

1 Типи заднього підсвічування LCD-матриць

У LCD-матрицях використовується два типи заднього підсвічування: пряме (або тилове) підсвічування (Direct lit); торцеве (або крайове) підсвічування (Edge lit).

Підсвічування Direct lit передбачає, що джерело світла розміщується безпосередньо за LCD матрицею (рис. 1). Сформований світловий потік проходить прямо, без будь-яких заломлень, крізь матрицю рідких кристалів. Особливістю такого підсвічування є велика кількість джерел світла (люмінесцентних ламп або світлодіодів (LED)), які повинні розташовуватися по всьому полю матриці. Цей тип підсвічування характеризується більшою яскравістю, що визначається не тільки значною кількістю джерел світла, але і меншим розсіюванням світлового потоку. Однак за велику яскравість таких панелей доводиться розплачуватися їх високою вартістю та підвищеним енергоспоживанням.

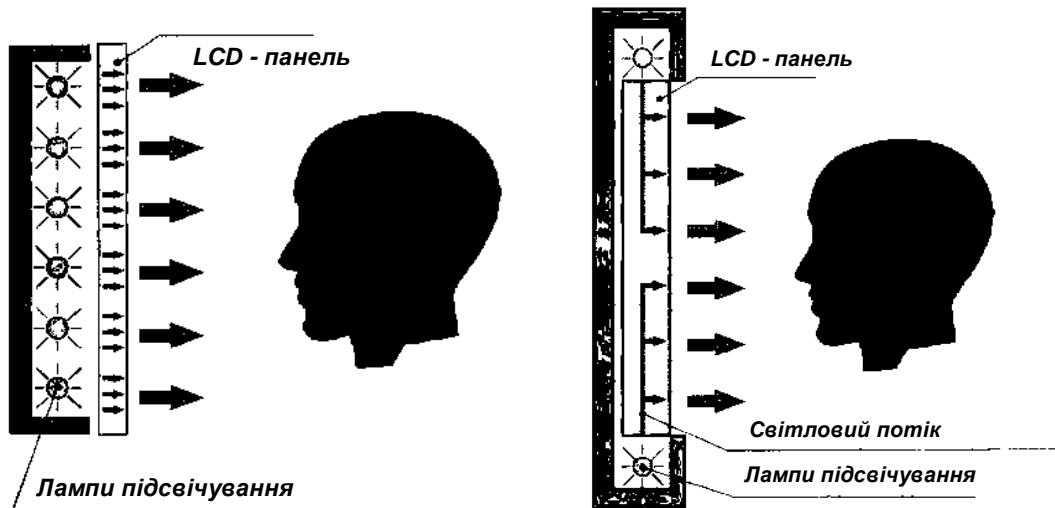


Рис. 1 – Пряме (Direct lit) та торцеве (Edge lit) підсвічування LED панелі

Edge lit підсвічування передбачає, що джерело світла (лампу або LED-лінійку) розташовують з одного або з двох країв матриці (рис. 1). Сформований світловий потік повинен змінити свій напрямок, зробивши переломлення на 90° . Таке переломлення забезпечується спеціальної призмою. Кількість ламп в даному випадку значно менше. Цей тип підсвічування є більш економічним по енергоспоживанню, а також має меншу вартість. До недоліків Edge lit-підсвічування можна віднести значно меншу яскравість екрану.

LCD-панель складається з декількох шарів, кожен з яких виконує певну функцію:

- світловод (призма, що переломлює) - служить для перенаправлення світлового потоку до LCD матриці. Матеріал, з якого виготовляється призма

- це пластик, дуже схожий на оргскло. Ця призма є самим об'ємним елементом LCD-матриці і визначає товщину матриці. На поверхню призми-світловода кладеться декілька пластин (білі і напівпрозорі листи), що забезпечують рівномірне розсіювання світла та додають йому білизну;
- шар поляризатора, який забезпечує поляризацію світлового потоку. Лампи та світлодіоди є джерелами неполяризованого світла;
- шар матриці рідких кристалів здійснює модуляцію поляризованого світлового потоку;
- кольоровий фільтр здійснює перетворення білого світла в червоний, синій і зелений кольори;
- аналізатор представляє собою поляризаційну пластину, яка дозволяє або забороняє проходження поляризованого світлового потоку;
- поверхня, що розсіює, призначена для зменшення поляризованого світлового потоку шляхом його розсіювання в різні боки. Наявність цієї поверхні дозволяє збільшити кути огляду екрану.

