

ELEKTRONIKA - FOGALMAK ÉS BETŰSZAVAK

A tranzisztortól a linearitásig - értelmező szótár a haladó elektronika jegyzethez

Ez a jegyzet azoknak készült, akik az alapfizikát - feszültség, áram, energia, teljesítmény, frekvencia - már értik, de az elektronikai szaknyelv még új. Nem ábécérendben haladunk, hanem abban a sorrendben, ahogy a fogalmak egymásra épülnek.

Hogyan olvasd?

Egy definíciónál először azt keresd: mi ez fizikailag? Utána: mire használjuk? Végül: melyik paraméter vagy rövidítés mondja meg, hogy jól fog-e működni az adott feladatban. A végén külön betűszó-jegyzék segíti a gyors visszakeresést.

1. Az elektronikai nyelv alapjai

Áramkör - vezetőkből és alkatrészekből kialakított zárt rendszer, amelyben elektromos áram folyhat. Gyakorlatban: A kapcsolási rajz a kapcsolatokat mutatja; a valós nyák geometriája is számít.

Csomópont / node - elektromosan összekötött pontok csoportja, amelyet ideális esetben azonos potenciálúnak tekintünk. Gyakorlatban: A switch node egy SMPS gyorsan változó, zajos csomópontja.

Föld / GND - a kapcsolás választott 0 V referencia-pontja; nem feltétlenül védőföld. Gyakorlatban: Az áram visszaútja és a földelés geometriája fontos.

Jel - időben változó feszültség vagy áram, amely információt hordoz. Gyakorlatban: Audio, szenzorjel, órajel vagy adat.

DC - Direct Current: egyenáram, illetve állandó polaritású mennyiség. Gyakorlatban: 5 V DC táp.

AC - Alternating Current: váltakozó áram/feszültség. Gyakorlatban: 230 V hálózat vagy szinuszjel.

Frekvencia - egy periodikus jel másodpercenkénti ismétlődése; $f=1/T$. Gyakorlatban: Hz, kHz, MHz.

Fázis - két periodikus jel időbeli eltolásának szögben kifejezett mértéke. Gyakorlatban: Szűrőknél és visszacsatolásnál kritikus.

Amplitúdó - egy jel nagysága. Gyakorlatban: Lehet csúcs, csúcs-csúcs vagy RMS.

RMS - Root Mean Square: effektív érték. Gyakorlatban: AC teljesítményszámításnál hasznos.

Impedancia, Z - az AC árammal szembeni összetett ellenállás. Gyakorlatban: Tartalmaz ellenállást és reaktív részt.

Reaktancia, X - kondenzátor vagy tekercs frekvenciafüggő ellenállásszerű hatása. Gyakorlatban:
 $X_C = 1/(2\pi fC)$, $X_L = 2\pi fL$.

Lineáris rendszer - olyan tartomány, ahol a kimenet arányosan követi a bemenetet. Gyakorlatban: Kétszeres bemenet közel kétszeres kimenetet ad.

Nemlinearitás - amikor a kimenet nem arányos a bemenettel. Gyakorlatban: Dióda karakterisztika, clipping.

Torzítás - a jel alakjának nem kívánt megváltozása. Gyakorlatban: Audio erősítőknél különösen fontos.

2. Passzív alkatrészek

Ellenállás, R - áramot korlátozó, feszültséget osztó és energiát hővé alakító alkatrész. Gyakorlatban: Bias, LED áramkorlátozás, mérés.

Potenciométer - állítható ellenállás, általában három kivezetéssel. Gyakorlatban: Hangerő vagy referencia beállítása.

Kondenzátor, C - elektromos térben energiát tároló alkatrész. Gyakorlatban: Pufferelés, csatolás, időzítés, szűrés.

Kapacitás - a kondenzátor töltéstároló képessége; $Q=CU$. Gyakorlatban: Nagyobb C lassabb feszültségváltozást eredményez adott áramnál.

ESR - Equivalent Series Resistance: a kondenzátor soros veszteségi ellenállása. Gyakorlatban: Ripple-melegedést és szűrést befolyásol.

