GOSPODARKA · ANALIZA

PÓŁPRZEWODNIKI RODEM Z CHIN. CZY ZACHÓD MA KŁOPOTY? CZ. 2

Ernest Dorsz · 18 lipca 2023

Mam nadzieję, że w poprzedniej części artykułu udało mi się przybliżyć, jak wygląda chiński sektor maszyn i oprogramowania do produkcji układów scalonych. W kwestii oprogramowania ChRL radzi sobie naprawdę nieźle. Powstanie modelu mikroarchitektury RISC-V, niewymagającej kupna licencji, dodatkowo sprzyja chińskiemu przemysłowi półprzewodnikowemu. Wydaje się, że Opatrzność nad nimi czuwa. Niestety, sektor maszyn nie wygląda już tak dobrze. I chociaż Chinom udało się dokonać naprawdę imponujących rzeczy, cały czas „odległość" dzieląca ich od Zachodu wynosi około 10 lat.

Sprawa wygląda jednak zupełnie inaczej, jeżeli poddać analizie osiągnięcia Chińczyków przy wykorzystaniu importowanych maszyn. Właśnie to postaram się Państwu przybliżyć w niniejszej części.

Fabryki

Do tej pory w artykule używana była zbiorcza nazwa „czipy" czy „układy scalone", jednak w tym momencie konieczne jest rozróżnienie poszczególnych rodzajów układów scalonych, gdyż czip czipowi nierówny (dziwne, w Reutersie o tym nie pisali). Współczesne komputery w przerażającej większości zbudowane są na zasadzie architektury Von Neumanna. Tak, wiem, brzmi to strasznie. W rzeczywistości jest jednak bardzo proste. Chodzi o to, że układ scalony, który liczy i przetwarza informacje (procesor), jest odseparowany od układu scalonego, w którym te informacje są przechowywane (pamięć). Żeby zrobić komputer, potrzeba więc dwóch czipów – procesora oraz pamięci. Analitycy głównie skupiają się na tej pierwszej kategorii, ale proszę wyobrazić sobie, jak działałby taki komputer bez pamięci. Przydatna może się okazać analiza przypadku pana Henry'ego Molaisona, który w 1953 r. został poddany eksperymentalnej procedurze leczenia padaczki. Mianowicie, lekarz wyciął mu z mózgu oba hipokampy, czyli strukturę, która odpowiada za przenoszenie (nazywane czasami konsolidacją) informacji z pamięci krótkotrwałej do długotrwałej. Mózg pana Molaisona po zabiegu funkcjonował bardzo dobrze, poza drobnym szczegółem – nie był w stanie zapamiętać niczego na dłużej niż parędziesiąt sekund (co ciekawe, napady padaczkowe zelżały). W podobny sposób działałby nasz komputer bez pamięci. Wśród rodzajów układów scalonych wyróżniamy:

- Układy logiczne

Do nich zaliczane są procesory, karty graficzne, układy przeznaczone do treningu sieci neuronowych. Za każdym razem, kiedy czytamy nagłówki „Samsung zaprezentował światu pierwszy czip w technologii 3 nm", to właśnie pod nazwą „czipy" kryją się układy logiczne. Ciekawostką jest, że tak jak kiedyś „nanometry" odpowiadały rozmiarom tranzystorów, tak już od ponad 20 lat nie mają z nimi nic wspólnego.

Jest to wyłącznie nazwa marketingowa. To właśnie o nie w głównej mierze toczy się gra. Obecnie istnieją tylko trzy firmy, które walczą o prymat w dziedzinie produkcji najbardziej zaawansowanych procesorów: TSMC (Tajwan), Samsung (Korea Południowa), które mają komercyjnie dostępne technologie 3 nm, oraz Intel (USA), który został niebezpiecznie w tyle, bo cały czas tkwi na 7 nanometrach. Każda z tych firm posiada inny model biznesowy. Sukces TSMC, które z prawie 60-procentowymi udziałami na rynku procesorów jest bezapelacyjnie najważniejszą firmą produkującą układy logiczne, polega na tym, że skupiają się oni wyłącznie na produkcji samych czipów. W przeciwieństwie do Samsunga, który zajmuje się również projektowaniem układów scalonych, tworzeniem oprogramowania, gotowych produktów takich jak telefony, a także jest dużym graczem na rynku pamięci komputerowych.

