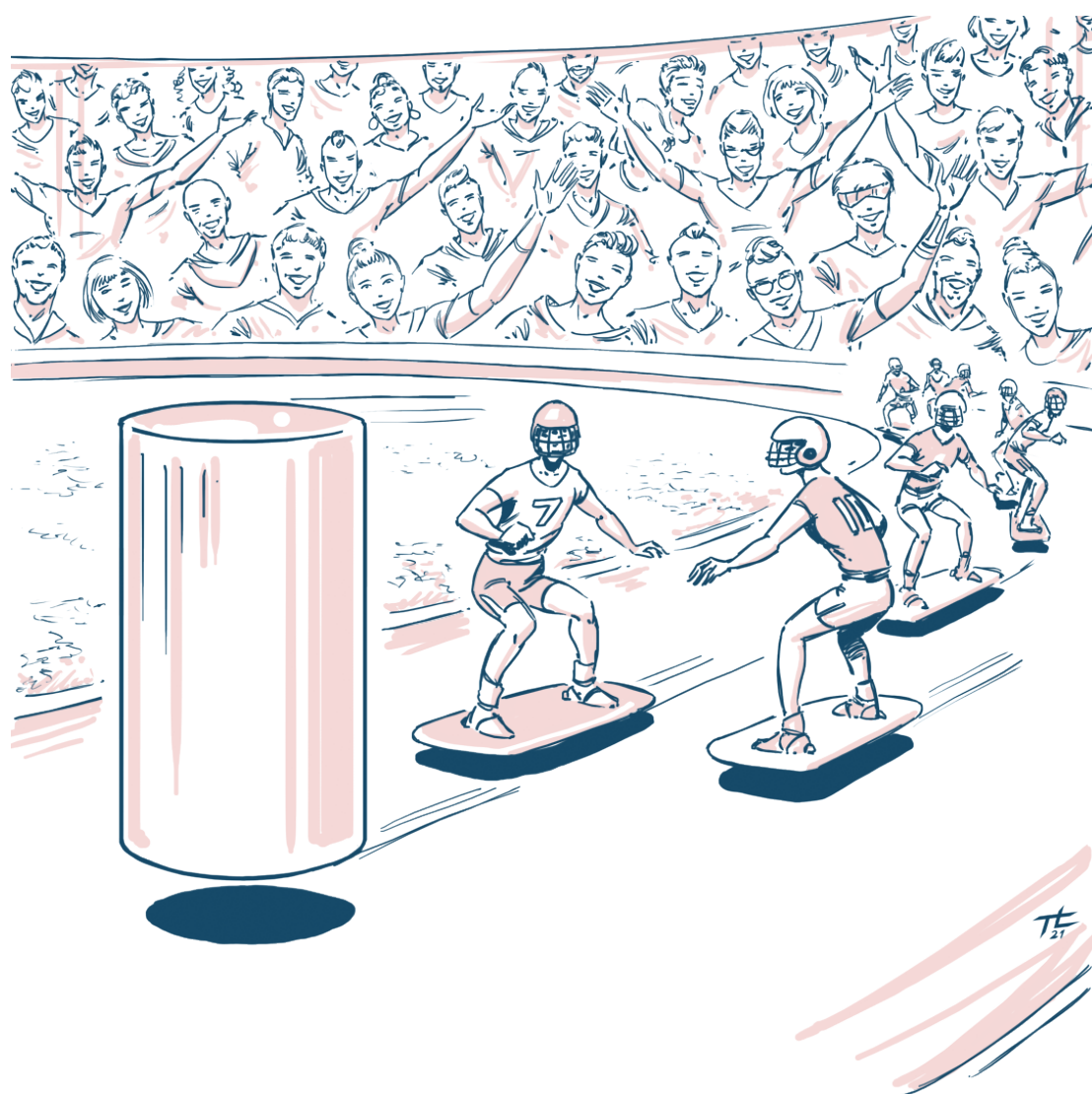


MIKROPROCESORY

WIĘKSZA SAMOWYSTARCZALNOŚĆ I ROSNĄCE KOSZTY?



