

Savarankiškai išnagrinėtų kompiuterių architektūrų palyginimas

TMS320C28x vs. W65C816S

Karina Babenskaitė, Informatika, III kursas, VU

ELEMENTINĖ BAZĖ

Elementinė bazė

Abu procesoriai buvo gaminami naudojant CMOS technologiją (Wikipedia, n.d.). Jų elementinę bazę sudaro labai didelio integracijos masto (VLSI) integriniai grandynai (IC). Tai yra modernūs monokristaliniai procesoriai. (Western Design Center, n.d.; Wikipedia, n.d.)

Fizinės įrangos savybės

TMS320C28x šeimos procesoriai yra 144 mm² (NFBGA) arba 289 mm² (PBGA) dydžio (TI Search Engine, 2025).

W65C816S procesoriaus dydis prikalusė nuo paketo tipo – 232,3 mm² (44-Pin PLCC), 724,8 mm² (40-Pin PDIP), 100 mm² (44-Pin QFP) (ControlChips, 2022; The Western Design Center, 2004, pp. 13–15).

Energijos suvartojimas

Remiantis TMS320C2834x modelių specifikacija (Texas Instruments, 2021, p. 31) energijos suvartojimas normaliomis sąlygomis 25°C temperatūroje 300 MHz dažniu – maždaug 290 mA. W65C816S sunaudoja mažiau energijos – veikdamas 1 MHz dažniu vartoja tik 0,3 mA srovės (The Western Design Center, 2004, p. 7).

ARCHITEKTŪROS TIPAS

Originalus TMS32010 ir visi vėlesni jo variantai yra modifikuotos Harvardo architektūros procesoriaus, turinčio atskiras adresų erdves instrukcijoms ir duomenų atminčiai, tačiau galinčio skaityti duomenų reikšmes iš instrukcijų atminties, pavyzdys (Wikipedia, n.d.). W65C816S turi kitokią – akumuliatorinio tipo architektūrą. Visos šio procesoriaus aritmetinės ir loginės operacijos vykdomos per vieną registrą – akumuliatorių A (The Western Design Center, 2004, p. 8).

ADRESAI

TMS320C28x nėra beadresinė mašina, dauguma bazinių instrukcijų naudoja du adresus (Texas Instruments, 2015, p. 107). W65C816S yra vieno adreso procesorius, tai matosi iš adresavimo režimų lentelės, kur kiekviena instrukcija turi tik vieną operandą, kitas operandas yra implicitinis akumuliatorius A (The Western Design Center, 2024, p. 47).

REGISTRAI

TMS320C28x architektūra turi 34 pagrindinius pasiekiamus registus.

TMS320C28x registrai

Registro pavadinimas	Duomenų plotis	Paskirtis
ACC	32 bitai	Pagrindinis įrenginio darbinis registratorius.
AH	16 bitų	Aukščiausia ACC pusė.
AL	16 bitų	Žemiausia ACC pusė.
XAR0	32 bitai	Pagalbinis registratorius. Gali būti naudojamas kaip bendros paskirties arba kaip rodyklė į atmintį.
XAR1	32 bitai	Pagalbinis registratorius. Gali būti naudojamas kaip bendros paskirties arba kaip rodyklė į atmintį.
XAR2	32 bitai	Pagalbinis registratorius. Gali būti naudojamas kaip bendros paskirties arba kaip rodyklė į atmintį.
...
XAR7	32 bitai	Pagalbinis registratorius. Gali būti naudojamas kaip bendros paskirties arba kaip rodyklė į atmintį.
AR0	16 bitų	Žemiausia XAR0 pusė (bendros paskirties).
AR1	16 bitų	Žemiausia XAR1 pusė (bendros paskirties).
AR2	16 bitų	Žemiausia XAR2 pusė (bendros paskirties).
...
AR7	16 bitų	Žemiausia XAR7 pusė (bendros paskirties).
DP	16 bitų	Duomenų puslapio rodyklė.
IFR	16 bitų	Pertraukimų žymių registratorius.
IER	16 bitų	Pertraukimų i Jungimo registratorius.
DBGIER	16 bitų	Derinimo pertraukimų i Jungimo registratorius.
P	32 bitai	Sandaugos registratorius. Saugo 32 bitų daugybos rezultatą.
PH	16 bitų	Aukščiausia P pusė.
PL	16 bitų	Žemiausia P pusė.
PC	22 bitai	Programos skaitiklis. Rodo į instrukciją, kuri yra vykdoma.
RPC	22 bitai	Grįžimo programos skaitiklis. Rodo, kur grįžti po instrukcijos vykdymo.
SP	16 bitų	Steko rodyklė. Leidžia naudoti programinės įrangos steką duomenų atmintyje.
ST0	16 bitų	Būsenos registratorius 0.
ST1	16 bitų	Būsenos registratorius 1.
XT	32 bitai	Dauginamojo (multiplicand) registratorius. Naudojamas 32 bitų sveikojo skaičiaus su ženklu vertei saugoti prieš 32 bitų daugybos operaciją.
T	16 bitų	Aukščiausia XT pusė.
TL	16 bitų	Žemiausia XT pusė.

