

# Compute Module, czyli nie taki SoM straszny (1)

*Komputerka Raspberry Pi nie trzeba prezentować, znają go wszyscy zainteresowani systemami wbudowanymi. Nieco gorzej wygląda sytuacja z modułem dedykowanym aplikacjom profesjonalnym – Compute Module, pomimo że jest on dostępny w zasadzie równoległe od pojawienia się maliny...*

Raspberry Pi stosowany jest w sporej liczbie aplikacji profesjonalnych, chociaż nie został do nich zaprojektowany. O wyborze klasycznych wersji A+/B+ lub Zero decyduje ich niska cena, dostępność, łatwość implementacji, wsparcie użytkownika oraz sprawdzona w porównaniu z rozwiązaniami konkurencyjnymi stabilność sprzętu. W wielu przypadkach Raspberry Pi wyparło droższe komputery typu box oparte na platformie Intela lub AMD. W związku z oczekiwaniami użytkowników projektujących urządzenia komercyjne lub pracujące

w mniej wymagających aplikacjach przemysłowych, fundacja wprowadziła Raspberry Pi w formie modułu SOM (System On Module) i nazywała go Compute Module (CM).

## Wersje modułów CM

Moduły z trzech dostępnych generacji są zgodne wyprowadzeniami I/O. W kolejności chronologicznej rozwijały się następująco:

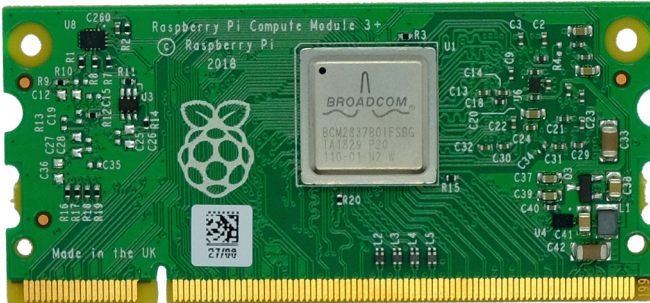
- **CM1** – wprowadzony w kwietniu 2014 (**fotografia 1**), oparty na SoC Broadcom BCM2835 taktowany zegarem 700 MHz, mający 512 MB RAM i 4 GB pamięci eMMC Flash. Pomimo że jest on w dalszym ciągu dostępny i według zapewnień fundacji sytuacja nie zmieni się co najmniej do stycznia 2023, ekonomiczniej jest zastosować wydajniejsze nowsze moduły,
- **CM3** – zastępujący CM1, a wprowadzony w styczniu 2017 (**fotografia 2**), oparty na Soc Broadcom BCM2837 taktowany zegarem 1200 MHz, 1 GB RAM i 4 GB wbudowanej pamięci eMMC



Fotografia 1. Raspberry Pi Compute Module CM1 (z materiałów [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org))



Fotografia 2. Raspberry Pi Compute Module CM3 (z materiałów [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org))



**Fotografia 3. Raspberry Pi Compute Module CM3+ (z materiałów www.raspberrypi.org)**

Flash. Dostępna jest też wersja CM3Lite, bez wbudowanej pamięci eMMC, który współpracuje z kartą SD, podłączoną do wyprowadzeń modułu SODIMM. Warto wspomnieć, że moduł z wbudowaną pamięcią eMMC nie działa z zewnętrzną kartą SD. Na etapie wyboru nośnika dla systemu należy przemyśleć temat, gdyż zmiany mogą być dość kosztowne. Jeżeli mamy możliwość umieszczenia na płycie podstawki pod kartę SD, to warto pozostawić możliwość pracy obu typów CM3 i CM3Lite w jednym urządzeniu. Planowana dostępność CM3, CM3Lite określona została na styczeń 2023.