The Futures Literacy Company



W ostatnich latach doszło do znacznych zakłóceń w globalnym łańcuchu dostaw, co miało szczególnie niekorzystny wpływ na przemysł motoryzacyjny i elektroniczny. Jednak dostawy chipów wróciły obecnie do względnej normy. Według Semiconductor Industry Association, pomimo spowolnienia w drugiej połowie roku, globalna sprzedaż układów scalonych osiągnęła rekordowy poziom 573,5 mld USD w 2022 r.

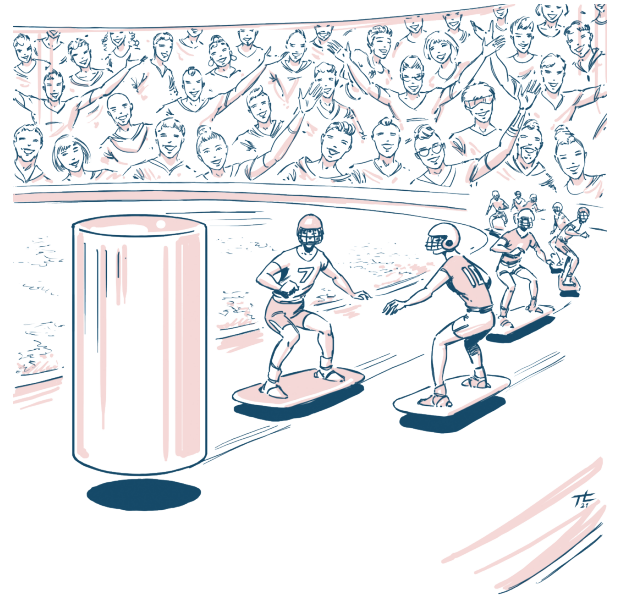
Produkcja chipów jest wysoce skoncentrowana w jedynie 5 państwach świata. Kraje azjatyckie, w szczególności Tajwan, produkują ponad 70% półprzewodników. Ponadto sam Tajwan wytwarza około 90% najbardziej zaawansowanych mikroprocesorów na świecie.

Układy scalone są niezbędnymi komponentami sprzętów, które wykorzystujemy w wielu aspektach naszego życia - pracy, edukacji, rozrywce, transporcie, opiece zdrowotnej i nie tylko. Przełomowe produkty Apple wywołały „mobilne tsunami”, które przesunęło wolumen wykorzystywanych mikroprocesorów w kierunku urządzeń mobilnych, znacząco wpływając na strukturę rynku. Półprzewodniki mają kluczowe znaczenie dla takich technologii jak sztuczna inteligencja, komunikacja 5G/6G i Internet Rzeczy. Obszary napędzające najważniejsze zmiany tej ery, takie jak właśnie 5G czy predykcyjna opieka zdrowotna, automatyzacja i sztuczna inteligencja, w dużym stopniu opierają się właśnie na układach scalonych.

W ciągu ostatniej dekady branża przeszła znaczące przeobrażenia. Rosnące koszty produkcji, zwiększona ilość zastosowań i urządzeń cyfrowych, powstanie firm produkcyjnych chipów bez własnych fabryk i wzrost znaczenia Chin zmieniły strukturę sektora. Szczególnie pojawienie się firm produkujących chipy bez własnych fabryk, napędzanych przez takie modele jak Arm, miało znaczący wpływ na zmiany w seryjnej produkcji układów scalonych.

Branża stoi obecnie przed wyzwaniem związanym z niedoborem półprzewodników w świetle szybko rosnącego popytu i wzrostu mocy obliczeniowych, rozwojem nowych procesorów i koniecznością szybkich innowacji, m.in. w związku z zbliżającym się końcem prawa Moore'a. Firmy takie jak AWS, Alibaba, Apple i Facebook same podejmują się produkcji chipów. Brak równowagi między podażą a popytem jest pilną kwestią, którą obecnie zajmuje się cały świat.

Sektor mikroprocesorów szczególnie dotknięty jest wyścigiem ku dominacji pomiędzy czołowymi mocarstwami. Rodzi to szereg zagrożeń i ryzyk. Sankcje nałożone przez USA w 2020 r. uniemożliwiły Chinom dostęp do maszyn niezbędnych do rozwoju zaawansowanych półprzewodników. Z kolei Chiny wprowadziły niedawno ograniczenia eksportowe na metale ziem rzadkich, w tym german i gal, co jeszcze bardziej eskaluje „wojnę chipową” między Chinami a światem zachodnim.