Šaltinis: Texas Instruments (2015, p. 23).

Iš viso architektūra turi 16 pasiekiamų bendros paskirties registrų.

Pastaba: 23 puslapyje *TMS320C28x CPU and Instruction Set* lentelėje parašyta, kad XAR0 turi 16 bitų duomenų dydį, tačiau platesniame registrų aprašyme 28 puslapyje 2.2.6 *Auxiliary Registers (XAR0–XAR7, AR0–AR7)* parašyta, kad architektūra turi aštuonis 32 bitų registrus. Tai, kad XAR0 iš tiesų turi 32 bitus, nurodo ir *TMS320C28x Extended Instruction Sets* 16 puslapyje (Texas Instruments, 2015, pp. 23, 28; Texas Instruments, 2015, p. 16; Texas Instruments, 2019).

W65C816S architektūra turi 18 pasiekiamų registrų.

W65C816S registrai

Registro pavadinimas	Duomenų plotis	Paskirtis
A	8 bitai arba 16 bitų	Žemiausia C pusė. Naudojamas visoms operacijoms.
B	8 bitai	Aukščiausia C pusė. Naudojamas tik 16 bitų režime arba kaip laikina saugykla.
C	16 bitų	Visas akumulatorius C.
DBR	8 bitai	Saugo duomenų banko adresą formuojant 24 bitų duomenų adresą.
D	16 bitų	Naudojamas tiesioginio adresavimo poslinkiui.
X	8 bitai arba 16 bitų	Indeksavimo registratorius, naudojamas adresų skaičiavimui.
Y	8 bitai arba 16 bitų	Indeksavimo registratorius, naudojamas adresų skaičiavimui.
P	8 bitai	Būsenų registratorius.
PBR	8 bitai	Saugo programos banko adresą formuojant 24 bitų programos adresą.
PC	16 bitų	Programos skaitiklis. Rodo į instrukciją, kuri yra vykdoma.
S	16 bitų	Steko rodyklė. Leidžia naudoti programinės įrangos steką duomenų atmintyje.

Šaltinis: The Western Design Center (2004, pp. 8–10).

Iš lentelių matyti, kad TMS320C28x turi daug daugiau registrų ir atitinkamai daugiau registų funkcijų. Registrų platesni (iki 32 bitų), nes ši architektūra skirta greitiems skaičiavimams.

W65C816S registrų yra mažiau, taigi ši architektūra daug paprastesnė.