ESL - Equivalent Series Inductance: parazita soros induktivitás. Gyakorlatban: Nagy frekvencián korlátozza a kondenzátor hatását.

MLCC - Multi-Layer Ceramic Capacitor: többretegű kerámia kondenzátor. Gyakorlatban: Kis méretű decoupling.

C0G/NP0 - nagyon stabil kerámia dielektrikum-osztály. Gyakorlatban: Rezgőkör, RF, precíz időzítés.

X7R / X5R - nagyobb kapacitású kerámia dielektrikum-osztály. Gyakorlatban: DC bias miatt a tényleges C csökkenhet.

Elektrolit kondenzátor - polarizált, nagy kapacitású kondenzátor. Gyakorlatban: Tápegység puffer.

Fóliakondenzátor - stabil, jó impulzustűrésű kondenzátor. Gyakorlatban: Snubber, audio, rezonáns kör.

Tekercs / induktor, L - mágneses térben energiát tároló alkatrész. Gyakorlatban: DC/DC, szűrő, rezgőkör.

DCR - DC Resistance: a tekercs huzalának egyenáramú ellenállása. Gyakorlatban: I^2R veszteséget okoz.

Telítési áram - az áram, amelynél a mágneses mag telítődése miatt L jelentősen csökken. Gyakorlatban: SMPS-ben kritikus.

Varisztor / MOV - Metal Oxide Varistor: feszültségfüggő túlfeszültség-védő elem. Gyakorlatban: Tranziensnél energiát nyel el.

Biztosító - túláram esetén megszakadó védőelem. Gyakorlatban: MOV-val együtt is használható.

3. Diódák és egyenirányítás

Dióda - kétkivezetéses félvezető, amely egyik irányban könnyebben vezet. Gyakorlatban: Egyenirányítás és védelem.

Anód / katód - a dióda két elektródája. Gyakorlatban: Előreirányban az anód pozitívabb a katódnál.

V_F - a vezető dióda előreirányú feszültségesése. Gyakorlatban: Áram- és hőmérsékletfüggő.

Zener-dióda - visszairányú letörési tartományban használt dióda. Gyakorlatban: Referencia és clamp.

Schottky-dióda - alacsonyabb V_F-ű és gyors dióda. Gyakorlatban: DC/DC egyenirányítás.

Egyenirányító - AC-ből egyirányú feszültséget/áramot készítő kapcsolás. Gyakorlatban: Hídegyenirányító.

Pufferelés - az egyenirányított feszültség hullámosságának csökkentése energiatároló kondenzátorral. Gyakorlatban: A kondenzátor a csúcsok között táplál.

Ripple - a DC-n megmaradó periodikus hullámosság. Gyakorlatban: Tápegység minőségi paraméter.

4. Tranzisztor és BJT

Tranzisztor - félvezető eszköz, amellyel egy kisebb vezérlőjel nagyobb áramot vagy feszültséget szabályozhat. Gyakorlatban: Kapcsoló vagy erősítő.

BJT - Bipolar Junction Transistor: bipoláris tranzisztor. Gyakorlatban: NPN és PNP típus.

NPN - BJT polaritástípus; tipikus low-side kapcsoló. Gyakorlatban: Pozitív bázis-emitter vezérlés bekapcsolja.

PNP - az NPN komplementer polaritású párja. Gyakorlatban: High-side és komplementer fokozat.

Bázis, B - BJT vezérlő elektródája. Gyakorlatban: Bázisáram vezérli a főáramot.

Kollektor, C - BJT fő áramútvjának egyik elektródája. Gyakorlatban: A terhelési áram egyik oldala.

Emitter, E - BJT fő áramútvjának másik elektródája. Gyakorlatban: NPN low-side esetén gyakran GND felé.

β / h_{FE} - közelítő DC áramerősítési tényező, I_C/I_B . Gyakorlatban: Nem pontos, állandó tervezési konstans.

Aktív tartomány - BJT analóg erősítő tartománya. Gyakorlatban: A kollektoráram folyamatosan szabályozható.

Telítés - erősen bekapcsolt BJT kapcsolóállapot. Gyakorlatban: V_{CE} kicsi, de nem nulla.