Кожен з перерахованих шарів повинен пропускати крізь себе світловий потік, сформований заднім підсвічуванням. При цьому, природно, кожен шар буде поглинати частина світлової енергії, знижуючи загальну яскравість екрана.

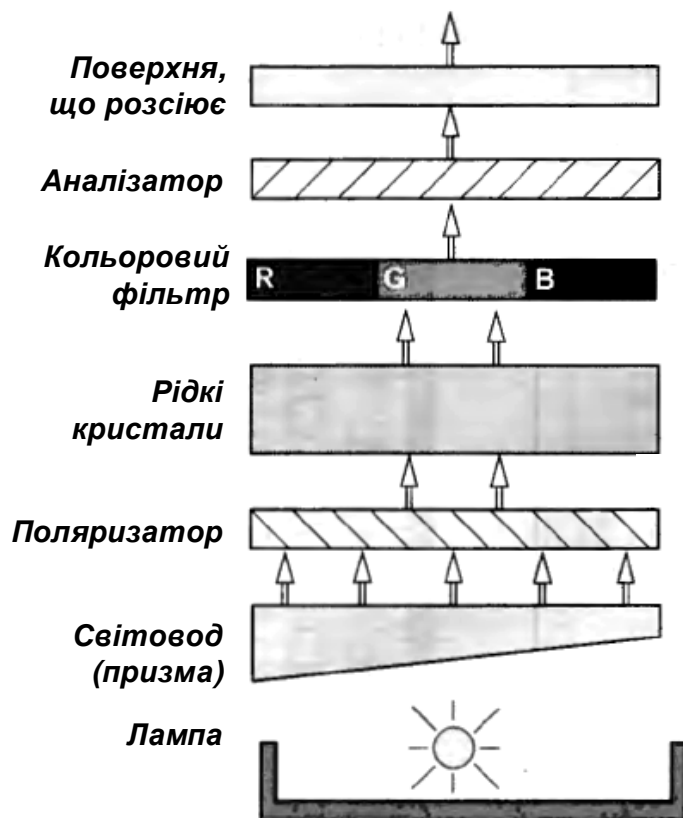


Рис 2. – Проходження світлового потоку крізь LCD панель

2 Схемотехніка інверторів живлення ламп тилового підсвічування LCD

Загальні положення

Для роботи LCD панелі первинне значення має джерело світла, світловий потік якого проходить через структуру рідкого кристала та формує зображення на екрані монітору. Для створення світлового потоку використовуються електролюмінісентні лампи з холодним катодом (Cold Cathode Fluorescent Lamp - CCFL), які розташовані по краях LCD панелі (як правило зверху та знизу) та за допомогою матового скла, що рівномірно розсіює, засвічують усю поверхню LCD матриці. Запуск ламп та їх живлення у робочому режимі забезпечує DC/AC - перетворювач або. Інвертор формує із вторинної постійної напруги джерела живлення монітору (телевізору, ноутбуку) 7...20 В змінну напругу 600...1000 В частотою 50...80 кГц синусоїдальної форми. Інвертор повинен забезпечити надійний запуск ламп напругою більше 1200...1500 В та їх стабільну роботу протягом тривалого часу при робочих напругах від 600 до 1000 В. Підключення CCFL в LCD панелях здійснюється, як правило, за ємнісною схемою (див. рис. 1.1). Робоча точка стабільного освітлювання (РТ- на графіку) розташовується на лінії перетину навантажувальної прямої з графіком залежності струму розряду від напруги, що прикладена до ламп. Інвертор у складі монітору створює умови для керованого тліючого розряду, а робоча точка ламп знаходиться на пологій частині кривої, що дозволяє домогтися постійного їх світіння протягом довготривалого часу та забезпечить ефективне керування яскравістю.

