

# Аналіз материнських плат, що використовуються в сучасних FDM/FFF 3D принтерах

Дмитро Чікель

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,  
Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: dmytro.chikel@nure.ua

**Анотація:** В даних тезах проведено аналіз типів плат управління 3D принтера, їх структуру та призначення. Дані тези дадуть уявлення про ключові особливості плат управління.

**Ключові слова:** 3D-принтер.

## I. ВСТУП

3D-друк або «аддитивне виробництво» – процес створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. 3D - друк заснований на концепції побудови об'єкта послідовно нанесеними шарами, що відображають контури моделі. Фактично, 3D-друк є повною протилежністю таких традиційних методів механічного виробництва і обробки, як фрезерування або різка, де формування виробу відбувається за рахунок видалення зайвого матеріалу (т.зв. «субтрактивне виробництво»).

3D принтер – верстат з числовим програмним управлінням, що використовує метод пошарового створення деталі. 3D друк є різновидом адитивного виробництва і зазвичай відноситься до інструментів швидкого прототипування. 3D - друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення («виращування») твердого об'єкта.

Необхідно забезпечити високу надійність, швидкодію та точність обробки вхідного G - коду, необхідно вибрати надійну швидкодіючу материнську плату для обробки даних операцій.

Основою для будь-якого 3D принтера є плата керування. В наш час різновидів плат керування, що використовуються в 3Dпринтерах існує велика кількість.

## II. АНАЛІЗ ТИПІВ ПЛАТ КЕРУВАННЯ

Плата RepRap BIQU Rumba 3DP001V1 є автономною платою що може використовуватися з програмним інтерфейсом або за допомогою спеціальної прошивки. Завдяки вбудованому мікроконтролеру STM32 на базі ARM 32bit Cortex M4. Так само плата оснащена вбудованим підключенням з Wi-Fi, що дозволяє здійснювати управління 3D – принтером через смартфон або планшет. На рис. 1 зображена схема материнської плати STEVAL-3DP001V1[4]. Плата RepRap BIQU Rumba, АТМЕГА2560 використовується для створення на її основі верстатів з числовим програмним управлінням, 3D принтерів, гравіювання або фрезерної машини і т.п.

Розташування на платі компонентів і складових частин контролера.

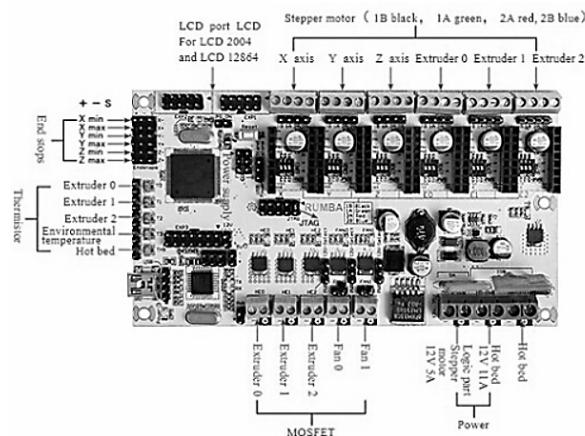


Рис. 1. Плата RepRap BIQU Rumba

Плата Rumba підтримує драйвери двигунів: DRV8825 и А4988. На платі є місця для встановлення 6 драйверів двигунів. Драйвери двигунів встановлюються підлаштування резисторами вниз. Провід двигунів вставляються в відповідні клеми і затискаються гвинтами. Роз'єми для підключення крокових двигунів, позначені на платі піктограмами X, Y, Z, E0, E1, E2.

Для підключення кінцевих вимикачів на платі передбачений роз'єм, позначений піктограмою Endstops. Передбачено підключення шести кінцевих датчиків – по два на кожному з осей X, Y, Z. Для підключення кінцевих датчиків на платі передбачений роз'єм з десятьма штирьовими контактами – по два контакти на термістор, тобто 5 термісторів. Живлення має здійснюватися від зовнішнього джерела живлення з напругою 12 – 35В постійного струму з максимальним струмом трохи менше 5А. На платі Rumba як конвертера USB – UART встановлений чіп АТmega16U2. На платі Rumba передбачені клеми для живлення трьох хотендів (Hot End). Ці клеми позначені на платі піктограмами HE0, HE1, HE2. Rumba передбачені клеми для живлення. Ці клеми позначені на платі FAN0, FAN1. Hot Bed (нагрівальної платформи) і живлення до платформи. На платі є три окремі виходи живлення для підключення пристроїв. Ще є два роз'єми позначені EXP1 і EXP2. Вони призначені для підключення пристрою з назвою RepRap Discount Smart Controller. Також до цих роз'ємів можна підключити замість RepRap Discount Smart Controller свій дисплей типу 1602 або 12864, а

також свій модуль для карт пам'яті. Також є роз'єм, позначений EXP3 – це роз'єм з виведеними додатковими інтерфейсами. На роз'ємі передбачено інтерфейс I2C, ШІМ, аналогові входи, цифрові входи / виходи загального призначення, виходи живлення з напругою в 5В і 12В.