Cutoff / lezárás - kikapcsolt BJT állapot. Gyakorlatban: Nagyon kis kollektoráram.

5. FET, MOSFET, IGBT és GaN

FET - Field-Effect Transistor: térvezérlésű tranzisztor. Gyakorlatban: A csatornát elektromos tér vezérli.

MOSFET - Metal-Oxide-Semiconductor FET. Gyakorlatban: Gyors kapcsoló és erősítő.

Gate, G - MOSFET vezérlő elektródája. Gyakorlatban: Kapacitív töltést kell mozgatni.

Drain, D - MOSFET fő áramútjának egyik elektródája. Gyakorlatban: N-MOS low-side esetén a terhelés felől.

Source, S - MOSFET fő áramútjának másik elektródája. Gyakorlatban: A gate-feszültséget ehhez képest értelmezzük.

V_{GS} - gate-source feszültség. Gyakorlatban: A MOSFET vezérlő feszültsége.

V_{GS(th)} - küszöbfeszültség, ahol a MOSFET éppen elkezd vezetni. Gyakorlatban: Nem a teljes bekapcsolás feszültsége.

R_{DS(on)} - bekapcsolt drain-source ellenállás. Gyakorlatban: Vezetési veszteség: kb. I^2R .

Q_g - gate charge: az átkapcsoláshoz mozgatandó gate-töltés. Gyakorlatban: Driver és kapcsolási veszteség.

Body diode - a teljesítmény-MOSFET belső szerkezeti diódája. Gyakorlatban: Kommutációnál fontos.

N-channel / P-channel - MOSFET polaritástípusok. Gyakorlatban: N-MOS általában kedvezőbb teljesítményre.

IGBT - Insulated-Gate Bipolar Transistor. Gyakorlatban: Nagy feszültségű inverterek, motorhajtás.

GaN - Gallium Nitride: gallium-nitrid félvezetőanyag. Gyakorlatban: Nagyon gyors teljesítménykapcsolás.

HEMT - High Electron Mobility Transistor. Gyakorlatban: GaN teljesítményeszközöknél gyakori struktúra.

dv/dt - feszültség változási sebessége. Gyakorlatban: Kapacitív zavaráramot és EMI-t okozhat.

di/dt - áram változási sebessége. Gyakorlatban: Parazita L-en $V=L \cdot di/dt$ túlfeszültséget okoz.

6. Erősítés, invertálás és linearitás

Erősítő - a bemeneti jel valamely jellemzőjét nagyobb kimeneti jellé alakító áramkör. Gyakorlatban: Külső tápenergiát használ.

Gain / erősítés - a kimenet és bemenet aránya; például $A_v = V_{out}/V_{in}$. Gyakorlatban: Lehet kisebb is 1-nél.

Invertálás - a jel előjelének vagy polaritásának megfordítása. Gyakorlatban: Pozitív bemeneti változás negatív kimenetét okozhat.

Nem invertáló - a kimenet azonos polaritással követi a bemenetet. Gyakorlatban: Op-amp alapkapcsolás.

Linearitás - a kimenet arányosan követi a bemenetet. Gyakorlatban: Kétszeres bemenet közel kétszeres kimenet.

Clipping - a kimenet eléri a lehetséges határt és levágja a jel csúcsát. Gyakorlatban: Erős torzítás.

Bias / előfeszítés - DC munkapont beállítása. Gyakorlatban: Az AC jel megfelelő tartományban mozoghat.

Munkapont / Q-point - az aktív eszköz nyugalmi DC állapota. Gyakorlatban: Analóg erősítőnél kritikus.

Visszacsatolás / feedback - a kimenet egy részének visszavezetése a bemenetre. Gyakorlatban: Erősítés és stabilitás szabályozása.

Negatív visszacsatolás - a visszavezetett jel csökkenti a hibát. Gyakorlatban: Csökkentheti a torzítást.

Pozitív visszacsatolás - a visszavezetés növeli az eltérést. Gyakorlatban: Oszcillátor, hiszterézis, bistabil.