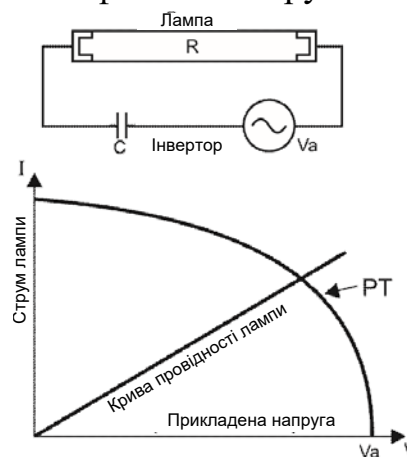


Рис. 1.1. Схема підключення CCFL до інвертору та графік залежності струму розряду від напруги на CCFL

Інвертор виконує такі функції :

- перетворює постійну напругу (7...20 В) в високовольтну перемінну;

- стабілізує струм лампи і при необхідності регулює його;
- забезпечує регулювання яскравості;
- забезпечує регулювання яскравості;
- узгоджує вихідний каскад інвертора з вхідним опором ламп;
- забезпечує захист від короткого замикання і перенавантаження

Топології інверторів живлення ламп підсвічування

Виробники використовують два базових варіанти топології інверторів живлення ламп заднього підсвічування – двоступінчасту і одноступінчасту.

Двоступінчаста технологія передбачає наявність у складі інвертора DC-DC-перетворювача (рис. 1.2), який перетворює вхідну постійну напругу живлення інвертора, яке часто являється нестабілізованим, в стабілізовану напругу з фіксованим рівнем. Так, наприклад, в моніторах, блок живлення яких реалізований в вигляді внутрішнього мережевого адаптера, вхідна напруга інвертора може мати широкий діапазон значень 7...20 В, що визначається величиною і стабільністю мережевої напруги. Використовування DC/DC перетворювача дозволяє отримати стабільну фіксовану напругу, наприклад, + 5В, з якого вже буде формуватися імпульсна напруга для ламп підсвічування.

Таким чином, застосування двоступінчастої топології інвертора дозволяє підвищити стабільність яскравості зображення. Але у двоступінчастої топології є один серйозний недолік – велике споживання енергії та великі втрати потужності в DC/DC-перетворювачі. Останнім часом розробники, за можливості, намагаються відмовлятися від такої топології інверторів.