POŽYMIŲ BITAI

Pagrindiniai TMS320C28x požymių bitai V (Overflow), N (Negative), Z (Zero), C (Carry), TC (Test/Control) saugomi ST0 registre. Papildomi požymių bitai (pavyzdžiu ARP, XF, IDLESTAT) saugomi ST1 ir IFR registruose. (Texas Instruments, 2015, pp. 30–43)

W65C816S taip pat turi V, N, Z ir C požymių bitus, jie saugomi registre P. Šis procesorius taip pat turi I (Interrupt Disable), D (Decimal Mode), X (Index Register Size), M (Accumulator Size), B (Break) ir E (Emulation Mode) požymio bitus.

(The Western Design Center, 2004, p. 9)

DUOMENŲ PLOTIS

Abiejų architektūrų vienas mašininis žodis lygus 16 bitų. (Texas Instruments, 2015, p. 16)
(Wikipedia, n.d.)

ATMINTIES IŠDĖSTYMAS

TMS320C28x architektūroje atmintis buvo segmentuota. 22 bitų programos ir 32 bitų duomenų erdvės (Texas Instruments, 2015, p. 16) buvo atskiro. Vidinė (On-Chip) atmintis suskirstyta į funkcinius segmentus (RAM, SARAM, Peripheral frames, 128-Bit Password, Boot ROM ir BROM Vector ROM, bei rezervuoti laukai). Papildomai adresų erdvėje galėjo būti prijungta išorinė atmintis per XINTF. (Texas Instruments, 2021, p. 131)

W65C816S architektūra naudojo ištisinę 24 bitų adresų erdvę, kurios efektyvus adreso plotis yra 24 bitai. Ši erdvė segmentuota į 256 bankus po 64 KB. Programos ir duomenys egzistuoja toje pačioje erdvėje. Procesorius gali kreiptis į skirtinges bankus priklausomai nuo operacijos, nes instrukcijų paieškai naudojamas registras PBR, o duomenų prieigai DBR.

(The Western Design Center, 2004, pp. 9–10)

Maksimalus įmanomas TMS320C28x atminties kiekis programos erdvėje – 4M žodžių, duomenų erdvėje – 4G žodžių (Texas Instruments, 2015, p. 16). W65C816S maksimalus įmanomas atminties kiekis – apie 8M žodžių.

Tipiskai TMS320C28x sistemos naudojo tik dalį vidinės atminties, priklausomai nuo programos dydžio. Kadangi W65C816S yra mikroprocesorius, jo atmintis nėra integruota ir priklauso nuo konkrečios sistemos dizaino.

VIRTUALIOJI ATMINTIS

TMS320C28x nepalaiko virtualios atminties, nes visi adresai yra tiesioginiai, segmentuoti į programos ir duomenų erdves. Procesorius neturi MMU ar puslapiavimo mechanizmo. W65C816S virtualios atminties taip pat nepalaiko.

KOMANDŲ SISTEMA

TMS320C28x turi 157 unikalias mašinos komandas (asmeninė komunikacija, ChatGPT, 2025-12-08; Texas Instruments, 2015, p. 107). Jos gali būti skirtomos į tokias pagrindines klasės: loginės ir aritmetinės, daugybos ir kaupimo, poslinkiai ir sukimai, šakos, steko, programos ir

duomenų perkėlimo, būsenos, pertraukimų ir specialios. Komandų formatas: šaltinio operandai visada dešinėje, o paskirties – kairėje (Texas Instruments, 2015, p. 32).

Komandų pavyzdžiai TMS320C28x

Klasė	Komandos pavyzdys	Funkcija
Aritmetinė	ADD AX, loc16	Pridėti reikšmę prie AX.
Daugybos ir kaupimo	MAC P,loc16,0:pma	Dauginti ir kaupti.
Poslinkio	LSL ACC,#1..16	Loginis poslinkis į kairę.
Šakos	B 16bitOffset,COND	Jei sąlyga patenkinama, pridėti šaką.
Steko	POP ACC	Ištraukia viršutinę steko reikšmę ir įrašo ją į akumuliatorių.
Duomenų perkelimo	MOV *(0:16bit), loc16	Perkelia reikšmę.
Būsenos	SETC Mode	Nustato nurodytus būsenos bitus.
Pertraukimų	IACK #16bit	Pertraukimo patvirtinimas.
Speciali	SQRA loc16	Kelia kvadratū nurodytą 16 bitų reikšmę ir prideda rezultatą prie P registro, įrašydamas į ACC registrą.

