



**Verdens vigtigste selskaber
& fremtiden for computing**

Verdens vigtigste selskaber & fremtiden for computing

Af Morten Springborg,

Temaspecialist, C WorldWide Asset Management Fondsmæglerselskab A/S.

Nøgleindsigter

- Moores lov har været en af de vigtigste drivkræfter bag produktivitetsforøgelse og økonomisk vækst i de seneste 50 år.
- En fortsat fordobling af computerkraft med faste mellemrum bliver stadig vanskeligere at opnå og vil afhænge af nogle få selskaber, som i dag er blandt verdens vigtigste.
- Når Moores lov på et tidspunkt ophører, vil det ikke bremse udviklingen inden for computing. I fremtiden vil der foregå en sammensmeltning af traditionel silicium-baseret computing og nye typer computing, som bygger på neuromorfiske og kvantepprincipper.

I mere end 50 år er der udviklet teknologier i halvlederindustrien, der har sikret en fortsættelse af Moores lov – dvs. en løbende fordobling af det antal transistorer, der indgår i et integreret kredsløb og dermed en eksponentiel vækst i computerkraft. Moores lov har spillet en central rolle i forøgelsen af produktivitet og udviklingen af forretningsmodeller og dermed i den økonomiske vækst.

Udviklingen i halvleder-økosystemet angives ofte med begrebet "node"-størrelse, dvs. afstanden mellem de enkelte transistorer. Noder er blevet stadig mindre i løbet af de seneste årtier i takt med, at teknologien til

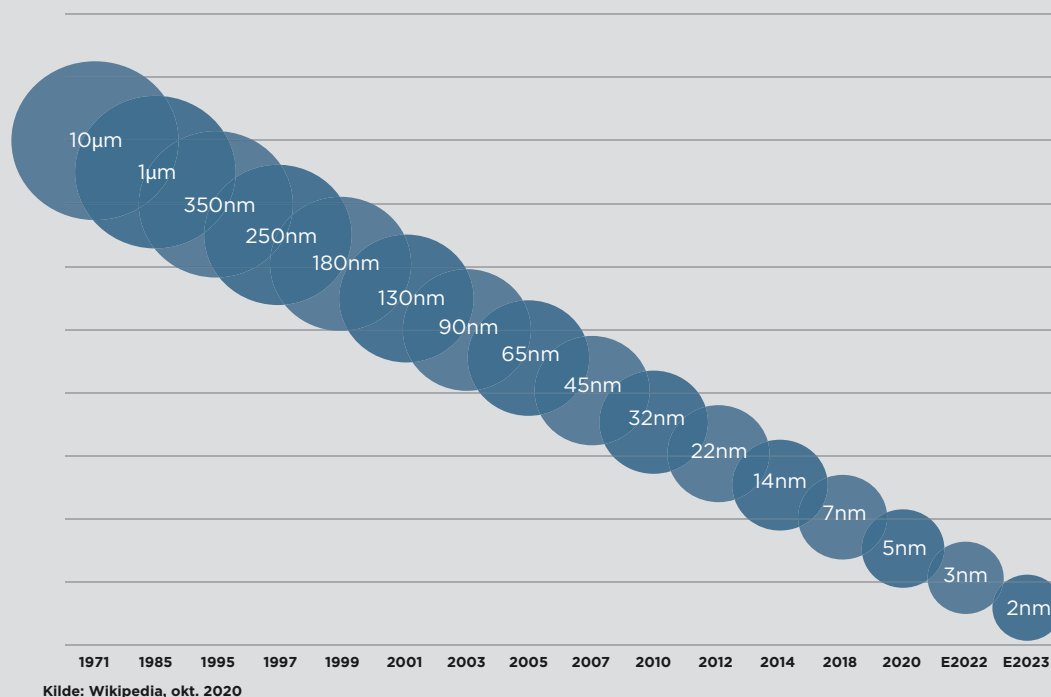
fremstillingen er blevet bedre og bedre. I starten af 1970'erne arbejdede man med en nodestørrelse på 10 mikrometer (μm), mens de mindste størrelser i dag er 2000 gange mindre i niveauet 5 nanometer (nm), se figur 1 på næste side.

Computerchips og EUV

Computerchips produceres ved, at de "printes" på en siliciumskive. Dette gøres ved at sende lys gennem en fotomaske, som skærer gennem silicium og ætser mønstret på en skive. I takt med at transistorerne gøres mindre, skal lyskilden også gøres mindre og mere præcis, fordi det er lysets bølgelængde, der afgør, hvor små dimensioner, der kan ætzes ved hjælp af lyskilden.

Litografiudstyr kategoriseres efter lyskilde og dermed bølgelængden på det lys, der anvendes til at eksponere siliciumskiven. I takt med at afstanden mellem de enkelte transistorer blev stadig mindre, blev det nødvendigt med endnu mindre bølgelængder til at producere et integreret kredsløb. Det var dette behov, der førte til ekstremt ultraviolet litografi (EUV). Det blev skabt gennem et omfattende arbejde på tværs af sektoren over en periode på 20 år, hvor det hollandske selskab ASML spillede en central rolle.