CZY PRAWO MOORE'A UMARŁO?
CZY ŻYJE I MA SIĘ DOBRZE?

CO ZE ZBLIŻAJĄCYM SIĘ
ZAGROŻENIEM ZE STRONY CHIN?

KTO STRACI W TYM STARCIU?
ŚWIAT ZACHODNI CZY CHINY?

JAKIE SĄ NAJNOWSZE TRENDY
TECHNOLOGICZNE W DZIEDZINIE
UKŁADÓW SCALONYCH?

CZY WIĘKSZA
SAMOWYSTARCZALNOŚĆ
ZWIĘKSZY DŁUGOTERMINOWE
BEZPIECZEŃSTWO ŚWIATA
ZACHODNIEGO, CZY JEDYNI
PODNIESIE KOSZTY BADAŃ
I PRODUKCJI CHIPÓW?

ZMIENIAJĄCA SIĘ STRUKTURA RYNKU

Przerwane łańcuchy dostaw i niedobory chipów zostały praktycznie przezwyciężone.

Zmieniające się otoczenie konkurencyjne

Giganci technologiczni, tacy jak **Apple, Tesla, Google i Amazon, tworzą obecnie własne chipy ASIC** zaprojektowane specjalnie dla ich produktów. Daje im to większą kontrolę nad integracją oprogramowania i urządzeń, jednocześnie odróżniając ich od konkurencji.

Wolumen „przenosi się” na Arm

Wolumen zamówień pozostaje decydującym czynnikiem, który wpływa na koszty, szybkość i wydajność mikroprocesorów. Szacunki sugerują, że **wolumen zamówień wafli Arm przewyższa x86 (Intel) aż dziesięciokrotnie.**

Outsourcing odlewni

mikroprocesorów - jak nazywa się takie zakłady - doprowadził do poważnych zmian w produkcji chipów, a większość firm oddzieliła projektowanie od produkcji. Zmiana ta zaowocowała szybszym czasem realizacji. Niektóre firmy przechodzą od projektu do produkcji w ciągu zaledwie 12 miesięcy zamiast wcześniejszego 3-letniego okresu. Umowa Tesli z Arm i Samsungiem jest doskonałą ilustracją tego zjawiska.

Amerykańskie korporacje dostosowują swoje łańcuchy dostaw, **przenosząc produkcję z Chin do krajów takich jak Indie, Wietnam i Kambodża.** Sankcje nałożone przez administrację Bidena na chiński przemysł produkcji półprzewodników przyspieszyły ten trend.

Krzemowy nacjonalizm i inwestycje

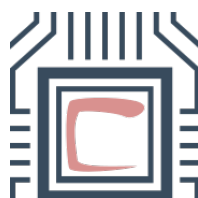
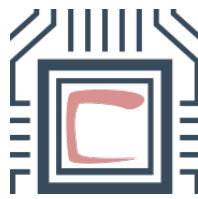
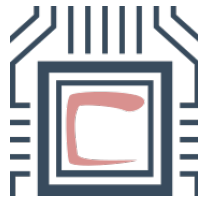
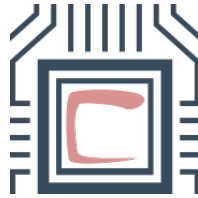
U.S. CHIPS Act W 2023 r. Stany Zjednoczone zaczęły wypłacać fundusze (~ 52 mld USD) na rozbudowę lub nowe zakłady produkujące półprzewodniki i chipy. Firmy, w tym Micron Technology, Intel, Samsung i TSMC, ogłosiły plany zainwestowania miliardów w budowę nowych fabryk w różnych stanach.