Jak wyglądają możliwości produkcyjne Chin na rynku procesorów? Analiza samego rynku maszyn wskazywałaby, że są one mocno ograniczone i opóźnione względem Zachodu, o mniej więcej 10 lat. Tak jednak nie jest. Embargo nałożone przez Stany Zjednoczone obowiązuje dopiero od niedawna, a Chiny nie próżnowały z rozwojem swojej technologii, używając do tego zachodnich maszyn. W ChRL jest właściwie tylko jedna licząca się firma produkująca zaawansowane układy logiczne – wspomniany już wcześniej SMIC. Firmy takie jak Huawei czy HiSilicon zamawiają u niej czipy. Śmiało można myśleć o SMIC jak o chińskim TSMC, tym bardziej że Chińczycy bardzo mocno „inspirują się" technologią swoich ziomków zza Cieśniny Tajwańskiej. SMIC od 2019 r. miał już dobrze opracowaną i skomercjalizowaną technologię 14 nm, ale parę tygodni temu po cichu usunął ją ze swojej oferty [9]. Czy są to jednak najnowocześniejsze produkty, jakie oferuje SMIC? Tutaj zaczyna się robić ciekawie, ale najpierw trochę historii. W kwietniu 2018 TSMC prezentuje światu pierwsze procesory w technologii 7 nm. Produkcja pierwszych czipów odbywa się z wykorzystaniem fotolitografii w głębokim ultrafiolecie DUV (ang. Deep Ultraviolet), jednak wkrótce na rynku pojawia się ulepszona wersja technologii – n7+. To właśnie ten moment datuje się jako pierwsze użycie naświetlania w ekstremalnym ultrafiolecie (EUV), czyli technologii, na którą monopol posiada holenderski ASML. Czas płynie, aż do pamiętnego lata roku 2022, które na zawsze zapisze się w historii mikroelektroniki. Największa firma zajmująca się analizą wsteczną układów scalonych – TechInsights – wypuszcza raport, w którym twierdzi, że z analizy, którą przeprowadzili, jasno wynika, że SMIC-owi udało się opracować technologię 7 nm [10]. Odkryto to podczas badania dość niepozornego układu – koparki do bitcoinów. Nie jest to wysoki stopień skomplikowania procesora, ale zawsze coś. Jest to szczególnie ciekawe, jeśli weźmiemy pod uwagę, że SMIC razem z Huawei został wpisany na czarną listę rządu Stanów Zjednoczonych jeszcze za kadencji Donalda Trumpa w 2020 r. Od tej pory nie mieli dostępu do technologii EUV. Jak w takim razie udało im się opracować technologię 7 nm? Raport TechInsights zawiera również odpowiedź na to pytanie. Chińczycy wykorzystali początkowe podejście TSMC, czyli użyli fotolitografii DUV w połączeniu z techniką wielokrotnego naświetlania SADP (ang. Self-Aligned Double Patterning). Zresztą, ten sam raport potwierdza, że chińskie 7 nm jest praktycznie klonem tajwańskiego procesu. Użycie SADP pozwoliło uzyskać znacznie większą precyzję bez użycia EUV. Oczywiście nie jest to doskonałe rozwiązanie. W końcu TSMC zrezygnowało z niego na korzyść EUV. Użycie SADP wprowadza komplikacje na dalszych etapach wytwarzania układu scalonego, sprawiając, że końcowy uzysk produkcyjny jest znacznie gorszy [11],[12].