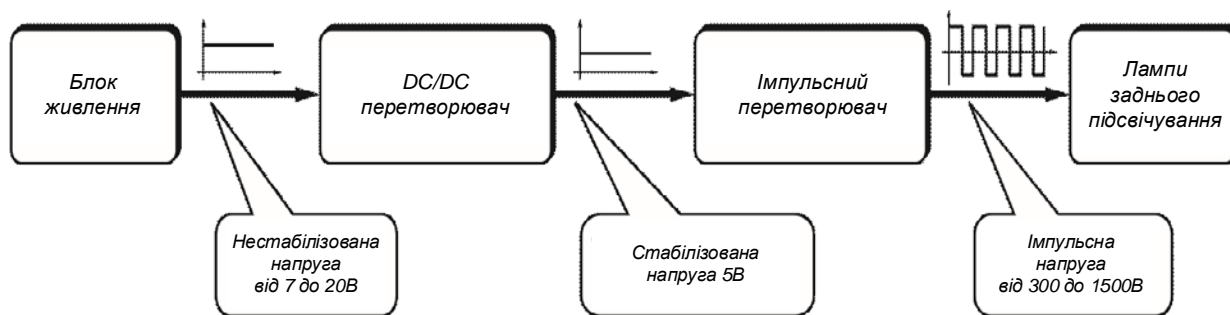
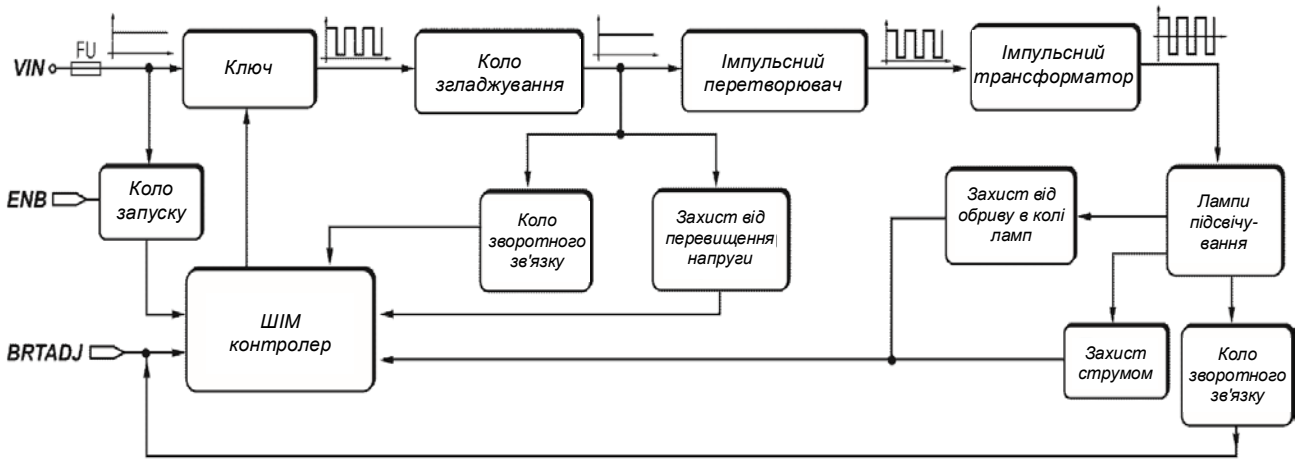


Рис. 1.2. Двоступінчаста технологія інвертора з AC/DC-перетворювачем

Структурна схема інвертора з двоступінчастою топологією представлена на рис. 1.3.



BRTADJ - Сигнал регулювання яскравості
ENB - Сигнал дозволу

Рис. 1.3. Структурна схема інвертора з двоступінчастою топологією

Одноступінчаста топологія передбачає наявність у складі інвертора тільки одного імпульсного перетворювача (рис. 1.4). Вхідна постійна напруга перетворюється в високочастотну імпульсну напругу, яким живляться лампи задньої підсвічування.

