ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПІДБІР ДИСПЛЕЙНОГО МОДУЛЯ ТА АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ НОУТБУКА

Мета заняття: вивчити будову дисплейного модуля та системи автономного живлення ноутбука; ознайомитися з типами рідкокристалічних матриць і параметрами, за якими їх добирають; засвоїти правила сумісності при заміні матриці та акумуляторної батареї; навчитися виконувати інженерні розрахунки параметрів дисплейної підсистеми та системи живлення; набути практичних навичок пошуку, порівняння та обґрунтованого вибору комплектувальних виробів за технічною документацією виробника.

Обладнання та програмне забезпечення: персональний комп'ютер із доступом до мережі Інтернет; за наявності — ноутбук для діагностики; інженерний калькулятор або електронні таблиці.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Будова дисплейного модуля ноутбука

Дисплейний модуль ноутбука — це конструктивно завершений вузол, що містить не лише саму матрицю, а й елементи підсвітки, механічного кріплення та комутації. Його будову наведено на рис. 1.

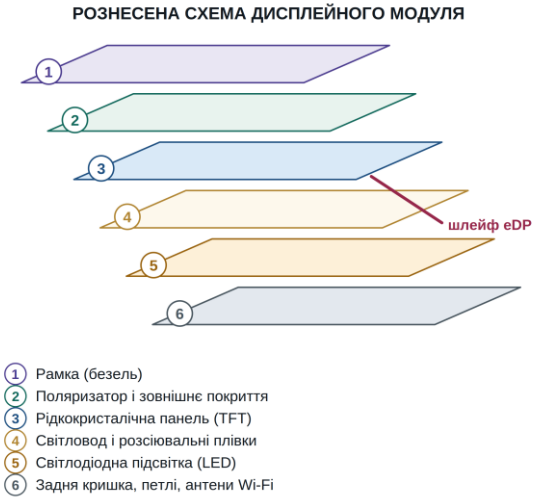


Рис. 1. Рознесена схема дисплейного модуля

Світло від світлодіодної лінійки (шар 5) потрапляє у світловод (шар 4), який перетворює бічне підсвічування на рівномірне по всій площі. Розсіювальні та призматичні плівки вирівнюють яскравість і підвищують її у напрямку до спостерігача. Рідкокристалічна панель (шар 3) керує проходженням світла крізь кожен субпіксель, а поляризатори (шар 2) формують кінцеве зображення. Матриці на органічних світлодіодах (OLED) шарів 4 і 5 не мають: кожен субпіксель випромінює світло самостійно.

Важливо розрізняти два поняття. **Матриця** — це власне панель із шлейфом і драйвером, що є змінним виробом із власним артикулом. **Дисплейний модуль у зборі** додатково містить рамку, задню кришку з петлями, вебкамеру та антени Wi-Fi, прокладені в кришці. У багатьох сучасних конструкціях рамку приклеєно до матриці, тому заміна виконується модулем у зборі, що суттєво дорожче.

1.2 Типи рідкокристалічних матриць

Тип матриці визначається способом орієнтації рідких кристалів і є головним чинником, що впливає на кути огляду, передавання кольору та час відгуку (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння типів матриць

Тип	Кути огляду	Передавання кольору	Час відгуку	Застосування
TN	Вузькі, помітне спотворення кольору	Найгірше	Найменший	Бюджетні моделі
IPS	Широкі (до 178°)	Добре	Середній	Універсальне застосування
VA	Широкі	Добре, високий контраст	Більший за IPS	Рідше в ноутбуках
OLED	Широкі	Найкраще, абсолютний чорний	Найменший	Преміальні моделі

Матриці OLED мають два специфічні недоліки: вигоряння субпікселів при тривалому відображенні статичних елементів та застосовуване широтно-імпульсне регулювання яскравості (ШІМ), яке частина користувачів сприймає як мерехтіння.

