자체 제품은 가지고 있지 않지만 제조만을 전문으로 하는 회사 (Foundry)에 설계 도면을 넘겨서 제품을 생산한 뒤 다시 제3의 패키지 회사를 통해 포장하고 또 다른 영업 전문회사에 위탁하여 제품을 판매하는 분업화로 사업이 진행된다.

이러한 분업과 협업을 통해 투자 위험을 줄이고 기술표준화와 시장의 개방화로 밸류 체인을 더욱 늘려 보다 큰 시장을 형성하려는 시도가 늘고 있다. 즉, 최근의 반도체 산업은 상대적으로 소규모 투자이지만 시장의 흐름을 꿰뚫어 볼 수 있어야 하는 지식 집약적인 산업으로 변모하고 있는 것이다. 이러한 산업 환경의 변화는 무엇 때문에 발생하는가.

3년마다 집적도 4배씩 증가

반도체 분야에서는 '무어의 법칙'이라는 법칙 아닌 법칙이 지배하고 있다. "3년마다 DRAM의 집적도가 4배씩 증가한다"는 인텔사의 전직 회장인 무어 씨의 예측이 법칙처럼 맞아 떨어지고 있는 것이다. '포토리소그래피'라는 사진 식각기술의 발전에 의해 반도체 웨이퍼상에 그려넣을 수 있는 최소 크기가 0.1마이크로미터를 넘어 0.05 마이크로 즉 50나노미터도 그리 어려운 기술이 아니게 되었다. 즉 나노 테크놀로지 시대로 들어선 것이다. 이제까지 많이 사용되는 펜티엄 CPU가 0.25 마이크로로 제작



삼성전자 메모리 사업부 황창규 사장이 D램에 이어 메모리 시장을 주도하고 있는 플래시 메모리(휴대폰이나 디지털카메라 등에 사용) 300mm 웨이퍼를 들고 있다.

되므로 50 나노미터 기술로 동일한 칩을 제작한다면 칩의 크기는 1/25로 줄어들 것이다. 또한 칩 제조 공정 기술의 발달로 한번에 제작할 수 있는 칩의 크기도 가로 세로가 각각 2.5cm에 이를 정도로 커지고 있으며 다양한 형태의 소자들을 같이 제작할 수가 있게 되었다. 극소형 모터나 기계 장치(MEMS: Micro-electro-mechanical System)가 종래의 CMOS 집적회로와 같이 제작되며 바이오센서 등도 반도체 칩과 함께 제작되기에 이르렀다. 종래의 정보 통신 즉 IT기술을 담을 수 있을 뿐 아니라 나노와 바이오까지 한 칩으로 제작하는 것이 가능해진 것이다.

나노 기술의 도입에 따라 칩에 더 많은 소자들을 집적하는 것이 가능하게 되어 종래에는 여러 개의 보드나 칩들로만 구현할 수 있었던 복잡한 시스템 기능들이 이제 하나의 칩상에 구현할 수가 있게 되었다. 이러한 칩을 정보통신용 SoC, 즉 IT SoC(System on a Chip)라 부른다. 보통 DRAM을 개발하는 데에는 칩 설계에서부터 제작에 이르기까지 약 1년에서 1.5년의 기간이 소요되었다. 하지만 최근의 휴대폰에서 볼 수 있듯이 제품의 수명이 6개월 정도로 짧아져 모든 기능을 담고 있는 SoC 칩의 제작도 단기간에 진행되어야만 된다. 즉, 예전보다 더 복잡한 SoC 제품에 대해 기획에서부터 설계에 이르기까지를 더욱 단기간에 완료하여야만 한다. 단기간에 칩을 개발하기 위해서는 FPGA(Field Programmable gate Array)와 같이 소프트웨어로 칩의 하드웨어 자체를 바꾸어 기능을 부여하는 방법이 사용되고 있지만 칩의 크기나 소모 전력과 같은 특성의 최적화가 어려워 문제로 제기되고 있다.

IT SoC는 내부에 CPU, 메모리, DSP(Digital Signal

Processing)와 같은 기능 회로 및 각종 주변 회로들을 한 칩으로 집적한 것을 말한다. 이러한 복잡한 칩을 단기간에 문제없이 설계해 낸다는 것은 불가능에 가깝다. 이를 해결하고자 예전에 설계되어 검증이 끝난 제품들의 설계도면들을 그대로 다시 사용하여 이들을 단순히 연결하는 것만으로 복잡한 IT SoC의 설계를 하려는 시도가 있다. 미리 설계되어 이미 검증이 끝난 제품의 설계도면을 특별히 '반도체 지적 재산권(IP)'이라 부른다. 이러한 IP들은 자체 개발도 가능하지만 다른 전문 설계 회사에서 따로 개발된 것을 구입하여 자체 개발 IP들과 조합하여 IT SoC를 설계하게 된다. 토목공사에서 미리 제작된 벽돌을 쌓기만 하여 건물을 짓듯이 또는 레고 놀이처럼 조립하듯이 복잡한 IT SoC를 설계하는 방법들이 사용되고 있다.