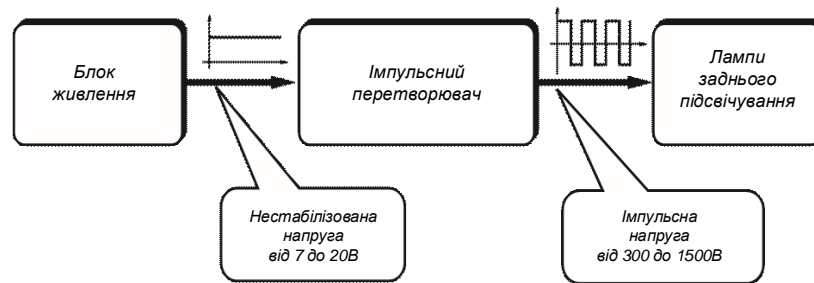
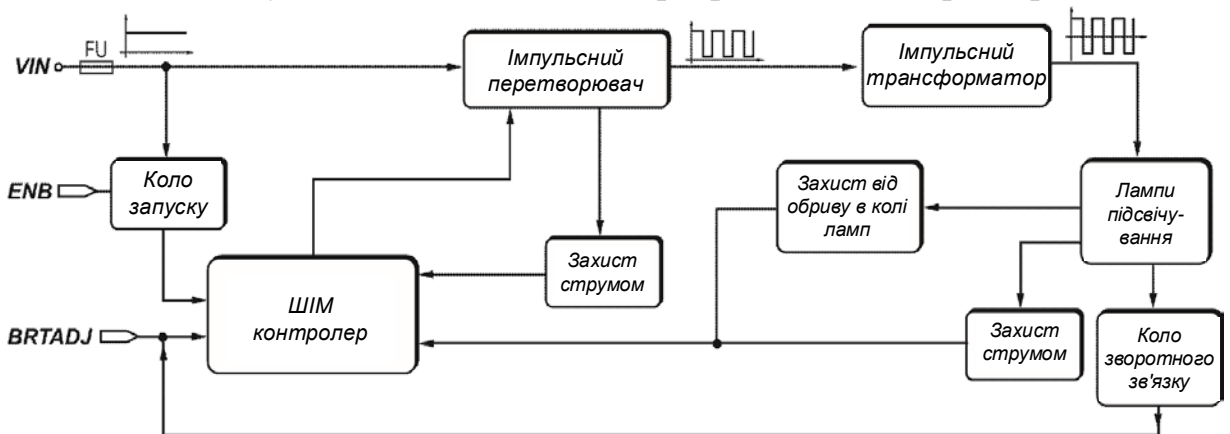


Рис. 1.4. Одноступінчаста топологія інвертора з AC/DC-перетворювачем



BRTADJ - Сигнал регулювання яскравості
ENB - Сигнал дозволу

Рис. 1.5. Структурна схема інвертора з одноступінчастою топологією

Стабільність яскравості в цьому випадку забезпечується методом ШІМ. Енергетичні характеристики даного варіанту топології набагато кращі, і інвертор має більш високий КПД. Крім того, вартість одноступінчастої схеми набагато менша, так як відпадає необхідність у використанні достатньо потужного та дорогого ключового транзистору у складі DC/DC- перетворювача. Все це в сукупності сприяє більш широкому застосуванню в сучасних LCD дисплеях інверторів з одноступінчастою топологією. Структурна схема інвертора з одноступінчастою топологією наведена на рис. 1.5.

У рамках двох розглянутих топологій існують ще чотири варіанти схемотехніки імпульсних перетворювачів:

- перетворювач Роера (Royer) (рис. 1.6, а);
- двотактний перетворювач (Push-Pull) (рис. 1.6, b);
- напівмостовий перетворювач (Half Bridge) (рис. 1.6, c);
- мостовий перетворювач (Full Bridge) (рис. 1.6, d).

Кожен з представлених варіантів перетворювача має свої переваги і недоліки, які наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Порівняння різних топологій імпульсних перетворювачів

Характеристика	Показники схемотехніки			
	<i>Royer</i>	<i>Half Bridge</i>	<i>Push Pull</i>	<i>Full Bridge</i>
Значення крест-фактора навантаження*	Добре	Мале в широкому діапазоні вхідної напруги	Середнє в широкому діапазоні вхідної напруги	Добре в широкому діапазоні вхідної напруги
Значення КПД в широкому діапазоні вхідної напруги	Мале	Мале	Мале	Дуже добре
Вартість	Низка	Середня	Середня	Середня
Габаріти	Великі	Середні	Середні	Малі
Можливість організації захисту	Складно	Складно	Середня складність	Просто

* Крест-фактор навантаження – показник, що характеризує здатність джерела електроенергії живити нелінійне навантаження, що споживає імпульсний струм.

Аналіз даних, представлених в таблиці 1.1, показує що найбільш переважним варіантом схемотехніки інвертора є мостова схема, яка на ряду з іншими перевагами,

має краще значення КПД, що обумовлено такими властивостями:

- в схемі мінімізовані скачки струму та напруги за рахунок застосування в якості ключів МОП транзисторів, які мають малий опір відкритого каналу і, як результат, малі втрати потужності;
- на вторинних обмотках імпульсного трансформатора завжди формується напруга синусоїдальної форми у всьому діапазоні вхідної напруги, що являється результатом симетричного (двунправленого) струму в первинній обмотці;
- коефіцієнт передачі трансформатора має максимальне значення, що являється більш низького значення струму первинної обмотки та високого значення КПД.