1.3 Основні параметри матриці

– **діагональ** — вимірюється в дюймах по діагоналі видимої області;

– **роздільна здатність** — кількість пікселів по горизонталі та вертикалі;

– **формат кадру** — співвідношення сторін: 16:9, 16:10 або 3:2. Формати 16:10 та 3:2 дають більшу робочу висоту екрана і повертаються у сучасні ноутбуки;

– **густина пікселів** (PPI, pixels per inch) — кількість пікселів на дюйм;

– **частота оновлення** — кількість кадрів за секунду, яку здатна відтворити матриця: 60, 90, 120, 144, 165 Гц і вище;

– **яскравість** — у канделах на квадратний метр (кд/м², «ніт»). Для роботи у приміщенні достатньо 250–300 кд/м², для роботи поза приміщенням потрібно від 400 кд/м²;

– **контрастність** — відношення яскравості білого до яскравості чорного;

– **час відгуку** — тривалість перемикання пікселя, мс;

– **колірне охоплення** — частка відтворюваного простору sRGB, DCI-P3 або Adobe RGB, у відсотках;

– **глибина кольору** — 6, 8 або 10 біт на канал (відповідно 18, 24 або 30 біт на піксель);

– **тип покриття** — матове, глянцеве або антиблікове;

– **наявність сенсорного шару** — впливає на товщину модуля та на кількість контактів роз'єму.

Густина пікселів обчислюється за теоремою Піфагора — через кількість пікселів по діагоналі та фізичну діагональ екрана:

$$\mathbf{PPI = \sqrt{(H^2 + V^2)} / D}$$

де H і V — роздільна здатність по горизонталі та вертикалі, пікселів; D — діагональ екрана, дюймів.

Таблиця 2

Поширені роздільні здатності матриць ноутбуків

Позначення	Роздільна здатність	Формат
HD	1366 × 768	16:9
Full HD (FHD)	1920 × 1080	16:9
WUXGA	1920 × 1200	16:10

Позначення	Роздільна здатність	Формат
QHD	2560 × 1440	16:9
WQXGA	2560 × 1600	16:10
2.8K	2880 × 1800	16:10
3K	3200 × 2000	16:10
4K UHD	3840 × 2160	16:9

1.4 Інтерфейс eDP та роз'єм матриці

Сучасні матриці ноутбуків під'єднуються до материнської плати інтерфейсом **eDP** (embedded DisplayPort) — внутрішнім різновидом DisplayPort. Застарілий інтерфейс LVDS трапляється лише в моделях випуску приблизно до 2014 року і для нових матриць не застосовується. Схему підключення та групи сигналів роз'єму наведено на рис. 2.



Рис. 2. Підключення матриці до материнської плати

Дані передаються кількома однаковими диференціальними лініями (lanes). У ноутбуках застосовують 1, 2 або 4 лінії. Швидкість однієї лінії визначається режимом каналу (табл. 3). Оскільки застосовується кодування 8b/10b, корисна швидкість становить 80 % від фізичної.

Таблиця 3

Режими передавання каналу DisplayPort

Режим	Фізична швидкість лінії, Гбіт/с	Корисна швидкість лінії, Гбіт/с	Корисна швидкість 4 ліній, Гбіт/с
RBR	1,62	1,296	5,18
HBR	2,7	2,16	8,64
HBR2	5,4	4,32	17,28
HBR3	8,1	6,48	25,92

Роз'єм матриці найчастіше має 30 або 40 контактів. Кількість контактів не є вільним параметром: вона визначається кількістю ліній даних, схемою живлення підсвітки та наявністю сенсорного шару. Роз'єми на 40 контактів застосовують там, де потрібні додаткові лінії — наприклад, для підсвітки підвищеної яскравості або для вбудованого сенсорного шару.

1.5 Розрахунок потрібної пропускної здатності

Перш ніж встановлювати матрицю з вищою роздільною здатністю або частотою оновлення, слід перевірити, чи здатен канал передати відповідний потік даних. Потрібну швидкість обчислюють як добуток кількості пікселів у кадрі, частоти оновлення та глибини кольору:

$$C = H \cdot V \cdot f \cdot b \cdot k$$

де H і V — роздільна здатність, пікселів; f — частота оновлення, Гц; b — глибина кольору, біт на піксель; $k = 1{,}1$ — коефіцієнт запасу на інтервали гасіння та службові дані.

Отримане значення порівнюють із корисною пропускною здатністю каналу, яка дорівнює добутку корисної швидкості однієї лінії (табл. 3) на кількість ліній. Якщо потрібна швидкість перевищує можливості каналу, матриця працюватиме з нижчою частотою оновлення або не працюватиме взагалі.

1.6 Сумісність при заміні матриці

Заміна матриці можлива лише тоді, коли нова матриця збігається з початковою за критичними параметрами (табл. 4). Параметри, позначені як некритичні, можуть відрізнятися — саме за ними виконують модернізацію.