> W takim razie, czy 7 nm to maksimum możliwości ChRL? Nie. Technicznie rzecz ujmując, dzięki wykorzystaniu DUV i SADP można osiągnąć nawet 5 nm. Ba, branżowy serwis semiwiki.com twierdzi, że dzięki zastosowaniu SAQP (ang. Self-Aligned Quadruple Patterning) – techniki

> używanej w produkcji pamięci Flash – można zejść nawet do 3 nm [13]. Naturalnie, uzysk linii technologicznej bez EUV będzie dużo słabszy, a w wielkoskalowej produkcji układów scalonych to właśnie uzysk jest królem. Fragmentu o potencjalnym osiągnięciu przez Chiny technologii 3 nm nie umieszczam po to, żeby Państwa przerazić (stronnictwo antychińskie) lub dać Państwu powód do triumfalnych uśmieszków (stronnictwo prochińskie), ale żeby pokazać, że Chiny mają jeszcze pole do rozwoju, nawet bez słynnych maszyn EUV.

Technologia krzemowa to nie tylko EUV, a zjawisko sprowadzania całego procesu produkcji tylko do fotolitografii, które osobiście nazywam „fetyszyzacją ASML", zawęża wielu osobom perspektywę. Nie oszukujmy się jednak. Użycie metody DUV + SAQP prędzej można porównać z chwytaniem się brzytwy niż z rzeczywistą próbą nadgonienia luki technologicznej.

CZYTAJ TAKŻE: Europa – technologiczny skansen

- Pamięci DRAM

Pamięć DRAM (ang. Dynamic Random Access Memory) to rodzaj pamięci szybkiej, ale mało pojemnej i drogiej. Na świecie liczy się tylko trzech producentów: Samsung oraz SK Hynix (Korea), a także Micron Technology (USA). Procesy wytwarzania układów pamięciowych i logicznych znacznie się różnią. Podstawowa komórka pamięci DRAM składa się z tranzystora oraz olbrzymiego, w porównaniu z nim, kondensatora. Mimo że czasami do opisu technologii DRAM także używa się metryki „nanometrów", nie można porównywać ich z tymi znanymi z układów logicznych. Do niedawna najbardziej zaawansowane pamięci DRAM były produktami Microna, który w 2022 r. wprowadził na rynek układy scalone w technologii 1α (12–13 nm), wykonane jeszcze bez użycia EUV. Natomiast w maju tego roku Samsung, który już korzysta z EUV na potrzeby wytwarzania swoich procesorów, ogłosił rozpoczęcie produkcji wielkoskalowej w 12 nm. Chińskie CXMT (ChangXin Memory Technologies), czyli największy rodzimy podmiot specjalizujący się w produkcji pamięci DRAM, rok temu chwalił się opracowaniem 1y (16–17 nm). Oznacza to, że są oni trzy generacje za światową czołówką, czyli około 5 lat. Ponadto źródła koreańskie mówią, że uzysk CXMT nawet w przypadku starszej technologii pozostawia wiele do życzenia [14], co przekłada się na żałośnie słabą pozycję nawet na domowym rynku – około 1%. Sytuacja może ulec poprawie, gdyż miesiąc temu Chiny ogłosiły, że „Micron stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa narodowego", praktycznie eliminując jednego z największych graczy z ich rynku [15].