Саме мостова схема інвертора рекомендована групою VESA inverter SIG для застосування в ноутбуках. Звичайно, що мостовий варіант перетворювача, будучи найбільш економічним та надійним, все частіше використовується і в інверторах звичайних LCD моніторів та телевізорів.

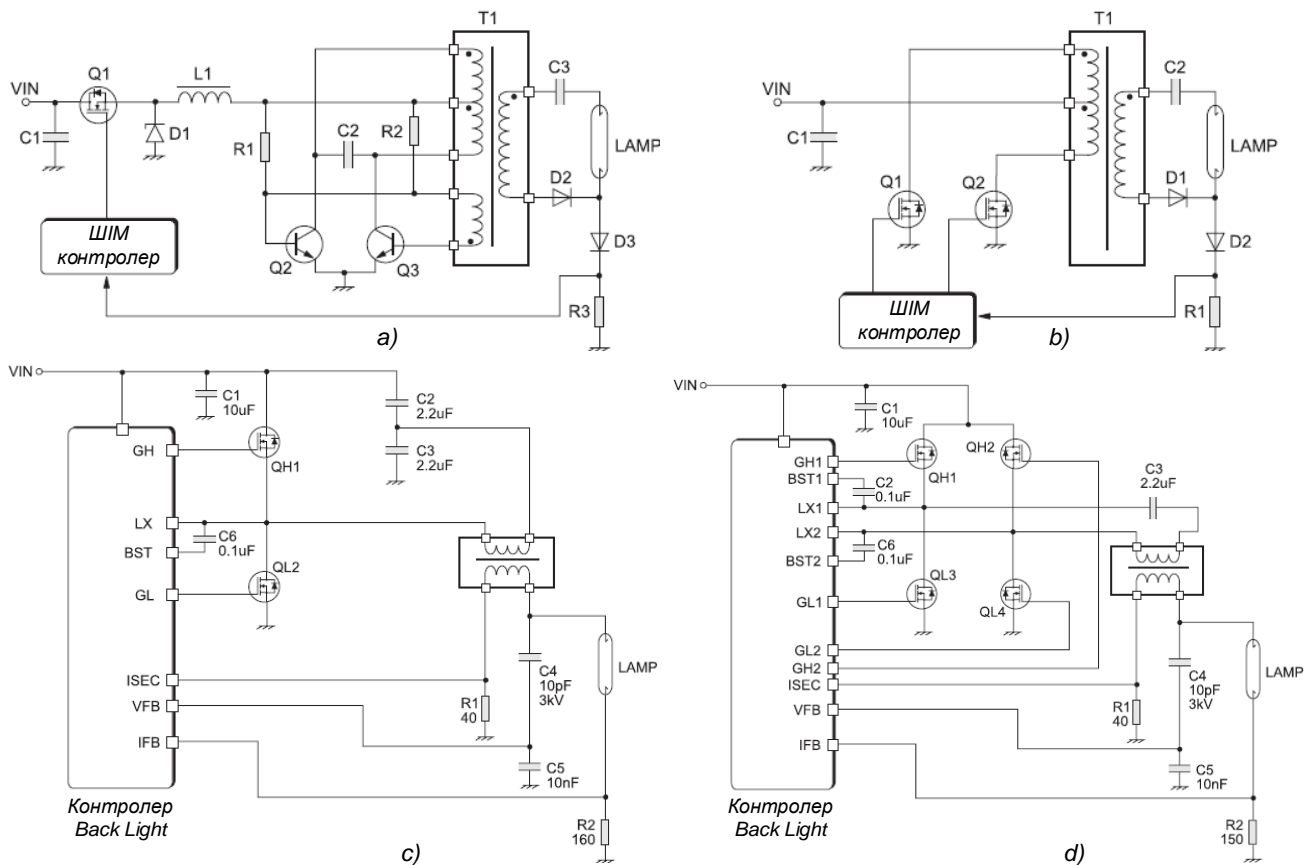


Рисунок 1.5 – Схемотехніка імпульсних перетворювачів: а) перетворювач Royer; б) двотактний перетворювач (Push-Pull); в) напівмостовий перетворювач (Half Bridge); д) мостовий перетворювач (Full Bridge)