Таблиця 4

Параметри сумісності при заміні матриці

Параметр	Критичність	Пояснення
Діагональ	Критичний	Визначається розміром рамки та кришки
Тип і кількість контактів роз'єма	Критичний	Механічна та електрична несумісність
Розташування роз'єма	Критичний	Довжини шлейфа може не вистачити
Тип кріплення, розміщення вушок	Критичний	Матриця не фіксуватиметься в рамці
Товщина панелі	Критичний	Модуль може не закритися
Роздільна здатність	Некритичний	Можлива, якщо вистачає пропускної здатності та підтримує мікропрограма
Частота оновлення	Некритичний	Те саме; потребує перевірки розрахунком
Тип матриці (TN / IPS)	Некритичний	Типова модернізація: заміна TN на IPS
Яскравість, колірне охоплення	Некритичний	Обмежень не створює

Примітка. Навіть за збігу всіх механічних та електричних параметрів матриця з вищою роздільною здатністю може не запрацювати, якщо її не підтримує мікропрограма ноутбука. Тому перед купівлею слід шукати підтвердження сумісності для конкретної моделі.

1.7 Акумуляторні батареї ноутбуків

У ноутбуках застосовують літій-іонні (Li-ion) та літій-полімерні (Li-Pol) акумулятори. Li-ion виконують у вигляді циліндричних комірок стандартного типорозміру, Li-Pol — у вигляді плоских пакетів, що дає змогу повніше використати внутрішній простір корпусу. Саме тому тонкі моделі ноутбуків комплектують переважно Li-Pol.

Номінальна напруга однієї літієвої комірки становить 3,6–3,7 В. Потрібну напругу та ємність батареї отримують, з'єднуючи комірки послідовно та паралельно. Конфігурацію позначають як **__m__S__n__P**, де *m* — кількість послідовно з'єднаних груп, *n* — кількість паралельно з'єднаних комірок у групі. Послідовне з'єднання збільшує напругу, паралельне — ємність. Наприклад, конфігурація 3S2P містить шість комірок і дає номінальну напругу близько 11,1 В.

За способом встановлення батареї поділяють на **знімні** — з фіксаторами на нижній панелі, замінюються без розбирання, та **вбудовані** — розташовані всередині корпусу, для заміни потрібно зняти нижню

кришку, а подекуди й від'єднати приклеєний пакет. Більшість ноутбуків, випущених після 2016 року, мають саме вбудовані батареї.

1.8 Параметри акумуляторної батареї та їх розрахунок

Ємність батареї подають у двох одиницях. **Заряд** вимірюють в ампер-годинах (А·год) або міліампер-годинах (мА·год), **енергію** — у ват-годинах (Вт·год). Порівнювати батареї коректно лише за енергією, оскільки заряд без зазначення напруги не визначає запасеної енергії:

$$E = U \cdot Q / 1000$$

де E — енергія, Вт·год; U — номінальна напруга, В; Q — заряд, мА·год.

Орієнтовний час автономної роботи визначають як відношення енергії батареї до середньої потужності, що споживає ноутбук:

$$T = E / P$$

де T — час роботи, год; P — середня споживана потужність, Вт. Розрахунок дає верхню оцінку: реальне споживання залежить від яскравості екрана, навантаження на процесор і роботи бездротових інтерфейсів.

1.9 Деградація, стан здоров'я та правила експлуатації

Літієві акумулятори втрачають ємність у процесі експлуатації. Ступінь зношення характеризують показником **стану здоров'я** (SoH, State of Health) — відношенням фактичної повної ємності до паспортної:

$$SoH = (E_{факт} / E_{ном}) \cdot 100\ \%$$

Виробники зазвичай гарантують збереження не менш як 80 % ємності протягом 300–500 циклів заряджання. Заміну батареї вважають доцільною, коли показник SoH опускається нижче 70 %: за такого зношення час автономної роботи скорочується більш ніж на третину, а внутрішній опір помітно зростає.

– не допускати повного розряджання: глибокий розряд прискорює деградацію;

– уникати тривалого перебування за температури понад 35 °C — нагрівання шкідливіше за кількість циклів;

– за стаціонарної роботи від мережі обмежувати заряд рівнем 60–80 %, якщо мікропрограма або фірмова утиліта це дозволяє;

– для тривалого зберігання лишати заряд близько 50 % і зберігати у прохолодному місці;

– здуття пакета — ознака аварійного стану: експлуатацію слід негайно припинити, батарею не проколювати та не стискати;

– відпрацьовані акумулятори здавати в пункти збирання небезпечних відходів, а не викидати з побутовим сміттям.