Figur 1: Halvleder-noder gennem tiden



Stadige fremskridt på alle værdikædens niveauer har altid været afgørende for, at Moores lov fortsat kunne gælde, men i vores optik har særligt én bestemt udvikling på udstyrssiden været afgørende for, at der er gjort fremskridt inden for sektoren, nemlig inden for litografiteknologi.

ASML er afgørende for fortsættelsen af Moores lov

ASML er efter vores overbevisning verdens vigtigste selskab i dag. Verden ville ikke være den samme, hvis selskabet forsvandt i morgen. Forud for udviklingen af EUV var der tre leverandører af den forrige teknologi, DUV-udstyr – japanske Nikon, Canon samt ASML. I dag spiller ASML en endnu vigtigere rolle i fortsættelsen af Moores lov, da ASML's to japanske konkurrenter begge har opgivet at udvikle deres egen teknologi. ASML er i dag eneste leverandør af teknologien bag EUV-litografi.

EUV-litografisystem

Et EUV-litografisystem består af flere hundredtusinder komponenter og er en af de mest komplekse maskiner, der nogensinde er skabt. Denne enorme udviklingsindsats kan ikke undervurdes. Var udviklingen ikke fortsat, ville Moores Lov ikke længere være gældende, chip-industrien ville ikke længere være i vækst, og vi ville formentligt opleve en markant lavere produktivitetsvækst i verdensøkonomien.

Hoya er den eneste leverandør

Hoya er et førende japansk teknologiselskab med aktiviteter inden for fire hovedområder, som alle har det tilfælles, at de udspringer af mange års intens udviklingsaktivitet inden for glasteknologi. Vi mener, at selskabets fotomaske-aktiviteter er de mest spændende.

Hoya er en væsentlig aktør, hvor en masseudbredelse af EUV-litografi vil medføre robust efterspørgsel.

Vi har ikke et præcist estimat på prisen for en EUV-fotomaske, men Hoya har antydnet, at den svarer til prisen på en mellemklassebil – lad os sige USD 30.000, hvilket er 10-20 gange mere end prisen på en optisk maske til den forudgående teknologi, DUV. I takt med udbygningen af EUV i løbet af de kommende år vil denne forretning udgøre en større andel af Hoyas samlede salg, da selskabet i dag er eneleverandør af fotomasker til Samsung og TSMC. Konkurrenten AGC er leverandør til Intel, men Intel er ikke lykkedes med kommerciel produktion med EUV. Hoya er derfor pt. den eneste leverandør af fotomasker til EUV.

Halvlederfabrikation

I 2001 producerede næsten 30 chip-selskaber "leading edge"-chips (de nyeste og mest avancerede chips). Fremadrettet vil der sandsynligvis kun være to tilbage, nemlig TSMC og Samsung, nu hvor Intel har meldt ud, at man overvejer at outsource produktionen af leading edge-chips – jf. Indsigten [Sommerfugle-effekten og Taiwan](#). Foruden den tekniske kompleksitet, som produktion på et atomart niveau indebærer, bliver omkostningerne uforholdsmæssigt høje for alle med undtagelse af de producenter, der er førende på volumen. Omkostningerne til en chipfabrik ventes i 2022 at løbe op i USD 16 mia. eller mere, mens R&D-udgifterne til opstart af en chipfabrik kan løbe op i USD 4 mia.

TSMC på forkant med udviklingen

Man kan diskutere, hvem der fortjener at komme i teknologiens "Hall of Fame", men en af dem ville afgjort være TSMC's stifter Morris Chang. Mens Chang arbejdede for Texas Instruments (TI) i 1980'erne, så han de udfordringer, som uafhængige halvlederfabrikanter uden egne produktionsfaciliteter havde ift. at løbe noget nyt i gang. Dengang kostede det typisk USD 50-100 mio. at starte en ny chipproduktion, primært på grund af de store investeringer i produktionsapparatet. Som ny producent kunne man indgå en produktionsaftale med Intel, Texas Instruments eller Motorola, men det var ikke en holdbar løsning – og desuden var de konkurrenter til en selv. I midten af 1980'erne blev

Chang af Taiwans regering bedt om at undersøge, hvordan Taiwan kunne investere med henblik på at opbygge globale teknologikompetencer. I et interview i 2007 udtalte Chang:

"Mens jeg var hos TI og General Instrument, oplevede jeg, at mange designere af integrerede kredsløb gerne ville væk og begynde for sig selv, men det eneste,... der forhindrede dem i at forlade selskaberne, var, at de ikke kunne rejse penge nok til at etablere deres egen virksomhed. Det var fordi... den gængse holdning var, at hvert enkelt selskab var nødt til at kunne producere selv... og den del udgjorde den mest kapitaltunge del af en halvledervirksomhed. Så jeg tænkte, at måske kunne TSMC som et rent produktionsselskab være løsningen. Og fordi vi var i stand til at levere en løsning, blev disse designere i stand til at etablere deres egne selskaber, hvorefter de blev kunder hos os, og de vil fortsat udgøre et stabilt og voksende marked for os."