Ще передбачені інтерфейси для внутрисхемного програмування ISP і для налагодження JTAG. На платі є два роз'єми внутрисхемного програмування ISP, вони позначені ISP1 і ISP2.

Особливості: – використовуючи той же процесор для Arduino Mega, для Atmega2560 в якості основного чіпа з високопродуктивним USB-чіпом Atmega16U2 може бути сумісний з прошивкою, пов'язаною з Ramps;

– входи інтерфейсу 5шт датчик температури;

– з інтерфейсом розширення LCD можна підключити китайську версію розширення SD-версії LCD для досягнення автономного друку (підтримка 2004 і 12864); – підтримка 6xA4988 16 розділів драйвера;

– вихід PWM (трубка нагріву, вентилятор і т. Д.): 6-контактний вихід (1 великий струм, 3-ходовий струм, 2 малих струму) з використанням високопродуктивного низькоомного опору MOS, кожен вихід LED як індикатор;

– ARM-клас Cortex-M3 серії LPC1768 основний кристал з 32 біт основна частота 100 м, Може бути значно покращено;

Плата BIGTREETECH SKR V1.1 Оснащений модулем з відкритим вихідним кодом Smoothieware, зручний для користувачів DIY і вторинного розвитку (рис.2).

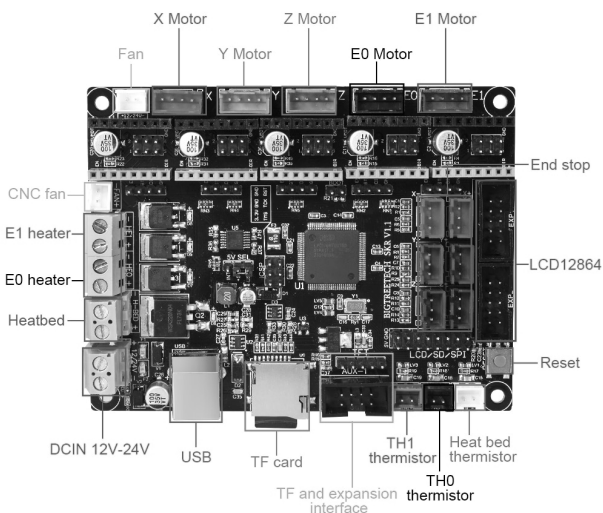


Рис. 2. Плата BIGTREETECH SKR V1.1

Використання потужних інструментів розробки, інтегроване середовище розробки Keil MDK. Проводка плати PCB спеціалізуються на оптимізації тепловиділення. Допустимий вхід 24 В, струм гарячого столу може бути зменшений до 1/4 під тією ж потужністю, ефективно вирішуючи проблему нагріву трубки гарячого столу MOS. Підтримка Display: 2,8-дюймовий, 3,5-дюймовий кольоровий сенсорний екран, LCD12864 екран.

Оновлення прошивки за допомогою SD карти. Високоєфективна трубка MOSFET для кращого розсіювання тепла. Підтримка функції: безслідне відновлення після відключення живлення, відключення нитки напруження і автоматичне відключення. Характеристики:

– розмір: 110мм \* 85мм;

– матеріал: PCB;

– вхідна напруга: DC12V-DC24V;

– струм: 5A ~ 15A;

– екран підтримки: TFT2.8 / TFT3.5 / 12864LCD;

– драйвер підтримки: A4988 / DRV8825 / TMC2100 / TMC2208 / TMC2130 / LV8729;

– нтерфейс датчика температури: TH0, TH1, ТВ;

– підтримувані формати файлів термостійкості 100K NTC;

– структура машини підтримки G-коду: XYZ, Delta, Kossel, Ultimaker, Corexy;

– програмне забезпечення: Cura, Simplify3D, pronterface, Repetier host, Makerware.