1.10 Діагностика стану дисплея та батареї

Фактичні параметри встановлених компонентів можна визначити програмно, не розбираючи ноутбук (табл. 5).

Таблиця 5

Засоби діагностики дисплея та батареї

Засіб	Призначення
powercfg /batteryreport	Windows: формує звіт у форматі HTML із паспортною та фактичною ємністю, кількістю циклів і журналом використання
Get-CimInstance -ClassName Win32_Battery	Windows PowerShell: поточні параметри батареї
upower -i /org/freedesktop/UPower/devices/battery_BAT0	Linux: паспортна та фактична ємність, стан, кількість циклів
cat /sys/class/power_supply/BAT0/*	Linux: ті самі дані з файлової системи sysfs
edid-decode, /sys/class/drm/*/edid	Linux: читання EDID — модель матриці, підтримувані режими
HWiNFO, AIDA64	Windows: модель матриці, її виробник та підтримувані частоти оновлення

Звіт `powercfg /batteryreport` формується командою, виконаною від імені адміністратора; шлях до файла виводиться у вікні консолі:

```
powercfg /batteryreport /output C:\battery.html
```

У розділі **Installed batteries** звіту наводяться значення **Design Capacity** (паспортна ємність) та **Full Charge Capacity** (фактична повна ємність); їх відношення і є показником SoH.

1.11 Модельний приклад розрахунку

Розглянемо послідовність розрахунків для варіанта № 7. За табл. 6 цільова матриця має роздільну здатність 3840×2160, частоту оновлення 60 Гц, діагональ 15,6″ та глибину кольору 30 біт на піксель. За

табл. 7 номінальна напруга батареї становить 7,7 В, заряд — 5400 мА·год, середня споживана потужність — 16,5 Вт, зношення — 38 %.

Крок 1. Густина пікселів.

PPI = $\sqrt{(3840^2 + 2160^2)} / 15{,}6 = 4406 / 15{,}6 =$ **282 пікс/дюйм**.

Крок 2. Потрібна пропускна здатність каналу.

C = 3840 · 2160 · 60 · 30 · 1,1 = **16,42 Гбіт/с**.

Крок 3. Перевірка достатності каналу.

За чотирьох ліній у режимі HBR2 корисна пропускна здатність становить 17,28 Гбіт/с, що більше за потрібні 16,42 Гбіт/с, — канал **достатній**.

За двох ліній навіть у найшвидшому режимі HBR3 корисна пропускна здатність становить лише 12,96 Гбіт/с, — канал **недостатній**. Отже, така матриця потребує чотирилінійного підключення.

Крок 4. Енергія батареї.

E = 7,7 · 5400 / 1000 = **41,58 Вт·год**.

Крок 5. Час автономної роботи нової батареї.

T = 41,58 / 16,5 = 2,52 год ≈ **2 год 31 хв**.

Крок 6. Стан здоров'я та залишкова ємність.

SoH = 100 − 38 = **62 %**; E_факт = 41,58 · 62 / 100 = **25,78 Вт·год**.

T_факт = 25,78 / 16,5 = 1,56 год ≈ **1 год 34 хв**.

Крок 7. Висновок щодо заміни.

Показник SoH = 62 % нижчий за межу 70 %, час автономної роботи скоротився з 2 год 31 хв до 1 год 34 хв. Заміну батареї слід визнати доцільною.

2. ЗАВДАННЯ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ

Номер варіанта *N* відповідає порядковому номеру студента у списку групи. Модель ноутбука та вихідні дані для розрахунків наведено в табл. 6 і табл. 7.

Загальне правило. *Якщо за результатами дослідження встановлено, що компонент конструктивно не підлягає самостійній заміні (припаяний, приклеєний або постачається лише у складі модуля в зборі), відповідний пункт завдання виконується у формі оцінки вартості сервісної заміни із зазначенням джерела та обґрунтування, чому виробник ухвалив таке конструкторське рішення.*

1. За технічною документацією виробника визначити параметри штатної матриці ноутбука свого варіанта: діагональ, роздільну здатність, формат кадру, тип матриці, частоту оновлення, яскравість, колірне охоплення, тип покриття. Результати навести у вигляді табл. 8 із зазначенням джерела.

2. Обчислити густину пікселів (PPI) штатної матриці та цільової матриці з табл. 6. Порівняти отримані значення й пояснити, як густина пікселів впливає на сприйняття зображення та на масштабування інтерфейсу.

