

# 1 MPC-AIO

## 1) TRANZISTOROVÁ ROVNICE PRO BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR

- Základní výpočty s tranzistorovou rovnicí
- Sériová kombinace  $V_{be} + V_r$

- Výpočet transkonduktance

## 2) SOUBĚH (MATCHING)

- Princip technologického, litografického a teplotního souběhu
- Použití pravidel souběhu pro návrh odporového děliče
- Použití pravidel souběhu pro bipolární a MOS tranzistorovou dvojici

## 3) PROUDOVÉ ZRCADLO, PROUDOVÝ ZDROJ

- Princip proudového zrcadla s bipolárními tranzistory
- Chybové faktory proudového zrcadla
- Použití kaskódy v proudových zrcadlech
- Výpočet hodnot prvků proudového zdroje

## 4) PROUDOVÉ ZRCADLO, PROUDOVÝ ZDROJ

- Princip proudového zrcadla s MOS tranzistory
- Chybové faktory proudového zrcadla
- Použití kaskódy v proudových zrcadlech
- Výpočet hodnot prvků proudového zdroje

## 5) AKTIVNÍ ZÁTĚŽ

- Princip aktivní zátěže
- Princip elementárního proudového komparátoru
- Výpočet zisku stupně s aktivní zátěží

## 6) DIFERENCIÁLNÍ TRANZISTOROVÝ STUPEŇ

- Princip diferenciálního bipolárního tranzistorového stupně
- Výpočet transkonduktance bipolárního diferenciálního tranzistorového stupně
- Výpočet transkonduktance bipolárního diferenciálního tranzistorového stupně s emitorovou degenerací

## 7) DIFERENCIÁLNÍ TRANZISTOROVÝ STUPEŇ

- Výpočet zisku bipolárního diferenciálního tranzistorového stupně s odporovou zátěží
- Diferenciální tranzistorový stupeň s aktivní zátěží
- OTA transkonduktanční stupeň
- Elementární komparátor s diferenciálním vstupem

#### 8) PROUDOVÝ ZDROJ IPTAT

- Generátor dVbe napětí
- Princip proudového zdroje IPTAT - " Americký" koncept
- Zpětnovazební nízkonapětový IPTAT proudový zdroj

#### 9) PROUDOVÝ ZDROJ IPTAT

- Generátor dVbe napětí
- Elementární zdroj Band Gap napětí
- Plovoucí Band Gap zdroj

#### 10) OPERAČNÍ ZESILOVAČ

- Obecný jednostupňový operační zesilovač
- Jednostupňový zesilovač s vysokým ziskem
- Dvojstupňový operační zesilovač s emitorovým sledovačem

#### 11) OPERAČNÍ ZESILOVAČ

- Buffer s jednotkovým zesílením
- Obecný koncový stupeň Rail-to-Rail
- Koncový stupeň Rail-to-Rail typu emitorový sledovač
- Operační zesilovač se stupněm typu složená kaskóda (folded cascode)

#### 12) OPERAČNÍ ZESILOVAČ

- Princip kmitočtové kompenzace
- Kmitočtová kompenzace zpětnovazebního IPTAT proudového zdroje
- Millerova kmitočtová kompenzace, výpočet ST přenosu operačního zesilovače
- Eliminace RHP nuly

#### 13) BAND GAP REFERENCE

- Princip Band Gap reference
- Band Gap reference podle P. Brokawa s aktivní zátěží
- Band Gap reference podle P. Brokawa s odporovou zátěží a operačním zesilovačem
- Band Gap předstabilizátor

## 2 MPC-DIS

1. Booleova algebra, kombinační obvody (úplně určená funkce více proměnných) x sekvenční obvody (stavové automaty Mealy, Moor).
2. Základní struktura na tranzistorové úrovni logických obvodů v bipolárních technologiích - AND, NAND, NOR, OR.
3. Dynamické parametry obvodů v bipolárních technologiích, vstupní, výstupní a převodní charakteristiky.
4. Základní struktura na tranzistorové úrovni logických obvodů v unipolárních technologiích - invertor, AND, NAND, NOR, OR.
5. Dynamické parametry obvodů v unipolárních technologiích, vstupní, výstupní a převodní charakteristiky, logické obvody ACT, HC, AHC, ALVC. Vliv nízkého napájecího napětí na chování digitálních obvodů.
6. Paměťové obvody - rozdělení pamětí, vlastnosti, typy, struktura. DRAM(1T), SRAM (6T), EEPROM, FLASH (SLC, MLC, TLC, PLC). Popište základní princip jednotlivých typů pamětí a jejich strukturu na tranzistorové úrovni.
7. Zobrazovací prvky, popis technologií LCD, OLED, plazma, elektronický inkoust, QLED. Základní struktury, popis funkce a srovnání výhod a nevýhod jednotlivých technologií.
8. Programovatelné logické obvody CPLD, FPGA, struktury, rozdíly, použití, výhody, nevýhody
9. Digitální signálové procesy, základní architektury, systém zpracování instrukcí (CISC, RISC, VLIW, CLIW), nástroje k dosažení vysokého výkonu DSP procesorů. ARM architektura, charakteristika a základní vlastnosti.