Плата Ramps 1.6 Ramps 1.6 shield служить для можливості зручного підключення всіх необхідних компонентів 3D принтера, управління кроковими двигунами за допомогою драйверів a4988 або DRV8825, використовується в багатьох кастомних 3D принтерах рис. 3.

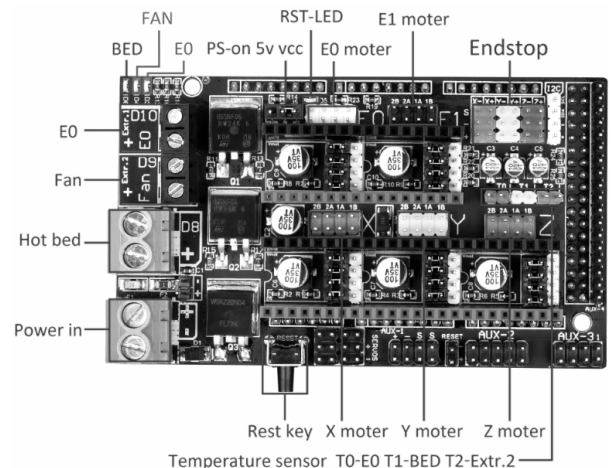


Рис. 3. Плата Ramps 1.6

Платформа RAMPS 1.6 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) – одна з найпоширеніших плат для побудови 3D принтерів.

Особливості:

– розміщення конденсаторів і резисторів в SMD варіанті дозволило розмістити більше пасивних компонентів;

– широкі можливості для додавання плат Arduino;

– два самовідновлювання запобіжника для захисту компонентів плати 5A і для захисту друкованого столу 11A (помаранчеві);

– можливість підключення SD Card (окремо або в складі LCD дисплея);

– NPN польові транзистори (mosfets) для універсальності підключені в PWM роз'єм і беруть участь в нагріванні друкованого столу і екструдерів;

- світлодіоди використовуються для індикації роботи екструдерів і процесу нагріву столу;
- здвоєний роз'єм для одночасного підключення 2-х двигунів на осі Z від 1-го драйвера;
- використовується на принтерах: Prusa; Prusa2; Nuxley; Mendel і інших схожих за конструкцією принтерах, що використовують два крокових двигуна на осі Z.

Плата RuRAMPS4D v1.3 Ultratronics – це новітня розробка в області електроніки для 3D-принтерів.

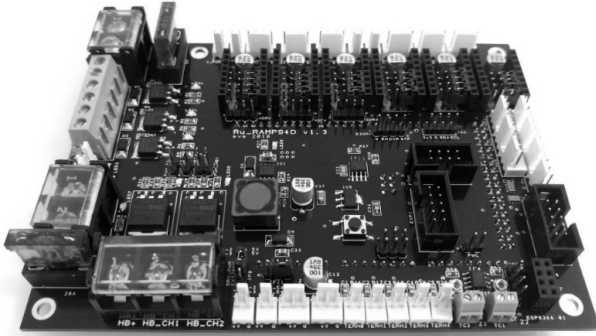


Рис. 4. Плата RuRAMPS4D v1.3

Плата має можливість підключення до плати термопар. Навіть можливість підключати чотири термистора в платі рис.4. До плати можна підключати як 8-мі бітову Arduino Mega 2560 так і 32 бітну Arduino Due. Два незалежних канали нагріву столу, які можна використовувати на свій розсуд. Наприклад, один канал можна використовувати для нагріву столу, інший канал для нагріву камери закритого принтера. Так само виділяються потужні клемні колодки (як в блоках живлення) для підключення живлення до плати і потужних навантажень. Можливо роздільне живлення столів і решти пристроїв. Ще є неймовірна кількість роз'ємів для підключення вентиляторів – 2 керованих і 4 некерованих. Шість роз'ємів для підключення драйверів крокових двигунів і відповідно самих крокових двигунів – X, Y, Z і 3 екструдера. Причому просунутими драйверами – TMC2130 можна управляти і отримувати діагностичну інформацію з них в режимі SPI. Всі сигнали шини SPI підведені до драйверів на платі. Так само є три польовики на хотенді, два автомобільних запобіжника на входах живлення, роз'єм сигналу для автоматичного відключення AT блоку живлення по завершенні друку. До речі про живлення. Живити плату можна напругою від 12 до 26 вольт. На платі є вбудований імпульсний перетворювач на мікросхемі TPS5430. Крім того є роз'єм для підключення Wi-Fi модуля ESP8266-01 для дистанційного керування принтером. Для підключення термопар використовується дві невеликі зелені клемні колодки. Поруч з ними знаходиться точний і стабільний операційний підсилювач AD8552, який якраз застосовується для посилення сигналів подібних датчиків.