- Pamięci Flash

Innym rodzajem układów pamięciowych są pamięci Flash. Jest to typ pamięci bardzo wolnej, ale taniej i pojemnej. Takie układy można znaleźć w dyskach SSD, pamięciach USB itp. Rynek pamięci Flash rządzi się innymi zasadami niż rynek procesorów i pamięci DRAM. Próg wejścia jest mniejszy, a to powoduje, że gra się tam brutalniej, konkurencja jest większa, zyski mniejsze i liczy się przede wszystkim parametr bit/dolar, czyli możliwie największa pojemność przy najmniejszym możliwym koszcie. Oprócz Samsunga, SK Hynix oraz Microna w produkcji pamięci Flash liczą się także Western Digital (USA) i Kioxia (Japonia). W Chinach zajmuje się tym przedsiębiorstwo założone w 2016 r. (!) – YMTC (Yangtze Memory Technology Corporation). Jak wygląda YMTC na tle swoich zachodnich konkurentów? Powiedzieć, że wyglądają dobrze, to jak nie powiedzieć nic. W listopadzie 2022 r., kiedy wszyscy pracowali jeszcze nad

opracowaniem pamięci Flash z ponad 200 warstwami (im więcej warstw, tym większa pojemność), Chińczycy zaprezentowali światu pierwszy czip w technologii 232 warstw [16]. Tak, przez pewien czas byli najlepsi na świecie. Byli tak dobrzy, że Apple zamawiało u nich pamięci do ich Iphone'ów [17]. Jeżeli da się wskazać dwa wydarzenia, które bezpośrednio doprowadziły do nałożenia embarga na Chiny, to jednym było odkrycie technologii 7 nm w jednym z chińskich czipów, a drugim była właśnie rosnąca potęga YMTC. Niektórzy analitycy przewidywali, że bez żadnych zewnętrznych interwencji pod koniec 2025 r. YMTC posiadałoby 6% globalnego rynku i zaczęło poważnie zagrażać największym firmom. Nie podlega wątpliwości, że amerykańskie sankcje, brak dostępu do zaawansowanych maszyn oraz zachodnich rynków nieprawdopodobnie zaszkodzą YMTC, które będzie szybko tracić na znaczeniu.

Wykwalifikowana siła robocza

Do tej pory, w pierwszej części tekstu oraz powyżej, omówione zostały stosunkowo mało istotne rzeczy: maszyny, fabryki, oprogramowanie. Absolutnie najważniejszym elementem całej układanki jest, jak to lubią mówić ludzie patrzący na świat z perspektywy Excela, kapitał ludzki. W przemyśle wysokich technologii, jakim bez wątpienia jest sektor półprzewodników, liczy się przede wszystkim przewaga technologiczna. A ona nie powstaje w fabrykach, tylko na uniwersytetach, politechnikach i w instytutach naukowych. W dobrych gospodarkach akademia i przemysł high-tech powinny wzajemnie się napędzać: dobre uczelnie kształcą dobrych specjalistów, którzy znajdując zatrudnienie w przemyśle, zapewniają przewagi konkurencyjne i wypracowują zysk, którego część jest inwestowana w uczelnie. Niestety, bardzo często analizy sektora półprzewodnikowego ograniczają się wyłącznie do perspektywy ekonomicznej – nakładów kapitałowych, zysków, pozycji na rynku itp., traktując go jako przemysł motoryzacyjny czy spożywczy. Kardynalny błąd!

Stany Zjednoczone mają prawdopodobnie jeden z najlepszych ekosystemów badawczo-rozwojowych na planecie. Mowa tutaj nie tylko o jakości kształcenia w ośrodkach takich jak MIT, UC Berkeley, Caltech, lecz także o liczbie start-upów, efektywności transferu technologii, powiązań między nauką i biznesem. W porównaniu ze Stanami Zjednoczonymi w Chinach ten system dopiero raczkuje. Chociaż chińskie uczelnie pną się w rankingach i na ten moment mogę wymienić wyśmienite ośrodki akademickie – pekiński uniwersytet Tsinghua czy Hong Kong University of Technology – cały czas nieznacznie odstają od amerykańskiej czołówki. Dodatkowo, średni poziom kształcenia mikroelektroników jest bardzo zaburzony przez tę garstkę uniwersytetów, która oferuje kształcenie na światowym poziomie. Sytuacja nie jest już tak korzystna, jeżeli wyjdziemy poza bańkę 10 najlepszych chińskich ośrodków.