- **CM3+** – najnowszy, uzupełniający ofertę i w przyszłości zastępujący CM3 wprowadzony w styczniu 2019 (fotografia 3). Nowa wersja oparta jest na Soc Broadcom BCM2837B0 taktowany zegarem 1200 MHz, ma wbudowaną 1 GB RAM. W zależności od wersji, dostępna wbudowana pamięć eMMC ma rozmiar 8/16/32 GB, co spełnia wymogi nawet pełnych wersji instalacyjnych Raspbiana z nakładką graficzną. Wielkość wbudowanej pamięci eMMC oczywiście ma odbicie w cenie modułu wynoszącej odpowiednio 30/35/40 \$. Udostępniona jest też wersja CM3+Lite bez wbudowanej Flash i współpracująca z kartą SD podłączoną do wyprowadzeń modułu SODIMM, w cenie 25 \$. Podobnie jak w przypadku CM3 warto wspomnieć, że moduł z wbudowaną pamięcią eMMC nie współpracuje z zewnętrzną kartą SD. Dla mocno dociekliwych możliwe jest przekonfigurowanie kilku elementów na module, aby taka współpraca była możliwa. Swoją drogą nieco irytujące jest wyprowadzenie sygnałów dla karty SD w CM3+Lite poprzez złącze SODIMM, znacznie wygodniejsze byłoby umieszczenie podstawki pamięci na samym module, w miejscu niewlutowanej pamięci eMMC, tak jak robią to inni producenci rozwiązań SOM. Jedyne co przemawia za takim rozwiązaniem to możliwość wyboru formatu kart pamięci pełnej SD i uSD uzależniona od zastosowanej w urządzeniu podstawki. Planowana dostępność CM3+, CM3+Lite określona została na styczeń 2026 i ten moduł można uznać obecnie za wersję preferowaną do nowych urządzeń. CM3+ jest nieznacznie wyższy (radiator z SoC), co nie powinno stanowić problemu przy zamianie z CM3.

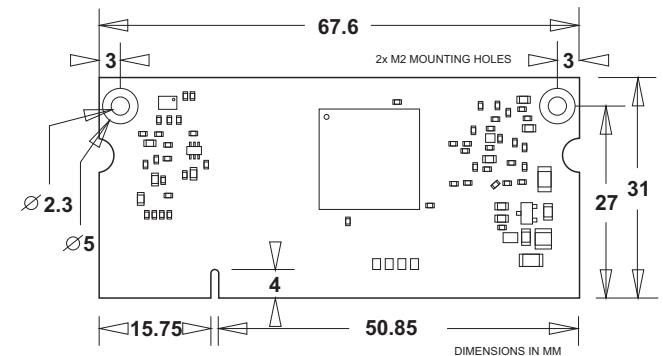
W trakcie pisania artykułu nieznanne były plany fundacji odnośnie do wersji CM4, bazującej na SoC z Pi4. Pewnie z biegiem czasu ujrzy on światło dzienne, po usunięciu problemów z „pełnej” wersji Raspberry Pi 4. Można przypuszczać jednak, że pojawią się

zmiany podstawki lub standardu wyprowadzeń ze względu na pobieraną moc i dodane szybkie interfejsy komunikacyjne.

## Złącze

Wszystkie CM mają formę modułu SODIMM o 200 wyprowadzeniach zgodnego z podstawką DDR2 1,8 V. Pojawiają się niestety drobne szczegóły natury mechanicznej, na które należy zwrócić uwagę przy wyborze typu podstawki. Jest to oczywiście tylko zgodność mechaniczna i nie należy pod żadnym pozorem próbować uruchamiać CM w miejscu pamięci DDR2.

Wymiary modułu pokazuje rysunek 1. Z praktycznie sprawdzonych i pasujących złączy mogą polecić TE Connectivity typu 1473005-4 obowiązkowo z dodatkowymi tulejkami M2 w zaznaczonych miejscach. Tylko taki montaż zapewnia stabilność mechaniczną CM. Niestety nie udało mi się dobrać złączy w wersji pionowej, takiego jak np. Attend 121B-150A00, a taki montaż czasem też jest przydatny. Sprawa rozbija się o uchwyty podtrzymujące płytkę w pionie.