На цьому ж місці знаходяться термодавач холодного кінця термопар і два підлаштування резистора. З їх допомогою підлаштовуються показники температури на термопарах. Розробник робить початкові установки сам при перевірці плат, але ніщо не заважає при необхідності відрегулювати їх вже під час експлуатації плати. Основні характеристики:

- живлення 12–26В постійної напруги;
- кількість встановлюваних драйверів крокових двигунів форм-фактора Pololu – 6;
- загальна кількість виходів для підключення навантаження через MOSFET – 7;
- виходи для підключення хотендів – 3;
- малопотужні виходи для підключення керованих вентиляторів – 2;
- виходи для підключення Heated Bed або нагрівача камери; (встановлені потужні IRL1404). При підключенні 2-х столів MK2b до одного каналу – холодні)
- можна підключати великі столи, двозонний стіл від Cheap3D, або кілька одночасно;
- входи для підключення термисторів – 5;
- виходи для підключення сервоприводів – 2;
- можливість підключення зовнішнього живлення 5В для сервоприводів;
- роз'єм для підключення Wi-Fi модуля ESP8266-01;
- можливість підключення зовнішнього живлення 3.3В для WiFi модуля ESP 8266;
- EEPROM (на Arduino Due її немає);
- дисплеї серії RepRap Discount Controller підключаються без перехідника;
- окремий роз'єм для підключення дисплеїв MKS TFT і Nextion;
- опціонально встановлюються компоненти для підключення термопар у кількості 2 шт.

Плата MKS Gen V1.4 Плата MKS Gen V1.4 використовується для створення на її основі верстатів з числовим програмним управлінням, 3D принтерів, гравіювання або фрезерної машини і т.п. Розташування на платі компонентів і складових частин контролера рис 5:

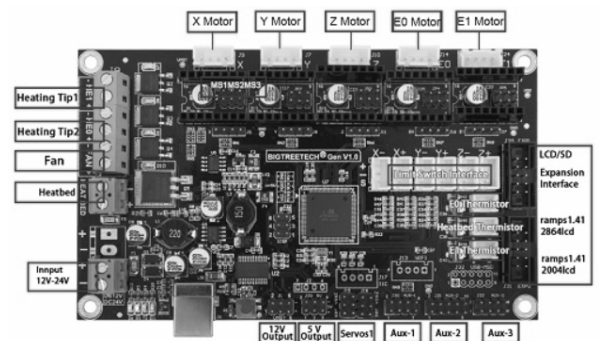


Рис. 5 Плата MKS Gen V1.4

Плата MKS Gen V1.4 підтримує драйвери двигунів: DRV8825 і A4988 або інші аналогічні. На платі є місця для установки 6 драйверів двигунів. Плата, за замовчуванням, підтримує підключення

трьох осей і двох екструдерів. Роз'єми, призначені для екструдерів, можна використовувати для підключення додаткових осей, якщо в системі використовується менше двох екструдерів. У свою чергу, якщо в системі використовується менше трьох осей, то до осьовим роз'ємів можна підключати додаткові екструдери. Для підключення крокових двигунів на платі передбачено шість гнізд, позначених X-, X+, Y-, Y+, Z-, Z+, для підключення шести кінцевих датчиків - по два на кожну з осей X, Y, Z. Штирі для підключення датчиків позначені на платі піктограмами S, «←», «→». Датчики з мінусом – це мінімальне значення осі, з плюсом – максимальне. Для підключення кінцевих датчиків на платі передбачено три гнізда по два контакти кожне, позначені J14, J16, J21:

- J14 термистор для екструдера E1;
- J16 термистор для нагрівальної майданчика;
- J21 термистор для екструдера E0. Після цього

можна підключати живлення до силової частини MKS Gen V1.4. Живлення має здійснюватися від зовнішнього джерела живлення з напругою 12 – 24 В постійного струму з максимальним струмом трохи менше 5 А. MKS Gen V1.4 передбачені клеми для живлення двох хотендів (Hot End). Ці клеми позначені на платі піктограмами HE0, HE1. Полярність виходів позначена на платі піктограмами. Вихідна напруга 12В. Якщо підключати хотенд типу Diamond, то потрібно обов'язково жити, дотримуючись полярності, кулер цього хотенда від роз'єму, позначеного на платі J17.