3. Обчислити потрібну пропускну здатність каналу для цільової матриці свого варіанта за даними табл. 6. Визначити, чи достатньо чотирилінійного та дволінійного підключення, і який найповільніший режим каналу забезпечує роботу. Розрахунок навести повністю.

4. Користуючись сайтами виробника та українськими торговельними майданчиками, дібрати дві матриці для заміни штатної. Порівняти їх за параметрами табл. 4 та за вартістю. Результати навести у вигляді табл. 9. Для кожної позиції зазначити посилання на джерело та дату, на яку зафіксовано ціну.

5. Визначити, які з параметрів дібраних матриць є критичними для сумісності, і обґрунтувати, чи можлива заміна без доопрацювання конструкції.

6. За технічною документацією визначити параметри штатної акумуляторної батареї: тип, номінальну напругу, заряд, енергію, конфігурацію комірок, спосіб встановлення. Результати занести до табл. 10.

7. За даними табл. 7 обчислити енергію батареї у ват-годинах, орієнтовний час автономної роботи, показник SoH після заданого зношення, залишкову ємність та фактичний час роботи зношеної батареї. Зробити висновок щодо доцільності заміни.

8. Дібрати дві батареї для заміни — оригінальну та сумісну від стороннього виробника. Порівняти їх за енергією, конфігурацією, гарантійним строком і вартістю. Результати навести у вигляді табл. 10. Оцінити ризики застосування неоригінальної батареї.

9. **Додаткове завдання за наявності обладнання.** Сформувати звіт `powercfg /batteryreport` на доступному ноутбуці. Визначити паспортну та фактичну ємність, обчислити реальний показник SoH і кількість циклів заряджання. Порівняти отримане значення з розрахун-

нковим за п. 7. За відсутності ноутбука виконати п. 7 для другого набору вихідних даних — варіанта з номером $N + 15$ (для $N > 15$ — $N - 15$).

10. Сформулювати обґрунтований висновок: які компоненти доцільно замінити, у якій послідовності, якою є сумарна вартість робіт і матеріалів та за яких умов ремонт є економічно виправданим порівняно з придбанням нового пристрою.

Таблиця 6

Модель ноутбука та параметри цільової матриці за варіантами

№	Модель ноутбука	Роздільна здатність	Частота, Гц	Діагональ, ″	Колір, біт
1	Lenovo ThinkPad T14 Gen 3	1920×1200	60	14	24
2	Lenovo ThinkPad E15 Gen 4	1920×1080	144	15,6	24
3	Lenovo ThinkBook 14 G4	1920×1080	60	14	24
4	Dell Latitude 5420	1920×1080	165	14	24
5	Dell Latitude 7430	1920×1080	120	14	30
6	Dell Vostro 3520	1920×1080	90	15,6	30
7	HP ProBook 450 G9	1920×1080	60	15,6	30
8	HP EliteBook 840 G8	1920×1080	120	14	24
9	HP 250 G9	1920×1080	60	15,6	24
10	Acer TravelMate P2 TMP215	1920×1080	165	15,6	24
11	ASUS ExpertBook B1 B1500	1920×1080	60	15,6	24
12	Lenovo V15 G3	1920×1080	144	15,6	24
13	Lenovo IdeaPad 3 15ITL6	1920×1080	60	15,6	24
14	Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6	1920×1080	165	15,6	24
15	Lenovo Legion 5 15ACH6	1920×1080	120	15,6	30
16	Acer Aspire 5 A515-57	1920×1080	90	15,6	30
17	Acer Nitro 5 AN515-58	1920×1080	60	15,6	30
18	Acer Swift 3 SF314-511	1920×1080	120	14	24
19	ASUS VivoBook 15 X1502ZA	1920×1080	60	15,6	24
20	ASUS TUF Gaming F15 FX506	1920×1080	165	15,6	24
21	ASUS ZenBook 14 UX3402	2880×1800	60	14	24
22	HP Pavilion 15-eg	1920×1080	144	15,6	24
23	HP Victus 16	1920×1080	60	16,1	24
24	Dell Inspiron 15 3520	1920×1080	165	15,6	24
25	Dell G15 5520	1920×1080	120	15,6	30
26	MSI Katana GF66	1920×1080	90	15,6	30
27	Apple MacBook Air 13" M1	2560×1600	60	13,3	30
28	Apple MacBook Pro 14" M2 Pro	3024×1964	120	14,2	24
29	Microsoft Surface Laptop 5	2256×1504	60	13,5	24
30	Framework Laptop 13	2256×1504	165	13,5	24