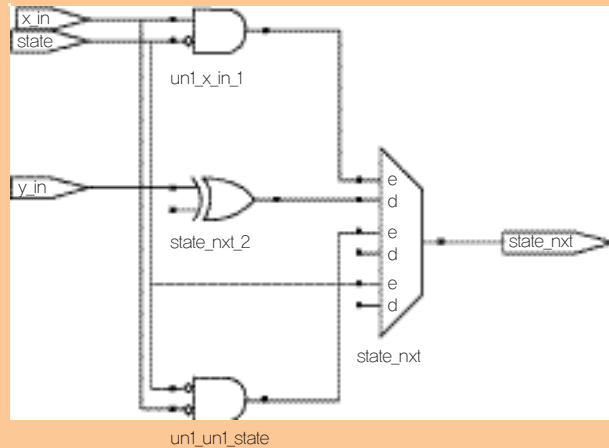
주택 건설에서 독특한 건물을 지을 수도 있지만 표준형 모델 하우스를 지어 놓고 추후 약간의 변형으로 고객의 요구에 대응할 수도 있는데 이에 해당하는 방식이 바로 PBD(Platform Based Design)란 방법이다. 이 경우 대부분의 핵심 IP를 이미 배치해두고 특정한 부분만 소프트웨어로 변경 가능하도록 남겨 둔 것을 말한다. 이렇게 되면 고성능의 IT SoC를 보다 쉽게 설계하는 것이 가능하게 된다. 또한 성능이 좋은 다양한 IP들을 빠르게 입수하는 것도 매우 중요한데 이는 대부분 인터넷 탐색 및 사이버거래로 이루어지며 종래의 반도체 산업과는 큰 차이를 보인다.

차세대 반도체 산업은 마이크로 시스템 산업

PC만이 아니라 차세대 성장 동력원인 이동 통신, 디지털 가전 기기, 자동차 등에서 반도체가 많이 사용되며 앞으로는 로봇

```

always @ (x_in or y_in or state)
begin
  case (state)
    0: if (x_in) state_nxt (<= state ^ y_in;
        else state_nxt (<= state;
    1: if (x_in) state_nxt (<= state | y_in;
        else state_nxt (<= state;
  endcase
end
    
```



〈IP의 예〉


및 의복형 컴퓨터 등에도 널리 사용될 전망이다. 이러한 차세대 성장 동력원은 대부분 시스템 산업이다. 하지만 이러한 시스템 산업의 핵심 부가가치는 바로 IT SoC로 제작되어 칩 형태로 판매된다. 예로 미국의 켈컴사는 CDMA 기술, 즉 이동 통신 시스템 회사이지만 결국 CDMA 칩을 판매하고 있다. 우리나라는 CDMA 통신산업의 종주국이라 자찬하고 있지만 결국 미국에서 수입한 켈컴사 칩에 껍데기만을 씌워서 판매하는 저수익 산업일 뿐이다.

이러한 예에서 보듯이 차세대 반도체 산업이란 더 이상 반도체 산업이 아닌 시스템 산업인 것이다. 표준화된 시스템을 앞세워 시장 개척을 하며 서비스 산업적인 마인드를 가지고 칩을 판매해야 하는 것이다. 즉, 미래의 반도체는 대형 시스템 산업과 함께 각종 서비스(즉 소프트웨어들)와 함께 공동으로 판매되어야 하는 '마이크로 시스템'으로 보아야 하는 것이다. 이 경우 양산 공정 중심의 판매 마인드보다는 시스템 중심의 서비스 마인드가 핵심 경쟁력이 될 것이며 정보 통신 시스템 산업과의 긴밀한 연계가 무엇보다 중요하다.

정통부에서는 정보 통신용 기기들의 부품에 대한 국산화 방안 그리고 이를 통한 국내 정보 통신기기들의 경쟁력 강화를 위해 IT SoC에 대한 지원 정책을 펼치고 있었는데 최근 차세대 반도체의 미래가 정보 통신 시스템과의 긴밀한 연계에 있다는 의식과 함께 IT SoC의 중요성을 다시 정립하고 있다.

앞서 살펴 본 바와 같이 IT SoC 산업은 하나의 회사나 학교 또는 연구소의 단독 연구만으로는 성공할 수가 없는 대형 산업이 되어 버렸다. 따라서 이의 효율적인 산업화를 위해서는 국내의

산학연관 모든 역량을 결집할 수 있는 국가 시스템을 구축할 필요가 있다. 또한 대부분의 IT SoC회사들이 중소기업인 점에 주목하여 복잡하고 비싼 SoC를 '싸고 쉽게' 제작할 수 있는 기술적 정책적 인프라 시스템을 구축하려 한다. 아울러 이동통신사 및 휴대폰사 등과 같은 시스템회사와 해당 IT SoC 회사들을 연계하여 컨소시엄을 형성토록 돕고 이들이 함께 공동 제품 기획 및 공동 마케팅을 할 수 있도록 지원코자 한다.

국민 소득 2만 달러 시대를 이루기 위해서는 반도체 산업 그 자체의 발전뿐 아니라 국민 의식에 있어서도 큰 변화가 필요하다. 보다 진취적이고 이성적인 사회 시스템이 구축되어야 하며 도전을 두려워하지 않는 청년 정신이 요구된다. 반도체 산업은 지난 20여년 간 최첨단 산업으로서 산업 자체의 발전과 함께 가능성을 심어주는 등 국민의식의 변화에도 큰 기여를 하였다. 이제 반도체 산업은 표준화를 통해 모뎀화하며 적극적으로 개방하여 큰 시장을 노리는 21세기형 패러다임 전환을 리드해 나아갈 것이다. 이를 통해 종래의 장치 집약적 반도체로부터 지식집약적 반도체 산업으로 거듭날 것이며 최종 고객에게 솔루션을 제공하는 정보 통신 서비스 산업, 마이크로 시스템 산업으로 발전해 나아갈 것이다. 



글쓴이는 서울대 공대 전자공학과 졸업, KAIST 전기 및 전자공학 석·박사, 미국 Bell Communications Research 연구원, 현대전자 반도체연구소 DRAM 설계 실장(수석연구원), 국립 강원대 전자공학과 조교수, 제9회 한국반도체학술대회 학술위원장 역임, 현 시스템집적반도체기반기술개발사업 설계기술 연구관장