Також є два окремих виходи живлення для підключення ситуативних пристроїв. Є вихід 5 В, позначений на платі J5; вихід 12 В, позначений на платі J17; Полярність позначена на звороті плати піктограмами. Плата містить два роз'єми, позначених EXP1 і EXP2. Вони призначені для підключення пристрою з назвою RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller. Також до цих роз'ємів можна підключити замість RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller свій дисплей типу 1602 або 12864. Ще є роз'єм для підключення чотирьох серводвигунів, позначений Servo1 і Servo2.

- AUX-1 це роз'єм для підключення модуля Sdramps.

-AUX-3 це роз'єм для підключення модуля HYPERLINK Плата оснащена чотирма додатковими клемними колодками для підключення різної периферії: - J18 додаткові сигнали інтерфейсу RS232: CTS, DCD, DSR, RI; - J28 інтерфейс I2C: SCL, SDA, GND, 5V; - J15 роз'єм для підключення модуля Wi-Fi: RXD2, TXD2, GND, 5V; - J4 роз'єм USB MSD: D22, D32, SCK, MOSI, MISO, GND, 5V. Є роз'єм інтерфейсу ISP для внутрисхемного програмування мікроконтролера ATmega2560. Терморегулятори роз'єму позначена на платі піктограмою. Таблиця установки джамперів намальована біля клем на звороті плати.

Особливості:

- на платі вирішені проблеми, властиві Ramps 1.4.

- друківана плата чотиришарова і оптимізована для розсіювання тепла. Ramps 1.4 двошаровий.

- використовуються високоякісні MOSFET, (транзисторний ключ для нагрівального столу 40V 200A 3Мом).

- економічний імпульсний стабілізатор живлення, підтримується вхідна напруга 12V–24V.

- використовуючи вхідну напругу 24V, ток нагрівального столу може бути зменшений до 1/4 з тією ж продуктивністю, це вирішує проблему нагрівання транзистора, роз'єму і сполучних проводів. - можна використовувати прошивку з відкритим вихідним кодом Marlin, її конфігурація така ж як Ramps 1.4. - плата контролера MKS Gen V1.4 може бути підключена до 12864 LCD і 2004 LCD платам управління без використання адаптера. Характеристики:

- модель: MKS Gen V1.4;
- мікроконтролер: ATmega2560;
- напруга живлення: 12 – 24 В;
- максимальний струм: 5 А;
- напруга живлення логіки: 5 В;
- напруга живлення кольорів: 12 – 24 В;
- напруга живлення хотендов: 12 – 24 В;
- підтримка драйверів: DRV8825, A4988;
- розміри: 143 x 64 x 5 мм;

### III. ВИСНОВКИ

На основі приведенного аналізу плат керування для 3D принтеру одією з найкращих є плата MKS Gen V1.4. Плата має всі необхідні порти для підключення крокових двигунів, хотендів, нагрівального столу, кінцевих вимикачів. З платою MKS Gen V1.4, раціонально використовувати дисплей MKS TFT 32, він ідеально сумісний з материнськими платами лінійки MKS.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Плата RepRap BIQU Rumba, ATMEGA2560, 3D принтер [Електронний ресурс]// Режим доступу:<https://freedelivery.com.ua/dlya-3dprinterov-199/plata-reprap-biqu-rumba-atmega2560-3d-printer.html/>. – 06.08.2018 г.
- [2] RUMBA[Електронний ресурс] // Режим доступу:<https://reprap.org/wiki/RUMBA/>. – 29.11.2018 г. – Назва з екрану.
- [3] Плата управління RAMPS 1.6 для 3D принтера [Електронний ресурс]// Режим доступу : [https://diyshop.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=545/](https://diyshop.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=545/). –29.01.2018 г.
- [4] Обзор RuRAMPS4D v1.3 - Российский Shield (плата обвязки) для 3D принтеров. [Електронний ресурс]// Режим доступу : <https://3dtoday.ru/blogs/vadik1000/overview-ruramps4d-v13-russian-shieldcharge-piping-for-3d-printers/>. – 10.08.2018 г. – Назва з екрану.
- [5] Плата управления MKS Gen V1.4 Arduino+RAMPS для 3D-принтера. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://freedelivery.com.ua/dlya3d-printerov-199/plata-upravlenija-mks-gen-v1-4-arduinoramps-dlja-3dprinter.html/>. – 28.12.2018 г.