**Rysunek 1. Wymiary CM3+ (z materiałów www.raspberrypi.org)**

**Tabela 1. Rozkład wyprowadzeń CM3+ (z materiałów www.raspberrypi.org)**

CM3+	CM3+ Lite	PIN	PIN	CM3+	CM3+ Lite	CM3+	CM3+ Lite	PIN	PIN	CM3+	CM3+ Lite
GND		1	2	EMMC_DISABLE_N		DSIO_DN0		99	100	DSI1_CP	
GPIO0		3	4	NC	SDX_VDD	DSIO_DP0		101	102	DSI1_CN	
GPIO1		5	6	NC	SDX_VDD	GND		103	104	GND	
GND		7	8	GND		DSIO_CN		105	106	DSI1_DP3	
GPIO2		9	10	NC	SDX_CLK	DSIO_CP		107	108	DSI1_DN3	
GPIO3		11	12	NC	SDX_CMD	GND		109	110	GND	
GND		13	14	GND		HDMI_CLK_N		111	112	DSI1_DP2	
GPIO4		15	16	NC	SDX_D0	HDMI_CLK_P		113	114	DSI1_DN2	
GPIO5		17	18	NC	SDX_D1	GND		115	116	GND	
GND		19	20	GND		HDMI_D0_N		117	118	DSI1_DP1	
GPIO6		21	22	NC	SDX_D2	HDMI_D0_P		119	120	DSI1_DN1	
GPIO7		23	24	NC	SDX_D3	GND		121	122	GND	
GND		25	26	GND		HDMI_D1_N		123	124	NC	
GPIO8		27	28	GPIO28		HDMI_D1_P		125	126	NC	
GPIO9		29	30	GPIO29		GND		127	128	NC	
GND		31	32	GND		HDMI_D2_N		129	130	NC	
GPIO10		33	34	GPIO30		HDMI_D2_P		131	132	NC	
GPIO11		35	36	GPIO31		GND		133	134	GND	
GND		37	38	GND		CAM1_DP3		135	136	CAM0_DP0	
GPIO0-27_VDD		39	40	GPIO0-27_VDD		CAM1_DN3		137	138	CAM0_DN0	
KEY											
GPIO28-45_VDD		41	42	GPIO28-45_VDD		GND		139	140	GND	
GND		43	44	GND		CAM1_DP2		141	142	CAM0_CP	
GPIO12		45	46	GPIO32		CAM1_DN2		143	144	CAM0_CN	
GPIO13		47	48	GPIO33		GND		145	146	GND	
GND		49	50	GND		CAM1_CP		147	148	CAM0_DP1	
GPIO14		51	52	GPIO34		CAM1_CN		149	150	CAM0_DN1	
GPIO15		53	54	GPIO35		GND		151	152	GND	
GND		55	56	GND		CAM1_DP1		153	154	NC	
GPIO16		57	58	GPIO36		CAM1_DN1		155	156	NC	
GPIO17		59	60	GPIO37		GND		157	158	NC	
GND		61	62	GND		CAM1_DP0		159	160	NC	
GPIO18		63	64	GPIO38		CAM1_DN0		161	162	NC	
GPIO19		65	66	GPIO39		GND		163	164	GND	
GND		67	68	GND		USB_DP		165	166	TVDAC	
GPIO20		69	70	GPIO40		USB_DM		167	168	USB_OTGID	
GPIO21		71	72	GPIO41		GND		169	170	GND	
GND		73	74	GND		HDMI_CEC		171	172	VC_TRST_N	
GPIO22		75	76	GPIO42		HDMI_SDA		173	174	VC_TDI	
GPIO23		77	78	GPIO43		HDMI_SCL		175	176	VC_TMS	
GND		79	80	GND		RUN		177	178	VC_TDO	
GPIO24		81	82	GPIO44		VDD_CORE (DON'T CONNECT)		179	180	VC_TCK	
GPIO25		83	84	GPIO45		GND		181	182	GND	
GND		85	86	GND		1V8		183	184	1V8	
GPIO26		87	88	HDMI_HPD_N_1V8		1V8		185	186	1V8	
GPIO27		89	90	EMMC_EN_N_1V8		GND		187	188	GND	
GND		91	92	GND		VDAC		189	190	VDAC	
DSI0_DN1		93	94	DSI1_DP0		3V3		191	192	3V3	
DSI0_DP1		95	96	DSI1_DN0		3V3		193	194	3V3	
GND		97	98	GND		GND		195	196	GND	
						VBAT		197	198	VBAT	
						VBAT		199	200	VBAT	

Niestety w miejscach, gdzie pamięci mają prostą krawędź umożliwiającą podtrzymanie płytki, CM ma slot przeznaczony do łamania po montażu i uchwyty nie mają stabilnego miejsca zaczeplenia (fotografia 4).