The European Chips Act Prawie 80% dostawców dla europejskich firm produkujących mikroprocesory ma siedzibę poza UE, podczas gdy udział UE w globalnej zdolności produkcyjnej wynosi mniej niż 10%. European Chips Act ma na celu pobudzenie produkcji tego sektora w Europie i zwiększenie jego udziału do 20%. Intel i TSMC ogłosiły plany budowy nowych mocy produkcyjnych i inżynierskich w Europie. Podczas gdy fabryki Intela w Niemczech i Irlandii będą produkować „wafle”, nowy polski zakład o wartości 4,6 miliarda euro będzie ciąć wafle na pojedyncze chipy oraz montować je i testować przed wystaniem do klientów.

Chińska inicjatywa „Made in China 2025” ma na celu osiągnięcie 70% samowystarczalności do 2025 r., przy znacznych inwestycjach w krajową produkcję chipów. Tajwan planuje produkować i dostarczać własne maszyny potrzebne do produkcji układów scalonych.

Ekonomiści ostrzegają, że poprzez internalizację całego łańcucha dostaw, poszczególne państwa mogą utracić korzyści wynikające z podziału pracy i międzynarodowej specjalizacji.

Intel, niegdyś dominujący w branży odlewniczej mikroprocesorów pod względem szybkości, gęstości wafli, wolumenu, niskich kosztów i wysokiej marży, **stoi obecnie w obliczu wielu wyzwań.** Pozostał w tyle za konkurentami takimi jak TSMC, Samsung, Nvidia i Arm.



WYŚCIG TECHNOLOGICZNY

RISC-V

Problemy związane z łańcuchem dostaw półprzewodników przyspieszyły przyjęcie architektur RISC-V z otwartym zestawem instrukcji (ISA), która została zaprojektowana z myślą o elastycznym i konfigurowalnym tworzeniu chipów. Zyskała ona popularność ze względu na swój charakter open-source i możliwość tworzenia niestandardowych chipów po niższych kosztach. Firmy zwracają się ku RISC-V jako skalowalnej i opłacalnej alternatywie dla tradycyjnych ISA, co pozwala im zmniejszyć zależność od zastrzeżonych zestawów instrukcji.

Węzły technologiczne

Ponad 70% przychodów z półprzewodników i 90% układów scalonych na całym świecie opiera się na procesie 7 nanometrów (nm) lub starszym, do których Chiny mają już dostęp. 7 nm to tylko jedna generacja za 5 nm, który jest używany w zaawansowanych smartfonach, podczas gdy 7 nm lub starsze procesy są powszechne w urządzeniach średniej lub niższej klasy.

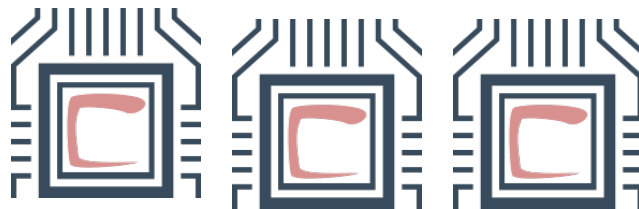
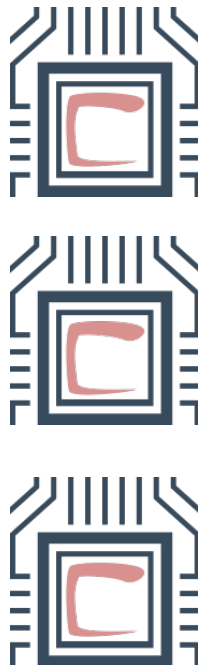
Kolejnym krokiem w produkcji półprzewodników jest proces 3 nm, który ma zostać wprowadzony do produkcji przez TSMC, Intel i Samsung w 2023 roku. Oferuje on większą gęstość tranzystorów, szybkość i mniejsze zużycie energii, ale stoi przed wyzwaniami związanymi z litografią EUV.

Apple zabezpieczyło początkowe dostawy z procesu 3 nm pierwszej generacji od TSMC. Z kolei AMD, Intel i Qualcomm planują przyjąć proces 3 nm w kolejnej wersji nazwanej N3E.

Proces 2 nm jest kolejnym po 3 nm, przy czym TSMC planuje rozpocząć jego produkcję pod koniec 2024 roku i zakłada jej umasowienie już w 2025 roku. Intel prognozuje produkcję w 2024 roku, a Samsung w 2025 roku.