Рекомендації групи VESA Inverter SIG із захисту інверторів

Інвертори живлення CCFL задньої підсвічування, повинні мати такий

мінімальний набір вбудованого захисту від аварійного функціонування:

- захист від обриву ламп. Якщо коло однієї з ламп обривається, то інвертор повинен мати можливість регулювати напругу на інших лампах протягом заданого періоду часу, після чого він повинен вимкнутися;
- захист від короткого замикання в лампі. Інвертор не повинен працювати, коли лампа CCFL виявляється закороченою;
- захист від короткого замикання в колі. Відповідно до міжнародних вимог (стандарт UL 1950) струм вторинної сторони інвертора при короткому замиканні не повинен перевищувати величини $0,7 \times F_{reg}$ (мА), де F_{reg} – частота вихідної напруги (кГц);
- захист від перевищення струму через ключові транзистори інвертора.

Регулювання яскравості

Регулювання яскравості ламп задньої підсвічування позначають Dimming. Група VESA inverter SIG рекомендує два варіанти регулювання яскравості ламп: аналоговий; імпульсний.

Аналогове регулювання передбачає, що на вхід інвертора подається напруга постійного струму, величина якого змінюється мікроконтролером керування, коли користувач регулює яскравість. Діапазон зміни яскравості в цьому випадку може досягати співвідношення 3 : 1. Рекомендується використовувати «негативну полярність» сигналу керування. Це означає, що напруга керування величиною 2 В відповідає мінімальній яскравості зображення, а нульова напруга – максимальній.

Імпульсне регулювання передбачає, що на вхід інвертора подаються імпульси, тривалість яких змінюється при регулюванні яскравості, тобто для регулювання використовується метод широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Цей метод дозволяє регулювати яскравість ламп в діапазоні 10...100%. У разі імпульсного регулювання яскравості також рекомендується використовувати «негативну полярність» імпульсів. Це означає, що якщо замість імпульсів сигнал керування буде представляти собою постійну напругу величиною, наприклад, 2 В, то це буде відповідати 10 % значенню яскравості, а нульовий рівень сигналу керування – 100 % значенню яскравості. Рекомендована частота імпульсного сигналу керування. Вона повинна складати 200 Гц, хоча розробники інверторів можуть використовувати і інші значення частоти – одиниці або й навіть десятки кГц. Також в складі інвертора повинна передбачатись функція програмного вимкнення (Soft - OFF) і вмикання (Soft - ON) для запобігання чутливих звукових коливань під час проведення регулювання.

Електричні характеристики

Сучасний інвертор живлення CCFL задньої підсвічування повинен мати електричні характеристики і параметри:

- діапазон робочих частот – 50...70кГц;
- діапазон вхідної напруги постійного струму – 7...21В;
- максимальна вихідна потужність – 6Вт;
- ККД ($U_{вх}=19В$, $R_H = 139кОм$) – більше 80%;
- час затримки вмикання лампи – 1мс

На платі інвертора повинно бути два види роз'ємів: роз'єм для з'єднання головної плати і плати інвертора; роз'єм для підключення CCFL.

На роз'ємі повинні бути такі сигнали:

- VIN (вхідна напруга живлення постійного струму);
- GND (земля);
- ENABLE (сигнал дозволу роботи інвертора (вмикання / вимкнення));
- ABRGT (аналоговий сигнал регулювання яскравості);
- PWMBRGT (імпульсний ШІМ сигнал регулювання яскравості).