**1. Zona: Maitinimas ir ST-Link**

Šiame lape yra du pagrindiniai blokai: visos plokštės maitinimas ir "on-board" programuoklis.

* **Kas padaryta:** Sukurtas pagrindinis 3.3V maitinimas ir ST-Link programuoklis (kuris yra penktas MCU).
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + E1, D1 (Apsauga): E1 yra 12V maitinimo įėjimas. D1 (Schottky diodas) apsaugo schemą, jei maitinimą prijungtumėte atvirkščiai (sumaišytumėte pliusą su minusu).
  + U1 (AP63203), L1, C1-C3 (Maitinimas): Tai yra DCDC "step-down" (žemininantis) keitiklis. U1 yra pagrindinė mikroschema, L1 (ritė) kaupia energiją, o C1-C3 filtruoja įtampą. Šis blokas iš 12V pagamina **galingą 3.3V maitinimą** visai likusiai plokštei.
  + R1, R2 (Grįžtamasis ryšys): Šie du rezistoriai (316k ir 100k) veikia kaip įtampos daliklis. Jie "pasako" U1 keitikliui, kokią įtampą (šiuo atveju 3.3V) jis turi palaikyti išėjime.
  + D2, R3 (Indikatorius): Paprastas LED, kuris rodo, kad +3.3V maitinimas veikia.
  + U2A/U2B (STM32F103): Tai yra **ST-Link programuoklio širdis**. Tai atskiras mikrovaldiklis, kurio vienintelė užduotis – veikti kaip programuoklis kitiems 4 MCU.
  + J1 (USB): Jungtis prie kompiuterio, skirta **tik** ST-Link'ui (U2).
  + R5, R6, R4 (USB): R5/R6 (33 omų) yra varžos signalo derinimui. R4 (1.5k omų) yra "pull-up" rezistorius, kuris "pasako" kompiuteriui, kad prijungtas USB įrenginys.
  + Y1, C4, C5 (Kvarcas): **Būtinas** 8MHz kvarcas. Be jo STM32F103 negalėtų stabiliai palaikyti USB ryšio su kompiuteriu.
  + R7, C6, R8, R9 (Boot/Reset): R8 ir R9 (pull-down) nustato, kad F103 pasileistų iš savo pagrindinės atminties. R7 ir C6 užtikrina stabilų Reset signalą paleidimo metu.
  + D3, D4, R10, R11 (ST-Link LED): Indikaciniai LED, rodantys ST-Link statusą (pvz., "veikia", "bendrauja").
  + SWDIO, SWCLK, NRST (Išėjimai): Tai yra programuoklio išėjimai, kurie keliauja į kitą schemos lapą (į MUX'us).

**2. Zona: Signalų Perjungimas**

* **Kas padaryta:** Sukurta schema, kuri veikia kaip "iešmas" – ji nukreipia ST-Link ir WiFi signalus į vieną iš keturių pasirinktų MCU.
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + U3, U4, U5 (74HC4052): Tai analoginiai perjungikliai (MUX'ai) ST-Link signalams. U3 perjungia SWDIO, U4 – SWCLK, U5 – NRST.
  + U6 (74HC4052): Tai dvigubas MUX'as, kuris **sinchroniškai** perjungia WIFI\_TX ir WIFI\_RX signalus.
  + SW1 (DIP Jungiklis): Tai **rankinis valdymas**. Juo tu nustatai 2 bitų adresą (MCU\_A0, MCU\_A1).
  + R11, R12 (Pull-down): Užtikrina, kad valdymo linijos (MCU\_A0, MCU\_A1) turėtų aiškią 0 būseną, kai SW1 jungiklis yra išjungtas.
  + **Veikimo principas:** Kai tu perjungsi SW1 (pvz., į 01), visi keturi MUX'ai (U3, U4, U5, U6) vienu metu persijungs ir prijungs visus signalus prie antrojo kanalo (pvz., SWDIO\_2, SWCLK\_2, NRST\_2, WIFI\_TX\_2, WIFI\_RX\_2).