Tranzystory nanoszkieletowe

Liderzy branży - Samsung, Intel, TSMC i IBM - ogłosili, że przechodzą na architektury tranzystorów nanoszkieletowych, wykorzystujące do kontrolowania przepływu prądu elektrycznego niezwykle cienkie arkusze materiału, znane jako nanosheets. Arkusze te mają zazwyczaj grubość zaledwie kilku atomów, są mniejsze, szybsze i zużywają mniej energii. Oczekuje się, że tranzystory nanoszkieletowe odegrają kluczową rolę w rozwoju elektroniki nowej generacji, w tym wysokowydajnych komputerów, urządzeń IoT i systemów łączności 5G.



Chiplety

Koncepcja chipletów polega na demontażu systemu na chipie na funkcjonalne komponenty: procesory obliczeniowe, jednostki graficzne, akceleratory AI i inne. Takie podejście pozwala na budowanie systemów z interoperacyjnymi komponentami chipletów z różnych źródeł, potencjalnie rewolucjonizując paradygmaty obliczeniowe, poprawiając efektywność energetyczną, skracając cykle rozwoju i obniżając koszty.

Złożoność systemowa i złożoność skali

Inżynierowie starają się sprostać coraz trudniejszemu zadaniu optymalizacji mocy, wydajności i powierzchni (PPA) w chipach z nawet bilionami tranzystorów.

Rosnący wpływ **zużycia energii** na naszą planetę.

Popyt, podaż i dostępność surowców to główne czynniki wpływające na ceny półprzewodników. Do ich produkcji wykorzystywane są cyna, krzem, złoto i wolfram. Są one fizycznie pozyskiwane z różnych części świata. Choć istnieją tysiące dostawców, ceny tych materiałów nie są stabilne.

Cykliczne wahania popytu na produkty.

Brak chipów już teraz napędza **zmiany w projektowaniu przyszłych produktów**, opóźniając kolejne generacje urządzeń i zmuszając inżynierów do wymyślania wszelkiego rodzaju planów B.

Niedobór wykwalifikowanej siły roboczej do utrzymania wydajności operacji i produkcji.

Nacjonalizacja technologii półprzewodnikowej jest największym problemem geopolitycznym.

Łańcuch dostaw

Produkcja mikroprocesorów zależy od skomplikowanego łańcucha globalnych dostaw, obejmującego wiele krajów. Duża firma produkująca półprzewodniki może zależeć nawet od 16 000 wyspecjalizowanych dostawców na całym świecie. Te wzajemne powiązania sprawiają, że łańcuch jest podatny na globalne wyzwania (geopolityczne, pandemie lub klęski żywiołowe).

Brak jest wystarczającej liczby fabryk dla rosnącego popytu. Masowe inwestycje lub postęp technologiczny mogą pomóc w dłuższej perspektywie.



Nasilające się **skutki zmian klimatycznych**, takie jak ekstremalne warunki pogodowe i ciągłe niedobory wody, mogą jeszcze bardziej zakłócić branżę mikroprocesorów.

Zapotrzebowanie na znaczny kapitał może ograniczać rozwój branży, przed czym ostrzegają dostawcy chipów.

TRENDY

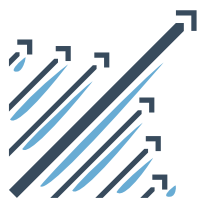
Obserwowane obecnie zmiany, które mogą istotnie wpłynąć na przyszłość wykorzystania wodoru