Stany Zjednoczone mają do swojej dyspozycji jeszcze sekretną broń. Jaką? Tak, jak wszystkie największe firmy półprzewodnikowe mają fabryki w Azji, tak większość ośrodków badawczo-rozwojowych usytuowana jest w Stanach Zjednoczonych. Muzułmanie mają Mekkę, mikroelektronicy mają Stany Zjednoczone. Każdy młody student elektroniki, który chce związać swoją przyszłość z układami scalonymi, niezależnie czy pochodzi ze Stanów, Indii, Europy, Japonii czy właśnie Chin, marzy, żeby wyjechać do USA, bo tam ma gwarancję, że będzie miał do czynienia z najnowszą technologią. Dopóki Stany Zjednoczone będą wiodły prymat w badaniach i rozwoju, dopóty będzie następował drenaż mózgów. Pasjonaci, najlepsi, najwytrwalsi, jak ćmy do płomienia lecą do słonecznych plaż Kalifornii, żeby poświęcić najproduktywniejszy czas w życiu na pracę w Stanach, gdzie będą wypracowywać zysk dla podłego amerykańskiego kapitalisty. Koszty kształcenia tych młodych ludzi ponoszą kraje pochodzenia, natomiast zyski czerpie USA. Można to zobaczyć, obserwując, jakie narodowości dominują w amerykańskich firmach (*spoiler*

alert: Chińczycy i Hindusi). Czy jest to sprawiedliwy system? Na pewno nie uważają tak Chiny, które już od dłuższego czasu bardzo aktywnie starają się zachęcić zachodnich specjalistów do pracy w swoich korporacjach, oferując bardzo lukratywne kontrakty.

OGLĄDAJ TAKŻE: Tajwan – najważniejsze miejsce na chipowej mapie świata? | Tomasz Smolarek, Damian Adamus

Wnioski

Pora zamknąć ten przydługi już artykuł klamrą kompozycyjną i powrócić do pytań ze wstępu zawartego w pierwszej części moich rozważań, a nawet postarać się o wyciągnięcie jakichś wniosków. Rozwój chińskiego przemysłu półprzewodnikowego jest niezwykle imponujący. Widać, że Chiny rozumieją, jak ważne we współczesnym świecie są układy scalone, a ich znaczenie będzie tylko rosnąć, dlatego nie szczędzą pieniędzy na rozbudowę tego obszaru. Można również zauważyć, że nie są to losowe, nieprzemyślane inwestycje. Wręcz przeciwnie, Państwo Środka bardzo konsekwentnie trzyma się planu, który do tej pory przynosił świetne rezultaty. A polegał on na tym, by przyjmować zachodni kapitał, głodny chińskiego rynku i tanich kosztów pracy, podpatrywać/kraść technologie, a jednocześnie budować własny przemysł i hojnie dotować krajowe badania nad technologią półprzewodnikową. Czy Chińczycy grają uczciwie? Nie. Kopiowanie, kradzież własności intelektualnej czy szpiegostwo przemysłowe cały czas mają się tam świetnie. Jednak wysoce niesprawiedliwe jest twierdzenie, że ten wzrost opiera się wyłącznie na takich praktykach. Chiny nauczyły się na błędach Związku Radzieckiego czy NRD i oprócz nadganiania, silnie inwestują w badania i rozwój. Historia YMTC dobitnie potwierdza tę tezę.