Resten er historie. TSMC opbyggede stordrift ved at kunne tilbyde produktion til en lang række selskaber uden eget produktionsapparat, og med tiden voksede TSMC sig større end brancheførende Intel. Derimod har selskaber som bl.a. Apple, Amazon, Nvidia og AMD været i stand til at udnytte kompetencerne i TSMC's produktionsøkosystem og dermed udfordre Intels position, når det gælder en samlet chip-ydelse. Man kan formentlig sige, at TSMC har været afgørende for den vækst, som de fleste af verdens halvlederproducenter har oplevet.



Man kan formentlig sige, at TSMC har været afgørende for den vækst, som de fleste af verdens største halvlederproducenter har oplevet.

Hvor længe kan EUV forlænge Moores lov?

Den næste generation af såkaldte high-NA EUV-maskiner giver forhåbninger om, at man kan opnå 2 nm, måske endda 1 nm inden udgangen af dette årti. Samtidigt er

der flere muligheder for at holde Moores Lov i live, bl.a. ved hjælp af nye materialer og med udviklingen af nye typer chips. Når vi bevæger os under 1 nm og begynder at måle node-størrelse i picometer, vil fysikkens absolutte grænser dog manifestere sig, da selv verdens klogeste hoveder ikke kan bryde fysikkens love. Når vi på et tidspunkt når grænsen, vil der dog stadig være en sidste mulighed – nemlig ved at placere transistorerne oven på hinanden. Ved at stable transistorer kan man automatisk fordoble, tredoble eller endda firedoble antallet af transistorer pr. kvadratmillimeter, hvilket vil give et væsentligt potentiale, forudsat at problematikken med for høj varme kan løses.



Fremtidens computing vil (og kan) ikke være baseret på stadigt større databehandlingskraft (dvs. Moores lov), men vil i højere grad bygge på forståelse af og inferens fra enorme datasamlinger.

Vi ved kort sagt ikke, hvor længe Moores Lov vil gælde fremadrettet, men der er sandsynligvis stadig mulighed for endnu nogle fordoblinger. I dag har de mest avancerede chips mere end 50 mia. transistorer, og ved at gå fra 7 nm til potentielt 1 nm vil vi måske frem mod 2030 kunne ottedoble dette tal til 400 mia. transistorer, før det bliver nødvendigt at gå tredimensionelt. Dertil skal lægges muligheden for at optimere software og dermed opnå en hurtigere kodeafvikling.

Selvom chipproducenterne er i stand til at klemme et par ekstra generationer af endnu mere avancerede mikrochips ind, er de dage talte, hvor vi kunne regne med hurtigere, billigere chips omtrent hvert andet år. Det er dog ikke ensbetydende med, at udviklingen inden for computere vil slutte. Faktisk har vi brug for et nyt paradigme for at kunne udnytte potentialet i edge-computing-alderen. Fremtidens computing vil (og kan) ikke være baseret på stadigt større databehandlingskraft, dvs. Moores Lov, men vil i højere grad bygge på forståelse af og inferens fra enorme datasamlinger. Gennembrud inden for fysikken og de biologiske videnskaber er de nye redskaber, der skal drive kunstig intelligens, Internet of Things (IoT) og autonom robotteknologi fremad. Når Moores Lov med tiden rinder ud, vil neuromorfisk og kvantecomputing samt traditionel databehandling i forening skabe en helt ny æra inden for computing.

Denne artikel er markedsføringsmateriale udarbejdet af C WorldWide Asset Management (CWW). Artiklen er alene ment som generel information og udgør ikke et tilbud eller en opfordring til at gøre tilbud, ligesom den ikke skal betragtes som investeringsrådgivning eller som investeringsanalyse. Artiklen er således ikke udarbejdet i henhold til de regler, der er fastsat for at fremme investeringsanalysers uafhængighed, og artiklen er ikke genstand for noget forbud mod at handle forud for udbredelsen af investeringsanalyse. Meninger og holdninger gengivet i artiklen er alene aktuelle pr. publikationsdatoen. Artiklen er udarbejdet på baggrund af kilder, som CWW anser for pålidelige, og CWW har taget alle rimelige forholdsregler for at sikre, at informationen er så korrekt som muligt. CWW kan dog ikke garantere informationens korrekthed og påtager sig intet ansvar for fejl eller udeladelser. Artiklen må ikke gengives eller videredistribueres helt eller delvist uden CWW's forudgående skriftlige samtykke. Historiske afkast er ingen garanti for fremtidige afkast. Prospekt og dokument med central investorinformation er tilgængelig på cww.dk.

INVESTERINGSFORENINGEN C WORLDWIDE

Dampfærgevej 26 · 2100 København Ø

cww.dk · Tlf.: 35 46 35 00 · cww@cww.dk · CVR 14 21 13 49

Q4 2020