- **Wzrost nacjonalizmu** w branży
- **Geograficzne zmiany w łańcuchu dostaw**
- **Zakłócenia w dostępności rzadkich surowców**
- **Postępujący zrównoważony rozwój** dzięki oszczędności energii i większej wydajności zużycia wody
- **Pojawienie się nowych rynków** dzięki dalszej cyfryzacji i nowym technologiom
- **Dalszy postęp w badaniach** nad nadprzewodnikami w temperaturze pokojowej
- **Nacisk na moc obliczeniową, efektywność energetyczną i termiczną** napędza rozwój technologii półprzewodnikowych
 - **Nanopłytki lub tranzystory GAA** utrzymują ważność prawa Moore'a
 - Dalsze zmiany w dominacji architektury x86 na rzecz **ARM i RISC-V**
 - **Chipy nowej generacji będą zasilane spod powierzchni krzemu**, zasilanie energią znajdzie się na tylnej stronie chipa
 - **Badanie nowych materiałów (azotek galu, antymon/bizmut, grafen, piryt)** w celu dywersyfikacji - krzem zbliża się do swoich granic
 - **Osiągnięcie znacznie wyższej wydajności edge AI chips**, aby wykorzystać potencjał IoT, przy czym AI stanie się dominującą siłą w technologii.
 - **Poprawa integracji heterogenicznej** dzięki dalszemu rozwojowi technologii 3D
 - **Nowe techniki ulepszania pamięci masowej (MRAM)**
 - Zwiększające wydajność układów logicznych **materiały o niskiej rezystancji**, takie jak stopy na bazie rutenu i kobaltu
 - Ugruntowane technologie CMOS będą w przyszłości w coraz większym stopniu uzupełniane o systemy mikroelektromechaniczne (**MEMS**)

ANTY TRENDY

Czynniki zmian, które mogą zachwiać obecnie obserwowanymi trendami

- **Eskalacja konfliktu pomiędzy USA/UE-Chiny**
- **Odrodzenie chińskiego przemysłu chipowego** w wyniku sankcji USA
- **Zmiany klimatyczne utrudniające bieżącą produkcję i dalszy rozwój inwestycji** (niedobory wody lub inne klęski żywiołowe)
- **Ograniczony dostęp do rzadkich metali** potrzebnych do produkcji ze względu na sytuację geopolityczną
- **Kolejna pandemia** i przerwanie łańcuchów dostaw
- **Globalne spowolnienie gospodarcze** lub zakłócenia w kilku kluczowych gospodarkach (Chiny, Tajwan, Korea Południowa, USA, Japonia) destabilizujące światową podaż półprzewodników, szybko rozprzestrzeniające się na inne sektory
- **Kryzys gospodarczy / instytucjonalny w Unii Europejskiej i/lub Stanach Zjednoczonych** skutkujący brakiem funduszy publicznych i finansowania komercyjnego na rozwój ekosystemu półprzewodników w tych regionach
- **Zmiany w polityce energetycznej** i spowolnienie rozwoju zielonej energii z powodu konfliktów zbrojnych i niepokojów społecznych
- **Spowolnienie tempa postępu ze względu na osłabienie międzynarodowej** współpracy w zakresie badań i rozwoju ze względu na geopolitykę. Wzrost w branży zależy od przełomowych innowacji.
- **Brak** wykwalifikowanej **siły roboczej**
- **Postępy w nowych rozwiązaniach technologicznych w zakresie obliczeń kwantowych i/lub optycznych**, które mogą mieć rewolucyjny wpływ na cały sektor półprzewodników



PODSUMOWANIE

Branża półprzewodników zмага się ze złożonym otoczeniem naznaczonym przez innowacje technologiczne, zmiany geopolityczne i słabości łańcucha dostaw. Zdolność branży do przystosowania się do tych wyzwań, przy jednoczesnym postępie w projektowaniu mikroprocesorów, procesów produkcyjnych i rosnących wymaganiach zrównoważonego rozwoju, będzie miała kluczowe znaczenie dla kształtowania jej przyszłości. Na zmianę tę wpłynęły wojny handlowe, obawy związane z obronnością narodową oraz uznanie strategicznego znaczenia półprzewodników. Relokalizacja branży, szczególnie pobudzona kryzysem na Ukrainie, przyspieszyła, a nowe fabryki powstają w Ameryce Północnej i Europie. Co więcej, branża przekształca się dzięki nowym graczom i innowacyjnym technologiom. Przyjęcie architektur RISC-V i tranzystorów nanopłytkowych to przykłady postępu, które stanowią wyzwanie dla tradycyjnych paradygmatów.