### 3 MPC-VSK

1) Vybrané pojmy a fyzikální principy - Elektronické hladiny a energetické pásové diagramy, vlastní a nevlastní vodivost, Nábojová neutralita, Fermiho hladina, transportní jevy, pohyblivost nosičů, nerovnovážné jevy.

2) Vybrané pojmy a fyzikální principy - Vedení proudu v polovodičích, drift, difúze, generace a rekombinace nosičů, nábojová neutralita versus termodynamická rovnováha.

3) PN Dioda - PN přechod, dioda, VA charakteristika, elektrostatické řešení PN přechodu, Poissonova rovnice, lineární a strmý PN přechod.

4) PN Dioda - oblast prostorového náboje, proudy PN přechodem v propustném směru, proudy PN přechodem v závěrném směru, elektrické průrazy PN přechodu.

5) Přechod kov-polovodič, Schottkyho dioda - Srovnání činnosti Schottkyho diody s diodou PN, pásový diagram Schottkyho diody, elektrostatické řešení Schottkyho diody, VA charakteristika, použití.

6) Bipolární tranzistor - Fyzikální princip bipolárního tranzistoru, pásový diagram, VA charakteristiky a základní parametry bipolárního tranzistoru, proudová bilance tranzistoru, Gumellovy grafy, Beta, Drift tranzistor.

7) Bipolární tranzistor - Efekty limitující činnost bipolárního výkonového tranzistoru - Kirkův efekt, Earlyho efekt, Websterův efekt, vliv odporu aktivní báze na funkci tranzistoru (crowding), průrazy u bipolárního tranzistoru a bezpečná operační oblast (SOA), aspekty ovlivňující proudový zisk, použití.

8) MIS Dioda - Ideální MIS dioda, pásový diagram, akumulace, ochuzení, inverze, hluboké ochuzení, CV křivky, popis, podmínka rovných pásů (flat band), odezva MIS kapacity na rychlou změnu náboje na hradle.

9) MIS Dioda - Srovnání kondenzátoru, PN diody a MIS diody, vliv světla, tepla a frekvence na CV křivku. Porovnání reálné a ideální MIS diody.

10) Tranzistor řízený elektrickým polem MOSFET - Princip činnosti, klasifikace MOS tranzistorů podle typu kanálu a módu činnosti, činnost tranzistoru v lineární a saturační oblasti, VA charakteristiky v lineární a saturační oblasti.

11) Tranzistor řízený elektrickým polem MOSFET - délková modulace kanálu, „pinch-off“ bod, prahové napětí, body efekt, použití tranzistoru.

12) Tranzistor řízený elektrickým polem JFET - Princip činnosti, VA charakteristiky v lineární a saturační oblasti, odpor kanálu, saturační napětí, strmost, kanálová vodivost, použití tranzistoru.

13) Integrita hradlového oxidu - Módy průrazu oxidu, oxidové defekty, intrinzecký a extrinzecký průraz, perkolační model průrazu, injekční mechanismy, proudy tenkým dielektrikem, rozdělení dielektrických průrazů.

14) Injekce horkých elektronů (HCI) - Injekce horkých nosičů v MOS tranzistorech, horká a studená injekce, princip degradačního mechanismu při injekci horkých nosičů a metody jeho eliminace.

## 4 MPC-NAI

1) DVOJRAMPOVÝ OSCILÁTOR S VCO CHARAKTERISTIKOU - Nastavení střídý oscilátoru, výpočet kmitočtu oscilátoru, nastavení minimální a maximální frekvence oscilátoru s ohledem na řídicí napětí

2) MANAGEMENT NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ INTEGROVANÉHO OBVODU - UVLO (řízení obvodu pomocí vstupního napájecího napětí, komparace vstupního napětí), Power on Reset (UV signál), realizace a výpočet nastavení komparačních úrovní

3) PRINCIP VYPÍNACÍ OCHRANY ZAŘÍZENÍ TYPU LATCH při chybovém signálu - nastavení doby zpoždění, reset pomocí signálu UV

4) ZÁKLADY A TEORIE PŘESNÉHO NÁVRHU S OHLEDEM NA SOUBĚH PARAMETRŮ PRVKŮ INTEGROVANÉHO OBVODU - Normální rozložení, Gaussova křivka, směrodatná odchylka, metoda Monte Carlo, princip superpozice (příklad součtu výstupních proudů z proudových zrcadel zatížených chybou souběhu)

5) ZÁKLADNÍ VZTAHY PRO VÝPOČET CHYB V ANALOGOVÝCH OBVODECH - princip superpozice, celková chyba součtu a součinu dvou chybových veličin, přepočet chyb v obvodu diferenčního zapojení (výpočet vstupní napěťové nesymetrie komparátoru s BJT při známé chybě saturačního proudu vstupních tranzistorů)

6) PŘESNÁ TRANZISTOROVÁ DVOJICE - souběh, proudové zrcadlo, diferenční stupeň, vliv rozměrů MOS tranzistorů na přesnost, Pelgromova rovnice