Dzięki zastosowaniu złącza SODIMM w porównaniu do wersji A/B Raspberry zwiększona mogła zostać liczba wyprowadzeń GPIO (do 48) i dostępnych (niektóre współdzielone z GPIO) interfejsów. CM3+ zawiera interfejsy 2×I<sup>2</sup>C, 2×SPI, 2×UART, 2×SD/SDIO, HDMI 1.3, DPI RGB, 2×CSI (interfejs kamery 1×4 linie 1 GB + 1×2 linie 1 GB), 2×DSI (interfejs szeregowy wyświetlacza 1×4 linie 1 GB + 1×2 linie 1 GB), pamięci NAND SMI. Interfejsy są dostępne w kilku alternatywnych konfiguracjach GPIO (ALT0-5). Umożliwia to wykorzystanie ich w bardziej elastyczny sposób niż w PI A/B. Przykładowo w konfiguracji ALT2 możliwe jest jednocześnie podłączenie taniego wyświetlacza DPI RGB i interfejsu I<sup>2</sup>S, co z pewnością ucieszy konstruktorów rozwiązań multimedialnych. Pełna lista sygnałów dostępnych na złączu SODIMM pokazana jest w tabeli 1.

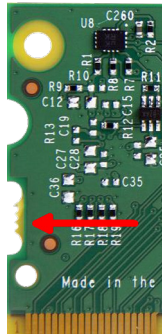
**Zakres temperatur**

Aktualnie na rynku dostępne są trzy rodziny Compute Module do aplikacji komercyjnych o określonym przez producenta zakresie temperatury pracy -25...+80°C. Niestety nie jest to pełny zakres przemysłowy -40...+85°C, co zmniejsza zakres zastosowań modułu lub wymaga dodatkowych wentylatorów czy grzałek, co nie zawsze jest akceptowalne w aplikacji. Zawężony zakres temperatur pracy tłumaczony jest ograniczeniami układów eMMC i RAM.

Jeżeli użytkujemy CM3 w wyższych temperaturach, należy zapewnić dodatkowe chłodzenie SoC, w przeciwnym wypadku zmniejszy on taktowanie, a co za tym idzie wydajność. Jeżeli CM3 będzie narażony na wibracje, to mocowanie radiatora nie powinno polegać na przyklejeniu go klejem termoprzewodzącym do obudowy SoC, bo w skrajnym przypadku może doprowadzić to do popękania lub zerwania kulek obudowy BGA. Radiator w postaci kawałka blachy aluminiowej może zostać oparty na dystansach i otworach M2 mocujących CM3 do płytki. Kontakt termiczny radiatora z SoC powinien zostać zrealizowany przez elastyczną podkładkę termoprzewodzącą.

**Budowa**

Budowę modułu pokazuje rysunek 2. W zasadzie ogranicza się do SoC, RAM (i w zależności od wersji, także pamięci eMMC) oraz kilkunastu elementów biernych. Na płytce nie znajdziemy typowych dla rozwiązań konkurencyjnych (SoMLabs, Grinn, Vari-scite) wbudowanych interfejsów, takich jak Wi-Fi, Bluetooth, PHY Ethernet lub przynajmniej interfejs MII/RMII lub kontroler PMIC. Obniża to oczywiście koszt samego modułu CM, ale zrzuca część zadań na projektanta urządzenia, a nie do końca o to chodzi przy