Sávszélesség - a megfelelő működés frekvenciatartománya. Gyakorlatban: Erősítő gainje frekvenciával változhat.

dB - decibel, logaritmikus aránymérték. Gyakorlatban: Az erősítést tömören fejezi ki.

7. Műveleti erősítő - op-amp

Op-amp - operational amplifier: nagy nyílt hurkú erősítésű differenciálerősítő. Gyakorlatban: Visszacsatolással pontos analóg funkciók.

Differenciális bemenet - az op-amp a V_+ és V_- különbségére reagál. Gyakorlatban: $V_{out} \approx A_{OL}(V_+ - V_-)$.

V_+ - nem invertáló bemenet. Gyakorlatban: Növelése pozitív irányba hajtja a kimenetet.

V_- - invertáló bemenet. Gyakorlatban: Növelése negatív irányba hajtja a kimenetet.

A_{OL} - open-loop gain: nyílt hurkú erősítés. Gyakorlatban: Nagyon nagy, de frekvenciafüggő.

Virtuális rövidzár - negatív feedback mellett $V_+ \approx V_-$ közelítés. Gyakorlatban: Nem valódi rövidzár.

GBW - Gain-Bandwidth Product. Gyakorlatban: Megadja az erősítés és sávszélesség kompromisszumát.

Slew rate - a kimenet maximális feszültségváltozási sebessége. Gyakorlatban: Gyors, nagy jel torzulhat.

Offset voltage - kis bemeneti hibafeszültség. Gyakorlatban: Precíz DC erősítésnél fontos.

Common-mode - a két bemeneten közösen jelen lévő jel. Gyakorlatban: Bemeneti tartomány és zajelnyomás.

CMRR - Common-Mode Rejection Ratio. Gyakorlatban: A közös módusú jel elnyomásának képessége.

Rail-to-rail - a bemenet/kimenet a tápsínek közelében is működhet. Gyakorlatban: Nem minden IC és terhelés mellett teljes.

8. Komparátor, 555 és időzítés

Komparátor - két feszültséget összehasonlító áramkör. Gyakorlatban: Küszöbérzékelés.

Küszöb / threshold - az érték, ahol állapotváltás történik. Gyakorlatban: Feszültségfigyelő.

Hiszterézis - külön be- és kikapcsolási küszöb. Gyakorlatban: Zajos határértéknél stabil kapcsolás.

Schmitt-trigger - hiszterézises komparátor. Gyakorlatban: Lassú/zajos jel tisztítása.

NE555 - klasszikus időzítő IC komparátorokkal, tárolóval és kisütő tranzisztorttal. Gyakorlatban: Időzítő és oszcillátor.

Monostabil - egy stabil állapot; trigger után ideiglenes impulzus. Gyakorlatban: $t \approx 1,1RC$.

Asztabil - stabil állapot nélküli folyamatos oszcillátor. Gyakorlatban: Négyszögjel.

Bistabil - két stabil állapotú tároló. Gyakorlatban: Set/reset memória.

Multivibrátor - regeneratív kétállapotú kapcsoláscsalád. Gyakorlatban: Mono-, a- vagy bistabil.

Duty cycle - kitöltési tényező: az aktív idő aránya egy perióduson belül. Gyakorlatban: 50%: fél idő HIGH.

PWM - Pulse Width Modulation. Gyakorlatban: LED, motor, D-osztály, tápvezérlés.

9. Szűrők, rezonancia és stabilitás

Szűrő - frekvencia szerint szelektáló áramkör. Gyakorlatban: Zajcsökkentés vagy sávkiválasztás.

Low-pass - alacsony frekvenciákat enged át. Gyakorlatban: Tápszaj/PWM kisimítás.

High-pass - magasabb frekvenciákat enged át. Gyakorlatban: DC leválasztás.

Band-pass - egy sávot enged át. Gyakorlatban: Rádió, szenzor.

Notch - egy keskeny sávot elnyom. Gyakorlatban: 50/60 Hz zavar.

Határfrekvencia, f_c - a szűrő jellegzetes átmeneti frekvenciája. Gyakorlatban: RC-nél $1/(2\pi RC)$.