7) PŘESNÝ DIFERENCIÁLNÍ STUPEŇ (MOS/bipolar, odporová zátěž, aktivní zátěž) - Analýza, pravidla přesného návrhu, ekvivalentní vstupní ofset, proudová nesymetrie transkonduktačního diferenčního stupně, výstupní napěťová nesymetrie zesilovače a jejich vztahy

8) PŘESNÝ DVOUSTUPŇOVÝ OPERAČNÍ ZESILOVAČ - základní koncept přesného návrhu zesilovače, vstupní bipolární stupeň, princip eliminace chyby, postup návrhu

9) ŠUM - Definice šumové hustoty a integrální hodnoty šumu a jejich vzájemný vztah, korelovaný a nekorelovaný příspěvek šumu, šumová charakteristika aktivních prvků (bílý a  $1/f$  šum)

10) ŠUM ODPORU, ŠUM MOS TRANZISTORU - základní charakteristiky a rovnice pro výpočet, vliv parametrů odporů a MOS, ekvivalentní vstupní šum MOS tranzistoru, ekvivalentní vstupní šum MOS zesilovače

11) ŠUM PN PŘECHODU, ŠUM BJT - Zdroje šumu bipolárního tranzistoru, výpočet výstupního šumu jednoduchého proudového zrcadla

12) ZÁKLADNÍ KONCEPT NÍZKOŠUMOVÉHO NÁVRHU - principy návrhu nízkošumového CMOS proudového zrcadla, principy návrhu CMOS nízkošumového diferenčního zesilovače

## 5 MPC-MTE

1) Pasty pro hybridní integrované obvody – složení a význam jednotlivých složek, příprava a míchání past.

2) Sítotisk – popis technologie depozice TLV past, parametry procesu, následné tepelné zpracování vrstev.

3) Vlastnosti tlustovrstvých rezistorů – vysvětlíte význam TCR, VCR, rozdíl mezi TCR a teplotní stabilitou, výkonová zatížitelnost.

4) Metoda výroby keramických substrátů (Tape casting) – popis procesu, cílové aplikace, typy keramických substrátů a jejich parametry.

5) Základní porovnání parametrů tenko a tlusto vrstevové technologie, např. materiály, tlouška, rozlišení, TCR, teplotní stabilita a další.

6) Kontaktování polovodičových čipů – popis základních metod, materiály, faktory působící na kvalitu spoje.

7) Leaching – popis, příčiny a předcházení jevu, význam intermetalických sloučenin v pájeném spoji.

8) Pájecí pasty – základní složení, srovnání olovnatých a bezolvnatých slitin, tavidla.

9) Šablonový tisk – popis depozice pájecích past, parametry procesu a šablony, čištění šablony.

10) Nastavování pájecích profilů pro BGA a QFN komponenty – termodesky, vztah teplotního profilu k parametrům DPS a pájecím slitinám, specifika pro různé způsoby ohřevu.

11) Porovnání metod pájení přetavením z pohledu přestupu tepla – výhody a nevýhody jednotlivých metod se zaměřením na výrobu a opravu elektronických sestav.

12) Montáž a opravy BGA a QFN pouzder – popis pouzder, technologie montáže a opravy se zaměřením na odlišnosti uvedených jednotlivých pouzder.

13) Ochrana proti ESD – vysvětlíte důvod ochrany polovodičových součástek, popište specifika při práci s citlivými součástkami, balení a skladování.

14) Ochrana proti ESD II – indikace nebezpečného náboje na pracovišti, eliminace nebezpečného náboje, materiály vhodné do výrobního prostředí citlivého na ESD.

15) Tepelný management – význam pro pouzdření, způsoby šíření tepla, náhradní tepelný obvod pouzdra s tranzistorem, analogie mezi elektrickými a tepelnými veličinami.

## 6 MPC-TVP

1. Převodníky AD a DA - základní princip, blokové schéma, základní statické a dynamické parametry, úloha v řetězci zpracování dat.
2. Obvody pro předzpracování signálu - důvody použití, využití multiplexeru a demultiplexeru, invertované a neinvertované sítě, diferenční sítě - příklady zapojení funkce.
3. Filtrační obvody - funkce, příklady realizací, důvody použití v převodnicích, aproximační charakteristiky, přesné filtry.
4. Vzorkovací obvody - S/H a T/H obvody - rozdíly, funkce, základní parametry, příklady realizací.
5. Referenční zdroje napětí a proudu - jednoduché reference, reference řízené prahovým napětím tranzistoru, bandgap reference, výhody, nevýhody, teplotní závislost, stabilita.
6. Paralelní převodníky DA - základní zapojení a funkce, využití sítě R-2R a modifikace, váhové sítě, typičtí představitelé.
7. Sériové převodníky DA - základní zapojení a funkce, využití kapacitorů v síti, příklady využití.
8. Převodníky AD s vysokými vzorkovacími kmitočty - komparační, řetězové - základní zapojení a funkce, příklady využití.
9. Převodníky AD typu SAR a integrační - základní zapojení a funkce, příklady využití.
10. Převodníky sigma-delta - základní zapojení a funkce, příklady využití.
11. Testování převodníků - statické a dynamické testy.