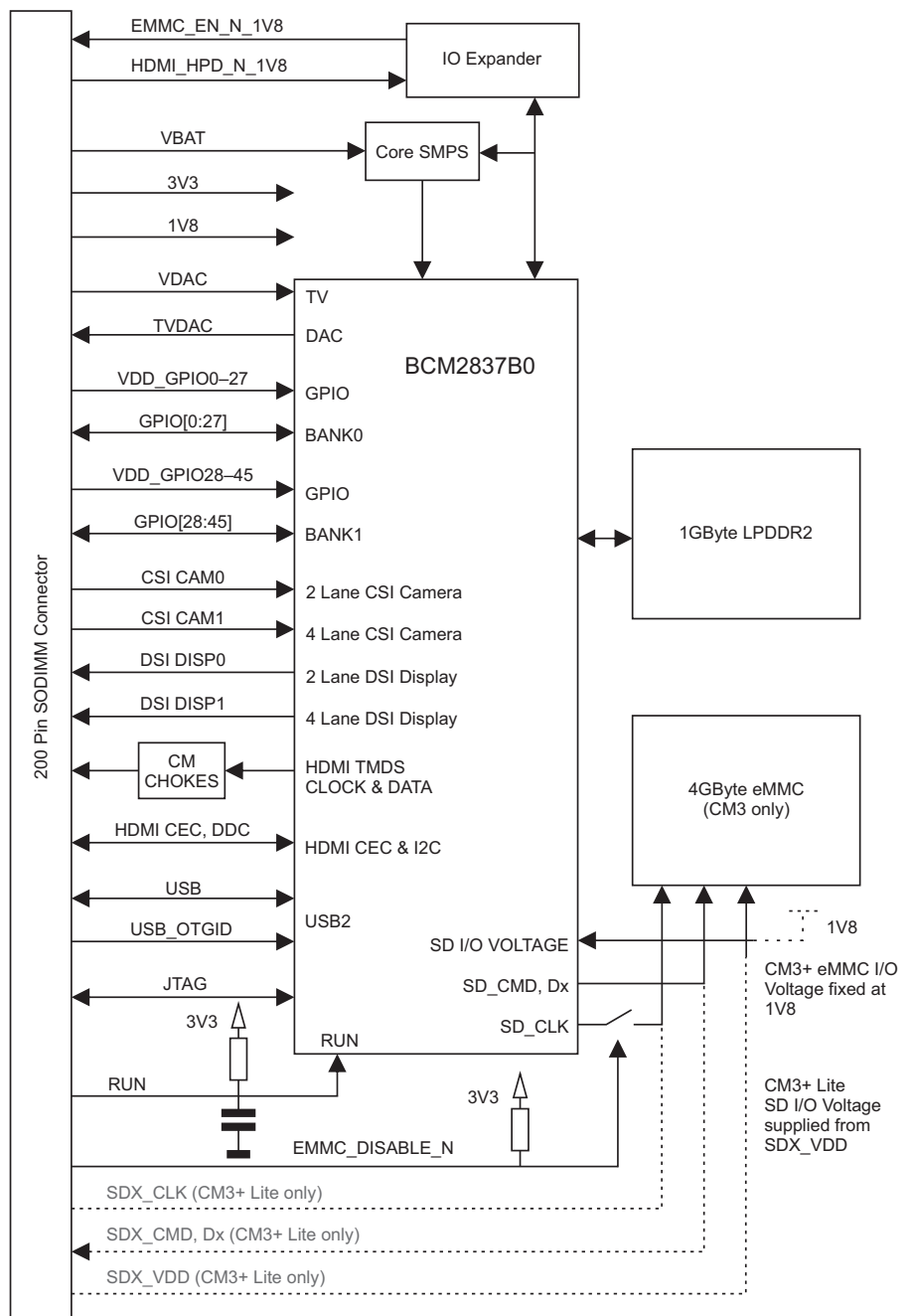


Fotografia 4. Problem pionowego mocowania CM3+

wykorzystaniu modułów SoM. Sprawa jest o tyle istotna, że zapewnienie jakiegokolwiek komunikacji sieciowej potrzebne jest dzisiaj chyba w 99% urządzeń.

Niestety producent kompletnie nie wspiera projektantów – brak gotowych i sprawdzonych bloków typowych interfejsów komunikacyjnych. Nie ma też wielkiego wyboru szybkich interfejsów komunikacyjnych, pozostaje aż jeden port USB2.0, który w wersjach z eMMC pełni także funkcję interfejsu programowania wbudowanej pamięci. Wymaga to w aplikacji kolejnych elementów niezbędnych do przełączania funkcji tj., sterowanego zewnętrznym sygnałem OTG multiplexera USB2.0 przykładowo typu FSUSB42 lub TS3USB221.

Jeżeli zależy nam na rozmiarze urządzenia i nie możemy zastosować pełnej wersji Pi, konieczne będzie wykorzystanie interfejsu USB2.0 i mostków USB/Ethernet takich jak LAN9512, LAN9514 lub korzystającego z SPI układu ENC28J60 (o ile oczywiście nie mamy zamiaru pisać driverów dla innych niewspieranych układów). W prostszych aplikacjach, gdy nie wykorzystujemy USB, możliwe jest zastosowanie w roli interfejsu Ethernet popularnych układów RTL8152 lub modułów Wi-Fi/USB typu M08-33, lub M08-50 z układem



Rysunek 2. Budowa wewnętrzna CM3+ (z materiałów www.raspberrypi.org)

RT5370N, lub RTL8188. Gdy aplikacja wymaga większej liczby portów USB, polecam zastosowanie czteroportowych hubów TUSB2048, GL850, FE1.1 lub USB2412, jeżeli wystarczają nam tylko dwa porty USB. Gdy mamy zamiar wykorzystać zewnętrzny dysk SATA, pozostaje zastosowanie mostka USB/SATA typu GL830.