Jest tylko kwestią czasu, zanim starsze technologie (do 28 nm) padną łupem chińskich firm. Pekin już ma możliwość produkcji układów scalonych w tej technologii bez wykorzystania importowanych maszyn. A czynniki, nazwijmy je, społeczno-ekonomiczne są w Azji dużo korzystniejsze niż w Stanach czy Europie, co ostatnio dobitnie wyraził były CEO TSMC – Morris Chang: „Jeżeli maszyna zepsuje się o pierwszej nad ranem, w Stanach zostanie naprawiona rano na dziennej zmianie. Na Tajwanie będzie naprawiona o drugiej rano"[18]. Problemem dla Chin jest jednak fakt, że wojna technologiczna nie toczy się o rynek sokowirówek czy kosiarek. Stany Zjednoczone doskonale zresztą zdają sobie z tego sprawę, dlatego sankcje dotyczą zakazu eksportu maszyn umożliwiających produkcję układów scalonych w technologii poniżej 16 nm. Embargo boli i będzie boleć Pekin tak długo, jak Amerykanie będą w stanie skutecznie wymusić jego przestrzeganie. A pokusy są ogromne. Zachodnie firmy łakomie patrzą na możliwość zarobku, kierując się przede wszystkim chęcią zysku.

Mam nadzieję, że ten tekst będzie dla Państwa pomocny przy analizie wszelkiej maści artykułów o domniemanych „przełomach w chińskiej technologii półprzewodnikowej", których zapewne będzie pełno. Po pierwsze, dlatego że pismaki (czy pisząc ten artykuł, właśnie stałem się pismakiem?) zrobią wszystko, żeby się klikało. A po drugie Chiny będą celowo chwalić się każdym bzdetem, żeby zachodnie korporacje miały coś, czym mogą wywierać wpływ na amerykański rząd, by ten złagodził sankcje. „Patrzcie, jak nie pozwolicie nam sprzedawać, to Chińczycy sami to opracują. Już są tak blisko". Będą to oczywiste kłamstwa, co jak mam nadzieję, dobitnie pokazuje ta analiza. Ale żądne zysku korporacje nie cofną się przed niczym. Przykładem takiego postępowania może być niedawny wywiad z CEO Nvidii w „Financial Times", w którym stwierdza: „Jeżeli Chiny nie będą mogły kupować ze Stanów, to po prostu same sobie zrobią" [19]. Każdy, kto choć odrobinę orientuje się w poziomie rozwoju chińskiej technologii półprzewod-

nikowej, wie, że musi jeszcze wiele wody upłynąć w Jangcy, zanim Chińczycy chociaż zbliżą się do poziomu Nvidii. Nie przeszkadza to jednak prezesom dużych korporacji w wywieraniu presji na rząd. Embargo spowoduje znaczące spowolnienie rozwoju chińskiej technologii, jednak wrodzona ostrożność nie pozwala mi oczekiwać totalnej zapaści. Luka technologiczna po prostu przestanie się zmniejszać. Czy należy postawić na Chinach kreskę? Jestem daleki od takiego wniosku. Półprzewodniki będą miały się relatywnie dobrze. ChRL doskonale zdaje sobie sprawę, że nie będą w tanie spełnić swoich ambicji bez własnej zaawansowanej technologii półprzewodnikowej. Nie stać ich, na niefinansowanie tej branży.

> Warto też zdać sobie sprawę, że to, co w tej chwili obserwujemy, to nie jest zwykłe starcie między Chińską Republiką Ludową i Stanami Zjednoczonymi, a próba zakontestowania całego, ukształtowanego przez lata porządku w sektorze układów scalonych. To wojna pomiędzy Chinami a „Zachodem" – USA, Koreą, Japonią, Tajwanem, Holandią czy Niemcami. Chiny będą starały się rozgrywać różnice interesów pomiędzy poszczególnymi krajami w tym niejednorodnym bloku.

Jeżeli w tej chwili, po przeczytaniu niniejszego tekstu, mają Państwo jednoznaczną opinię o tym technologicznym starciu w stylu „Chiny na pewno już przegrały ten wyścig" albo „Za dziesięć lat to Chiny będą przodować w produkcji układów scalonych", oznacza to, że źle wykonałem swoją pracę. Niestety nikt nie ma szklanej kuli, a czasy, w których przyszło nam żyć, nie cechują się przewidywalnością. Nie ma jednak najmniejszych wątpliwości, że w tym starciu to Zachód rozdaje karty, a Chiny starają się rozgrywać je najlepiej, jak mogą, i to one muszą udowodnić, że stać je na przełamanie oporu. Czy uda im się to osiągnąć? Tego nie wie nikt.