Šaltinis: Texas Instruments (2015, pp. 107–113).

W65C816S palaiko mažiau komandų – 92 (Wikipedia, n.d.). Galima išskirti panašias klasses kaip ir TMS320C28x: loginės ir aritmetinės, poslinkiai ir sukimai, šakos, pertraukimų, steko, specialios. Yra instrukcijų, kurios turėtų skirtinges klasses negu TMS320C28x: duomenų perkėlimo ir registru keitimo, blokinio kopijavimo.

Komandų pavyzdžiai W65C816S

Klasė	Komandos pavyzdys	Funkcija
Aritmetinė	ADC #\$10	Sudedė skumuliatorių su operantu ir Carry bitu.
Bitu poslinkiai ir sukimai	ASL A	Paslenka akumulatoriaus bitus į kairę, į Carry išstumiant MSB.
Šakos	BEQ label	Atlieka šuoli, jei Zero flagas = 1.
Blokų kopijavimas	MVN \$00, \$01	Kopijuojas duomenų bloką iš banko 00 į banką 01 (didėjimo kryptis).
Steko	PHA	Ikelia akumulatoriaus reikšmę į steką.
Duomenų perkelimo	LDA \$2000	Ikelia reikšmę iš atminties į akumulatorių.
Būsenos	SETC Mode	Nustato nurodytus būsenos bitus.
Pertraukimų	SEI	Išjungia maskuojamus pertraukimus
Speciali	WAI	Sustabdo CPU iki pertraukimo.

Šaltinis: The Western Design Center (2004, p. 32).

Abi architektūros turi panašias komandas aritmetinėms operacijoms (pavyzdžiui, W65C816S turi ADC, TMS320C28x turi ADD), loginėms operacijoms (abi architektūros turi ADD, W65C816S turi ORA, TMS320C28x turi OR), šakojimuisi (pavyzdžiui, W65C816S turi BEQ, TMS320C28x

turi B), duomenų perkėlimui (pavyzdžiui, W65C816S turi LDA, TMS320C28x turi MOV), steko operacijoms (pavyzdžiui, W65C816S turi PHA, TMS320C28x turi PUSH) ir pertraukimų valdymui (pavyzdžiui, W65C816S turi SEI, TMS320C28x turi DINT). Tačiau, TMS320C28x turi didžiulį kiekį daugybos, kaupimo ir MAC komandų, pažangius bitų manipuliacijos ir testavimo mechanizmus, platų adresavimo režimų valdymą per instrukcijas. W65C816S turi komandų susijusiu su bankais segmentuota atmintimi.

ADRESAVIMO BŪDAI - TMS320C28x

TMS320C28x palaikė keturis pagrindinius adresavimo būdus: tiesioginis (DP), steko (SP), netiesioginis (XAR0–XAR7), registrų (Texas Instruments, 2015, p. 80).

W65C816S taip pat palaikė tiesioginį, netiesioginį ir steko adresavimo būdus. Be to palaikė ir immediate, absolute, program counter relative ir akumulatoriaus adresavimo būdus. (The Western Design Center, 2004, p. 20)

I/O GALIMYBĖS

TMS320C2834x atveju architektūra palaiko šias I/O galimybes: kelių kanalų tiesioginės atminties prieigos (DMA) modulį, 32 bitų CPU laikmačius, PWM, eCAP ir eQEP modulius, analoginių jėjimų sąsają (ADC), du eCAN modulius, SCI, SPI, I2C ir McBSP serijines sąsajas, skaitmeninę įvestį ar išvestį (GPIO) bei išorinę sąsają (XINTF). (Texas Instruments, 2021, p. 92) W65C816S nesuteikia integruotų I/O periferijų. Visos I/O ir išorinės sąsajos realizuojamos prijungiant atskirus lustus.