Pólus - az átvitelt csökkentő és fázist toló dinamikai elem. Gyakorlatban: Stabilitásnál fontos.

Nullhely / zero - az átvitelt módosító, akár elnyomást okozó dinamikai elem. Gyakorlatban: Kompenzáció.

Rezonancia - energia periodikus cseréje tárolóelemek között. Gyakorlatban: LC kör.

Q faktor - a rezonancia élességének/veszteségének mértéke. Gyakorlatban: Nagy Q: éles rezonancia.

Csillapítás - rezgés energiájának veszteség miatti csökkenése. Gyakorlatban: Rezonancia kezelése.

Oszcilláció - önfenntartó periodikus jel. Gyakorlatban: Lehet kívánt vagy hibás működés.

Stabilitás - a rendszer nem indul nem kívánt önrezgésbe. Gyakorlatban: Feedback rendszereknél alap.

Phase margin - fázistartalék, stabilitási tartalék egyik mértéke. Gyakorlatban: Kicsi érték csengést jelezhet.

10. Tápegységek és kapcsolóüzem

Lineáris szabályozó - a felesleges feszültséget hőként disszipáló stabilizátor. Gyakorlatban: Egyszerű, alacsony zaj.

LDO - Low-Dropout Regulator. Gyakorlatban: Kis bemenet-kimenet különbséggel működik.

SMPS - Switched-Mode Power Supply. Gyakorlatban: Gyors kapcsolással, L/C/mágneses elemekkel alakít energiát.

Buck - step-down DC/DC. Gyakorlatban: Nagyobb DC-ből kisebb.

Boost - step-up DC/DC. Gyakorlatban: Kisebb DC-ből nagyobb.

Buck-boost - fel- és lefelé is konvertáló topológiacsald. Gyakorlatban: Változó bemenethez.

Flyback - izolált SMPS, ciklusonként mágneses energiát tárol és továbbít. Gyakorlatban: Adapterek.

PFC - Power Factor Correction. Gyakorlatban: Hálózati teljesítménytényező javítása.

EMI - Electromagnetic Interference. Gyakorlatban: Vezetett vagy sugárzott elektromágneses zavar.

EMC - Electromagnetic Compatibility. Gyakorlatban: A készülék zavarkibocsátása és zavartűrése együtt.

CM zaj - common-mode zavar. Gyakorlatban: Vezetők és környezet/föld közötti zavaráram.

DM zaj - differential-mode zavar. Gyakorlatban: A két tápvezető közötti zavar.

Snubber - csillapító hálózat. Gyakorlatban: Ringing és túlfeszültség csökkentése.

Clamp - feszültségkorlátozó hálózat. Gyakorlatban: Kapcsoló védelme.

Synchronous rectification - dióda helyett vezérelt MOSFET-es egyenirányítás. Gyakorlatban: Kisebb veszteség.

Feedback / FB - visszacsatolás. Gyakorlatban: A kimenet alapján korrigálja a szabályozást.

11. Erősítőosztályok

A osztály - az aktív eszköz a teljes jelciklus alatt vezet. Gyakorlatban: Jó linearitás, rossz hatásfok.

B osztály - komplementer eszközök felváltva kb. fél ciklust vezetnek. Gyakorlatban: Jobb hatásfok.

Crossover torzítás - a push-pull fokozat nullaátmeneti torzítása. Gyakorlatban: AB bias csökkenti.

AB osztály - A és B közötti kompromisszum. Gyakorlatban: Audio végfok.

D osztály - kapcsolóüzemű erősítő, tipikusan PWM-mel. Gyakorlatban: Nagy hatásfok.

Push-pull - két aktív eszköz felváltva hajt. Gyakorlatban: B/AB fokozatok.

Half-bridge - két soros kapcsoló közös kapcsolócsomóponttal. Gyakorlatban: SMPS, motor, D-osztály.

Full-bridge / H-híd - két félhíd, megfordítható terhelési polaritással. Gyakorlatban: Motor, inverter.

Dead-time - idő, amikor egy félhíd mindkét kapcsolója OFF. Gyakorlatban: Shoot-through ellen.