**3. Zona: Periferija**

* **Kas padaryta:** Paruošti WiFi ir Ethernet moduliai, kurie teiks ryšį MCU saloms.
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + U7 (ESP-12F): Tai **WiFi modulis**.
  + R13-R17 (Bootstrapping): **Kritiškai svarbūs** rezistoriai, kurie nustato ESP-12F paleidimo režimą. Jie užtikrina, kad modulis visada pasileistų normaliu darbiniu režimu, o ne programavimo. C7 filtruoja jo maitinimą.
  + WIFI\_RX, WIFI\_TX (Signalai): Tai yra modulio TX ir RX signalai, kurie keliauja į MUX'ą (U6).
  + U8 (LAN8720A): Tai **Ethernet PHY**. Jis paverčia skaitmeninius RMII signalus iš STM32H7 į analoginius signalus, tinkamus RJ45 jungčiai.
  + Y2, C8, C9 (Kvarcas): **Būtinas** 25MHz kvarcas LAN8720A mikroschemai. Be jo neveiks Ethernet ryšys.
  + C10-C13 (Filtravimas): LAN8720A maitinimo filtravimo kondensatoriai.
  + R18-R22 (PHY Konfigūracija): Šie rezistoriai nustato LAN8720A mikroschemos režimą (RMII) ir adresą. R22 (12k) yra RBIAS varža.
  + J2 (RJ45): Fizinė Ethernet jungtis su integruotais transformatoriais ("magnetics").
  + ETH\_... (Signalai): Tai yra RMII sąsajos signalai (ETH\_REF\_CLK, ETH\_TXD0, ETH\_MDC ir t.t.), kurie keliauja **tik** į STM32H7 salą.

**4. Zona: MCU H7 Sala**

* **Kas padaryta:** Paruošta STM32H7 mikroschema (tarkime, tai MCU\_1).
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + U9A/U9B (STM32H750): Pagrindinis, galingiausias MCU.
  + C18-C23 (Maitinimas): H7 maitinimo filtravimo kondensatoriai.
  + C24, C25 (VCAP): **Kritiškai svarbūs**. Tai kondensatoriai H7 vidiniam reguliatoriui, kuris maitina procesoriaus branduolį. Be jų MCU neveiks.
  + Y4 (LSE), C14, C15 (Kvarcas): 32.768kHz kvarcas realaus laiko laikrodžiui (RTC).
  + Y3 (HSE), C16, C17 (Kvarcas): 25MHz kvarcas. Jis **būtinai turi būti 25MHz**, kad sinchronizuotųsi su LAN8720A (kuris taip pat naudoja 25MHz).
  + R23 (Boot): BOOT0 nustatymas (paleidimas iš Flash).
  + Net Labels (SWDIO\_1, WIFI\_RX\_1, ETH\_...): Visi signalai iš kitų lapų (ST-Link, WiFi, Ethernet) ateina į šį MCU.

**5. Zona: MCU L4 Sala**

* **Kas padaryta:** Paruošta STM32L4 (mažos galios) mikroschema (tarkime, tai MCU\_2).
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + U10A/U10B (STM32L476): Antrasis MCU.
  + C31-C34, C30 (Maitinimas): L4 maitinimo filtravimas. C30 (2.2uF) yra VCAP kondensatorius, reikalingas vidiniam reguliatoriui.
  + Y6 (LSE), C28, C29 (Kvarcas): 32.768kHz kvarcas (RTC).
  + Y5 (HSE), C26, C27 (Kvarcas): 8MHz (arba 25MHz) kvarcas pagrindiniam laikrodžiui.
  + R2 (Boot): BOOT0 nustatymas.
  + Net Labels (SWDIO\_2, SWCLK\_2, WIFI\_...): Signalai ateina iš MUX'ų, skirti **antram kanalui**.

**6. Zona: MCU WL Sala**

* **Kas padaryta:** Paruošta STM32WL (LoRa) mikroschema (tarkime, tai MCU\_3).
* **Komponentai ir jų paskirtis:**
  + U11 (STM32WLE5): Trečiasis MCU su integruotu radijo siųstuvu.
  + L4, C44 (SMPS): WL turi vidinį DCDC keitiklį (SMPS). L4 (2.2uH) ir C44 (10uF) yra **būtini** šiam keitikliui veikti.
  + Y7 (TCXO): **32MHz TCXO**. Tai labai tikslus osciliatorius (ne paprastas kvarcas), **būtinas** LoRa radijo siųstuvui. Be tokio tikslumo radijas neveiktų.
  + Y8 (LSE), C35, C36 (Kvarcas): 32.768kHz kvarcas (RTC).
  + L3, C37, C38 (Pi-Network): Tai **antenos derinimo grandinė** (Pi filtras). L3 (2.7nH) ir kondensatoriai derina RFO (RF Out) piną prie antenos varžos.
  + J3 (SMA Jungtis): Fizinė jungtis LoRa antenai.
  + R25 (Boot): BOOT0 nustatymas.
  + Net Labels (NRST\_3, SWDIO\_3...): Signalai ateina iš MUX'ų, skirti **trečiam kanalui**.