PERTRAUKIMŲ MECHANIZMAI

TMS320C28x palaiko tiek programų inicijuojamus (NTR, OR IFR, TRAP), tiek aparatinius (pin'ų, vidinių ar išorinių periferijų) pertraukimus. Aparatiniai pertraukimai, kurie buvo suaktyvinti tuo pačiu metu, tvarkomi pagal nustatyta prioritetą sistemą. Kai kuriuose įrenginiuose naudojamas periferijų pertraukimo išplėtimo (PIE) modulis, kuris sujungia kelių periferijų pertraukimus į vieną CPU pertraukimo liniją. Pertraukimai skirtomi į dvi kategorijas: maskuojami ir nemaskuojami. Pertraukimų tvarkymas vyksta keturiais etapais – pertraukimo užklausos gavimas, užklausos patvirtinimas, ISR paruošimas ir registrų reikšmių išsaugojimas, pertraukimo vykdymas. (Texas Instruments, 2015, p. 53)

W65C816S irgi palaiko tiek programinius (BRK, COP), tiek aparatinius (IRQB, NMIB, ABORTB) pertraukimus. Yra maskuojamų ir nemaskuojamų pertraukimų sistema. Pertraukimų apdorojimo etapai: pirmiausia procesorius aptinkia aktyvų IRQB ar NMIB signalą, tada užbaigia einamąją instrukciją, išsaugo programos būseną į steką (P, PC ir PBR), atitinkamai pakeičia režimo bitus (I, D, E) ir persoka į pertraukimo vektoriaus adresą. (The Western Design Center, 2004, pp. 17–18)

DUOMENŲ TIPAI

TMS320C28x palaikė fiksuoto kablelio aritmetiką su 16 ir 32 bitų skaičiais, koduotais dvejetainio papildinio formatu. Mašina taip pat palaikė trupmeninius formatus DSP operacijoms ir 64 bitų rezultatus daugybos operacijose. TMS320C28x galėjo atlikti operacijas su kompleksiniais skaičiais. Slankiojo kablelio ir dešimtainių skaičių tipų architektūra aparatūros lygyje nepalaiko.

(Texas Instruments, 2015, p. 23; Texas Instruments, 2015, pp. 107–113).

W65C816S aparatūros lygyje palaikė tik 8 ir 16 bitų sveikuosius skaičius, koduotus dvejeto papildymo formatu, tai galima matyti iš visų aritmetinių instrukcijų veikimo (ADC, SBC, INC, DEC). Fiksuoto ar slankiojo kablelio aritmetika nebuvo palaikoma, todėl tokie skaičiavimai turėjo būti atliekami programiškai. Architektūra nepalaikė ir jokių „egzotiškų“ duomenų tipų. Vienintelė išskirtinė duomenų reprezentavimo forma buvo 24 bitų bankų adresas, naudojamas tik adresavimo reikmėms, bet ne kaip aritmetinis duomenų tipas.

GREITAVEIKA

TMS320C2834x modelių dokumentacijoje aprašyti taktinių generatorių dažniai:

- XCLKIN - nuo 2 iki 150 MHz.
- X1 - nuo 2 iki 100 MHz.
- SYSCLKOUT – nuo 2 iki 200 MHz.
- On-chip oscillator clock – nuo 8 iki 30 MHz.
- XCLKOUT – nuo 0,5 iki 75 MHz.
- HSPCLK/EXTADCCLK – 40 MHz.
- LSPCLK – 100 MHz.

(Texas Instruments, 2021, p. 39)

Pagal pateiktą instrukcijų rinkinį instrukcijos užtrukdavo mažiausiai 1 ciklą, vidutiniškai 2-5 ciklus, daugiausiai 8, N + 5, N + 2 ar N + 1 ciklus. Esant 300 MHz sistemos taktui, kai dauguma instrukcijų užtrunka 2-5 ciklus, vidutinė procesoriaus greitaveika – maždaug 60-150 MIPS.