Таблиця 7

Вихідні дані для розрахунку системи живлення за варіантами

№ варіанта	Номінальна напруга, В	Заряд, мА·год	Середня споживана потужність, Вт	Зношення батареї, %
1	11,1	3500	7,5	12
2	11,4	3850	9	18
3	11,55	4100	10,5	23
4	15,2	4400	12	27
5	15,4	4800	13,5	31
6	7,6	5000	15	35
7	7,7	5400	16,5	38
8	11,1	5800	18	42
9	11,4	6000	19,5	45
10	11,55	6400	21	15
11	15,2	3500	7,5	12
12	15,4	3850	9	18
13	7,6	4100	10,5	23
14	7,7	4400	12	27
15	11,1	4800	13,5	31
16	11,4	5000	15	35
17	11,55	5400	16,5	38
18	15,2	5800	18	42
19	15,4	6000	19,5	45
20	7,6	6400	21	15
21	7,7	3500	7,5	12
22	11,1	3850	9	18
23	11,4	4100	10,5	23
24	11,55	4400	12	27
25	15,2	4800	13,5	31
26	15,4	5000	15	35
27	7,6	5400	16,5	38
28	7,7	5800	18	42
29	11,1	6000	19,5	45
30	11,4	6400	21	15

Результати виконання роботи оформити у вигляді табл. 8–10.

Таблиця 8

Параметри штатної матриці ноутбука

Параметр	Значення	Джерело
Модель ноутбука		
Діагональ, дюйм		
Роздільна здатність		
Формат кадру		
Тип матриці		
Частота оновлення, Гц		
Яскравість, кд/м²		
Колірне охоплення, %		
Тип покриття		
Тип роз'єма, контактів		
Густина пікселів, PPI		

Таблиця 9

Порівняння матриць для заміни

Параметр	Штатна	Заміна № 1	Заміна № 2
Артикул (парт-номер)			
Діагональ, дюйм			
Роздільна здатність			
Тип матриці			
Частота оновлення, Гц			
Яскравість, кд/м²			
Роз'єм, контактів			
Розташування роз'єма			
Вартість, грн			
Гарантія, міс.			
Джерело та дата			

Таблиця 10

Порівняння акумуляторних батарей

Параметр	Штатна	Оригінальна	Сумісна
Артикул (парт-номер)			
Тип (Li-ion / Li-Pol)			
Номінальна напруга, В			
Заряд, мА·год			
Енергія, Вт·год			
Конфігурація комірок			
Спосіб встановлення			
Вартість, грн			
Гарантія, міс.			
Джерело та дата			

3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Будова дисплейного модуля ноутбука. Призначення кожного шару.

2. Відмінність між матрицею та дисплейним модулем у зборі. Як це впливає на вартість ремонту?

3. Типи рідкокристалічних матриць: TN, IPS, VA. Порівняльна характеристика.

4. Матриці OLED: принцип дії, переваги та специфічні недоліки.

5. Основні параметри матриці та їх вплив на умови експлуатації.

6. Густина пікселів: визначення, формула, вплив на сприйняття зображення.

7. Формати кадру 16:9, 16:10 і 3:2. Чому формат 16:10 повертається у ноутбуки?

8. Інтерфейс eDP: призначення, лінії даних, групи сигналів роз'єма.

9. Режими передавання каналу DisplayPort. Чому корисна швидкість становить 80 % від фізичної?

10. Порядок розрахунку потрібної пропускної здатності каналу.

11. Які параметри матриці є критичними для сумісності, а які — ні? Чому?

12. Чому заміна матриці на модель із вищою роздільною здатністю не завжди можлива?

13. Типи акумуляторів ноутбуків. Відмінність Li-ion від Li-Pol.

14. Конфігурація комірок mSnP: що означають позначення і на що впливають.

15. Чому батареї порівнюють за енергією, а не за зарядом?

16. Розрахунок орієнтовного часу автономної роботи. Чому результат є верхньою оцінкою?

17. Показник SoH: визначення, порядок обчислення, критерій заміни батареї.

18. Правила експлуатації літієвих акумуляторів, що подовжують строк служби.

19. Ознаки аварійного стану батареї та дії користувача в такому разі.

20. Утилізація відпрацьованих акумуляторів.

21. Програмні засоби діагностики стану батареї у Windows та Linux.

22. Дані EDID: що містять і як їх прочитати.