Shoot-through - felső és alsó kapcsoló egyszerre vezet. Gyakorlatban: Súlyos túláram.

12. PCB, paraziták és jelutak

PCB - Printed Circuit Board: nyomtatott áramköri lap. Gyakorlatban: A geometria elektromosan is számít.

Trace - réz vezetősáv. Gyakorlatban: Van R, L és környezeti C.

Via - rétegek közötti galvanizált furat. Gyakorlatban: Induktivitást is ad.

Ground plane - összefüggő földréteg. Gyakorlatban: Kis impedanciájú visszaút.

Return path - a jeláram visszaútja. Gyakorlatban: Mindig zárt hurok.

Loop area - az előre- és visszavezetés által bezárt terület. Gyakorlatban: Nagyobb terület: több L és EMI.

Parazita elem - nem szándékos R, L vagy C. Gyakorlatban: Gyors áramkörben meghatározó.

Decoupling / bypass - helyi táp-kondenzátoros stabilizálás. Gyakorlatban: Az IC mellett kell lennie.

Bulk capacitor - nagyobb energiatároló puffer. Gyakorlatban: Lassabb tranziens és ripple.

Hot loop - SMPS nagy di/dt -jú kritikus hurok. Gyakorlatban: Minimalizálni kell.

Switch node / SW - gyorsan kapcsoló, zajos csomópont. Gyakorlatban: Kis részfelület ajánlott.

Kelvin connection - külön érzékelő visszavezetés. Gyakorlatban: Precíz mérés/gate source.

Crosstalk - nem kívánt jelbecsatolás vezetők között. Gyakorlatban: Kapacitív/induktív csatolás.

Ringing - csillapodó nagyfrekvenciás rezgés. Gyakorlatban: Parazita LC okozza.

Overshoot - rövid túllövés a végérték fölé. Gyakorlatban: Feszültséghatárt veszélyeztethet.

Undershoot - rövid alálövés. Gyakorlatban: Logikai/gate hibát okozhat.

13. Digitális és USB fogalmak

Logic HIGH / LOW - digitális 1 és 0 feszültségtartománya. Gyakorlatban: Nem mindig pontosan VCC és 0 V.

Rise / fall time - fel- és lefutási idő. Gyakorlatban: Gyakran fontosabb EMI szempontból, mint az órajel.

Clock - órajel. Gyakorlatban: Szinkron digitális működés.

I²C - kétvezetékes soros busz SDA és SCL jelekkel. Gyakorlatban: Szenzorok, EEPROM.

SPI - gyors órajeles soros interfész. Gyakorlatban: ADC, memória, kijelző.

UART - aszinkron soros kommunikáció. Gyakorlatban: TX/RX debug.

USB - Universal Serial Bus. Gyakorlatban: Adat- és tápinterfész.

USB-C - reverzibilis csatlakozórendszer CC vezetékekkel. Gyakorlatban: Nem azonos önmagában a PD-vel.

USB PD - USB Power Delivery. Gyakorlatban: Teljesítményegyeztetési protokoll.

CC - Configuration Channel. Gyakorlatban: USB-C kapcsolat és PD kommunikáció.

VBUS - USB fő tápvezetéke. Gyakorlatban: PD után magasabb feszültség is lehet.

14. Mérés és adatlapolvasás

DMM - Digital Multimeter. Gyakorlatban: Feszültség, áram, ellenállás.

Oszcilloszkóp - idő függvényében mutatja a jelet. Gyakorlatban: Ripple, ringing, tranziens.

Probe - mérőfej. Gyakorlatban: Saját C és L értéke is van.

Bandwidth - hasznos frekvenciatartomány. Gyakorlatban: Túl kicsi sávszél elrejtí a gyors részleteket.

Datasheet - gyártói adatlap. Gyakorlatban: A tervezés elsődleges forrása.

Absolute maximum - károsodási határ, nem üzemi célérték. Gyakorlatban: Tartalék kell alatta.

Recommended operating conditions - ajánlott, garantált működési tartomány. Gyakorlatban: Tervezéshez ezt használd.

Typical value - jellemző, de nem feltétlen garantált érték. Gyakorlatban: Kritikus határhoz kevés.