W65C816S procesorius dirbo iki 14 MHz taktiniu dažniu (The Western Design Center, 2004, p. 29). Instrukcijų vykdymo trukmė labai skyrėsi: paprastos operacijos trukdavo apie 2 ciklus, dažniausiai 2–5 ciklus, o sudėtingesnės, pavyzdžiui ilgi šuoliai ar netiesioginis adresavimas, iki 7–8 ciklų (The Western Design Center, 2004, pp. 32–55). W65C816S greitavaeika, esant maksimaliam 14 MHz dažniui, siekia apie 3–5 MIPS. Lyginant su TMS320C28x, kuris pasiekia

60–150 MIPS, W65C816S yra žymiai lėtesnis. TMS320C28x akivaizdžiai našesnis tiek dėl architektūros, tiek dėl ženklių didesnių taktinių dažnių.

SPARTINANTI ATMINTIS

Abi architektūros nenaudojo spartinančios atminties.

ARCHITEKTŪRŲ TAIKYSMO SRITYS

TMS320C2834x dokumentacijoje aprašyti taikymai pramoniniuose kintamosios srovės invertoriuose, pramoniniuose servo stiprintuvuose ir valdikliuose, CNC apdirbimo mašinose, nenutrukstamo maitinimo šaltiniuose ir serverių maitinimo sistemose bei saulės energijos inverteriuose.

TMS320C28x architektūra plačiai naudojama saulės energijos inverteriuose, nes leidžia realiuoju laiku valdyti energijos konversiją iš kintamo DC į stabilų AC signalą. Procesorius vykdo greitas DSP operacijas, tokias kaip MPPT (maksimalaus galios taško sekimas) ir PWM moduliaciją, užtikrinančią maksimalų energijos panaudojimą iš saulės modulių ir aukštą inverterio efektyvumą. Dėl tikslų skaitmeninių valdymo algoritmu ir mažų vėlinčiųjų C28x ypač tinkta aukšto našumo, patikimiems saulės energijos keitikliams.

(ChatGPT 5.1, 2025-12-08 18:14, „Trumpai pateik informaciją apie konkretų TMS320C28x taikymą saulės invertoriuose.“)

Tipinės W65C816S architektūros naudojimo sritys: namų kompiuteriai (Apple IIgs), žaidimų konsolės, mikrovaldiklių moduliai, pramoninė automatika, įvairi buitinė elektronika.

(ChatGPT 5.1, 2025-12-08 22:42, „Koks buvo tipinis W65C816S architektūros panaudojimas“)
Šioms sistemoms būdingas labai mažas energijos suvartojimas, paprastumas, ilgas komponentų gyvavimo ciklas.

W65C816S plačiai panaudotas Super Nintendo Entertainment System (SNES) kaip pagrindinis CPU, veikdamas 2,68–3,58 MHz dažniu. Ši architektūra valdė žaidimų logiką, grafikos sistemos komandas, garso procesoriaus komunikaciją ir periferinius valdiklius. Dėl 16 bitų instrukcijų ir 24 bitų adresavimo SNES galėjo naudoti iki 4 MB žaidimų ROM, vykdant efektyvius žaidimo ciklus bei apdorotinėmis laiko žaidimų fiziką ir animaciją.

(ChatGPT 5.1, 2025-12-08 22:58, „Pateik konkretų W65C816S pritaikymo pavyzdį“)

PROGRAMINĖ ĮRANGA

TMS320C28x sukurta programinės įrangos paketai: C2000Ware, DesignDRIVE ir powerSUITE. Visi jie yra pasiekiami oficialiai Texas Instruments gamintojo puslapyje. Šios programinės priemonės naudojamos pramoniniuose inverteriuose, servo pavaroje, robotikoje, CNC įrangoje, UPS ir saulės inverteriuose. Programavimui naudojama Code Composer Studio IDE, kuri apima C/C++ kompiliatorių, derintuvą, profilerį ir projektų kūrimo įrankius. Be to, įrenginiai palaiko

programavimą naudojant C2000 Gang Programmer. (Texas Instruments, 2021, p. 155; Texas Instruments, 2025)

