

Удосконалені потужні транзистори LDMOS

Тім Деніелс (Tim Daniels)

Переклад та редагування: Наталія Апостолюк, директор, Мастек Електронікс ЛТД

E-mail: info@mastek.com.ua

У статті йдеться про передові тенденції в технології потужних LDMOS-транзисторів, зокрема тих, що розраховані на роботу в екстремальних умовах. Розглянуто, як сучасні потужні транзистори долають традиційні компроміси між потужністю, ефективністю, лінійністю та стійкістю до перевантажень.

Основна увага приділена ключовому параметру — потужності (ruggedness). У статті пояснюється, як інженери досягають цієї потужності, які технологічні рішення (наприклад, оптимізація структури кристала та термостабільність) лежать в основі сучасних компонентів, і чому це критично важливо для таких застосувань, як радіолокація, зв'язок та промислового електроніка.

В матеріалі описано, як сучасні LDMOS-транзистори стають все потужнішими, ефективнішими та, що найголовніше, надійнішими навіть у найжорсткіших умовах експлуатації.

Тім Деніелс (Tim Daniels) працює менеджером з постачання однієї відомої компанії, що спеціалізується на транзисторних і ММІС-технологіях. Він є дипломованим інженером, має ступінь магістра з інновацій в електроніці та ступінь бакалавра з електроніки та комунікацій. Його більш ніж двадцятирічний досвід роботи в галузі радіочастотної техніки дозволяє йому надавати слушні та професійні поради з проектування інженерами з усього світу, до яких вони з вдячністю прислухаються, щоб створювати інноваційні рішення з урахуванням нових викликів сьогодення.

Хоча транзистори GaN стали популярними в останні роки для широкомуглових і високочастотних застосувань, LDMOS все ще залишається провідною технологією для розробки підсилювачів від HF до UHF великої потужності. Оптимальна частота для потужних LDMOS становить менше ніж 450 МГц, а при правильному тепловому режимі пристрої витримують дуже високі рівні VSWR до 65:1. LDMOS, розроблені в середині 90-х років, спочатку для телерадіомовлення та промислового застосування, з кожним новим поколінням демонструють підвищення рівнів потужності та напруги пробою.

ОБМЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

У міру розвитку поколінь LDMOS (компанія Ampleon зараз працює над 12-м поколінням) часто виникає питання про ще більш потужні та надійні транзистори. Однак існує обмеження потужності, яку можна отримати при заданій напрузі стоку. Розробник може додати «пальці» LDMOS до схеми (рис. 1), але це має свої мінуси. Більша кількість «пальців» збільшує розмір кристала, а фізично існує обмеження розміру корпусу. Зменшити відстань між «пальцями» можливо, але це збільшить паразитну ємність. Інший варіант — додати більше потужності до виводів LDMOS, але вихідний імпеданс транзистора знижується при збільшенні потужності. Це ускладнює використання транзистора, ускладнює підбір високого Q-фактора та ускладнює проектування ширококутних пристроїв (рис. 2).

Дивлячись на продукти інших виробників, можна сказати, що для пристроїв на 50 В досягнуто межі близько 1.5 кВт. Щоб ще більше збільшити рівні потужності, розробники вирішили підвищити напругу стоку. Вихідний опір $RL = \text{напруга стоку} / \text{вихідна потужність } P$, тому, підвищуючи напругу, розробники можуть збільшити вихідну потужність, зберігаючи

вихідний опір на розумному рівні. Зараз на ринку доступні кілька 65-вольтих транзисторів від Ampleon і NXP. Qorvo також вибрала 65 В у GaN для деяких своїх високопотужних виробів, призначених для радарів L-діапазону і авіаційної електроніки. Однак 65 В підходить не всім. Блоки живлення можуть бути дорогими в порівнянні з 48–50-вольтовими версіями, а також деякі правила безпеки набирають чинності при напрузі вище 50 В.

Вища потужність також створює більше проблем з відведенням надлишкового тепла від підсилювача потужності. Інші компоненти, такі як конденсатори в колах узгодження, повинні витримувати вищі напруги та витримувати вищі тем-

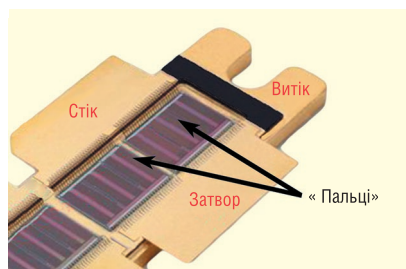


Рис. 1. Зняття кришки з транзистора LDMOS показує, що кристал повністю заповнює корпус. Показано розташування деяких контактів

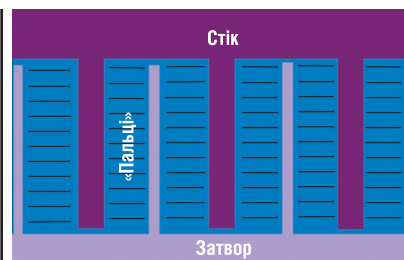


Рис. 2. Спрощений вигляд схеми, що показує розташування «пальців» LDMOS

ператури. Були випадки, коли конденсатори відлітали від друкованих плат, коли припій розплавився, а до доріжок друкованої плати іноді потрібно припаювати дроти, щоб забезпечити достатній струм стоку. Не завжди можливо зробити доріжку широкою, щоб вона витримувала високі струми, оскільки це також знижує імпеданс, впливаючи на радіочастотні характеристики цієї доріжки, а ми часто обмежені в просторі на друкованій платі.