Derating - a névleges maximum alatti szándékos üzemeltetés. Gyakorlatban: Megbízhatósági tartalék.

SOA - Safe Operating Area. Gyakorlatban: Tranzistor biztonságos V-I-idő tartománya.

Thermal resistance - hőellenállás, tipikusan °C/W. Gyakorlatban: Disszipációból hőmérséklet becsülhető.

Tj - junction temperature: chip csomóponti hőmérséklet. Gyakorlatban: Magasabb lehet a tok hőmérsékleténél.

15. Rövidítések gyorsjegyzéke

Rövidítés	Angol név	Rövid jelentés
AC	Alternating Current	váltakozó áram/feszültség
DC	Direct Current	egyenáram
BJT	Bipolar Junction Transistor	bipoláris tranzisztor
FET	Field-Effect Transistor	térvezérlésű tranzisztor
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor FET	kapcsoló/erősítő tranzisztor
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor	nagy teljesítményű kapcsoló
GaN	Gallium Nitride	gyors teljesítményfélvezető
HEMT	High Electron Mobility Transistor	GaN-nál gyakori struktúra
PCB	Printed Circuit Board	nyomtatott áramköri lap
SMPS	Switched-Mode Power Supply	kapcsolóüzemű táp
LDO	Low-Dropout Regulator	lineáris stabilizátor
PFC	Power Factor Correction	teljesítménytényező-javítás
EMI	Electromagnetic Interference	elektromágneses zavar
EMC	Electromagnetic Compatibility	elektromágneses összeférhetőség
ESR	Equivalent Series Resistance	soros veszteségi ellenállás
ESL	Equivalent Series Inductance	parazita soros induktivitás
MLCC	Multi-Layer Ceramic Capacitor	kerámia kondenzátor
MOV	Metal Oxide Varistor	varisztor
PWM	Pulse Width Modulation	impulzusszélesség-moduláció
RMS	Root Mean Square	effektív érték
GBW	Gain-Bandwidth Product	erősítés-sávszélesség szorzat
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	közös módusú elnyomás
DMM	Digital Multimeter	digitális multiméter
SOA	Safe Operating Area	biztonságos működési tartomány
USB PD	USB Power Delivery	USB teljesítményprotokoll
CC	Configuration Channel	USB-C konfigurációs csatorna
DCR	DC Resistance	tekercs DC ellenállása
Q _g	Gate Charge	gate töltés

16. Hogyan áll össze az egész?

Egy modern USB-PD töltő példáján: a hálózati AC-t egyenirányítjuk, EMI-szűrővel korlátozzuk a zavart, majd egy SMPS - például flyback - gyors MOSFET/GaN kapcsolással energiát adagol egy mágneses elembe. A feedback méri a kimenetet és korigál. A szekunder oldalon dióda vagy synchronous rectification egyenirányít, kondenzátorok szűrik a ripple-t, az USB-PD vezérlő pedig a CC csatornán megegyezik a fogyasztóval a VBUS feszültségéről.

A kapcsolási rajzban mindez ideálisnak látszhat. A PCB-n viszont a hot loop, gate loop, trace induktivitás, ESR, ESL, crosstalk és return path dönti el, hogy lesz-e ringing, overshoot, EMI vagy instabilitás. A haladó elektronika lényege annak felismerése, hogy az ideális fizikai modellhez mikor melyik valós hatást kell hozzáadni.

Lépés	Ha ezt már érted...	Következő fogalom
1	U, I, R, P, energia	R/C/L és impedancia
2	R/C/L	dióda, egyenirányítás, ripple
3	dióda	BJT és MOSFET
4	tranzisztor	bias, gain, linearitás
5	erősítés	op-amp és feedback
6	RC/LC	szűrő, rezonancia, stabilitás
7	MOSFET + L/C	buck/boost/flyback
8	SMPS	PCB paraziták, EMI, termika
9	mindez	GaN és USB-PD

Tanulási cél: minden rövidítés mögött legyen egy fizikai kép - hol folyik az áram, hol tárolódik energia, mi vezérel mit, és milyen nemideális hatás ronthatja el a működést.