Europa stara się nadrobić zaległości w globalnym wyścigu mikroprocesorów, zdając sobie sprawę z swoich mocnych stron, takich jak niemalże monopol w produkcji zaawansowanych maszyn dla przemysłu półprzewodników, jednocześnie zmagając się ze swoimi słabymi stronami - możliwościami projektowania chipów i zaopatrzeniem w materiały do produkcji układów scalonych. Inicjatywy takie jak European Chips Act i znaczące inwestycje mają na celu pobudzenie produkcji chipów w regionie. Wyzwania obejmują jednak też takie kwestie jak stworzenie zaawansowanych łańcuchów dostaw dla branży czy rozwiązanie problemu odpadów elektronicznych i niedoborów kadry z odpowiednimi umiejętnościami. Potencjalne kryzysy w dostawach półprzewodników, na które wpływ mają napięcia geopolityczne i rosnące koszty, zagraża wielu branżom na całym świecie, wpływając na dostawy i koszty wielu produktów.

Odnosząc się do pozostałych kwestii, stwierdzamy, że prawo Moore'a żyje i jest gotowe wywierać swój wpływ przez co najmniej kolejną dekadę. Jeśli chodzi o konsekwencje amerykańsko-chińskiego impasu, głównymi ofiarami wydają się być nie kto inny jak sama ludzkość i globalna gospodarka. Dążenie do zwiększenia długoterminowego bezpieczeństwa poprzez samodzielność jawi się jako kosztowne przedsięwzięcie, stojące w opozycji do bardziej opłacalnej ekonomicznie opcji wielopłaszczyznowej współpracy międzynarodowej. Sedno sprawy leży jednak w ocenie wykonalności i celowości współpracy między demokratycznymi i autorytarnymi rządami w celu rozwiązania tych skomplikowanych kwestii.

O NAS

SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI,
JEŚLI INTERESUJE CIĘ
PRZYSZŁOŚĆ
MIKROPROCESORÓW!

4CF The Futures Literacy Company

4CF Sp. z o.o.
Pl. Trzech Krzyży 10/14
00-535 Warszawa, Polska

Email: info@4cf.pl

Tel.: +48 22 24 72 772

www: 4cf.eu

4CF jest polską firmą doradczą zajmującą się foresightem strategicznym i budową długoterminowych strategii. Od prawie dwóch dekad 4CF pomaga swoim klientom w przygotowaniu się na niepewne jutro. Firma zrealizowała setki projektów dla firm prywatnych, instytucji publicznych i międzynarodowych, w tym UNESCO, UNDP i WHO.

Wykorzystując foresight, 4CF wspiera klientów w odkrywaniu przyszłych możliwości, aby już dziś mogli podejmować ważne strategiczne decyzje i wdrażać rozwiązania zapewniające lepszą przyszłość ich interesariuszy. Dbamy o to, aby nasi klienci byli zawsze o krok przed konkurencją. Firma jest jedynym polskim członkiem Association of Professional Futurists, Foresight Educational and Research Network oraz założycielem polskiego wężła The Millennium Project.

4CF jest w czołówce światowych innowatorów i aktywnie przyczynia się do rozwoju najnowocześniejszych narzędzi foresightowych. Eksperti firmy w dziedzinie foresightu posiadają rozległą interdyscyplinarną wiedzę i doświadczenie. Stale doskonalą metodologię 4CF i aktywnie współpracują z wiodącymi międzynarodowymi ośrodkami foresightowymi.



KONSULTANCI 4CF



NORBERT KOŁOS
Managing Partner
norbert@4cf.eu



KACPER NOSARZEWSKI
Partner
kacper@4cf.eu



KAROL WASILEWSKI
Foresight Advisor
karol@4cf.eu



MICHAŁ NADZIAK
Analyst
michal.nadziak@4cf.eu



DARIUSZ KOZDRA
Communications
darek@4cf.eu

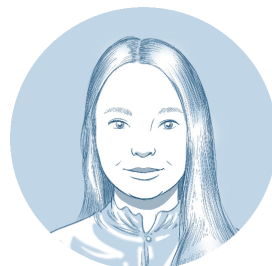
ŁUKASZ MACANDER
Partner
lukasz@4cf.eu



ANNA SACIO-SZYMAŃSKA
Principal
anna@4cf.eu



WERONIKA RAFAŁ
Foresight Specialist
weronika@4cf.eu



BARTOSZ FRĄCKOWIAK
Consultant
bartosz.frackowiak@4cf.eu