Przy większej liczbie interfejsów ich aplikacja jest dość karkołomna i każdorazowo należy rozpatrzyć, czy dokładać do CM kolejne huby lub mostki USB, czy jednak ekonomiczniej i bardziej niezawodnie wykorzystać moduł SOM z wbudowanymi portami Ethernet, SATA, PCIe i kilkoma portami USB. Tym bardziej że przy rosnących wymaganiach co do ilości przesyłanych danych współdzielone USB2.0 może nie sprostać zadaniu.

## Zasilanie

W kwestii zasilania CM wymagane jest dostarczenie sześciu napięć. Rozdzielone są one na wewnętrzne bloki funkcjonalne:

- VBAT zasila rdzeń SoC,
- 3,3 V i 1,8 V zasilają peryferia SoC,
- VDD\_GPIO0...27 i VDD\_GPIO28...45 zasila porty GPIO SoC, ułatwia to dopasowanie podobnie jak w FPGA do napięć współpracujących układów, co przy odpowiedniej konstrukcji eliminuje lub zmniejsza liczbę niezbędnych konwerterów poziomów napięć I/O,
- VDAC zasila przetwornik TV DAC i w przypadku wykorzystania należy zadbać o jego odpowiednią filtrację.

Wszystkie napięcia muszą być dostarczone do CM, niezależnie od wykorzystania poszczególnych bloków. W minimalnej konfiguracji oznacza to generowanie przez zewnętrzny zasilacz napięć

5 V, 3,3 V, 1,8 V. Pobór mocy dla każdego z napięć określony jest w karcie katalogowej, należy jednak zwrócić uwagę, że wynikowa wydajność zasilacza musi uwzględniać także pobór mocy podłączonych peryferii.

Można mieć pretensje do rozwiązania zaproponowanego przez fundację. Większość nawet bardziej złożonych SoM wymaga tylko jednego napięcia zasilania, przeważnie 5 V, pozostałe generowane są wewnętrznie przez kontroler zasilania PMIC, co zdecydowanie ułatwia aplikację. Zintegrowany w SoM układ zarządzania zasilaniem zwalnia nas też z obowiązku zapewnienia odpowiedniej sekwencji załączania i wyłączania napięć zasilających. Nie jest ona w przypadku CM3 jako specjalnie skomplikowana, lecz musi zostać zachowana, aby nie uszkodzić SoC.

Zalecane są dwie sekwencje, pierwsza wymaga, aby napięcia pojawiały się w kolejności od najwyższego do najniższego, druga dopuszcza, że napięcia pojawiają się jednocześnie, ale musi zostać zachowany warunek, aby nigdy niższe napięcie zasilania nie przekroczyło wartości wyższego napięcia zasilającego.

## Podsumowanie

Moduły CM wymagają przemyślanych płytek uruchomieniowych. Bez ich zastosowania rozpoczęcie pracy z CM może się wydłużyć o czas niezbędny na zaprojektowanie, wykonanie i poprawianie własnej płytki. O dostępnych rozwiązaniach opowiem w kolejnej części artykułu.

Adam Tatus, EP  
adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

**m.technik**  
Ciekawi świata są zawsze młodzi

**w prezencie na każdą okazję**

przejrysz i kupisz na  
**www.ulubionykiosk.pl**

QR code: <http://bit.ly/2DKgsBJ>

Magazine cover: **ŚWIAT DO REMONTU**  
Wszystko od nowa  
RAPORT: Wojny streamingowe – Netflix i inni  
Czy mały Yoda wygra grę o tron z Wiedźminem

Magazine cover: **ANDREAS STIHL**  
Piła – historia prawdziwa  
nr 5, maj 2020  
Wskazania  
Ciekawostki  
m.technik  
Ciekawostki świata są zawsze młodzi