W65C816S sukurta daug programinės įrangos, nes architektūra buvo naudojama namų kompiuteriuose Apple IIgs ir žaidimų konsolėse SNES. Apple IIgs operacinė sistema ir visa programinė įranga buvo parašyta šiam procesoriui. Apple IIgs dokumentacija šiuo metu nėra prieinama. SNES naudoja procesorių Ricoh 5A22, paremtą W65C816S (Wikipedia, n.d.; En.wikibooks.org, n.d.), todėl egzistuoja didžiulė žaidimų biblioteka šio procesoriaus pagrindu. Oficialus architektūros gamintojas WDC teikia vis dar prieinamą rinkinį WDCTools, kuris turi: asemblierį, linkerį, C kompiliatorių, simuliatorių, debuggerį, bibliotekų tvarkykles. (The Western Design Center, 2021)

ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

ControlChips (2022) *44-Pin PLCC dimensions*. Prieinama:

<https://www.controlchips.com/plc44dim.htm> (Žiūrėta: 2025-12-08).

ControlChips (2022) *40-Pin PDIP dimensions*. Prieinama:

<https://www.controlchips.com/dip40dim.htm> (Žiūrėta: 2025-12-08).

ControlChips (2022) *44-Pin QFP dimensions*. Prieinama:

<https://www.controlchips.com/qfp44dim.htm> (Žiūrėta: 2025-12-08).

En.wikibooks.org (n.d.) *Super NES Programming: 65C816 reference*. Prieinama:

https://en.wikibooks.org/wiki/Super_NES_Programming/65c816_reference (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2021) *TMS320C28346 datasheet*. Prieinama:

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320c28346.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2021) *TMS320C28341 datasheet*. Prieinama:

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320c28341.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2015) *TMS320C28x CPU and Instruction Set Reference Guide (spru430f)*.

Prieinama:

<https://www.ti.com/lit/ug/spru430f/spru430f.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2015) *TMS320C28x Extended Instruction Sets (sprueo2b)*. Prieinama:

<https://www.ti.com/lit/ug/sprueo2b/sprueo2b.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2019) *C2000 microcontroller documentation index (spruhs1c)*. Prieinama:

<https://www.ti.com/lit/ug/spruhs1c/spruhs1c.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Texas Instruments (2025) *TI home page*. Prieinama:
<https://www.ti.com/> (Žiūrėta: 2025-12-08).

The Western Design Center (2024) *W65C816S datasheet*. Prieinama:
<https://www.westerndesigncenter.com/wdc/documentation/w65c816s.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

The Western Design Center (2004) *W65C816S datasheet (ChipDB mirror)*. Prieinama:
<https://datasheets.chipdb.org/Western%20Design/w65c816s.pdf> (Žiūrėta: 2025-12-08).

The Western Design Center (2021) *WDCTools software package*. Prieinama:
<https://www.westerndesigncenter.com/wdc/tools.php> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Wikipedia (n.d.) *TMS320*. Prieinama:
<https://en.wikipedia.org/wiki/TMS320> (Žiūrėta: 2025-12-08).

Wikipedia (n.d.) *WDC 65C816*. Prieinama:
https://en.wikipedia.org/wiki/WDC_65C816 (Žiūrėta: 2025-12-08).

Wikipedia (n.d.) *Super Nintendo Entertainment System*. Prieinama:
https://en.wikipedia.org/wiki/Super_Nintendo_Entertainment_System (Žiūrėta: 2025-12-08).

TI Search Engine (2025) *TMS320C28 documentation search*. Prieinama:
<https://www.ti.com/sitesearch/en-us/docs/universalsearch.tsp?langPref=en-US&nr=29&searchTerm=TMS320C28#q=TMS320C28> (Žiūrėta: 2025-12-08).