НОВЕ ВДОСКОНАЛЕНЕ ПОКОЛІННЯ ПОТУЖНИХ LDMOS

Компанія Ampleon випустила нове покоління потужних транзисторів. Вони називаються транзисторами Advanced Rugged Technology (ART). Наразі доступні пристрої потужністю 2 кВт, 1.6 кВт, 700 Вт, 150 Вт і 35 Вт. Також було проведено тестування пристрою потужністю 450 Вт, який також доступний з 2023 року. ART2K0FE — це найпотужніший транзистор на 2 кВт з напругою живлення 65 В, і багато клієнтів розглядають можливість використання водяних радіаторів для охолодження при таких рівнях потужності. Однак наступний транзистор у цій серії є ще цікавішим. ART1K6FH (рис. 3) є природним продовженням (і вдосконаленням) старих пристроїв, таких як BLF188XR і MRFE6VP1K25 від NXP.

На перший погляд, з технічної документації може здатися, що ART1K6FH має трохи більшу номінальну потужність — 1.6 кВт, але якщо придивитися уважніше, то можна побачити, що цей пристрій розрахований на напругу до 55 В для забезпечення такого рівня потужності. При 50 В він призначений для заміни 50 В BLF188XR з вихідною потужністю 1.4 кВт. Насправді, споживачі відзначають, що він «практично вписується в ту ж саму схему». 65:1 VSWR — це найвища невідповідність, яку можна точно виміряти під час виробничих випробувань цих пристроїв, але напруга пробою є зручним параметром для оцінки надійності. Заспокоює й те, що він навіть вищий, ніж у попередників.

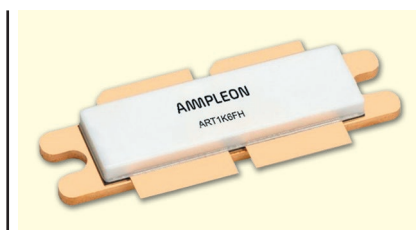


Рис. 3. ART1K6FH від Ampleon



Рис. 4. Підсилювач потужності Gemini 2-1.2K VHF від DX Shop, який може використовувати BLF188XR або ART1K6FE

Якщо вам не вистачає потужності, як уже згадувалося, ART1K6FH розрахований до 55 В, а більшість 50-вольтих джерел живлення можна регулювати вгору принаймні на кілька вольт, тому можна досягти дещо вищої вихідної потужності, ніж у старих пристроях, не змінюючи джерело живлення підсилювача потужності (Power Amplifier, PA).

LDMOS У ПІДСИЛЮВАЧАХ ВИСОКОЇ ПОТУЖНОСТІ

Gemini 2-1.2K від LinearAmp/The DX Shop використовує ART1K6 для підсилювачів потужності в діапазоні 144 МГц VHF (рис. 4). Це чудовий приклад продукту, в якому ART1K6FH може замінити BLF188XR, а на сторінці продукту наведено цікавий графік потужності, що порівнює ці два пристрої.

Інші транзистори серії ART заповнюють багато прогалів у рівнях потужнос-

ті. Потужність є надзвичайно важливою для промислових застосувань, таких як CO₂-лазери або плазмові генератори. І як відомо, запас по потужності завжди вітається — навіть у комунікаційних підсилювачах з меншою потужністю. Як мінімум, вона забезпечує запас, якщо на виході підсилювача потужності виникає помилка.

Додаткову інформацію щодо продукції компанії Ampleon можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ «Мастек Електронікс ЛТД»:

**03124, м. Київ,
пров. Ю. Матушка, 3, оф. 307,
тел./факс: (044) 451-60-80,
(067) 919-51-15,
(098) 451-60-80,**

**office@mastek.com.ua,
info@mastek.com.ua,
alexandr@mastek.com.ua,
www.mastek.com.ua**

CN

М. Київ, пров. Ю. Матушка, 3, оф. 307
тел. +38 (044) 451-60-80
моб. +38 (067) 919-51-15

info@mastek.com.ua
www.mastek.com.ua

**Авторизований дистриб'ютор
NXP, AMPLEON, WeEn в Україні**