Ten artykuł został napisany ku pamięci mojego dobrego znajomego,
który na początku maja w wieku 34 lat zmarł na raka.
Do swoich ostatnich chwil pracował nad przedłużeniem prawa Moore'a.
Gaspard, kiedyś jeszcze zagramy w tego bilarda.

[9] A. Shilov, *SMIC Removes Mentions of 14nm Node: US Sanctions at Work?* [online], 15.05.2023, https://www.tomshardware.com/news/smic-removes-mentions-of-14nm-node [dostęp: 21.06.2023].

[6] https://www.digitimes.com/news/a20221226VL203/euv-huawei.html

[10] TechInsights, *Comparison confirms that SMIC reaches 7nm without access to western equipment & technologies* [online], https://www.techinsights.com/blog/smic-7nm-truly-7nm-technology-how-it-compares-tsmc-7nm [dostęp: 21.06.2023].

[11] EDN, *Multi-patterning strategies for navigating the sub-5 nm frontier, part 1* [online], 2.08.2019, https://www.edn.com/multi-patterning-strategies-for-navigating-the-sub-5-nm-frontier-part-1/ [dostęp: 21.06.2023].

[12] EDN, *Multi-patterning strategies for navigating the sub-5 nm frontier, part 2* [online], 14.08.2023, https://www.edn.com/multi-patterning-strategies-for-navigating-the-sub-5-nm-frontier-part-2/ [dostęp: 21.06.2023].

[13] S. Jones, *Does SMIC have 7nm and if so, what does it mean* [online], 9.07.2022, https://semiwiki.com/semiconductor-services/ic-knowledge/317732-does-smic-have-7nm-and-if-so-what-does-it-mean/ [dostęp: 21.06.2023].

[14] M. Herh, *Korea Ahead of China in DRAM Technology by 5 Years* [online], 31.05.2022, https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=93783 [dostęp: 21.06.2023].

[15] B. Hoskins, *China bans major chip maker Micron from key infrastructure projects* [online], 22.05.2023, https://www.bbc.com/news/business-65667746 [dostęp: 21.06.2023].

[16] TechInsights, *YMTC's Xtacking 3.0, first to 200+ layers [online]*, https://www.techinsights.com/disruptive-event/ymtc-232l-tlc-3d-nand [dostęp: 21.06.2023].

[17] A. Cao, *Apple drops China's YMTC as memory chip supplier amid US trade sanctions: Nikkei* [online], 17.10.2023, https://www.scmp.com/tech/tech-war/article/3196270/apple-drops-chinas-ymtc-memory-chip-supplier-amid-us-trade-sanctions [dostęp: 21.06.2023].

[18] The Transcript [online, Twitter], https://twitter.com/TheTranscript_/status/1637907835009867778 [dostęp: 21.06.2023].

[19] „Financial Times", *Chip wars with China risk 'enormous damage' to US tech, says Nvidia chief* [online] https://www.ft.com/content/ffbb39a8-2eb5-4239-a70e-2e73b9d15f3e[AN2] [dostęp: 21.06.2023].

Oryginał: https://nlad-kopia1113.instawp.site/polprzewodniki-rodem-z-chin-czy-zachod-ma-klopoty-cz-2/

NIEZALEŻNOŚĆ KOSZTUJE

Utrzymują nas przede wszystkim czytelnicy. Dzięki nim możemy publikować analizy, których nikt nam nie zamawia, i zostawiać je otwarte dla wszystkich.

WESPRZYJ NAS

wspieram.nlad.pl

Zeskanuj, aby wesprzeć